

Python3 入門

Kivy による GUI アプリケーション開発,
サウンド入出力,
ウェブスクレイピング

第 2 版

Copyright © 2017-2021, Katsunori Nakamura

中村勝則

2021 年 3 月 14 日

免責事項

本書の内容は参考資料であり、掲載したプログラムリストは全て試作品である。本書の使用に伴って発生した不利益、損害の一切の責任を筆者は負わない。

目次

1	はじめに	1
1.1	Python でできること	1
1.2	本書の内容	1
1.3	本書の読み方	2
1.4	処理系の導入（インストール）と起動の方法	2
1.4.1	Python 処理系のディストリビューション（配布形態）	2
1.4.2	Python 処理系の起動	2
1.4.3	対話モード	3
1.4.3.1	ヒストリ	3
1.4.3.2	直前の値	4
1.5	本書で取り扱う GUI ライブラリ	4
1.6	表記に関する注意事項	4
1.7	Python に関する詳しい情報	4
2	Python の基礎	5
2.1	スクリプトの実行	5
2.1.1	プログラム中に記述するコメント	6
2.1.2	プログラムのインデント	7
2.2	文を分割して／連結して記述する方法	7
2.3	変数とデータの型	8
2.3.1	日本語の変数名の使用	8
2.3.2	イコール「=」の連鎖（Multiple Assignment）	8
2.3.3	変数の解放（廃棄）	9
2.3.4	数値	9
2.3.4.1	整数： int 型	10
2.3.4.2	浮動小数点数： float 型	10
2.3.4.3	アンダースコア「_」を含む数値の記述	11
2.3.4.4	基数の指定： 2 進数, 8 進数, 16 進数	11
2.3.4.5	複素数： complex 型	11
2.3.4.6	最大値, 最小値	13
2.3.4.7	浮動小数点数の誤差と丸め	13
2.3.4.8	数学関数	14
2.3.4.9	特殊な値：inf, nan	15
2.3.4.10	多倍長精度の浮動小数点数の扱い	17
2.3.4.11	分数の扱い	20
2.3.4.12	乱数の生成	22
2.3.5	文字列	24
2.3.5.1	エスケープシーケンス	24
2.3.5.2	raw 文字列（raw string）	25
2.3.5.3	複数行に渡る文字列	25
2.3.5.4	文字列の分解と合成	25
2.3.5.5	文字列の置換	27
2.3.5.6	文字の置換	27
2.3.5.7	英字, 数字の判定	28
2.3.5.8	大文字／小文字の変換と判定	28

2.3.5.9	文字列の含有検査	29
2.3.5.10	文字コード／文字の種別	29
2.3.6	真理値 (bool 型)	31
2.3.7	ヌルオブジェクト: None	32
2.3.8	型の変換	32
2.3.8.1	各種の値の文字列への変換 (str, repr)	32
2.3.9	型の検査	33
2.3.9.1	float の値が整数値かどうかを検査する方法	33
2.3.10	基数の変換	34
2.3.10.1	n 進数→10 進数	34
2.3.10.2	10 進数→n 進数	35
2.3.11	ビット演算	35
2.3.11.1	整数値のビット長を求める方法	36
2.4	データ構造	37
2.4.1	リスト	37
2.4.1.1	リストの要素へのアクセス	37
2.4.1.2	リストの編集	37
2.4.1.3	リストによるスタック, キューの実現: pop メソッド	39
2.4.1.4	リストに対する検査	40
2.4.1.5	例外処理	41
2.4.1.6	要素の個数のカウント	42
2.4.1.7	要素の合計: sum 関数	43
2.4.1.8	要素の整列 (1): sort メソッド	43
2.4.1.9	要素の整列 (2): sorted 関数	44
2.4.1.10	要素の順序の反転	44
2.4.1.11	リストの複製	45
2.4.2	タプル	46
2.4.2.1	リストとタプルの違い	46
2.4.2.2	括弧の表記が省略できるケース	46
2.4.2.3	特殊なタプル	46
2.4.2.4	タプルの要素を整列 (ソート) する方法	47
2.4.3	セット	47
2.4.3.1	セットの要素となるオブジェクト	48
2.4.3.2	セットの生成	48
2.4.3.3	セットに対する各種の操作	48
2.4.3.4	集合論の操作	50
2.4.3.5	frozenset	51
2.4.4	辞書型	51
2.4.4.1	get メソッドによる辞書へのアクセス	52
2.4.4.2	辞書の更新	52
2.4.4.3	キーや値の列を取り出す方法	53
2.4.4.4	辞書型オブジェクトの要素数を調べる方法	53
2.4.4.5	リストやタプルから辞書を生成する方法	53
2.4.4.6	辞書の全要素を列として取り出す方法	54
2.4.4.7	辞書の複製	54
2.4.5	添字 (スライス) の高度な応用	54
2.4.5.1	スライスオブジェクト (参考)	55

2.4.6	データ構造の変換	56
2.4.7	データ構造の要素を他のデータ構造の中に展開する方法	57
2.4.8	データ構造に沿った値の割当て（分割代入）	58
2.4.8.1	応用例：変数の値の交換	58
2.4.8.2	データ構造の選択的な部分抽出	59
2.4.9	データ構造のシャッフル	59
2.4.10	データ構造へのアクセスの速度について	60
2.5	制御構造	61
2.5.1	繰り返し (1)： for	61
2.5.1.1	「スイート」の概念	61
2.5.1.2	スイートが 1 行の場合の書き方	62
2.5.1.3	range 関数, range オブジェクト	63
2.5.1.4	for 文における else	63
2.5.1.5	for を使ったデータ構造の生成（要素の内包表記）	63
2.5.1.6	イテレータ	64
2.5.1.7	分割代入を用いた for 文	65
2.5.1.8	zip 関数と zip オブジェクト	66
2.5.1.9	enumerate によるインデックス情報の付与	67
2.5.2	繰り返し (2)： while	68
2.5.3	繰り返しの中断とスキップ	69
2.5.4	条件分岐	69
2.5.4.1	条件式	70
2.5.4.2	比較演算子の連鎖	70
2.5.4.3	各種の「空」値に関する条件判定	71
2.5.4.4	is 演算子による比較	72
2.6	入出力	74
2.6.1	標準出力	74
2.6.1.1	出力データの書式設定	74
2.6.1.2	sys モジュールによる標準出力の扱い	77
2.6.2	標準入力	78
2.6.2.1	sys モジュールによる標準入力の扱い	79
2.6.3	ファイルからの入力	79
2.6.3.1	扱うファイルの文字コード, 改行コードの指定	80
2.6.3.2	バイト列の扱い	82
2.6.3.3	バイト列のコード体系を調べる方法	84
2.6.3.4	指定したバイト数だけ読み込む方法	84
2.6.3.5	ファイルの内容を一度で読み込む方法	85
2.6.3.6	ファイルをイテレータとして読み込む方法	85
2.6.3.7	readlines メソッドによるテキストファイルの読み込み	85
2.6.3.8	データを読み込む際のファイル中の位置について	86
2.6.4	ファイルへの出力	86
2.6.4.1	print 関数によるファイルへの出力	87
2.6.4.2	writelines メソッドによる出力	87
2.6.5	標準エラー出力	88
2.6.6	パス（ファイル, ディレクトリ）の扱い：その 1 - os モジュール	89
2.6.6.1	カレントディレクトリに関する操作	89
2.6.6.2	ディレクトリ内容の一覧	90

2.6.6.3	ファイルのサイズの取得	90
2.6.6.4	ファイル、ディレクトリの検査	90
2.6.6.5	ファイル、ディレクトリの削除	91
2.6.6.6	実行中のスクリプトに関する情報	91
2.6.6.7	パスの表現に関すること	91
2.6.7	パス（ファイル、ディレクトリ）の扱い：その2 - pathlib モジュール	92
2.6.7.1	パスオブジェクトの生成	92
2.6.7.2	パスの存在の検査	93
2.6.7.3	ファイル、ディレクトリの検査	93
2.6.7.4	ディレクトリの要素を取得する	93
2.6.7.5	ディレクトリ名、ファイル名、拡張子の取り出し	93
2.6.7.6	パスの連結	94
2.6.7.7	ファイルシステム毎のパスの表現	94
2.6.7.8	URI への変換	94
2.6.7.9	ファイルのオープン	94
2.6.7.10	ファイル入出力	94
2.6.7.11	ディレクトリの作成	96
2.6.7.12	ファイル、ディレクトリの削除	96
2.6.8	コマンド引数の取得	96
2.6.9	入出力処理の際に注意すること	97
2.6.10	CSV ファイルの取り扱い：csv モジュール	97
2.6.10.1	CSV ファイルの出力	97
2.6.10.2	CSV ファイルの入力	100
2.7	関数の定義	105
2.7.1	引数について	105
2.7.1.1	引数に暗黙値を設定する方法	105
2.7.1.2	引数の個数が不定の関数	106
2.7.1.3	実引数に「*」を記述する方法	106
2.7.1.4	キーワード引数	107
2.7.1.5	実引数に「**」を記述する方法	107
2.7.1.6	引数に与えたオブジェクトに対する変更の影響	108
2.7.2	変数のスコープ（関数定義の内外での変数の扱いの違い）	109
2.7.3	関数の再帰的定義	110
2.7.3.1	再帰的呼び出しの回数の上限	111
2.7.3.2	再帰的呼び出しを応用する際の注意	111
2.7.4	内部関数	112
2.7.4.1	内部関数におけるローカル変数	113
2.7.4.2	内部関数はいつ作成されるのか	114
2.7.5	定義した関数の削除	114
2.8	オブジェクト指向プログラミング	115
2.8.1	クラスの定義	115
2.8.1.1	コンストラクタとファイナライザ	115
2.8.1.2	インスタンス変数	117
2.8.1.3	メソッドの定義	118
2.8.1.4	クラス変数	118
2.8.2	str コンストラクタに対するフックの作成	120
2.8.3	イテレータのクラスを実装する方法	121

2.8.4	カプセル化	122
2.8.4.1	変数の隠蔽	122
2.8.4.2	アクセサ (ゲッター, セッター)	123
2.8.5	オブジェクト指向プログラミングに関するその他の事柄	126
2.8.5.1	クラスの継承関係の調査	126
2.8.5.2	インスタンスのクラスの調査	126
2.8.5.3	属性の調査 (プロパティの調査)	127
2.9	データ構造に則したプログラミング	128
2.9.1	map 関数	128
2.9.1.1	複数の引数を取る関数の map	130
2.9.1.2	map 関数に zip オブジェクトを与える方法	130
2.9.2	lambda と関数定義	131
2.9.3	filter	132
2.9.4	3 項演算子としての if~else...	133
2.9.5	all, any による一括判定	133
2.9.6	高階関数モジュール: functools	135
2.9.6.1	reduce	135
2.10	代入式	136
3	Kivy による GUI アプリケーションの構築	137
3.1	Kivy の基本	137
3.1.1	アプリケーションプログラムの実装	137
3.1.2	GUI 構築の考え方	137
3.1.2.1	Widget (ウィジェット)	138
3.1.2.2	Layout (レイアウト)	139
3.1.2.3	Screen (スクリーン)	139
3.1.3	ウィンドウの扱い	140
3.1.4	マルチタッチの無効化	140
3.2	基本的な GUI アプリケーション構築の方法	141
3.2.1	イベント処理 (導入編)	141
3.2.1.1	イベントハンドリング	141
3.2.2	アプリケーション構築の例	142
3.2.3	イベント処理 (コールバックの登録による方法)	145
3.2.4	ウィジェットの登録と削除	146
3.2.5	アプリケーションの開始と終了のハンドリング	147
3.3	各種ウィジェットの使い方	148
3.3.1	ラベル: Label	148
3.3.1.1	リソースへのフォントの登録	150
3.3.2	ボタン: Button	151
3.3.3	テキスト入力: TextInput	151
3.3.4	チェックボックス: CheckBox	152
3.3.5	進捗バー: ProgressBar	152
3.3.6	スライダ: Slider	152
3.3.7	スイッチ: Switch	152
3.3.8	トグルボタン: ToggleButton	152
3.3.9	画像: Image	153
3.3.9.1	サンプルプログラム	153

3.4	Canvas グラフィックス	154
3.4.1	Graphics クラス	154
3.4.1.1	Color	155
3.4.1.2	Line	155
3.4.1.3	Rectangle	155
3.4.1.4	Ellipse	155
3.4.2	サンプルプログラム	156
3.4.2.1	正弦関数のプロット	156
3.4.2.2	各種図形, 画像の表示	157
3.4.3	フレームバッファへの描画	158
3.4.3.1	ピクセル値の取り出し	159
3.4.3.2	イベントから得られる座標位置	160
3.5	スクロールビュー (ScrollView)	160
3.5.1	ウィジェットのサイズ設定	161
3.5.2	マウスのドラッグによるスクロール	161
3.6	ウィンドウサイズを固定 (リサイズを禁止) する設定	161
3.7	Kivy 言語による UI の構築	162
3.7.1	Kivy 言語の基礎	162
3.7.1.1	サンプルプログラムを用いた説明	162
3.7.1.2	Python プログラムと Kv ファイルの対応	164
3.8	時間によるイベント	165
3.8.1	時間イベントのスケジュール	165
3.9	GUI 構築の形式	165
3.9.1	スクリーンの扱い: Screen と ScreenManager	165
3.9.1.1	ScreenManager	166
3.9.1.2	Screen	166
3.9.2	アクションバー: ActionBar	168
3.9.3	タブパネル: TabbedPanel	169
3.9.4	スワイプ: Carousel	171
4	実用的なアプリケーション開発に必要な事柄	172
4.1	日付と時間に関する処理	172
4.1.1	基本的な機能	172
4.1.1.1	日付, 時刻の書式整形	173
4.1.1.2	datetime のプロパティ	173
4.1.2	time モジュールの利用	174
4.1.2.1	時間の計測	174
4.1.2.2	プログラムの実行待ち	175
4.2	文字列検索と正規表現	175
4.2.1	パターンの検索	175
4.2.1.1	正規表現を用いた検索	177
4.2.1.2	検索パターンの和結合	179
4.2.1.3	正規表現を用いたパターンマッチ	180
4.2.1.4	行頭や行末でのパターンマッチ	180
4.2.2	置換処理: re.sub	181
4.2.2.1	複数行に渡る置換処理	181
4.2.2.2	パターンマッチのグループを参照した置換処理	182

4.2.3	文字列の分解への応用： <code>re.split</code>	182
4.3	マルチスレッドとマルチプロセス	183
4.3.1	マルチスレッド	183
4.3.2	マルチプロセス	184
4.3.2.1	<code>ProcessPoolExecutor</code>	185
4.3.3	マルチスレッドとマルチプロセスの実行時間の比較	185
4.4	処理のスケジューリング	187
4.4.1	<code>sched</code> モジュール	187
4.4.1.1	基本的な使用方法	187
4.4.1.2	イベントを独立したスレッドで実行する方法	188
4.4.1.3	イベントの管理	190
4.4.2	<code>schedule</code> モジュール	191
4.4.2.1	一定の時間間隔で処理を起動する方法	191
4.4.2.2	指定した時刻に処理を起動する方法	192
4.5	ジェネレータ	193
4.5.1	ジェネレータ関数	193
4.5.2	ジェネレータ式	194
4.6	モジュール、パッケージの作成による分割プログラミング	195
4.6.1	モジュール	195
4.6.1.1	単体のソースファイルとしてのモジュール	195
4.6.2	パッケージ（ディレクトリとして構成するライブラリ）	196
4.6.2.1	モジュールの実行	197
4.6.3	モジュールが配置されているディレクトリの調査	198
4.6.4	<code>__init__.py</code> について	198
4.7	ファイル内でのランダムアクセス	200
4.7.1	ファイルのアクセス位置の指定（ファイルのシーク）	200
4.7.2	サンプルプログラム	200
4.8	データオブジェクトの保存と読み込み： <code>pickle</code> モジュール	202
4.9	バイナリデータの作成と展開： <code>struct</code> モジュール	204
4.9.1	バイナリデータの作成	204
4.9.2	バイナリデータの展開	204
4.9.3	バイトオーダーについて	206
4.10	バイナリデータをテキストに変換する方法： <code>base64</code> モジュール	207
4.11	編集可能なバイト列： <code>bytearray</code>	209
4.11.1	<code>bytearray</code> の作成方法	209
4.11.2	他の型への変換	210
4.11.3	ファイルへの出力	210
4.12	<code>exec</code> と <code>eval</code>	211
4.12.1	名前空間の指定	211
4.12.2	<code>eval</code> 関数	211
4.13	<code>collections</code> モジュール	212
4.13.1	キュー： <code>deque</code>	212
4.13.1.1	要素の追加と取り出し： <code>append</code> , <code>pop</code>	212
4.13.1.2	要素の順序の回転： <code>rotate</code>	213
4.13.2	要素の集計： <code>Counter</code>	213
4.13.2.1	出現頻度の順に集計結果を取り出す	214
4.13.3	<code>namedtuple</code>	214

4.14	列挙型： enum モジュール	215
4.14.1	Enum 型	215
4.14.2	定数の取り扱いを実現する方法の例	216
4.14.3	IntEnum	217
4.14.4	auto 関数による Enum 要素への値の割り当て	217
4.15	例外（エラー）の処理	219
4.15.1	例外を発生させる方法	219
4.16	使用されているシンボルの調査	221
4.17	with 構文	222
4.18	デコレータ	227
4.18.1	引数を取るデコレータ	228
4.19	データ構造の整形表示： pprint モジュール	230
4.20	処理環境に関する情報の取得	231
4.20.1	Python のバージョン情報の取得	231
4.20.2	platform モジュールの利用	231
4.20.3	環境変数の参照	232
4.21	ファイル、ディレクトリに対する操作： shutil モジュール	234
4.21.1	ファイル、ディレクトリの複製	234
4.21.2	書庫ファイル（アーカイブ）の取り扱いと圧縮処理に関すること	235
4.22	ZIP 書庫の扱い： zipfile モジュール	236
4.22.1	ZIP 書庫ファイルを開く	236
4.22.2	書庫へのメンバの追加	236
4.22.3	書庫の内容の確認	236
4.22.4	書庫のメンバの読み込み	237
4.22.5	書庫の展開	237
4.22.5.1	パスワードで保護された ZIP 書庫へのアクセス	238
4.23	コマンド引数の扱い： argparse モジュール	239
4.23.1	コマンド引数の形式	239
4.23.2	使用方法	239
4.23.2.1	オプション引数の設定	240
4.23.2.2	位置引数の設定	240
4.23.2.3	コマンドラインの解析処理	240
4.23.3	サンプルプログラムに沿った説明	240
4.23.3.1	ヘルプ機能	241
4.23.3.2	コマンド引数の型の指定	242
4.23.4	サブコマンドの実現方法	242
4.24	スクリプトの終了（プログラムの終了）	244
4.25	Python の型システム	245
4.25.1	型の階層（クラス階層）	245
4.25.1.1	スーパークラス、サブクラスを調べる方法	246
5	TCP/IP による通信	248
5.1	socket モジュール	248
5.1.1	ソケットの用意	248
5.1.2	サーバ側プログラムの処理	249
5.1.3	クライアント側プログラムの処理	249
5.1.4	送信と受信	249

5.1.5	サンプルプログラム	249
5.2	WWW コンテンツ解析	251
5.2.1	requests ライブラリ	251
5.2.1.1	リクエストの送信に関するメソッド	251
5.2.1.2	取得したコンテンツに関するメソッド	252
5.2.1.3	Session オブジェクトに基づくアクセス	253
5.2.2	Beautiful Soup ライブラリ	253
5.2.2.1	BS における HTML コンテンツの扱い	254
6	外部プログラムとの連携	256
6.1	外部プログラムを起動する方法	256
6.1.1	標準入出力の接続	256
6.1.1.1	外部プログラムの標準入力のカローズ	259
6.1.2	非同期の入出力	259
6.1.3	外部プロセスとの同期 (終了の待機)	261
6.1.4	外部プログラムを起動する更に簡単な方法	261
7	サウンドの入出力	263
7.1	基礎知識	263
7.2	WAV 形式ファイルの入出力: wave モジュール	263
7.2.1	WAV 形式ファイルのオープンとクローズ	263
7.2.1.1	WAV 形式データの各種属性について	264
7.2.2	WAV 形式ファイルからの読み込み	264
7.2.3	サンプルプログラム	264
7.2.4	量子化ビット数とサンプリング値の関係	265
7.2.5	読み込んだフレームデータの扱い	265
7.2.6	WAV 形式データを出力する例 (1): リストから WAV ファイルへ	267
7.2.7	WAV 形式データを出力する例 (2): NumPy の配列から WAV ファイルへ	268
7.2.8	サウンドのデータサイズに関する注意点	269
7.3	サウンドの入力と再生: PyAudio ライブラリ	270
7.3.1	ストリームを介したサウンド入出力	270
7.3.2	WAV 形式サウンドファイルの再生	271
7.3.2.1	サウンド再生の終了の検出	273
7.3.3	音声入力デバイスからの入力	273
A	Python に関する情報	276
A.1	Python のインターネットサイト	276
A.2	Python のインストール作業の例	276
A.2.1	PSF 版インストールパッケージによる方法	276
A.2.2	Anaconda による方法	277
A.3	Python 起動のしくみ	277
A.3.1	PSF 版 Python の起動	277
A.3.2	Anaconda Navigator の起動	278
A.3.3	Anaconda Prompt の起動	279
A.3.3.1	conda コマンドによる Python 環境の管理	280
A.4	PIP によるライブラリ管理	280
A.4.1	PIP コマンドが実行できない場合の解決策	281

B Kivy に関する情報	282
B.1 Kivy のインストール作業の例	282
B.2 Kivy 利用時のトラブルを回避するための情報	282
B.2.1 Kivy が使用する描画 API の設定	282
B.2.2 SDL について	283
B.3 GUI デザインツール	283
C Tkinter：基本的な GUI ツールキット	284
C.1 基本的な扱い方	284
C.1.1 使用例	285
C.1.1.1 ウィンドウサイズ変更の可否の設定	286
C.1.2 ウィジェットの配置	286
C.2 各種のウィジェット	288
C.2.1 チェックボタンとラジオボタン	288
C.2.1.1 Variable クラス	289
C.2.2 エントリー（テキストボックス）とコンボボックス	290
C.2.2.1 プログラムの終了	292
C.2.3 リストボックス	292
C.2.4 テキスト（文字編集領域）とスクロールバー	293
C.2.5 スケール（スライダ）とプログレスバーバー	295
C.2.5.1 Variable クラスのコールバック関数設定	296
C.3 メニューの構築	296
C.4 Canvas の描画	298
C.4.1 描画メソッド（一部）	298
C.4.2 図形の管理	300
C.5 イベントハンドリング	303
C.5.1 時間を指定した関数の実行	305
C.6 複数のウィンドウの表示	306
C.7 ディスプレイやウィンドウに関する情報の取得	306
C.8 メッセージボックス（messagebox）	307
C.8.1 アプリケーション終了のハンドリング	310
C.9 ウィジェットの親、子を調べる方法	311
D ライブラリの取り扱いについて	312
D.1 ライブラリの読み込みに関すること	312
D.1.1 ライブラリ読み込みにおける別名の付与	312
D.1.2 接頭辞を省略するためのライブラリの読み込み	312
D.1.2.1 接頭辞を省略する際の注意（名前の衝突）	313
D.1.3 ライブラリのパス： sys.path	313
D.1.4 既に読み込まれているライブラリの調査： sys.modules	313
D.1.5 The Zen of Python	314
D.2 pkg_resources によるライブラリ情報の取得	315
D.3 各種ライブラリの紹介	316
E 対話モードを使いやすくするための工夫	317
E.1 警告メッセージの抑止と表示	317
E.2 メモリの使用状態の管理	318
E.2.1 オブジェクトのサイズの調査	318

F	文書化文字列と関数アノテーション	320
F.1	関数アノテーション (Function Annotations)	321
G	サンプルプログラム	322
G.1	リスト／セット／辞書のアクセス速度の比較	322
G.1.1	スライスに整数のインデックスを与える形のアクセス	322
G.1.2	メンバシップ検査に要する時間	323
G.2	ライブラリ使用の有無における計算速度の比較	326
G.3	pathlib の応用例	329
G.4	浮動小数点数と 2 進数の間の変換	330
G.4.1	mpmath を用いた例	331
G.5	全ての Unicode 文字の列挙	332

1 はじめに

Python はオランダのプログラマであるガイド・ヴァンロッサム（Guido van Rossum）によって 1991 年に開発されたプログラミング言語であり，言語処理系は基本的にインタプリタである．Python は多目的の高水準言語であり，言語そのものの習得とアプリケーション開発に要する労力が比較的に少ないとされる．しかし，実用的なアプリケーションを開発するために必要とされる多くの機能が提供されており，この言語の有用性の評価が高まっている．

Python の言語処理系（インタプリタ）は多くのオペレーティングシステム（OS）に向けて用意されている．Python で記述されたプログラムはインタプリタ上で実行されるために，C や Java と比べて実行の速度は遅いが，C 言語など他の言語で開発されたプログラムとの連携が容易である．このため，Python に組み込んで使用するための各種の高速なプログラムがライブラリ（モジュール，パッケージ）の形で多数提供されており，それらを利用することができる．Python 用のライブラリとして利用できるものは幅広く，言語そのものの習得や運用の簡便性と相俟って，情報工学や情報科学とは縁の遠い分野の利用者に対してもアプリケーション開発の敷居を下げている．

本書で前提とする Python の版は 3（3.6 以降）である．

1.1 Python でできること

Python は汎用のプログラミング言語である．また，世界中の開発コミュニティから多数のライブラリが提供されている．このため，Python が利用できる分野は広く，特に科学，工学系分野のためのライブラリが豊富である．それらライブラリを利用することで，情報処理技術を専門としない領域の利用者も手軽に独自の情報処理を実現することができる．特に次に挙げるような処理を実現する上で有用なライブラリが揃っている．

- 機械学習
- ニューラルネットワーク
- データサイエンス
- GUI / Web アプリケーション開発

1.2 本書の内容

本書は Python でアプリケーションプログラムを開発するために必要な最小限の事柄について述べる．本書の読者としては，Python 以外の言語でプログラミングやスクリプティングの基本を学んだ人が望ましい．本書の内容を概略として列挙すると次のようなものとなる．

- Python 処理系の導入の方法
インタプリタとライブラリのインストール方法など
- Python の言語としての基本事項
文法など
- 実用的なアプリケーションを作成するために必要なこと
通信やマルチスレッド，マルチプロセスプログラミングに関すること
特に重要なライブラリに関すること
- GUI アプリケーションを作成するために必要なこと
GUI ライブラリの基本的な扱い方など
- サウンドの基本的な扱い
WAV ファイルの入出力や音声のサンプリングと再生

1.3 本書の読み方

Python を初めて学ぶ方には、言語としての基礎的な内容について解説している章

「1 はじめに」（この章）

「2 Python の基礎」

を読むことをお勧めする。その後、実用的なプログラミングにおいて重要となる事柄に関して解説した章

「4 実用的なアプリケーション開発に必要な事柄」

を読むことをお勧めする。その他の章については、学びの初期においては必ずしも必要とはならないこともあり、読者の事情に合わせて利用されたい。

1.4 処理系の導入（インストール）と起動の方法

Python の処理系（インタプリタ）は Python ソフトウェア財団（以後 PSF と略す）が開発、維持しており、当該財団の公式インターネットサイト <https://www.python.org/> から入手することができる。Microsoft 社の Windows や Apple 社の Mac ¹ には専用のインストールパッケージが用意されており、それらを先のサイトからダウンロードしてインストールすることで Python 処理系が使用可能となる。Linux をはじめとする UNIX 系 OS においては、OS のパッケージ管理機能を介して Python をインストールできる場合が多いが、先のサイトから Python のソースコードを入手して処理系をビルドすることもできる。

1.4.1 Python 処理系のディストリビューション（配布形態）

Python 処理系は C 言語により記述されており、C 言語処理系によってビルドすることができるが、コンパイル済みのインストールパッケージ（前述）を利用するのが便利である。インストールパッケージとしては PSF が配布するもの以外に Anaconda, Inc.² が配布する Anaconda が有名である。

PSF のインストールパッケージや Anaconda で Python 処理系を導入すると、各種のライブラリを管理するためのツールも同時に導入されるので、Python を中心としたソフトウェア開発環境を整えるための利便性が高い。ただし注意すべき点として、PSF の管理ツールと Anaconda ではライブラリの管理方法や、Python 自体のバージョン管理の方法が異なるため、Python の処理環境を導入する際は、ディストリビューション（PSF か Anaconda か）を統一すべきである。

※ 巻末付録「A.2 Python のインストール作業の例」（p.276）でインストール方法を概略的に紹介している。

参考. Windows 環境で UNIX 系ツールを利用するための MSYS/MinGW があるが、MSYS/MinGW 環境下でも Python 処理系を利用することができる。ただし、本書では MSYS/MinGW については触れない。

本書では PSF のインストールパッケージによって Python を導入した処理環境を前提とするが、言語としての Python の文法はディストリビューションに依らず共通であり、各種のライブラリも導入済みの状態であれば、使用方法は原則として同じである。

1.4.2 Python 処理系の起動

基本的に Python は OS のコマンドを投入することで起動する。Windows ではコマンドプロンプトウィンドウから `py` コマンド（PSF 版 Python）を、Linux や Mac ではターミナルウィンドウから `python` コマンドを投入³ することで次の例のように Python インタプリタが起動する。

¹Apple 社の Macintosh 用の OS の呼称は「Mac OS X」, 「OS X」, 「macOS」と変化している。
本書ではこの内「OS X」, 「macOS」を暗に前提としている。

²<https://www.anaconda.com/>

³Apple 社の Mac では Python 2.7 が基本的にインストールされており、`python` コマンドを投入するとこの版が起動する。本書で前提とする Python3 をインストールして起動する場合は `python3` コマンドを投入する。詳細に関しては利用する環境の導入状態を調べる。Anaconda 環境では Anaconda Prompt 下で `python` コマンドを発行する。

例. Windows のコマンドプロンプトから Python を起動する例

```
C:\Users\katsu> py  ← py コマンドの投入  
Python 3.7.9 (tags/v3.7.9:13c94747c7, Aug 17 2020, 18:58:18) [MSC v.1900 64 bit (AMD64)] on win32  
Type "help", "copyright", "credits" or "license" for more information.  
>>> ← Python コマンドの入力待ち
```

注 1) 本書で例示する操作を Anaconda 環境下で実行するには、巻末付録「A.3.3 Anaconda Prompt の起動」(p.279) に示す方法で Python 処理系を起動する。

注 2) 本書では JupyterLab や IPython といった対話環境については言及しない。JupyterLab の基本的な使用方法に関しては別冊の「Python3 ライブラリブック」で解説しているのでそちらを参照のこと。

1.4.3 対話モード

先の例の最後の行で「>>>」と表示されているが、これは Python のプロンプトであり、これに続いて Python の文や式を入力することができる。この状態を Python の対話モードと呼ぶ。処理系を終了するには `exit()` と入力する。

例. Python の終了

```
>>> exit()  ← Python 終了  
C:\Users\katsu> ← Windows のコマンドプロンプトに戻る
```

この他にも、`quit()` の実行、あるいは `Ctrl`+`Z` などの終了方法がある。

対話モードでは、入力された Python の文や式が逐一実行されて結果が表示される。そして再度プロンプト「>>>」が表示されて、次の入力を受け付ける。また、キーボードのカーソルキー `↑`, `↓`, `←`, `→` で入力途中の行の編集ができるだけでなく、入力の履歴を呼び出すこともできる。

1.4.3.1 ヒストリ

Python 処理系の対話モードでは、入力した文や式が記録されており、再度呼び出して使用することができる。例えば次のように `print` 関数を入力する場合を考える。

```
>>> print('1 番目の入力')   
1 番目の入力  
>>> print('2 番目の入力')   
2 番目の入力  
>>> print('3 番目の入力')   
3 番目の入力  
>>> ←次の入力を促すプロンプト
```

この例では 3 つの `print` 関数を入力しているが、それらはヒストリに記録されており、次の例のようにキーボードのカーソルキー `↑` を押すことで再度呼び出すことができる。

```
>>>  プロンプトに対して上矢印のカーソルキーを押すと  
↓ ↓ ↓ ↓  
>>> print('3 番目の入力') 直前の入力が再度表示される
```

このように `↑`, `↓` で以前に入力されたものを呼び出すことができる。

テキストファイルに書き並べた Python の文や式をスクリプトとしてまとめて実行することもできるが、この方法については「2.1 スクリプトの実行」(p.5) で説明する。

異なる複数のバージョンの Python 処理系を導入し、それらを選択して起動することもできる。これに関しては「A.3 Python 起動のしくみ」(p.277) で解説する。

1.4.3.2 直前の値

値を返す式を対話モードで評価（実行）した場合、その値はアンダースコア「_」に保持される。（次の例参照）

例. 評価結果の値の保持

```
>>> 2 + 3       ←足し算の式を評価（足し算の実行）
5          ←評価結果（計算結果）
>>> _       ←上の値を保持する「_」を確認
5          ←値が保持されている
```

この場合のアンダースコア「_」は**変数**⁴であり、別の式の中で参照することができる。

例. 「_」を別の式の中で参照する（先の例の続き）

```
>>> _ * 2       ←先の評価結果の値を2倍する式
10         ←評価結果（計算結果）
>>> _       ←上の値を保持する「_」を確認
10         ←値が更新されている
```

1.5 本書で取り扱う GUI ライブラリ

グラフィカルユーザインターフェース（GUI）を備えたアプリケーションプログラムを構築するには GUI を実現するためのプログラムライブラリを入手して用いる必要がある。GUI のためのライブラリには様々なものがあり、Python 処理系に標準的に提供されている Tkinter をはじめ、GNOME Foundation が開発した GTK+、Qt Development Frameworks が開発した Qt、Julian Smart 氏（英）が開発した wxWidgets、Kivy Organization が開発した Kivy など多くのものが存在している。具体的には、それら GUI のライブラリを Python から使用するために必要となるライブラリを導入し、Python のプログラムから GUI ライブラリを呼び出すための API を介して GUI を構築する。

本書では、比較的新しく開発され、携帯情報端末（スマートフォンやタブレットなど）でも動作する GUI アプリケーションを構築することができる Kivy を主として⁵ 取り上げる。

1.6 表記に関する注意事項

本書内では多数のサンプルプログラムや実行例を示すが、実行する計算機環境によって日本円記号「¥」がバックスラッシュ「\」として表示されることがある。あるいは、バックスラッシュの入力によって日本円記号が表示される場合がある。このことを留意して、適宜読み替えていただきたい。

1.7 Python に関する詳しい情報

本書で説明していない情報に関しては、参考となる情報源（インターネットサイトなど）を巻末の付録に挙げるので、そちらを参照のこと。

⁴「変数」については後の「2.3 変数とデータの型」（p.8）で解説する。

⁵Tkinter に関しても、付録「C Tkinter：基本的な GUI ツールキット」（p.284）で簡単に紹介する。

2 Pythonの基礎

他のプログラミング言語の場合と同様に、Python でも**変数**、**制御構造**、**入出力**の扱いを基本とする。Python の文や式はインタプリタのプロンプトに直接与えること（対話モードでの実行）もできるが、文や式をテキストファイルに書き並べて（スクリプトとして作成して）まとめて実行することもできる。

2.1 スクリプトの実行

例えば次のようなプログラムが test01.py というファイル名のテキストデータとして作成されていたとする。

プログラム：test01.py

```
1 # coding: utf-8
2
3 print( '私の名前はPythonです。' )
```

これを実行するには OS のターミナルウィンドウから、

python test01.py (Mac, Linux, Anaconda の場合)

と入力するか、あるいは、

py test01.py (Windows 用 PSF 版の場合)

と入力する。するとターミナルウィンドウに「私の名前は Python です。」と表示される。

このプログラム例 test01.py の中に print で始まる行がある。これは **print 関数** というもので端末画面（標準出力）への出力の際に使用する関数であり⁶、今後頻繁に使用する。

《 print 関数 》

書き方： print(出力内容)

「出力内容」はコンマ「,」で区切って書き並べることができ、それら内容はスペースで区切った形で出力される。この際の区切りを「sep= 区切り」で明に指定することができる。

出力処理の後は改行されるが「end=」（単引用符 2 つ）を与えると行末の改行出力を抑止できる。これは出力の終端処理を指定するものであり、終端に出力するものを「end= 終端に出力する内容」として明に与えることもできる。

‘end=’, ‘sep=’ は「キーワード引数」⁷と呼ばれるものである。

注意 print は関数なので⁸ 出力内容を必ず括弧 ‘(...)’ で括る（引数として与える）必要がある。

print 関数の区切り出力に関するサンプルプログラムを printTest02.py に示す。

プログラム：printTest02.py

```
1 # coding: utf-8
2 print('print 関数に複数の引数を与える例を示します。')
3 print('区切り文字', 'を', '指定しない', '例です。')
4 print('区切り文字を', 'コロンに', 'した', '例です。', sep=':')
5 print('区切り文字', 'なしに', 'した', '例です。', sep='')
```

このプログラムを実行すると次のように表示される。

⁶print 関数はファイルに対する出力の機能も持つ。これに関しては p.87 「print 関数によるファイルへの出力」で解説する。

⁷キーワード引数に関しては「2.7 関数の定義」(p.105)で説明する。

⁸Python2 までは print は文であった事情から括弧は必要なかったが、Python3 からは仕様が変わり、print は関数となった。このため括弧が必須となる。

print 関数に複数の引数を与える例を示します。
区切り文字 を 指定しない 例です。
区切り文字を:コロンに:した:例です。
区切り文字なしにした例です。

print 関数の行末処理に関するサンプルプログラムを printTest01.py に示す。

プログラム：printTest01.py

```
1 # coding: utf-8
2 print( 'これは' )
3 print( 'print関数が' )
4 print( '改行する 様子の' )
5 print( 'テストです. ', end='\n\n' )
6 print( 'しかし, ', end='' )
7 print( 'キーワード引数 end=\\' を与えると', end='' )
8 print( 'print関数は', end='' )
9 print( '改行しません. ' )
```

このプログラムを実行すると次のように表示される。

```
これは
print 関数が
改行する様子の
テストです。
```

しかし、キーワード引数 end='' を与えると print 関数は改行しません。

このプログラムの5行目に「end=\\n\\n」という記述があるが、これは改行を意味するエスケープシーケンス⁹であり、「\\n」を2つ指定することで行末で2回改行する。

注) 表示する端末によってはバックスラッシュ「\\」が「¥」と表示されることがある。

2.1.1 プログラム中に記述するコメント

「#」で始まる行はコメントであり、Python の文とは解釈されずに見捨てられる。ただし、先のプログラムの冒頭にある

```
# coding: utf-8
```

は、プログラムを記述するための文字コードを指定するものであり、コメント行が意味を成す特別な例である。文字コードとしては utf-8 が一般的であるが、この他にも表1に示すような文字コードを使用してプログラムを記述することができる。

表 1: 指定できる文字コード (一部)

文字コード	coding:の指定	文字コード	coding:の指定	文字コード	coding:の指定
UTF-8	utf-8	EUC	euc-jp	シフト JIS	shift-jis, cp932*
UTF-8(BOM 付き)	utf-8-sig	JIS	iso2022-jp		

* マイクロソフト標準キャラクタセットに基づく指定

coding:に指定するものは大文字／小文字の区別はなく、ハイフン '-' とアンダースコア '_' のどちらを使用してもよい。また、文字コード指定のコメント行を記述する際、

```
# -*- coding: utf-8 -*-
```

と記述することがあるが、この「-*-」は Emacs¹⁰ で用いられる表現であり、省略しても問題はない。

⁹出力の制御に関するもの。詳しくは「2.3.5.1 エスケープシーケンス」(p.24)で解説する。

¹⁰Emacs Lisp による編集が行える高機能なテキストエディタである。

2.1.2 プログラムのインデント

Python ではプログラムを記述する際のインデント（行頭の空白）に特別な意味があり、不必要なインデントをしてはならない。例えば次のような複数の行からなるプログラム test02.py は正常に動作するが、不必要なインデントを施したプログラム test02-2.py は実行時にエラーとなる。

正しいプログラム：test02.py

```
1 # coding: utf-8
2
3 print( '1.私の名前はPythonです。' )
4 print( '2.私の名前はPythonです。' )
5 print( '3.私の名前はPythonです。' )
```

間違ったプログラム：test02-2.py

```
1 # coding: utf-8
2
3 print( '1.私の名前はPythonです。' )
4     print( '2.私の名前はPythonです。' )
5 print( '3.私の名前はPythonです。' )
```

test02-2.py を実行すると次のようになる。

```
File "test02-2.py", line 4
    print( '2.私の名前はPythonです。' )
IndentationError: unexpected indent
```

インデントが持つ意味については「2.5 制御構造」(p.61) のところで解説する。

2.2 文を分割して／連結して記述する方法

1つの文や式を複数の行に分割して記述するには行末に「¥」を記述する。

例. 1つの式 $1+2+3$ を複数の行に分割して記述する例（対話モードでの例）

```
>>> 1 ¥ Enter
... + ¥ Enter
... 2 ¥ Enter
... + ¥ Enter
... 3 Enter
6      ←計算結果
```

複数の文や式を1つの行に書き並べるにはセミコロン「;」で区切る。

例. 2つの文を1行に記述する例（対話モードでの例）

```
>>> print('2つの文で',end='') ; print('表示しました。') Enter
2つの文で表示しました。      ←実行結果
```

2.3 変数とデータの型

変数はデータを保持するものであり、プログラミング言語の最も基本的な要素である。変数の記号に値を割り当てるにはイコール「=」を使用する。

例. 変数記号 `x` に値 10 を割り当てる

```
x = 10
```

変数に格納する値には数値（整数、浮動小数点数）や文字列といった様々な**型**がある。C 言語や Java では、使用する変数はその使用に先立って明に宣言する必要があり、変数を宣言する際に格納する（割り当てる）データの型を指定しなければならない。宣言した型以外のデータをその変数に格納することはできない。この様子を指して「C 言語や Java は**静的な型付け**の言語処理系である」と表現する。これに対して Python は**動的な型付け**の言語処理系であり、1 つの変数に格納できる値の型に制約は無い。すなわち、ある変数に値を設定した後で、別の型の値でその変数の内容を上書きすることができる。また Python では、変数の使用に先立って変数の確保を明に宣言する必要は無い。例えば次のような例について考える。

```
>>> x = 2  Enter    ←変数 x に整数の 2 を格納
>>> y = 3  Enter    ←変数 y に整数の 3 を格納
>>> z = x + y  Enter  ← x と y の値を加算したものを変数 z に格納
>>> print(z)  Enter  ←変数 z の内容を出力する処理
5              出力された内容
```

これは Python の処理系を起動して変数 `x`, `y` に整数の値を設定し、それらの加算結果を表示している例である。変数への値の設定はイコール記号「=」を使う。引き続いて次のように Python の文を与える。

```
>>> x = "2"  Enter    ←変数 x に文字記号"2"を格納
>>> y = "3"  Enter    ←変数 y に文字記号"3"を格納
>>> z = x + y  Enter    ← x と y の値を連結したものを変数 z に格納
>>> print(z)  Enter    ←変数 z の内容を出力する処理
23              出力された内容
```

この例は `x`, `y` に格納された文字列を、加算ではなく連結するものであり、同じ変数に異なる型の値が上書きされていることがわかる。ただし、変数に格納される値の型に関しては厳しい扱いが求められる。例えば数値と文字列を加算しようすると次のような結果（エラー）となる。

```
>>> 12 + "34"  Enter    ←数値と文字列の加算の試み
Traceback (most recent call last):      ←異なる型同士の演算が許されない11
  File "<stdin>", line 1, in <module>    旨のエラーメッセージ
TypeError: unsupported operand type(s) for +: 'int' and 'str' ←'TypeError'
```

2.3.1 日本語の変数名の使用

Python3 では**日本語の変数名**が使用できる。

例. 日本語の変数名

```
>>> あ = 'いうえお'  Enter    ←変数名に「あ」を使用
>>> あ  Enter          ←変数「あ」の値を確認
'いうえお'            ←値が保持されている
```

2.3.2 イコール「=」の連鎖（Multiple Assignment）

イコール「=」の連鎖によって、1 つの値を複数の変数に割り当てることができる。

¹¹Python 以外では（例えば JavaScript など）、異なる型の値同士の演算が許される言語も存在する。

例. 変数 a, b, c に値 12 を設定する

```
a = b = c = 12
```

変数への値の割り当て方法はこの他にもある。後の「2.4.8 データ構造に沿った値の割り当て（分割代入）」(p.58)で更に高度な方法について説明する。

2.3.3 変数の解放（廃棄）

値を保持している変数を解放する（変数を廃棄する）には del 文を使用する。

例. 変数への値の設定と廃棄

```
>>> a = 123      Enter    ←変数への値の設定
>>> a            Enter    ←値の確認
123              ←結果表示
>>> del a        Enter    ←変数の解放（廃棄）
>>> a            Enter    ←値の確認
Traceback (most recent call last):      ←エラーメッセージ
File "<stdin>", line 1, in <module>
NameError: name 'a' is not defined      ←変数に何も設定されていない
```

これは、値の設定された変数 a が del 文によって解放される例である。Python では、値が設定されていない（未使用の）変数を参照しようとする上のようなエラー（NameError）が発生する。

変数記号が値を持っているかどうか（シンボルが定義されているか未定義か）を調べる方法については「4.16 使用されているシンボルの調査」(p.221)を参照のこと。

2.3.4 数値

Python では整数（int 型），浮動小数点数（float 型），複素数（complex 型）を数として扱う。また、数に対する基本的な演算（算術演算など）の表記を表 2 に示す。

表 2: 数に対する基本的な演算（算術演算など）

表記	意味	表記	意味
$a + b$	a と b の加算	$a - b$	減算
$a * b$	a と b の乗算	a / b	除算
$a // b$	除算（小数点以下切り捨て）	$a \% b$	剰余（a を b で割った余り）
$a ** b$	冪乗（a の b 乗 a^b ）		

この他にも再帰代入の演算子が使え。例えば，

```
a += b   は   a = a + b と同等,      a -= b   は   a = a - b と同等,
a *= b   は   a = a * b と同等,      a /= b   は   a = a / b と同等,
a %= b   は   a = a % b と同等,      a **= b   は   a = a ** b と同等
a //= b   は   a = a // b と同等
```

といった演算である。

2.3.4.1 整数: int 型

整数としては長い桁の値が扱える。(次の例)

例. 2^{1000} を計算する

```
>>> 2**1000 Enter
107150860718626732094842504906000181056140481170553360744375038837035105112493612249319837881569585
812759467291755314682518714528569231404359845775746985748039345677748242309854210746050623711418779
541821530464749835819412673987675591655439460770629145711964776865421676604298316526243868372056680
69376
```

補足) Python インタプリタのプロンプトに対して直接に計算式や値を入力して **Enter** を押すと、その式の計算結果(値)がそのまま出力される。

2.3.4.2 浮動小数点数: float 型

浮動小数点数は IEEE-754 で定められる倍精度(double)で表現される。

例. $1.00000000001^{100000000000}$ を求める

```
>>> 1.00000000001 ** 100000000000 Enter
2.71828205335711
```

float クラスの値の記述には**指数表記**が使える。指数表記は非常に大きな数や、非常に小さな数を表現する際に用いられる表現であり、**仮数部** m と **指数部** n から成る $m \times 10^n$ という表記であるが、Python では、

$m \text{ e } n$

と表記する。

例. 指数表記による小さな数, 大きな数の表記

```
>>> me = 9.1093837015e-31 Enter ←非常に小さな数
>>> NA = 6.02214076e23 Enter ←非常に大きな数
>>> print('電子の質量(Kg):',me) Enter ←内容確認
電子の質量(Kg): 9.1093837015e-31 ←結果表示
>>> print('アボガドロ定数:',NA) Enter ←内容確認
アボガドロ定数: 6.02214076e+23 ←結果表示
```

注) 値の大小に関係なく指数表記は使用できる。

例. 指数表記の例

```
>>> 0.31415e1 Enter ←  $0.31415 \times 10^1$ 
3.1415 ←結果表示
```

float クラスで扱える値の精度は限定されており、それらに関する情報は sys モジュール¹² を用いて参照することができる。float で扱える正の最大値は float.info.max, 正の最小値は float.info.min を参照すると得られる。

例. float クラスで扱える数に関する情報

```
>>> import sys Enter ← sys モジュールの読み込み
>>> sys.float.info.max Enter ← float クラスで扱える正の最大値
1.7976931348623157e+308 ←これが正の最大値
>>> sys.float.info.min Enter ← float クラスで扱える正の最小値
2.2250738585072014e-308 ←これが正の最小値(正規化数13)
```

¹²システムパラメータの取得や設定などに関するモジュール

¹³本書では解説を割愛する。

※ 高い精度の（仮数部の桁数の大きい）浮動小数点数を扱う方法については後の「2.3.4.10 多倍長精度の浮動小数点数の扱い」（p.17）を参照のこと。

2.3.4.3 アンダースコア「_」を含む数値の記述

数値の記述の中にあるアンダースコア「_」は無視される。

例. アンダースコアを含む数値の記述

```
>>> 1_000_000  ←記述例 1
1000000      ←実際の値
>>> 2_345.67  ←記述例 2
2345.67      ←実際の値
>>> 9_8_7_6_5_4_3_2_1  ←記述例 3
987654321    ←実際の値
```

ただし、小数点の記号と接続するとエラーが発生する。

例. 誤った形でアンダースコアを数値の中に記述した例

```
>>> 3._14  ←誤った記述
File "<stdin>", line 1      ←エラーメッセージ
  3._14
    ^
SyntaxError: invalid syntax  ←文法エラーを意味する
```

2.3.4.4 基数の指定：2進数, 8進数, 16進数

数を記述する際に表3に示すような接頭辞を付けることで2進法, 8進法, 16進法の表現ができる。

表 3: 基数 (n 進法) の接頭辞

接頭辞	表現	例
0b (ゼロビー)	2 進法	0b1011011 (= 91 ₁₀)
0o (ゼロオー)	8 進法	0o1234567 (= 342391 ₁₀)
0x (ゼロエックス)	16 進法	0x7b4f (= 31567 ₁₀)

例. 2進数, 8進数, 16進数

```
>>> 0b111  ← 2 進数表現の数値
7        ←得られた値 (10 進数表現)
>>> 0o7777  ← 8 進数表現の数値
4095     ←得られた値 (10 進数表現)
>>> 0xff  ← 16 進数表現の数値
255      ←得られた値 (10 進数表現)
```

この例のように、接頭辞を付けたものが直接に数値として扱われる。

2.3.4.5 複素数： complex 型

Python では複素数が扱える。この際、虚数単位は j で表す。

例. $(1+i)(1-i)$ の計算を Python で実行する

```
>>> (1+1j)*(1-1j) 
(2+0j)
```

このように虚部 (j の係数) を明に記述する必要がある。すなわち、虚部が 1 であっても 1 を明に記述しなければならない。また計算の結果、虚部が 0 になっても 0j と表記される。

複素数の**実部**（実数の部分）が 0 の場合は実部の表示が省略される。また、実部、虚部ともに 0 の場合でも、値が complex クラスの場合は 0j と表示される。

例. 実部、虚部が 0 となる例

```
>>> a = 0+2j  [Enter]    ←実部が 0, 虚部が 2 の複素数
>>> a  [Enter]    ←内容確認
2j           ←実部の表示が省略されている
>>> a - 2j  [Enter]    ←更に虚部も 0 にしてみると
0j           ← complex 型は虚部が必ず残る
```

複素数の**実部**と**虚部**は、プロパティ real と imag に保持されており、個々に取り出すことができる。

例. 実部、虚部の取得

```
>>> c = 1-3j  [Enter]    ←複素数の生成
>>> c.real  [Enter]    ←実部の取り出し
1.0         ←実部が得られる
>>> c.imag  [Enter]    ←虚部の取り出し
-3.0        ←虚部が得られる
```

複素数に対して conjugate メソッドを使用すると共役複素数が得られる。

例. 共役複素数（先の例の続き）

```
>>> c.conjugate() [Enter] ←共役複素数の算出
(1+3j)          ←共役複素数が得られている
```

■ complex コンストラクタ

complex コンストラクタで複素数を生成することもできる。

書き方： `complex(実部, 虚部)`

例. complex コンストラクタで複素数を生成

```
>>> complex(1,2) [Enter] ←実部が 1, 虚部が 2 の複素数を生成
(1+2j)           ←結果表示
```

参考) 複素数は実部 a と虚部 b の和 $a+bi$ の形で表現されるため、複素数の計算の結果は基本的にこの形になる。

例. 複素数の除算 $(5 + 10i)/(3 - 4i)$

```
>>> (5+10j)/(3-4j) [Enter] ←複素数の除算
(-1+2j)           ←結果は実部と虚部の和の形式
```

■ 複素数のノルム

複素数 $a + bi$ のノルム $\sqrt{a^2 + b^2}$ は abs 関数で求めることができる。

例. $3 + 4i$ のノルム

```
>>> abs( 3+4j )  [Enter] ← abs 関数による複素数のノルムの算出
5.0              ←ノルムの値 (float 型で得られる)
```

abs 関数の引数に実数を与えると、その**絶対値**を返す。

例. -5 の絶対値を求める

```
>>> abs( -5 )  [Enter] ← |-5| を求める
5              ←結果表示
```

2.3.4.6 最大値, 最小値

関数 `max`, `min` の引数に値の列を与えることで、それぞれ最大値, 最小値を求めることができる。

例. 最大値と最小値の算出

```
>>> max( 1, 2, 3, 4, 3, 2 )  Enter  ←引数の中から最大の値を選び出す
4      ←結果表示
>>> min( 1, 2, 3, 4, 3, 2 )  Enter  ←引数の中から最小の値を選び出す
1      ←結果表示
```

`max`, `min` の引数にはリストやタプル¹⁴を与えることもできる。

例. 最大値と最小値の算出 (リストの中から選出)

```
>>> a = [1,2,3,4,3,2]  Enter  ←値の列のリストを作成
>>> max( a )  Enter  ←リスト a の中から最大の値を選び出す
4      ←結果表示
>>> min( a )  Enter  ←リスト a の中から最小の値を選び出す
1      ←結果表示
```

参考) 複数の値の合計値を求める関数として `sum` がある。これに関しては「2.4.1.7 要素の合計: `sum` 関数」(p.43) で解説する。

2.3.4.7 浮動小数点数の誤差と丸め

浮動小数点数の計算の結果は誤差を含む。

例. 浮動小数点数の計算における誤差

```
>>> 0.1 + 0.2  Enter  ←加算
0.30000000000000004  ←誤差を含んだ計算結果
```

数値は実際には (計算機内では) 2 進数の形式で表現される。また, 10 進数表現において「0.1」は有限の桁数で表現できるが, これを 2 進数で表す場合は循環小数となる。従って, そのような値を計算に用いる場合は, 精度の上限 (扱える桁数の上限¹⁵) によって計算結果の桁数が制限され, これに起因する計算の誤差が生じる。

値によっては 2 進数表現の際に循環小数とならないこともあり, その場合は計算結果に誤差が生じない。

例. 誤差のない浮動小数点数の計算

```
>>> 0.5 + 0.25  Enter  ←加算
0.75      ←誤差が見られない
```

この例の場合は $0.5_{(10)} = 0.1_{(2)}$, $0.25_{(10)} = 0.01_{(2)}$ である¹⁶ ので, 10 進数, 2 進数の両方の表現において有限の桁数となり (循環小数とはならず) 計算結果に誤差が生じない。

指定した桁数で誤差を丸めるには, 次に説明する `round` 関数を使用する。

`round` 関数を使用すると, 浮動小数点数の小数点以下の桁を丸める (四捨五入する¹⁷) ことができる。

書き方: `round(値, 小数点以下の桁数)`

この関数は, 引数に与えた値を丸めた結果を返す。

¹⁴リスト, タプルに関しては「2.4 データ構造」(p.37) で解説する。

¹⁵float の有効桁数は約 15 桁程度である。

¹⁶参考: 巻末付録「G.4 浮動小数点数と 2 進数の間の変換」(p.330)

¹⁷Python の `round` 関数の処理は厳密には四捨五入とは異なる。

例. round 関数

```
>>> 1.0 / 3.0 Enter    ← 1 ÷ 3 の計算（丸めなし）
0.3333333333333333    ← 結果の表示
>>> round( 1.0 / 3.0, 2 ) Enter    ← 1 ÷ 3 の計算（小数点以下 2 桁にする丸め）
0.33    ← 結果の表示
>>> round( 123456789.123, -2 ) Enter    ← 桁数指定に負の値を指定
123456800.0    ← 結果の表示
```

この例の様に、丸めの桁数に負の値を指定することができ、その場合は「整数部の末尾の丸め」となる。

2.3.4.8 数学関数

次のようにして math モジュールを読み込むことで、各種の数学関数が使用できる。

例. math モジュールの読み込み

```
>>> import math Enter
```

各種関数は「math.」の接頭辞を付けて呼び出す。例えば正弦関数の値を求めるには次のようにする、

例. 正弦関数 (sin) の使用

```
>>> math.sin(math.pi/2) Enter    ← sin(π/2) の算出
1.0    ← 計算結果
```

表 4 に math モジュールが提供する数学関数の一部を挙げる。

表 4: 使用できる数学関数の一部

関数	説明	関数	説明
<code>sqrt(x)</code>	x の平方根 \sqrt{x}	<code>pow(x,y)</code>	x の y 乗 x^y
<code>exp(x)</code>	x の指数関数 e^x	<code>log(x,y)</code>	x の対数関数 $\log_y x$ ※ 1
<code>log2(x)</code>	x の対数関数 $\log_2 x$	<code>log10(x)</code>	x の対数関数 $\log_{10} x$
<code>sin(x)</code>	x の正弦関数 $\sin(x)$	<code>cos(x)</code>	x の余弦関数 $\cos(x)$
<code>tan(x)</code>	x の正接関数 $\tan(x)$	<code>asin(x)</code>	x の逆正弦関数 $\sin^{-1}(x)$
<code>acos(x)</code>	x の逆余弦関数 $\cos^{-1}(x)$	<code>atan(x)</code>	x の逆正接関数 $\tan^{-1}(x)$
<code>sinh(x)</code>	x の双曲線正弦関数 $\sinh(x)$	<code>cosh(x)</code>	x の双曲線余弦関数 $\cosh(x)$
<code>tanh(x)</code>	x の双曲線正接関数 $\tanh(x)$	<code>asinh(x)</code>	x の逆双曲線正弦関数 $\sinh^{-1}(x)$
<code>acosh(x)</code>	x の逆双曲線余弦関数 $\cosh^{-1}(x)$	<code>atanh(x)</code>	x の逆双曲線正接関数 $\tanh^{-1}(x)$
<code>pi</code>	円周率 π	<code>e</code>	ネイピア数 e
<code>divmod(a,b)</code>	$a \div b$ の商と余りのタプル ※ 2 を返す関数		

※ 1 y を省略した場合は自然対数

※ 2 タプルに関しては「2.4 データ構造」(p.37) で解説する。

表 4 に挙げたものの以外にも多くの関数が提供されている。詳しくは Python の公式インターネットサイトを参照のこと。

例. $n!$ を求める関数 factorial

```
>>> import math Enter    ← モジュールの読み込み
>>> math.factorial( 30 ) Enter    ← 30! の計算
265252859812191058636308480000000    ← 計算結果
```

■ 複素数を扱う関数

math モジュールが提供する関数群は実数に対するものである。複素数を扱う関数群は cmath モジュールが提供しており、表 4 に挙げたものと共通の関数名のものが多く、詳しくは Python の公式ドキュメント（公式インターネットサイトなど）を参照のこと。

例. math モジュール, cmath モジュールそれぞれの sqrt 関数の違い

```
>>> import math      [Enter]      ← math モジュールの読み込み
>>> math.sqrt(-2)     [Enter]      ← math モジュールの関数で  $\sqrt{-2}$  を算出する試み

Traceback (most recent call last):      ← math.sqrt が複素数を扱えないため
  File "<stdin>", line 1, in <module>     エラーが発生する
ValueError: math domain error

>>> import cmath      [Enter]      ← cmath モジュールの読み込み
>>> cmath.sqrt(-2)     [Enter]      ← cmath モジュールの関数で  $\sqrt{-2}$  を算出する試み
1.4142135623730951j      ← 計算結果が複素数として得られる
```

2.3.4.9 特殊な値: inf, nan

数値として扱われる特殊な記号として inf と nan がある. inf は, あらゆる数値より大きい値 (無限大) として定義された形式的な記号である. (次の例参照)

例. 形式的な無限大記号の扱い

```
>>> import math      [Enter]      ← math モジュールの読み込み
>>> math.inf          [Enter]      ← 形式的な無限大
inf                  ← 形式上の表示
>>> a = math.inf       [Enter]      ← 変数に代入することもできる
>>> a > 100**10000     [Enter]      ← 非常に大きな数値  $100^{10000}$  との比較
True                ← inf はあらゆる数値よりも大きい
```

この例で使用している比較演算子「>」に関しては, p.70 「2.5.4.1 条件式」で説明する. また, True という値は真か偽かを表す値「真理値」であり, これについては p.31 「2.3.6 真理値」で説明する.

inf は math モジュールに依らず使用することができる. (次の例参照)

例. math モジュールに依らない inf の生成

```
>>> a = float('inf')  [Enter]      ← inf の生成
>>> a                  [Enter]      ← 内容確認
inf                  ← inf が生成されている
>>> type( a )          [Enter]      ← 型の検査 (p.33 「2.3.9 型の検査」で説明する)
<class 'float'>      ← 浮動小数点数 (float) の型である
```

inf は負 (マイナス) の符号を取り得る. (次の例参照)

例. 負の inf (先の例の続き)

```
>>> b = -1*a          [Enter]      ← (-1) を掛けて負の inf をつくる
>>> b                  [Enter]      ← 内容確認
-inf                 ← 負の inf が生成されている
>>> b < -(100**10000)  [Enter]      ← 非常に絶対値の大きな負の数値  $-(100^{10000})$  との比較
True                ← -inf はあらゆる数値よりも小さい
```

inf はあくまで形式的なものであり, 厳密な意味では数学的な値ではない. そのため, 値として数値計算に用いるべきではない. (次の例参照)

例. inf を計算に用いる試み（先の例の続き）

```
>>> a + a  Enter  ←加算の試み
inf        ←計算結果
>>> a * a  Enter  ←乗算の試み
inf        ←計算結果
>>> a - a  Enter  ←減算の試み
nan        ←計算結果（数ではない）
>>> a / a  Enter  ←除算の試み
nan        ←計算結果（数ではない）
```

この例からわかるように減算と除算の結果は解釈できない。これは**非数**であり、nan（not a number）という記号で形式的に表される。

注意) inf, nan の型は float である。

■ 特殊な値かどうかの判定

math モジュールは inf や nan といった特殊な値を判定する関数や有限の数値を判定する関数（下記）を提供している。

- **math.isinf(値)** : 値が正もしくは負の無限大なら True, それ以外なら False
- **math.isnan(値)** : 値が nan なら True, それ以外なら False
- **math.isfinite(値)** : 値が有限の数値なら True, それ以外なら False

例. 無限大の判定（先の例の続き）

```
>>> math.isinf( a )  Enter  ← a (inf) を判定
True                ← a は正の無限大 inf である
>>> math.isinf( -a )  Enter  ← -a (-inf) を判定
True                ← a は負の無限大 -inf である
>>> math.isinf( 2 )  Enter  ← 2 を判定
False               ← 2 は有限の数値である
>>> math.isinf( a/a )  Enter  ← a/a (nan) を判定
False               ← nan は無限大ではない
```

例. 非数 (nan) の判定（先の例の続き）

```
>>> math.isnan( a/a )  Enter  ← a/a (nan) を判定
True                 ←非数 (nan) である
>>> math.isnan( a )  Enter  ← a (inf) を判定
False               ← inf は nan ではない
>>> math.isnan( 2 )  Enter  ← 2 を判定
False               ← 2 は nan ではない
```

例. 有限な数値の判定（先の例の続き）

```
>>> math.isfinite( 2 )  Enter  ← 2 を判定
True                ←有限な数値である
>>> math.isfinite( a )  Enter  ← a (inf) を判定
False               ← inf は有限な数値ではない
>>> math.isfinite( a/a )  Enter  ← a/a (nan) を判定
False               ← nan は有限な数値ではない
```

2.3.4.10 多倍長精度の浮動小数点数の扱い

<http://mpmath.org/> で公開されている mpmath ライブラリ¹⁸ を使用すると、IEEE-754 の倍精度浮動小数点数の精度に制限されない**任意の精度**による浮動小数点数の演算が可能となる。mpmath を使用するには必要なものを次のようにして読み込んでおく。

```
from mpmath import mp
```

mpmath ライブラリには math モジュールで提供されているものと類似の関数が多数提供されており、表 4 のような関数に接頭辞 'mp.' を付ける¹⁹ ことでその関数の値を求めることができることが多い。ただし math モジュールとの厳密な違いには注意すること。mpmath の使用方法の詳細に関しては先のサイトを参照のこと。

■ 演算精度の設定（仮数部の桁数の設定）

mp の dps プロパティに整数値を設定することで、計算精度（仮数部の桁数）を設定することができる。

例. 円周率を 200 桁求める

```
>>> from mpmath import mp  [Enter]    ← mpmath ライブラリの読み込み
>>> mp.dps = 200  [Enter]    ← 演算精度の設定
>>> print( mp.pi )  [Enter]    ← 円周率の算出
3.1415926535897932384626433832795028841971693993751058209749445923078164062862089986280
348253421170679821480865132823066470938446095505822317253594081284811174502841027019385
21105559644622948954930382    ← 計算結果
```

注) mpmath ライブラリの関数が返す値の型は、通常の浮動小数点数 float とは異なる mpf オブジェクト (mpmath.ctx_mp_python.mpf) であることに注意すること。

■ 値の設定

mpmath のオブジェクトに値を設定するには mpf メソッドを使用する。

例. 値の設定

```
>>> from mpmath import mp  [Enter]    ← mpmath ライブラリの読み込み
>>> mp.dps = 72  [Enter]    ← 演算精度の設定
>>> a = mp.mpf('0.0000000001')  [Enter]    ← a に 10-10 の値を設定
>>> b = mp.mpf('1.0e10')  [Enter]    ← b に 1010 の値を設定
>>> a*b  [Enter]    ← 積の算出
mpf('1.0')    ← 計算結果
```

mpf メソッドの引数には様々な型のオブジェクト (int, float, str) を与えることができる。特に仮数部の桁の長い浮動小数点数を与える場合は、文字列 (str) として与えることができる。文字列として浮動小数点数を記述する場合は先の例の様に**指数表記**が使える。

mpmath オブジェクト a の値を int, float, str などの型の値に変換するには次のようにする。

```
整数に変換      : int( a )
浮動小数点数に変換 : float( a )
文字列に変換    : str( a )
```

¹⁸PSF 版 Python での導入方法に関しては、巻末付録「A.4 PIP によるライブラリ管理」(p.280) を参照のこと。Anaconda の場合は既にインストールされていることが多い。Anaconda でのパッケージ管理は Anaconda Navigator や conda コマンドで行う。

¹⁹ライブラリの読み込みと接頭辞の扱いについては若干の注意が求められることがある。詳しくは巻末付録「D ライブラリの取り扱いについて」(p.312) を参照のこと。

■ 複素数

mpmath では複素数を扱うこともできる。虚数単位は Python 標準の表記と同じ「j」である。

例. -2 の平方根を求める

```
>>> from mpmath import mp  ← mpmath ライブラリの読み込み
>>> n = mp.mpf( -2.0 )  ← mpmath の -2 を生成
>>> a = mp.sqrt( n )  ← 平方根の算出
>>> print( a )  ← 内容確認
(0.0 + 1.4142135623731j) ← 複素数として得られる ( $0 + \sqrt{2}i$  を意味する)
>>> a  ← 内部表現の確認
mpc(real='0.0', imag='1.4142135623730951') ← mpc オブジェクトとなっている
```

この例でわかるように、複素数は mpmath の mpc オブジェクトとして扱われる。実部、虚部はプロパティ real , imag にそれぞれ保持されている。

例. 実部、虚部の取り出し（先の例の続き）

```
>>> a.real  ← 実部の取り出し
mpf('0.0') ← 実部
>>> a.imag  ← 虚部の取り出し
mpf('1.4142135623730951') ← 虚部
```

複素数を明に生成するには

```
mp.mpc( 実部, 虚部 )
```

とする。

例. 虚数単位 i の 2 乗を求める（先の例の続き）

```
>>> n = mp.mpc( 0, 1 )  ← mpmath の虚数単位を生成
>>> a = n**2  ← 2 乗の算出
>>> print( a )  ← 内容確認
(-1.0 + 0.0j) ← 計算結果は複素数として得られる
```

■ 特殊な値：無限大、非数

mpmath パッケージも独自に無限大と非数を定義している。（次の例参照）

例. mpmath の無限大と非数

```
>>> from mpmath import mp  ← mpmath ライブラリの読み込み
>>> a = mp.inf  ← 無限大の生成
>>> a  ← 内容確認
mpf('+inf') ← mpmath での無限大
>>> -a  ← 負の無限大の算出
mpf('-inf') ← mpmath での負の無限大
>>> a + a  ← 加算の試み
mpf('+inf') ← 計算結果
>>> a - a  ← 減算の試み
mpf('nan') ← 計算結果（数ではない）
```


■ 符号, 假数部, 指数部

mpf オブジェクトとして表される数の符号 (+/-) を調べるには `sign` メソッドを使用する.

例. 符号を調べる

```
>>> mp.dps = 25      [Enter]      ← 計算精度の設定
>>> n1 = mp.mpf( '0.3' )  [Enter]  ← 0.3 の
>>> mp.sign( n1 )  [Enter]      符号を調べる
mpf('1.0')      ← 1.0 : 正
>>> n2 = mp.mpf( '0' )  [Enter]  ← 0 の
>>> mp.sign( n2 )  [Enter]      符号を調べる
mpf('0.0')      ← 0.0 : ゼロ
>>> n3 = mp.mpf( '-0.3' )  [Enter]  ← -0.3 の
>>> mp.sign( n3 )  [Enter]      符号を調べる
mpf('-1.0')      ← -1.0 : 負
```

この例のように「`mp.sign(調査対象の値)`」として評価すると、正の場合は 1.0、ゼロの場合は 0、負の場合は -1.0 が得られる。(戻り値は `mpf` オブジェクト)

mpf オブジェクトは**仮数部** (mantissa) と**指数部** (exponent) から成り、それぞれ man プロパティ, exp プロパティから int 型で得られる.

例. 仮数部, 指数部を調べる (先の例の続き)

```
>>> n1.man      Enter      ← 仮数部を調べる
23211375736600880154358579      ← 仮数部
>>> n1.exp      Enter      ← 指数部を調べる
-86      ← 指数部
```

この例から 0.3 が $23211375736600880154358579 \times 2^{-86}$ であることがわかる. また, 仮数部, 指数部の値は元の数の正負に依らない.

例. mpf('0.3') の仮数部と指数部 (先の例の続き)

```
>>> n3.man      Enter      ← 仮数部を調べる
23211375736600880154358579      ← 仮数部
>>> n3.exp      Enter      ← 指数部を調べる
-86      ← 指数部
```

先の例と同じ結果となっていることがわかる。

【参考】浮動小数点数の2進数表現

mpf オブジェクトの `man`, `exp` プロパティを参照することで、浮動小数点数の 2 進数表現を得ることができる。

例. 0.3 の 2 進数表現 (先の例の続き)

[illegible]

この結果から, 0.3 の 2 進数表現 (近似表現) が

[illegible]

であることがわかる.

2.3.4.11 分数の扱い

Python 処理系に標準的に添付されている `fractions` モジュールを用いると分数を扱うことができる。このモジュールは次のようにして Python 処理系に読み込む。

```
from fractions import Fraction
```

これにより、分数を扱うための `Fraction` クラス²⁰ が利用できる。

例. 分数を生成して計算する例

```
>>> from fractions import Fraction  [Enter]    ← fractions モジュールの Fraction クラスを読み込む
>>> a = Fraction(2,3)  [Enter]    ← 分数 2/3 を生成して a に代入
>>> b = Fraction(3,4)  [Enter]    ← 分数 3/4 を生成して b に代入
>>> c = a + b  [Enter]    ← 2 つの分数を加算
>>> c  [Enter]    ← 内容確認
Fraction(17, 12)    ← 計算結果
>>> print( c )  [Enter]    ← print 関数で出力
17/12    ← 整形表示されている
```

この例のように `Fraction`²¹ の第一引数に分子を、第二引数に分母を与えることで分数オブジェクトが生成される。分数オブジェクトは整数 (`int`) や浮動小数点数 (`float`) とは別のクラスのオブジェクトであり、約分され既約な形で保持される。

浮動小数点数 (`float` 型) や文字列 (`str` 型) から直接的に分数を作成することもできる。

例. 浮動小数点数から分数に変換する例 (先の例の続き)

```
>>> d = 1.23456  [Enter]    ← 浮動小数点数 1.23456 を用意
>>> Fraction(d)  [Enter]    ← Fraction への変換
Fraction(694995494495815, 562949953421312)    ← 変換結果
```

この例から、 $1.23456 \approx \frac{694995494495815}{562949953421312}$ であることがわかる。

また同様のことが、`Fraction` のメソッド `from_float` によっても可能である。(次の例)

例. `from_float` メソッドによる変換 (先の例の続き)

```
>>> Fraction.from_float( d )  [Enter]    ← from_float メソッドによる変換
Fraction(694995494495815, 562949953421312)    ← 変換結果
```

例. 文字列表現の分数を `Fraction` にする (先の例の続き)

```
>>> Fraction('3/5')  [Enter]    ← Fraction の引数に文字列表現の分数を与える
Fraction(3, 5)    ← 変換結果
```

分数から浮動小数点数、あるいは文字列に変換することもできる。

例. 分数を浮動小数点数や文字列に変換する例 (先の例の続き)

```
>>> float( c )  [Enter]    ← 分数を浮動小数点数に変換する
1.4166666666666667    ← 変換結果
>>> str( c )  [Enter]    ← 分数を文字列に変換する
'17/12'    ← 変換結果
```

分数は `int` や `float` との演算が可能である。(次の例参照)

²⁰内部的には `ABCMeta` クラス

²¹`Fraction` コンストラクタ

例. 分数と整数, 浮動小数点数との計算 (先の例の続き)

```
>>> print( 1 + c )  ←分数と整数の加算
29/12      ←計算結果 (分数として得られる)
>>> print( 0.5 + c )  ←分数と浮動小数点数の加算
1.9166666666666667 ←計算結果 (浮動小数点数として得られる)
```

分数と整数の演算では分数の形で, 分数と浮動小数点数の演算では浮動小数点数の形で結果が得られる.

■ 分母の大きさの制限

分数 (Fraction オブジェクト) に対して `limit_denominator` メソッドを使うと分母の大きさを制限した形で近似した分数を得ることができ, 様々な場面で応用ができる. 例えば 2.2 という値を分数で表現すると $11/5$ になると思われるが, 実際に float 型の 2.2 を Fraction に変換すると次のようになる.

例. float の 2.2 を Fraction に変換する

```
>>> f = Fraction( 2.2 )  ← 2.2 を Fraction に変換
>>> print( f )  ←表示して確認
2476979795053773/1125899906842624 ←変換結果
```

分母, 分子ともに非常に大きな値となっていることがわかる. これは, float 型の 2.2 が計算機の内部では循環小数 $10.00110011001100110011\dots_{(2)}$ となっていることが原因である. 次に分母が 10 を超えない形に近似した分数を求める例を示す.

例. 分母が 10 を超えないように近似 (先の例の続き)

```
>>> print( f.limit_denominator(10) )  ←分母の上限を 10 にした形の近似値を求める
11/5      ←近似値の分数
```

この例のように `limit_denominator` の引数に分母の上限値を与えて実行する.

■ 分母, 分子の取り出し

Fraction オブジェクトの分子と分母は `numerator` プロパティと `denominator` プロパティがそれぞれ保持している.

例. Fraction の分子と分母

```
>>> f = Fraction(13,17)  ← Fraction オブジェクトの生成
>>> print( f )      ←内容確認
13/17      ←結果表示
>>> f.numerator  ←分子の参照
13         ←分子
>>> f.denominator  ←分母の参照
17         ←分母
```

参考) 浮動小数点数に対して `as_integer_ratio` メソッドを実行すると, それを表現する分数の分子と分母のペアが得られる.

例. 分子と分母のペアの取得

```
>>> (3.5).as_integer_ratio()  ← 3.5 を分数と見た場合の分子と分母の取得
(7, 2)      ←結果表示
```

これは, 3.5 を $7/2$ と見て, 分子と分母である 7 と 2 のペアを **タプル**²² という 括弧で括られたデータ構造 として取得している例である.

²²タプルに関しては「2.4.2 タプル」(p.46) で説明する.

2.3.4.12 乱数の生成

乱数を生成するには random モジュールを使用する方法がある。このモジュールを使用するには次のようにする。

```
import random
```

整数の乱数を生成するには randrange メソッドを使用する。randrange に 2 つの引数を与えて実行すると、**第 1 引数以上, 第 2 引数未満**の整数の乱数が得られる。

例. 整数の乱数の生成

```
>>> import random [Enter]    ←モジュールの読み込み
>>> random.randrange(0,100) [Enter]    ← 0 以上 100 未満の整数の乱数の生成
16          ←得られた乱数
```

浮動小数点数 (float) の乱数を生成するには random メソッドを使用する。

例. float の乱数の生成

```
>>> random.random() [Enter]    ← float 乱数 (0 以上 1.0 未満) の生成
0.6830640714706756    ←得られた乱数
```

複数の乱数を生成する例を次に示す。

例. 複数の乱数の生成

```
>>> [ random.randrange(0,100) for i in range(10) ] [Enter]    ← 整数乱数を 10 個生成
[16, 51, 90, 68, 82, 39, 83, 23, 15, 35]    ←得られた乱数列
```

この例では、データ列が [~] で括られたリストという形で得られている。リストに関しては「2.4.1 リスト」(p.37) のところで説明する。また、この例で示した手法はリストの**要素の内包表記**を応用したものであり、詳しくは「2.5.1.5 for を使ったデータ構造の生成 (要素の内包表記)」(p.63) のところで説明する。

randrange, random はメルセンヌ・ツイスタ²³を用いたものであり、乱数生成が確定的である。すなわち、ある初期状態から生成する乱数の並びが決められている。このことは次の例で確かめることができる。

例. 同じ初期状態から同じ乱数列が生成される例

```
>>> random.seed(0) [Enter]    ←乱数生成処理を初期化
>>> [ random.randrange(0,100) for i in range(10) ] [Enter]    ←乱数を 10 個生成
[49, 97, 53, 5, 33, 65, 62, 51, 38, 61]    ←得られた乱数
>>> random.seed(0) [Enter]    ←乱数生成処理を再度初期化
>>> [ random.randrange(0,100) for i in range(10) ] [Enter]    ←乱数を 10 個生成
[49, 97, 53, 5, 33, 65, 62, 51, 38, 61]    ←同じ乱数列が得られている
```

この例では seed 関数を使用して乱数生成の状態を初期化している。この関数の引数には、乱数の初期状態を意味する seed を与える。同一の seed で初期化すると、同一の乱数生成過程となる。

このように、指定した初期状態から確定的な乱数を生成することは、統計学や機械学習のためのプログラム開発などにおいて、決まったテストデータを生成する場合に必要となる。

²³乱数生成器の 1 つ。参考文献: M.Matsumoto, T.Nishimura, "Mersenne Twister: A 623-dimensionally equidistributed uniform pseudorandom number generator", ACM Trans. on Modeling and Computer Simulation Vol.8, No.1, January pp.3-30 (1998)

暗号学的な処理においては確定的な乱数生成を使用してはならない。より安全な乱数生成には `secrets` モジュールを使用すべきである。 `secrets` モジュールを使用するためには次のようにする。

```
import secrets
```

この後、`randbelow` メソッドを使用して乱数を得る。このメソッドの引数に1つの正の整数与えると、**0 以上, 与えた引数未満**の整数の乱数を生成する。

例. 整数の乱数の発生

```
>>> import secrets      ←モジュールの読み込み
>>> secrets.randbelow(100)     ← 0 以上 100 未満の整数の乱数の発生
52          ←得られた乱数
```

2.3.5 文字列

文字列はダブルクォート「"」もしくはシングルクォート「'」で括ったデータである。(どちらを使っても良い²⁴)

文字列の例. 'Python', "パイソン"

2.3.5.1 エスケープシーケンス

Python では C 言語での扱いと同様に、文字列中には特殊な機能を持った記号 (エスケープシーケンス) を含めることができる。エスケープ記号は「¥」 (半角) である。これは、処理環境によってはバックスラッシュ「\」の表示になる場合²⁵ がある。

一般的な意味では「文字列」は可読な記号列のことを指すが、記号列の中に特別な働きを持った、ある種の「制御記号」を含めると、その文字列を端末画面などに表示する際の制御ができる。例えば、「¥n」というエスケープシーケンスを含んだ文字列

"一行目の内容です。¥n 二行目の内容です。"
を端末画面に表示してみる。

```
>>> a = "一行目の内容です。¥n 二行目の内容です。"
>>> print(a)
```

一行目の内容です。
二行目の内容です。

このように、「¥n」の位置で文字列の表示が改行されていることがわかる。この例における print は端末装置に出力する (画面に表示する) ための機能であるが、詳しくは以後の章で解説する。

参考) テキストファイルの中の改行コードに関しては「2.6.3 ファイルからの入力」(p.79) で解説する。

表示に使用する端末装置によっては、ベルを鳴らすことも可能である。例えば次のように「¥a」というエスケープシーケンスを含む文字列を print する。

例. 「¥a」でベル音を鳴らす

```
>>> a = "Ring the bell.¥a"
>>> print(a)
```

Ring the bell.

この表示と同時にベル音が鳴る。(装置によって音は違う。音が鳴らない端末もある)

エスケープシーケンスには様々なものがあり、代表的なものを表 5 に挙げる。

表 5: 代表的なエスケープシーケンス

ESC	機能	ESC	機能
¥n	改行	¥t	タブ
¥r	行頭にカーソルを復帰	¥v	垂直タブ
¥f	フォームフィード	¥b	バックスペース
¥a	ベル	¥¥	'¥' そのもの
¥"	ダブルクォート文字	¥'	シングルクォート文字

この他にも Python では u でエスケープするシーケンスも使用できる。「¥u」に続いて Unicode の 16 進数表記を記述すると、それに該当する文字となる。

例. エスケープシーケンスによる Unicode 文字の表現

```
>>> '¥u604b¥u611b'
```

← Unicode の文字コードで文字列を表現
'恋愛' ← 結果としての文字列

²⁴Python 処理系はシングルクォートを付けて文字列を表示する。

²⁵「¥」、「¥」と表示が異なっているが文字コードとしては 92 (0x5c) である。

2.3.5.2 raw 文字列 (raw string)

文字列中のエスケープシーケンスを無視して '¥' を単なる文字として扱うには **raw 文字列** として扱うと良い。通常の文字列の先頭に 'r' もしくは 'R' を付けるとその文字列に含まれる記号は全て「そのままの記号」として扱われる。

例. raw 文字列

```
>>> s = r'abc¥ndef'  Enter    ← raw 文字列の生成
>>> print(s)         Enter    ← 出力してみる
abc¥ndef              ← '¥n' で改行されず、そのままの文字として扱われている
```

2.3.5.3 複数行に渡る文字列

単引用符 3 つ '''~''' で括ることで、複数の行に渡る文字列を記述することができる。

例. 複数行に渡る文字列の記述

```
>>> s = '''これは  Enter    ← 記述の開始
...   複数の行にわたる  Enter
...   文字列です. '''    Enter    ← 記述の終了
>>> s  Enter            ← s の内容確認
'これは¥n 複数の行にわたる¥n 文字列です. '    ← s の内容表示
>>> print(s)  Enter     ← s の整形表示
これは
複数の行にわたる      ← 複数の行として表示されている
文字列です.
```

2.3.5.4 文字列の分解と合成

文字列の指定した部分を取り出すには '['...']' で添字 (スライス) を付ける。例えば、'abcdef' という文字列があった場合、'abcdef'[2] は 'c' である。このように位置を意味する添字を付けることで、文字列の部分を取り出すことができる。先頭の文字の添字は 0 である。(開始は「0 番目」)

《 部分文字列の取り出し 》

書き方 (1): 文字列 [$n_1:n_2$]

「文字列」の n_1 番目から $n_2 - 1$ 番目までの部分を取り出す。

書き方 (2): 文字列 [n]

「文字列」の n 番目の 1 文字を取り出す。

※ 添字 (スライス) の更に高度な応用については「2.4.5 添字 (スライス) の高度な応用」(p.54) を参照のこと。

例. 部分文字列の取得

```
>>> s = 'abcdefg'  Enter    ← 文字列の生成
>>> s[2:5]  Enter    2 番目から 5-1 番目までの部分文字列の取得
'cde'       ← 取り出した部分文字列
```

例. 1 文字の取り出し

```
>>> s = '美味しい食べ物'  Enter    ← 文字列の生成
>>> s[1]  Enter          1 番目の文字の取得
'味'         ← 取り出した部分文字列
```

文字列の連結には、'+' による加算表現が使える。

例. 文字列の連結 (1)

```
>>> 'abc' + 'def'  Enter    ← 加算記号で連結
'abcdef'           ← 連結結果
```


例. 行の分離

```
>>> s = ''' これは  ← 3行にわたる文字列
...   複数の行にわたる 
...   文字列です. ''' 
>>> a = s.splitlines()  ← 行を分離
>>> a  ← 内容確認
[' これは', ' 複数の行にわたる', ' 文字列です. ']
```

← 結果表示 (リストになっている)

split メソッドを用いて '\n' を区切りにして分解することもできるが、行の区切りは '\n' 以外にもあるので、行の分離には splitlines を使用するべきである。

■ リストの要素の連結

join メソッドを使用すると、リストの要素を全て連結することができる。(split メソッドの逆の処理)
ただしその場合のリストの要素は全て文字列型でなければならない。

例. リストの要素の連結 (split の逆)

```
>>> lst = ['a', 'b', 'c', 'd']  ← リストの生成
>>> ':'.join(lst)  ← コロン ':' を境 (区切り) にして文字列を連結
'a:b:c:d' ← リストを連結した文字列
```

join メソッドは区切り文字となる文字列型データに対して実行し、その引数に連結対象要素をもつリストを与える。

2.3.5.5 文字列の置換

文字列中の特定の部分を置き換えるには replace メソッドを使用する。

《 文字列の置換 》

書き方: 文字列.replace(対象部分, 置換後の文字列)

「文字列」の中の「対象部分」を探し、それを「置換後の文字列」に置き換えたものを返す。元の文字列は変更されない。

例. 文字列の置換

```
>>> a = 'abcdefghijklmabcdefghijklm'  ← 元の文字列
>>> a.replace('bcd', 'BCD')  ← 'bcd' を 'BCD' に置き換える
'aBCDefgaBCDefgaBCDefg' ← 置換結果
```

2.3.5.6 文字の置換

1 文字単位で置換する規則に基いて、文字列中の文字を置換することができる。手順としては、まず str クラスの maketrans メソッドを用いて置換規則のオブジェクトを生成し、それを用いて translate メソッドによって置換処理を行う。

例. 1 文字単位の変換規則の適用

```
>>> tr = str.maketrans('ABC', 'abc')  ← 置換規則を tr として生成
>>> 'ABCDEFGH'.translate(tr)  ← tr を用いて置換処理
'abcDEFGH' ← 処理結果
```

この例における tr は、

A	B	C
↓	↓	↓
a	b	c

と置換する規則であり、その内容は辞書オブジェクト (p.51 「2.4.4 辞書型」で解説する) である。

translate メソッドは置換結果の文字列を返し、対象の文字列は変更しない。

この方法では日本語を含む多バイト系文字の置換も可能である。

特にアルファベット大文字／小文字の間での変換に関しては次に説明する方法が便利である。

2.3.5.7 英字、数字の判定

文字列に含まれる記号の種類を判定するいくつかの方法を表 6 に示す。

表 6: 文字列に含まれる文字種を判定するメソッド (一部)

メソッド	説明
isalpha()	対象の文字列の要素が全てアルファベット
isdecimal()	対象の文字列の要素が全て数字
isalnum()	対象の文字列の要素が全てがアルファベットか数字

これらメソッドの実行例を示す。

例. 文字列の要素が全てアルファベットかどうかの判定

```
>>> 'abc'.isalpha() Enter
True
>>> 'aBc'.isalpha() Enter
True
>>> 'm4a'.isalpha() Enter
False
```

例. 要素が全て数字かどうかの判定

```
>>> '1234'.isdecimal() Enter
True
>>> '640x480'.isdecimal() Enter
False
```

例. 要素が全てアルファベットか数字かの判定

```
>>> '123'.isalnum() Enter
True
>>> '640x480'.isalnum() Enter
True
>>> '123+456'.isalnum() Enter
False
```

2.3.5.8 大文字／小文字の変換と判定

アルファベット大文字／小文字の変換や判定のためのメソッド群が使用できる。

例. 文字列中の小文字を大文字に変換する処理

```
>>> s = 'this is a sample.' Enter ←小文字による文字列
>>> t = s.upper() Enter ←小文字を大文字に変換する処理
>>> t Enter ←内容の確認
'THIS IS A SAMPLE.' ←大文字になっている
```

この例では upper メソッドを用いて小文字を大文字に変換している。このメソッドは変換元の文字列オブジェクトに対して適用し、変換結果の文字列を返す。また、元の文字列は変更されない。

他にも様々なメソッドがある。表 7 にそれらの一部を示す。

表 7: 大文字／小文字の変換や判定

メソッド	元の文字列	処理結果（戻り値）	説明
upper()	'this is a sample.'	'THIS IS A SAMPLE.'	小文字→大文字
lower()	'THIS IS A SAMPLE.'	'this is a sample.'	大文字→小文字
capitalize()	'this is a sample.'	'This is a sample.'	文頭を大文字に変換
title()	'this is a sample.'	'This Is A Sample.'	各単語の先頭を大文字に変換
swapcase()	'This Is A Sample.'	'tHIS iS a sAMPLE.'	小文字/大文字を逆転
islower()	'this is a sample.'	True	全て小文字の場合に真
	'This Is A Sample.'	False	小文字以外を含むと偽
isupper()	'THIS IS A SAMPLE.'	True	全て大文字の場合に真
	'This Is A Sample.'	False	大文字以外を含むと偽

元の文字列、メソッド の形で実行する。

2.3.5.9 文字列の含有検査

文字列の中に「ある文字列」が含まれるかどうかを検査するには in 演算子を使う。

書き方： 探したい文字列 in 元の文字列

このようにすることで「元の文字列」の中に「探したい文字列」があるかどうかを判定できる。

例. 文字列の含有検査

```
>>> s = '私は大阪府に住んでいます。' Enter ←元の文字列の生成
>>> '大阪' in s Enter ←「大阪」が含まれるか検査
True ←含まれる
>>> '東京' in s Enter ←「東京」が含まれるか検査
False ←含まれない
```

結果は「真か偽か」を表現する**真理値**であり、True（真）か False（偽）の値である。真理値に関しては「2.3.6 真理値」（p.31）で解説する。

in を用いた文字列の含有検査を応用すると、様々な文字列編集が可能となる。

応用例. 冗長な空白文字の除去

```
>>> s = 'A B C D' Enter ←冗長な空白を含んだ文字列
>>> while ' ' in s: Enter ←2つの空白文字' 'が存在する間の繰り返し
... s = s.replace(' ', ' ') Enter ←2つの空白文字' 'を1つの空白文字に置き換える
... Enter ←繰り返し処理の終了
>>> s Enter ←内容確認
'A B C D' ←空白文字が短縮されている
```

これは、重複する2つの空白文字を1つの空白文字に変換する処理を繰り返す例²⁶である。（while 文による繰り返しに関しては p.61 「2.5 制御構造」で解説する）

更に高度な文字列検査の方法に関しては「4.2 文字列検索と正規表現」（p.175）で解説する。

2.3.5.10 文字コード／文字の種類

1 文字（文字列ではない）の**文字コード**を取得するには ord 関数を使用する。また逆に、文字コードを表す整数値から文字を取得するには chr 関数を使用する。

²⁶このアルゴリズムは最適ではない。更に高速なアルゴリズムについて考察されたい。

例. 文字コードの取得／指定した文字コードの文字

```
>>> ord('a')  [Enter]  ← 'a' (半角文字) の文字コードの取得
97             ← 得られた文字コード (ASCII コード)
>>> ord(' あ') [Enter]  ← ' あ' (全角文字) の文字コードの取得
12354          ← 得られた文字コード (utf-8 の場合)
>>> chr(97)   [Enter]  ← 文字コード 97 (10 進数) に対応する文字の取得
'a'           ← 得られた文字
>>> chr(12354) [Enter] ← 文字コード 12354 (10 進数) に対応する文字 (utf-8) の取得
' あ'        ← 得られた文字
```

■ 文字の種別の調査

標準モジュールの `unicodedata` を使用すると文字の種別を判定することができる。Python で扱う文字は Unicode ²⁷ に準拠しており、これに基づく名前 (文字の属性) を取得することができる。具体的には `unicodedata` モジュールの `name` 関数を使用する。

例. 文字の種別の判定

```
>>> import unicodedata [Enter]  ← モジュールの読み込み
>>> unicodedata.name('a') [Enter] ← 'a' の判定
'LATIN SMALL LETTER A'      ← 判定結果: 「半角英数小文字」
>>> unicodedata.name('A') [Enter] ← 'A' の判定
'LATIN CAPITAL LETTER A'    ← 判定結果: 「半角英数大文字」
>>> unicodedata.name('ア') [Enter] ← 'ア' の判定
'HALFWIDTH KATAKANA LETTER A' ← 判定結果: 「半角カタカナ」
>>> unicodedata.name('あ') [Enter] ← 'あ' の判定
'HIRAGANA LETTER A'        ← 判定結果: 「全角ひらがな」
>>> unicodedata.name('ア') [Enter] ← 'ア' の判定
'KATAKANA LETTER A'        ← 判定結果: 「全角カタカナ」
>>> unicodedata.name('中') [Enter] ← '中' の判定
'CJK UNIFIED IDEOGRAPH-4E2D' ← 判定結果: 「全角漢字」
```

`name` 関数の戻り値を構成する語の意味などについては Unicode の公式サイトを参照のこと。

■ Unicode の範囲

Unicode は文字コード 0～1114111 (16 進数で 0～10FFFF) の範囲で定義されている。ただし本書執筆時点では、この範囲の全ての文字コードに対しては Unicode 文字は割り当てられていない。例えば、最終の文字コード 1114111 の Unicode 文字を調べようすると次のようになる。

試み) 文字コード 1114111 の Unicode 文字について調べる

```
>>> c = chr(1114111) [Enter]  ← 文字コード 1114111 の文字を c に取得
>>> print(c) [Enter]  ← 表示を試みる
..          ← 不可解な表示 (文字が割り当てられていない)
>>> unicodedata.name(c) [Enter] ← name 関数でこの文字の属性を調べてみると

Traceback (most recent call last):  ← 文字が定義されておらず
  File "<stdin>", line 1, in <module> エラーとなる
ValueError: no such name
```

`name` 関数の第 2 引数には例外時 (文字が割り当てられていない場合) の戻り値を与えることができ、これによりエラー (例外) の発生を回避できる。

²⁷ 詳しくは Unicode の公式サイト The Unicode Consortium (<http://www.unicode.org/>) で公開されている情報を参照のこと。

先の試みの続き)

```
>>> unicodedata.name(c,'未定義です') Enter ←再度 name 関数でこの文字の属性を調査  
'未定義です' ←結果表示
```

参考) 使用できる全ての Unicode 文字を列挙するサンプルプログラムを
「G.5 全ての Unicode 文字の列挙」(p.332) に示す.

■ string モジュールに定義されている文字の種別

string モジュールには表 8 に示すような文字の種別の定義がある.

表 8: string モジュールで定義されている半角文字の種別 (一部)

定義	内容	定義	内容
ascii_lowercase	英小文字	ascii_uppercase	英大文字
ascii_letters	ascii_lowercase と ascii_uppercase を合わせたもの	digits	半角数字
hexdigits	16 進数の表記を構成する文字	octdigits	8 進数の表記を構成する文字
printable	印字可能文字	whitespace	空白文字

例. 表 8 の定義の一部を閲覧する

```
>>> import string Enter ← string モジュールの読み込み  
>>> string.ascii_lowercase Enter ← ascii_lowercase を表示  
'abcdefghijklmnopqrstuvwxyz' ← ascii_lowercase の内容  
>>> string.digits Enter ← digits を表示  
'0123456789' ← digits の内容
```

表 8 の定義を利用すると, 半角文字の種別の判定ができる.

例. 半角文字の種別の判定

```
>>> 'a' in string.ascii_lowercase Enter ← 'a' は小文字か?  
True ←真  
>>> 'A' in string.ascii_lowercase Enter ← 'A' は小文字か?  
False ←偽
```

参考) ここで説明したことに加え, 後の「2.6.1.1 出力データの書式設定」(p.74) で説明するフォーマット済み文字列リテラル (f-string) を利用すると, 更に高度な文字列編集が可能となる.

2.3.6 真理値 (bool 型)

真理値 (bool 型) は真か偽かを現す値で, True, False の 2 値から成る²⁸. 例えば, 両辺の値が等しいかどうかを検査する比較演算子 '==' があり, 1 == 2 という式は誤りなのでこの式の値は False となる. (次の例を参照)

例.

```
>>> p = 1==2 Enter ← 1==2 の検査結果を変数 p に与えている.  
>>> print( p ) Enter ←変数 p の内容を表示する.  
False ←変数 p の内容が False (偽) であることがわかる.
```

このように, 値の比較をはじめとする 条件検査の式 は真理値を与えるものであり, 「2.5 制御構造」(p.61) のところで条件判定の方法として解説する.

参考) 真理値と数値の間の演算

数値の計算に真理値を使用すると, True は 1, False は 0 として扱われる.

²⁸bool は int のサブクラスである. 詳しくは「4.25 Python の型システム」(p.245) を参照のこと.

例. 真理値と数の演算

```
>>> 1.2 + True 
2.2          ← True は 1 とみなされる
>>> False * 5.0 
0.0          ← False は 0 とみなされる
```

2.3.7 nulオブジェクト： None

nulオブジェクトは「値を持たない」ことを意味するオブジェクトであり、None と記述する。

例. nulオブジェクト

```
>>> a           ←未設定の記号（変数）a を参照するとエラーが発生する
Traceback (most recent call last):          ←以下、エラーメッセージ
  File "<stdin>", line 1, in <module>
NameError:  name 'a' is not defined
>>> a = None           ← a にnulオブジェクトを設定
>>> a           ←内容確認
>>>          ←何も表示されない（しかし、a はnulオブジェクトを保持している）
```

2.3.8 型の変換

代表的な値の型として数値、文字列、真理値があるが、これら異なる型の間でデータを変換するには、

型 (値)

とする²⁹。型の変換処理の例を表9に挙げる。

表 9: 型の変換の例

変換元のデータ	整数へ	浮動小数点数へ	文字列へ	真理値へ
整数 浮動小数点数	- int(3.1) → 3	float(3) → 3.0 -	str(3) → '3' str(3.1) → '3.1'	bool(3) → True bool(3.1) → True 0 や 0.0 は False となる
文字列	int('2') → 2	float('2.1') → 2.1	-	bool('a') → True bool('True') → True bool('False') → True (注意!) 空文字列 '' は False となる
真理値	int(True) → 1 int(False) → 0	float(True) → 1.0 float(False) → 0.0	str(True) → 'True' str(False) → 'False'	- -

2.3.8.1 各種の値の文字列への変換 (str, repr)

各種の型の値を文字列に変換する³⁰には表9で示した str を使用する。

例. int, float の値を文字列に変換する

```
>>> str( 2 )           ←整数の 2 を文字列に変換
'2'          ←変換結果
>>> str( 3.14 )           ←浮動小数点数の 3.14 を文字列に変換
'3.14'       ←変換結果
```

また、str とは別に repr もある。

²⁹この方法は、クラスのコンストラクタによってオブジェクトを生成する機能によるものである。
詳しくは「2.8 オブジェクト指向プログラミング」(p.115)で解説する。

³⁰データをファイルに出力する場合や通信路に送出する場合などにおいて多用する処理である。

例. repr による文字列への変換

```
>>> repr( 2 )  Enter  ←整数の 2 を文字列に変換
'2'           ←変換結果
>>> repr( 3.14 )  Enter  ←浮動小数点数の 3.14 を文字列に変換
'3.14'        ←変換結果
```

一見すると repr は str と同じ処理をするかのように見えるが、より複雑なオブジェクトを文字列に変換する場合にその違いがわかる。次の例は mpmath の mpf オブジェクトを文字列に変換するものである。

例. mpmath の mpf オブジェクトを文字列に変換する

```
>>> from mpmath import mp  Enter  ←モジュールの読み込み
>>> mp.dps = 60  Enter  ←演算精度の設定
>>> x = mp.factorial(30)  Enter  ← mpf オブジェクトによる 30! の計算
>>> str( x )  Enter  ← str による文字列への変換
'265252859812191058636308480000000.0'  ←変換結果
>>> repr( x )  Enter  ← repr による文字列への変換
"mpf('265252859812191058636308480000000.0')"  ←変換結果
```

このように、repr は元のデータ型がわかる形で文字列に変換する。

2.3.9 型の検査

type 関数を用いるとデータの型を調べることができる。

例. type 関数による型の検査

```
>>> type( 2 )  Enter  ←整数値の型を調べる
<class 'int'>  ←「整数」を表す型
>>> type( 3.14 )  Enter  ←浮動小数点数の型を調べる
<class 'float'>  ←「浮動小数点数」を表す型
>>> type( 'abc' )  Enter  ←文字列の型を調べる
<class 'str'>  ←「文字列」を表す型
>>> type( [1,2,3] )  Enter  ←リストの型を調べる
<class 'list'>  ←「リスト」31 を表す型
```

この例が示すように、<class 型名> という形式で型の種類が得られる。

型の検査には isinstance 関数を用いる方法もある。

例. isinstance 関数による型の検査

```
>>> isinstance( 3, int )  Enter  ← 3 は int 型か
True  ←真：int 型である
>>> isinstance( 3.14, int )  Enter  ← 3.14 は int 型か
False  ←偽：int 型ではない
```

2.3.9.1 float の値が整数値がどうかを検査する方法

float の値が整数値（小数点以下が 0 である値）かどうかを判定するには is_integer メソッドを使用する。

³¹ リストに関しては「2.4.1 リスト」(p.37) のところで説明する。

例. is_integer メソッドによる判定

```
>>> a = 3.0  ← float 型の 3.0 を変数 a に設定
>>> type(a)  ← 型の検査
<class 'float'> ← float 型である
>>> a.is_integer()  ← 値が整数値かどうか検査
True ← 整数値である
>>> a = 3.14  ← float 型の 3.14 を変数 a に設定
>>> type(a)  ← 型の検査
<class 'float'> ← float 型である
>>> a.is_integer()  ← 値が整数値かどうか検査
False ← 整数値ではない
```

このように判定結果が真理値で得られる。

注意. int 型のオブジェクトに対しては is_integer メソッドは定義されておらず、使用することができない。

例. int 型変数に対する is_integer メソッドの試み

```
>>> a = 3  ← int 型の 3 を変数 a に設定
>>> type(a)  ← 型の検査
<class 'int'> ← int 型である
>>> a.is_integer()  ← is_integer を試みると…
Traceback (most recent call last): ← そのようなメソッドは使えないという旨の
  File "<stdin>", line 1, in <module> エラーメッセージが表示される
AttributeError: 'int' object has no attribute 'is_integer'
```

2.3.10 基数の変換

2.3.10.1 n 進数→10 進数

int 関数の第 2 引数に基数を指定すると、文字列として記述された10 進数以外の表現の数値を整数値に変換できる。

例. 2 進数→10 進数の変換

```
>>> int('1111',2)  ← 2 進数の '1111' を 10 進数に変換
15 ← 変換結果 (整数)
>>> int('0b1111',2)  ← 2 進数の接頭辞 '0b' (ゼロビー) も使用可能
15 ← 変換結果 (整数)
```

例. 8 進数→10 進数の変換

```
>>> int('77',8)  ← 8 進数の '77' を 10 進数に変換
63 ← 変換結果 (整数)
>>> int('0o77',8)  ← 8 進数の接頭辞 '0o' (ゼロオー) も使用可能
63 ← 変換結果 (整数)
```

例. 16 進数→10 進数の変換

```
>>> int('FF',16)  ← 16 進数の 'FF' を 10 進数に変換
255 ← 変換結果 (整数)
>>> int('0xFF',16)  ← 16 進数の接頭辞 '0x' (ゼロエックス) も使用可能
255 ← 変換結果 (整数)
```


2.3.10.2 10 進数→n 進数

10 進数の 整数値 を別の基数表現の 文字列 に変換する次のような関数がある。

働き	10 進数→2 進数	10 進数→8 進数	10 進数→16 進数
関数名	bin	oct	hex

これら関数は第 1 引数に整数値を取る。

例. 10 進数を他の基数表現に変換する

```
>>> bin(15)  Enter  ← 15 を 2 進数表現の文字列に変換
'0b1111'      ← 変換結果 (文字列)
>>> oct(15)  Enter  ← 15 を 8 進数表現の文字列に変換
'0o17'        ← 変換結果 (文字列)
>>> hex(15)  Enter  ← 15 を 16 進数表現の文字列に変換
'0xf'         ← 変換結果 (文字列)
```

参考) 浮動小数点数 (float 型) から 2 進数への変換とその逆の変換を行うサンプルプログラムを

巻末付録「G.4 浮動小数点数と 2 進数の間の変換」(p.330) で示す。

mpmath ライブラリを用いると高い精度で 2 進数の表現を得ることができる。これに関しては p.19「【参考】浮動小数点数の 2 進数表現」を参照のこと。

2.3.11 ビット演算

表 10 にビット演算の書き方を示す。

表 10: ビット演算のための演算子

演算	説明	演算	説明	演算	説明
$x \& y$	x と y の論理積	$x y$	x と y の論理和	$x \wedge y$	x と y の排他的論理和
$x \ll n$	x を左に n ビットシフト	$x \gg n$	x を右に n ビットシフト	$\sim x$	x をビット反転

注) ここで言う論理積, 論理和, 排他的論理和はビット毎の演算を意味する。

例. ビット毎の論理積

```
>>> a = int('11111111',2)  Enter  ← 2 進数表現で値を生成 (1)
>>> b = int('11110000',2)  Enter  ← 2 進数表現で値を生成 (2)
>>> c = a & b  Enter        ← 上記 2 つの数の論理積
>>> print( bin(c) )  Enter   ← 2 進数表現に変換
0b11110000          ← 結果表示
```

例. ビット毎の論理和

```
>>> a = int('00001111',2)  Enter  ← 2 進数表現で値を生成 (1)
>>> b = int('11110000',2)  Enter  ← 2 進数表現で値を生成 (2)
>>> c = a | b  Enter        ← 上記 2 つの数の論理和
>>> print( bin(c) )  Enter   ← 2 進数表現に変換
0b11111111          ← 結果表示
```

例. ビット毎の排他的論理和

```
>>> a = int('11111111',2)  Enter  ← 2 進数表現で値を生成 (1)
>>> b = int('10101010',2)  Enter  ← 2 進数表現で値を生成 (2)
>>> c = a ^ b  Enter        ← 上記 2 つの数の排他的論理和
>>> print( bin(c) )  Enter   ← 2 進数表現に変換
0b1010101          ← 結果表示
```

例. 左に n ビットシフト (2^n 倍)

```
>>> a = int('1',2)  Enter  ← 2進数表現で値を生成
>>> print( a << 1 )  Enter  ←左に 1 ビットシフト (2 倍)
2      ←結果表示
>>> print( a << 2 )  Enter  ←左に 2 ビットシフト (4 倍)
4      ←結果表示
>>> print( a << 3 )  Enter  ←左に 3 ビットシフト (8 倍)
8      ←結果表示
```

例. 右に n ビットシフト ($1/2^n$ 倍)

```
>>> a = int('1000',2)  Enter  ← 2進数表現で値を生成
>>> print( a >> 1 )  Enter  ←右に 1 ビットシフト (1/2 倍)
4      ←結果表示
>>> print( a >> 2 )  Enter  ←右に 2 ビットシフト (1/4 倍)
2      ←結果表示
>>> print( a >> 3 )  Enter  ←右に 3 ビットシフト (1/8 倍)
1      ←結果表示
```

例. ビット反転

```
>>> a = int('1',2);   b = ~a; print( bin(b) )  Enter  ← 2進数表現の '1' をビット反転
-0b10      ←結果表示
>>> a = int('11',2);  b = ~a; print( bin(b) )  Enter  ← 2進数表現の '11' をビット反転
-0b100     ←結果表示
>>> a = int('111',2); b = ~a; print( bin(b) )  Enter  ← 2進数表現の '111' をビット反転
-0b1000    ←結果表示
```

‘~’によるビット反転は、計算結果と元の値の和が -1 となる形で実行される。

課題) `int('0',2)` や `int('00',2)` を ‘~’ でビット反転するとどのような結果になるかを確認せよ。

また、何故そのような結果となるか考察せよ。

■ ビット演算の再帰代入

変数に格納された値そのものを変更する形でビット演算を実行することができる。(下記参照)

$x \&= y$ は $x = x \& y$ と同じ, $x |= y$ は $x = x | y$ と同じ, $x \wedge= y$ は $x = x \wedge y$ と同じ,
 $x <<= y$ は $x = x << y$ と同じ, $x >>= y$ は $x = x >> y$ と同じ,

2.3.11.1 整数値のビット長を求める方法

与えられた整数値を表現するのに最低限必要なビット長を調べるには `bit.length` メソッドを使用する。

例. 1023 を表現するのに最低限必要なビット数を求める

```
>>> a = 1023  Enter  ← int 型の 1023 を変数 a に設定
>>> a.bit.length()  Enter  ←ビット長を調べる
10      ← 10 ビットの長さ
>>> bin(a)  Enter  ←実際に 1023 を 2 進数に変換して確認する
'0b1111111111'      ← 2 進数で 10 桁 (10 ビットの長さ)
```

注意. `bit.length` メソッドは `float` 型に対しては使用できない。

2.4 データ構造

2.4.1 リスト

複数のデータの並びはリストで表す。例えば、0～9 の数を順番に並べたものはリストとして

```
[0,1,2,3,4,5,6,7,8,9]
```

と表すことができる。このようにリストは '[' と ']' で括ったデータ構造である。リストの要素としては任意の型のデータを並べることができる。例えば、

```
['nakamura',51,'tanaka',22,'hashimoto',14]
```

のように、型の異なるデータが要素として混在するリストも作成可能である。また、リストを要素として持つリストも作成可能であり、例えば、

```
['a',['b'],'c'],'d']
```

といったリストも作成することができる。

■ 空リスト

要素を持たない空リストは [] と記述する。これはヌルオブジェクト None とは異なる。空リストは list 関数³²に引数を与えずに「list()」として評価することでも得られる。

2.4.1.1 リストの要素へのアクセス

リストの要素を取り出すには、取り出す要素の位置を示すインデックスを '['...']' で括って指定する。これは次の例を見ると理解できる。

```
>>> lst = [2,4,6,8,10]  Enter    ←リストの生成
>>> lst[1]  Enter        ← 1 番目の要素を指定
4                ←対象の要素が表示されている
```

このようにリストの要素は **0 番目から始まる位置**（インデックス）を指定してアクセスすることができる。リストの中の、インデックスで指定した特定の範囲（部分リスト）を取り出すこともできる。

例. 部分リストの取り出し

```
>>> lst = [2,4,6,8,10]  Enter    ←リストの生成
>>> lst[1:4]  Enter        ←部分リスト（1～4-1 番目）の取り出し
[4, 6, 8]                ←部分リストが得られている
```

この例のように、コロン ':' でインデックスの範囲を指定するが、 $[n_1:n_2]$ と指定した場合は、 $n_1 \sim (n_2 - 1)$ の範囲の部分を示していることに注意しなければならない。

リストを用いることで、複数の要素を持つ複雑な構造を 1 つのオブジェクトとして扱うことができる。この意味で、リストは複雑な情報処理を実現するに当たって非常に有用なデータ構造である。

2.4.1.2 リストの編集

リストは要素の追加や削除を始めとする編集ができるデータ構造である。リストを編集するための基本的な機能について解説する。

● 要素の書き換え

リストの指定したインデックスの要素を直接書き換えることができる。

例. リストの要素の書き換え

```
>>> lst = [0,1,2,3,4,5]  Enter    ←リストの作成
>>> lst[3] = 'x'  Enter        ← 3 番目の要素を 'x' に変更
>>> lst  Enter            ←内容確認
[0, 1, 2, 'x', 4, 5]        ←要素が変更されている
```

³²正確には list コンストラクタという。

● 要素の追加

リストに対して要素を末尾に追加するには `append` メソッドを使用する。

例. リストへの要素の追加

```
>>> lst = ['x','y']  Enter    ←リストの作成
>>> lst.append('z')  Enter    ←要素の追加
>>> lst              Enter    ←内容確認
['x', 'y', 'z']      ←要素が追加されている
```

これは、リスト `lst` の末尾に要素 `'z'` を追加している例である。

《 オブジェクトに対するメソッドの適用 》

Python ではオブジェクト指向の考え方に則って、

作用対象オブジェクト. メソッド

というドット `'.'` を用いた書き方で、メソッドをオブジェクトに対して適用する。

先の例ではリスト `lst` に対して、メソッド `append('z')` を適用している。

《 リストへの要素の追加 》

書き方: 対象リスト.append(追加する要素)

「対象リスト」そのものが変更される..

● 要素の挿入

リストの指定した位置に要素を挿入するには `insert` メソッドを使用する。

例. リストの指定した位置に要素を挿入

```
>>> lst = ['a','c','d']  Enter    ←リストの作成
>>> lst.insert(1,'b')    Enter    ←要素の挿入
>>> lst                  Enter    ←内容確認
['a', 'b', 'c', 'd']     ←要素が挿入されている
```

これは、リスト `lst` の 1 番目に要素 `'b'` を挿入している例である。

● リストの連結 (1)

演算子 `+` によって複数のリストを連結し、結果を新しいリストとして作成することができる。

例. リストの連結

```
>>> lst1 = ['a','b']      Enter    ←リストの作成 (1)
>>> lst2 = ['c','d']      Enter    ←リストの作成 (2)
>>> lst3 = ['e','f']      Enter    ←リストの作成 (3)
>>> lst4 = lst1 + lst2 + lst3  Enter ←リストの連結
>>> lst4                  Enter    ←内容確認
['a', 'b', 'c', 'd', 'e', 'f']    ←3つのリストが連結されている
```

`+` によるリストの連結処理において重要なことに、連結結果が**新たなリストとして生成されている**ということがある。すなわち、この例においてリスト `lst1`, `lst2`, `lst3` の内容は処理の前後で変更はなく、連結結果のリストが新たなリスト `lst4` として生成されている。

● リストの連結 (2)

'+' によるリストの連結処理とは別に、与えられたリストを編集する形でリストを連結することも可能である。

《 extend メソッドによるリストの連結 》

書き方： 対象リスト.extend(追加リスト)

対象リストの末尾に追加リストを連結する。結果として対象リストそのものが拡張される。

例. リストの拡張

```
>>> lst = ['a','b','c']  Enter    ←リストの作成
>>> lst.extend(['d','e','f']) Enter    ←リストの拡張
>>> lst  Enter    ←内容の確認
['a', 'b', 'c', 'd', 'e', 'f'] Enter    ←リストが拡張されている
```

● リストの要素の削除

リストの特定のインデックスの要素を削除するには del 文を使用する。

《 del 文によるリストの要素の削除 》

書き方： del 削除対象のオブジェクト

削除対象のオブジェクトを削除する。

リストの1つの特定要素を削除するには次の例のようにする。

```
>>> lst = [2,4,6,8,10] Enter    ←リストの作成
>>> del lst[1] Enter    ←リストの1番目の要素の削除
>>> lst  Enter    ←内容確認
[2, 6, 8, 10]    ←リストの要素が削除されている
```

同様の方法で、リストの中の指定した部分を削除することもできる。(次の例)

```
>>> lst = [2,4,6,8,10] Enter    ←リストの作成
>>> del lst[1:4] Enter    ←リストの1～(4-1)番目の要素の削除
>>> lst  Enter    ←内容確認
[2, 10]    ←指定した範囲の要素が削除されている
```

リストから指定した値の要素を取り除くには remove メソッドを使用する。

《 remove メソッドによる要素の削除 》

書き方： 削除対象リスト.remove(値)

削除対象リストの中の指定した値の要素を削除する。削除対象の値の要素が複数存在する場合は、最初に見つかった要素を1つ削除する。

例. remove メソッドによる要素の削除

```
>>> lst = ['a','b','c','b','a'] Enter    ←リストの作成
>>> lst.remove('b') Enter    ←'b' という値の要素を削除
>>> lst  Enter    ←内容確認
['a', 'c', 'b', 'a']    ←最初の'b'が削除されている
```

2.4.1.3 リストによるスタック、キューの実現： pop メソッド

リストの特定のインデックスの要素を取り出してから削除するメソッド pop がある。

《 pop メソッドによる要素の取り出しと削除 》

書き方： 対象リスト.pop(インデックス)

対象リストの中の指定したインデックスの要素を取り出して削除する。このメソッドを実行すると、削除した要素を返す。また pop の引数を省略すると、末尾の要素が対象となる。

pop メソッドを用いると、スタック（FILO）やキュー（FIFO）といったデータ構造が簡単に実現できる。

例. pop メソッドによるスタック

```
>>> lst = [] Enter ←空のリストを作成
>>> lst.append('a') Enter ← lst の末尾に要素'a'を追加
>>> lst.append('b') Enter ← lst の末尾に要素'b'を追加
>>> lst.append('c') Enter ← lst の末尾に要素'c'を追加
>>> lst Enter ← lst の内容を確認
['a', 'b', 'c'] ←要素が蓄積されていることがわかる
>>> lst.pop() Enter ← lst の末尾の要素を取り出す
'c' ← lst の末尾の要素が得られた
>>> lst.pop() Enter ← lst の末尾の要素を取り出す
'b' ← lst の末尾の要素が得られた
>>> lst.pop() Enter ← lst の末尾の要素を取り出す
'a' ← lst の末尾の要素が得られた
>>> lst Enter ← lst の内容を確認
[] ←空になっている
```

参考. 上の例で lst.pop(0) として実行するとキューが実現できる。また、後の「4.13.1 deque」(p.212) で説明する deque を使用すると、列の回転が簡単に実現できる。

2.4.1.4 リストに対する検査

リストに対する各種の検査方法について説明する。

● 要素の存在検査

リストの中に、指定した要素が存在するかどうかを検査する in 演算子がある。

《 in 演算子によるメンバシップ検査 》

書き方： 要素 in リスト

リストの中に要素があれば True、なければ False を返す。要素が含まれないことを検査するには not in と記述する。

例. in によるメンバシップ検査

```
>>> lst = ['a', 'b', 'c', 'd'] Enter ←リストの作成
>>> 'c' in lst Enter ←'c' が lst に含まれるか
True ←含まれる
>>> 'e' in lst Enter ←'e' が lst に含まれるか
False ←含まれない
>>> 'e' not in lst Enter ←'e' が lst に含まれないか
True ←含まれない
```

● 要素の位置の特定

リストの中に、指定した要素が存在する位置を求めるには index メソッドを用いる。

《 index メソッドによる要素の探索 》

書き方： 対象リスト.index(要素)

「対象リスト」の中に「要素」が最初に見つかる位置（インデックス）を求める。対象リストの中に要素が含まれていなければエラーとなる。

例. index メソッドによる要素の探索

```
>>> lst = ['a','b','c','d']      Enter    ←リストの作成
>>> lst.index('c')               Enter    ←'c'の位置を求める
2                                  ←2番目に存在する
```

探索する要素が対象リストに含まれていない場合、このメソッドの実行は次の例のようにエラーとなる。

例. 要素が含まれていない場合に起こるエラー

```
>>> lst.index('e')               Enter    ←'e'の位置を求める
Traceback (most recent call last):    ←以下、エラーメッセージ
  File "<stdin>", line 1, in <module>
ValueError: 'e' is not in list
```

これは ValueError という種類のエラーである。

Python では、エラーが発生する可能性のある処理を行う場合は、適切に**例外処理**の対策をしておくべきである。例えば次のようなサンプルプログラム test03.py のような形にすると良い。

プログラム：test03.py

```
1  # coding: utf-8
2
3  lst = ['a','b','c','d']
4
5  try:
6      n = lst.index('e')
7      print(n,"番目にあります。")
8  except ValueError:
9      print("要素が見つかりません…")
```

プログラムの5行目にある try は、エラー（例外）が発生する可能性のある処理を指定するための文である。すなわち6,7行目で例外が発生した場合は except 以下のプログラムに実行が移る。（処理系の動作は中断しない³³）

2.4.1.5 例外処理

《 例外処理のための try と except 》

書き方： try:

（例外を起こす可能性のある処理）

except エラー（例外）の種類:

（例外を起こした場合に実行する処理）

except:

（上記以外の例外を起こした場合に実行する処理）

finally:

（全ての except の処理の後に共通して実行する処理）

except は複数記述することができる。

³³更に p.219 「4.15 例外（エラー）の処理」では、システムが生成する例外やエラーに関するメッセージを文字列型データとして取得する方法を紹介する。

先のプログラム test03.py を実行すると次のような結果となる。

```
py test03.py [Enter] OSのコマンドからプログラムを実行
要素が見つかりません… 結果の表示
```

2.4.1.6 要素の個数のカウント

リストは同じ要素を複数持つことができるが、指定した要素（値）がリストにいくつ含まれるかをカウントするメソッド count がある。

《 count メソッドによる要素のカウント 》

書き方： 対象リスト.count(要素)

対象リストの中の要素の個数を求める。

例. count メソッドによる要素のカウント

```
>>> lst = ['a','b','a','c','a','d'] [Enter] ←リストの作成
>>> lst.count('a') [Enter] ←'a'の個数を求める
3 ←3個ある
>>> lst.count('e') [Enter] ←'e'の個数を求める
0 ←0個（含まれない）
```

リストの長さ（全要素の個数）を求めるには len 関数を使用する。

《 リストの長さ 》

書き方： len(対象リスト)

対象リストの長さ（全要素の個数）を求める。

例. len 関数によるリストの長さの取得

```
>>> lst = [1,2,3,4,5] [Enter] ←リストの作成
>>> len(lst) [Enter] ←長さの算出
5 ←5個の要素を持つ
```

参考. 後の「2.9.3 filter」（p.132）で説明する filter 関数と len 関数を応用すると、条件を満たす要素のカウント³⁴が実現できる。サンプルを countif01.py に示す。

プログラム：countif01.py

```
1 # coding: utf-8
2 # 条件付きカウントの例
3
4 # 偶数かどうかを判定する関数の定義
5 def isEven( n ):
6     return( n % 2 == 0 )
7
8 # 奇数かどうかを判定する関数の定義
9 def isOdd( n ):
10    return( n % 2 != 0 )
11
12 # テストデータのリスト
13 lst = [1,2,3,4,5,6,7,8,9]
14 print( 'データリスト:', lst )
15
16 # 偶数である要素の個数
17 c = len( list( filter( isEven, lst ) ) )
18 print( '偶数である要素の個数:', c )
19
20 # 奇数である要素の個数
```

³⁴表計算ソフト Microsoft Excel に備わっている COUNTIF 関数と似た機能

```

21 c = len( list( filter( isOdd, lst ) ) )
22 print( '奇数である要素の個数:', c)

```

このプログラムでは**条件付きカウント**の実現に「指定した条件を満たす要素を取り出して、その個数を調べる」という方法を採用している。

このプログラムを実行すると次のようになる。

```

データリスト: [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]
偶数である要素の個数: 4
奇数である要素の個数: 5

```

プログラム中で def 文による関数定義をしているが、これに関しては「2.7 関数の定義」(p.105) で解説する。

2.4.1.7 要素の合計: sum 関数

リストの要素が数値である場合、sum 関数を用いることで全要素の合計を求めることができる。

例. 要素の合計

```

>>> lst = [1,2,3,4,5]  Enter  ←リストの作成
>>> sum( lst )  Enter  ←合計処理
15  ←合計の値

```

2.4.1.8 要素の整列 (1): sort メソッド

リストの要素を整列するには sort メソッドを使用する。

例. リストの要素の整列

```

>>> lst = [8,3,2,7,5,6,9,1,4]  Enter  ←リストの作成
>>> lst.sort()  Enter  ←整列の実行
>>> lst  Enter  ←内容確認
[1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]  ←整列されている

```

これは、要素の大小を基準にして並べ替えを実行した例である。sort メソッドは対象となるリストそのものを変更する。順序の比較の基準を明に指定するには、sort メソッドにキーワード引数³⁵ 'key=比較対象のキーを求める関数の名前' を与える。例えば次の例について考える。

例. 複雑なリストの並べ替え

```

>>> lst = [ [1,'c'], [2,'b'], [3,'a'] ]  Enter  ←複雑なリスト
>>> lst.sort()  Enter  ←これを単純に整列してみる
>>> lst  Enter  ←内容確認
[[1, 'c'], [2, 'b'], [3, 'a']]  ←変化が見られない

```

この例では整列の処理の後でもリストの要素の順番に変化が見られない。これは、リストの各要素を構造的に（素朴に）比較したことによる。次に、リストの各要素の2番目の要素（インデックスの[1]番目）のアルファベットの部分を基準に整列することを考える。（次の例）

例. 各要素のアルファベットの部分を基準にして整列する（先の例の続き）

```

>>> lst.sort( key = lambda x:x[1] )  Enter  ←インデックスの1番目をキーにする整列処理
>>> lst  Enter  ←内容確認
[[3, 'a'], [2, 'b'], [1, 'c']]  ←整列結果

```

例の中にある記述 'lambda x:x[1]' は、与えられた x の2番目の要素（インデックスの1番目）を取り出す lambda 表現である。この部分にはキーを取り出す関数の名前を与えることもできる。lambda と関数に関しては「2.7 関数の定義」(p.105), 「2.9.2 lambda と関数定義」(p.131) のところで解説する。

³⁵ 詳しくは「2.7 関数の定義」(p.105) で解説する。

並べ替えの順番を逆にする場合は sort メソッドにキーワード引数 'reverse=True' を与える。(次の例)

例. 逆順の整列

```
>>> lst = [1,2,3,4,5]  Enter    ←リストデータの作成
>>> lst.sort( reverse=True )  Enter    ←逆順で整列
>>> lst  Enter    ←内容確認
[5, 4, 3, 2, 1]    ←整列結果
```

2.4.1.9 要素の整列 (2): sorted 関数

リストの整列結果を別のリストとして取得するには sorted 関数を用いる。

例. リストの要素の整列

```
>>> lst = [8,3,2,7,5,6,9,1,4]  Enter    ←リストの作成
>>> sorted( lst )  Enter    ←整列の実行
[1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]    ←整列されている
>>> lst  Enter    ←元のリストの内容確認
[8, 3, 2, 7, 5, 6, 9, 1, 4]    ←変更されていない
```

この例が示すように, sorted 関数は元のリストを変更しない。

sort メソッドと同様に 'key=', 'reverse=' といったキーワード引数ができる。(次の例参照)

例. 'key=', 'reverse=' を指定して整列

```
>>> lst = [ [1,'c'], [2,'b'], [3,'a'] ]  Enter    ←複雑なリスト
>>> sorted( lst, key = lambda x:x[1] )  Enter    ←インデックスの1番目をキーにする整列処理
[[3, 'a'], [2, 'b'], [1, 'c']]    ←整列結果

>>> lst = [1,2,3,4,5]  Enter    ←リストの作成
>>> sorted( lst, reverse=True )  Enter    ←逆順で整列
[5, 4, 3, 2, 1]    ←整列結果
```

2.4.1.10 要素の順序の反転

リストの要素の順序を反転するには reverse メソッドを使用する。

例. 要素の順序の反転

```
>>> lst = [5,4,3,2,1]  Enter    ←リストの作成
>>> lst.reverse()  Enter    ←反転の実行
>>> lst  Enter    ←内容確認
[1, 2, 3, 4, 5]    ←反転されている
```

反転結果を別のデータ (イテレータ) として取得するには reversed 関数を用いる。

例. reversed 関数による要素の順序の反転 (先の例の続き)

```
>>> list( reversed( lst ) )  Enter    ←反転されたイテレータをリストに変換
[5, 4, 3, 2, 1]    ←反転されている
>>> lst  Enter    ←元のリストの内容確認
[1, 2, 3, 4, 5]    ←変更されていない
```

イテレータについては「2.5.1.6 イテレータ」(p.64) で説明する。

2.4.1.11 リストの複製

既存のリストの複製には `copy` 関数を使用する。リストなどのデータ構造に対する処理は対象のデータそのものを改変するものが多い。処理において元のデータの内容を変更したくない場合は、元のデータの複製を作成し、その複製に対して処理を実行するのが良い。

この関数は `copy` モジュールに含まれるものであり、使用するには `copy` モジュールをインポートしておく必要がある。

例. リストの複製

```
>>> import copy      Enter      ← copy モジュールをインポート
>>> lst1 = [8,3,2,7,5,6,9,1,4]  Enter  ← リストの作成
>>> lst2 = copy.copy(lst1)      Enter  ← lst1 の複製を lst2 として作成
>>> lst2.sort()      Enter      ← lst2 を整列
>>> lst2      Enter      ← lst2 の内容を確認
[1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]      ← 整列されている
>>> lst1      Enter      ← lst1 の内容を確認
[8, 3, 2, 7, 5, 6, 9, 1, 4]      ← 元のままのリストである
```

ただし、この方法による複製では、要素にリストを持つリスト の場合に問題が起こることがある。

例. リストを要素に持つリストの複製（先の例の続き）

```
>>> lst3 = [1,[2,3,4],5,[6,7,8]] Enter  ← リストを要素に持つリスト
>>> lst4 = copy.copy(lst3)      Enter  ← それを複製する
>>> lst4[0] = 10      Enter  ← 複製の先頭要素（数値）を改変
>>> lst4      Enter      ← 内容確認
[10, [2, 3, 4], 5, [6, 7, 8]]      ← 変更できている
>>> lst3      Enter      ← 元のリストの内容を確認
[1, [2, 3, 4], 5, [6, 7, 8]]      ← 影響なし（元のまま）
>>> lst4[1][0] = 20      Enter  ← 複製の要素の内、リストの部分を改変
>>> lst4      Enter      ← 内容確認
[10, [20, 3, 4], 5, [6, 7, 8]]      ← 変更されている
>>> lst3      Enter      ← しかし、元のリストの内容を確認すると…
[1, [20, 3, 4], 5, [6, 7, 8]]      ← 要素のリストの部分が変更されている
```

この例からわかるように、`copy.copy` による複製では 要素のリスト までは複製されず、元のリストの要素を参照していることがわかる。このような複製の作成を **浅いコピー (shallow copy)** という。これに対して、要素のリストまで全て（再帰的に）複製することを **深いコピー (deep copy)** という。

`copy` モジュールの `deepcopy` 関数を用いると深いコピーができる。

例. `deepcopy` 関数による深いコピー（先の例の続き）

```
>>> lst3 = [1,[2,3,4],5,[6,7,8]] Enter  ← リストを要素に持つリスト
>>> lst4 = copy.deepcopy(lst3)      Enter  ← それを deepcopy で複製する
>>> lst4[0] = 10      Enter  ← 複製の先頭要素（数値）を改変
>>> lst4[1][0] = 20      Enter  ← 複製の要素の内、リストの部分を改変
>>> lst4      Enter      ← 複製側の内容確認
[10, [20, 3, 4], 5, [6, 7, 8]]      ← 変更されている
>>> lst3      Enter      ← 元のリストの内容を確認
[1, [2, 3, 4], 5, [6, 7, 8]]      ← 全く変更なし
```

■ 参考 `copy` メソッドによる浅いコピー

リストに対して `copy` メソッドを使用することでも浅いコピーが作成できる。

例. リストに対する copy メソッド

```
>>> lst3 = [1,[2,3,4],5,[6,7,8]] Enter ←リストを要素に持つリスト
>>> lst4 = lst3.copy() Enter ←それを copy メソッドで複製する
```

この例は、リスト lst3 の浅いコピー lst4 を作成するものである。

課題. 上の例において lst4 が lst3 の浅いコピーになっていることを確かめよ。

2.4.2 タプル

タプルはリストとよく似ており、'(' と ')' で括った構造である。

タプルの例.

```
(0,1,2,3,4,5,6,7,8,9)
('nakamura',51,'tanaka',22,'hashimoto',14)
('a',('b','c'),'d')
```

次のように、リストとタプルは互いに要素として混在させることができる。

例. リスト、タプルの混在

```
['a',('b','c'),'d']
('a',['b','c'],'d')
```

2.4.2.1 リストとタプルの違い

リストとタプルは表記に用いる括弧の記号が異なるだけではない。リストは先に解説したように、要素の追加や削除など自在に編集ができるが、タプルは 1 度生成した後は変更ができない。リストのように、事後で内容の変更が可能であることを「ミュータブル (mutable) である」と言い、事後で内容を変更できないことを「イミュータブル (immutable) である」と言う。

2.4.2.2 括弧の表記が省略できるケース

Python では変数への値の代入をする際に、

```
x,y = 2,3
```

という並列的な表記が許されている。実はこの例の両辺はタプルになっており、

```
(x,y) = (2,3)
```

という処理を行ったことと等しい。これはタプルの性質を利用している例であると言える。

この例の操作をした直後に x,y それぞれの変数の値を確認すると、

```
>>> x Enter
2
>>> y Enter
3
```

と設定されていることが確認できる。

リストに対する文やメソッドで、データ構造を変更しないものは概ねタプルに対しても使うことができる。

2.4.2.3 特殊なタプル

要素を持たないタプルも存在し、() と記述する。また、要素が 1 つのタプルは要素の後にコンマを付ける必要がある。

例. 空のタプル

```
>>> a = ( ) Enter ←空のタプルを a に設定
>>> a Enter ←内容確認
( ) ←空のタプルとして保持されていることがわかる
>>> len(a) Enter ←データ長の確認
0 ←結果 (要素の個数は 0)
```

例. 要素数が 1 のタプル

```
>>> a = (1) Enter ←括弧の中に要素を 1 つだけ記述する試み
>>> a Enter ←内容確認
1 ←タプルではなく、数値 1
>>> a = (1,) Enter ←要素が 1 つのタプルの作成
>>> a Enter ←内容確認
(1,) ←タプルとなっている
>>> len(a) Enter ←データ長の確認
1 ←結果 (要素の個数は 1)
```

この例でもわかるように、括弧の中にコンマ無しで要素を 1 つだけ記述するとタプルとはならないので注意が必要である。

2.4.2.4 タプルの要素を整列 (ソート) する方法

タプルはイミュータブルなデータ構造なので、それ自体を整列することはできないが、sorted 関数を使用すると、整列結果をリストの形で取得することができる。

例. タプルの整列

```
>>> a = (5,4,3,2,1) Enter ←タプルを作成
>>> sorted( a ) Enter ←それを sorted 関数で整列
[1, 2, 3, 4, 5] ←整列結果がリストの形で得られている
>>> a Enter ←元のタプルの内容確認
(5, 4, 3, 2, 1) ←変化は無い
```

2.4.3 セット

セットは '{' と '}' で括ったデータ構造であり、集合論で扱う集合に近い性質を持っている。例えば、

```
>>> s = {4,1,3,2,1,3,4,2} Enter
```

としてセットを生成した後に内容を確認すると、

```
>>> s Enter
{1, 2, 3, 4}
```

となっていることがわかる。すなわち、セットでは要素の重複が許されず、要素に順序の概念がない。この例では要素が整列されているように見えるが、セットの要素の順序は一般的には独特な並びとなる。(次の例参照)

例. セットの要素の独特な並び

```
>>> s = {1,4,9,16,25,36,49,64,81,100} Enter ←12, 22, ..., 102 のセット
>>> s Enter ←内容確認
{64, 1, 4, 36, 100, 9, 16, 49, 81, 25} ←独特な並び
```

この例のようにセットの要素は独特の順序となるが、同じ版の Python 処理系では同じ順序となる。これは、要素の探索 (メンバシップ検査) を高速に実行するための Python 処理系内部の仕組み³⁶による。

³⁶ハッシュ表による高速探索を実現している。

2.4.3.1 セットの要素となるオブジェクト

セットは 不変なオブジェクト を要素とする³⁷。従ってリストを始めとする可変なオブジェクトはセットの要素に含めることができない。(セットも別のセットの要素にはできない)

例. 様々なオブジェクトをセットの要素に含める試み

```
>>> s = {1,2,3,'4',5,6}  Enter    ←文字列の '4' をセットの要素にする
>>> s  Enter              ←内容確認
{1, '4', 2, 3, 5, 6}      ←セットになっている
>>> s = {1,2,3,(4,5),6}  Enter    ←タプルをセットの要素にする
>>> s  Enter              ←内容確認
{1, 2, 3, 6, (4, 5)}      ←セットになっている
>>> s = {1,2,3,[4,5],6}  Enter    ←リストをセットの要素にしようとすると…
Traceback (most recent call last):  ←エラーとなる
  File "<stdin>", line 1, in <module>
TypeError: unhashable type: 'list'    ←リストはハッシュ化できない旨のメッセージ
```

2.4.3.2 セットの生成

基本的には要素の列を '{' と '}' で括ることでセットを記述するが、空セット（空集合）を生成する際は { } という記述をせずに

```
st = set()
```

のように set クラスのコンストラクタを使用する。これは { } という表記が、後で述べる辞書型データの空辞書と区別できない事情があるためであり、このように明に set コンストラクタで生成することになる。また、リストや文字列などのデータ構造を set コンストラクタの引数に与えることもでき、それらデータ構造の要素をセットの要素に変換することができる。

例. リストや文字列を set コンストラクタに与える

```
>>> s = set([1,2,3])  Enter    ←リストを set コンストラクタに与える
>>> s  Enter          ←内容確認
{1, 2, 3}             ←セットになっている
>>> s = set('abc')  Enter    ←文字列を set コンストラクタに与える
>>> s  Enter          ←内容確認
{'c', 'a', 'b'}       ←与えた文字列の各文字がセットの要素になっている
```

2.4.3.3 セットに対する各種の操作

● 要素の追加

セットに要素を追加するには add メソッドを使用する。

例. セットへの要素の追加

```
>>> st = set()  Enter    ←空セットの生成
>>> st.add('a')  Enter    ←要素'a'の追加
>>> st  Enter      ←内容確認
{'a'}            ←要素が追加されている
```

● 要素の削除

セットの要素を削除するには discard メソッドを使用する。例えばセット st から要素 'a' を削除するには

```
st.discard('a')
```

とする。リストの場合と同様に remove メソッドを使用することもできるが、削除対象の要素がセットの中不在場合にエラー KeyError が発生するので discard メソッドを使用する方が良い。

³⁷Python 処理系内部でハッシュ値が算出可能なもの（基本的にはイミュータブルなオブジェクト）を要素とする。

● 全要素の削除

セットの全ての要素を削除して空セットにするには `clear` メソッドを使用する。例えばセット `st` の全ての要素を削除するには

```
st.clear()
```

とする。

● 要素の個数の取得

セットの要素の個数を調べるには `len` 関数を用いる。例えば、セット `st` の要素の個数を得るには `len(st)` とする。

● セットの複製

リストの場合と同様に、`copy` モジュールの `copy` 関数、`deepcopy` 関数でセットの複製が可能であるが、`copy` メソッドで複製ができる。

例. `copy` メソッドによるセットの複製

```
>>> s = {4,3,2,1}  Enter    ←セットの作成
>>> s2 = s.copy()  Enter    ← copy メソッドによる複製
>>> s2  Enter      ←複製の内容確認
{1, 2, 3, 4}        ←元のセット s と同じ
>>> s2.discard(3)  Enter    ←複製のセットの要素を削除
>>> s2  Enter      ←複製の内容確認
{1, 2, 4}           ←要素 3 が削除されている
>>> s  Enter       ←元のセットの内容確認
{1, 2, 3, 4}        ←影響を受けていない
```

● 最小値, 最大値, 合計

`min`, `max`, `sum` 関数でセットの要素の最小値, 最大値, 合計をそれぞれ求めることができる。

例. 最小値, 最大値, 合計

```
>>> s = {4,3,2,1}  Enter    ←セットの作成
>>> min( s )  Enter    ←最小値を求める
1              ←結果
>>> max( s )  Enter    ←最大値を求める
4              ←結果
>>> sum( s )  Enter    ←合計を求める
10             ←結果
```

2.4.3.4 集合論の操作

セットに対する操作と集合論における操作との対応を表 11 に挙げる。

表 11: Python のセットに対する操作と集合論の操作の対応

Python での表記	集合論における操作	戻り値のタイプ	意味
<code>X in S</code>	$X \in S$	真理値	要素 X は集合 S の要素である
<code>X not in S</code>	$X \notin S$	真理値	要素 X は集合 S の要素でない
<code>S1.issubset(S2)</code>	$S1 \subseteq S2$	真理値	集合 S1 は集合 S2 の部分集合である
<code>S1.issuperset(S2)</code>	$S2 \subseteq S1$	真理値	集合 S2 は集合 S1 の部分集合である
<code>S1.isdisjoint(S2)</code>	$S1 \cap S2 = \phi$	真理値	集合 S1 と集合 S2 は共通部分を持たない
<code>S1.intersection(S2)</code>	$S1 \cap S2$	セット	集合 S1 と集合 S2 の共通集合を生成する
<code>S1.intersection_update(S2)</code>	$S1 \leftarrow S1 \cap S2$	セット	集合 S1 と集合 S2 の共通集合を S1 の内容として更新する
<code>S1.union(S2)</code>	$S1 \cup S2$	セット	集合 S1 と集合 S2 の和集合を生成する
<code>S1.update(S2)</code>	$S1 \leftarrow S1 \cup S2$	セット	集合 S1 と集合 S2 の和集合を S1 の内容として更新する
<code>S1.difference(S2)</code>	$S1 - S2$	セット	集合 S1-S2 (集合の差) を生成する
<code>S1.symmetric_difference(S2)</code>	$S1 \cup S2 - S1 \cap S2$	セット	集合 S1 と S2 の共通しない要素の集合を生成する

表 11 のメソッドと同等の演算子もある。

例. `union`, `intersection`, `symmetric_difference` 各メソッドと同等の演算子

```
>>> {1,2,3} | {2,3,4} Enter    ←和集合：union と同等
{1, 2, 3, 4}                  ←結果
>>> {1,2,3} & {2,3,4} Enter    ←共通集合：intersection と同等
{2, 3}                        ←結果
>>> {1,2,3} ^ {2,3,4} Enter    ← symmetric_difference と同等
{1, 4}                        ←結果
>>> {1,2,3} - {2,3,4} Enter    ←集合の差：difference と同等
{1}                            ←結果
>>> {2,3,4} - {1,2,3} Enter    ←集合の差：difference と同等
{4}                            ←結果
```

この例のように、和集合は「|」、共通集合は「&」、和集合から共通集合を取り除いた集合は「^」、集合の差は「-」で求める方が簡便である。

● 部分集合の判定

表 11 のメソッドを用いて部分集合の判定ができるが、大小比較の演算子 `<`, `<=`, `>`, `>=` を用いて判定することもできる。

例. 部分集合の判定

```
>>> {2,4,6} <= {1,2,3,4,5,6} Enter    ←部分集合の判定
True                               ←判定結果
>>> {1,2,3} <= {1,2,3} Enter          ←部分集合の判定：全要素が同じ場合
True                               ←判定結果
>>> {1,2,3} < {1,2,3} Enter           ←真部分集合の判定
False                              ←判定結果
```

2.4.3.5 frozenset

セットとよく似た frozenset というデータ構造もある。frozenset のオブジェクトは生成後に変更ができないが、セット (set) と比較して高速な処理ができる。

2.4.4 辞書型

辞書型オブジェクトはキーと値のペアを記録するもので、文字通り辞書のような働きをする。辞書型オブジェクトは

{キー 1: 値 1, キー 2: 値 2, ...}

と記述する。辞書型オブジェクトの作成と参照の例を次に示す。

例. 辞書型オブジェクトの作成と参照

```
>>> dic = {'apple': 'りんご', 'orange': 'みかん', 'lemon': 'レモン'} Enter ←辞書を dic に作成
>>> dic['apple'] Enter ←辞書の中のキー 'apple' に対応する値を参照する
'りんご' ←値が得られた
```

辞書型のオブジェクトはキーの値でハッシュ化されており、探索が高速である。

キーと値のペアを新たに辞書に追加するには、

```
dic['banana'] = 'バナナ'
```

などとする。

重要)

辞書型オブジェクトの要素となる「キーと値のペア」を**エントリ**と呼ぶ。キーに使用できるオブジェクトは数値、文字列、タプルといったもの³⁸がある。また、リストや辞書オブジェクトといった**ミュータブル**なオブジェクトはキーには使えないことに注意すること。

● 空の辞書の作成

空の辞書を生成するには

```
dic = dict()           あるいは       dic = {}
```

とする。また、既存の辞書を空にするには clear メソッドを使用する。

● 辞書の要素の削除

辞書の中の特定のエントリを削除するには del 文が使用できる。例えば、

```
del dic['banana']
```

とすると辞書 dic から 'banana' のキーを持つエントリが削除される。

辞書型オブジェクトに登録されていないキーを参照しようとすると次の例のようにエラー KeyError が発生する。(次の例参照)

例. 存在しないキーへのアクセス (先の例の続き)

```
>>> dic['grape'] Enter ←存在しないキー 'grape' を参照すると…
Traceback (most recent call last):   ←エラーメッセージが表示される
  File "<stdin>", line 1, in <module>
KeyError: 'grape'
```

辞書型オブジェクトにアクセスする際は適切に例外処理³⁹しておくか、キーが登録されているかを確認する必要がある。あるいは、簡便な方法として、get メソッドで値を取り出す方法がある。(これに関しては後で解説する)

辞書にキーが登録されているかを確認するには 'in' を用いる。

³⁸ハッシュ可能 (hashable) なオブジェクト

³⁹「2.4.1.5 例外処理」(p.41) を参照のこと。

例. キーの存在検査 (先の例の続き)

```
>>> 'grape' in dic  ←辞書 dic にキー 'grape' が存在するか検査
False      ←存在しない.
```

このように、**キー in 辞書型オブジェクト** という式を記述すると、キーが存在すれば True が、存在しなければ False が得られる。

2.4.4.1 get メソッドによる辞書へのアクセス

存在しないキーにアクセスする可能性などを考慮すると、get メソッドで辞書にアクセスするのが安全である。(次の例参照)

例. get メソッドによる辞書へのアクセス (先の例の続き)

```
>>> v = dic.get('lemon')  ←存在するキー 'lemon' に対する値を v に格納
>>> print( v )       ←値の確認
レモン                                     ←値が得られている
>>> v = dic.get('grape')  ←存在しないキー 'grape' に対する値の取得を試みる
>>> print( v )       ←値の確認
None                                     ←値が得られないので None となる
```

存在しないキーに対する戻り値を get メソッドの第 2 引数に指定することができる。

例. 存在しないキーに対する戻り値の設定

```
>>> v = dic.get( 'grape', '???' )  ←存在しないキーに対する戻り値を '???' に設定
>>> print( v )       ←値の確認
???'                                     ←値が得られないので '???' となる
```

2.4.4.2 辞書の更新

辞書に既に存在するキーに対して新たに値を設定すると、その値に更新される。

例. 既存のキーに対する値の再設定

```
>>> dic = {'apple': 'りんご', 'orange': 'みかん', 'lemon': 'レモン'}  ←辞書の作成
>>> dic['lemon'] = 'れもん'  ←既存のキー 'lemon' に新たに値を設定する
>>> dic       ←内容確認
{'apple': 'りんご', 'orange': 'みかん', 'lemon': 'れもん'} ←値が更新されている
```

これは、1つのエントリの更新の方法である。複数のエントリをまとめて更新することもできる。(次の例参照)

例. 複数のエントリの更新 (先の例の続き)

```
>>> dic2 = {'apple': '林檎', 'banana': 'バナナ', 'grape': 'ぶどう'}  ←新たな辞書を作成
>>> dic.update(dic2)  ←既存の辞書の内容を新たな辞書の内容で更新
>>> dic       ←内容確認
{'apple': '林檎', 'orange': 'みかん', 'lemon': 'れもん',
 'banana': 'バナナ', 'grape': 'ぶどう'} ←更新結果
```

この例のように update メソッドを使用して

辞書 1.update(辞書 2)

とすると、辞書 1 に辞書 2 の内容を追加する形で更新を行う。

● 既存のエントリを優先する形の更新処理

setdefault メソッドを使用すると、既存のエントリを優先する形で辞書を更新することができる。(次の例参照)

例. setdefault による辞書の更新：新規エントリの追加の場合

```
>>> dic = {'apple': 'りんご', 'orange': 'みかん', 'lemon': 'レモン'} [Enter] ←辞書の作成
>>> dic.setdefault( 'banana', 'バナナ' ) [Enter] ←新エントリ「バナナ」の登録
'バナナ' ←登録結果としてエントリの値 'バナナ' が返される
>>> dic [Enter] ←更新後の内容確認
{'apple': 'りんご', 'orange': 'みかん', 'lemon': 'レモン', 'banana': 'バナナ'} ←辞書の内容
```

この例では、新しいキー 'banana' を持つエントリが辞書に追加されていることがわかる。次に、既存のキー 'orange' のエントリに対して setdefault で更新を試みる。

例. 既存のキー 'orange' のエントリの更新の試み（先の例の続き）

```
>>> dic.setdefault( 'orange', '蜜柑' ) [Enter] ←既存の 'orange' のエントリの更新を試みる
'みかん' ←実行結果として既存のエントリの値 'みかん' が返され…
>>> dic [Enter] ←処理後の辞書の内容を確認すると
{'apple': 'りんご', 'orange': 'みかん', 'lemon': 'レモン', 'banana': 'バナナ'} ←変更なし
```

setdefault による更新処理では、既存のエントリが優先されることがわかる。

2.4.4.3 キーや値の列を取り出す方法

辞書型オブジェクトから全てのキーを取り出すには、次のように keys メソッドと list 関数を使用する⁴⁰。

例. 全てのキーの取り出し

```
>>> dic={'apple': 'りんご', 'orange': 'みかん', 'lemon': 'レモン'} [Enter] ←辞書型オブジェクト生成
>>> k = dic.keys() [Enter] ←全てのキーの取り出し
>>> k [Enter] ←内容確認
dict_keys(['apple', 'orange', 'lemon']) ←結果表示
>>> list(k) [Enter] ←リストにする
['apple', 'orange', 'lemon'] ←全キーのリスト
```

このように keys メソッドにより dict_keys(...) というオブジェクト⁴¹ が生成され、更にそれを list 関数でリストにしている。もちろん

```
list(dic.keys())
```

のようにしても良い⁴²。

同様に、辞書型オブジェクトに対して values メソッド⁴³ を使用して、全ての値のリストを生成することもできる。

2.4.4.4 辞書型オブジェクトの要素数を調べる方法

辞書型オブジェクトの要素の個数を調べるには len 関数を用いる。例えば、辞書型オブジェクト dic の要素の個数を得るには len(dic) とする。

例. 辞書の要素数を調べる（先の例の続き）

```
>>> len( dic ) [Enter] ←辞書の長さの調査
3 ←長さが得られている
```

2.4.4.5 リストやタプルから辞書を生成する方法

キーと値のペアを要素として持つリストやタプルを dict() の引数に与えることで、それらを辞書型オブジェクトに変換することができる。

⁴⁰ 「2.4.6 データ構造の変換」(p.56) に示す方法でも辞書の全キーが得られる。

⁴¹ ビュー (view) と呼ばれるもので、元の辞書が変更されるとそれに連動してビューも変わる。

⁴² 更に簡単に list(dic) としてもキーのリストが得られる。

⁴³ 辞書の値のビューを返す。

例. リストから辞書型オブジェクトを生成する

```
>>> dic2 = dict( [['dog','犬'], ['cat','猫'], ['bird','鳥']] ) Enter ←リストから辞書を生成
>>> dic2 Enter ←内容確認
{'dog': '犬', 'cat': '猫', 'bird': '鳥'} ←結果表示
>>> dic2['cat'] Enter ←辞書オブジェクトとして引用
'猫' ←対応する値が得られている
```

例. リストやタプルから辞書型オブジェクトを生成する

```
>>> dic2 = dict( ('dog','犬'),('cat','猫'),('bird','鳥')) Enter ←辞書を生成
>>> dic2 Enter ←内容確認
{'dog': '犬', 'cat': '猫', 'bird': '鳥'} ←結果表示
>>> dic2 = dict( (('dog','犬'),('cat','猫'),('bird','鳥')) ) Enter ←辞書を生成
>>> dic2 Enter ←内容確認
{'dog': '犬', 'cat': '猫', 'bird': '鳥'} ←結果表示
```

このように「キーと値のペア」の列を辞書型オブジェクトに変換することができる。

2.4.4.6 辞書の全要素を列として取り出す方法

辞書オブジェクトに対して items メソッドを実行することで、辞書の全要素を列の形で取り出すことができる。

例. 辞書の全要素を列にする（先の例の続き）

```
>>> itm = dic2.items() Enter ←辞書の全内容の取り出し
>>> itm Enter ←内容確認
dict_items([('dog', '犬'), ('cat', '猫'), ('bird', '鳥')]) ←結果表示
>>> list( itm ) Enter ←リストに変換
[('dog', '犬'), ('cat', '猫'), ('bird', '鳥')] ←変換結果
```

辞書に対して items メソッドを実行すると dict_items([…]) という形のオブジェクト⁴⁴ が得られる。上の例ではこれを list 関数でリストに変換している。

2.4.4.7 辞書の複製

辞書型オブジェクトに対して copy メソッドを実行することで複製することができる。

例. 辞書の複製

```
>>> dic = {'apple': 'りんご', 'orange': 'みかん', 'lemon': 'レモン'} Enter ←辞書の作成
>>> dic2 = dic.copy() Enter ←それを複製して dic2 に与える
>>> dic2['orange'] = '蜜柑' Enter ←複製のエントリを変更
>>> dic2 Enter ←複製の内容確認
{'apple': 'りんご', 'orange': '蜜柑', 'lemon': 'レモン'} ←'orange' のエントリが変更されている
>>> dic Enter ←元の辞書の内容確認
{'apple': 'りんご', 'orange': 'みかん', 'lemon': 'レモン'} ←元の辞書は変化なし
```

2.4.5 添字（スライス）の高度な応用

リストやタプルあるいは文字列といったデータ構造では、添字 ' [...]' を付けることで部分列を取り出すことができるが、ここでは添字（スライス）の少し高度な応用例を紹介する。

● 添字の値の省略

先頭あるいは最終位置の添字は省略することができる。例えば、

⁴⁴ビュー（view）と呼ばれるもので、元の辞書が変更されるとそれに連動してビューも変わる。

```
>>> a = 'abcdefghijklmnopqrstuvwxyz' Enter
```

として変数 `a` にアルファベット小文字の列を設定しておく、`a` の要素は「0 番目」から「25 番目」のインデックスでアクセスできる。このとき `a[0:26]` (0 番目から 26 番目 未満) は文字列全体を示す。スライスのインデックス範囲の記述が 0 から始まる場合はそれを省略することができる。同様にインデックスの範囲の記述が「最後の要素のインデックス + 1」で終了する場合もそれを省略できる。(次の例参照)

例. 添字の省略

```
>>> a[:26] Enter ←先頭位置の 0 を省略
'abcdefghijklmnopqrstuvwxyz' ←文字列全体
>>> a[0:] Enter ←最終位置の 26 を省略
'abcdefghijklmnopqrstuvwxyz' ←文字列全体
>>> a[:] Enter ←両方省略
'abcdefghijklmnopqrstuvwxyz' ←文字列全体
```

2.4.5.1 スライスオブジェクト (参考)

スライスは `[s1 : s2]` と記述するが、このスライス自体を表現するスライスオブジェクトがあり、これを用いてスライスの部分を

```
slice(s1, s2)
```

と記述することができる。(次の例参照)

例. スライスオブジェクト

```
>>> lst = [1,2,3,4,5,6,7] Enter ←リストの用意
>>> s = slice(1,4) Enter ←'[1:4]' と同等のスライスオブジェクト
>>> lst[s] Enter ←内容確認
[2, 3, 4] ←結果表示
```

スライスオブジェクトにおいて添字を省略する場合は `None` を指定する。これを用いて先の例と同じ処理を試みる。

例. 添字の省略 (その 2)

```
>>> a = 'abcdefghijklmnopqrstuvwxyz' Enter ←文字列の用意
>>> s = slice(None,26) Enter ←先頭位置の 0 を省略
>>> a[s] Enter ←内容確認
'abcdefghijklmnopqrstuvwxyz' ←文字列全体
>>> s = slice(0,None) Enter ←最終位置の 26 を省略
>>> a[s] Enter ←内容確認
'abcdefghijklmnopqrstuvwxyz' ←文字列全体
>>> s = slice(None,None) Enter ←両方省略
>>> a[s] Enter ←内容確認
'abcdefghijklmnopqrstuvwxyz' ←文字列全体
```

● 逆順の要素指定

添字に負の数を指定すると、末尾から逆の順に要素を参照することができる。例えば上の例において、`a[-1]` とすると、末尾の要素を参照したことになる。(次の例参照)

例. 逆順の要素指定 (先の例の続き)

```
>>> a[-1] Enter ←末尾の要素を参照
'z' ←末尾の要素
>>> a[-2] Enter ←末尾から 2 番目の要素を参照
'y' ←末尾から 2 番目の要素
```


● 不連続な部分の取り出し

添字は [開始位置: 終了位置: 増分] のように増分を指定することができ、不連続な「飛び飛びの」部分を取り出すこともできる。(次の例参照)

例. 不連続な位置の要素の取り出し (先の例の続き)

```
>>> a[::2] Enter ←偶数番目の取り出し
'acegikmoqsuw' ←先頭から1つ飛びの要素
>>> a[1::2] Enter ←奇数番目の取り出し
'bdfhjlnprtvxz' ←1番目から1つ飛びの要素
```

更に、増分には負 (マイナス) の値を指定することもできる。(次の例参照)

```
>>> a[::-1] Enter ←逆順に取り出す
'zyxwvutsrqponmlkjihgfedcba' ←結果的に反転したことになる
```

参考) スライスオブジェクトを用いた例

```
>>> s = slice(None, None, 2) Enter ←偶数番目の取り出し
>>> a[s] Enter ←内容確認
'acegikmoqsuw' ←先頭から1つ飛びの要素
>>> s = slice(1, None, 2) Enter ←奇数番目の取り出し
>>> a[s] Enter ←内容確認
'bdfhjlnprtvxz' ←1番目から1つ飛びの要素
>>> s = slice(None, None, -1) Enter ←逆順に取り出す
>>> a[s] Enter ←内容確認
'zyxwvutsrqponmlkjihgfedcba' ←結果的に反転したことになる
```

2.4.6 データ構造の変換

表 12 のような関数 (コンストラクタ) を使用して、リスト、タプル、セットの間でデータを相互に変換することができる。

表 12: データ構造 d を別の型に変換する関数 (コンストラクタ)

関数 (コンストラクタ)	説 明
<code>list(d)</code>	d をリストに変換する
<code>tuple(d)</code>	d をタプルに変換する
<code>set(d)</code>	d をセットに変換する

例. データ構造の変換

```
>>> list( (1,2,3) ) Enter ←リストへの変換
[1, 2, 3] ←処理結果
>>> tuple( [1,2,3] ) Enter ←タプルへの変換
(1, 2, 3) ←処理結果
>>> set( [1,2,3] ) Enter ←セットへの変換
{1, 2, 3} ←処理結果
```

辞書オブジェクトを表 12 の関数で変換すると、その辞書の全てのキーを要素とするものが得られる。

例. 辞書を他の構造に変換する

```
>>> dic={'apple':'りんご','orange':'みかん','lemon':'レモン'} Enter ←辞書の作成
>>> list( dic ) Enter ←リストへの変換
['apple', 'orange', 'lemon'] ←処理結果
>>> tuple( dic ) Enter ←タプルへの変換
('apple', 'orange', 'lemon') ←処理結果
>>> set( dic ) Enter ←セットへの変換
{'lemon', 'orange', 'apple'} ←処理結果
```

2.4.7 データ構造の要素を他のデータ構造の中に展開する方法

リストやタプル、文字列といったデータ構造の要素を、他のデータ構造の中に展開する方法について説明する。これを応用するとデータ構造の編集が容易になることがある。

例. リストの中に他のリストを展開する

```
>>> x = ['d','e','f'] Enter ←リストを x に用意
>>> ['a','b','c', *x , 'g','h','i'] Enter ←リスト x をこのリストの中に展開
['a', 'b', 'c', 'd', 'e', 'f', 'g', 'h', 'i'] ←得られたリスト
```

このように、展開したいリストの先頭にアスタリスク「*」を付ける。

例. リストの中に複数のリストを展開する

```
>>> x = ['a','b','c'] Enter ←リスト x
>>> y = ['d','e','f'] Enter ←リスト y
>>> z = ['g','h','i'] Enter ←リスト z
>>> [ *x, *y, *z ] Enter ← x, y, z をこのリストの中に展開
['a', 'b', 'c', 'd', 'e', 'f', 'g', 'h', 'i'] ←得られたリスト
```

文字列の要素を展開することもできる。(次の例)

例. リストの中に文字列を展開する

```
>>> x = 'def' Enter ←文字列を x に用意
>>> ['a','b','c', *x , 'g','h','i'] Enter ←文字列 x をこのリストの中に展開
['a', 'b', 'c', 'd', 'e', 'f', 'g', 'h', 'i'] ←得られたリスト
```

タプルの内部に他のデータ構造を展開することもできる。(次の例)

例. タプルの中に文字列を展開する (先の例の続き)

```
>>> ('a','b','c', *x , 'g','h','i') Enter ←文字列 x をこのタプルの中に展開
('a', 'b', 'c', 'd', 'e', 'f', 'g', 'h', 'i') ←得られたタプル
```

2.4.8 データ構造に沿った値の割当て（分割代入）

Python では、データ構造に沿った形で変数に値を割り当てること（**分割代入**：Destructuring assignment）⁴⁵ ができる。これにより、データ構造から簡単に部分要素を抽出することができ、データ構造の解析のための簡便なる手段を与える。以下に具体例を示す。

例. データ構造に沿った値の割当て (1)

```
>>> [a,b] = [2,3]  ←リストに沿った値の割当て
>>> a  ←値の確認
2
>>> b 
3
      ← a,b 共に値が割当てられていることがわかる
>>> (a,b) = [3,4]  ←タプルに沿った値の割当て（右辺はタプル，リストどちらも可）
>>> a  ←値の確認
3
>>> b 
4
      ← a,b 共に値が割当てられていることがわかる
```

タプルに沿って値を割り当てる際は括弧 ‘()’ を省略することができる。（次の例参照）

例. データ構造に沿った値の割当て (2)

```
>>> a,b = 3,4  ←タプルに沿った値の割当て
>>> a  ←値の確認
3
>>> b 
4
      ← a,b 共に値が割当てられていることがわかる
>>> (a,b,c) = (1,2,(3,4))  ←複雑な構造に沿った値の割当て
>>> a  ←値の確認
1
>>> b 
2
>>> c 
(3, 4)
      ← a,b,c 全て値が割当てられていることがわかる
```

この例の最初の代入文 ‘a,b = 3,4’ は Python では多く用いられる記述形式であるが、これは ‘=’ による代入処理が並列に働いたと見るべきではない。あくまで、データ構造に沿った形で値の割り当て（分割代入）である。

2.4.8.1 応用例：変数の値の交換

分割代入を応用すると、**変数の値の交換**が簡潔に記述できる。

例. 変数の値の交換

```
>>> x = 1  ←変数 x の設定
>>> y = 2  ←変数 y の設定
>>> x,y = y,x  ←値の交換
>>> x  ← x の値の確認
2
>>> y  ← y の値の確認
1
```

分割代入の左辺に記述する変数の最後のものにアスタリスク ‘*’ の接頭辞を付けると、右辺の末尾の複数の要素を対応させることができる。

⁴⁵ データ構造を分解して部分を取り出すことからアンパック（unpack）と呼ぶこともある。

例. 末尾の複数の要素を分割代入する

```
>>> [a,b,*c] = [1,2,3,4,5,6] Enter ←分割代入
>>> a Enter ←変数 a の値の確認
1 ←変数 a の値
>>> b Enter ←変数 b の値の確認
2 ←変数 b の値
>>> c Enter ←変数 c の値の確認
[3, 4, 5, 6] ←変数 c の値 (末尾の複数の要素が得られている)
```

割り当てべき変数をアンダースコア ‘_’ で省略することもできる。(次の例参照)

例. 値の割当てにおける変数の省略

```
>>> (a,b,_) = (4,5,6) Enter ← ‘_’ による変数の省略
>>> a Enter ←値の確認
4
>>> b Enter
5 ← a,b に値が割当てられていることがわかる
```

ただし厳密には、アンダースコア ‘_’ も変数である。(次の例)

例. アンダースコアに割り当てられたもの (先の例の続き)

```
>>> _ Enter ←アンダースコアの内容を参照する
6 ←値をもっている
```

2.4.8.2 データ構造の選択的な部分抽出

以上のことを応用すると、複雑なデータ構造から選択的に部分を抽出することができる。(次の例参照)

例. データ構造の部分抽出

```
>>> [a,b,(_,c)] = [1,2,(3,4)] Enter ←入れ子になった構造
>>> a,b,c Enter ←値の確認
(1, 2, 4) ←データの部分抽出ができています。
```

2.4.9 データ構造のシャッフル

random モジュールの shuffle 関数を用いるとリストの要素の順序をシャッフルすることができる。

例. リストの要素のシャッフル

```
>>> import random Enter ←モジュールの読み込み
>>> a = [0,1,2,3,4,5,6,7,8,9] Enter ←リストを用意
>>> random.shuffle( a ) Enter ←シャッフルの実行
>>> a Enter ←内容確認
[7, 8, 2, 6, 0, 3, 4, 9, 5, 1] ←シャッフルされている
```

shuffle 関数は、引数に与えたリストオブジェクトそのものを改変する。

データ構造に関する操作と shuffle 関数を組み合わせると、リスト以外のデータ構造もシャッフルすることができる。

例. 文字列のシャッフル (先の例の続き)

```
>>> s = 'abcdefghijklmn' Enter ←文字列を用意
>>> t = list( s ) Enter ←それをリストに変換
>>> t Enter ←内容確認
['a','b','c','d','e','f','g','h','i','j','k','l','m','n'] ←リストになった
>>> random.shuffle( t ) Enter ←それをシャッフルして,
>>> ''.join(t) Enter ←全要素を連結すると,
'jbalcigdkfhmne' ←結果として, 文字列をシャッフルしたことになる
```

2.4.10 データ構造へのアクセスの速度について

Python の基本的なデータ構造であるリスト, セット, 辞書それぞれについてアクセスの速度を評価すると概ね次のようになる.

- スライスに整数のインデックスを与えて要素にアクセスする形態 (「 n 番目の要素」を指定するアクセス方法) ではリストは高速にアクセスできるデータ構造である.
- `in` 演算子などで要素のメンバシップを調べる (ある要素が含まれるかを調べる) 場合はリストが最も遅く, セットと辞書は共に高速である. (セットと辞書はほぼ同等の速度)

データ構造のアクセス速度の比較を行うサンプルプログラムを付録「G.1 リスト／セット／辞書のアクセス速度の比較」(p.322) で示す.

2.5 制御構造

2.5.1 繰り返し (1): for

処理の繰り返しを実現する文の1つに for がある。

《 for による繰り返し 》

書き方: for 変数 in データ構造:

(変数を参照した処理)

「変数を参照した処理」は繰り返しの対象となるプログラムの部分である。この部分は for の記述開始位置よりも右にインデント (字下げ) される必要がある。またこの部分には複数の行を記述することができるが、その場合は同じ深さのインデントを施さなければならない。

for 文は繰り返しの度に「データ構造」から順番に要素を取り出してそれを「変数」に与える。繰り返しに使用する「データ構造」にはリストの他、タプルや様々なもの (順序を持つ要素群から構成されるデータ構造) が指定できる。

2.5.1.1 「スイート」の概念

for 文の制御対象となる「同じインデント位置から始まる一連のプログラムの部分」のことをスイート (suite) と呼ぶ。for 文だけでなく、後で解説する各種の制御構造においても「スイート」を制御対象とする。また、関数やクラスの定義 (これらについても後で説明する) においても「スイート」の概念が前提となる。

1つのスイートを構成するためのインデントには、スペースキーで入力する「空白文字」以外にも `Tab` キーで入力する「タブ文字」が使える。ただし、インデントは空白文字やタブ文字の「文字数」で決まるものであるため、インデントの見た目の位置とインデントの文字数には注意が必要 (図1の例) である。

<pre>for i in range(3): print(i,end=',') print(2*i,end=',') print(3*i)</pre>	<p>□□□□ スペース4つ</p> <p>□□□□ タブ文字1つ</p> <p>見た目は同じインデント位置でも、 実際は異なるインデント位置</p>
--	---

図 1: 誤ったインデントの例

for 文を用いたサンプルプログラム test04-1.py を次に示す。

プログラム: test04-1.py

```
1 # coding: utf-8  
2  
3 # 例1: リストの全ての要素を表示する  
4 for word in ['book', 'orange', 'man', 'bird']:  
5     print(word)  
6  
7 # 例2: 繰り返し対象が複数の行の場合  
8 for x in [1, 3, 5, 7]:  
9     print("x=", x)  
10    print("x^3=", x**3)  
11    print("x^10=", x**10)  
12    print("x^70=", x**70)  
13  
14 # 例3: 上記と同様の処理  
15 for x in range(1, 9, 2):  
16     print("x=", x)  
17     print("x^3=", x**3)  
18     print("x^10=", x**10)  
19     print("x^70=", x**70)
```

このプログラムの例 1 の部分（4～5 行目）は与えられたリストの要素を先頭から 1 つずつ変数 `word` にセットしてそれを出力するものである。この例 1 の部分の実行により出力結果は

```
book
orange
man
bird
```

となる。

例 2 の部分（8～12 行目）は 1 から 7 までの奇数に対して 3 乗、10 乗、70 乗を計算して出力するものである。このように同じインデント（字下げ）を持つ複数の行（スイート）を繰り返しの対象とする⁴⁶ ことができる。この例 2 の部分の実行により出力結果は

```
x= 1
x ^ 3= 1
x ^ 10= 1
x ^ 70= 1
x= 3
x ^ 3= 27
x ^ 10= 59049
x ^ 70= 2503155504993241601315571986085849
x= 5
x ^ 3= 125
x ^ 10= 9765625
x ^ 70= 8470329472543003390683225006796419620513916015625
x= 7
x ^ 3= 343
x ^ 10= 282475249
x ^ 70= 143503601609868434285603076356671071740077383739246066639249
```

となる。

`for` 文では、与えられたデータ構造の要素を順番に取り出す形で繰り返し処理を実現するが、長大な数列の各項に対して処理を繰り返す場合（例えば 1～1 億までの繰り返し）には直接にデータ列を書き綴る方法は適切ではない。繰り返し処理に指定する数列の代わりに、次に説明する `range` オブジェクトを使用することができる。

2.5.1.2 スイートが 1 行の場合の書き方

1 行のみから成るスイートは `for` と同じ行に記述することができる。

例. 1 行のみのスイートを繰り返す `for` 文（対話モードでの例）

```
>>> for i in range(3): print(i) [Enter]    ← 1 行のみのスイートの繰り返し
... [Enter]    ← for 文の入力の終了
0        ← 出力開始
1
2
```

`for` 文に限らず、他の制御構造、関数やクラスの定義においても、1 行のみのスイートはコロン「:」に続けて記述することができる。

⁴⁶C や Java をはじめとする多くの言語では、ソースプログラムのインデント（字下げ）にはプログラムとしての意味はない。制御対象のプログラムの範囲をインデントによって指定する言語は Python を含め少数派である。

2.5.1.3 range 関数, range オブジェクト

range クラスのオブジェクトは、実際に要素を書き並べたリストと似た性質を持つ。

《 range オブジェクト 》

書き方 1: `range(n)`

意味: 0 以上 n 未満の整数列

書き方 2: `range(n_1 , n_2)`

意味: n_1 以上 n_2 未満の整数列

書き方 3: `range(n_1 , n_2 , n_3)`

意味: n_1 以上 n_2 未満の範囲の公差 n_3 の整数列

書き方 1 の例. `range(10)` [0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9] と同等

書き方 2 の例. `range(5, 10)` [5, 6, 7, 8, 9] と同等

書き方 3 の例. `range(1, 10, 2)` [1, 3, 5, 7, 9] と同等

この range オブジェクトを応用したのが先のプログラム test04-1.py の例 3 (15~19 行目) の部分である。

range オブジェクトは、基本的にはリストと同様の扱いが可能で、長大な数列を扱う場合に記憶資源管理の面で有利である。range オブジェクトを生成する際の `range(...)` の記述は range 関数である。

例. range オブジェクトの扱い

```
>>> r = range(10)  [Enter]    ← range オブジェクトの生成
>>> r              [Enter]    ← 内容の確認
range(0, 10)       ← 結果の表示
>>> type( r )     [Enter]    ← データ型の確認
<class 'range'>    ← 'range' 型であることがわかる
>>> r[3]          [Enter]    ← 要素 (3 番目) を取り出すことができる。
3                  ← 結果の表示
>>> list( r )     [Enter]    ← リストに変換
[0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9] ← 変換結果
```

2.5.1.4 for 文における else

for 文の記述に else を付けると、終了処理を実現できる。

《 else を用いた for 文の終了処理 》

書き方: `for 変数 in データ構造:`

(変数を参照した処理)

else:

(終了処理)

for による繰り返しが終了した直後に 1 度だけ「終了処理」を実行する。

これは Python 以外の言語ではあまり見られない便利な構文である。

2.5.1.5 for を使ったデータ構造の生成 (要素の内包表記)

for の別の使い方として、データ構造の生成がある。次の例について考える。

リスト生成の例 (整数の 2 乗)

```
>>> [ x**2 for x in range(10) ] [Enter]    ← リストの生成
[0, 1, 4, 9, 16, 25, 36, 49, 64, 81] ← 得られたリスト
```

このようにして、データのリストを生成できる。

《 for を使ったデータ構造の生成 》：要素の内包表記

リストの生成：

[繰り返し変数を使った要素の表現 for 繰り返し変数 in データ構造]

集合、辞書の生成：

{ 繰り返し変数を使った要素の表現 for 繰り返し変数 in データ構造 }

例. 文字列を構成する文字を要素とするリスト⁴⁷

```
>>> [c for c in 'abcde']  ←リストの生成
['a', 'b', 'c', 'd', 'e'] ←得られたリスト
```

このように「for ~ in…」で順番に要素を取り出すことができるデータ構造に対して同様の処理が適用可能であり、リストを生成できる。

例. 辞書の生成

```
>>> d = { x:x**2 for x in range(10) }  ← 0~9 までの 2 乗の値を保持する辞書 d の生成
>>> d  ←内容の確認
{0: 0, 1: 1, 2: 4, 3: 9, 4: 16, 5: 25, 6: 36, 7: 49, 8: 64, 9: 81} 
>>> d[4]  ←キー 4 に対する値 ↑結果の表示
16 ←結果の表示
```

例. セットの生成

```
>>> { x**2 for x in range(10) }  ← 0~9 までの 2 乗の値を保持するセットの生成
{0, 1, 64, 4, 36, 9, 16, 49, 81, 25} ←結果の表示
```

▲注意▲

要素の内包表記によるタプルの生成では、ジェネレータという特別なデータ列となる。

例. 内包表記でタプルを作る試み

```
>>> t = ( 2*x for x in range(4) )  ←内包表記の形式によるタプルの生成
>>> t ←内容確認
<generator object <genexpr> at 0x0000013C97AFC5C8>
      ↑「ジェネレータ」と呼ばれるオブジェクトになっている
>>> list( t )  ←リストに変換することができる
[0, 2, 4, 6] ←結果の表示
```

ジェネレータは制御のための高度な方法を与える。詳しくは「4.5 ジェネレータ」(p.193) で解説する。

2.5.1.6 イテレータ

キュー (que) と似たデータ構造にイテレータがある。イテレータは要素を取り出す度にその要素が削除されてゆくデータ構造であり、主として for による繰り返し処理の際に用いられる。イテレータは関数 iter で生成することができる。

⁴⁷この例はデータ構造の分解を簡単な形で示すためのものである。同様の処理はより簡単に list('abcde') として実現できる。

例. イテレータによる繰り返し処理

```
>>> it = iter( [1,2,3] )  Enter    ← リスト [1,2,3] をイテレータに変換
>>> for m in it:  Enter    ←繰り返し処理の記述開始
...     print(m)  Enter    ←要素を表示する処理
...  Enter    ←繰り返し処理の記述終了
1          ←表示
2          ←表示
3          ←表示
```

この例を見る限り、it はリスト [1,2,3] と同様のオブジェクトのように思われるが、次の例について考える。

例. next 関数による要素の取り出し

```
>>> it = iter( [1,2,3] )  Enter    ← リスト [1,2,3] をイテレータに変換
>>> next(it)  Enter    ←次の要素の取り出し
1          ←要素の値が表示されている
>>> next(it)  Enter    ←次の要素の取り出し
2          ←要素の値が表示されている
>>> next(it)  Enter    ←次の要素の取り出し
3          ←要素の値が表示されている
>>> next(it)  Enter    ←次の要素の取り出し
Traceback (most recent call last):    ←要素が無いことによる例外が発生
  File "<stdin>", line 1, in <module>
StopIteration
```

この例の様に、関数 next によってイテレータの次の要素が取り出される。ただし、取り出すべき次の要素が無い場合は例外 StopIteration が発生する。

イテレータは、リストのように要素を保持するためのデータを構造として扱うべきではなく、「繰り返し構造」の処理対象として扱うべき 特殊なデータ構造 である。

この例ではリストからイテレータを生成しているが、後述の文字列検索などの処理においては、処理結果が元々イテレータとして得られる場合もある。イテレータは要素を参照することでその要素が取り除かれるものであり、その意味では**破壊的なデータ構造**である。従って、イテレータの内容を破壊されないものとして扱うには、リストなどの別のデータ構造に変換する必要がある。例えば、イテレータ it を次のようにしてリスト L に変換することができる。

```
L = list( it )
```

ただし、この処理の後、it の内容は失われる。(it の参照が終了したことによる)

イテレータと関連の深いものに**ジェネレータ**がある。これについては「4.5 ジェネレータ」(p.193)で説明する。

2.5.1.7 分割代入を用いた for 文

for の後に変数のタプルを与えることで、データ構造の分割代入ができる。

例. 分割代入でデータ構造の要素を分解して取り出す

```
>>> q = [[1,2],[3,4],[5,6]]  Enter    ←リストを要素とするリスト q
>>> for (x,y) in q:  Enter    ← q の要素を x, y に分解しながら取り出す
...     print('x=',x,'y=',y)  Enter    ←それらを出力
...  Enter    ← for 文の終了
x= 1 y= 2      ←出力
x= 3 y= 4
x= 5 y= 6
```

この方法は、後に説明する zip オブジェクトや enumerate を用いた繰り返し処理の基本となる。

for の後のタプルは括弧 '(…)' を省略して 'for x,y in q:' などと記述しても良い。

2.5.1.8 zip 関数と zip オブジェクト

zip 関数を用いると、複数のイテラブル（リストなど）を束ねて 1 つのイテレータを生成することができる。（次の例参照）

例. 3 つのリストを束ねて 1 つのイテレータを生成する (1)

```
>>> q1 = [1,2,3]      Enter      ← 1 番目のリストの生成
>>> q2 = ['one','two','three'] Enter ← 2 番目のリストの生成
>>> q3 = ['一','二','三'] Enter    ← 3 番目のリストの生成
>>> z = zip( q1, q2, q3 ) Enter    ← それら 3 つを束ねて z にする
>>> for (a,b,c) in z:  Enter      ← z から要素を 1 つずつ取り出すループ
...     print(a,':',b,':',c) Enter ← 出力処理
...     Enter                ← 繰り返し記述範囲の終わり

1 :  one :  一      ← 出力 (1 番目)
2 :  two :  二      ← 出力 (2 番目)
3 :  three : 三     ← 出力 (3 番目)
```

これは、3 つのリスト q1, q2, q3 を束ねて 1 つのイテレータ z を生成し、それを用いて繰り返し処理を行っている例である。

zip 関数で得られるオブジェクトは「zip オブジェクト」である。（次の例参照）

例. 3 つのリストを束ねて 1 つのイテレータを生成する (2)

```
>>> q1 = [1,2,3]      Enter      ← 1 番目のリストの生成
>>> q2 = ['one','two','three'] Enter ← 2 番目のリストの生成
>>> q3 = ['一','二','三'] Enter    ← 3 番目のリストの生成
>>> z = zip( q1, q2, q3 ) Enter    ← それら 3 つを束ねて z にする
>>> z      Enter          ← z を確認
<zip object at 0x000002E1BC3B9D08> ← zip オブジェクトであることがわかる
>>> list(z) Enter        ← z をリストに変換して内容を確認
[(1, 'one', '一'), (2, 'two', '二'), (3, 'three', '三')] ← 内容表示
>>> list(z) Enter        ← z の内容を再度確認すると…
[]      ← 参照後なので空になっている
```

長さの異なるデータ列を zip で束ねると、最も長さの短い列にイテレータのサイズが制限される。

例. 長さの異なるリストを束ねてイテレータを生成する

```
>>> q1 = [1,2,3,4]      Enter      ← 長いリスト
>>> q2 = ['one','two','three'] Enter ← 短いリスト
>>> z = zip( q1, q2 )    Enter      ← それらを束ねて z にする
>>> for (a,b) in z:      Enter      ← z から要素を 1 つずつ取り出すループ
...     print(a,':',b)  Enter      ← 出力処理
...     Enter          ← 繰り返し記述範囲の終わり

1 :  one      ← 出力 (1 番目)
2 :  two      ← 出力 (2 番目)
3 :  three    ← 出力 (3 番目: 短い方のリストのサイズ)
```

【zip オブジェクトの展開】

zip 関数によって束ねられたデータ列は「zip オブジェクト」となるが、それを展開して関数の引数として渡すことができる。これを行うには、関数呼び出し時に zip オブジェクトの先頭にアスタリスク '*' を付ける。(次の例参照)

例. zip オブジェクトの展開

```
>>> a = ['a1','a2','a3'] Enter ← 1 番目のリストの生成
>>> b = ['b1','b2','b3'] Enter ← 2 番目のリストの生成
>>> c = ['c1','c2','c3'] Enter ← 3 番目のリストの生成
>>> z = zip(a,b,c) Enter ← zip 関数で束ねる
>>> print( *z ) Enter ← zip オブジェクトの展開
('a1','b1','c1') ('a2','b2','c2') ('a3','b3','c3') ← zip オブジェクトの要素が順番に表示される
```

ここで注意しなければならない点がある。関数呼び出し以外の状況で zip オブジェクトをアスタリスク '*' で展開することはできない。(次の例参照)

例. zip オブジェクトの展開 (失敗例: 先の続き)

```
>>> z = zip(a,b,c) Enter ← zip 関数で束ねる
>>> *z Enter ← zip オブジェクトの展開
File "<stdin>", line 1 ←エラー発生
SyntaxError: can't use starred expression here ←文法エラー
```

関数の引数に '*' を記述することに関しては、後の「2.7.1.2 引数の個数が不定の関数」(p.106) で説明する。

■ 参考

関数呼び出し時のアスタリスク '*' で展開された要素は、再び zip 関数で束ねることができる。このことが理解できる例を次に示す。

例. アスタリスク '*' による展開と再 zip 化の例 (先の続き)

```
>>> z = zip(a,b,c) Enter ← zip 関数で束ねる
>>> print( *zip(*z) ) Enter ←展開, zip, 展開と連鎖実行
('a1','a2','a3') ('b1','b2','b3') ('c1','c2','c3') ←結果
```

このような結果となることにに関して考察されたい。

2.5.1.9 enumerate によるインデックス情報の付与

リストや文字列、イテレータから要素を取り出しながら繰り返し処理を行う際、処理対象の要素のインデックスが処理に求められることがしばしばある。(下記の例)

例. データ要素のインデックスを繰り返し処理の中で使用する例

```
>>> s = 'あいう' Enter ←処理対象のデータ列
>>> i = 0 Enter ←要素のインデックスの初期化
>>> for m in s: Enter ←繰り返し処理の記述開始
...     print(i,' 番目は「',m,'」') Enter ←要素のインデックスを用いた処理
...     i += 1 Enter ←次のインデックスを算出
... Enter ←繰り返し処理の記述終了
0 番目は「 あ 」 ←処理結果
1 番目は「 い 」 ←処理結果
2 番目は「 う 」 ←処理結果
```

この例では繰り返し処理の前に変数 i を用意して開始のインデックス 0 を設定し、繰り返し処理の度に 1 を加えるという手法で、処理中の要素のインデックスを得ている。enumerate を用いると、同様の処理を更に簡潔な形で実現す

ることができる。

例. enumerate を用いた実装

```
>>> s = 'あいう'      Enter    ←処理対象のデータ列
>>> for (i,m) in enumerate(s): Enter    ←繰り返し処理の記述開始（インデックス情報付き）
...     print(i,' 番目は「',m,'」') Enter    ←要素のインデックスを用いた処理
...     Enter    ←繰り返し処理の記述終了

0 番目は「 あ 」    ←処理結果
1 番目は「 い 」    ←処理結果
2 番目は「 う 」    ←処理結果
```

enumerate で生成されたオブジェクトは「enumerate オブジェクト」であり、イテレータの一種である。(次の例参照)

例. enumerate オブジェクトの内容確認 (先の例の続き)

```
>>> enumerate(s)      Enter    ←内容確認
<enumerate object at 0x0000015A80298E58>    ← enumerate オブジェクトであることがわかる
>>> list( enumerate(s) ) Enter    ←リストに変換して内容確認
[(0, ' あ'), (1, ' い'), (2, ' う')]    ←各要素がインデックス付きのタプルとなっている
```

enumerate による付番の開始値を変更するには、enumerate の 2 番目の引数に開始値を与える。

例. enumerate による付番の開始値を 1 にする (先の例の続き)

```
>>> list( enumerate(s,1) ) Enter    ← enumerate の第 2 引数に開始値を与える
[(1, ' あ'), (2, ' い'), (3, ' う')]    ← 1 からの付番となっている
```

2.5.2 繰り返し (2): while

条件判定⁴⁸ に基いて処理を繰り返すための while 文がある。

《 while による繰り返し 》

書き方: while 条件:

(繰り返し対象の処理)

「条件」を満たす間「繰り返し対象の処理」を繰り返す。「繰り返し対象の処理」(スイート)は while の記述開始位置よりも右にインデント (字下げ) される必要がある。(for 文の場合と同様)

《 else を用いた while 文の終了処理 》

書き方: while 条件:

(繰り返し対象の処理)

else:

(条件が不成立の場合の処理)

条件が不成立になった場合に 1 度だけ「条件が不成立の場合の処理」を実行して while 文を終了する。

while 文を用いたサンプルプログラム test04-2.py を次に示す。

プログラム: test04-2.py

```
1 # coding: utf-8
2
3 n = 0
4 while n < 10:
```

⁴⁸条件の記述に関しては「2.5.4.1 条件式」(p.70) にまとめている。

```

5 |     print(n)
6 |     n += 2
7 | else:
8 |     print('end')

```

このプログラムの実行により出力結果は

```

0
2
4
6
8
end

```

となる。

このサンプルの 6 行目の ‘+=’ は**代入演算子**（再帰代入）⁴⁹ である。すなわちこれは、

```
n = n + 2
```

と記述したものと同等である。

2.5.3 繰り返しの中断とスキップ

for や while による処理の繰り返しは break で中断して抜け出すことができる。また、繰り返し対象の部分で continue を使うと、繰り返し処理を次の回にスキップできる。(C や Java と同じ)

2.5.4 条件分岐

条件判定により処理を選択するには if 文を使用⁵⁰ する。

《 if 文による条件分岐 》（その 1）

書き方： if 条件:

 (対象の処理)

「条件」が成立したときに「対象の処理」を実行する。「対象の処理」(スイート)は if の記述開始位置よりも右にインデント (字下げ) される必要がある。(for 文の場合と同様)

《 if 文による条件分岐 》（その 2）

書き方： if 条件:

 (対象の処理)

else:

 (条件が不成立の場合の処理)

条件が不成立であった場合に else 以下の「条件が不成立の場合の処理」を実行する。

《 if 文による条件分岐 》（その 3）

書き方： if 条件 1:

 (条件 1 を満たした場合の処理)

elif 条件 2:

 (条件 2 を満たした場合の処理)

⋮

else:

 (全ての条件が不成立の場合の処理)

複数の条件分岐を実現する場合にこのように記述する。

⁴⁹C や Java のそれと同じ働きを持つ。

⁵⁰Python には C や Java のような switch 文はない。

2.5.4.1 条件式

条件として記述できるものは表 13 のような**比較演算子**を用いた式や、それらを**論理演算子**（表 14）で結合（装飾）した式である。

表 13: 比較演算子

比較演算子を用いた条件式	説 明
<code>a == b</code>	a と b の値が等しい場合に True, それ以外の場合は False.
<code>a != b</code>	a と b が異なる場合に True, 等しい場合は False.
<code>a > b</code>	a が b より大きい場合に True, それ以外の場合は False.
<code>a >= b</code>	a が b 以上の場合に True, それ以外の場合は False.
<code>a < b</code>	a が b より小さい場合に True, それ以外の場合は False.
<code>a <= b</code>	a が b 以下の場合に True, それ以外の場合は False.

表 14: 論理演算子

論理演算子を用いた条件式	説 明
<code>P and Q</code>	P と Q が共に True の場合に True, それ以外の場合は False.
<code>P or Q</code>	P と Q の少なくとも 1 つが True の場合に True, それ以外の場合は False.
<code>not P</code>	P が False の場合に True, それ以外の場合は False.

条件式はそれ自体が真理値の値（True か False）を返す。

※ 「if~else…」の構文は 3 項演算子として記述することも可能である。これに関しては「2.9.4 3 項演算子としての if~else…」(p.133) のところで解説する。

2.5.4.2 比較演算子の連鎖

表 13 の比較演算子は連鎖する形で記述することができる。

例. 比較演算子の連鎖：その 1

```
>>> x = 3   
>>> 1 < x < 4  ←比較演算子の連鎖  
True      ←判定結果
```

更に長く記述することもできる。

例. 比較演算子の連鎖：その 2（先の例の続き）

```
>>> y,z = 5,7   
>>> 1 < x < y < z < 9  ←比較演算子の連鎖  
True      ←判定結果  
>>> 9 > z > y > x > 1  ←比較演算子の連鎖  
True      ←判定結果
```

‘==’, ‘!=’ も使用できる。

例. 比較演算子の連鎖：その 3（先の例の続き）

```
>>> 3 == x < y  ← ‘==’ を含む判定  
True      ←判定結果  
>>> 1 != x < y  ← ‘!=’ を含む判定  
True      ←判定結果
```

比較演算子を連鎖することで複雑な比較を簡潔に記述することができる。

2.5.4.3 各種の「空」値に関する条件判定

if 文の条件式の部分に各種の「空」値を与えた場合の条件判定がどのようになるかをサンプルプログラム emptyCheck0.py の実行によって例示する。このプログラムは、変数 cnd に各種の「空」値を与え、それを条件式として if 文で判定するものである。

プログラム：emptyCheck0.py

```
1  # coding: utf-8
2  # 各種の '空' 値に関する判定
3
4  #--- Noneを条件式に与えた場合 ---
5  cnd = None
6  if cnd:
7      print('hit')
8  else:
9      print(cnd,'は偽の扱いです. \n')
10
11 #--- Noneであるかどうかの判定 ---
12 if cnd is None:
13     print(cnd,'is None による判定')
14     print(cnd,'は None です. \n')
15
16 if cnd is not None:
17     print('hit')
18 else:
19     print(cnd,'is not None による判定')
20     print(cnd,'は None です. \n')
21
22 #--- 空タプル '()' を条件式に与えた場合 ---
23 cnd = ()
24 if cnd:
25     print('hit')
26 else:
27     print(cnd,'は偽の扱いです. ')
28
29 #--- 空リスト '[]' を条件式に与えた場合 ---
30 cnd = []
31 if cnd:
32     print('hit')
33 else:
34     print(cnd,'は偽の扱いです. ')
35
36 #--- 空集合 'set()' を条件式に与えた場合 ---
37 cnd = set()
38 if cnd:
39     print('hit')
40 else:
41     print(cnd,'（空集合）は偽の扱いです. ')
42
43 #--- 空辞書 '{}' を条件式に与えた場合 ---
44 cnd = dict()
45 if cnd:
46     print('hit')
47 else:
48     print(cnd,'（空辞書）は偽の扱いです. ')
49
50 #--- ゼロ 0 を条件式に与えた場合 ---
51 cnd = 0
52 if cnd:
53     print('hit')
54 else:
55     print(cnd,'は偽の扱いです. ')
56
57 #--- 空文字列 '' を条件式に与えた場合 ---
58 cnd = ''
59 if cnd:
60     print('hit')
61 else:
62     print('空文字列',cnd,'は偽の扱いです. ')
```

このプログラムを実行した結果の例を次に示す。

```
None は偽の扱いです.  
  
None is None による判定  
None は None です.  
  
None is not None による判定  
None は None です.  
  
() は偽の扱いです.  
[] は偽の扱いです.  
set() (空集合) は偽の扱いです.  
{ } (空辞書) は偽の扱いです.  
0 は偽の扱いです.  
空文字列 は偽の扱いです.
```

このプログラムの実行によって、次に示す値が条件式として「偽」となることがわかる。

None (ヌルオブジェクト)	() (空のタプル)	[] (空リスト)	{ } (空集合)
{ } (空の辞書)	0 (ゼロ)	'' (空文字列)	

「空」値でないもの(非「空」値)を条件式に与えると基本的には「真」となる。また、ヌルオブジェクトかどうかを判定するには `is None` や `is not None` を用いて記述する。(is に関しては後の「2.5.4.4 is 演算子による比較」を参照のこと)

▲注意▲ 「空」値と非「空」の論理演算

「空」値と非「空」を組合せた論理演算 (and, or, not) には注意すること。すなわち、「空」値を「偽」、非「空」値を「真」と見做して論理和や論理積といった演算をすると、結果としてどのような値となるかは予め個別に確認した方がよい。

■ 多量のデータに対する条件の一括判定

「2.9.5 all, any による一括判定」(p.133) で解説する `all` 関数や `any` 関数を応用すると、多量のデータに対する条件判定を一括して実行することが可能となる。

2.5.4.4 is 演算子による比較

「同じ値か」どうかを判定するには演算子 `==` を用いるが、これに対して**同一のオブジェクト**かどうかを判定する場合には `is` を用いる。

次の例のような、2つの変数に割り当てられたリストの比較について考える。

例. リストの比較

```
>>> a = [1,2,3]  Enter    ←変数 a に与えられたリスト  
>>> b = [1,2,3]  Enter    ←変数 b に与えられたリスト  
>>> a == b  Enter    ←変数 a,b の値が同じかどうかを検査  
True       ←真 (a,b の値は同じである)
```

次に `is` を用いて検査する。

例. リストの比較 (先の例の続き)

```
>>> a is b  Enter    ←変数 a,b が同一のオブジェクトかどうかを検査  
False      ←偽 (a,b は別のオブジェクトである)
```

この例から「a,b はそれぞれ異なるオブジェクトである」ことがわかる。これは「変数 a,b はそれぞれ、同じ値を持つ別々のオブジェクトである」と言い換えることができる。

オブジェクトの比較においては「同値」であることと**同一性**の違いを意識するべきである。

Python 処理系の中で扱われるオブジェクトは、それが廃棄されるまで独自の識別値⁵¹を持っており、オブジェクトの同一性は、そのオブジェクトの識別値によって判定される。オブジェクトの識別値は id 関数で調べることができる。

例. id 関数による識別値の調査（先の例の続き）

```
>>> id(a)  ←変数 a が保持するオブジェクトの識別値を調べる
2089578189128 ←変数 a の値の識別値
>>> id(b)  ←変数 b が保持するオブジェクトの識別値を調べる
2089578223496 ←変数 b の値の識別値
```

この例から、変数 a, b が保持するリストは同じ要素で構成されるが、実体としては別のものであることがわかる。

オブジェクトに対する識別値は、処理系がそのオブジェクトを生成する時点で決める。

先の例で変数 a にリストが割り当てられていたが、更に c = a として変数 c に変数 a の値を割り当てると、変数 c は変数 a と同一のリストを指し示す。

例. 「=」によって割り当てられたリストの識別値を調べる（先の例の続き）

```
>>> c = a  ←変数 a のリストを変数 c に割り当てる
>>> id(a) 
2089578189128 ←変数 a の値の識別値
>>> id(c)  ←変数 c が保持するオブジェクトの識別値を調べる
2089578189128 ←変数 a の値の識別値と同じ
>>> a is c  ←変数 a, c の同一性を調べる
True ←判定結果
```

⁵¹CPython 実装では、識別値はそのオブジェクトを格納しているメモリのアドレスである。

2.6 入出力

コンピュータのプログラムは各種の装置（デバイス）から入力を受け取って情報処理を行い、処理結果を各種の装置に出力する。入出力のための代表的な装置としては、

- ディスプレイ
- キーボード
- ファイル（ディスク）

が挙げられる⁵²。特にディスプレイとキーボードは常に使用可能なデバイスであることが前提とされている。このため、ディスプレイとキーボードはそれぞれ**標準出力**、**標準入力**と呼ばれている。

ここでは、これら3種類のデバイスに対する入出力の方法について説明する。

2.6.1 標準出力

通常の場合、標準出力はディスプレイを示している。これまでの解説にも頻繁に使用してきた `print` 関数は標準出力に対して出力するものであり、引数として与えた値を順番に標準出力に出力する。`print` 関数は任意の個数の引数を取る。

2.6.1.1 出力データの書式設定

表示桁数や表示する順番などの書式設定を施して出力をする際には、出力対象のデータ列（値の並び）を書式編集して一旦文字列にしてから出力する。

■ 書式設定の方法 (1) `format` メソッド

文字列に対する `format` メソッドを用いて書式編集をすることができる。具体的には `{}` を含む文字列に対して `format` メソッドを適用すると、`format` の引数に与えた値が `{}` の部分に埋め込まれる。

例 1.

```
>>> s = '{}', {}, {}'.format('one', 'two', 'three')  Enter    ←書式編集
>>> print(s)  Enter    ←編集結果の確認
one, two, three    ←編集されて出力された結果
```

`{}` の中に埋め込みの順番を表すインデックス（整数）を与えると、`format` の引数を埋め込む順番の制御ができる。

例 2. 埋め込み位置の制御

```
>>> s = '{2}', {1}, {0}'.format('one', 'two', 'three')  Enter    ←書式編集
>>> print(s)  Enter    ←編集結果の確認
three, two, one    ←編集されて出力された結果
```

`{}` の中には更に、埋め込むデータの型（表 15）と桁数（長さ）を

:`[桁数]` 型

の形式で指定することができる。（桁数は省略可能）

表 15: `format` メソッドの書式設定に指定するデータの型（一部）

型	解 説	型	解 説	型	解 説	型	解 説
d	10 進整数	x	16 進整数	o	8 進整数	b	2 進整数
f	小数点数（暗黙で小数点以下 6 桁）	s	文字列				

⁵²この他にも重要なものとして、印刷装置（プリンタ）やネットワークインターフェース（NIC）、マウスなどがある。

例 3. 埋め込むデータの型と桁数の指定（文字列型）

```
>>> s = '|{2:7s}|{1:7s}|{0:7s}|'.format('one','two','three') Enter ←書式編集
>>> print(s) Enter ←編集結果の確認
|three |two |one | ←編集されて出力された結果
```

この例では、'7s' の記述によってそれぞれ 7 桁の文字列になっている。

例 4. 埋め込むデータの型と桁数の指定（整数型）

```
>>> s = '|{2:7d}|{1:7d}|{0:7d}|'.format(1,2,3) Enter ←書式編集
>>> print(s) Enter ←編集結果の確認
|      3|      2|      1| ←編集されて出力された結果
```

この例では、'7d' の記述によってそれぞれ 7 桁の整数になっている。

例 5. 埋め込むデータの型と桁数の指定（小数点数）

```
>>> s = '|{2:8.2f}|{1:8.2f}|{0:8.2f}|'.format(1.2,2.3,3.4) Enter ←書式編集
>>> print(s) Enter ←編集結果の確認
|   3.40|   2.30|   1.20| ←編集されて出力された結果
```

この例では、'8.2f' の記述によってそれぞれ 2 桁の小数部を持つ合計 8 桁の小数点数になっている。

整数型と小数点数の桁数指定において、'7d' や '8.2f' の代わりに '07d' や '08.2f' のように左端にゼロを付けると、左にゼロを充填した表現が結果として得られる。

例 4-5 の補足 ゼロの充填

```
>>> '{0:04d}'.format(2) Enter ←ゼロを充填した整数の処理
'0002' ←編集されて出力された結果
>>> '{0:08.2f}'.format(2) Enter ←ゼロを充填した小数点数の処理
'00002.00' ←編集されて出力された結果
```

更に、桁数指定の部分に <, >, ^ を使用することで「左寄せ」、「右寄せ」、「中央揃え」といった **アラインメント** が可能となる。(次の例)

例. 「左寄せ」「右寄せ」「中央揃え」

```
>>> '|{0:<10d}|'.format(2) Enter ←左寄せ
'|2          |' ←結果
>>> '|{0:>10d}|'.format(2) Enter ←右寄せ
'|          2|' ←結果
>>> '|{0:^10d}|'.format(2) Enter ←中央揃え
'|      2      |' ←結果
```

16 進, 8 進, 2 進表現の例を次に示す。

例. 16 進, 8 進, 2 進表現

```
>>> '16 進){:x}, 8 進){:o}, 2 進){:b}'.format(255,255,255) Enter
'16 進)ff, 8 進)377, 2 進)11111111' ←書式編集の結果
```

■ 書式設定の方法 (2) f-string を用いる方法

Python 3.6 から **フォーマット済み文字列リテラル (f-string: formatted string literal)** が導入された。これにより、書式の記述の中に変数名が記述できるなど、format メソッドと同じ処理がより簡単に実現できる。例えば次のような例について考える。

例. f-string 中に変数名を直接記述する

```
>>> v1='one'; v2='two'; v3='three' Enter ← 3 変数 v1, v2, v3 を用意
>>> s = f'{v1}, {v2}, {v3}' Enter ← 書式中に変数名を埋め込んで文字列を生成
>>> print( s ) Enter ← 内容確認
one, two, three ← 結果
```

この例にあるような、接頭辞 'f' を持つ文字列が f-string である。f-string は書式設定のための表現であり、format メソッドで行うような書式記述の中に変数名を直接的に記述することができる。f-string 自体は書式設定の結果を文字列として返す。

以下に、f-string による書式設定の例をいくつか示す。

例. f-string による文字列の書式設定（先の例の続き）

```
>>> print( f' |{v1:7s}| |{v2:7s}| |{v3:7s}| ' ) Enter ← 文字列の桁数指定
|one      |two      |three | ← 結果
```

例. f-string による整数値の書式設定

```
>>> n1=1; n2=2; n3=3 Enter ← 3 変数 n1, n2, n3 に整数値を用意
>>> print( f' |{n1:7d}| |{n2:7d}| |{n3:7d}| ' ) Enter ← 整数値の桁数指定
|      1|      2|      3| ← 結果
```

例. f-string による浮動小数点数の書式設定

```
>>> n1=1.2; n2=2.3; n3=3.4 Enter ← 3 変数 n1, n2, n3 に浮動小数点数を用意
>>> print( f' |{n1:8.2f}| |{n2:8.2f}| |{n3:8.2f}| ' ) Enter ← 浮動小数点数の桁数指定
|   1.20|   2.30|   3.40| ← 結果
```

例. 数値の書式設定におけるゼロの充填

```
>>> n = 2 Enter ← 変数 n に数値を用意
>>> f'{n:04d}' Enter ← ゼロを充填した整数表記
'0002' ← 結果
>>> f'{n:08.2f}' Enter ← ゼロを充填した浮動小数点数の表記
'00002.00' ← 結果
```

例. アラインメント（先の例の続き）

```
>>> f'|{n:<10d}|' Enter ← 左寄せ
'|2          |' ← 結果
>>> f'|{n:>10d}|' Enter ← 右寄せ
'|          2|' ← 結果
>>> f'|{n:^10d}|' Enter ← 中央揃え
'|      2      |' ← 結果
```

例. 16 進, 8 進, 2 進表現

```
>>> n = 255 Enter
>>> f'16 進){n:x}, 8 進){n:o}, 2 進){n:b}' Enter ← 書式編集
'16 進)ff, 8 進)377, 2 進)1111111' ← 結果
```

■ 書式設定の方法 (3) '%' 演算子を用いる方法

これは C や Java における書式編集に似た方法である。先に説明した format メソッドによる方法と考え方が似ており、文字列中の '%' で始まる表記の場所に値を埋め込む方法である。

例 1. 文字列データの埋め込み (1)

```
>>> s = '|%7s|%7s|%7s|' % ('one','two','three') Enter ←書式編集
>>> print(s) Enter ←編集結果の確認
|   one|   two|  three| ←編集されて出力された結果
```

この例では、'%7s' の部分に後方のタプルの要素の値が 7 桁の文字列として埋め込まれている。基本的には右寄せの配置となるが、次の例のように '%' の後の数を負の値にすると左寄せの配置となる。

例 2. 文字列データの埋め込み (2)

```
>>> s = '|%-7s|%-7s|%-7s|' % ('one','two','three') Enter ←書式編集
>>> print(s) Enter ←編集結果の確認
|one   |two   |three | ←編集されて出力された結果
```

このように '%' の後に表示桁数とデータタイプを指定する。データタイプとしては表 15 (p.74) のものが概ね使用できる。ただし、 '%' 演算子における書式編集の方法は、format メソッドや f-string の場合とは厳密には異なる (2 進編集の 'b' が使えないなど) ので注意すること。

2.6.1.2 sys モジュールによる標準出力の扱い

print 関数による方法とは別に、sys モジュールを用いて標準出力に出力することもできる。

《 sys.stdout 》

オブジェクト sys.stdout は標準出力を示すオブジェクトである。このオブジェクトに対して write などのメソッドを使用して出力処理ができる。

標準出力への出力： sys.stdout.write(文字列オブジェクト)

標準出力に対して文字列を出力する。出力処理が正常に終了すると、出力したバイト数が返される。

sys の使用に先立って、sys モジュールを読み込んでおく必要がある。

print 関数で出力すると行末で改行されるが、この方法による出力では自動的に改行処理はされない。(次の例を参照)

例. sys.stdout に対する出力

```
>>> import sys Enter ← sys モジュールの読み込み
>>> n = sys.stdout.write('abcd') Enter ←出力処理の実行
abcd>>> ←出力結果
```

出力後は改行されずにプロンプト '>>>' が直後に表示されている。

```
>>> n Enter ←出力バイト数の確認
4 ← 4 バイト出力されたことが確認できる
```

表示の最後で改行するには、次のように文字列の最後にエスケープシーケンス '\n' を付ける。

```
>>> n = sys.stdout.write('abcd\n') Enter ←出力の最後で改行
abcd ←表示の最後に改行されている
>>> n Enter ←出力バイト数の確認
5 ← 5 バイト出力されたことが確認できる (改行コードも含む)
>>> n = sys.stdout.write('ab\tcd\n') Enter ←タブも出力可能
ab cd ←タブの表示と改行処理がされている
>>> n Enter ←出力バイト数の確認
6 ← 6 バイト出力されたことが確認できる (タブ, 改行コードも含む)
```

■ sys.stdout のエンコーディング設定

io モジュールを使用することで、sys.stdout に write メソッドで文字列を出力する際のエンコーディングを設定（文字コードを指定）することができる。

例. sys.stdout のエンコーディングを utf-8 にする

```
import sys, io                # モジュールの読み込み
sys.stdout = io.TextIOWrapper( sys.stdout.buffer, encoding='utf-8' )
```

このように、io モジュールの TextIOWrapper オブジェクトを sys.stdout に設定する。この際、キーワード引数 'encoding=' に文字コードを指定する。

2.6.2 標準入力

通常の場合、標準入力はキーボードを示しており、ユーザからのキーボード入力を取得することができる。

【input 関数による入力の取得】

input 関数を呼び出すと、標準入力から 1 行分の入力を読み取って、それを文字列として返す。⁵³

《 input 関数による入力の取得 》

書き方： `input(プロンプト文字列)`

input 関数を呼び出すと、「プロンプト文字列」を標準出力に表示して入力を待つ。1 行分の入力と改行入力 `Enter` により、その 1 行の内容が文字列として返される。

input 関数を用いたサンプルプログラム test05-1.py を次に示す。

プログラム：test05-1.py

```
1  # coding: utf-8
2
3  x = input('入力x> ')
4  y = input('入力y> ')
5  print( x+y )
```

このプログラムを実行すると、

入力 x>

と表示され、プログラムは入力を待つ。続けて実行した様子を次に示す。

実行例.

```
入力 x> 2  Enter  ← 「2」と入力
入力 y> 3  Enter  ← 「3」と入力
23         ← 出力
```

x+y の計算結果が '23' として表示されている。これは入力された値が文字列型であることによる。次にサンプルプログラム test05-2.py について考える。

プログラム：test05-2.py

```
1  # coding: utf-8
2
3  x = int( input('入力x> ') )
4  y = int( input('入力y> ') )
5  print( x+y )
```

⁵³ getpass モジュールを使用すると、パスワード用の秘匿入力ができる。その場合は、「from getpass import getpass」としてモジュールを読み込んで、getpass(プロンプト文字列) として入力取得する。

これは、input 関数の戻り値を int 関数によって整数型に変換している例である。このプログラムを実行した例を次に示す。

実行例.

```
入力 x> 2  [Enter]    ← 「2」と入力
入力 y> 3  [Enter]    ← 「3」と入力
5          ←出力
```

x+y の計算結果が 5 として表示されている。

2.6.2.1 sys モジュールによる標準入力の扱い

input 関数による方法とは別に、sys モジュールを用いて標準入力から入力することもできる。

《 sys.stdin 》

オブジェクト sys.stdin は標準入力を示すオブジェクトである。このオブジェクトに対して read や readline などのメソッドを使用して入力を取得することができる。

標準入力からの入力： sys.stdin.readline()

標準入力から 1 行分の入力を取得する。入力処理が正常に終了すると、取得したデータを文字列型のデータとして返す。

sys の使用に先立って、sys モジュールを読み込んでおく必要がある。

input 関数で入力する場合と異なり、この方法による入力では行末の改行コードも取得したデータに含まれる。(次の例を参照)

例. sys.stdin からの入力

```
>>> import sys  [Enter]    ← sys モジュールの読み込み
>>> s = sys.stdin.readline() [Enter]    ←入力を開始
abcde [Enter]      ← 1 行分のデータを入力
>>> s [Enter]      ←戻り値の確認
'abcde\n'          ←行末の改行コードも含まれている
```

■ sys.stdin のエンコーディング設定

io モジュールを使用することで、sys.stdin から文字列を入力する際のエンコーディングを設定（文字コードを指定）することができる。

例. sys.stdin のエンコーディングを utf-8 にする

```
import sys, io          # モジュールの読み込み
sys.stdin = io.TextIOWrapper( sys.stdin.buffer, encoding='utf-8' )
```

このように、io モジュールの TextIOWrapper オブジェクトを sys.stdin に設定する。この際、キーワード引数 'encoding=' に文字コードを指定する。

2.6.3 ファイルからの入力

ファイルからデータを読み込むにはファイルオブジェクトを使用する。ファイルオブジェクトはディスク上のファイルを示すものである。すなわち、ファイルからの入りに先立って open 関数を使用してファイルを開き、そのファイルに対応するファイルオブジェクトを生成しておく。以後はそのファイルオブジェクトからファイルのデータ（中身）を取得することになる。

《 ファイルのオープン 》

open 関数を使用してファイルを開く

書き方： open(パス, モード)

「パス」は開く対象のファイルのパスを表す文字列型オブジェクトである。「モード」はファイルの開き方に関する設定であり、入力用か出力用か、あるいはテキスト形式かバイナリ形式かの指定をするための文字列型オブジェクトである。ファイルのオープンが成功すると、そのファイルのファイルオブジェクトを返す。

モード：

r: 読取り用（入力用）にファイルを開く	w: 書き込み用（出力）にファイルを開く
a: 追記用（出力用）にファイルを開く	r+: 入出力両用にファイルを開く、

ファイルは通常はテキスト形式として開かれるが、上記モードに **b** を書き加えるとバイナリ形式の扱いとなる。バイナリデータは Python 処理系では **バイト列** として扱われる。バイト列の扱いについては「2.6.3.2 バイト列の扱い」(p.82) で説明する。

2.6.3.1 扱うファイルの文字コード、改行コードの指定

テキスト形式でファイルを開く場合は、対象のファイルの文字コードに注意する必要がある。Python の処理系が文字コードとして shift_jis の扱いを前提としている場合、utf-8 など他の文字コードのファイルを読み込むとエラーが発生することがある。従って、ファイルをテキスト形式で開く場合は、次の例のように **encoding** を指定して、読み込むファイルの文字コードを指定しておく安全である。

例. utf-8 のテキストファイルを開く場合

```
open(ファイル名, 'r', encoding='utf-8')
```

Python で扱える文字コードは「2.1.1 プログラム中に記述するコメント」(p.6) で説明した表 1 のものを指定する。

テキストファイルの改行コードは OS 毎に異なることがあり、Windows 環境では **CR**+**LF** (0x0D, 0x0A) が、Unix 系 (Linux, macOS など) では **LF** が標準的である。この違いはテキストファイルの出力時に問題を起こすことがあるので注意が必要である。後に説明するファイル出力においては、open 関数にキーワード引数 **'newline=改行コード'** を与えると安全である。この場合の「改行コード」には

None, '', \n, \r, \r\n

といったものが指定できる。この際、None (デフォルト値) を指定すると、当該 OS の標準的な改行コード⁵⁴ となり、空文字列 '' を指定すると \n となる。

ファイルからのデータ入力の例：

テキストファイルから 1 行ずつデータを取り出すプログラム test06-1.py を例示する。

プログラム：test06-1.py

```
1 # coding: utf-8
2
3 f = open('test06-1.txt', 'r')
4
5 while True:
6     s = f.readline()
7     if s:
8         print(s)
9     else:
10        break
11
12 f.close()
```

⁵⁴os モジュールの os.linesep に設定されている。

基本的な考え方：

このプログラムはテキストファイル test06-1.txt を開き、それをファイルオブジェクト f としている。このファイルオブジェクトに対して readline⁵⁵ メソッドを使用してデータを 1 行ずつ取り出して変数 s に与え、それを print 関数で表示している。ファイルの内容を全て読み終わると、次回 readline 実行時にデータが得られない⁵⁶ ので、break により while を終了する。

テキストファイル：test06-1.txt

```
1 1行目
2 2行目
3 3行目
```

プログラム test06-1.py を実行すると次のように表示⁵⁷ される。

```
1 行目
2 行目
3 行目
```

この実行例では余分に改行された形で表示されている。これは、readline が改行コード⁵⁸ も含めて取得するため、変数 s にセットされる文字列オブジェクトの末尾にも改行コードが含まれるからである。

文字列オブジェクトの行末の改行コードを削除するには rstrip メソッド⁵⁹ を使用する。

《 改行コードの削除 》

書き方： 対象文字列.rstrip()

「対象文字列」の末尾にある改行コードを削除する。

rstrip メソッドを用いた形に修正したプログラム test06-2.py を示す。

プログラム：test06-2.py

```
1 # coding: utf-8
2
3 f = open('test06-1.txt', 'r')
4
5 while True:
6     s = f.readline().rstrip()
7     if s:
8         print(s)
9     else:
10         break
11
12 f.close()
```

このプログラムを実行すると次のように表示される。

```
1 行目
2 行目
3 行目
```

ファイルからの読み込みが終われば、そのファイルを閉じる。

⁵⁵readline メソッドは、開かれているファイルのモードによって返す値の型が異なり、テキストモードで開いているときは文字列型で、バイナリモードで開いているときはバイト列（「2.6.3.2 バイト列の扱い」（p.82）参照）で返す。

⁵⁶変数 s に None（ヌルオブジェクト）がセットされる。

⁵⁷この時に不可解な文字列が表示されることがあるが、対処法については後で説明する。

⁵⁸バイトデータとしての実際のコードは OS 毎に異なる。例. macOS: `\r`, Windows: `\r\n`, Linux: `\n`
使用している処理系の改行コードは os モジュールの `os.linesep` に設定されている。

⁵⁹rstrip メソッドは、対象文字列の改行文字だけでなく、右端の余分な空白文字も削除する。これと類似のものに lstrip メソッドも存在し、これは文字列の左端の余分な空白文字を削除する。

《 ファイルのクローズ 》

書き方： ファイルオブジェクト.close()

開かれている「ファイルオブジェクト」を閉じる。

テキスト読み込みに伴う文字コードの不具合について：

テキスト形式の入力データの文字コードによっては、入力処理において問題を起こす場合がある。(次の実行例)

```
1 隣檜岬
2 隣檜岬
3 隣檜岬
```

ファイルのデータをテキスト形式として扱うと、文字コードに応じた処理が自動的に施されるが、それが適切に働かない場合にはこのような現象⁶⁰ が起こることがある。

解決策としては、先に述べたように open 関数にキーワード引数 'encoding=' を与えるのが基本的であるが、別の方法として、テキストファイルの読み込みにおいてもバイナリ形式でファイルを扱うということが挙げられる。バイナリ形式としてファイルからデータを入力すると、それらはデータ型とは無関係な**バイト列**とみなされる。(p.82「2.6.3.2 バイト列の扱い」参照)

バイト列として得られたデータを、プログラム側で明に各種のデータ型の値に変換することでより安全な処理が実現できる。すなわち、バイト列として得られたデータを、正しい文字コードの扱いを指定した上で文字列型のオブジェクトに変換するということが可能である。

次のプログラム test06-3.py について考える。

プログラム：test06-3.py

```
1 # coding: utf-8
2
3 f = open('test06-1.txt', 'rb')
4
5 while True:
6     s = f.readline().rstrip().decode('utf-8')
7     if s:
8         print(s)
9     else:
10        break
11
12 f.close()
```

このプログラムの6行目の部分に見られる decode メソッドは、バイト列のデータに対するメソッドであり、引数に指定した文字コードに変換して、結果を文字列型のオブジェクトとして返す。

このような形でファイルからデータを入力すると、多バイト系の文字も正しく処理される。

2.6.3.2 バイト列の扱い

バイト列は文字列型や数値型とは異なるオブジェクトであり、ファイル入出力や通信に用いる際の基本的なオブジェクトである。これは、テキスト形式ではないいわゆる**バイナリデータ**を扱う場合に用いられるデータ型である。バイト列のデータ型は bytes である。

コンピュータで扱うデータは、記憶資源上の実体としては（メモリに格納される実体としては）数値、文字列に限らず全てバイト列であり、処理系が扱う際には、それらバイト列を数値や文字列といった目的の型に解釈して処理を行う。例えば文字列型オブジェクトを用いると、多バイト系文字列も次の例のように正しく表示することができる。

⁶⁰いわゆる「文字化け」

例. 多バイト文字列（日本語）の扱い

```
>>> a = '日本語'  Enter    ←日本語文字列の作成
>>> a  Enter          ←内容の確認
'日本語'              ←正しく表示されている
```

これは Python 処理系が多バイト系文字列データの文字コード体系を正しく解釈して処理しているからであるが、この文字列はバイト列としては（記憶資源上の内部表現としては）、

```
e6 97 a5 e6 9c ac e8 aa 9e    (16 進数表現)
```

というバイト値⁶¹の列であり、ファイルとして保存する場合もディスクにはこのようなバイト値の並びとして記録されている。すなわち、Python を始めとする処理系は日本語など多バイト文字をディスプレイに表示する際、正しい記号として表示するように処理系内部で制御をしている。

【バイト列に関すること】

Python では、通信やファイル入出力において各種のオブジェクトの内容を実際のデバイスとやりとりする際に、それらをバイト列として扱っている。デバイスに出力する際にはデータをバイト列に変換して出力し、デバイスから入力する際にはバイト列として入力した後に適切なデータ型に変換する。

上の例で扱った日本語の文字列型オブジェクトも明にバイト列に変換することができる。（次の例参照）

例. 文字列をバイト列に変換する（先の例の続き）

```
>>> b = a.encode('utf-8')  Enter    ←バイト列に変換
>>> b  Enter                ←内容の確認
b'\xe6\x97\xa5\xe6\x9c\xac\xe8\xaa\x9e'    ←バイト列データ
```

このように encode メソッドを使用することで、文字列型オブジェクトをバイト列に変換することができる。encode メソッドの引数には、元の文字列の文字コード体系を与える。

バイト列として表現されている多バイト文字列のデータを文字列型に変換するには、そのバイト列に対して decode メソッドを用いる。

例. バイト列を文字列に変換する

```
>>> b = b'\xe6\x96\x87\xe5\xad\x97'  Enter    ←バイト列
>>> b.decode('utf-8')  Enter    ←それを utf-8 の文字列に変換
'文字'    ←変換結果
```

《 バイト列⇄多バイト系文字列の変換 》

- ・ バイト列⇒文字列の変換： 対象バイト列.decode(文字コード) 戻り値は文字列型オブジェクト
- ・ 文字列⇒バイト列の変換： 対象文字列.encode(文字コード) 戻り値はバイト列

応用：

encode, decode メソッドを組み合わせることで「文字列→バイト列→文字列」と変換することで、多バイト系文字のコード体系の変換が実現できる。

参考：文字コードを指定してバイト列を文字列に変換するには str を使う方法もある。

書き方： str(バイト列, 文字コード)

例. バイト列を文字列に変換する：その2（先の例の続き）

```
>>> str( b, 'utf-8' )  Enter    ← utf-8 の文字列に変換
'文字'    ←変換結果（decode メソッドと同じ結果）
```

⁶¹0～255 の整数値（16 進数では 00～ff）

■ バイト列の作成方法

bytes コンストラクタでバイト列を作成する方法について説明する。

書き方: `bytes(整数値のリスト)`

「整数値のリスト」⁶² の要素は 0~255 の整数である。

例. 整数値のリストをバイト列に変換する

```
>>> b = bytes( [230,150,135,229,173,151] )  Enter    ← 整数のリストをバイト列に変換
>>> b  Enter    ← 内容確認
b'\xe6\x96\x87\xe5\xad\x97'    ← バイト列
>>> b.decode('utf-8')  Enter    ← 文字列に変換
'文字'    ← 変換結果
```

次のような書き方で文字列をバイト列に変換することもできる。

書き方: `bytes(文字列, 文字コード)`

「文字列」を「文字コード」に従ってバイト列に変換する。これは `encode` メソッドと同じ結果となる。

例. 文字列をバイト列に変換する

```
>>> bytes( '日本語', 'utf-8' )  Enter    ← 文字列をバイト列に変換
b'\xe6\x97\xa5\xe6\x9c\xac\xe8\xaa\x9e'    ← 変換結果
```

注意) byte 型のデータは作成後に変更することができない。(イミュータブルである) ミュータブル(変更可能)なバイト列に関しては「4.11 編集可能なバイト列: bytearray」(p.209)で解説する。

2.6.3.3 バイト列のコード体系を調べる方法

ファイルや通信デバイスから入力されたバイトデータを多バイト系文字列として解釈する場合に、それを表現するための文字コード体系が分からないことがある。そのような場合は、`chardet`⁶³ ライブラリを用いてかなり正確にコード体系を識別することができる。

例. `chardet` ライブラリによる文字コード体系の識別

```
>>> import chardet  Enter    ← ライブラリの読み込み
>>> s = '私はPython'  Enter    ← 文字列の設定
>>> b = s.encode('utf-8')  Enter    ← バイト列への変換
>>> d = chardet.detect(b)  Enter    ← コード体系の識別処理
>>> print( d['encoding'] )  Enter    ← 結果を調べる
utf-8    ← utf-8 であることがわかる。
```

このように `detect` 関数の引数に調べたいバイト列を与えると、識別結果が辞書オブジェクトとして返される。結果の辞書オブジェクトのキー `'encoding'` に対する値として、コード名が得られる。

2.6.3.4 指定したバイト数だけ読み込む方法

バイナリファイルとして開いているファイル `f` から指定したバイト数だけ読み込むには `read` メソッドの引数にバイト数を整数で与える。

例. バイナリファイル `f` から 256 バイト読み込む

```
b = f.read(256)
```

この例では、`f` から読み取った 256 バイト分のデータが `b` に格納される。

⁶² リストに限らずイテラブルであれば良い。

⁶³ 詳しくはインターネットサイト <https://chardet.readthedocs.io/> を参照のこと。PSF 版 Python におけるインストール方法に関しては「A.4 PIP によるライブラリ管理」を参照のこと。Anaconda の場合は、Anaconda Navigator でパッケージ管理を行う。

2.6.3.5 ファイルの内容を一度で読み込む方法

入力用のファイルオブジェクトに対して read メソッドを実行すると、ファイルの内容を全て読み込むことができる。

例. ファイルの内容を全て読み込む

```
f = open(ファイル名, 'r', encoding='utf-8')
text = f.read()
f.close()
```

ただし、ファイルのデータサイズが大きい場合は注意が必要であり、行単位の読み込みをする等の工夫が必要になることがある。既存のファイルのサイズを予め調べる方法については「2.6.6.3 ファイルのサイズの取得」(p.90)を参照のこと。

応用：

テキストファイルの内容を read メソッドで一度に読み込んだ後、先に解説した splitlines⁶⁴ を応用すると、テキストの各行を要素とするリストが得られる。

ファイルを開くための別の方法を「2.6.7 パス（ファイル、ディレクトリ）の扱い：その2 - pathlib モジュール」(p.92)で説明する。

2.6.3.6 ファイルをイテレータとして読み込む方法

open 関数で開いたファイルはイテレータ⁶⁵ として扱うことができる。この場合にファイルから取り出す1つの要素は、ファイルの行である。例えば、次に示すテキストファイル dat1.txt をイテレータとして読み込むことを考える。

テキストファイル：dat1.txt

1	1行目
2	2行目
3	3行目

これを読み込む例を次に示す。

例. ファイルをイテレータと見て読み込む

```
>>> f = open('dat1.txt', 'r', encoding='utf-8')  [Enter]    ←ファイルのオープン
>>> for s in f:  [Enter]    ←ファイル f をイテレータとして繰り返しを始める
...     print( s.rstrip() )  [Enter]    ←取り出した要素を表示
...  [Enter]    ←繰り返しの記述の終了
1行目    ←取り出した要素を表示
2行目    ←取り出した要素を表示
3行目    ←取り出した要素を表示
>>> f.close()  [Enter]    ←ファイルのクローズ
```

ファイル f に対して readline メソッドで行を取り出す処理に似ているが、これはあくまで「イテレータ」としての扱いである。

課題) ファイルオブジェクトをイテレータとして扱うことができることから、ファイルオブジェクト f に対して list(f) とすると何が得られるかについて考察し、その応用可能性について考えよ。

2.6.3.7 readlines メソッドによるテキストファイルの読み込み

先に説明した readline メソッドは、テキスト形式のファイルオブジェクトから内容を1行ずつ読み込む。これに対して readlines メソッドはテキストファイルの内容を全て読み込み、その各行を要素とするリストを返す。

⁶⁴p.26「splitlines メソッドによる行の分離」を参照のこと。

⁶⁵「2.5.1.6 イテレータ」(p.64) 参照のこと。

例. readlines によるテキストファイルの読み込み (先の例の続き)

```
>>> f = open('dat1.txt','r',encoding='utf-8')  Enter    ←ファイルのオープン
>>> txtL = f.readlines()  Enter    ←ファイルの内容をすべて読み込んでリストにする
>>> print(txtL)  Enter    ←得られたリストを表示
['1 行目\n', '2 行目\n', '3 行目\n']    ←リストの内容
>>> f.close()  Enter    ←ファイルのクローズ
```

得られたリストの各要素には改行コード「\n」も含まれる。

2.6.3.8 データを読み込む際のファイル中の位置について

入力用のファイルオブジェクトに対して tell メソッドを実行すると、次にデータを読み込む位置（ファイル中でのバイト位置）が得られる。

例. ファイル中の読み取り位置を調べる (先の例の続き)

```
>>> f = open('dat1.txt','r',encoding='utf-8')  Enter    ←ファイルのオープン
>>> f.tell()  Enter    ←ファイルをオープンした直後の読み取り位置を調べる
0
    ← 0 バイト目から読み取る状態
>>> f.readline().rstrip()  Enter    ← 1 行目の読み込み
'1 行目'
    ← 読み込んだ内容
>>> f.tell()  Enter    ← 次の読み取り位置を調べる
9
    ← 9 バイト目から読み取る状態
>>> f.readline().rstrip()  Enter    ← 2 行目の読み込み
'2 行目'
    ← 読み込んだ内容
>>> f.tell()  Enter    ← 次の読み取り位置を調べる
18
    ← 18 バイト目から読み取る状態
>>> f.readline().rstrip()  Enter    ← 3 行目の読み込み
'3 行目'
    ← 読み込んだ内容
>>> f.tell()  Enter    ← 最終的なファイルの位置を調べる
27
    ← 27 バイト目
>>> f.close()  Enter    ← ファイルのクローズ
```

tell メソッドは出力用のファイルオブジェクトに対して使用することもできる。その場合は「ファイル中での出力位置」が得られる。

2.6.4 ファイルへの出力

開かれたファイルに対してデータを出力することができる。ファイルのオープンとクローズについては先の「2.6.3 ファイルからの入力」のところで説明したとおりであり、ここではファイルオブジェクトに対する出力について解説する。

ファイルオブジェクトに対する出力には write メソッドを使用する。

《 write メソッド 》

書き方: ファイルオブジェクト.write(データ)

「ファイルオブジェクト」に対して「データ」を出力する。「データ」に与えるオブジェクトの型は、ファイルオブジェクトのモードによる。すなわち、ファイルオブジェクトがテキストモードのときは文字列型で、バイナリモードの場合はバイト列で与える。

このメソッドが正常に実行されると、出力したデータの長さが返される。

テキストデータ出力時の文字コード、改行コードの指定に関しては、先の「2.6.3.1 扱うファイルの文字コード、改行コードの指定」(p.80) を参照のこと。

2.6.4.1 print 関数によるファイルへの出力

print 関数もファイルへの出力の機能を持つ。

《 print 関数によるファイルへの出力 》

書き方： `print(file=ファイルオブジェクト, ...)`

キーワード引数 'file=' に出力先のファイルオブジェクトを与える。

2.6.4.2 writelines メソッドによる出力

ファイルオブジェクトに対して writelines メソッドを用いてデータを出力することができる。

《 writelines メソッドによるファイルへの出力 》

書き方： `ファイルオブジェクト.writelines(リスト)`

「リスト」の要素を連結して、「ファイルオブジェクト」が示すファイルに出力する。

write, print, writelines をそれぞれ用いてファイルに出力するサンプルプログラム writeTest03.py を次に示す。

プログラム：writeTest03.py

```
1 # coding: utf-8
2 f = open('writeTest03.txt', 'w', encoding='utf-8')
3
4 print('writeメソッドを実行する直前のファイル中でのバイト位置:', f.tell() )
5 f.write('writeメソッドによる出力\n')
6
7 print('print関数を実行する直前のファイル中でのバイト位置:', f.tell() )
8 print('print関数による出力 ', file=f)
9
10 print('writelinesメソッドを実行する直前のファイル中でのバイト位置:', f.tell() )
11 L = ['writelinesによる連続出力：1行目\n', '2行目\n', '3行目\n']
12 f.writelines(L)
13
14 print('ファイルを閉じる直前のファイル中でのバイト位置:', f.tell() )
15 f.close()
```

これを実行すると次のようなファイル writeTest03.txt ができる。

出力されたファイル：writeTest03.txt

```
1 writeメソッドによる出力
2 print関数による出力
3 writelinesによる連続出力：1行目
4 2行目
5 3行目
```

また、各出力処理の直前での出力位置（ファイル中でのバイト位置）が標準出力に出力される。（次の例）

出力例

```
writeメソッドを実行する直前のファイル中でのバイト位置: 0
print関数を実行する直前のファイル中でのバイト位置: 34
writelinesメソッドを実行する直前のファイル中でのバイト位置: 62
ファイルを閉じる直前のファイル中でのバイト位置: 123
```

2.6.5 標準エラー出力

標準出力によく似た働きを持つ**標準エラー出力**というものがある。sys モジュールの stderr に対して write メソッドを実行すると、標準出力の場合と同様にディスプレイに出力結果が表示される。次のプログラム test06-4.py の動作について考える。

プログラム：test06-4.py

```
1 # coding: utf-8
2 # モジュールの読み込み
3 import sys
4
5 for i in range(50):
6     sys.stdout.write(str(i)+' ',')
7     if i > 0 and i % 10 == 0:
8         sys.stdout.write('\n')
9         sys.stderr.write(str(i)+' まで出力しました. \n')
```

これは 0 から 49 までの整数を標準出力に出力するプログラムであるが、値が 10,20,30,40 のときに標準エラー出力に対してメッセージ「～まで出力しました」を表示するものである。(次の実行例参照)

実行例 1. Windows 環境での実行

```
C:\Users\student>py test06-4.py
0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,
10 まで出力しました.
11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,
20 まで出力しました.
21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,
30 まで出力しました.
31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,
40 まで出力しました.
41,42,43,44,45,46,47,48,49,
```

この例では、標準出力と標準エラー出力が同じ働きをしているように見える。ただし、これら 2 種類の出力はそれぞれ別のものであり、**出力先のリダイレクト**⁶⁶により、別の出力先に送り出すことができる。(次の実行例参照)

実行例 2. Windows 環境での実行

```
C:\Users\student>py test06-4.py 1> test06std.txt 2> test06err.txt
```

この処理の結果、標準出力への出力がファイル test06std.txt に、標準エラー出力への出力がファイル test06err.txt に書き込まれる。(次の例参照)

ファイル test06std.txt

```
1 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,
2 11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,
3 21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,
4 31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,
5 41,42,43,44,45,46,47,48,49,
```

ファイル test06err.txt

```
1 10 まで出力しました.
2 20 まで出力しました.
3 30 まで出力しました.
4 40 まで出力しました.
```

⁶⁶標準出力や標準入力とは通常ではディスプレイやキーボードに接続されているが、これらをファイルに接続することができる。

■ 標準エラー出力の主な用途

ターミナル系のプログラム（標準入出力を基本的な UI とするプログラム）では、エラーメッセージや各種ログの出力（プログラム実行中の報告出力）などを、主たる出力とは区別する習慣がある。そのような場合に標準エラー出力が出力先として用いられる。

ターミナル系のプログラムでは図 2 に示すように、**標準的に**出力が 2 系統、入力が 1 系統存在している。

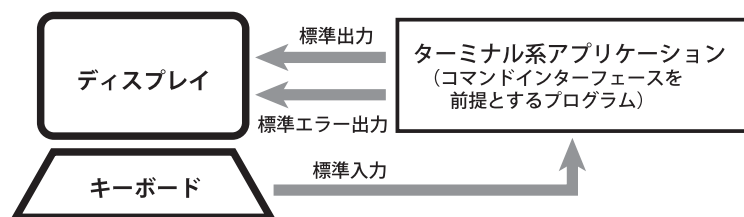


図 2: ターミナル系プログラムの入出力の概観

■ sys.stderr のエンコーディング設定

io モジュールを使用することで、sys.stderr に write メソッドで文字列を出力する際のエンコーディングを設定（文字コードを指定）することができる。

例. sys.stderr のエンコーディングを utf-8 にする

```
import sys, io
sys.stderr = io.TextIOWrapper( sys.stderr.buffer, encoding='utf-8' )
```

このように、io モジュールの TextIOWrapper オブジェクトを sys.stderr に設定する。この際、キーワード引数 'encoding=' に文字コードを指定する。

2.6.6 パス（ファイル、ディレクトリ）の扱い：その 1 - os モジュール

ここではパス（ファイル、ディレクトリ）に対する各種の操作について説明する。パスに対する操作をするには os モジュールを使用するので、次のようにして読み込んでおく。

```
import os
```

2.6.6.1 カレントディレクトリに関する操作

相対パスを指定してファイルの入出力を行う場合は**カレントディレクトリ**を基準とする。Python のプログラム実行時には、処理系を起動した際のディレクトリがカレントディレクトリとなるが、プログラムの実行時にこれを変更することができる。

【カレントディレクトリの取得】

os モジュールの getcwd メソッドを使用する。

実行例.

```
>>> import os  [Enter]    ←モジュールの読み込み
>>> os.getcwd() [Enter]   ←カレントディレクトリを調べる
'C:\¥¥Users¥¥katsu'      ←カレントディレクトリ
```

結果は文字列の形式で得られる。これは Windows における実行例であり、「¥」はエスケープされて「¥¥」となる。

【カレントディレクトリの変更】

os モジュールの `chdir` メソッドを使用する。

実行例. (先の続き)

```
>>> os.chdir('.')  ←カレントディレクトリを変更 (1つ上へ)
>>> os.getcwd()  ←カレントディレクトリを調べる
'C:\¥¥Users' ←カレントディレクトリが変更されている
```

2.6.6.2 ディレクトリ内容の一覧

os モジュールの `listdir` メソッドを使用する。

実行例. (先の続き)

```
>>> os.listdir()  ←内容リストの取得
['file1.txt', 'a.exe', ... ] ←実行結果
```

結果はリストの形式で得られる。この例の様に、`listdir` メソッドの引数を省略するとカレントディレクトリの内容の一覧が得られるが、キーワード引数 `path='パス'` に対象のパス（ディレクトリ）を指定することもできる。⁶⁷

2.6.6.3 ファイルのサイズの取得

`os.path.getsize` 関数で、既存のファイルのサイズを取得することができる。この関数の引数には、調査対象のファイルのパスを与える。

実行例.

```
>>> import os  ←モジュールの読み込み
>>> os.path.getsize('file1.txt')  ←ファイル'file1.txt'のサイズの取得
31 ← 31 バイト
```

2.6.6.4 ファイル、ディレクトリの検査

指定したパス `p` が存在するかどうかを検査するには `os.path.exists(p)` を実行する。

例. パスの存在検査

```
>>> os.path.exists('file.txt')  ←存在するファイル file.txt の検査
True ←真 (存在する)
>>> os.path.exists('xxx')  ←存在しないファイル xxx の検査
False ←偽 (存在しない)
```

戻り値は真理値 (True / False) である。ディレクトリの存在を調べる場合も同様の方法で検査できる。

指定したパス `p` がファイルかどうかを検査するには `os.path.isfile(p)` を、ディレクトリかどうかを検査するには `os.path.isdir(p)` を実行する。どちらも戻り値は真理値である。

例. ファイル／ディレクトリの検査

```
>>> os.path.isfile('file.txt')  ←存在するパス file.txt がファイルかどうかを検査
True ←真 (ファイルである)
>>> os.path.isdir('file.txt')  ←それがディレクトリかどうかを検査すると…
False ←偽 (ディレクトリではない)
>>> os.path.isdir('.')  ←カレントディレクトリ '.' がディレクトリかどうかを検査
True ←真 (ディレクトリである)
```

⁶⁷ 第一引数に文字列として対象のディレクトリを与えてもよい。

2.6.6.5 ファイル、ディレクトリの削除

ファイルを削除するには `remove` メソッドを使用して、

```
os.remove(削除対象のファイルのパス)
```

とする。また空ディレクトリを削除するには `rmdir` メソッドを使用して、

```
os.rmdir(削除対象のディレクトリのパス)
```

とする。削除対象のディレクトリの配下にはファイルやディレクトリがあってはならない。

`os` モジュールにはこの他にも様々なメソッドが用意されている。詳しくは巻末付録「A.1 Python のインターネット サイト」(p.276)を参照のこと。

2.6.6.6 実行中のスクリプトに関する情報

グローバル変数 `__file__` には、実行中のスクリプトのファイル名の文字列が保持されている。これを `os.path.abspath` 関数の引数に与えると、そのファイルの絶対パスの文字列が得られる。パスの文字列からディレクトリの部分のみを取り出すには `os.path.dirname` 関数を使用する。

これらを応用したプログラム `selfpath01.py` を示す。

プログラム：selfpath01.py

```
1 # coding: utf-8
2 # モジュールの読み込み
3 import os
4
5 print('グローバル変数__file__ :',__file__)
6
7 p = os.path.abspath( __file__ )
8 print('絶対パス :',p)
9
10 d = os.path.dirname( p )
11 print('ディレクトリ :',d)
```

このプログラムは、自身のファイル名、自身の絶対パス、自身のディレクトリを表示するものである。実行例を次に示す。

実行例.

```
C:\Users\katsu>py selfpath01.py  Enter ←プログラムの実行開始
グローバル変数__file__ :  selfpath01.py
絶対パス :  C:\Users\katsu\selfpath01.py
ディレクトリ :  C:\Users\katsu
```

2.6.6.7 パスの表現に関すること

ファイルのパスを表現する文字列を分解、あるいは合成する方法について説明する。

例. パス文字列の分解 (`os` モジュールは読み込み済みとする)

```
>>> p = '/home/katsu/python/prog1.py'  Enter ←パス文字列の作成
>>> b = os.path.basename( p )  Enter ←右端の要素を取り出す
>>> b  Enter ←内容確認
'prog1.py' ←ファイル名が得られた
>>> d = os.path.dirname( p )  Enter ←右端の要素を除外したものを取り出す
>>> d  Enter ←内容確認
'/home/katsu/python' ←ディレクトリ名が得られた
```

この例では変数 `p` にパス文字列を作成し、それを `basename` 関数、`dirname` 関数で分解している。`basename` 関数はパス文字列の右端の要素を、`dirname` 関数は右端の要素を除外したものを返す。またこの例では、パス文字列中のディレ

クトリの区切りの文字としてスラッシュ「/」を用いているが、Windows 環境ではディレクトリの区切り文字は「¥」が基本⁶⁸である。

basename, dirname 関数と同様のことが os.path.split 関数でも可能である。

例. split 関数によるパス文字列の分解（先の例の続き）

```
>>> os.path.split( p ) Enter    ←パス文字列の分解
('/home/katsu/python', 'prog1.py')    ←戻り値
```

split 関数は分解結果をタプルにして返す。

ファイル名などの文字列が拡張子を持つ場合、splitext 関数で拡張子とそれ以外の部分に分解することができる。

例. 拡張子を持つ文字列の分解（先の例の続き）

```
>>> os.path.splitext( b ) Enter    ←ファイル名の分解
('prog1', '.py')    ←分解結果のタプル
```

パス文字列を連結するには os.path.join 関数を使用する。ただしこの場合は、ディレクトリの区切り文字に注意する必要がある。

例. Windows 環境でのパス文字列の連結：その 1（先の例の続き）

```
>>> os.path.join( d, b ) Enter    ←パス文字列を連結する試み
'/home/katsu/python¥¥prog1.py'    ←得られたパス文字列の区切り文字が適切でない
```

Windows 環境ではディレクトリの区切り文字が「¥」であるのでこのような結果となる。使用しているシステムでのディレクトリの区切り文字は os.sep を参照⁶⁹して確認できる。

例. Windows 環境でのディレクトリの区切り文字の確認（先の例の続き）

```
>>> os.sep Enter    ←確認
'¥¥¥'    ←「¥」が区切り文字であることがわかる
```

Windows 環境での正しい実行例を次に示す。

例. 'C:¥Users¥katsu' と 'programing¥python' を連結する

```
>>> p = os.path.join( 'C:¥¥Users¥¥katsu', 'programing¥¥python' ) Enter    ←パスの連結
>>> print( p ) Enter    ←内容確認
C:¥Users¥katsu¥programing¥python    ←結果表示
```

2.6.7 パス（ファイル、ディレクトリ）の扱い：その 2 - pathlib モジュール

Python 3.4 から標準ライブラリとして導入された pathlib は、ファイルとディレクトリを扱うための別の方法を提供する。このライブラリを使用するには次のようにして読み込む。

```
from pathlib import Path
```

2.6.7.1 パスオブジェクトの生成

ファイルシステムのパスを表す Path オブジェクトを生成する。コンストラクタの引数にはパスを文字列型で与える。

例. /Users/katsu/test01.txt を表すパスオブジェクト

```
p = Path('/Users/katsu/test01.txt')
```

この例はファイルへのパス /Users/katsu/test01.txt を表す Path オブジェクト⁷⁰を p として生成するものである。

⁶⁸Windows 環境でも多くの場合、パス文字列中にスラッシュ「/」が使える。

⁶⁹os.path.sep も同様。

⁷⁰処理を実行する OS が Windows の場合、p は WindowsPath、macOS や Linux の場合は PosixPath というタイプのオブジェクトとなる。

カレントディレクトリ、ホームディレクトリのパスを取得する方法もある。Windows 環境における実行例を次に示す。

例. カレントディレクトリを取得するクラスメソッド `Path.cwd()`

```
>>> Path.cwd()  Enter      ←カレントディレクトリの取得
WindowsPath('C:/Users/katsu/Python')    ←カレントディレクトリ
```

例. ホームディレクトリを取得するクラスメソッド `Path.home()`

```
>>> Path.home()  Enter      ←ホームディレクトリの取得
WindowsPath('C:/Users/katsu')    ←ホームディレクトリ
```

これらのメソッドは `Path` クラスの **クラスメソッド**（後述）である。

2.6.7.2 パスの存在の検査

パスオブジェクトに対して `exists` メソッドを使用することで、そのパスが存在するかどうかを調べることができる。（`exists` の引数は空にする）そのパスが存在する場合は `True` を、存在しない場合は `False` を返す。

2.6.7.3 ファイル、ディレクトリの検査

パスオブジェクト `p` がファイルかディレクトリかを調べるには、例えば次のようにして `is_file`, `is_dir` メソッドを使用する。

<code>p.is_file()</code>	<code>p</code> がファイルの場合に <code>True</code> を、それ以外の場合に <code>False</code> を返す。
<code>p.is_dir()</code>	<code>p</code> がディレクトリの場合に <code>True</code> を、それ以外の場合に <code>False</code> を返す。

2.6.7.4 ディレクトリの要素を取得する

パスオブジェクト `p` がディレクトリの場合、`glob` メソッド⁷¹ を使用して、配下の要素（ファイル、サブディレクトリ）を取得することができる。`glob` メソッドの引数にはワイルドカード（表 16）を含む **パターン** を文字列型で与える。

表 16: 重要なワイルドカード（一部）

記号	意味	記号	意味
<code>*</code>	任意の長さの任意の文字列	<code>?</code>	任意の 1 文字

例えば、

```
plst = list( p.glob('*') )
```

とすると、ディレクトリ `p` の配下の要素のリスト `plst` が得られる。また、

```
plst = list( p.glob('*.jpg') )
```

とすると、ファイル名の末尾が `‘.jpg’` であるような要素をディレクトリ `p` の配下から探す。

`glob` メソッドの戻り値は `Path` オブジェクトの `generator`⁷² である。

2.6.7.5 ディレクトリ名、ファイル名、拡張子の取り出し

`Path` オブジェクトのプロパティには表 17 のようなものがある。

表 17: `Path` オブジェクトのプロパティ（一部）

プロパティ	説明
<code>.name</code>	<code>Path</code> オブジェクトの末尾の名前（文字列型）
<code>.suffix</code>	<code>Path</code> オブジェクトの拡張子（文字列型）
<code>.parent</code>	<code>Path</code> オブジェクトのディレクトリ部分（ <code>Path</code> オブジェクト）

⁷¹同様のメソッドが使える `glob` モジュールも存在するが、`pathlib` モジュールの方が便利である。

⁷²p.193「4.5 ジェネレータ」で説明する。

例. Path オブジェクトのプロパティ (Windows での例)

```
>>> from pathlib import Path Enter    ←モジュールの読み込み
>>> p = Path('C:\\Users\\katsu\\a.exe') Enter    ← Path オブジェクトの生成
>>> p.name Enter    ←ファイル名の取得
'a.exe'    ←ファイル名の部分
>>> p.suffix Enter    ←拡張子の取得
'.exe'     ←拡張子の部分
>>> p.parent Enter    ←上位ディレクトリ名の取得
WindowsPath('C:/Users/katsu')    ←上位ディレクトリ (Path オブジェクト)
```

2.6.7.6 パスの連結

パスオブジェクトに対して二項演算子 `/` を使用することで、パスの連結ができる。例えば、`p = Path('/Users')` に対して `p / 'katsu'` と記述すると、それは `'/Users/katsu'` を意味するパスオブジェクトとなる。

2.6.7.7 ファイルシステム毎のパスの表現

`pathlib` では基本的なパスのクラスとして `Path` を使用するが、Python 処理系を実行する OS によってパスのオブジェクトの表現が異なる。次に示すのは Apple 社の macOS における実行例である。

例. macOS 上の Python3 での `Path.home()` の実行

```
>>> Path.home() Enter    ←ホームディレクトリの取得
PosixPath('/Users/katsu')    ←ホームディレクトリ
```

パスオブジェクトは Windows 環境下では `WindowsPath` クラス、macOS などの UNIX 系 OS の環境下では `PosixPath` クラスのオブジェクトとして扱われる。

2.6.7.8 URI への変換

パスオブジェクトに `as_uri` メソッドを実行すると URI (Uniform Resource Identifier) ⁷³ 形式の文字列が得られる。

例. パスオブジェクトを示す URI の取得

```
>>> p = Path.home() Enter    ← p にホームディレクトリのパスを取得
>>> p.as_uri() Enter    ← p を URI に変換
'file:///C:/Users/katsu'    ←得られた URI
```

2.6.7.9 ファイルのオープン

パスオブジェクトに対して `open` メソッドを使用してファイルを開くことができる。このとき `open` メソッドの引数にモードや文字コードを与える。例えば、パスオブジェクト `p` を文字コードが `utf-8` のテキスト形式として読取り用に開くには次のようにする。

```
f = p.open('r', encoding='utf-8')
```

処理の結果、ファイルオブジェクト `f` が返される。

2.6.7.10 ファイル入出力

`pathlib` はファイル入出力のための簡便な方法を提供する。(`pathlib` はパスの扱いやファイル入出力に関する一連の機能を提供する) ⁷⁴

テキストファイルのパスを表す `Path` オブジェクトに対して `read_text` メソッドを実行することで、そのファイルの内容を全て読み取って文字列として返す。

書き方: `Path` オブジェクト.`read_text`(`encoding`=文字コード体系)

この処理の前後にオープンやクローズの処理は必要ない。

⁷³RFC 3986

⁷⁴ここで説明する機能は Python3.5 以降で有効である。

例. Path オブジェクトが示すテキストファイルから内容を読み込む

```
>>> p = Path('./dat1.txt')  Enter    ←テキストファイルのパス
>>> txt = p.read_text( encoding='utf-8' )  Enter    ←内容の読み込み
>>> print( txt )  Enter    ←内容確認
1 行目    ←内容表示
2 行目
3 行目
```

この例では、カレントディレクトリにあるテキストファイル 'dat1.txt' の内容を全て読み取り、それを txt に与えている。

Path オブジェクトに対して write_text メソッドを実行することで、それが示すファイルに文字列を出力することができる。

書き方： Path オブジェクト.write_text(文字列, encoding=文字コード体系)

この処理の前後にオープンやクローズの処理は必要ない。処理の後、出力した文字数を返す。

例. Path オブジェクトが示すファイルに文字列を出力する（先の例の続き）

```
>>> p2 = Path('./dat2.txt')  Enter    ←出力先のパス
>>> p2.write_text( txt, encoding='utf-8' )  Enter    ←文字列の出力
12      ←出力した文字数が返される
```

この例では、文字列 txt をファイル 'dat2.txt' に出力している。

ファイルのパスを表す Path オブジェクトに対して read_bytes メソッドを実行することで、そのファイルの内容を全て読み取ってバイト列として返す。

書き方： Path オブジェクト.read_bytes()

この処理の前後にオープンやクローズの処理は必要ない。これはバイナリデータをファイルから読み込む手段となる。

例. Path オブジェクトが示すファイルから内容をバイナリデータとして読み込む（先の例の続き）

```
>>> buf = p.read_bytes()  Enter    ←内容の読み込み（バイナリデータ）
>>> txt2 = buf.decode('utf-8')  Enter    ←それをテキスト形式（文字列）に変換
>>> print( txt2 )  Enter    ←内容確認
1 行目    ←内容表示
2 行目
3 行目
```

この例では、先の例で作成した Path オブジェクトからバイナリデータとして内容を読み込んでいる。読み込んだ内容はバイト列として buf に得られている。

Path オブジェクトに対して write_bytes メソッドを実行することで、それが示すファイルにバイト列を出力することができる。

書き方： Path オブジェクト.write_bytes(バイト列)

この処理の前後にオープンやクローズの処理は必要ない。処理の後、出力したバイト数を返す。これはバイナリデータをファイルに出力する手段となる。

例. Path オブジェクトが示すファイルにバイト列を出力する（先の例の続き）

```
>>> p3 = Path('./dat3.txt')  Enter    ←出力先のパス
>>> p3.write_bytes( buf )  Enter    ←バイト列の出力
27      ←出力したバイト数が返される
```

この例では、先の例で得たバイト列 buf をファイル 'dat3.txt' に出力している。

2.6.7.11 ディレクトリの作成

Path オブジェクトに対して `mkdir` メソッドを実行することで、それが示すディレクトリを作成することができる。

書き方：Path オブジェクト.`mkdir()`

例. ディレクトリの作成（先の例の続き）

```
>>> p4 = Path('./dir01')  Enter    ←作成するディレクトリのパス
>>> p4.mkdir()           Enter    ←ディレクトリの作成
```

この例では、ディレクトリ 'dir01' を作成している。

2.6.7.12 ファイル、ディレクトリの削除

Path オブジェクトに対して `unlink` メソッドを実行すると、それが示すファイルを削除することができる。

書き方：Path オブジェクト.`unlink()`

戻り値は無い。(None)

例. ファイルの削除（先の例の続き）

```
>>> p2.unlink()  Enter    ← Path オブジェクト p2 が示すファイルを削除
>>> p3.unlink()  Enter    ← Path オブジェクト p3 が示すファイルを削除
```

Path オブジェクトに対して `rmdir` メソッドを実行すると、それが示すディレクトリを削除することができる。

書き方：Path オブジェクト.`rmdir()`

戻り値は無い。(None)

例. ディレクトリの削除（先の例の続き）

```
>>> p4.rmdir()  Enter    ← Path オブジェクト p4 が示すディレクトリを削除
```

付録「G.3 pathlib の応用例」(p.329) に `pathlib` を応用したサンプルプログラムを掲載する。

2.6.8 コマンド引数の取得

ソースプログラムを Python 処理系（インタプリタ）にスクリプトとして与えて実行を開始する際、起動時に与えたコマンド引数を取得するには `sys` モジュールのプロパティ `argv` を参照する。次のプログラム `test17.py` の実行を例にして説明する。

プログラム：test17.py

```
1  # coding: utf-8
2
3  # 必要なモジュールの読み込み
4  import sys
5
6  # コマンド引数の取得
7  print('args>', sys.argv)
```

このプログラムは、起動時のコマンド引数の列をリストにして表示するものであり、実行すると次のように表示される。

```
py test17.py 1 2 3 a b  Enter    ← OS のコマンドラインから起動
args> ['test17.py', '1', '2', '3', 'a', 'b'] ←与えた引数が得られる
```

このように、ソースプログラム名から始まる引数が文字列のリストとして得られることがわかる。コマンド引数からプログラムに数値を与える場合は、文字列として得られた引数を、`int` 関数 や `float` 関数を用いて適切な型に変換すると良い。

Python で実用的なコマンドツールを作成する際には、コマンド起動時に与えられた引数を解析するための更に高度な機能が求められることがある。それに関しては後の「4.23 コマンド引数の扱い：argparse モジュール」(p.239) で解説する。

2.6.9 入出力処理の際に注意すること

実際のシステムにおける入出力処理の際には、エラー（例外）が発生することがある。例えば、ファイルのオープンや読み込み、書き出しの際に、その処理が実行できない状況が発生しうる。具体的な例外事象としては、存在しないファイルを読み込み用にオープンしようとしたり、アクセス権限の無いシステム資源に対して入出力を試みたりと枚挙にいとまがない。従って、実用的なアプリケーションプログラムを作るにあたっては、発生しうる例外事象を十分に想定して対応策の処理⁷⁵を行う形で実装しなければならない。

Python では、with 構文を用いた記述が可能であり、ファイルのオープンとクローズや例外処理のハンドリングを簡潔に記述することができる。これに関しては「4.17 with 構文」(p.222)で説明する。

2.6.10 CSV ファイルの取り扱い：csv モジュール

表形式のデータを表現するものに CSV 形式のデータフォーマット⁷⁶があり、多くのアプリケーションソフトウェア⁷⁷においてこの形式のデータを取り扱うことができ、異なるアプリケーション間での表形式データの交換に広く用いられている。

CSV 形式では値をコンマ「,」で区切って表現し、そのようなデータ並びで行（レコード）を構成する。また、CSV 形式のデータファイルはそのような複数の行から構成される。

Python 言語ではリストに対する join メソッドを応用することで CSV 形式のデータ（文字列）を構成することができ、逆に、文字列に対する split メソッドを応用することで CSV の各値を分離することができるが、ファイル入出力の目的で CSV データをより簡便な形で取り扱うために csv モジュールが標準的に提供されており、これを利用することができる。csv モジュールを利用するには

```
import csv
```

として Python 処理系に読み込み、「csv.」の接頭辞を付けて各種の機能呼び出す。

2.6.10.1 CSV ファイルの出力

ここでは、CSV データのファイルへの出力に関して例を挙げて説明する。まず次のような処理によってサンプルデータをリストの形で作成する。

例. サンプルデータ（リスト）の作成

```
>>> tbl = [[x+y for y in range(1,5)] for x in range(10,40,10)] Enter ←サンプルデータの作成
>>> for r in tbl: print( r ) Enter ←内容確認（繰り返し処理）
... Enter ←繰り返し処理の記述の終了
[11, 12, 13, 14] ← 3 行 4 列の表がリストの形式で tbl に得られている
[21, 22, 23, 24]
[31, 32, 33, 34]
```

この例で得られたデータ tbl を CSV 形式ファイルに出力するには for などによる反復制御で tbl の各要素を出力しても良いが、csv モジュールを利用することでその処理が簡略化される。

【CSV ファイルの出力の手順】

1. open 関数で出力対象ファイルのファイルオブジェクトを作成する。
2. 上で作成したファイルオブジェクトから writer オブジェクトを作成する。
3. 上で作成した writer オブジェクトに対して writerow メソッドもしくは writerows メソッドを用いて CSV データを出力する。
4. 出力処理が終われば、1 で作成したファイルオブジェクトに対して close メソッドを実行してファイルを閉じる。

⁷⁵ 「2.4.1.5 例外処理」(p.41) 参照のこと。

⁷⁶ RFC4180 として標準化されている。

⁷⁷ Microsoft 社の Excel などが有名。

この手順に従って、先に作成したリスト `tbl` の内容を出力する例を示す。

例. `writerow` による CSV ファイルの出力（先の例の続き）

```
>>> import csv  [Enter]    ←モジュールの読み込み
>>> f = open('csvTest01.csv','w',newline='')  [Enter]  ←出力ファイルのオープン78
>>> cw = csv.writer(f)  [Enter]    ← writer オブジェクトの作成
>>> for r in tbl:  [Enter]    ←繰り返し処理によって
...     b = cw.writerow(r)  [Enter]    ← CSV を1行ずつ出力する
...  [Enter]    ←繰り返しの記述の終了
>>> f.close()  [Enter]    ←出力ファイルのクローズ
```

この例では `writerow` メソッドで CSV データを1行ずつ出力している。

書き方: `writer オブジェクト.writerow(リスト)`

1次元の「リスト」の内容を「writer オブジェクト」を通して CSV 形式で1行出力する。`writerow` メソッドの内部では、ファイルオブジェクトに対する `write` メソッドの処理を応用しており、内部で実行した `write` メソッドの戻り値を結果として返す。

例に示した処理によって次のような CSV ファイル `csvTest01.csv` が作成される。

CSV ファイル: `csvTest01.csv`

```
1 11,12,13,14
2 21,22,23,24
3 31,32,33,34
```

上の例と同様の処理は `writerows` メソッドを用いることで更に簡潔に記述できる。

例. `writerows` による CSV ファイルの出力（先の例の続き）

```
>>> f = open('csvTest01.csv','w',newline='')  [Enter]  ←出力ファイルのオープン
>>> cw = csv.writer(f)  [Enter]    ← writer オブジェクトの作成
>>> cw.writerows(tbl)  [Enter]    ← tbl の内容を一度に出力
>>> f.close()  [Enter]    ←出力ファイルのクローズ
```

この例では `writerows` メソッドで CSV データを複数行まとめて出力している。

書き方: `writer オブジェクト.writerows(リスト)`

入れ子になった2次元の「リスト」の内容を「writer オブジェクト」を通して CSV 形式で出力する。すなわち「リスト」の各要素を各行とする CSV データとして出力する。

■ 区切り文字の指定方法

CSV 形式はコンマで区切られたものであるが、別の文字を区切り文字に用いることもできる。具体的には `writer` オブジェクト生成時にキーワード引数 `'delimiter=区切り文字'` を与える。

例. 出力ファイルの区切り文字をタブ「`\t`」にする（先の例の続き）

```
>>> f = open('csvTest02.tsv','w',newline='')  [Enter]  ←出力ファイルのオープン
>>> cw = csv.writer(f,delimiter='\t')  [Enter]  ← writer オブジェクト作成: 区切り文字を指定
>>> cw.writerows(tbl)  [Enter]    ← tbl の内容を一度に出力
>>> f.close()  [Enter]    ←出力ファイルのクローズ
```

この処理によって次のような CSV ファイル `csvTest02.tsv` が作成される。

⁷⁸このように「`newline=""`」として改行コードを指定すると安全である。

CSV ファイル：csvTest02.tsv

1	11	12	13	14
2	21	22	23	24
3	31	32	33	34

■ 辞書オブジェクトを CSV ファイルに出力する方法

DictWriter オブジェクトを用いることで、辞書オブジェクトを CSV データとして出力することができる。次のようにして作成した辞書オブジェクトを CSV データとして出力する例を示す。

例. サンプルの辞書オブジェクトの作成（先の例の続き）

```
>>> d = { 'col1':1, 'col2':2, 'col3':3, 'col4':4, 'col5':5 }  ←辞書オブジェクト作成
>>> d  ←内容確認
{'col1': 1, 'col2': 2, 'col3': 3, 'col4': 4, 'col5': 5}
```

DictWriter による出力では、出力対象の CSV ファイルの各列は**フィールド名**（カラム名）を持つ。そして、出力する辞書オブジェクトの各キーを CSV のフィールドに対応させる。次に、実際に辞書オブジェクトを CSV ファイルに出力する例を示す。

例. 辞書オブジェクトを CSV データとして出力する（先の例の続き）

```
>>> f = open('csvTest03.csv','w',newline='')  ←出力ファイルのオープン
>>> cn = ['col5','col3','col1']  ← CSV 用の見出し（フィールド）の定義
>>> dw = csv.DictWriter( f, fieldnames=cn, extrasaction='ignore' )  ← DictWriter 作成
>>> dw.writeheader()  ←見出し行の出力
16  ←上記処理の戻り値
>>> b = dw.writerow( d )  ←辞書 d を CSV データの 1 つの行として出力
>>> f.close()  ←出力ファイルのクローズ
```

辞書オブジェクト d は 'col1'～'col5' の 5 つのエントリを持つが、この例では 'col1', 'col3', 'col5' の 3 つのエントリを出力対象としており、そのリストを変数 cn に与えている。この出力対象のフィールドのリストは DictWriter オブジェクト生成時にキーワード引数

‘fieldnames=出力するフィールドのリスト’

として与える。またこの例のように、辞書オブジェクトが出力対象としないエントリを含んでいる場合はキーワード引数「extrasaction='ignore'」を与える⁷⁹。

CSV 形式ファイルは先頭の行がフィールド名になっていることがある。上の例の writeheader メソッドは出力先の CSV ファイルにフィールド名の見出しを出力するものである。

上の例の処理によって次のような CSV ファイル csvTest03.csv が作成される。

CSV ファイル：csvTest03.csv

1	col5,col3,col1
2	5,3,1

参考) writerow, writerows メソッドの引数にはリスト以外のイテレータを与えることができる。

⁷⁹DictWriter による辞書オブジェクトの出力では、辞書オブジェクトの全てのエントリのキーが出力先 CSV のフィールドに対応しなければならない。この制限を解除するためにこのキーワード引数 extrasaction を与える。

2.6.10.2 CSV ファイルの入力

CSV 形式のテキストファイルを入力する方法について解説する。

【CSV ファイルの入力の手順】

1. open 関数で入力ファイルのファイルオブジェクトを作成する。
2. 上で作成したファイルオブジェクトから reader オブジェクト を作成する。
3. 上で作成した reader オブジェクトをイテレータとみなしてデータを順次取り出す。
4. 入力処理が終われば、1 で作成したファイルオブジェクトに対して close メソッドを実行してファイルを閉じる。

先の例で作成した CSV ファイル csvTest01.csv (p.98) を読み込む処理を例に挙げて、CSV ファイルの入力について解説する。

例. CSV ファイルの読み込み (先の例の続き)

```
>>> f = open('csvTest01.csv','r')  [Enter]    ← CSV ファイルのオープン
>>> cr = csv.reader(f)  [Enter]    ← reader オブジェクト作成
>>> for r in cr:  [Enter]    ← reader オブジェクトからデータを取り出す反復制御
...     print(r)  [Enter]    ← 入力した行を表示
...  [Enter]    ← 反復制御の記述の終了
['11', '12', '13', '14']    ← 入力したデータ (リスト)
['21', '22', '23', '24']
['31', '32', '33', '34']
>>> f.close()  [Enter]    ← 入力ファイルのクローズ
```

この例では、入力用の CSV ファイルを開き、それを元に reader オブジェクト cr を作成し、cr からデータを 1 行ずつ読み込んでいる。このとき各行はリストの形で得られる。reader オブジェクトはイテレータであるので様々な形で応用することができる。

例. CSV ファイルの内容を全て読み込む (先の例の続き)

```
>>> f = open('csvTest01.csv','r')  [Enter]    ← CSV ファイルのオープン
>>> cr = csv.reader(f)  [Enter]    ← reader オブジェクト作成
>>> tbl = [r for r in cr]  [Enter]    ← リストの内包表記によって全ての内容を読み込む
>>> f.close()  [Enter]    ← 入力ファイルのクローズ
>>> tbl  [Enter]    ← 内容確認
[['11', '12', '13', '14'],    ← 得られたデータ
 ['21', '22', '23', '24'],
 ['31', '32', '33', '34']]
```

■ 見出し行をスキップする方法

CSV ファイルの先頭行が見出し行である場合、先頭行がデータでないことからそれを排除する場合がある。先頭行を排除する最も単純な方法として、CSV から得られたリストの先頭要素を排除する方法がある。例えば、上の例で得られたリスト tbl の先頭要素を排除するには次のようにする。

例. 見出し行の排除 (先の例の続き)

```
>>> tbl[1:]  [Enter]    ← 先頭行の排除
[['21', '22', '23', '24'],    ← 先頭要素が排除されている
 ['31', '32', '33', '34']]
```

根本的な方法としては、reader オブジェクトから読み込む時点で最初の行をスキップしておくという方法もある。(次の例)

例. 見出し行の排除：その2（先の例の続き）

```
>>> f = open('csvTest01.csv','r') Enter ← CSV ファイルのオープン
>>> cr = csv.reader(f) Enter ← reader オブジェクト作成
>>> r = next(cr) Enter ← cr の最初の要素を読み飛ばす
>>> tbl = [r for r in cr] Enter ← リストの内包表記によって全ての内容を読み込む
>>> f.close() Enter ← 入力ファイルのクローズ
>>> tbl Enter ← 内容確認
[['21', '22', '23', '24'], ← 先頭要素が排除されている
 ['31', '32', '33', '34']]
```

この例では、CSV データをリスト tbl に取得する前に next 関数で最初の要素（行）を読み飛ばしている。

■ CSV データの値を数値として読み込む方法

reader オブジェクトから読み込む値は文字列である。これを数値（整数、浮動小数点数）として読み込むには読み込み時に型を変換する。例えば先の例で使った CSV ファイルの第 1 列を整数として、第 2 列を浮動小数点数として読み込むには次のような方法がある。

例. 型を指定して読み込む（先の例の続き）

```
>>> f = open('csvTest01.csv','r') Enter
>>> cr = csv.reader(f) Enter
>>> tbl = [ [int(r[0]),float(r[1]))+r[2:] for r in cr] Enter ← 型を変換しながらリストに変換
>>> f.close() Enter ← 入力ファイルのクローズ
>>> tbl Enter ← 内容確認
[[11, 12.0, '13', '14'], ← 第 1 列が整数、第 2 列が浮動小数点数、
 [21, 22.0, '23', '24'], ← それ以降の列は文字列として得られている
 [31, 32.0, '33', '34']]
```

注意)

この方法では、CSV ファイルの中に数値に変換できないものが値として含まれていると ValueError が発生する。例えば次のような CSV ファイル csvTest01-err.csv を読み込む場合について考える。

CSV ファイル：csvTest01-err.csv

```
1 11,12,13,14
2 xx,22,23,24
3 31,yy,33,34
```

このファイルの 2 行目、3 行目に数値でないものが含まれている。先の例と同様の方法でこのファイルを読み込む試みを次に示す。

例. 数値に変換できない値を数値として読み込む試み（先の例の続き）

```
>>> f = open('csvTest01-err.csv','r') Enter
>>> cr = csv.reader(f) Enter
>>> tbl = [ [int(r[0]),float(r[1]))+r[2:] for r in cr] Enter ← 数値として読み込もうとすると…
Traceback (most recent call last): ← エラーが発生する
  File "<stdin>", line 1, in <module>
  File "<stdin>", line 1, in <listcomp>
ValueError: invalid literal for int() with base 10: 'xx' ← ValueError
```

これは、整数に変換しようとする値として文字列 'xx' が存在していることに起因するエラーである。このような場合、数値として解釈できない値を nan（非数）として扱うなどの工夫が必要となる。次にそのための工夫の 1 例を示す。

まず、文字列を float に変換するための関数 toFloat を次のように定義する。

例. 文字列を float 型に変換する関数の定義（先の例の続き）

```
>>> import math      Enter      ← nan を使用するために math ライブラリを読み込む
>>> def toFloat(s):   Enter      ← 関数定義の開始
...     try:          Enter
...         return float(s)      Enter      ← 文字列を float に変換したものを返す
...     except:       Enter
...         return math.nan      Enter      ← エラーが発生した場合は nan を返す
...     Enter          ← 関数定義の記述の終了
>>>                  ← 対話モードのプロンプトに戻った
```

これは「try…except～」の構文⁸⁰を応用して、float に変換できないものを float に変換しようとした場合に発生するエラーを受けて nan を返す関数である。この関数 toFloat を用いた例を次に示す。

例. 数値に変換できない値を nan に変換して読み込む（先の例の続き）

```
>>> f = open('csvTest01-err.csv','r')      Enter
>>> cr = csv.reader(f)                     Enter
>>> tbl = [ [toFloat(r[0]),toFloat(r[1]))+r[2:] for r in cr]      Enter      ← toFloat で変換
>>> f.close()                             Enter
>>> tbl                                     Enter      ← 内容確認
[[11.0, 12.0, '13', '14'],
 [nan, 22.0, '23', '24'],      ← 'xx' が nan に変換されている
 [31.0, nan, '33', '34']]      ← 'yy' が nan に変換されている
```

読み込んだデータの第1列と第2列が float の型に変換されている。nan（非数）は float 型であるので、この例では第1列、第2列共に float に変換することとした。

■ 区切り文字の指定方法

CSV ファイルの区切り文字がコンマ以外のものである場合、reader オブジェクト作成時にキーワード引数 'delimiter=区切り文字' を与える。

例. 区切り文字を指定して入力する（先の例の続き）

```
>>> f = open('csvTest02.tsv','r')      Enter      ← CSV ファイルのオープン
>>> cr = csv.reader(f,delimiter='¥t')   Enter      ← reader オブジェクト作成：区切り文字指定
>>> tbl = [r for r in cr]               Enter      ← リストの内包表記によって全ての内容を読み込む
>>> f.close()                           Enter      ← 入力ファイルのクローズ
>>> tbl                                  Enter      ← 内容確認
[['11', '12', '13', '14'],      ← 得られたデータ
 ['21', '22', '23', '24'],
 ['31', '32', '33', '34']]
```

これは p.99 で作成したタブ区切りの CSV ファイル csvTest02.tsv を読み込む処理である。

⁸⁰詳しくは「4.15 例外（エラー）の処理」（p.219）で解説する。

■ CSV ファイルからの入力を辞書オブジェクトにする方法

DictReader オブジェクトを用いることで、CSV ファイルから読み取った行を辞書オブジェクトにすることができる。

例. CSV ファイルの各行を辞書オブジェクトとして得る（先の例の続き）

```
>>> f = open('csvTest03.csv','r')  [Enter]    ← CSV ファイルのオープン
>>> dr = csv.DictReader( f )  [Enter]    ← DictReader オブジェクト作成
>>> d = [dict(r) for r in dr]  [Enter]    ←読み取った各行を辞書にして、それらのリストを取得
>>> f.close()  [Enter]    ←入力ファイルのクローズ
>>> d  [Enter]    ←内容確認
[{'col15': '5', 'col13': '3', 'col1': '1'}]
```

この例では p.99 で作成した CSV ファイル csvTest03.csv の内容を読み取って、その行を辞書オブジェクトにしている。また、読み取った全内容はそれら辞書オブジェクトのリストとして得ている。得られた辞書オブジェクトのキーは CSV ファイルの先頭行（見出し行）の項目から得ている。

CSV ファイルの全ての行（先頭行も含む）をデータとみなして読み込むには DictReader オブジェクト作成時にキーワード引数

‘fieldnames=フィールド名のリスト’

を与える。これにより「フィールド名のリスト」の要素をキーとする辞書オブジェクトが得られる。

例. 全ての行をデータとみなして辞書オブジェクトの形で読み込む（先の例の続き）

```
>>> f = open('csvTest03.csv','r')  [Enter]    ← CSV ファイルのオープン
>>> cn = ['A','B','C']  [Enter]    ←フィールド名のリスト
>>> dr = csv.DictReader( f, fieldnames=cn )  [Enter]    ← DictReader 作成：フィールド名指定
>>> d = [dict(r) for r in dr]  [Enter]    ←読み取った各行を辞書にして、それらのリストを取得
>>> f.close()  [Enter]    ←入力ファイルのクローズ
>>> d  [Enter]    ←内容確認
[ {'A': 'col15', 'B': 'col13', 'C': 'col1'},    ←先頭の行もデータとして読み込んでいる
  {'A': '5', 'B': '3', 'C': '1'} ]             ←次の行のデータ
```

この例では入力用 CSV ファイルの各列のフィールド名を 'A', 'B', 'C' と見なしている。それらのリストを変数 cn に与えて、それを DictReader のキーワード引数 'fieldnames=' に与えている。これによって CSV ファイルの先頭行もデータとして読み込まれている。

■ クォート文字を含む CSV ファイルの読み込み

CSV 形式ファイルの中の値（項目）はクォート文字を含むものがある。例えば、コンマ文字を含む項目を 1 つの値として取り扱う場合は、データ項目の区切り文字としてのコンマ文字と区別する必要がある。例えば表計算ソフトウェアで図 3 のような表を作成した状況を考える。

	A	B	C
1	番号	語	意味
2	1	dog	犬
3	2	cat	猫
4	3	knife,blade	ナイフ

図 3: Microsoft Excel で CSV ファイルを作成する

この表は 1 つのセル（B4）の内容がコンマ文字を含んでおり、これを CSV ファイルとして保存⁸¹すると次に示すファイル csvExcel01.csv のようになる。

⁸¹ 保存時のファイルの種類として「CSV UTF-8 (カンマ区切り) (*.csv)」を選択する。


```
番号, 語, 意味
1,dog, 犬
2,cat, 猫
3,"knife,blade", ナイフ
```

このファイルの 5 行目の 2 番目の項目を見ると、データとしてのコンマ文字を区切り文字と区別するために二重引用符「"」で括られているのがわかる。このファイルを DictReader オブジェクトで読み込む例を示す。

例. コンマ文字を含む項目の取り扱い

```
>>> import csv      Enter      ←モジュールの読み込み
>>> f = open('csvExcel01.csv','r',encoding='utf-8-sig') Enter      ← CSV ファイルのオープン 82
>>> dr = csv.DictReader( f )      Enter      ← DictReader 作成
>>> d = [dict(r) for r in dr]      Enter      ←読み取った各行を辞書にして、それらのリストを取得
>>> f.close()      Enter      ←入力ファイルのクローズ
>>> d      Enter      ←内容確認
[ { '番号': '1', '語': 'dog', '意味': '犬'},          ←読み込んだ内容
  { '番号': '2', '語': 'cat', '意味': '猫'},
  { '番号': '3', '語': 'knife,blade', '意味': 'ナイフ'} ]
```

データとしてのコンマ文字がデータとして読み込まれていることがわかる。これに対して、このファイル csvExcel01.csv を通常のテキストファイルのように読み込み、改行コードとコンマ文字で split すると問題が起こる。(次の例参照)

例. コンマ文字を含む項目を正しく取り扱えないケース (先の例の続き)

```
>>> f = open('csvExcel01.csv','r',encoding='utf-8-sig') Enter      ← CSV ファイルのオープン
>>> lines = f.read().splitlines()      Enter      ←ファイルの全内容を読み込み行を分割
>>> tbl = [lin.split(',') for lin in lines]      Enter      ←各行をコンマ文字で分割
>>> f.close()      Enter      ←入力ファイルのクローズ
>>> tbl      Enter      ←内容確認
[ ['番号', '語', '意味'],
  ['1', 'dog', '犬'],
  ['2', 'cat', '猫'],
  ['3', '"knife', 'blade"', 'ナイフ']]      ←コンマ文字の取り扱いが正しくない
```

データの最後の行の中の項目 'knife,blade' のコンマ文字が区切り文字として認識され、その項目が正しくない形で分割されている。この例からもわかるように、CSV ファイルの扱いには csv モジュールを使用すべきであることがわかる。

⁸²Microsoft Excel の表を「BOM 付き UTF-8」のエンコーディングで保存した CSV ファイルを読み込む際はこのようにしてオープンする。

2.7 関数の定義

関数とは、

関数名 (引数列)

の形式のサブプログラムで、メインプログラムや他のサブプログラムから呼び出す形で実行する。関数は、処理結果を何らかのデータとして返す (戻り値を持つ) ものである。

《 関数定義の記述 》

書き方: `def 関数名 (仮引数列):`
 (処理内容)

`return 戻り値`

「処理内容」から `return` までの行は、`def` よりも右の位置に同一の深さのインデント (字下げ) を施して記述する。`return` の記述を省略すると戻り値は `None` となる。

関数定義の例. 加算する関数 `kasan` の定義 (プログラム `test08-1.py`)

プログラム: `test08-1.py`

```
1 # coding: utf-8
2
3 # 加算する関数
4 def kasan(x,y):
5     z = x + y
6     return z
7
8 # メインルーチン
9 a = kasan(12,34)
10 print(a)
```

このプログラムを実行すると、

46

と表示される。

■ 実引数, 仮引数

引数は関数名の後ろに括弧 '`()`' で括って記述する。関数の定義を記述する際に書き並べる引数を**仮引数**と呼び、その関数を呼び出す際に与える引数を**実引数**と呼ぶ。(図 4)

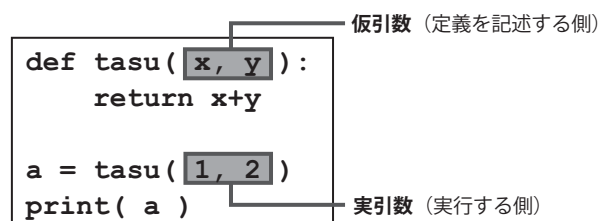


図 4: 引数の名称

2.7.1 引数について

関数はそれを呼び出したプログラムから仮引数に値を受け取って処理を行う。先のプログラム `test08-1.py` では関数 `kasan` は 2 つの仮引数を持ち、それらに受け取った値の加算を行っている。

2.7.1.1 引数に暗黙値を設定する方法

関数の引数には暗黙値を設定することができる。(次の例)

例. 引数に暗黙値を取る関数

```
>>> def kasan2( x, y=1 ): Enter    ←関数 kasan2 の定義の記述の開始
...     return x+y Enter
... Enter    ←関数 kasan2 の定義の記述の終了
>>> kasan2( 1, 2 ) Enter    ←引数を 2 つ与えて評価
3
    ←評価結果
>>> kasan2( 1 ) Enter    ← 2 つ目の引数を省略して評価
2
    ←評価結果
```

この例では、関数 kasan2 の 2 番目の引数には暗黙値として 1 が設定されている。これにより、この関数の 2 番目の引数を省略して評価（実行）すると関数内では y=1 として扱われる。

2.7.1.2 引数の個数が不定の関数

仮引数の個数が予め決まっていない関数も定義できる。それを実現する場合は、関数定義の仮引数にアスタリスク「*」で始まる名前を指定する。

記述の例. kansu(*args) { (定義内容) }

この例のようにすると、仮引数 args がタプルとして機能し、関数内では args が受け取った値を要素として持つタプルとして扱える。これを応用したプログラムの例を test08-2.py に示す。

プログラム：test08-2.py

```
1 # coding: utf-8
2 # 個数未定の引数を取る関数
3 def argtest1( *a ):
4     n = len(a)
5     for m in range(n):
6         print( a[m] )
7     return n
8
9 # メインルーチン
10 a = argtest1('a',1,'b',2)
11 print('引数の個数',a)
```

これを実行すると次のような表示となる。

```
a
1
b
2
引数の個数 4
```

2.7.1.3 実引数に '*' を記述する方法

実引数に '*' を記述することができる。この場合は、'*' の直後に記述されたデータ構造の要素が、個々の引数として展開されて関数に渡される。これに関してはサンプルプログラム argTest01.py で動作を確認できる。

プログラム：argTest01.py

```
1 # coding: utf-8
2
3 # テスト用関数
4 def f( *arg ):
5     print( '引数列:', arg )
6
7 # リストの全要素を引数列として渡す
8 a = ['x','y','z']
9 f( *a )
10
11 # タプルの全要素を引数列として渡す
12 a = ('s','t','u')
13 f( *a )
```

```

14
15 # 文字列を構成する文字を引数列として渡す
16 a = 'arguments'
17 f( *a )

```

このプログラムを実行すると次のような結果となる。

```

引数列: ('x', 'y', 'z')
引数列: ('s', 't', 'u')
引数列: ('a', 'r', 'g', 'u', 'm', 'e', 'n', 't', 's')

```

データ構造の各要素が個々の引数として関数に渡されていることがわかる。この記述方法は、多数の引数を関数に渡す際の簡便な方法となる

2.7.1.4 キーワード引数

Python の関数ではキーワード引数を使える、次のプログラム例 test08-3.py について考える。

プログラム：test08-3.py

```

1 # coding: utf-8
2 #--- キーワード引数を取る関数 ---
3 def argtest2( **ka ):
4     print( '名前: ', ka['name'] )
5     print( '年齢: ', ka['age'] )
6     print( '国籍: ', ka['country'] )
7     n = len(ka)
8     return n
9
10 #--- メインルーチン ---
11 a = argtest2( name='Tanaka', country='Japan', age=41 )
12 print('引数の個数: ', a, '\n')
13
14 # キーワード引数を辞書の形で与える方法
15 d = {'name': 'John', 'country': 'USA', 'age': '35'}
16 a = argtest2( **d )

```

このようにアスタリスク 2 つ「**」で始まる仮引数を記述すると関数側でその仮引数は辞書型オブジェクトとして扱える。(関数側ではキーは文字列型)

このプログラムの 11 行目に

```
argtest2( name='tanaka', country='japan', age=41 )
```

という形の関数呼び出しがある。キーワード引数を用いると「キーワード=値」という形式で引数を関数に渡すことができる。このプログラムを実行すると次のような表示となる。

```

名前: Tanaka
年齢: 41
国籍: Japan
引数の個数: 3

```

```

名前: John
年齢: 35
国籍: USA

```

2.7.1.5 実引数に「**」を記述する方法

先のプログラム test08-3.py の 16 行目に

```
a = argtest2( **d )
```

という形の関数呼び出しがある。これは一連のキーワード引数を辞書オブジェクトとして関数に与えるための方法であり、辞書オブジェクトの直前に「**」を記述し、それを実引数とする。

2.7.1.6 引数に与えたオブジェクトに対する変更の影響

関数が引数に受け取ったオブジェクトを変更する場合、その変更が元のオブジェクトに及ぼす影響について例を挙げて示す。次の例のように定義された関数 `f` は、引数として受け取ったものを関数内で変更する。

例. 引数に受け取ったものを関数内で変更する関数 `f`

```
>>> def f(nm,flt,c,strng,tpl,lst,dct,s): Enter
...     nm *= 2 Enter
...     print(' 関数内の nm:',nm) Enter
...     flt = flt**0.5 Enter
...     print(' 関数内の flt:',flt) Enter
...     c = 2+3j Enter
...     print(' 関数内の c:',c) Enter
...     strng = '新しい文字列' Enter
...     print(' 関数内の strng:',strng) Enter
...     tpl = (7,8,9) Enter
...     print(' 関数内の tpl:',tpl) Enter
...     lst[0],lst[-1] = lst[-1],lst[0] Enter
...     print(' 関数内の lst:',lst) Enter
...     dct['newKey'] = 'newValue' Enter
...     print(' 関数内の dct:',dct) Enter
...     s.add('z') Enter
...     print(' 関数内の s:',s) Enter
... Enter      ←関数定義の記述の終了
>>>           ←対話モードのプロンプトに戻った
```

次に、下記のように各種変数に値を与え、それらを関数 `f` の引数に与えて実行する。

例. 関数 `f` の実行（先の例の続き）

```
>>> nm = 3 Enter      ←整数
>>> flt = 5.0 Enter   ←浮動小数点数
>>> c = 1+2j Enter    ←複素数
>>> strng = '元の文字列' Enter ←文字列
>>> tpl = (4,5,6) Enter ←タプル
>>> lst = ['a','b','c'] Enter ←リスト
>>> dct = {'apple':'りんご','orange':'みかん'} Enter ←辞書
>>> s = {'x','y'} Enter ←セット
>>> f(nm,flt,c,strng,tpl,lst,dct,s) Enter      ←関数の呼び出し（実行）
関数内の nm: 6      ←関数内で変更された通りの値が出力されている
関数内の flt: 2.23606797749979 ↓
関数内の c: (2+3j)   :
関数内の strng: 新しい文字列
関数内の tpl: (7, 8, 9)
関数内の lst: ['c', 'b', 'a']
関数内の dct: {'apple': 'りんご', 'orange': 'みかん', 'newKey': 'newValue'}
関数内の s: {'y', 'x', 'z'}
```

関数 `f` が受け取った引数の内容を変更したものを出力していることがわかる。この処理の後で、引数に与えた変数の値を確認する例を次に示す。

例. 変数の値の確認（先の例の続き）

```
>>> nm Enter
3                                ←整数：変化していない
>>> flt Enter
5.0                              ←浮動小数点数：変化していない
>>> c Enter
(1+2j)                           ←複素数：変化していない
>>> strng Enter
'元の文字列'                     ←文字列：変化していない
>>> tpl Enter
(4, 5, 6)                        ←タプル：変化していない
>>> lst Enter
['c', 'b', 'a']                 ←リスト：関数内で変更されたもの
>>> dct Enter
{'apple':'りんご', 'orange':'みかん', 'newKey':'newValue'} ←辞書：関数内で変更されたもの
>>> s Enter
{'y', 'x', 'z'}                 ←セット：関数内で変更されたもの
```

この例から、関数の引数に与えた変数の内容（値）が関数内での処理によってどのように影響を受けるかがわかる。上の例の結果から表 18 のようなことがわかる。

表 18: 関数内の処理が引数のオブジェクトに与える影響	
引数に与えるオブジェクトの型	関数内部での変更が及ぼす影響
整数, 浮動小数点数, 複素数	関数内部でのみ引数の内容が変更される。
文字列, タプル	関数内部でのみ引数の内容が変更される。
リスト, 辞書, セット	関数内での変更処理が関数の実行終了後にも影響する。

2.7.2 変数のスコープ（関数定義の内外での変数の扱いの違い）

関数の内部で生成したオブジェクトは基本的にはその関数のローカル変数（局所変数）であり、その関数の実行が終了した後は消滅する。関数の外部で生成されたグローバル変数（大域変数）を関数内部で更新するには、当該関数内でグローバル変数の使用を宣言する必要がある。具体的には関数定義の内部で、

```
global グローバル変数の名前
```

と記述する。次に示すプログラム test08-4.py は、大域変数 gv の値が関数呼出しの前後でどのように変化するかを示す例である。

プログラム：test08-4.py

```
1 # coding: utf-8
2 # 変数のスコープのテスト
3
4 gv = '初期値です, '      # 大域変数
5
6 #--- 関数内部で大域変数を使用する例 ---
7 def scopetest1():
8     global gv            # 大域変数であることの宣言
9     print('scopetest1 の内部では:',gv)
10    gv = 'scopetest1が書き換えたものです, '
11
12 #--- 大域変数と同名の局所変数を使用する例 ---
13 def scopetest2():
14     gv = 'scopetest2の局所変数gvの値です, '
15     print(gv)
16
17 #--- メインルーチン ---
```

```

18 print('【大域変数 gv の値】')
19 print('scopetest1 呼び出し前:', gv)
20 scopetest1()
21 print('scopetest1 呼び出し後:', gv)
22 scopetest2()
23 print('scopetest2 呼び出し後:', gv)

```

このプログラムを実行した例を次に示す。

```

【大域変数 gv の値】
scopetest1 呼び出し前: 初期値です,
scopetest1 の内部では: 初期値です,
scopetest1 呼び出し後: scopetest1 が書き換えたものです.
scopetest2 の局所変数 gv の値です.
scopetest2 呼び出し後: scopetest1 が書き換えたものです.

```

注意)

Python とそれ以外の言語を比較すると、大域変数とローカル変数の扱いに違いが見られるので特に注意すること。先に `global` の宣言により関数内部で大域変数を使用することを述べたが、この宣言をしなくても**関数内部で大域変数の参照のみは可能**であることも注意すべき点である。

安全なコーディングのために推奨される指針を以下にいくつか挙げる。

- ・ 関数内部で使用する変数の大域／ローカルの区別を強く意識し、可能な限り、関数の内部と外部で異なる変数名を使用する。
- ・ 関数内部で大域変数を使用する場合は、その関数の定義の冒頭で `global` 宣言する。
- ・ 関数内部でのみ使用するローカル変数については、その関数の定義の冒頭で値の設定をしておく。特に設定すべき値がなくとも何らかの値を強制的に与えておくのが良い。

2.7.3 関数の再帰的定義

Python では関数を**再帰的**に定義することができる。これに関して例を挙げて説明する。

0 以上の整数 n の階乗 $n!$ は次のように再帰的に定義できる。

$$n! = \begin{cases} n = 0 & \rightarrow 1 \\ n > 0 & \rightarrow n \times (n-1)! \end{cases}$$

これを Python の関数 `fct` として次のように定義することができる。

例. $n!$ を関数 `fct` として実装する

```

>>> def fct(n):  Enter    ← 定義の記述の開始
...     if n == 0:  Enter
...         return 1  Enter
...     else:  Enter
...         return n*fct(n-1)  Enter
...  Enter    ← 定義の記述の終了
>>>  Enter    ← 対話モードのプロンプトに戻った

```

この関数を評価する例を次に示す。

例. $10!$ の計算（先の例の続き）

```

>>> fct(10)  Enter    ← 10! の計算
3628800      ← 計算結果

```

正しく計算できていることがわかる。

2.7.3.1 再帰的呼び出しの回数の上限

関数を再帰的に呼び出す深さ（再帰的呼び出し回数）には上限があり，それを超えて再帰的呼び出しを実行することはできない。（次の例参照）

例. 1000! の計算：深すぎる再帰的呼び出し（先の例の続き）

```
>>> fct(1000)  Enter    ← 1000! の計算を試みると…

Traceback (most recent call last):          ← 再帰的呼び出しの上限を超えているので
  File "<stdin>", line 1, in <module>        実行できないことを意味するエラーが
  File "<stdin>", line 5, in fct              発生する.
  File "<stdin>", line 5, in fct
  File "<stdin>", line 5, in fct
  [Previous line repeated 995 more times]
  File "<stdin>", line 2, in fct

RecursionError:  maximum recursion depth exceeded in comparison
```

再帰的呼び出し回数の上限は `sys` モジュールの `getrecursionlimit` で調べることができる。

例. 再帰的呼び出し回数の上限を調べる（先の例の続き）

```
>>> import sys      Enter    ← sys モジュールの読み込み
>>> sys.getrecursionlimit() Enter    ←再帰的呼び出し回数の上限を調べる
1000    ←呼び出し回数は 1000 未満に制限されていることがわかる
```

先の例で試みた $1000!$ の計算では関数 `fct` の呼び出し回数が 1000 を超えているためエラーとなった。

sys モジュールの `setrecursionlimit` を用いると、関数の再帰的呼び出し回数の上限を変更することができる。

例. 再帰的呼び出し回数の上限を大きくする (先の例の続き)

[illegible]

1000! の計算結果が得られていることがわかる。

2.7.3.2 再帰的呼び出しを応用する際の注意

関数の再帰的呼び出しを応用する際には、先に示したような呼び出し回数の上限の問題や、計算量や記憶資源に関する問題についても注意する必要がある。これに関しても例を挙げて説明する。

0 以上の整数 n に対するフィボナッチ数 F_n は次のように再帰的に定義することができる.

$$F_n = \begin{cases} n=0 & \rightarrow 0 \\ n=1 & \rightarrow 1 \\ n>1 & \rightarrow F_{n-1} + F_{n-2} \end{cases}$$

これを再帰的な関数呼び出しで実装する次のようなプログラム `fibonacci01.py` について考える。

プログラム：fibonacci01.py

```
1 # coding: utf-8
2 import time
3 # フィボナッチ数を算出する関数
4 def fib(n):
5     if n == 0:
```



```

6         return 0
7     elif n == 1:
8         return 1
9     else:
10        return fib(n-1)+fib(n-2)
11
12 # F0~F19 までのフィボナッチ数列
13 print('F0-F19',[fib(n) for n in range(20)])
14
15 # F0~F35 までのフィボナッチ数列
16 t1 = time.time()
17 print('\nF0-F35',[fib(n) for n in range(36)])
18 t2 = time.time()
19 print('計算時間:',t2-t1,'(sec)')

```

このプログラムではフィボナッチ数を算出する関数 `fib` を再帰的関数呼び出しで実装している。13 行目ではこの関数を用いて $F_0 \cdots F_{19}$ の数列を作成して表示している。この部分の実行には大きな時間はかからないが、17 行目の $F_0 \cdots F_{35}$ の数列の作成と表示にはかなり時間がかかる。この部分の実行時間を `time.time()` を用いて⁸³ 計測して表示する。

このプログラムを実行した例を次に示す。

例. `fibonacci01.py` を実行した例 (Intel Corei7-6670HQ, 2.6GHz, RAM 16GB, Windows10 Pro の環境で実行)

```

F0-F19 [0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, 377, 610, 987, 1597, 2584, 4181]
F0-F35 [0,1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, 377, 610, 987, 1597, 2584, 4181,
        6765, 10946, 17711, 28657, 46368, 75025, 121393, 196418, 317811, 514229, 832040, 1346269,
        2178309, 3524578, 5702887, 9227465]
計算時間:  9.258679389953613 (sec)

```

上のプログラム `fibonacci01.py` では関数 `fib(n)` の計算量は 2^n に比例する形となり⁸⁴ 計算時間が大きくなる。従って、この形での実装は好ましくないことがわかる。

課題. 関数の再帰的呼び出しに依らない形でフィボナッチ数を算出する関数 `fib2` を実装せよ。

ヒント. リストなどのデータ構造に $F_0 \cdots F_n$ を順次生成してゆく方法などがある。

2.7.4 内部関数

関数定義の記述の中に、別の関数定義を記述することができる。これに関してサンプルプログラム `innerFunc01.py` を挙げて説明する。

プログラム: `innerFunc01.py`

```

1  # coding: utf-8
2
3  #--- 関数定義 ---
4  def f1( x ):
5      y = 2*x
6      #--- 内部関数 (ここから) ---
7      def f2( a ):
8          y = 3*a
9          print( 'f2内部のy:', y )
10         return y
11         #--- 内部関数 (ここまで) ---
12         f2( y )
13         print( 'f1内部のy:', y )
14         return y
15
16 #--- メイン ---
17 print('● f1(5)の実行')
18 f1(5)

```

⁸³後の「4.1.2.1 時間の計測」(p.174)で解説する。

⁸⁴ $O(2^n)$ の規模

```

19 # エラーとなる実行
20 print('● f2(5)の実行を試みると…')
21 f2(5)

```

このプログラムでは、関数 f1 の定義の記述の中に、別の関数 f2 が定義されている。この場合、関数 f2 は関数 f1 の内部でのみ呼び出す（実行する）ことができる。この例における関数 f2 は、関数 f1 の**内部関数**である。

このプログラムを実行した例を次に示す。

```

● f1(5) の実行
f2 内部の y: 30
f1 内部の y: 10
● f2(5) の実行を試みると…
Traceback (most recent call last):
  File "innerFunc01.py", line 21, in <module>
    f2(5)
NameError: name 'f2' is not defined

```

この例からもわかるように、プログラムのメイン部分から直接関数 f2 を呼び出すことができず、それを試みると上記のようなエラーが発生する。

2.7.4.1 内部関数におけるローカル変数

先の例 innerFunc01.py の関数 f2 の内部では、f2 のためのローカル変数 y が使用されている。この y のスコープは f2 内部に限られ、関数 f1 直下のローカル変数 y とは別のものである。このことが先の実行例から理解できる。

内部関数の内側でその上の関数の変数を使用するには、内部関数側で `nonlocal` 宣言する。これに関してサンプルプログラム innerFunc02.py を例に挙げて考える。

プログラム：innerFunc02.py

```

1 # coding: utf-8
2
3 #--- 関数定義 ---
4 def f1( x ):
5     y = 2*x
6     #--- 内部関数（ここから）---
7     def f2( a ):
8         nonlocal y # 上の階層の変数 y の使用
9         y += a
10        print( 'f2内部のy:', y )
11    #--- 内部関数（ここまで）---
12    f2( 3 )
13    print( 'f1内部のy:', y )
14    return y
15
16 #--- メイン ---
17 print('● f1(5)の実行')
18 f1(5)

```

このプログラムの 8 行目で変数 y を `nonlocal` 宣言している。これにより、関数 f2 内部の変数 y は上位の関数 f1 のものと同じものになる。

このプログラムを実行した例を次に示す。

```

● f1(5) の実行
f2 内部の y: 13
f1 内部の y: 13

```

関数 f1, f2 の両方において変数 y は同じものであることがわかる。

2.7.4.2 内部関数はいつ作成されるのか

内部関数は、それを含む上位の関数が評価（実行）された時点で生成される。このことについて次の例で確かめる。

例. 内部関数 f2 を持つ関数 f1

```
>>> def f1():  ←関数 f1 の定義の開始
...     def f2():  ←内部関数 f2 の定義の開始
...     pass 
...     return f2  ←関数 f1 は内部関数 f2 の関数オブジェクトを返す
...  ←関数 f1 の定義の終了
>>> ← Python のプロンプトに戻った
```

この関数 f1 は、その内部関数 f2 の関数オブジェクトを返すものである。（次の例）

例. 関数 f1 の評価（先の例の続き）

```
>>> f1()  ←関数 f1 の評価（実行）
<function f1.<locals>.f2 at 0x000001D373DC2B88> ←内部関数 f2 の関数オブジェクト
```

次に、f1 の評価を複数回実行した戻り値をリストにして、その要素を確認する。

例. 複数の関数 f1 の戻り値を確認（先の例の続き）

```
>>> for r in [f1(),f1(),f1(),f1()]:  ←関数 f1 の評価を 4 回実行した結果を確認
...     print( r )  ←各値を出力
...  ←繰り返しの記述の終了
<function f1.<locals>.f2 at 0x000001D373DC2828> ← 1 回目の評価結果
<function f1.<locals>.f2 at 0x000001D373DF60D8> ← 2 回目の評価結果
<function f1.<locals>.f2 at 0x000001D373DF6168> ← 3 回目の評価結果
<function f1.<locals>.f2 at 0x000001D373DF61F8> ← 4 回目の評価結果
```

この実行例から、内部関数 f2 は上位の関数 f1 を評価する毎に異なるものとして定義されていることがわかる。

2.7.5 定義した関数の削除

def 文で定義した関数は del 文によって削除することができる。（次の例参照）

例. 関数の定義と削除

```
>>> def dbl(x): return( 2*x )  ←与えた数の 2 倍を算出する関数 dbl の定義
...  ←定義の記述の終了
>>> dbl(3)  ← 3 の 2 倍を算出する
6  ←計算結果
>>> del dbl  ←関数 dbl の削除
>>> dbl(3)  ←先と同じ計算を試みると…

Traceback (most recent call last):      ←関数 dbl が定義されていないことによるエラー
  File "<stdin>", line 1, in <module>    ←メッセージが表示される.
NameError: name 'dbl' is not defined    ←（関数 dbl が削除されたことがわかる）
```

この例は、一旦定義された関数 dbl が del 文によって削除されることを示すものである。削除した後に当該関数を呼び出そうとすると、未定義のため実行できない旨のエラーが発生する。

2.8 オブジェクト指向プログラミング

Python におけるオブジェクト指向の考え方も他の言語のそれと概ね同じである。ここでは、オブジェクト指向についての基本的な考え方の説明は割愛して、**クラス**や**メソッド**の定義方法や**インスタンス**の取り扱いといった具体的な事柄について説明する。

2.8.1 クラスの定義

クラスの定義は `class` で開始する。

《 class の記述 》

書き方 1: `class` クラス名:

(定義の記述)

「定義の記述」は `class` よりも右の位置に同一の深さのインデント（字下げ）を施して記述する。別のクラスをスーパークラス（上位クラス、**基底クラス**などと呼ぶこともある）とし、その**拡張クラス**（サブクラス、**派生クラス**と呼ぶこともある）としてクラスを定義するには次のように記述する。

書き方 2: `class` クラス名 (スーパークラス):

(定義の記述)

「スーパークラス」はコンマで区切って複数記述することができる。すなわち Python では**多重継承**が可能である。拡張クラスがスーパークラスの定義を引き継ぐことを**継承**という。

2.8.1.1 コンストラクタとファイナライザ

クラスのインスタンスを生成する際のコンストラクタは、クラスの定義内に次のように `__init__` を記述する。（`init` の前後にアンダースコアを 2 つ記述する）

《 __init__ の記述 》

書き方: `def` `__init__`(`self`, 仮引数):

(定義の記述)

仮引数は複数記述することができる。また仮引数は省略可能である。「定義の記述」は `def` よりも右の位置に同一の深さのインデント（字下げ）を施して記述する。`self` は生成するインスタンス自身を指しており、第 1 仮引数に記述する。ただし、コンストラクタを呼び出す際には引数に `self` は記述しない。

スーパークラスを持つクラスのコンストラクタ内では

`super().__init__(引数の列)`

を記述して、スーパークラスのコンストラクタを呼び出す形にする。

コンストラクタはクラスのインスタンスを生成する際に実行される初期化処理である。インスタンスの生成は

インスタンス名 = クラス名 (引数)

とする。「引数」にはコンストラクタの `__init__` に記述した `self` より右の仮引数に与えるものを記述する。

クラスのインスタンスは、使用されなくなると自動的に廃棄される⁸⁵。この際の処理を**ファイナライザ**⁸⁶として記述することができる。ファイナライザは `__del__` の名前で定義する。

⁸⁵ガベージコレクション（GC: Garbage Collection）

⁸⁶デストラクタと呼ばれることもある。

《 __del__ の記述 》

書き方： `def __del__(self, 仮引数):`
(定義の記述)

仮引数は複数記述することができる。また仮引数は省略可能である。「定義の記述」は `def` よりも右の位置に同一の深さのインデント（字下げ）を施して記述する。`self` は廃棄するインスタンス自身を指しており、第 1 仮引数に記述する。ただし、ファイナライザを呼び出す際には引数に `self` は記述しない。

スーパークラスを持つクラスのファイナライザ内では

`super().__del__(引数の列)`

を記述して、スーパークラスのファイナライザを呼び出す形にする。

■ インスタンスの生成と廃棄に関するサンプルプログラム

クラスのインスタンスが生成あるいは廃棄される際の動作を示すサンプルプログラム `ConstFinal01.py` を次に示す。

プログラム： `ConstFinal01.py`

```
1  # coding: utf-8
2  #--- クラス定義 ---
3  class C:
4      def __init__(self):
5          print('クラス C のインスタンス',self,'が作成されました。')
6      def __del__(self):
7          print('クラス C のインスタンス',self,'が廃棄されました。')
8
9  #--- インスタンスの作成と廃棄 ---
10 print('クラス C のインスタンスを生成します。')
11 x = C()
12 print('クラス C のインスタンスを廃棄します。')
13 x = None
14
15 #--- 終了待ち ---
16 s = input('Enterで終了します>')
```

解説：

このプログラムは、クラス `C` のインスタンス `x` を生成し、それを廃棄する例を示すものである。11 行目でクラス `C` のインスタンスが生成されて変数 `x` に与えられているが、この処理の際にコンストラクタが働き、インスタンスが生成されたことを通知するメッセージを表示する。

13 行目では、変数 `x` に `None` が代入されており、先に保持されていたクラス `C` のインスタンスは自動的に廃棄される。この処理の際にファイナライザが働き、インスタンスが廃棄されたことを通知するメッセージを表示する。

このプログラムの実行時には `Enter` を押すことで終了する。

このプログラムを実行した例を次に示す。

```
クラス C のインスタンスを生成します。
クラス C のインスタンス <_main_.C object at 0x000001CDDEBCBD88> が作成されました。
クラス C のインスタンスを廃棄します。
クラス C のインスタンス <_main_.C object at 0x000001CDDEBCBD88> が廃棄されました。
Enter で終了します>
```

次に、スーパークラスを持つクラスのインスタンスを生成、廃棄するサンプルプログラム `ConstFinal02.py` を示す。

プログラム：ConstFinal02.py

```
1 # coding: utf-8
2 #--- クラス定義 ---
3 class B:                                # 基底クラスB
4     def __init__(self):
5         print('基底クラスBのコンストラクタが呼び出されました。')
6     def __del__(self):
7         print('基底クラスBのファイナライザが呼び出されました。')
8
9 class C(B):                              # 拡張クラスC
10     def __init__(self):
11         super().__init__()
12         print('拡張クラスCのインスタンス',self,'が作成されました。')
13     def __del__(self):
14         super().__del__()
15         print('拡張クラスCのインスタンス',self,'が廃棄されました。')
16
17 #--- インスタンスの作成と廃棄 ---
18 print('クラスCのインスタンスを生成します。')
19 x = C()
20 print('クラスCのインスタンスを廃棄します。')
21 x = None
22
23 #--- 終了待ち ---
24 s = input('Enterで終了します>')
```

解説：

このプログラムでは、クラス B とその拡張クラス C が定義されており、クラス C のインスタンスを生成、廃棄する際に、スーパークラス（基底クラス）である B のコンストラクタ、ファイナライザを呼び出している。

このプログラムを実行した例を次に示す。

```
クラスCのインスタンスを生成します。
基底クラスBのコンストラクタが呼び出されました。
拡張クラスCのインスタンス <_main_.C object at 0x0000024FA571AF88> が作成されました。
クラスCのインスタンスを廃棄します。
基底クラスBのファイナライザが呼び出されました。
拡張クラスCのインスタンス <_main_.C object at 0x0000024FA571AF88> が廃棄されました。
Enter で終了します>
```

このプログラムの実行時には を押すことで終了する。

2.8.1.2 インスタンス変数

クラスのインスタンスとしてのオブジェクトは**インスタンス変数**⁸⁷（属性：attribute，プロパティ:property と呼ぶこともある）を持ち、それらが各種の値を保持する。インスタンス変数へのアクセスは

(1) 参照時： インスタンス名. 変数名

(2) 設定時： インスタンス名. 変数名 = 値

とする。基本的には (2) の形で随時インスタンス変数を追加することができる。また Python では、クラスのコンストラクタの中で

self.変数名 = 値

と記述してインスタンス変数を初期化するのが一般的である。

⁸⁷Python 以外の言語では「メンバ」と呼ばれることがある。

2.8.1.3 メソッドの定義

クラスの定義内容としてメソッドの定義を記述する。これは関数の定義の記述とよく似ている。

《メソッドの定義1》 インスタンスに対するメソッド

書き方: `def メソッド名 (self, 仮引数):`
(定義の記述)

仮引数は複数記述することができる。また仮引数は省略可能である。「定義の記述」は `def` よりも右の位置に同一の深さのインデント（字下げ）を施して記述する。`self` は対象となるインスタンス自身を指しており、第1仮引数に記述する。当該メソッド呼び出し時には引数には `self` は記述しない。

《メソッドの定義2》 クラスメソッド

書き方: `@classmethod`
`def メソッド名 (cls, 仮引数):`
(定義の記述)

仮引数は複数記述することができる。また仮引数は省略可能である。「定義の記述」は `def` よりも右の位置に同一の深さのインデント（字下げ）を施して記述する。`cls` は当該クラスを指しており、第1仮引数に記述する。当該メソッド呼び出し時には引数には `cls` は記述しない。

クラスメソッドを定義するには、`def` の1行前に `def` と同じインデント位置に「`@classmethod`」というデコレータ⁸⁸を記述する。

継承関係のあるクラスの間で、拡張クラス側にスーパークラスのメソッドと同じ名前のメソッドを定義するとオーバーライドされる。

2.8.1.4 クラス変数

インスタンスの変数ではなく、クラスそのものに属する変数を**クラス変数**という。クラス変数の定義は、値の設定などオブジェクトの生成をクラスの定義の中に記述することで行う。

通常のオブジェクト指向の考え方では、クラスに属する**メンバ**と呼ばれるオブジェクトが定義され、そのクラスのインスタンスが個別に持つ属性の値を保持する。Pythonではメンバの存在を明に宣言するのではなく、そのクラスのコンストラクタやメソッドの定義の中で、`self`の属性として値を与える（オブジェクトを生成する）ことで**インスタンス変数**として生成する。

【サンプルプログラム】

クラス、クラス変数、インスタンス、インスタンス変数、インスタンスに対するメソッド、クラスメソッドの使用方法を簡単に示すサンプルを `test09.py` に示す。

プログラム: `test09.py`

```
1  # coding: utf-8
2  # クラスに関する試み
3  class testClass:      #--- クラス定義 ---
4      classV = 'testClassのクラス変数'
5      # コンストラクタ
6      def __init__(self, v):
7          self.instanceV = 'インスタンスの変数:' + str(v)
8      # クラスメソッド
9      @classmethod
10     def cMethod( cls, a ): # 第1仮引数には当該クラスが与えられる
11         print( '引数 cls:', cls )
12         print( '引数 a:', a )
13         print( 'クラス変数 classV:', cls.classV )
```

⁸⁸Javaのアノテーションとよく似た働きをする記述であるが、詳しくは「4.18 デコレータ」(p.227)を参照のこと。


```

14         print( '' )
15     # インスタンスに対するメソッド
16     def iMethod( self, a ): # 第1仮引数には当該インスタンスが与えられる
17         print( '引数 self:', self )
18         print( '引数 a:', a )
19         print( 'インスタンス変数 instanceV:', self.instanceV )
20         print( 'クラス変数 classV:', testClass.classV )
21         print( '' )
22 #--- インスタンスの生成 ---
23 m1 = testClass( 1 )
24 m2 = testClass( 2 )
25 #--- インスタンスに対するメソッドの実行 ---
26 m1.iMethod( 1 )
27 m2.iMethod( 2 )
28 #--- クラスメソッドの実行 ---
29 testClass.cMethod( 3 )

```

このプログラムを実行した例を次に示す.

```

引数 self: <__main__.testClass object at 0x0000023D31437F28>
引数 a: 1
インスタンス変数 instanceV: インスタンスの変数:1
クラス変数 classV: testClass のクラス変数

引数 self: <__main__.testClass object at 0x0000023D31437C50>
引数 a: 2
インスタンス変数 instanceV: インスタンスの変数:2
クラス変数 classV: testClass のクラス変数

引数 cls: <class '__main__.testClass'>
引数 a: 3
クラス変数 classV: testClass のクラス変数

```

インスタンス変数が個別に値を保持している様子がわかる. またクラス変数はクラスに対して1つ存在する様子がわかる.

もう1例, オブジェクト指向のプログラム test09-1.py を次に示す.

プログラム: test09-1.py

```

1  # coding: utf-8
2
3  # クラス定義
4  class Person:
5      # クラス変数
6      population = 7400000000
7      # コンストラクタ
8      def __init__(self, Name, Age, Gender, Country):
9          self.name = Name
10         self.age = Age
11         self.gender = Gender
12         self.country = Country
13     # クラスメソッド
14     @classmethod
15     def belongTo(cls):
16         print(cls, 'は人類に属しています. ')
17         return 'Human'
18     # メソッド
19     def getName(self):
20         print('名前は', self.name, 'です. ')
21         return self.name
22     def getAge(self):
23         print('年齢は', self.age, '才です. ')
24         return self.age
25     def getGender(self):
26         print('性別は', self.gender, '性です. ')
27         return self.gender
28     def getCountry(self):

```

```

29         print(self.country, 'から来ました. ')
30         return self.country
31
32 # メインルーチン
33 m1 = Person('太郎', 39, '男', '日本')
34 m2 = Person('アリス', 28, '女', 'アメリカ')
35
36 m1.getName()
37 m1.getAge()
38 m1.getGender()
39 m1.getCountry()
40
41 m2.getName()
42 m2.getAge()
43 m2.getGender()
44 m2.getCountry()
45
46 Person.belongTo()
47 print('現在の人口は約', Person.population, '人です. ')

```

このプログラムを実行すると、次のように表示される。

```

名前が 太郎 です.
年齢が 39 才です.
性別が 男 性です.
日本 から来ました.
名前が アリス です.
年齢が 28 才です.
性別が 女 性です.
アメリカ から来ました.
<class '__main__.Person'> は人類に属しています.
現在の人口は約 7400000000 人です.

```

参考) Python ではスタティックメソッド (staticmethod) というものも扱えるが、本書では割愛する。

2.8.2 str コンストラクタに対するフックの作成

多くの場合、値やオブジェクトを文字列に変換する場合

str(値)

と記述するが、これは str クラスのコンストラクタを介したデータ変換である。この方法で、プログラマが独自に定義したクラスのオブジェクトを文字列に変換すると次のようになる。

例. 独自に定義したクラスのインスタンスを str で文字列にする

```

>>> class MyClass: Enter    ←クラス定義
...     def __init__(self):
...         self.a = 1
... Enter    ←クラス定義の記述の終了
>>> x = MyClass() Enter    ← MyClass のインスタンス生成
>>> str(x) Enter    ←それを str で文字列に変換すると…
'<__main__.MyClass object at 0x00000183187A3E88>'    ←このようになる

```

インスタンスを str コンストラクタで文字列に変換する際の手順は、当該クラスに `__str__` メソッドとして定義することができる。このことについて次のサンプルプログラム `hook4str01.py` で示す。

プログラム：hook4str01.py

```
1 # coding: utf-8
2
3 # クラス定義1：__str__の定義なし
4 class C1:
5     def __init__(self):
6         self.a = 1
7         self.b = 2
8         self.c = 3
9
10 x1 = C1()
11 print( 'str(x1):',str(x1) )
12
13 # クラス定義2：__str__の定義あり
14 class C2:
15     def __init__(self):
16         self.a = 1
17         self.b = 2
18         self.c = 3
19     def __str__(self):
20         r = 'a='+str(self.a)+' ,b='+str(self.b)+' ,c='+str(self.c)
21         return r
22
23 x2 = C2()
24 print( 'str(x2):',str(x2) )
```

このプログラムでは C1, C2 の2つのクラスが定義されている。クラス C1 は __str__ メソッドが定義されておらず、C2 にはそれが定義されている。すなわち、クラス C1 のインスタンスを str コンストラクタで文字列に変換すると '＜クラス名 object at …＞' のような文字列となり、C2 のインスタンスの場合は __str__ メソッドに記述された形で変換される。

このプログラムをスクリプトとして実行した例を次に示す。

実行例.

```
str(x1):  <__main__.C1 object at 0x000002863B5B9CC8>
str(x2):  a=1,b=2,c=3
```

このように __str__ メソッドをクラス内に定義することで、str コンストラクタによる変換処理を所望の形式で実行することができる。

参考) クラス内に __repr__ メソッドを同様の方法で実装することで、repr による変換処理を独自の形で実現できる。

2.8.3 イテレータのクラスを実装する方法

イテレータ⁸⁹の機能を持つクラスを定義する方法について解説する。イテレータとは iter 関数によって作成され、next メソッドによって次々と要素を返し、最後の要素以降の要素を要求すると StopIteration 例外が発生するオブジェクトである。このようなオブジェクトのクラスを定義するには、

- 1) iter 関数が呼ばれた際の処理を実行する __iter__ メソッド
- 2) next メソッドの処理を実行する __next__ メソッド

の2つのメソッドを実装する。

次に示す例は、0～10 の整数を次々と返すイテレータオブジェクトのクラス MyIterator を定義するものである。

⁸⁹詳しくは「2.5.1.6 イテレータ」(p.64)を参照のこと。

例. イテレータオブジェクトのクラス定義

```
>>> class MyIterator: Enter ←クラス定義
...     def __init__(self): Enter ←コンストラクタ
...         self.n = 0 Enter
...     def __iter__(self): Enter ← iter 関数に対するフック
...         return self Enter
...     def __next__(self): Enter ← next メソッドに対するフック
...         r = self.n Enter
...         self.n += 1 Enter
...         if r > 10: Enter ←最終要素を越えたことの判定
...             raise StopIteration() Enter ← StopIteration 例外を発生させる
...         return r Enter
... Enter ←クラス定義の記述の終了
>>> ←対話モードのプロンプトに戻った
```

`__iter__`, `__next__` の各メソッドを実装している。この例では、`iter` 関数の呼び出しに対しては特に行うことが無く、自身のオブジェクト (`self`) をそのまま返している。また、`next` メソッドの実行によって返す値は「10」としているため、それ以降に要素が要求された場合に `raise` 文⁹⁰ で `StopIteration` 例外を発生させている。

実際にこのクラスのオブジェクトを生成してイテレータとして使用する例を次に示す。

例. MyIterator クラスのインスタンスをイテレータとして使用する (先の例の続き)

```
>>> It = MyIterator() Enter ←インスタンスの生成
>>> for x in It: Enter ←次々と要素を取り出し
...     print(x,end=' ') Enter ←それを出力 (改行なし) して
... else: print('') Enter ←最後に改行する
... Enter ← for 文の記述の終了
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ←実行結果の出力
```

2.8.4 カプセル化

オブジェクト指向プログラミングの基本的な考え方においては、インスタンス内部の変数 (インスタンス変数、プロパティ、属性) にインスタンス外部から直接的にアクセスするのは良いことではないとされる。オブジェクトはデータ構造とメソッドを組にした構造物であり、内部構造には基本的には外部からアクセスできないように隠蔽しておき、アクセサと呼ばれるメソッドを介してのみオブジェクトの内部構造にアクセスするというのがカプセル化の考え方である。ここではカプセル化に関連する事柄について説明する。

2.8.4.1 変数の隠蔽

アンダースコア 2 つ ‘`__`’ で始まるインスタンス変数、クラス変数は隠蔽され、オブジェクトの外部からはアクセスできない⁹¹。このことを次の例で示す。

⁹⁰詳しくは「4.15 例外 (エラー) の処理」(p.219) で解説する。

⁹¹実際には、変数名が装飾されて別の名前になっているだけである。

例. クラス内の変数の隠蔽

```
>>> class C: Enter ←クラス定義の開始
...     def __init__(self): Enter ←コンストラクタ
...         self.a = 2 Enter ←外部からアクセスできる変数
...         self.__b = 3 Enter ←隠蔽される変数
...     def show(self): Enter ←内部状態を表示するメソッド
...         print(' a:',self.a)
...         print('__b:',self.__b) ←内部からは __b にアクセスできる
... Enter ←クラス定義の終了
>>> ←対話モードのプロンプトに戻った
```

この例で定義されたクラス C のインスタンスは

- (1) 外部からアクセスできる変数 a
- (2) 隠蔽される変数 __b

を持つ. (1)(2) それぞれの変数にアクセスする例を次に示す.

例. インスタンス変数へのアクセス (先の例の続き)

```
>>> x = C() Enter ←クラス C のインスタンス x の作成
>>> x.a Enter ←インスタンス変数 a の参照
2 ←参照できた
>>> x.__b Enter ←インスタンス変数 __b の参照を試みると…
Traceback (most recent call last): ←そのようなものが存在しない旨のエラーとなる
  File "<stdin>", line 1, in <module>
AttributeError: 'C' object has no attribute '__b'
>>> x.show() Enter ← show メソッドを介してアクセスすると
a: 2
__b: 3 ←参照できている
```

変数 __b は外部からは直接アクセスできないことがわかる. また, この例では show メソッドがアクセサとしての役割を果たしている.

▲注意▲

変数の前後にアンダースコア 2 つを付けると隠蔽されないので注意すること.

2.8.4.2 アクセサ (ゲッター, セッター)

先の例では通常のメソッドをアクセサとしたが, ここでは Python での標準的なアクセサの扱いを示す.

■ ゲッター (getter)

隠蔽された変数の値を参照するためのアクセサをゲッター (getter) と呼ぶ. ゲッターの実装方法について例を挙げて説明する. 次の例は, 人の身長と体重を保持し, BMI を算出するメソッドを持つクラスを定義するものである.

例. クラス Health の定義

```
>>> class Health: Enter ←クラス定義の開始
...     def __init__(self,h,w): Enter ←コンストラクタ
...         self.__height = h Enter ←隠蔽される変数
...         self.__weight = w Enter ←隠蔽される変数
...     @property Enter ←デコレータ：参照用アクセサ（ゲッター）
...     def height(self): Enter ←アクセサ：身長
...         return self.__height Enter
...     @property Enter ←デコレータ：参照用アクセサ（ゲッター）
...     def weight(self): Enter ←アクセサ：体重
...         return self.__weight Enter
...     def bmi(self): Enter ←BMI を求めるメソッド
...         return self.weight / self.height**2 Enter
... Enter ←クラス定義の終了
>>> ←対話モードのプロンプトに戻った
```

このクラスのインスタンスは身長 (m) と体重 (kg) を与えて作成する。height, weight メソッドの宣言の直前にデコレータ「@property」が記述されている。このデコレータにより、height, weight メソッドは引数を付けずに実行することができる。(次の例)

例. Health クラスのインスタンスの扱い (先の例の続き)

```
>>> taro = Health( 1.7, 65 ) Enter ←クラス Health のインスタンス taro の作成
>>> taro.weight Enter ←引数を付けずに実行
65 ←値が得られている
>>> taro.height Enter ←引数を付けずに実行
1.7 ←値が得られている
>>> taro.bmi() Enter ←メソッド bmi の実行には引数の記述が必要
22.49134948096886 ←BMI 値
```

height, weight はあたかもプロパティであるかのように扱える。Python では、インスタンス内部の変数を 参照 するためのアクセサ（ゲッター）をこのような形で実装するのが標準的である。

■ セッター (setter)

隠蔽された変数に値を設定するためのアクセサをセッター (setter) と呼ぶ。基本的には、セッターはゲッターと対にして実装するものであり、ゲッターの定義の後に同名のセッターの実装を記述する。セッターとするメソッドの記述の直前にはデコレータ「@セッターの名前.setter」を記述する。(プロパティ名としてゲッターと同じ名前とする)

セッターの実装方法について例を挙げて説明する。次の例は、隠蔽された変数 __price を持つクラス D を定義するものである。

例. ゲッターとセッターを持つクラス D

```
>>> class D: Enter ←クラス定義の開始
...     def __init__(self): Enter ←コンストラクタ
...         self.__price = 0 Enter ←隠蔽される変数
...     @property Enter ←デコレータ：参照用アクセサ（ゲッター）
...     def price(self): Enter ←ゲッターの定義
...         return self.__price Enter
...     @price.setter Enter ←デコレータ：設定用アクセサ（セッター）
...     def price(self,p): Enter ←セッターの定義
...         self.__price = p Enter
...         return self.__price Enter
...     def show(self): Enter ←内部状態を表示するメソッド
...         print('price:',self.price) Enter
... Enter ←クラス定義の終了
>>> ←対話モードのプロンプトに戻った
```

このクラスのインスタンスに対してセッター、ゲッターを使用する例を次に示す。

例. クラス D のインスタンスの扱い（先の例の続き）

```
>>> apple = D() Enter ←クラス D のインスタンス apple の作成
>>> apple.show() Enter ←内部状態の表示
price: 0 ←値が表示された
>>> apple.price = 100 Enter ←セッターを介して内部の変数に値を設定
>>> apple.show() Enter ←内部状態の表示
price: 100 ←値が表示された
>>> apple.price Enter ←ゲッターを介して内部の変数を参照
100 ←参照された値
```

セッターのメソッドもゲッターと同一のメソッド名として定義している。セッターも引数を付けずに実行することができる。結果として、インスタンス `apple` の隠蔽された変数 `__price` に対して、`apple.price` という記述で設定と参照の両方が実行できていることがわかる。

2.8.5 オブジェクト指向プログラミングに関するその他の事柄

2.8.5.1 クラスの継承関係の調査

あるクラスが別のクラスの派生クラス（拡張クラス、サブクラス）となっているかどうか（継承関係）を調べるには `issubclass` 関数を使用する。以下に例を挙げて説明する。

例. 継承関係のあるクラス定義

```
>>> class A: pass  ←クラス A の定義（中身は無し）
...  ←定義の終了
>>> class B(A): pass  ←クラス A を継承するクラス B の定義（中身は無し）
...  ←定義の終了
>>> class C(B): pass  ←クラス B を継承するクラス C の定義（中身は無し）
...  ←定義の終了
```

これで $A \rightarrow B \rightarrow C$ の継承関係ができた。次にそれを調べる。

例. `issubclass` による継承関係の調査（先の例の続き）

```
>>> issubclass(C,B)  ← C は B のサブクラスか？
True                ←真：C は B のサブクラスである
>>> issubclass(C,A)  ← C は A のサブクラスか？
True                ←真：C は A のサブクラスである
>>> issubclass(A,B)  ← A は B のサブクラスか？
False               ←偽：A は B のサブクラスではない
```

このように、直接の継承関係だけでなく、直系⁹²である場合も検査可能である。

2.8.5.2 インスタンスのクラスの調査

インスタンスのクラスを調べるには `type` 関数を用いる。また、あるインスタンスがあるクラスに属しているかどうかを検査するには `isinstance` を用いる。

例. クラスの調査（先の例の続き）

```
>>> x = C()  ←クラス C のインスタンス x を生成
>>> type(x)  ← x のクラスを調べる
<class '__main__.C'> ←クラス C のインスタンスである
>>> isinstance(x,C)  ← x はクラス C のインスタンスか？
True                ←判定結果
>>> isinstance(x,A)  ← x はクラス A のインスタンスか？
True                ←判定結果
```

このように `isinstance` は、属するクラスのスーパークラス（上位のクラス）の場合も `True` を返す。

インスタンスが属するクラスは、そのインスタンスの `__class__` 属性からも参照できる。

例. `__class__` 属性の参照（先の例の続き）

```
>>> x.__class__  ← x のクラスを調べる
<class '__main__.C'>  ← x のクラスは C である
```

課題. 先のクラス定義において `C.__class__` の値はどのようなものであるか調べよ。

また、それが意味することについて考察せよ。

⁹² 「サブクラスのサブクラスの…」と継承関係の系列上にあるという意味。

2.8.5.3 属性の調査（プロパティの調査）

dir 関数を使用すると、オブジェクトの属性（プロパティ、メソッド）のリストを取得できる。

例. 文字列クラス str の属性をリストとして取得する

```
>>> dir(str)  ← str クラスの調査
['_add_', '_class_', '_contains_', '_delattr_', '_dir_', '_doc_', '_eq_', '_format_',
'_ge_', '_getattr_', '_getitem_', '_getnewargs_', '_gt_', '_hash_', '_init_',
(途中省略)

'rindex', 'rjust', 'rpartition', 'rsplit', 'rstrip', 'split', 'splitlines', 'startswith',
'strip', 'swapcase', 'title', 'translate', 'upper', 'zfill']
```

参考) dir 関数はインスタンスの属性を調べることもできる。

オブジェクトが特定の属性（プロパティ）を持つかどうかは hasattr 関数で調べることができる。

例. 文字列クラス str の属性の調査

```
>>> hasattr( str, 'split' )  ← str クラスが 'split' を持つか
True                        ← 'split' という名の属性を持つ
>>> hasattr( str, 'qwert' )  ← str クラスが 'qwert' を持つか
False                       ← 'qwert' という名の属性を持たない
```

2.9 データ構造に則したプログラミング

Python にはデータ列の要素に対して一斉に処理を適用する機能が提供されている。例えば 2 倍した値を返す関数 `dbl` が次のように定義されているとする。

```
def dbl(n):return(2*n)
```

通常は下記のように、これを 1 つの値に対して実行する。

例.

```
>>> dbl(3)  Enter
```

 ←関数の評価
6 ←評価結果

この評価方法とは別に、**map 関数**を使用することもできる。map 関数を使うと、リストの全ての要素に対して評価を適用することができる。このことを例を挙げて説明する。

例. map 関数による一斉評価（第一段階）

```
>>> res = map( dbl, [1,2,3] )  Enter
```

これにより、関数の評価をリストの全要素に対して一斉に行うことができる。ただしこの段階では「関数の一斉評価のための式」が `res` に生成されただけであり、`res` の内容を確認すると次のようになっている。

例. map 関数の実行結果

```
>>> res  Enter
```

 ←内容の確認
<map object at 0x000002BE46760DD8> ←map オブジェクトが格納されている

この `res` をリストとして評価すると、最終的な処理結果が得られる。

例. リストとしての処理結果

```
>>> list( res )  Enter
```

 ←リストとして処理結果を求める
[2, 4, 6] ←処理結果

```
>>> list( res )  Enter
```

 ←再度実行すると
[] ←空になっている

この例からもわかるように、変数 `res` に得られたものは map オブジェクトであり、これはイテレータの一種であるため、参照した後は消滅する。

ちなみに、次のようにして一回の処理で結果を得ることもできる。

例. リストとしての処理結果 (2)

```
>>> list( map( dbl, [1,2,3] ) )  Enter
```

 ←同様の処理を一度で行う
[2, 4, 6] ←処理結果

2.9.1 map 関数

《 map 関数 》

書き方 1: `map(関数名, 対象のデータ構造)`

書き方 2: `map(関数名, 対象のデータ構造 1, 対象のデータ構造 2, ...)`

「対象のデータ構造」の全ての要素に対して「関数名」で表される関数の評価を実行するための **map オブジェクト**を返す。1 つの引数を取る関数の場合は「書き方 1」に、複数の引数を取る関数の場合は「書き方 2」に従うこと。

得られた map オブジェクトは `for` などの繰り返し処理のための **イテレータ**となる。また map オブジェクトを具体的なデータ構造に変換（`list` 関数でリストに変換するなど）することで実際の値が得られる。

リストの全要素に対して同じ関数を適用する処理を実現する場合、for 文を用いた繰り返し処理の形で記述することもできるが、map 関数を用いた方が記述が簡潔になるだけでなく、実行にかかる時間も概ね短くなる。

【サンプルプログラム】 map 関数と for 文の実行時間の比較

map 関数と for 文の実行時間を比較するためのサンプルプログラム map01.py を次に示す。これは、奇数／偶数を判定する関数 EvenOrOdd を、乱数を要素として持つリストに対して一斉適用する例である。

プログラム：map01.py

```
1  # coding: utf-8
2  # 必要なモジュールの読み込み
3  import time                # 時間計測用
4  from random import randrange # 乱数発生用
5
6  #####
7  # 偶数／奇数を判定する関数の定義
8  #####
9  def EvenOrOdd(n):
10     if n % 2 == 0:
11         return( '偶' )
12     else:
13         return( '奇' )
14
15  #####
16  # 試み(1)
17  #####
18  # 乱数リストの生成(1)： 短いもの
19  lst = list( map( randrange, [100]*10 ) )
20
21  # 偶数／奇数の識別結果
22  lst2 = list(map(EvenOrOdd,lst))
23  print('10個の乱数の奇数／偶数の判定')
24  print(lst)
25  print(lst2,'\n')
26
27  #####
28  # 試み(2)
29  #####
30  # 乱数リストの生成(2)： 1,000,000個
31  print('1,000,000個の乱数の奇数／偶数の判定')
32  t1 = time.time()
33  lst = list( map( randrange, [100]*1000000 ) )
34  t = time.time() - t1
35  print('乱数生成に要した時間:',t,'秒')
36
37  # 速度検査(1)：forによる処理
38  lst2 = []
39  t1 = time.time()
40  for i in range(1000000):
41      lst2.append( EvenOrOdd(lst[i]) )
42  t = time.time() - t1
43  print('forによる処理:',t,'秒')
44
45  # 速度検査(2)：mapによる処理
46  t1 = time.time()
47  lst2 = list(map( EvenOrOdd, lst )) # mapによる処理
48  t = time.time() - t1
49  print('mapによる処理:',t,'秒')
50
51  # 判定結果の確認
52  #print(lst2)
```

このプログラムを実行した例を次に示す。

10 個の乱数の奇数／偶数の判定

```
[92, 3, 7, 26, 11, 22, 76, 61, 79, 10]  
['偶', '奇', '奇', '偶', '奇', '偶', '偶', '奇', '奇', '偶']
```

1,000,000 個の乱数の奇数／偶数の判定

乱数生成に要した時間: 0.9250545501708984 秒
for による処理: 0.32311391830444336 秒
map による処理: 0.15199923515319824 秒

map 関数による方が for 文による処理よりも実行時間が半分以下になっていることがわかる。

2.9.1.1 複数の引数を取る関数の map

2 つの引数の和を求める次のような関数 `wa` を考える。

```
>>> def wa(a,b): return(a+b)  Enter ←関数 wa の定義  
...  Enter ←定義の終了  
>>> wa(2,3)  Enter ←関数 wa の評価  
5 ←結果
```

この関数の map を示す。

```
>>> list( map( wa, [2], [3] ) )  Enter ← map 関数に複数の引数（それぞれリスト）を与える  
[5] ←結果
```

長さの異なるデータ列を map の引数に与えた場合は、長さが最も短いデータ列を基準に map の処理が行われる。（次の例参照）

例. 長さの異なるデータ列に対する map（先の例の続き）

```
>>> list( map( wa, [2], [3,4] ) )  Enter ← map 関数に長さの異なるデータ列を与える  
[5] ←結果
```

短い方のリスト '`[2]`' の長さが基準になっていることがわかる。

2.9.1.2 map 関数に zip オブジェクトを与える方法

map 関数の処理対象のデータ列として **zip オブジェクト**⁹³ を与えることができる。以下に例を挙げて解説する。

例. 複数の引数を取る関数 `csv` を用いた map（その 1）

```
>>> def csv( *arg ):  Enter ←与えた引数（文字列）を','で連結する関数  
...     return( ','.join(arg) )  Enter ←連結処理  
...  Enter ←関数定義の記述の終了  
>>> q1 = ['a','b','c','d']  Enter ←1 番目のデータ列  
>>> q2 = ['1','2','3','4']  Enter ←2 番目のデータ列  
>>> q3 = ['イ','ロ','ハ']  Enter ←3 番目のデータ列（短い）  
>>> list( map(csv,q1,q2,q3) )  Enter ←3 つのデータ列に対する map  
['a,1, イ', 'b,2, ロ', 'c,3, ハ'] ←処理結果
```

これと同等の処理を zip オブジェクトを用いて実現する。（次の例）

例. 複数の引数を取る関数 `csv` を用いた map（その 2：先の続き）

```
>>> z = zip(q1,q2,q3)  Enter ←zip オブジェクトの生成  
>>> list( map(csv,*zip(*z)) )  Enter ←zip オブジェクトに対する map 処理  
['a,1, イ', 'b,2, ロ', 'c,3, ハ'] ←処理結果
```

⁹³ 「2.5.1.8 zip 関数と zip オブジェクト」（p.66）を参照のこと。

map 関数にデータ列として zip オブジェクトを与えているが、その際 `*zip(*z)` としていることが重要である。これに関しては「2.5.1.8 zip 関数と zip オブジェクト」(p.66)でも取り上げているが、次の試みに関しても考察されたい。

例. 1つの試み (先の続き)

```
>>> z = zip(q1,q2,q3)  Enter  ← zip オブジェクトの生成
>>> list( map(csv,*z) )  Enter  ← zip オブジェクトに対する map 処理
['a,b,c', '1,2,3', 'イ,ロ,ハ']  ←処理結果
```

map 関数にデータ列として `*z` を与えるとこのような処理結果となる。

2.9.2 lambda と関数定義

引数として与えられた値 (定義域) から別の値 (値域) を算出して返すものを**関数**として扱うが、Python のプログラムの記述の中では**関数名のみ**を記述する場合もある。map 関数の中に記述する関数名もその 1 例であるが、この「関数名のみ」の表記は実体としては**関数オブジェクト**もしくは `lambda` である。

【実体としての関数】

map 関数の解説のところで示したサンプルプログラムで扱った偶数/奇数を判定する関数 `EvenOrOdd` について考える。この関数の定義を次のようにして Python インタプリタに与える。

例. Python インタプリタに関数定義を与える

```
>>> def EvenOrOdd(n):  Enter  ←定義の記述の開始
...     if n % 2 == 0:  Enter
...         return( '偶' )  Enter
...     else:  Enter
...         return( '奇' )  Enter
...  Enter  ←定義の記述の終了 (改行のみ)
>>>  ← Python コマンドラインに戻る
```

この関数の評価を実行する際、次のようにして引数を括弧付きで与える。

```
>>> EvenOrOdd(13)  Enter  ←評価の実行
'奇'  ←評価結果
```

次に、`'EvenOrOdd'` という記号そのものには何が割当てられているのかを確認する。

```
>>> print( EvenOrOdd )  Enter  ←内容の確認
<function EvenOrOdd at 0x000001D863C63E18>  ←関数オブジェクト
```

このように、記号 `'EvenOrOdd'` には**関数オブジェクト**が割当てられていることがわかる。このオブジェクトは、データとして変数に割り当てることができるものであり、このような扱いができるオブジェクトは**第一級オブジェクト**⁹⁴ (first-class object) と呼ばれる。この例で扱っている関数オブジェクトも、他の変数に割り当てて使用すること (評価の実行) が可能である。(次の例を参照のこと)

例. 変数への関数オブジェクトの割当てと実行 (先の例の続き)

```
>>> f = EvenOrOdd  Enter  ←別の変数 f に関数オブジェクトを複製
>>> f(13)  Enter  ←評価の実行
'奇'  ←値が得られている
```

⁹⁴変数に値として割り当てることができ、プログラムの実行時にデータとして生成と処理ができるオブジェクトを指す。

関数定義を第一級オブジェクトとして扱える言語処理系は少なく、一部のリスト処理系 (LISP の各種実装) がそれを可能にしている。

【lambda】

関数の定義を lambda⁹⁵ 式として記述して取り扱うことができる。先に例示した「2 倍の値を返す関数」dbl を lambda で実装する例を示す。

例. 値を 2 倍する関数 dbl2 の実装例

```
>>> dbl2 = lambda n:2*n  ← lambda 式による実装
>>> dbl2(3)  ← 評価の実行
6 ← 結果が得られている
```

この例の dbl2 の内容を確認すると次のようになる。

```
>>> dbl2  ← dbl2 の内容確認
<function <lambda> at 0x00000210D6EB3E18> ← 結果
```

このように関数オブジェクト（lambda 式）が格納されていることがわかる。

《 lambda の記述 》

記述 1) lambda 仮引数 : 戻り値の式

記述 2) lambda 仮引数並び : 戻り値の式 「仮引数並び」はコンマ ',' で区切る。

複数の仮引数を取る関数 wa の記述例を次に示す。

例. 2 つの引数の和を求める関数 wa の実装

```
>>> wa = lambda a,b : a+b  ← lambda 式を wa に割り当てる
>>> wa(2,3)  ← 評価の実行
5 ← 結果
```

また、次の例のように lambda 式を記号に割当てずに適用することもできる。

例. lambda 式を直接引数に適用する。

```
>>> (lambda a,b : a+b)(2,3)  ← lambda 式の直接適用
5 ← 結果
```

2.9.3 filter

リストの要素の内、指定した条件を満たす要素のみを取り出す関数に filter がある。

《 filter 関数 》

filter(条件判定用の関数名, 対象リスト)

「対象リスト」の要素の内、「条件判定用の関数」の評価結果が真（True）となるものを抽出して返す。戻り値は filter オブジェクトであり、これを具体的なデータ構造に変換（list 関数でリストに変換するなど）することで実際のデータが得られる。

第一引数には関数名の他、lambda 式も指定できる。

整数を要素として持つリストの中から偶数の要素のみを取り出す処理を例として示す。

⁹⁵数学の関数表記 $f(x)$ の f を実体として扱い、対象となるデータにそれを適用して値を算出するラムダ計算が由来である。ラムダ計算に関しては提唱者 A. チャーチの著書 “The Calculi of Lambda Conversion”, Princeton University Press, 1941 を参照のこと。

例. 偶数の取り出し

```
>>> from random import randrange  ←乱数発生用のライブラリの読み込み
>>> lst = list( map( randrange, [100]*17 ) )  ←乱数リスト (17 要素) の生成
>>> lst  ←内容確認
[15, 74, 64, 81, 58, 18, 70, 88, 45, 44, 3, 81, 36, 98, 57, 18, 27] ←乱数リスト
>>> lst2 = list( filter( lambda n:n%2==0, lst ) )  ←偶数のみの抽出
>>> lst2  ←内容確認
[74, 64, 58, 18, 70, 88, 44, 36, 98, 18] ←偶数のみのリスト
```

2.9.4 3項演算子としての if～else…

条件分岐のための「if～else…」文に関しては「2.5.4 条件分岐」のところで解説したが、3項演算子としての「if～else…」の記述も可能である。

《 if～else… 演算子 》

値 1 if 条件式 else 値 2

この文は演算の式であり、結果として値を返す。「条件式」が真の場合は「値 1」を、偽の場合は「値 2」を返す。

この式は、条件による値の評価の選択を lambda 式などの中で簡潔に記述するのに役立つ。

例. 偶数／奇数を判定する lambda 式

```
>>> evod = lambda n : '偶' if n % 2 == 0 else '奇'  ← 1 行で条件分岐を記述
>>> evod( 2 )  ← 2 は偶数か奇数か？
'偶' ←処理結果
>>> evod( 3 )  ← 3 は偶数か奇数か？
'奇' ←処理結果
```

2.9.5 all, any による一括判定

リストやタプルといったデータ構造に格納された真理値を一括で評価するには all 関数や any 関数を用いる。

《all 関数》

書き方： all(真理値を要素とするデータ構造)

「真理値を要素とするデータ構造」の全ての要素が True の場合に True を、それ以外の場合は False を返す。

例. all 関数

```
>>> p = [True, True, True, True]  ←全て True のリストに対する
>>> all( p )  ← all 関数の結果は
True ← True (真) となる
>>> p = [True, True, False, True]  ← 1 つでも False があると
>>> all( p )  ← all 関数の結果は
False ← False (偽) となる
```

《any 関数》

書き方： any(真理値を要素とするデータ構造)

「真理値を要素とするデータ構造」に 1 つでも True の要素が含まれる場合に True を、それ以外の場合は False を返す。

例. any 関数

```
>>> p = [False,False,True,False] Enter ← 1 つでも True があると
>>> any( p ) Enter ← any 関数の結果は
True ← True (真) となる
>>> p = [False,False,False,False] Enter ← 全て False のリストに対する
>>> any( p ) Enter ← any 関数の結果は
False ← False (偽) となる
```

これらの関数が対象とするデータは真理値であるが、map 関数と組み合わせると、真理値以外の多量のデータに対して指定した条件を満たすかどうかを一括して検査することが可能となる。これに関してサンプルプログラム allany01.py を例に挙げて説明する。

プログラム：allany01.py

```
1 # coding: utf-8
2 # all, any のサンプル
3 import random
4 #-----#
5 # テストデータの作成 #
6 #-----#
7 # 全ての要素が50未満の乱数データのリスト
8 d1 = [ random.randrange(0,50) for x in range(7) ]
9 # 1つだけ50より大きい要素を持つリスト
10 d2 = [ random.randrange(0,50) for x in range(7) ]
11 d2[5] = 99
12
13 #-----#
14 # テスト関数 (50未満かどうかのチェック) #
15 #-----#
16 # テスト関数1 (50未満かどうかのチェック)
17 def chkU50( n ):
18     return( n < 50 )
19
20 # テスト関数2 (50以上かどうかのチェック)
21 def chkG50( n ):
22     return( n >= 50 )
23
24 # 汎用テスト関数
25 def forAll( f, d ): # dの全てがfか?
26     return( all( map(f,d) ) )
27
28 def ifAny( f, d ): # dにfなるものがあるか?
29     return( any( map(f,d) ) )
30
31 #-----#
32 # 検査の実行 #
33 #-----#
34 print( 'データ1:', d1 )
35 print( '全て50未満か?:', forAll( chkU50, d1 ) )
36 print( '50以上があるか?:', ifAny( chkG50, d1 ), '\n' )
37 print( 'データ2:', d2 )
38 print( '全て50未満か?:', forAll( chkU50, d2 ) )
39 print( '50以上があるか?:', ifAny( chkG50, d2 ) )
```

このプログラムは、乱数のリストに対して条件判定を一括して行うサンプルである。8行目では「50未満の整数」の乱数を要素として持つデータ d1 を、10～11行目では1つだけ50を超える整数を持つ乱数データ d2 を生成している。

17～18行目では「50未満」を判定する関数 chkU50 を、21～22行目では「50以上」を判定する関数 chkG50 を定義している。

25～26行目では、指定した条件判定関数が与えられた「全てのデータで真となる」ことを判定する関数 forAll を、28～29行目では、指定した条件判定関数が与えられたデータに対して「少なくとも1つ真となる」ことを判定する関数 ifAny を定義している。

allany01.py を実行した例を次に示す.

```
データ 1: [24, 32, 14, 26, 2, 33, 15]
全て 50 未満か?: True
50 以上があるか?: False

データ 2: [28, 40, 15, 25, 14, 99, 4]
全て 50 未満か?: False
50 以上があるか?: True
```

このサンプルで定義している forAll, ifAny 関数のような実装により, 多量のデータに対する判定を行うための汎用の関数が定義できる.

2.9.6 高階関数モジュール: functools

本書では map, filter といった関数を取り上げているが, functools モジュールは「関数をオブジェクトに対して実行する際の高度な機能」を提供している. このモジュールは Python 処理系に標準的に添付されており,

```
import functools
```

として読み込んで使用する. ここでは functools の使用例を 1 つ紹介する.

2.9.6.1 reduce

reduce は, 2 つの引数をとる関数 (あるいは lambda) をデータ列の要素に順番に累積的に適用する. (次の例参照)

例. 2 つの数の和を求める関数を用いて, データ列の合計を求める

```
>>> import functools  Enter      ←モジュールの読み込み
>>> def wa(a,b): return(a+b)  Enter  ← 2 つの引数の和を求める関数の定義
...  Enter  ←定義の記述の終了
>>> d = [1,2,3,4,5,6,7,8,9,10]  Enter  ← 1~10 のデータを用意
>>> functools.reduce( wa, d )  Enter  ←データに対して reduce で処理を実行
55      ←処理結果
```

この例で定義されている関数 wa(a,b) は, a+b を求めるものであるが, reduce を使用すると [a,b,c,d,e,f,g] というデータ列に対して,

```
(((((a+b)+c)+d)+e)+f)+g
```

という処理を施す.

2.10 代入式

イコール「=」による変数への値の割り当ては**文**であり、それ自体は値を返さない。Python 3.8 からは、「:=」を用いて変数に値を割り当てる**代入式**が導入された。代入式は代入した値を返す。

例. 「=」と「:=」の違い

```
>>> x = (a=3)  ←通常の代入文「a=3」を x に代入しようとする…
File "<stdin>", line 1          ←文法エラー (SyntaxError) となる
    x = (a=3)
    ^
SyntaxError: invalid syntax

>>> x = (a:=3)  ←代入式「a:=3」は x に代入することができる
>>> x  ←内容確認
3 ←結果表示
```

代入式を用いると、条件式の記述の中に代入処理を直接記述するといったことが可能となり、プログラムの可読性を高める場合がある。(次の例参照)

例. 標準入力（キーボード）から数値を入力するサイクル（0 で終了）

```
>>> while (v:=int(input('0 で終了>'))):  ←条件判定の中に代入式を用いる
...     print(' 入力値:',v) 
...  ←繰り返し文の終了
0 で終了>1  ←値の入力 (0 でない)
入力値: 1 ←出力
0 で終了>2  ←値の入力 (0 でない)
入力値: 2 ←出力
0 で終了>0  ←値の入力 (0 で終了)
>>> ←対話モードのプロンプトに戻った
```

代入式を使わずにこれと同じ処理を記述すると次のようになる。

例. 上と同等の処理

```
>>> while True:  ←繰り返しの記述の開始
...     v=int(input('0 で終了>'))  ←通常の代入文で値を読み取る
...     if v != 0:  ←値の判定
...         print(' 入力値:',v) 
...     else: 
...         break 
...  ←繰り返し文の終了
0 で終了>1  ←値の入力 (0 でない)
入力値: 1 ←出力
0 で終了>2  ←値の入力 (0 でない)
入力値: 2 ←出力
0 で終了>0  ←値の入力 (0 で終了)
>>> ←対話モードのプロンプトに戻った
```

3 Kivy による GUI アプリケーションの構築

Kivy は MIT ライセンスで配布される GUI ライブラリであり、インターネットサイト <https://kivy.org/> から入手できる。インストール方法⁹⁶ から API の説明まで当該サイトで情報を入手することができる。本書では Kivy の基本的な使用方法について解説する。

3.1 Kivy の基本

Kivy によるアプリケーションプログラムは、App クラスのオブジェクトとして構築する。App クラスの使用に際して、下記のようにして必要なモジュールを読み込んでおく。

App クラスの読み込み

```
from kivy.app import App
```

3.1.1 アプリケーションプログラムの実装

具体的には、App クラスかそれを継承する（拡張する）クラス（以後「アプリケーションのクラス」と呼ぶ）をプログラマが定義し、そのクラスのインスタンスを生成することでアプリケーション・プログラムが実装できる。アプリケーションのインスタンスに対して run メソッドを実行することでアプリケーションプログラムの動作が開始する。

run メソッドを呼び出すと、最初にアプリケーションのクラスのメソッド build が呼び出される。この build メソッドは、App クラスに定義されたメソッドであり、これをプログラマが上書き定義（オーバーライド）することで、アプリケーション起動時の処理を記述することができる。build メソッドで行うことは主に GUI の構築などである。

Kivy によるアプリケーションプログラム構築の素朴な例として、サンプルプログラム kivy01-1.py を次に示す。

プログラム：kivy01-1.py

```
1 # coding: utf-8
2
3 # 基本となるアプリケーションクラス
4 from kivy.app import App
5 # ラベルオブジェクト
6 from kivy.uix.label import Label
7
8 # アプリケーションのクラス
9 class kivy01(App):
10     def build(self):
11         self.lb1 = Label(text='This is a test of Kivy.')
12         return self.lb1
13
14 #---- メインルーチン ----
15 # アプリケーションのインスタンスを生成して起動
16 ap = kivy01()
17 ap.run()
```

この例では、App クラスを拡張した kivy01 クラスとしてアプリケーションを構築している。kivy01 クラスの中では build メソッドをオーバーライド定義しており、Label ウィジェット（文字などを表示するウィジェット⁹⁷）を生成している。

このプログラムを実行すると図 5 のようなウィンドウが表示される。

3.1.2 GUI 構築の考え方

先のプログラム kivy01-1.py においては、GUI 要素として Label ウィジェットを生成しており、このウィジェットが build メソッドの戻り値となる。

⁹⁶ 巻末付録「B.1 Kivy のインストール作業の例」（p.282）でインストール方法を概略的に紹介している。

⁹⁷ ウィジェット：GUI を構成する部品のこと。

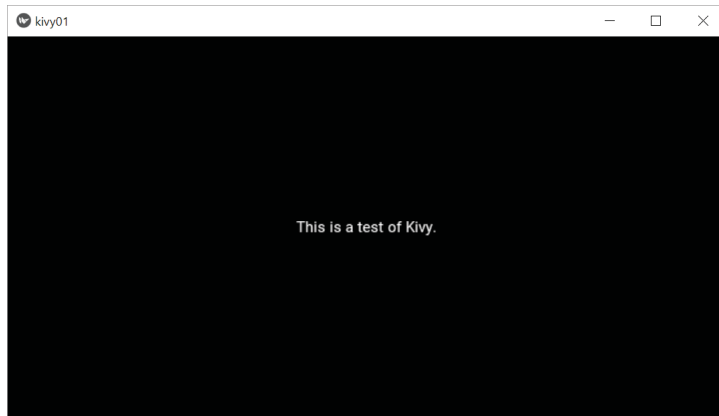


図 5: Kivy01-1.py の実行結果

Kivy では、GUI を階層構造として構築する。すなわち「親」のオブジェクトの配下に「子」のオブジェクト群が従属する形で GUI を構築する。Kivy には GUI の配置を制御する `Layout` や `Screen` といったクラスがあり、それらクラスのオブジェクト配下にウィジェットなどの要素を配置する形式で GUI を構築する。先のプログラム `kivy01-1.py` では、最も単純に GUI の導入説明をするために、`Label` オブジェクトが 1 つだけ存在するものとした。すなわち、この `Label` オブジェクトが GUI の最上位の「親オブジェクト」となっている。実際のアプリケーション構築においては、`Layout` や `Screen` のオブジェクトなど、要素の配置を制御するものを GUI の最上位オブジェクトとすることが一般的である。

Kivy における GUI のためのクラスは、大まかに **ウィジェット**、**レイアウト**、**スクリーン** の 3 つに分けて考えることができる。

3.1.2.1 Widget (ウィジェット)

ボタンやラベル、チェックボックス、テキスト入力エリアといった基本的な要素である。代表的なウィジェットを表 19 に挙げる。

表 19: 代表的なウィジェット

クラス	機能
<code>Label</code>	ラベル（文字などを表示する）
<code>Button</code>	ボタン
<code>TextInput</code>	テキスト入力（フィールド／エリア）
<code>CheckBox</code>	チェックボックス
<code>ProgressBar</code>	進捗バー
<code>Slider</code>	スライダ
<code>Switch</code>	スイッチ
<code>ToggleButton</code>	トグルボタン
<code>Image</code>	画像表示
<code>Video</code>	動画表示

この他にも多くのウィジェットがあるが、詳しくは Kivy の公式サイトを参照のこと。

3.1.2.2 Layout (レイアウト)

レイアウトは GUI オブジェクトを配置するためのもので、一種の「コンテナ」(容器) と考えることができる。例えば BoxLayout を使用すると、その配下にウィジェットなどを水平あるいは垂直に配置する (図 6) ことができる。

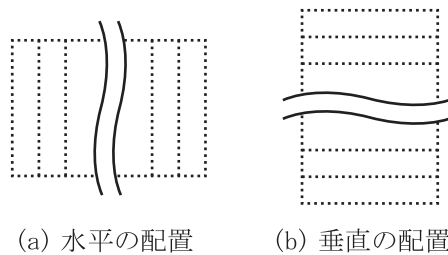


図 6: BoxLayout

例えば, BoxLayout を入れ子の形で (階層的に) 組み合わせると, 図 7 のような GUI デザインを実現することができる。

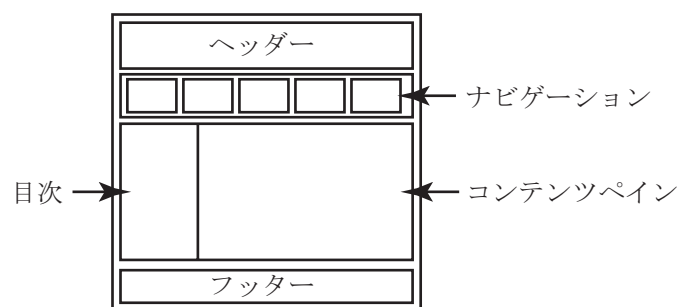


図 7: BoxLayout を組み合わせたデザインの例

利用できるレイアウトを表 20 に挙げる。

表 20: 利用できるレイアウト	
クラス	機能
BoxLayout	水平／垂直のレイアウト
GridLayout	縦横 (2 次元) のグリッド配置
StackLayout	水平あるいは垂直方向に順番に追加される配置
AnchorLayout	片寄せ, 中揃え (均等配置) の固定位置
FloatLayout	直接位置指定 (絶対, 相対)
RelativeLayout	直接位置指定 (画面の位置: 絶対, 相対)
PageLayout	複数ページの切り替え形式
ScatterLayout	移動, 回転などを施すためのレイアウト

3.1.2.3 Screen (スクリーン)

スクリーンにはレイアウトやウィジェットを配置することができ, 1 つのスクリーンは 1 つの操作パネルと見ることができる。更に複数のスクリーンをスクリーンマネージャ (Screen は ScreenManager) と呼ばれるオブジェクト配下に設置することができ, それらスクリーンを切り替えて表示することができる。

スクリーンマネージャを用いて構築された GUI は, いわゆるプレゼンテーションスライドのように動作し, 各スクリーンを遷移して切り替えること (transition) で異なる複数のインターフェースを切り替えることができる。

Screen の扱いに関しては「3.9 GUI 構築の形式」(p.165) のところで説明する。

3.1.3 ウィンドウの扱い

ウィンドウ（Window）は構築する GUI アプリケーション全体を表すオブジェクトであり、1つのアプリケーションに1つのウィンドウオブジェクトが存在する。

ウィンドウオブジェクトを明に扱うには、次のようにして Window モジュールを読み込んでおく必要がある。

Window モジュールの読み込み

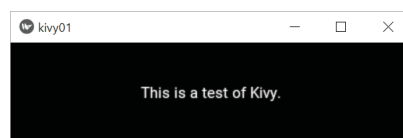
```
from kivy.core.window import Window
```

Window オブジェクトを用いると、例えばウィンドウサイズの調整などができる。先のプログラムを改変した kivy01-2.py を次に示す。

プログラム：kivy01-2.py

```
1  # coding: utf-8
2
3  # 基本となるアプリケーションクラス
4  from kivy.app import App
5  # ラベルオブジェクト
6  from kivy.uix.label import Label
7  # ウィンドウの操作に必要なもの
8  from kivy.core.window import Window
9
10 # アプリケーションのクラス
11 class kivy01(App):
12     def build(self):
13         self.lb1 = Label(text='This is a test of Kivy.')
14         return self.lb1
15
16 #---- メインルーチン ----
17 # ウィンドウサイズの設定（400×100）
18 Window.size = (400,100)
19 # アプリケーションのインスタンスを生成して起動
20 ap = kivy01()
21 ap.run()
```

このように Window オブジェクトの size プロパティを指定することで、アプリケーションのウィンドウサイズを変更することができる。（図 8 参照）



Window の size プロパティを 400 × 100 に設定している

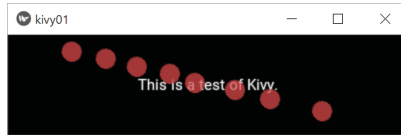
図 8: Kivy01-2.py の実行結果

Window のプロパティとしては他にも clearcolor もあり、この値⁹⁸を設定することでウィンドウの色を変更することもできる。

3.1.4 マルチタッチの無効化

Kivy ではポインティングデバイスのマルチタッチを受け付けるが、通常の PC のデスクトップ環境ではマルチタッチが使用できないことが多い。この場合、Kivy アプリケーションのウィンドウ内でマウスを右クリックすると、ウィンドウ内に小さな円が表示される。先に挙げたプログラム kivy01-2.py において実行中にマウスを右クリックした様子の例を図 9 に示す。

⁹⁸clearcolor の値は (R,G,B, α) のタプルで与える。



右クリックした場所に小さな円が表示される

図 9: 通常の PC 環境での右クリック

ポインティングデバイスのマルチタッチを無効化するとこの反応はなくなる。そのためには、Kivy 関連モジュールの読み込みに先立って次のように記述する。

```
from kivy.config import Config
Config.set('input', 'mouse', 'mouse,disable_multitouch')
```

Kivy には各種の設定のための Config オブジェクトがあり、それに対して set メソッドを用いることで設定作業を行う。

3.2 基本的な GUI アプリケーション構築の方法

3.2.1 イベント処理（導入編）

GUI アプリケーションプログラムはユーザからの操作をはじめとするイベントの発生を受けてイベントハンドラを起動する、いわゆるイベント駆動型のスタイルを基本とする。ここではサンプルプログラムの構築を通してイベント処理の基本的な実装方法について説明する。

先に挙げたサンプルプログラムを更に改変して、ラベルオブジェクトにタッチ⁹⁹が起こった際のイベント処理について説明する。

3.2.1.1 イベントハンドリング

ここでは、Label オブジェクトが touch_down（タッチの開始／ボタンの押下）、touch_move（ドラッグ）、touch_up（タッチの終了／ボタンを放す）といったイベントを受け付ける例を挙げて説明する。ウィジェットには、それらイベントを受け付けるためのメソッド（on_touch_down, on_touch_move, on_touch_up）が定義されており、プログラムはウィジェットの拡張クラスを定義して、それらメソッドをオーバーライドして、実際の処理を記述する。

プログラム：kivy01-3.py

```
1  # coding: utf-8
2
3  # 基本となるアプリケーションクラス
4  from kivy.app import App
5  # ラベルオブジェクト
6  from kivy.uix.label import Label
7  # ウィンドウの操作に必要なもの
8  from kivy.core.window import Window
9
10 # ラベルの拡張
11 class MyLabel(Label):
12     # タッチ開始（マウスボタンの押下）の場合の処理
13     def on_touch_down(self, touch):
14         print(self.events())
15         print('touch down: ', touch.spos)
16     # タッチの移動（ドラッグ）の場合の処理
17     def on_touch_move(self, touch):
18         print('touch move: ', touch.spos)
19     # タッチ終了（マウスボタンの開放）の場合の処理
20     def on_touch_up(self, touch):
21         print('touch up : ', touch.spos)
22
```

⁹⁹パーソナルコンピュータの操作環境ではマウスのクリックがこれに相当する。Kivy はスマートフォンやタブレットコンピュータでの処理を前提にしており、タッチデバイスを基本にしたイベント処理となっている。

```

23 # アプリケーションのクラス
24 class kivy01(App):
25     def build(self):
26         self.lb1 = MyLabel(text='This is a test of Kivy.')
27         return self.lb1
28
29 #---- メインルーチン ----
30 # ウィンドウサイズの設定
31 Window.size = (400,100)
32 # アプリケーションのインスタンスを生成して起動
33 ap = kivy01()
34 ap.run()

```

解説：

このプログラムでは、Label クラスを拡張した MyLabel クラスを定義し（11～21 行目）、そのクラスでイベントハンドリングをしている。このクラスではそれぞれのイベントに対応するメソッドの記述をしており、仮引数として記述された touch に、イベント発生時の各種情報を保持するオブジェクトが与えられる。

アプリケーション全体は、App クラスの拡張クラス kivy01 クラスとして定義されている。（24～27 行目）。14 行目にあるように、events メソッドを実行すると、そのオブジェクトが対象とするイベントの一覧情報が得られる。また、マウスやタッチデバイスのイベントが持つ spos プロパティには、イベントが発生した位置の情報が保持されている。

このプログラムを実行した際の標準出力の例を次に示す。

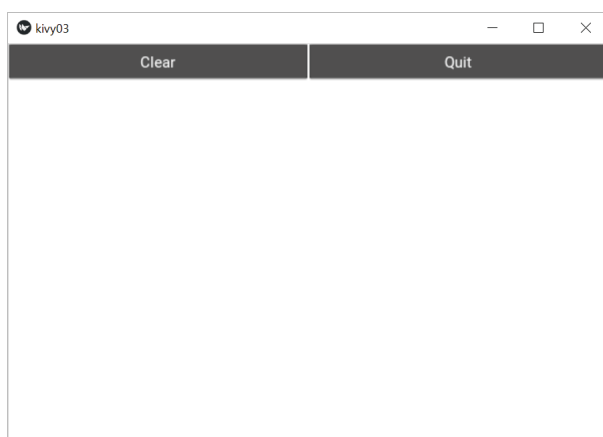
```

dict_keys([on_ref_press; on_touch_down; on_touch.move; on_touch.up])
touch down: (0.0875, 0.45999999999999996)
touch move: (0.0875, 0.48)
touch move: (0.09, 0.48)
touch move: (0.0925, 0.48)
touch move: (0.095, 0.48)
touch move: (0.0975, 0.48)
touch move: (0.1, 0.48)
touch move: (0.0975, 0.47)
touch up : (0.0975, 0.47)

```

3.2.2 アプリケーション構築の例

ここでは、簡単な事例を挙げて、GUI アプリケーションプログラムの構築について説明する。事例として示すアプリケーションは簡単な描画アプリケーションで、概観を図 10 に示す。このアプリケーションは、ウィンドウ下部の描画領域にタッチデバイスやマウスでドラッグした軌跡を描画する。またウィンドウ上部の「Clear」ボタンをタッチ（クリック）すると描画領域を消去し、「Quit」ボタンをタッチ（クリック）するとアプリケーションが終了する。



(a) 起動時



(b) タッチデバイスやマウスで描画した例

図 10: kivy03.py の実行結果

この事例では、BoxLayout を使用してウィンドウ内のレイアウトを実現している。具体的には、水平方向の BoxLayout を用いて「Clear」と「Quit」の2つのボタンを配置し、そのレイアウトと描画領域を垂直方向の BoxLayout で配置している。BoxLayout を使用するには次のようにして必要なモジュールを読み込んでおく。

BoxLayout を使用するためのモジュールの読み込み

```
from kivy.uix.boxlayout import BoxLayout
```

BoxLayout の配置方向（水平，垂直）の指定は，インスタンス生成時にコンストラクタの仮引数としてキーワード引数「orientation=」を与える。この引数の値として'horizontal' を与えると水平方向，'vertical' を与えると垂直方向の配置となる。

ボタンウィジェット（Button）を使用するには次のようにして必要なモジュールを読み込んでおく。

Button を使用するためのモジュールの読み込み

```
from kivy.uix.button import Button
```

ボタンウィジェットのトップに表示する文字列は，インスタンス生成時にコンストラクタの仮引数としてキーワード引数「text=」を与える。この引数の値として文字列を与えると，それがボタントップに表示される。

グラフィックスを描画するには，Widget クラスを使用するのが一般的である。このクラスは多くのウィジェットの上位クラスであり，描画をするための canvas という要素を持つ。グラフィックスの描画はこの canvas に対して行う。Widget を使用するには次のようにして必要なモジュールを読み込んでおく。

Widget を使用するためのモジュールの読み込み

```
from kivy.uix.widget import Widget
```

【実装例】

今回の事例のプログラムを kivy03.py に挙げる。これを示しながら GUI アプリケーションプログラム構築の流れを説明する。

プログラム：kivy03.py

```
1  # coding: utf-8
2
3  #----- 必要なパッケージの読み込み -----
4  import sys
5  from kivy.app import App
6  from kivy.uix.boxlayout import BoxLayout
7  from kivy.uix.button import Button
8  from kivy.uix.widget import Widget
9  from kivy.graphics import Color, Line
10 from kivy.core.window import Window
11
12 #----- 拡張クラスの定義 -----
13 # アプリケーションのクラス
14 class kivy03(App):
15     def build(self):
16         return root
17
18 # Clear ボタンのクラス
19 class BtnClear(Button):
20     def on_release(self):
21         drawArea.canvas.clear()
22 # Quit ボタンのクラス
23 class BtnQuit(Button):
24     def on_release(self):
25         sys.exit()
26
27 # 描画領域のクラス
28 class DrawArea(Widget):
```

```

29     def on_touch_down(self,t):
30         self.canvas.add( Color(0.4,0.4,0.4,1) ) # 描画色の設定
31         self.lineObject = Line( points=(t.x,t.y), width=10 )
32         self.canvas.add( self.lineObject )
33     def on_touch_move(self,t):
34         self.lineObject.points += (t.x,t.y)
35     def on_touch_up(self,t):
36         pass
37
38 #----- GUIの構築 -----
39 # ウィンドウの色とサイズ
40 Window.size = (600,400)
41 Window.clearcolor = (1,1,1,1)
42
43 # 最上位レイアウトの生成
44 root = BoxLayout(orientation='vertical')
45
46 # ボタンパネルの生成
47 btnpanel = BoxLayout(orientation='horizontal')
48 btnClear = BtnClear(text='Clear') # Clearボタンの生成
49 btnQuit = BtnQuit(text='Quit') # Quitボタンの生成
50 btnpanel.add_widget(btnClear) # Clearボタンの取り付け
51 btnpanel.add_widget(btnQuit) # Quitボタンの取り付け
52 btnpanel.size_hint = ( 1.0 , 0.1 ) # ボタンパネルのサイズ調整
53 root.add_widget(btnpanel) # ボタンパネルをメインウィジェットに取り付け
54
55 # 描画領域の生成
56 drawArea = DrawArea()
57 root.add_widget(drawArea)
58
59 #----- アプリケーションの実行 -----
60 ap = kivy03()
61 ap.run()

```

全体の概要：

このプログラムの4～10行目で必要なモジュール群を読み込んでいる。必要となる各種のクラスの定義は14～36行目に記述している。GUIを構成するための各種のインスタンスの生成は44～57行目に記述しており、60～61行目にアプリケーションの実行を記述している。

BoxLayout へのウィジェットの登録

「Clear」「Quit」の2つのボタンは48～49行目で生成しており、これらを `add_widget` メソッドを用いて水平配置の `BoxLayout` である `btnpanel` に登録している。同様の方法で、最上位の `BoxLayout` (垂直配置) である `root` に `btnpanel` と描画領域のウィジェット `drawArea` を登録 (53,57行目) している。

※ 親ウィジェットに子ウィジェットを登録、削除する方については「3.2.4 ウィジェットの登録と削除」(p.146)を参照のこと。

`BoxLayout` 配下に登録されたオブジェクトは均等大きさで配置されるが、今回の事例では、ボタンの領域の高さを小さく、描画領域の高さを大きく取っている。このように、配置領域の大きさの配分を変えるには、`BoxLayout` の子の要素に対して `size_hint` プロパティを指定する。52行目で実際にこれをしているが、本来均等となるサイズに対する比率を (水平比率, 垂直比率) の形で与える。

canvas に対する描画

Widget の `canvas` に対して描画するには `Graphics` クラスのオブジェクトを使用する。具体的には `Graphics` クラスのオブジェクトを `canvas` に対して `add` メソッドを用いて登録する。

`canvas` に対して登録できる `Graphics` オブジェクトには `Line` (折れ線), `Rectangle` (長方形), `Ellipse` (楕円)をはじめとする多くのものがある。また描画の色も `Color` オブジェクトを `canvas` に登録することで指定する。今回のプログラムでは30行目で `Color` オブジェクトを登録して描画色を指定している。また、31行目で `Line` オブジェクトを登録し、34行目でこれを更新することで描画している。

イベント処理と描画の流れ

今回のプログラムでは、描画領域のオブジェクト `drawArea` に対するイベント処理によって描画を実現している。具体的には `DrawArea` クラスの定義の中で、タッチが開始（マウスボタンのクリックが開始）したことを受けるイベントハンドラである `on_touch_down` メソッド、ドラッグしたことを受けるイベントハンドラである `on_touch_move` メソッド、タッチが終了（マウスボタンが解放）したことを受けるイベントハンドラである `on_touch_up` メソッドを記述することで描画処理を実現している。これらメソッドは2つの仮引数を取る。

まず、`on_touch_down` で描画の開始をするが、`Color` オブジェクトの登録による色の指定（30行目）をして、`Line` オブジェクトを生成（31行目）して登録（32行目）している。このときはまだ `Line` オブジェクトは描画の開始点の座標のみを保持している。

次に、ドラッグが起こった際に `on_touch_move` で `Line` オブジェクトの座標を追加（34行目）することで、実際の描画を行う。タッチやマウスの座標はメソッドの第2引数である `t` に与えられるオブジェクトに保持されている。このオブジェクトの `x` プロパティに `x` 座標の値が、`y` プロパティに `y` 座標の値がある。

canvas の消去

`canvas` オブジェクトに対して `clear` メソッドを実行することでそこに登録された `Graphics` オブジェクトを全て消去する。今回のプログラムでは、消去ボタンである `btnClear` オブジェクトのタッチ（クリック）を受けるイベント処理でこのメソッドを実行（21行目）して描画を消去している。`Button` オブジェクトのタッチ（クリック）の開始と終了のイベントは、`on_press`, `on_release` メソッドで受ける。これらメソッドは1つの仮引数を取る。

アプリケーションの終了

今回のプログラムでは、終了ボタンである `btnQuit` オブジェクトに対するイベント処理でアプリケーションの終了を実現している。`sys` モジュールを読み込み、`sys` クラスのメソッド `exit` を呼び出すことでプログラムが終了する。

3.2.3 イベント処理（コールバックの登録による方法）

ウィジェットの拡張クラスを定義してイベントハンドリングのメソッドをオーバーライドする方法とは別に、`bind` メソッドを用いてイベントハンドリングする方法もある。

GUIのオブジェクトの生成後、そのオブジェクトに対して、

オブジェクト.bind(イベント=コールバック関数)

とすることで、`bind` メソッドの引数に指定したイベントが発生した際に、指定したコールバック関数を呼び出すことができる。この方法を採用することにより、イベント処理を目的とする拡張クラスの定義を省くことができる。

`bind` を用いてイベント処理を登録する形で先のプログラム `kivy03.py` を書き換えたプログラム `kivy03-2.py` を示す。

プログラム：kivy03-2.py

```
1  # coding: utf-8
2
3  #----- 必要なパッケージの読み込み -----
4  import sys
5  from kivy.app import App
6  from kivy.uix.boxlayout import BoxLayout
7  from kivy.uix.button import Button
8  from kivy.uix.widget import Widget
9  from kivy.graphics import Color, Line
10 from kivy.core.window import Window
11
12 #----- 拡張クラスの定義 -----
13 # アプリケーションのクラス
14 class kivy03(App):
15     def build(self):
16         return root
17
18 #----- GUIの構築 -----
19 # ウィンドウの色とサイズ
```



```

20 Window.size = (600,400)
21 Window.clearcolor = (1,1,1,1)
22
23 # 最上位レイアウトの生成
24 root = BoxLayout(orientation='vertical')
25
26 # ボタンパネルの生成
27 btnpanel = BoxLayout(orientation='horizontal')
28 btnClear = Button(text='Clear') # Clearボタンの生成
29 btnQuit = Button(text='Quit') # Quitボタンの生成
30 btnpanel.add_widget(btnClear) # Clearボタンの取り付け
31 btnpanel.add_widget(btnQuit) # Quitボタンの取り付け
32 btnpanel.size_hint = ( 1.0 , 0.1 ) # ボタンパネルのサイズ調整
33 root.add_widget(btnpanel) # ボタンパネルをメインウィジェットに取り付け
34
35 # 描画領域の生成
36 drawArea = Widget()
37 root.add_widget(drawArea)
38
39 #----- コールバックの定義と登録 -----
40 # 描画領域を消去する関数
41 def callback_Clear(self):
42     drawArea.canvas.clear()
43     drawArea.canvas.add( Color(0.4,0.4,0.4,1) )
44     drawArea.lineObject = Line(points=[],width=10)
45     drawArea.canvas.add( drawArea.lineObject )
46 btnClear.bind(on_release=callback_Clear) # ボタンへの登録
47
48 # アプリケーションを終了する関数
49 def callback_Quit(self):
50     sys.exit()
51 btnQuit.bind(on_release=callback_Quit) # ボタンへの登録
52
53 # 描画のための関数
54 def callback_drawStart(self,t):
55     self.canvas.add( Color(0.4,0.4,0.4,1) )
56     self.lineObject = Line( points=(t.x,t.y), width=10 )
57     self.canvas.add( self.lineObject )
58 def callback_drawMove(self,t):
59     self.lineObject.points += (t.x,t.y)
60 def callback_drawEnd(self,t):
61     pass
62 drawArea.bind(on_touch_down=callback_drawStart)
63 drawArea.bind(on_touch_move=callback_drawMove)
64 drawArea.bind(on_touch_up=callback_drawEnd)
65
66
67 #----- アプリケーションの実行 -----
68 ap = kivy03()
69 ap.run()

```

全体の概要：

GUI 構築の部分は概ね kivy03.py と同じであるが、イベント処理のためのコールバック関数の定義と各ウィジェットへの登録が、41～64 行目に記述されている。

イベントハンドリングには、拡張クラスを定義してイベントハンドラをオーバーライドする方法と、bind メソッドによるコールバック関数の登録の 2 種類の方法があるが、プログラムの可読性をなどを考慮してどちらの方法を採用するかを検討するのが良い。

3.2.4 ウィジェットの登録と削除

ウィジェットは親の要素に子の要素を登録する方法で階層的関係を構築する。親のウィジェット wp に子のウィジェット wc を登録するには add_widget メソッドを用いて、

```
wp.add_widget(wc)
```


と実行する。また逆に wp から wc を削除するには remove_widget を用いて、

```
wp.remove_widget(wc)
```

と実行する。

次のプログラム kivy07.py は、一旦登録したウィジェットを取り除く処理を示すものである。

プログラム：kivy07.py

```
1  # coding: utf-8
2
3  #----- 必要なパッケージの読み込み -----
4  from kivy.app import App
5  from kivy.uix.anchorlayout import AnchorLayout
6  from kivy.uix.button import Button
7  from kivy.core.window import Window
8
9  #----- 最上位のウィジェット -----
10 root = AnchorLayout()
11
12 #----- ボタンの生成 -----
13 btn1 = Button(text='Delete This Button!')
14
15 # 最上位のウィジェットからボタンを取り除く処理（コールバック関数）
16 def delbtn(self):
17     root.remove_widget(btn1)
18
19 # ボタンへのコールバックの登録
20 btn1.bind(on_release=delbtn)
21
22 #----- 最上位のウィジェットにボタンを登録 -----
23 root.add_widget(btn1)
24
25 #----- アプリケーションの実装 -----
26 class kivy07(App):
27     def build(self):
28         return root
29
30 Window.size=(250,50)
31 kivy07().run()
```

解説

このプログラムは最上位の AnchorLayout にボタンを1つ登録するものであり、そのボタンをクリック（タッチ）すると、そのボタン自身を取り除く。プログラムの実行例を図 11 に示す。

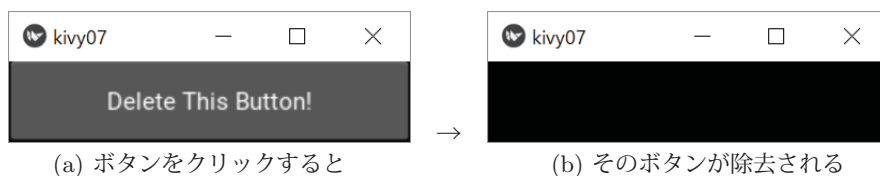


図 11: ウィジェット（ボタン）を取り除く処理

3.2.5 アプリケーションの開始と終了のハンドリング

Kivy アプリケーションの実行が開始する時と終了する時のハンドリングは、アプリケーションクラスの on_start メソッドと on_stop メソッドでそれぞれ行う。この様子を次のサンプルプログラム kivy08.py で確認できる。

プログラム：kivy08.py

```
1  # coding: utf-8
2  #----- 必要なパッケージの読み込み -----
3  from kivy.app import App
4  from kivy.uix.label import Label
5  from kivy.core.window import Window
```

```

6
7 #----- 最上位のウィジェット -----
8 root = Label(text='This is a sample.')
9
10 #----- アプリケーションの実装 -----
11 class kivy08(App):
12
13     # アプリケーションのインスタンス生成
14     def build(self):
15         print('0) アプリケーションのインスタンスが生成されました. ')
16         return root
17
18     # アプリケーション実行開始時
19     def on_start(self):
20         print('1) アプリケーションの実行が開始されました. ')
21
22     # アプリケーション終了時
23     def on_stop(self):
24         print('2) アプリケーションを終了します. ')
25
26 Window.size=(250,50)
27 kivy08().run()

```

このプログラムを実行すると図 12 のようなウィンドウが表示される。

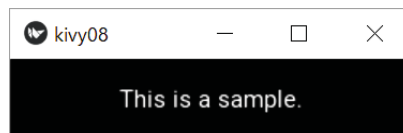


図 12: Kivy08.py のアプリケーションウィンドウ

アプリケーションの生成時，開始時，終了時にそれぞれメッセージを標準出力に出力する。（次の例参照）

- | | |
|-----------------------------|------|
| 0) アプリケーションのインスタンスが生成されました. | ←生成時 |
| 1) アプリケーションの実行が開始されました. | ←開始時 |
| 2) アプリケーションを終了します. | ←終了時 |

3.3 各種ウィジェットの使い方

ここでは使用頻度の高い代表的なウィジェットの基本的な使い方について説明する。より詳細な使用方法については Kivy の公式サイトを参照のこと。またここで紹介するウィジェット以外にも有用なものが多くあり，それらについても公式サイトを参照のこと。

3.3.1 ラベル：Label

GUI に文字を表示する場合に標準的に用いられるのがラベル（Label）オブジェクトである。Label のインスタンスを生成する際，コンストラクタの引数に `text='文字列'` とすると，与えた文字列を表示するラベルが生成される。図 13 は `Label(text='This is a test for Label object.')` として生成したラベルを表示した例である。

図 13: Label オブジェクトの表示

ラベルに表示する文字のフォントを指定することができる。特に本書を執筆中の版の Kivy (1.10.1) は，フォントを指定せずに日本語の文字列を表示することができないので，日本語文字列を表示する場合にはフォント指定が必須である。図 14 は Windows 環境で

```
Label( text='日本語を MS ゴシックで表示するテスト',
      font_name='C:\Windows\Fonts\msgothic.ttc',
      font_size='24pt')
```

として、MS ゴシックフォントを使用して表示した例である。この書き方の中にある `font_name` はフォントのパス¹⁰⁰を、`font_size` はフォントのサイズを指定するものである。

日本語をMSゴシックで表示するテスト

図 14: Label オブジェクトの表示 (MS ゴシックによる日本語表示)

使用するフォントによっては、Kivy 独自の**マークアップ**を使用して、強調、斜体などのスタイルを施すことができる。マークアップは与える文字列の中に直接記述できる。図 15 は、

```
Label( text='[u] 日本語を IPA 明朝で表示するテスト (下線付き) [/u]',
      markup=True, color=(0.6,1,1,1), font_name='C:\Windows\Fonts\ipam.ttf',
      font_size='20pt')
```

として、IPA 明朝フォントを使用して下線 (アンダーライン) を施した例である。

マークアップを使用する場合は `markup=True` を指定する。またこの例のようにフォントの色を指定する際は

`color=(R,G,B, α)`

と指定する。

マークアップは `'[...]~[/...]'` で括るタグを使用する。代表的なマークアップには

[b]	文字列	[/b]	強調文字
[u]	文字列	[/u]	下線 (アンダーライン)
[i]	文字列	[/i]	斜体 (イタリック)

といったものがある。

日本語をIPA明朝で表示するテスト (下線付き)

図 15: Label オブジェクトの表示 (IPA 明朝による日本語表示：下線付き)

Label のコンストラクタに与える代表的なキーワード引数：

<code>text='文字列'</code>	
<code>font_name='フォントのパス'</code>	
<code>font_size='フォントサイズ'</code>	
<code>color=[赤, 緑, 青, α (不透明度)]</code>	全て 0~1 の値
<code>markup=True</code>	マークアップを使用する場合

ここで示した Label を表示するサンプルプログラムを `kivy02Label.py` に示す。

プログラム：kivy02Label.py

```
1 # coding: utf-8
2
3 #----- モジュールの読み込み -----
4 from kivy.app import App
5 from kivy.uix.boxlayout import BoxLayout
6 from kivy.uix.label import Label
7 from kivy.core.window import Window
8
9 #----- クラスの定義 -----
```

¹⁰⁰フォントのパスは OS 毎に異なるので注意すること。

```

10 # アプリケーションのクラス
11 class kivy02(App):
12     def build(self):
13         return root
14
15 #----- GUIの構築 -----
16 # 最上位のレイアウト
17 root = BoxLayout(orientation='vertical')
18
19 # ラベル
20 lb1 = Label(
21     text='This is a test for Label object.',
22     font_size='24pt')
23 lb2 = Label(
24     text='日本語をMSゴシックで表示するテスト',
25     font_name='C:\Windows\Fonts\msgothic.ttc',
26     font_size='24pt')
27 lb3 = Label(
28     text='日本語をMS明朝で表示するテスト',
29     font_name='C:\Windows\Fonts\msmincho.ttc',
30     font_size='24pt')
31 lb4 = Label(
32     text='日本語をIPAゴシックで表示するテスト',
33     color=(1,1,0,1),
34     font_name='C:\Windows\Fonts\ipag.ttf',
35     font_size='24pt')
36 lb5 = Label(
37     text='[u]日本語をIPA明朝で表示するテスト（下線付き）[/u]',
38     markup=True,
39     color=(0.6,1,1,1),
40     font_name='C:\Windows\Fonts\ipam.ttf',
41     font_size='20pt')
42 root.add_widget(lb1)
43 root.add_widget(lb2)
44 root.add_widget(lb3)
45 root.add_widget(lb4)
46 root.add_widget(lb5)
47
48 # ウィンドウの色とサイズ
49 Window.size = (640,300)
50
51 #----- アプリケーションの起動 -----
52 ap = kivy02()
53 ap.run()

```

注意) このプログラムを実行する場合は、フォントのパスなどを適切に編集すること。

3.3.1.1 リソースへのフォントの登録

フォントファイルが収められているディレクトリのパスを Kivy のリソース (resource) に登録しておくと font_name の指定において、フォントのファイル名のための記述で済む。フォントファイルのディレクトリをリソースに登録するには、resource_add_path メソッドを使用する。このメソッドを使用するためには次のようにして必要なモジュールを読み込んでおく。

```
from kivy.resources import resource_add_path
```

その後 resource_add_path メソッドを実行する。

《 フォントパスのリソースへの登録 》

resource_add_path(フォントディレクトリのパス)

例えば Windows 環境では、

```
resource_add_path('C:¥Windows¥Fonts')
```

などとする。

これに加えて `DEFAULT_FONT` の設定をしておくと、`font_name` の設定を省略した際のデフォルトフォントを指定できる。デフォルトフォントの設定には `LabelBase` クラスの `register` メソッドを使用する。これを行うには次のようにして必要なモジュールを読み込んでおく。

```
from kivy.core.text import LabelBase, DEFAULT_FONT
```

この後デフォルトフォントを設定する。

《 デフォルトフォントの設定 》

`LabelBase.register(DEFAULT_FONT, フォントファイル名)`

例えば Windows 環境で IPA ゴシックフォントをデフォルトフォントにするには、

```
LabelBase.register(DEFAULT_FONT, 'ipag.ttf')
```

などとする。

3.3.2 ボタン：Button

`Button` はボタンを実現するクラスである。ボタントップに表示する文字列の扱いについては `Label` の場合とほぼ同じであるが、下記のようにボタンのタッチ（クリック）によるイベント処理ができる点が特徴である。

タッチ（クリック）のイベント：

`on_press` タッチ（クリック）の開始

`on_release` タッチ（クリック）の終了

これらのイベントハンドリングには引数が1つ（自オブジェクト：`self`）与えられる。

`bind` メソッドでコールバック関数を登録する場合は、

`ボタンオブジェクト.bind(on_press=コールバック関数)`

`ボタンオブジェクト.bind(on_release=コールバック関数)`

とする。コールバック関数の定義を記述する際も仮引数は1つである。

「ボタンがクリックされた」ことをハンドリングするには「ボタンが放された」と解釈して `on_release` でハンドリングするとよい。

3.3.3 テキスト入力：TextInput

`TextInput` は文字列の入力、編集をする場合に使用する。フォントやフォントサイズの設定は `Label` の場合と同じである。

テキストの入力や変更の際に起こるイベント

`TextInput` オブジェクト内でテキストの新規入力や変更があった場合、それがイベントとして発生する。`TextInput` の拡張クラスを定義する際はそれを `on_text` メソッドとしてハンドリングする。また `TextInput` オブジェクトに対して `bind` メソッドでコールバック関数を登録する際は

`オブジェクト.bind(text=コールバック関数)`

とする。`on_text` メソッドでイベントハンドリングする際は仮引数を3つ取り、コールバック関数でハンドリングする際は仮引数を2つ取る。両方の場合において、第1引数には、そのオブジェクト自身（`self`）が与えられる。

入力されているテキストの文字列は、プロパティ `text` に保持されている。

複数行にまたがるテキストを扱うかどうかに関しては、コンストラクタにキーワード引数 '`multiline=True/False`' を与えることで設定する。`True` を与えると複数行の取り扱いが可能に、`False` を与えると1行のみの取り扱いとなる。

3.3.4 チェックボックス：CheckBox

チェックボックスのイベントハンドリングは基本的にボタンと同様（on_press,on_release）である。チェックされているか否かはチェックボックスオブジェクトのプロパティ active から真理値（True/False）として得られる。

3.3.5 進捗バー：ProgressBar

進捗バーは値の大きさを水平方向に可視化するものである。値のプロパティは value である。可視化範囲の最大値はプロパティ max に設定する。

3.3.6 スライダ：Slider

スライダは縦あるいは横方向にスライドするウィジェットであり、視覚的に値を調整、入力する際に用いる。値のプロパティは value である。このクラスのインスタンスを生成する際、キーワード引数 orientation= を与えることで、縦横のスタイルを選択できる。この引数の値に 'horizontal' を与えると横方向、'vertical' を与えると縦方向になる。（デフォルトは水平）

スライダの値の変更に伴って起こるイベント

Slider ブジェクトを操作（値を変更）した場合、それがイベントとして発生する。Slider の拡張クラスを定義する際はそれを on_value メソッドとしてハンドリングする。また Slider オブジェクトに対して bind メソッドでコールバック関数を登録する際は

オブジェクト.bind(value=コールバック関数)

とする。on_value メソッドでイベントハンドリングする際は仮引数を 3 つ取り、コールバック関数でハンドリングする際は仮引数を 2 つ取る。両方の場合において、第 1 引数には、そのオブジェクト自身（self）が与えられる。

3.3.7 スイッチ：Switch

スイッチは水平方向の「切り替えスイッチ」で ON/OFF の 2 つの状態を取り、それぞれの状態はプロパティ active から真理値（True/False）として得られる。（デフォルトは OFF）

スイッチの切り替えに伴って起こるイベント

Switch ブジェクトを操作（値を変更）した場合、それがイベントとして発生する。Switch の拡張クラスを定義する際はそれを on_active メソッドとしてハンドリングする。また Switch オブジェクトに対して bind メソッドでコールバック関数を登録する際は

オブジェクト.bind(active=コールバック関数)

とする。on_active メソッドでイベントハンドリングする際は仮引数を 3 つ取り、コールバック関数でハンドリングする際は仮引数を 2 つ取る。両方の場合において、第 1 引数には、そのオブジェクト自身（self）が与えられる。

3.3.8 トグルボタン：ToggleButton

トグルボタンは「ラジオボタン」として知られる GUI と同様の働きをする。すなわち、複数のボタンを 1 つの「グループ」としてまとめ、同一のグループ内のボタンの内、1 つだけが ON（チェック済みもしくはダウン）になるウィジェットである。イベントハンドリングは基本的に Button クラスと同様であるが、プロパティ state に押されていない状態を意味する 'normal' か、押されている状態を意味する 'down' が保持されている。

トグルボタンの例

次のように 3 つのトグルボタン tb1, tb2, tb3 を生成した例について考える。

```
tb1 = ToggleButton(group='person',text='nakamura',state='down')
tb2 = ToggleButton(group='person',text='tanaka')
tb3 = ToggleButton(group='person',text='itoh')
```

これらを BoxLayout で水平に配置した例が図 16 である。



図 16: トグルボタンの例

トグルボタン生成時のコンストラクタに、キーワード引数 `group=` を与えることで複数のトグルボタンをグループ化することができる。またグループ内の 1 つのトグルボタンに `state='down'` を指定することで、初期状態で押されているトグルボタンを決めることができる。

3.3.9 画像：Image

Image は画像を扱うためのウィジェットクラスである。そのインスタンスに画像ファイルを読み込むことで画像を配置することができる。インスタンス生成時のコンストラクタにキーワード引数 `source=` を指定することで画像ファイルを読み込む。

《 Image オブジェクト 》

`Image(source=' 画像ファイル名')`
指定したファイルから画像を読み込む。

Image オブジェクトの `texture_size` プロパティに読み込んだ画像のピクセルサイズが保持されている。

画像の表示サイズに関しては、それを配置するレイアウトオブジェクトに制御を委ねるのが一般的である。次に示すサンプルプログラムは、スライダに連動して画像の表示サイズが変わるものである。

3.3.9.1 サンプルプログラム

スライダの値によって画像の表示サイズが変わるプログラム `kivy02Earth.py` を示す。拡大、縮小する画像を常に中央に表示するため、Image オブジェクトを `AnchorLayout` で配置している。

プログラム：kivy02Earth.py

```
1  # coding: utf-8
2
3  #----- モジュールの読み込み -----
4  from kivy.app import App
5  from kivy.uix.boxlayout import BoxLayout
6  from kivy.uix.anchorlayout import AnchorLayout
7  from kivy.uix.image import Image
8  from kivy.uix.slider import Slider
9  from kivy.core.window import Window
10
11 #----- GUIとアプリケーションの定義 -----
12
13 # イベントのコールバック
14 def onValueChange(self,v):
15     im.size_hint = ( sl.value, sl.value )
16
17 # GUIの構築
18 root = BoxLayout(orientation='vertical')
19
20 # 画像とそのレイアウト
21 anchor = AnchorLayout()
22 im = Image(source='Earth.jpg')
23 anchor.add_widget(im)
24
25 # スライダ
26 sl = Slider(min=0.0,max=1.0,step=0.01)
27 sl.size_hint = ( 1.0 , 0.1 )
28 sl.value = 1.0
```



```

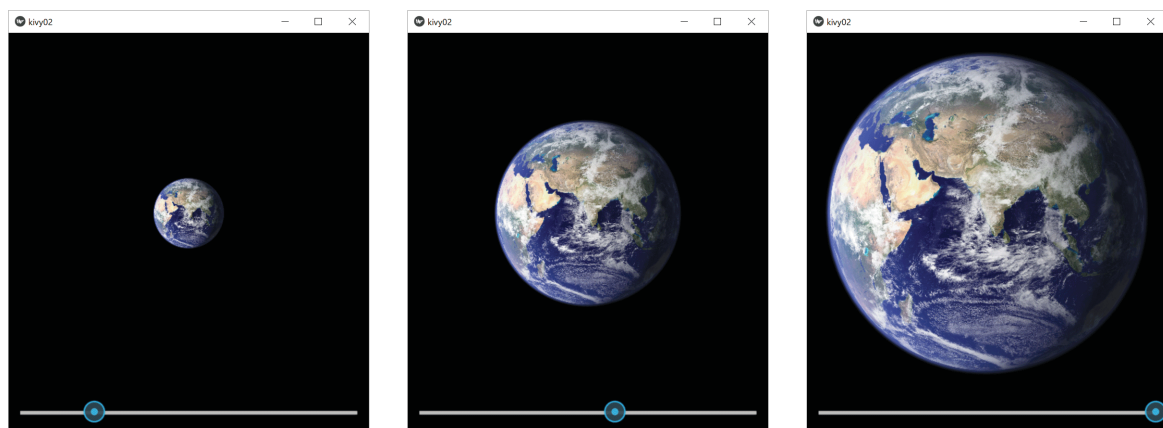
29 | sl.bind(value=onValueChanged)
30 |
31 | root.add_widget(anchor)
32 | root.add_widget(sl)
33 |
34 |
35 | # アプリケーションのクラス
36 | class kivy02(App):
37 |     def build(self):
38 |         return root
39 |
40 | # ウィンドウの色とサイズ
41 | Window.size = (500,550)
42 |
43 | # アプリ起動
44 | print(im.texture_size) # 画像サイズの調査
45 | ap = kivy02()
46 | ap.run()

```

全体の概要：

最上位のレイアウト（垂直の BoxLayout）である root は、画像表示部とスライダを収めるものである。Image オブジェクト im は AnchorLayout オブジェクト anchor に収められており、その内部で im の size_hint を調整することで表示サイズを調節している。

このプログラムを実行した様子を図 17 に示す。



スライダに連動して画像の表示サイズが変わる

図 17: kivy02Earth.py の実行例

3.4 Canvas グラフィックス

ウィジェット（Widget）には canvas 要素があり、これに対してグラフィックスの描画ができる。先の「3.2.2 アプリケーション構築の例」（p.142）でも少し説明した通り、canvas に対して色や図形などを追加することで描画ができる。

Widget を使用するには、必要なモジュールを、

```
from kivy.uix.widget import Widget
```

として読み込み、これの canvas に対して Graphics を描画する。基本的な Graphics オブジェクトには Color, Line, Rectangle, Ellipse があり、それらを使用する際は from kivy.graphics からインポートする。

Graphics モジュールを読み込む例

```
from kivy.graphics import Color, Line, Rectangle, Ellipse
```

こうすることで、複数の Graphics のモジュールを読み込むことができる。

3.4.1 Graphics クラス

以下に紹介する Graphics オブジェクトを canvas に対して add メソッドで登録して描画する。

Kivy の座標系は他の多くの GUI ライブラリと異なり、上下の方向が逆である。(図 18)

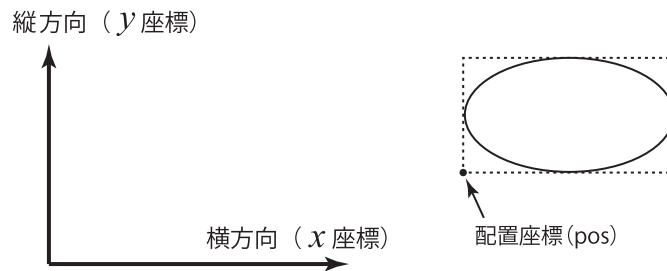


図 18: Kivy の座標系

また Kivy 以外の多くの GUI ライブラリはオブジェクトの配置を決める際、オブジェクトの左上の位置を指定するが、Kivy では Graphics オブジェクトの左下の位置を配置座標 (pos の値) とする。

3.4.1.1 Color

描画色を指定するためのオブジェクトのクラスである。

コンストラクタ: `Color(Red, Green, Blue, Alpha)`

引数は全て 0~1.0 の範囲の値である。Alpha は不透明度を指定するもので、1.0 を指定すると、完全に不透明になる。

3.4.1.2 Line

折れ線を描画するためのオブジェクトのクラスである。

コンストラクタ: `Line(points=座標リスト, width=線幅)`

canvas 上の座標, $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$ を結ぶ折れ線を、線の幅 width で描画する。描画座標リストは $[x_1, y_1, x_2, y_2, \dots, x_n, y_n]$ とする。

3.4.1.3 Rectangle

長方形領域を描画するためのオブジェクトのクラスである。canvas 上に画像を表示する場合にも Rectangle を使用する。

コンストラクタ 1: `Rectangle(pos=(描画位置の座標), size=(横幅, 高さ))`

canvas 上の pos で指定した座標に、size で指定したサイズの長方形を描く。

コンストラクタ 1: `Rectangle(pos=(描画位置の座標), size=(横幅, 高さ),
texture=テクスチャオブジェクト)`

canvas 上の pos で指定した座標に、size で指定したサイズでテクスチャオブジェクトを描く。

テクスチャは canvas に画像を表示する際の標準的なオブジェクトであり、これの使用に際しては、下記のようにして必要なモジュールを読み込んでおく。

```
from kivy.graphics.texture import Texture
```

先に、「3.3.9 画像: Image」(p.153) で画像を読み込んで保持するウィジェットである Image について説明したが、テクスチャオブジェクトはこの Image オブジェクトから texture プロパティとして取り出すことができる。

3.4.1.4 Ellipse

楕円を描画するためのオブジェクトのクラスである。

コンストラクタ： `Ellipse(pos=(描画位置の座標), size=(横幅, 高さ))`
canvas 上の pos で指定した座標に, size で指定したサイズの楕円を描く.

この他にも Bezier オブジェクトもあり, 多角形や曲線を描くことができる,

3.4.2 サンプルプログラム

3.4.2.1 正弦関数のプロット

canvas グラフィックスを使うと, 簡単に数学関数の軌跡がプロットできる.

プログラム: kivy04-1.py

```
1  # coding: utf-8
2
3  #----- 必要なパッケージの読み込み -----
4  import math
5  from kivy.app import App
6  from kivy.uix.widget import Widget
7  from kivy.graphics import Color, Rectangle
8  from kivy.core.window import Window
9
10 #----- アプリケーションの構築 -----
11 class kivy04(App):
12     def build(self):
13         return root
14
15 root = Widget()
16
17 root.canvas.add( Color(1,0,0,1) )
18 x = 0.0
19 while x < 6.28:
20     y = 100.0*math.sin(x)
21     root.canvas.add( Rectangle( pos=(32.0*x+5.0,y+105.0), size=(3,3) ) )
22     x += 0.005
23
24 # アプリの実行
25 Window.size = (210,210)
26 kivy04().run()
```

このプログラムの実行結果を図 19 に示す.

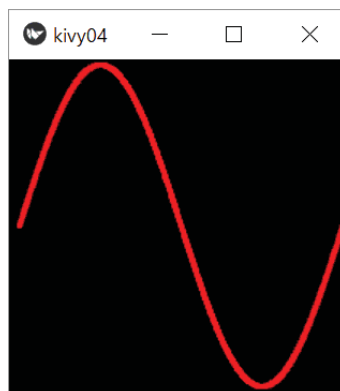


図 19: kivi04-1.py の実行結果

3.4.2.2 各種図形、画像の表示

長方形、楕円、折れ線、テクスチャ画像を表示するプログラム kivy04-2.py を示す。

プログラム：kivy04-2.py

```
1  # coding: utf-8
2  #----- 必要なパッケージの読み込み -----
3  from kivy.app import App
4  from kivy.uix.widget import Widget
5  from kivy.uix.image import Image
6  from kivy.graphics import Color, Line, Rectangle, Ellipse
7  from kivy.core.window import Window
8
9  #----- アプリケーションの構築 -----
10 class kivy04(App):
11     def build(self):
12         return root
13
14 # 画像の読み込みとテクスチャの取り出し
15 im = Image(source='Earth.jpg')
16 tx = im.texture
17
18 root = Widget()
19 # 長方形の描画
20 root.canvas.add( Color(1,0,0,1) )
21 root.canvas.add( Rectangle(pos=(10,210),size=(350,100)) )
22 # 画像の描画
23 root.canvas.add( Color(1,1,1,1) )
24 root.canvas.add( Rectangle(pos=(0,0),texture=tx,size=(210,200)) )
25 # 楕円の描画
26 root.canvas.add( Color(0,1,0,1) )
27 root.canvas.add( Ellipse(pos=(200,10),size=(170,170)) )
28 # 折れ線の描画
29 root.canvas.add( Color(1,1,1,1) )
30 root.canvas.add( Line(width=10,points=[580,25,400,25,580,160,400,290,580,290]) )
31
32 # スクリーンショット
33 def save_shot(self,t):
34     # 方法-1
35     Window.screenshot(name='kivy04-2-1.png')
36     # 方法-2
37     self.export_to_png('kivy04-2-2.png')
38
39 root.bind(on_touch_up=save_shot)
40
41 # アプリの実行
42 Window.size = (600,330)
43 kivy04().run()
```

このプログラムの実行結果を図 20 に示す。



図 20: kivi04-2.py の実行結果

プログラムの 33～37 行目で Window のスクリーンショットの画像を保存する機能を実装している。

```
Window.screenshot(name='kivy04-2-1.png')
```

としている部分がスクリーンショットのメソッドの 1 つであり、その時点のウィンドウの様子を png 形式の画像として保存する。また、

```
self.export_to_png('kivy04-2-2.png')
```

としている部分も同じ処理を実現するもので、これは Widget の表示内容を PNG 形式の画像として保存するものである。(Widget に対する export_to_png メソッド)

3.4.3 フレームバッファへの描画

Canvas への描画とは別に、**フレームバッファ (FBO)**¹⁰¹ と呼ばれる 固定サイズの領域 への描画が可能である。フレームバッファからは**ピクセル値の取り出し**が可能である。

FBO を使用するには次のようにして必要なモジュールを読み込んでおく。

```
from kivy.graphics import Fbo
```

FBO の生成時には、描画サイズを指定する。

例. FBO の生成

```
f = Fbo( size=(400,300) )
```

これで画素サイズ 400 × 300 の FBO が f として生成される。FBO は描画対象の Widget の Canvas に登録しておく必要がある。

例. Widget オブジェクト root への FBO オブジェクト f の登録

```
root.canvas.add( f )
```

更にこの後、FBO の texture プロパティを与えた Rectangle を Canvas に描画することで実際に FBO の内容が表示される。

FBO への描画は Canvas への描画とほぼ同じ方法 (add メソッド) が使用できる。

FBO を用いて、タッチした場所の画素の値 (ピクセル値) を取得するプログラム kivy04-3.py を次に示す。

プログラム：kivy04-3.py

```
1  # coding: utf-8
2  #----- 必要なパッケージの読み込みとモジュールの初期設定 -----
3  from kivy.config import Config
4  Config.set('graphics','resizable',False)      # ウィンドウリサイズの禁止
5  from kivy.app import App
6  from kivy.ui.widget import Widget
7  from kivy.graphics import Color, Rectangle, Fbo
8  from kivy.core.window import Window
9
10 #----- アプリケーションの構築 -----
11 class kivy04(App):
12     def build(self):
13         return root
14
15 # 最上位ウィジェットの生成
16 root = Widget()
17
18 # フレームバッファの生成と Canvas への登録
19 fb = Fbo(size=(300, 150))
20 root.canvas.add( fb )
21
22 # フレームバッファへの描画
23 fb.add( Color(1, 0, 0, 1) )
24 fb.add( Rectangle(pos=(0,0),size=(100, 150)) )
```

¹⁰¹OpenGL の描画フレーム

```

25 fb.add( Color(0, 1, 0, 1) )
26 fb.add( Rectangle(pos=(100,0),size=(100, 150)) )
27 fb.add( Color(0, 0, 1, 1) )
28 fb.add( Rectangle(pos=(200,0),size=(200, 150)) )
29 fb.add( Color(1,1,1,1) )
30 fb.add( Rectangle(pos=(0,75),size=(300,75)) )
31 # フレームバッファの内容をCanvasに描画
32 root.canvas.add( Rectangle(size=(300, 150), texture=fb.texture) )
33
34 # タッチ位置の色の取得（コールバック関数）
35 def pickColor(self,t):
36     # ウィンドウサイズの取得
37     (w,h) = Window.size
38     # タッチ座標の取得
39     (x,y) = t.spos
40     # フレームバッファ上での座標
41     fbx = int(w*x); fby = int(h*y)
42     # フレームバッファ上のピクセル値の取得
43     c = fb.get_pixel_color(fbx,fby)
44     print( '位置:\t',(fbx,fby),' \tピクセル:',c )
45
46 # コールバックの登録
47 root.bind(on_touch_up=pickColor)
48
49 # アプリの実行
50 Window.size = (300,150)
51 kivy04().run()

```

解説

19～20行目でFBOを生成してWidgetのCanvasに登録している。23～30行目でFBOに対して描画し、それを32行目でRectangleとしてCanvasに描画している。

アプリケーションのウィンドウ内をタッチ（クリック）するとコールバック関数 pickColor が呼び出され、その位置のピクセルを43行目で取得している。

3.4.3.1 ピクセル値の取り出し

FBOのピクセル値を取り出すには get_pixel_color メソッドを使用する。

書き方： FBO オブジェクト.get_pixel_color(横位置, 縦位置)

ピクセル値を取り出す横位置と縦位置は、画像左下を基準とするピクセル位置である。得られたピクセル値は

[赤, 緑, 青, α]

のリストであり、各要素は 0～255 の整数値である。

プログラム kivy04-3.py を実行すると図 21 のようなウィンドウが表示される。

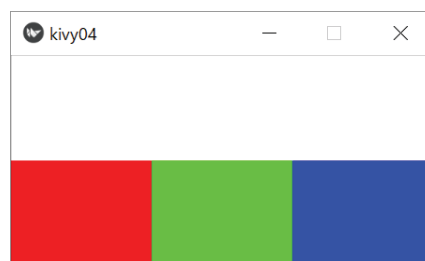


図 21: kivy04-3.py の実行結果

このウィンドウ内をタッチ（クリック）すると、次の例のように、その位置のピクセル値を表示する。

位置: (143, 117)	ピクセル: [255, 255, 255, 255]
位置: (52, 39)	ピクセル: [255, 0, 0, 255]
位置: (134, 34)	ピクセル: [0, 255, 0, 255]
位置: (256, 24)	ピクセル: [0, 0, 255, 255]

3.4.3.2 イベントから得られる座標位置

Kivy のウィジェット上のイベントから取得される座標位置は、ウィジェットサイズの縦横を共に 1.0 に正規化した位置であり、基準は左下である。このため、先のプログラム kivy04-3.py では、37～41 行目にあるように FBO 上の座標位置を得るための変換処理をしている。

3.5 スクロールビュー (ScrollView)

大きなサイズのウィジェットやレイアウトを、それよりも小さなウィジェットやウィンドウの内部でスクロール表示する場合はスクロールビュー (ScrollView) を使用する。これはスクロールバーを装備した矩形領域であり、内部のオブジェクト (子要素) を縦横に並行移動して表示するものである。

スクロールビューの使用に際して、次のようにして必要なモジュールを読み込む。

```
from kivy.uix.scrollview import ScrollView
```

スクロールビューは次のようにしてインスタンスを生成し、基本的にはウィジェットの 1 つとして扱う。

コンストラクタ: `ScrollView()`

コンストラクタにキーワード引数「`bar_width=幅`」を与えることで、スクロールバーの幅を設定することができる。

ここではサンプルプログラムを示しながらスクロールビューの使用方法について説明する。

【サンプルプログラム】

図 22 のような、縦横にたくさんのボタンが配置されたウィジェットをスクロール表示するアプリケーションプログラム kivy06.py を考える。

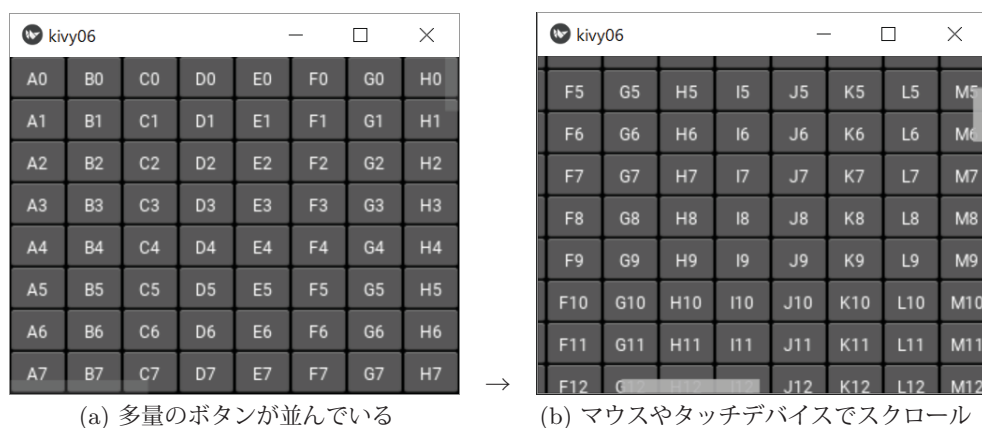


図 22: 縦横に並んだボタンパネルのスクロール

基本的な考え方:

スクロールビューよりも大きなサイズのウィジェットを、スクロールビューに子要素として登録する。次に示すプログラム kivy06.py では、多量のボタンを配置した巨大な BoxLayout を生成して、それをスクロールビューに登録している。

プログラム: kivy06.py

```
1  # coding: utf-8
2  ##### 必要なパッケージの読み込み #####
3  from kivy.app import App
4  from kivy.uix.boxlayout import BoxLayout
5  from kivy.uix.button import Button
6  from kivy.uix.scrollview import ScrollView
7  from kivy.core.window import Window
8  ##### GUIの構築 #####
9  # ウィンドウのサイズ
10 Window.size = (320,240)
11
12 # 最上位ウィジェット (スクロールビュー) の生成
13 root = ScrollView( bar_width=10 )
14
```



```

15 # 大きいボックスレイアウトの作成
16 bx = BoxLayout( orientation='vertical',
17                 size_hint=(None, None),      # サイズに関して親の制御を受けない設定
18                 size=(1040,1500) )          # 1040×1500の固定サイズ
19
20 # A0～Z49 のボタンを生成 (1300個)
21 al = [chr(i) for i in range(65, 65+26)]      # アルファベットのリスト
22 # 0～49行のボタン配列を生成
23 for m in range(50):
24     bx2 = BoxLayout( orientation='horizontal' )
25     # An～Znの横方向のボタン生成 (26個)
26     for n in al:
27         # 40×30のサイズのボタンを生成
28         bx2.add_widget( Button(text=n+str(m), font_size=12,
29                               size_hint=(None, None), size=(40,30) ) )
30     bx.add_widget(bx2)
31 root.add_widget(bx)
32 ##### アプリケーションの構築 #####
33 # アプリケーションのクラス
34 class kivy06(App):
35     def build(self):
36         return root
37
38 # アプリケーションの実行
39 kivy06().run()

```

解説

16～18行目で生成した大きなサイズの BoxLayout である bx に多量のボタンを配置して、それを、13行目で生成したスクロールビュー root に31行目で登録している。

23～30行目は多量のボタンを生成している部分である。An～Zn (n は整数値) の26個のボタンを生成して、それらを水平方向 (行) の BoxLayout である bx2 に登録して、それを垂直方向の BoxLayout である bx に次々と登録している。

3.5.1 ウィジェットのサイズ設定

通常の場合は、階層的に構築されたウィジェット群のサイズは自動的に調整される。これは、親ウィジェットに収まるように子ウィジェットのサイズを調整するという Kivy の機能によるものであるが、先のプログラム kivy06.py では、ウィジェットサイズの自動調整の機能に任せることなく、大きなサイズのウィジェット (1,040 × 1,500 のサイズの BoxLayout) を生成している。これは、ウィジェット生成時のコンストラクタにキーワード引数

```
size_hint=(None, None)
```

を与えることで可能となる。これと同時に、コンストラクタにキーワード引数

```
size=(横幅, 高さ)
```

を与えて、具体的なサイズを設定する。

3.5.2 マウスのドラッグによるスクロール

ScrollView のスクロールバーをマウスのドラッグで操作するには ScrollView のコンストラクタにキーワード引数

```
scroll_type=['bars']
```

を与える。

3.6 ウィンドウサイズを固定 (リサイズを禁止) する設定

ウィンドウのリサイズを禁止 (ウィンドウサイズを固定) するには、Kivy モジュールを読み込む先頭の位置で、次のように設定する。

```

from kivy.config import Config
Config.set('graphics', 'resizable', False)

```

これは Kivy の他のモジュールの読み込みに先立って記述すること。

3.7 Kivy 言語による UI の構築

実用的な GUI アプリケーションを構築する場合、GUI の構築と編集の作業に多くの時間と労力を要する。この部分の作業を容易にするために、インターフェースを構築するための特別な機能を使用することが、アプリケーション開発において一般的になって¹⁰²きている。Python と Kivy によるアプリケーション開発においても、インターフェース構築に特化した言語「**Kivy 言語**」（以下 Kv と略す）を使用することができ、開発効率を高めることができる。

Kv は Python とは異なる独自の言語であり、ここでは Kv 自体の基礎的な解説からはじめ、Kv で記述した GUI と Python で記述したプログラムとの相互関係について説明する。ただし本書は Kv の全般的なリファレンスではなく、あくまで導入的な内容に留める。

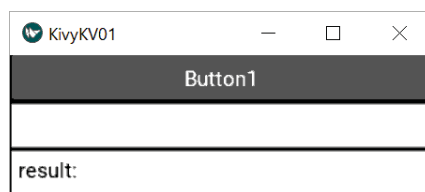
3.7.1 Kivy 言語の基礎

Kv はレイアウトやウィジェットの階層構造である**ウィジェットツリー**を宣言的に記述する言語である。Kv で記述されたウィジェットツリーは可読性が高く、GUI の構造全体の把握が容易になる。

3.7.1.1 サンプルプログラムを用いた説明

まずは Kv を使用せずに GUI を構築したアプリケーションを示す。そして、同じ機能を持つアプリケーションの GUI を Kv で記述する例を示す。

サンプルとして示すアプリケーションは図 23 に示すようなものである。これは、1 段目にボタン、2 段目と 3 段目にテキスト入力を備えたもので、それらを BoxLayout で配置している。



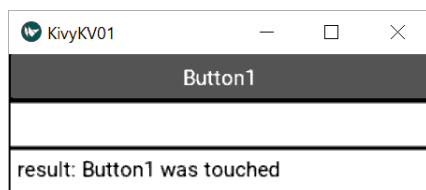
1 段目がボタン、2 段目と 3 段目がテキスト入力

図 23: サンプルプログラムの実行例（起動時）

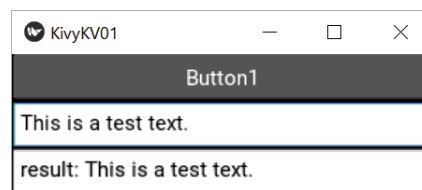
このアプリケーションの動作は次のようなものである。

- (a) ボタンをタッチ（クリック）すると、3 段目にその旨のメッセージが表示される。
- (b) 2 段目にテキスト入力すると、3 段目にその旨のメッセージが表示される。

それらの様子を図 24 に示す。



(a) ボタンをクリックしたときの反応



(b) 2 段目にテキストを入力したときの反応

図 24: サンプルプログラムの実行例（動作）

このアプリケーションを Kv を使用せずに構築したものがプログラム kivyKV01-1.py である。

プログラム：kivyKV01-1.py

```
1 # coding: utf-8
2
3 #----- 関連モジュールの読み込み -----
4 from kivy.app import App
5 from kivy.uix.boxlayout import BoxLayout
```

¹⁰²JavaFX における FXML や、それらを基本とする統合開発環境はまさにその例である。

```

6 from kivy.uix.button import Button
7 from kivy.uix.textinput import TextInput
8 from kivy.core.window import Window
9
10 #----- GUIの構築 -----
11 # コールバック関数
12 def funcButton(self):
13     tx2.text = 'result: Button1 was touched'
14 def funcTextInput(self,v):
15     tx2.text = 'result: ' + self.text
16
17 # GUI
18 root = BoxLayout(orientation='vertical')
19 bt1 = Button(text='Button1')
20 bt1.bind(on_release=funcButton)
21 tx1 = TextInput()
22 tx1.bind(text=funcTextInput)
23 tx2 = TextInput()
24 root.add_widget(bt1)
25 root.add_widget(tx1)
26 root.add_widget(tx2)
27
28 #----- アプリケーション本体 -----
29 class KivyKV01App(App):
30     def build(self):
31         return root
32
33 # アプリの実行
34 Window.size = (300,100)
35 KivyKV01App().run()

```

次に、このプログラムのインターフェース部を Kv で、その他を Python で記述することを考える。このアプリケーションの GUI の構成を階層的に示すと図 25 のようになる。

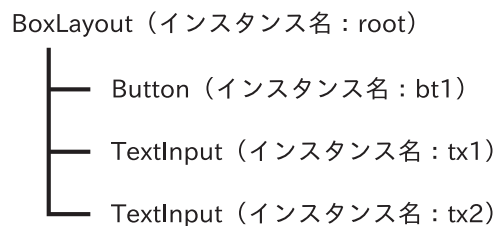


図 25: サンプルプログラムのウィジェットツリー

Kv で GUI を記述するとこの階層構造をそのまま反映した形となる。その Kv ファイル kivyKV01.kv を示す。

Kv ファイル: kivyKV01.kv

```

1 <RootW>:
2     BoxLayout:
3         orientation: 'vertical'
4         Button:
5             id: bt1
6             text: 'Button1'
7             on_release: root.funcButton(tx2)
8         TextInput:
9             id: tx1
10            on_text:      root.funcTextInput(tx2,tx1.text)
11        TextInput:
12            id: tx2

```

このように、インスタンス名、プロパティ、イベントなどを含め、GUI の階層構造が簡潔に記述できる。この Kv ファイルを読み込んで GUI を実装するアプリケーション (Python プログラム) を kivyKV01.py に示す。

プログラム: kivyKV01.py

```

1 # coding: utf-8
2

```

```

3 #----- 関連モジュールの読み込み -----
4 from kivy.app import App
5 from kivy.uix.boxlayout import BoxLayout
6 from kivy.core.window import Window
7
8 #----- GUIの構築 -----
9 class RootW(BoxLayout):
10     # コールバック関数
11     def funcButton(self,tx2):
12         tx2.text = 'result: Button1 was touched'
13     def funcTextInput(self,tx2,t):
14         tx2.text = 'result: ' + t
15
16 #----- アプリケーション本体 -----
17 class KivyKV01App(App):
18     def build(self):
19         return RootW()
20
21 # アプリの実行
22 Window.size = (300,100)
23 KivyKV01App().run()

```

解説：

Kv ファイルの 1,2 行目が、Python プログラムの 9 行目のクラス定義に対応している。Python プログラムでは、GUI の最上位オブジェクトのクラス宣言と、コールバック関数の定義のみを記述しており、GUI の階層構造は全て Kv ファイル内に記述している。

■ Kv ファイルにおけるクラスの定義

‘<...>’ の記述は Kv における規則の記述である。この記述を応用することで、Python プログラム側のクラス定義に対応させることができる。

■ Kv ファイルにおける id

Kv ファイル内では、ウィジェットなどに識別名を与えるために ‘id:’ を記述する。(id により与えられた識別名は、厳密にはインスタンス名ではない)

■ Kv ファイルにおけるイベントハンドリング

‘イベント名:’ に続いて呼び出すコールバック関数を記述する。このとき、Python プログラムの中のどこに記述された関数（メソッド）かを明示するために root という指定をしている。この root は Kv において記述対象のツリーの最上位を意味するものであり、Python 側プログラムでは、これを用いたクラス RootW（Python 側の 9 行目）が対応する。すなわち、root.funcButton(tx2,tx2.text) は、RootW クラスのメソッド funcButton を呼び出すことになる。

Kv 側からの関数（メソッド）呼び出しにおいては自由に引数を与えることができ、それを受ける Python 側の関数（メソッド）の仮引数も対応する形に記述する。ただし Python 側の仮引数には、第 1 引数として、それを呼び出したオブジェクト自身（self）を受け取る仮引数を記述する必要がある、結果として、引数の数が 1 つ多い記述となる。

3.7.1.2 Python プログラムと Kv ファイルの対応

先の例では、アプリケーションのクラス名が KivyKV01App なので、それに対応する Kv ファイルの名前は KivyKV01.kv とする。すなわち、アプリケーションのクラスの名前は、

‘任意の名前 App’

と末尾に ‘App’ を付ける。そして対応する Kv ファイルの名前には、App の前の部分に拡張子 ‘.kv’ を付けたものとする。こうすることで、アプリケーションの起動時に自動的に対応が取られて Kv ファイルが読み込まれる。

Builder クラスを用いた Kv ファイルの読み込み

Builder クラスの load.file メソッドを使用することで、先に説明した名前の制限にとらわれることなく、Python 側、Kv 側共に自由にファイル名を付けることができる。Builder クラスを使用するためには次のようにして必要なモジュールを読み込んでおく。

```
from kivy.lang.builder import Builder
```

この後、Python 側プログラムの冒頭で、

```
Builder.load_file( 'Kv ファイル名' )
```

とすることで、指定したファイルから Kv の記述を読み込むことができる。

3.8 時間によるイベント

Kivy には Clock モジュールがあり、ユーザからの入力以外に時間によるイベントハンドリングが可能である。すなわち、設定された時間が経過したことをイベントとしてハンドリングすることができ、いわゆる**タイマー**の動作を実現することができる。Clock モジュールを使用するには次のようにして必要なものを読み込んでおく。

```
from kivy.clock import Clock
```

3.8.1 時間イベントのスケジュール

ClockEvent として時間イベントを生成することで、指定した時間が経過した時点でコールバック関数を起動することができる。

《 コールバック関数のスケジュール 》

一度だけ： `Clock.schedule_once (コールバック関数, 経過時間)`

繰り返し： `Clock.schedule_interval (コールバック関数, 経過時間)`

この結果、ClockEvent オブジェクトが返される。経過時間の単位は「秒」であり、浮動小数点数で表現する。コールバック関数は仮引数を 1 つ取る形で定義しておく。コールバック関数には起動時に経過時間が引数として渡される。コールバック関数は戻り値として True を返すように記述するが、(False を返すと schedule_interval によってスケジュールされた時間イベントがキャンセルされる)

schedule_interval によってコールバック関数の繰り返し起動がスケジュールされた場合、得られた ClockEvent オブジェクトに対して cancel メソッドを使用することで、スケジュールを解除（キャンセル）することができる。また、

```
Clock.unschedule(スケジュールされた ClockEvent)
```

とすることでもキャンセルできる。

時間イベントの実装例は「3.9.4 スワイプ」(p.171) のところで紹介する。

3.9 GUI 構築の形式

Kivy は通常の PC だけでなく、スマートフォンやタブレット PC といった携帯情報端末のためのアプリケーション開発を視野に入れているため、独特の UI デザインを提供する。例えば、複数のウィンドウを同時に表示する形式ではなく、1つのウィンドウ内で、UI をまとめた**スクリーン**を切り替える形式などが特徴的である。

ここでは、実用的な UI インターフェースを構築するためのいくつかの形式について説明する。

3.9.1 スクリーンの扱い： Screen と ScreenManager

Kivy では、UI の 1 つのまとまりを Screen として扱い、それらをスライドのようにして切り替えることが可能である。Screen オブジェクトには各種のレイアウトオブジェクトを登録することができ、各々のレイアウトにはこれまで説明した方法で UI を構築する。複数作成した Screen オブジェクトは 1 つの ScreenManager オブジェクトに登録して管理する、ScreenManager に登録されたスクリーンは transition によって切り替えることができる。

ScreenManager, Screen を使用するには、次のようにして必要なモジュールを読み込んでおく。

```
from kivy.uix.screenmanager import ScreenManager, Screen
```

3.9.1.1 ScreenManager

ScreenManager オブジェクトは複数の Screen を登録管理するもので、次のようにして生成する。

```
sm = ScreenManager()
```

この例では、生成された ScreenManager オブジェクトが sm に保持されている。

3.9.1.2 Screen

Screen オブジェクトは、先の ScreenManager に登録して使用する。このオブジェクトが1つの UI スクリーンとなり、更にここにレイアウトオブジェクトなどを登録する。Screen オブジェクトは次のようにして生成する。

```
sc1 = Screen(name=識別名)
```

「識別名」は Screen を識別するためのもので文字列として与える。生成した Screen オブジェクトは add_widget メソッドで ScreenManager オブジェクトに登録する。

ScreenManager オブジェクトのプロパティ current に Screen の識別名を与えることで表示する Screen を選択できる。また、transition プロパティの設定により、Screen が切り替わる様子を制御できる。

Screen の遷移の効果は、いわゆるスライドインであるが、その他の効果も設定できる。

参考) 遷移の効果

Kivy の ScreenManager には図 21 のような様々な transition が用意されている。これらは ScreenManager オブジェクト生成時に設定するが、詳しくは巻末付録に挙げている Kivy のサイトを参照のこと。

表 21: 遷移効果の効果	
遷移	効果
SlideTransition	縦／横方向のスライディング（デフォルト）
SwapTransition	iOS のスワップに似た切り替え
FadeTransition	フェードイン／アウトによる切り替え
WipeTransition	ワイプによる切り替え
FallOutTransition	消え行くような切り替え
RisInTransition	透明から不透明に変化するような切り替え
NoTransition	瞬時の切り替え
CardTransition	上に重ねるような切り替え

次に、図 26 のように、2つのスクリーンを切り替え表示するプログラム kivy05-1.py を挙げて Screen の扱いについて説明する。



スクリーンをタッチすると、 → スライディングが起こり、 → 次のスクリーンに切り替わる

図 26: スクリーンを切り替えるアプリケーションの実行例

プログラム：kivy05-1.py

```
1 # coding: utf-8
2 #----- 必要なパッケージの読み込み -----
3 from kivy.app import App
4 from kivy.uix.screenmanager import ScreenManager, Screen
5 from kivy.uix.anchorlayout import AnchorLayout
6 from kivy.uix.label import Label
7 from kivy.core.window import Window
8
```



```

9  #----- アプリケーションクラスの定義 -----
10 class kivy05(App):
11     def build(self):
12         return root
13
14  #----- GUIの構築 -----
15  # ウィンドウのサイズ
16  Window.size = (300,100)
17
18  # スクリーンマネージャ
19  root = ScreenManager()
20  # スクリーン
21  sc1 = Screen(name='screen_1')
22  sc2 = Screen(name='screen_2')
23  # レイアウト
24  al1 = AnchorLayout()
25  al2 = AnchorLayout()
26  # ラベル
27  l1 = Label(text='This is Screen-1\nSwitch to Screen-2')
28  l2 = Label(text='This is Screen-2\nSwitch to Screen-1')
29  # 組み立て
30  al1.add_widget(l1)
31  al2.add_widget(l2)
32  sc1.add_widget(al1)
33  sc2.add_widget(al2)
34  root.add_widget(sc1)
35  root.add_widget(sc2)
36  # 最初に表示されるスクリーン
37  root.current = 'screen_1'
38
39  #----- スクリーン遷移の処理 -----
40  # コールバック関数
41  def callbk1(self,t):    # screen-1からscreen-2へ
42      root.transition.direction = 'left'
43      root.transition.duration = 3    # ゆっくり
44      root.current = 'screen_2'
45  def callbk2(self,t):    # screen-2からscreen-1へ
46      root.transition.direction = 'right'
47      root.transition.duration = 0.4  # デフォルト
48      root.current = 'screen_1'
49  # ラベルオブジェクトに登録
50  l1.bind(on_touch_up=callbk1)
51  l2.bind(on_touch_up=callbk2)
52
53  #----- アプリケーションの実行 -----
54  ap = kivy05()
55  ap.run()

```

解説

19～35行目でスクリーンとUIを構築している。41～48行目でスクリーンを切り替えるためのコールバック関数を定義して、Labelオブジェクトに登録している。この例でわかるように、ScreenManagerのプロパティ `transition.direction` で遷移の方向を、`transition.duration` で遷移にかかる時間（秒）を設定する。

ScreenManager とは別に、より簡単にスワイプを実現する方法を「3.9.4 スワイプ」(p.171) のところで解説する。

3.9.2 アクションバー： ActionBar

一般的な GUI アプリケーションで採用されているプルダウンメニューに近い機能を Kivy では**アクションバー** (ActionBar) という形で実現する。ActionBar を構築するために必要なクラスは次に挙げる 5 つのものである。

ActionBar, ActionView, ActionPrevious, ActionGroup, ActionButton

これらのクラスを使用するために、必要なモジュールを次のようにして読み込む。

```
from kivy.uix.actionbar import ActionBar, ActionView, ActionPrevious, \
    ActionGroup, ActionButton
```

ここでは、よく知られた GUI における「メニューバー」「メニュー」「メニュー項目」の構成に対応させる形で ActionBar の構築について説明する。

一般的に「メニューバー」と呼ばれるものは、例えば「ファイル」「編集」…といった「メニュー」を配置しており、それら各メニューをクリックするとプルダウンメニューが表示されて、その中に「新規」「開く」「保存」「閉じる」…といった「メニュー項目」が並んでいる。この場合の「メニューバー」は Kivy の ActionBar に相当する。ActionBar にはまず ActionView を登録して、それに対して ActionPrevious, ActionGroup を登録する。この ActionGroup が一般的な「メニュー」に相当する。その後 ActionGroup に対していわゆる「メニュー項目」に相当する ActionButton を必要なだけ登録する。

ActionBar を構築する様子を階層的に示すと次のようになる。

【ActionBar の構築】

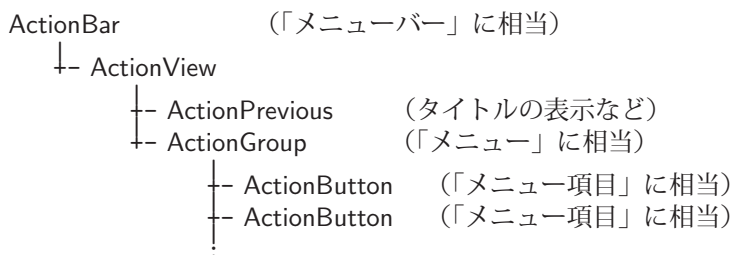
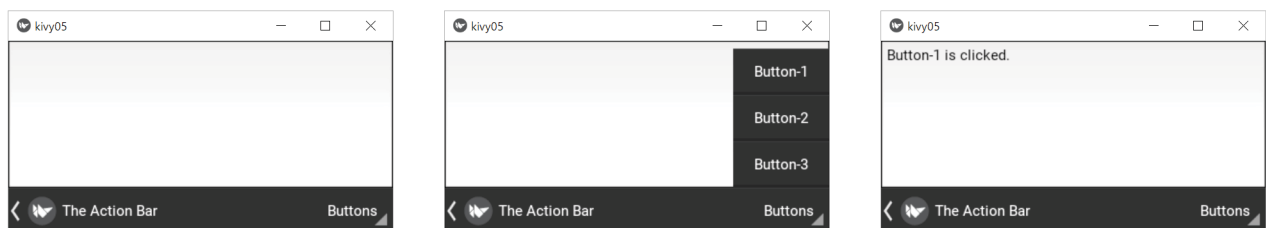


図 27 のような ActionBar を実装するアプリケーションを例に挙げて構築方法について説明する。



ButtonGroup (右下) をクリックすると、 → ActionButton が表示される。 → 選択によるコールバック処理

図 27: ActionBar の実装例

これを実装したプログラムを kivy05-2.py に示す。

プログラム：kivy05-2.py

```
1 # coding: utf-8
2 #----- 必要なパッケージの読み込み -----
3 from kivy.app import App
4 from kivy.uix.actionbar import ActionBar, ActionView, ActionPrevious, \
5     ActionGroup, ActionButton
6 from kivy.uix.boxlayout import BoxLayout
7 from kivy.uix.anchorlayout import AnchorLayout
8 from kivy.uix.textinput import TextInput
9 from kivy.core.window import Window
10
11 #----- アプリケーションクラスの定義 -----
```

```

12 class kivy05(App):
13     def build(self):
14         return root
15
16 #----- GUIの構築 -----
17 # ウィンドウのサイズ
18 Window.size = (400,200)
19
20 # 最上位のレイアウト
21 root = BoxLayout(orientation='vertical')
22
23 # テキストフィールド
24 txt = TextInput()
25
26 # アクションバー
27 acBar = ActionBar()
28 acView = ActionView()
29 acPrev = ActionPrevious(title='The Action Bar')
30 acGrp = ActionGroup(text='Buttons',mode='spinner')
31 acBtn1 = ActionButton(text='Button-1')
32 acBtn2 = ActionButton(text='Button-2')
33 acBtn3 = ActionButton(text='Button-3')
34
35 # 組み立て
36 root.add_widget(txt)
37 acGrp.add_widget(acBtn1)
38 acGrp.add_widget(acBtn2)
39 acGrp.add_widget(acBtn3)
40 acView.add_widget(acPrev)
41 acView.add_widget(acGrp)
42 acBar.add_widget(acView)
43 root.add_widget(acBar)
44
45 # コールバック関数
46 def clback1(self):
47     txt.text = 'Button-1 is clicked.'
48 def clback2(self):
49     txt.text = 'Button-2 is clicked.'
50 def clback3(self):
51     txt.text = 'Button-3 is clicked.'
52
53 acBtn1.bind(on_release=clback1)
54 acBtn2.bind(on_release=clback2)
55 acBtn3.bind(on_release=clback3)
56
57 #----- アプリケーションの実行 -----
58 ap = kivy05()
59 ap.run()

```

解説

27～33 行目で ActionBar 構築に必要なオブジェクトを生成している。ActionGroup（いわゆるメニュー）を生成する際に、キーワード引数 'text=' を与えることでグループ名を設定することができ、これが ActionBar 上に表示される。また、キーワード引数 mode='spinner' を与えると、ActionGroup クリック時に ActionButton（いわゆるメニュー項目）が「立ち上がるメニュー」として表示される。

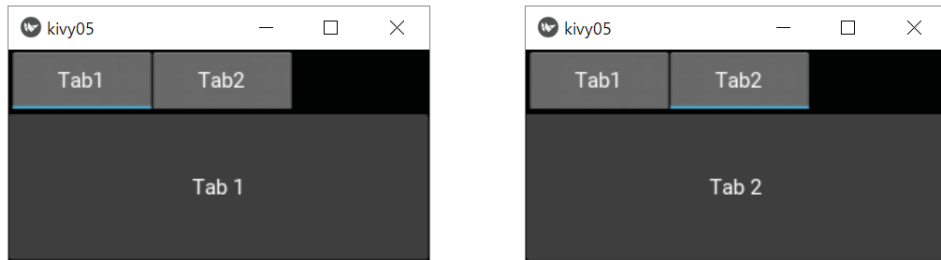
3.9.3 タブパネル： TabbedPanel

TabbedPanel を使用すると、いわゆる切り替えタブが実現できる。TabbedPanel には TabbedPanelItem オブジェクトを必要な数だけ登録する。各 TabbedPanelItem オブジェクトが個々のタブパネルであり、これにレイアウトオブジェクトを配置することができる。

タブパネルを構築するには、次のようにして必要なモジュールを読み込んでおく。

```
from kivy.uix.tabbedpanel import TabbedPanel, TabbedPanelItem
```

ここでは、図 28 のように、2 つのタブを切り替えるプログラムを例に挙げる。



タブの切り替え表示

図 28: TabbedPanel の実装例

実装したプログラムを kivy05-3.py に示す.

プログラム：kivy05-3.py

```

1  # coding: utf-8
2  #----- 必要なパッケージの読み込み -----
3  from kivy.app import App
4  from kivy.uix.tabbedpanel import TabbedPanel, TabbedPanelItem
5  from kivy.uix.anchorlayout import AnchorLayout
6  from kivy.uix.label import Label
7  from kivy.core.window import Window
8
9  #----- アプリケーションクラスの定義 -----
10 class kivy05(App):
11     def build(self):
12         return root
13
14 # タブパネル
15 root = TabbedPanel()
16 root.do_default_tab = False
17 # タブ1
18 ti1 = TabbedPanelItem(text='Tab1')
19 lb1 = Label(text='Tab 1')
20 ti1.add_widget(lb1)
21 root.add_widget(ti1)
22 # タブ2
23 ti2 = TabbedPanelItem(text='Tab2')
24 lb2 = Label(text='Tab 2')
25 ti2.add_widget(lb2)
26 root.add_widget(ti2)
27
28 root.default_tab = ti1
29
30 #----- GUIの構築 -----
31 # ウィンドウのサイズ
32 Window.size = (300,150)
33 ap = kivy05()
34 ap.run()

```

解説

18,23 行目のように, `TabbedPanelItem` のオブジェクト生成時にキーワード引数 `'text='` を与えることで, タブの見出しを設定できる.

3.9.4 スワイプ： Carousel

Carousel による UI は ScreenManager による UI と似ているが、スワイプ機能が予め備わっており、ScreenManager の transition を使用するよりも UI の実装が容易であることが特徴である。

Carousel オブジェクトにはレイアウトをはじめとするウィジェットを登録するが、それらは登録した順に順序付けされる。そして、Carousel オブジェクトに対して、load_next ,load_previous といったメソッドを使用することで、登録されたウィジェット群を順番に（逆順に）「回転」させる¹⁰³ ことができる。

Carousel を使用したプログラム kivy05-4.py を次に示す。

プログラム：kivy05-4.py

```
1  # coding: utf-8
2  #----- 必要なパッケージの読み込み -----
3  from kivy.app import App
4  from kivy.uix.carousel import Carousel
5  from kivy.uix.label import Label
6  from kivy.clock import Clock
7  from kivy.core.window import Window
8
9  #----- アプリケーションクラスの定義 -----
10 class kivy05(App):
11     def build(self):
12         return root
13
14 # Carouselの生成
15 root = Carousel(direction='right')
16 lb1 = Label(text='Slide - 1')
17 lb2 = Label(text='Slide - 2')
18 lb3 = Label(text='Slide - 3')
19 root.add_widget(lb1)
20 root.add_widget(lb2)
21 root.add_widget(lb3)
22 root.loop = True      # 循環の切り替え指定
23
24 #----- 自動スワイプ -----
25 # コールバック関数（引数にはdurationが与えられる）
26 def autoSwipe(dt):
27     print(dt)
28     root.load_next()
29     return True        # Falseを返すとスケジュールがキャンセルされる
30 # スケジュール
31 tm = Clock.schedule_interval(autoSwipe, 3)
32 print(type(tm))        # 型の確認
33
34 # 停止用コールバック関数
35 def cancelSwipe(self,t):
36     print('自動スワイプがキャンセルされました. ')
37     Clock.unschedule(tm)      # キャンセル方法1
38     # tm.cancel()              # キャンセル方法2
39 root.bind(on_touch_down=cancelSwipe)
40
41 #----- GUIの構築 -----
42 # ウィンドウのサイズ
43 Window.size = (300,150)
44 ap = kivy05()
45 ap.run()
```

解説

22行目にあるように、Carousel オブジェクトの loop プロパティに True を設定すると、末尾のウィジェットの次は先頭のウィジェットに戻るよう順序付けされ、ウィジェット群を順番に回転させることができる。

¹⁰³”carousel”（英）は「回転木馬」という意味である。

4 実用的なアプリケーション開発に必要な事柄

4.1 日付と時間に関する処理

Python では日付や時刻、あるいは経過時間といった情報を扱うことができる。そのような処理をするためには次のようにして `datetime` モジュールを読み込んでおく必要がある。

```
from datetime import *
```

参考) この方法によるライブラリの読み込みでは `datetime` に属する全てのクラスなどが読み込まれるため、他のパッケージと併用する場合に**名前の衝突**¹⁰⁴ が起こることがある。本書では `datetime` モジュール内の `datetime` クラスのみの使用を前提としているので、その場合は、

```
from datetime import datetime
```

とする方が安全である。

4.1.1 基本的な機能

`datetime` モジュールで扱える情報は年、月、日、時、分、秒、ミリ秒（あるいはマイクロ秒）の7つの要素¹⁰⁵ である。例えば現在時刻を取得するには `now` メソッドを使用する。

例. 現在時刻の取得

```
>>> datetime.now()      Enter      ←現在時刻の取得
datetime.datetime(2017, 5, 5, 13, 10, 25, 653093) ←処理結果
```

この例のように時間情報は `datetime.datetime(...)` という形式で扱われる。

また、「日付のみ」や「日付なし時刻」を取得することもできる。

例. 時刻情報の分解

```
>>> d = datetime.now()      Enter      ←現在時刻の取得
>>> d.date()                Enter      ←日付のみの取り出し
datetime.date(2017, 5, 5)    ←処理結果
>>> d.time()                Enter      ←日付なし時刻の取り出し
datetime.time(13, 23, 16, 396945) ←処理結果
```

このように、`datetime` オブジェクトに対して `date` メソッドや `time` メソッドを実行する。その結果、それぞれ

```
datetime.date(...),      datetime.time(...)
```

という形式で結果が得られる。

`now` メソッドで現在時刻を取得することとは別に、指定した特定の日付、時間を構成することもできる。

例. 「1966 年 3 月 14 日」という日付と時刻を生成する

```
>>> datetime(1966,3,14)      Enter      ←日付情報の生成
datetime.datetime(1966, 3, 14, 0, 0)    ←得られたデータ
```

2つの時刻の間の時間差を取得することもできる。

例. 1966 年 3 月 14 日 13 時 15 分から 2017 年 5 月 5 日 14 時 00 分までの経過時間

```
>>> d1 = datetime(1966,3,14,13,15)      Enter      ←日付情報 1966/03/14 13:15 の生成
>>> d2 = datetime(2017,5,5,14,0)         Enter      ←日付情報 2017/05/05 14:00 の生成
>>> d2 - d1                             Enter      ←経過時間の取得
datetime.timedelta(days=18680, seconds=2700) ←経過日数が「18680 日と 2700 秒」である
```

¹⁰⁴詳しくは巻末付録「D.1 ライブラリの読み込みに関すること」を参照のこと。

¹⁰⁵これらに加えて、多くのシステムではマイクロ秒まで扱える。

このように、自然な形の減算で時間差を取得することができ、結果は

```
datetime.timedelta(日数, 秒数)
```

という形式 (timedelta) で得られる。

timedelta を用いると「～日後の日付」や「～日前の日付」を算出することもできる。計算方法は、datetime オブジェクトに対する timedelta オブジェクトの加算あるいは減算である。

注) timedelta クラスを個別にインポートするには「from datetime import timedelta」として読み込む。

例. 1966 年 3 月 14 日 13 時 15 分から 18680 日と 2700 秒経過した日付と時刻

```
>>> d1 = datetime(1966,3,14,13,15)  ←日付情報 1966/03/14 13:15 の生成
>>> td = timedelta(18680, 2700)      ←経過した日数と秒数の生成
>>> d1 + td                          ←日付の取得
datetime.datetime(2017, 5, 5, 14, 0) ←得られた日付
```

4.1.1.1 日付, 時刻の書式整形

日付, 時刻を書式整形して文字列で取得することができる。

例. 日付, 時刻の書式整形

```
>>> d1 = datetime(1966,3,14,13,15)  ←日付情報の生成
>>> str(d1)                          ←文字列に変換
'1966-03-14 13:15:00'               ←得られた文字列
>>> d1.ctime()                      ←文字列 (UNIX 形式, C 言語) に変換
'Mon Mar 14 13:15:00 1966'          ←得られた文字列
```

このように str 関数の引数に datetime オブジェクトを与える。あるいは C 言語 (UNIX) の形式で書式整形するには ctime メソッドを用いる。あるいは strftime メソッドを使用すると、より自由な書式整形ができる。

例. strftime による書式整形

```
>>> d2 = datetime.now()              ←現在時刻の取得
>>> d2.strftime('%Y %m %d %a %H %M %S %f') ←書式整形
'2018 05 26 Sat 12 57 46 243601'     ←整形結果の文字列
```

このように '%' で記述した書式指定を strftime の引数に与えることによって書式整形ができる。書式指定の一部を表 22 に示す。

表 22: 日付, 時刻の書式指定

書式	意味	書式	意味	書式	意味
%Y	年	%m	月	%d	日
%H	時	%M	分	%S	秒
%f	マイクロ秒	%a	曜日 (短縮)	%A	曜日

4.1.1.2 datetime のプロパティ

datetime オブジェクトから各要素 (年, 月, 日, 時, 分, 秒, マイクロ秒) を取り出すための各種のプロパティがある。

例. datetime からの要素の取り出し

```
>>> d = datetime.now() [Enter]    ←現在の日付，時刻の取得
>>> d [Enter]    ←確認
datetime.datetime(2017, 5, 5, 14, 54, 23, 305326) ←表示結果
>>> d.year [Enter]    ←「年」の取得
2017    ←表示結果（年）
>>> d.month [Enter]    ←「月」の取得
5    ←表示結果（月）
>>> d.day [Enter]    ←「日」の取得
5    ←表示結果（日）
>>> d.hour [Enter]    ←「時」の取得
14    ←表示結果（時）
>>> d.minute [Enter]    ←「分」の取得
54    ←表示結果（分）
>>> d.second [Enter]    ←「秒」の取得
23    ←表示結果（秒）
>>> d.microsecond [Enter]    ←「マイクロ秒」の取得
305326    ←表示結果（マイクロ秒）
```

4.1.2 time モジュールの利用

先に説明した datetime モジュールよりも更に基本的な機能を提供するのが time モジュールである。日付を含めた時刻情報の扱いには datetime モジュールを使用するのが良いが、プログラムの実行時間など、比較的短い時間範囲で時間を計測する場合には time モジュールを用いる方が良い。このモジュールは使用に先立って、次のようにしてシステムに読み込んでおく必要がある。

```
import time
```

4.1.2.1 時間の計測

プログラムの実行にかかった時間を計測するには、開始時点での時刻と終了時点での時刻をそれぞれ計測し、それらの差を取れば良い。今現在の時刻を秒単位で取得するには time の関数である time を使用する。

現在時刻の取得： `time.time()`

2 を 100000 回掛け算することで 2^{100000} を求めるプログラム test10-1.py を示す。計算にかかった時間が表示される。

プログラム：test10-1.py

```
1 # coding: utf-8
2
3 # 必要なモジュールの読み込み
4 import time
5
6 t1 = time.time()
7 n = 1
8 for i in range(100000):
9     n *= 2
10 t2 = time.time()
11
12 print(t2-t1, '(sec)')
13 #print(n)
```

このプログラムを実行すると、例えば

0.2474043369293213 (sec)

などと、実行に要した時間¹⁰⁶が表示される。また、最終行のコメント '# ' を外すと 2^{100000} の計算結果が表示される。

¹⁰⁶当然であるが、使用する計算機環境によって実行時間は異なる。

4.1.2.2 プログラムの実行待ち

`time` クラスの `sleep` 関数を用いると、指定した時間の間プログラムを待機させることができる。待機させる時間は秒単位（小数点付きも可）で引数に与える。

例. プログラムの実行を 3 秒待機する。

```
time.sleep(3.0)
```

4.2 文字列検索と正規表現

`re` モジュールを用いることで、高度なパターン検索が実現できる。このモジュールは次のようにして読み込む。

```
import re
```

4.2.1 パターンの検索

`re` クラスの `search` 関数を使用すると、文字列に含まれるパターンを検索することができる。具体的には、長いテキスト（文字列）の中に、探したい検索キー（文字列）がどの位置にあるかを調べる。

《 文字列の検索 (1) 》

書き方 (1): `re.search(検索キー, テキスト)`

検索対象のテキストの中から指定した検索キー（パターン）が最初に現れる箇所を見つけ出す。

「検索キー」は **raw 文字列** で与える。

書き方 (2): `コンパイル済み検索キー.search(テキスト)`

「コンパイル済み検索キー」は `re` クラスの `compile` 関数で生成された検索キーであり、

これを用いることで検索処理が最適化される。

検索キーのコンパイル: `re.compile(検索キー)`

この結果、コンパイル済み検索キーが返される。

検索処理が終わると、検索結果を保持する **match オブジェクト** が返される。テキストの中に検索キーに一致するものが無ければ `None` が返される。

検索キーには正規表現（後述）を指定することができる。そのため、**raw 文字列** で与える必要がある。

検索の例.

テキスト 'My name is Taro. I am 19 years old.' の中から 'Taro' の位置を探す例（書き方 (1) の例）を示す。

```
>>> import re      [Enter]      ←モジュールの読み込み
>>> txt = 'My name is Taro. I am 19 years old.' [Enter]      ←テキストの生成
>>> ptn = r'Taro'   [Enter]      ←検索キーの生成
>>> res = re.search(ptn,txt) [Enter]      ←検索の実行
>>> res.span()     [Enter]      ←検出位置を調べる
(11, 15)          ← 11~14 番目に'Taro'が存在することがわかる
```

この例のように、検索結果は `res` という **match オブジェクト** として得られており、それに対して `span` メソッドを実行することで、検出位置のタプル (n_1, n_2) が得られる。これは、対象テキストの $n_1 \sim n_2 - 1$ のインデックスの位置にパターンが見つかったことを意味する。

検索キーをコンパイルして同様の処理を行ったものが次の例（書き方 (2) の例）である。

例. パターンをコンパイルして検索する例

```
>>> p = re.compile(ptn)  Enter    ← 検索キーのコンパイル
>>> res = p.search(txt)   Enter    ← 検索の実行
>>> res.span()           Enter    ← 検出位置を調べる
(11, 15)                  ← 11～14 番目に'Taro'が存在することがわかる
```

search 関数は、テキストの中で最初に検索キーが現れる場所を探す。同じ検索キーがテキストの中に複数含まれる場合は finditer 関数を使用することで全ての検出位置を取得することができる。

《 文字列の検索 (2) 》

書き方 (3): re.finditer(検索キー, テキスト)

検索対象のテキストの中から指定した検索キー (パターン) が現れる箇所を全てを見つけ出す。
「検索キー」は raw 文字列で与える。

書き方 (4): コンパイル済み検索キー.finditer(テキスト)

「コンパイル済み検索キー」は re クラスの compile 関数で生成された検索キーであり、
これを用いることで検索処理が最適化される。

検索処理が終わると、検索結果を保持する match オブジェクトの イテレータ が返される。

次に、finditer 関数を用いた検索の例を示す。test11.txt のようなテキストからキーワード「Python」を全て見つけ出す処理の例 (書き方 (4) の例) である。

検索対象のテキスト: test11.txt

```
1 (フリー百科事典「ウィキペディア」より)
2
3 コードを単純化して可読性を高め、読みやすく、また書きやすくしてプログラムの
4 作業性とコードの信頼性を高めることを重視してデザインされた、汎用の高水準言語
5 である。反面、実行速度はCなどの低級言語に比べて犠牲にされている。
6
7 核となる文法 (シンタックス) および意味 (セマンティクス) は必要最小限に抑え
8 られている。その反面、豊富で大規模な文書 (document) や、さまざまな領域に
9 対応する大規模な標準ライブラリやサードパーティ製のライブラリが提供されている。
10 またPythonは多くのハードウェアとOS (プラットフォーム) に対応しており、複数の
11 プログラミングパラダイムに対応している。Pythonはオブジェクト指向、命令型、
12 手続き型、関数型などの形式でプログラムを書くことができる。動的型付け言語であり、
13 参照カウントベースの自動メモリ管理 (ガベージコレクタ) を持つ。
14
15 これらの特性により、PythonはWebアプリケーションやデスクトップアプリケーション
16 などの開発はもとより、システム用の記述 (script) や、各種の自動処理、理工学や
17 統計・解析など、幅広い領域における支持を得る、有力なプログラム言語となった。
18 プログラミング作業が容易で能率的であることは、ソフトウェア企業にとっては
19 投入人員の節約、開発時間の短縮、ひいてはコスト削減に有益であることから、
20 産業分野でも広く利用されている。Googleなど主要言語に採用している企業も多い。
```

このテキストの中から検索キー 'Python' を全て探し出すプログラムを test11.py に示す。

プログラム: test11.py

```
1 # coding: utf-8
2
3 # 必要なモジュールの読み込み
4 import re
5
6 # ファイルの内容を一度で読み込む
7 f = open('test11.txt', 'r', encoding='utf-8')
8 text = f.read()
9 f.close()
10
11 # 検索処理
```

```

12 ptn = r'Python'      # 検索キー
13 p = re.compile(ptn) # 検索キーのコンパイル
14 res = p.finditer(text)
15
16 # 処理結果の報告
17 print('【検索キー"Python"の検索結果】')
18 print('-----')
19 n = 0
20 for i in res:
21     n += 1
22     print(n, '番目の検出位置: ', i.span())
23 print('-----')
24 print(n, '個検出しました. ')

```

テキスト中には 'Python' という語は複数あり、得られるイテレータは、検索が該当した回数分の match オブジェクトを含んでいる。そこで、20～22 行目のように for 文で 1 要素ずつ取り出している。取り出された要素に対して span メソッドを実行することで、テキスト中に見つかった検索キーワードの位置を取得することができる。

このプログラムを実行した結果を次に示す。

【検索キー"Python"の検索結果】

```

-----
1 番目の検出位置: (256, 262)
2 番目の検出位置: (319, 325)
3 番目の検出位置: (424, 430)

```

3 個検出しました.

4.2.1.1 正規表現を用いた検索

検索キーとして、固定された文字列のみを用いるのではなく、指定した条件に一致する部分をテキストの中から見つけ出す場合に**正規表現**が非常に有用である。例えばアルファベットのみから成る文字列を見つけ出す場合について考える。

「アルファベット文字列」を意味するパターンを正規表現で表すと '[a-zA-Z]+' となる。(詳しくは後述する) 先のプログラムの 12 行目を

```
ptn = r'[a-zA-Z]+'

```

22 行目を

```
print(n, ' 番目の検出位置: %t', i.span(), '%t', i.group())

```

と書き換えて(タイトル表示部分も変えて)実行すると、次のような結果となる。

【アルファベット文字列の検索結果】

```

-----
1 番目の検出位置: (110, 111) C
2 番目の検出位置: (193, 201) document
3 番目の検出位置: (256, 262) Python
      :
      (途中省略)
      :
8 番目の検出位置: (479, 485) script
9 番目の検出位置: (631, 637) Google

```

9 個検出しました.

このように柔軟に検索パターンを構成する場合に正規表現が有用である。検索パターンが具体的にどのような文字列に一致したかを調べるには、メソッド group を使用する。

この例では '[a-zA-Z]+' で半角アルファベットを表したが、正規表現では '[~]' で文字の範囲(集合)を表す。例

例えば '[a-z]' とするとこれは「アルファベット小文字」を意味する。また、'[A-Z]' では「アルファベット大文字」を意味する。更に '+' は「それらが1文字以上続く列」を意味する。従って、

'[a-zA-Z]+'
は、
「アルファベット小文字もしくは大文字」かつ「それらが1文字以上続く列」

を意味し、「アルファベットの文字列」を意味するパターンとなる。同様に「数字のみの列」を意味する正規表現は '[0-9]+' となる。

特定の文字集合、例えば「'c','n','x' のどれか」は '[cnx]' と記述する。

例. 'a' もしくは 'b' もしくは 'c' に一致する文字の検索

```
>>> print( re.search( r'[abc]', 'abcd' ) )  [Enter]    ←パターン検索実行
<re.Match object; span=(0, 1), match='a'>    ←先頭の 'a' に一致
```

これはパターン '[abc]' を検索するものであるが、括弧 '[']' の中に '^' を記述すると「それら以外のパターン」を検索する。

例. 「それ以外」のパターン検索

```
>>> print( re.search( r'[^abc]', 'abcd' ) )  [Enter]    ←パターン検索実行
<re.Match object; span=(3, 4), match='d'>    ←末尾の 'd' に一致
```

これは「『a' もしくは 'b' もしくは 'c'』でないもの」の検索であり、「a' でなく、かつ、'b' でなく、かつ、'c' でないもの」と同義¹⁰⁷である。結果として末尾の 'd' に一致している。

本書では正規表現の全てについての解説はしないが、特に使用頻度が高いと考えられるパターン表現について説明する。

正規表現で構成する文字列のパターン

基本的には「1文字分のパターン」と「繰り返し」を接続したものである。先に説明した '[~]' が「1文字分のパターン」、'+' が「繰り返し」を意味する。「1文字分のパターン」の基本的なものを表 23 に挙げる。

表 23: 正規表現のパターン（一部）

パターン	意味
$[c_1c_2c_3\cdots]$	特定の文字の集合 $c_1c_2c_3\cdots$ （これらの内のどれかに該当）否定の '^' が使える。
$[c_1-c_2]$	$c_1\sim c_2$ の間に含まれる文字。文字の範囲をハイフン '-' でつなげる。 例: $[a-d] \rightarrow 'a', 'b', 'c', 'd'$ のどれか。 （否定の '^' が使える）
.	任意の1文字
$\mathbb{N}d$	数字（ $[0-9]$ と同じ）
$\mathbb{N}D$	数字以外
$\mathbb{N}s$	空白文字（タブ、改行文字なども含む）
$\mathbb{N}S$	空白文字以外（ $\mathbb{N}s$ でないもの）
$\mathbb{N}w$	アンダースコアを含む半角英数字（ $[a-zA-Z0-9_]$ と同じ）
$\mathbb{N}W$	半角英数字以外（ $\mathbb{N}w$ でないもの）

「繰り返し」の基本的なものを表 24 に挙げる。

¹⁰⁷ブール代数や集合論における「ド・モルガン則」でも理解できる。

表 24: 繰り返しの表記 (一部)

表記	意味	表記	意味
+	1 回以上	*	0 回以上
?	0 回かもしくは 1 回	{m,n}	m 回以上 n 回以下 (回数が多い方を優先)
		{m,n}?	m 回以上 n 回以下 (回数が小さい方を優先)
{n}	n 回	{m,}	m 回以上

4.2.1.2 検索パターンの和結合

複数の検索パターンを「|」で和結合することができる。これを応用すると高度なパターン検索が可能になる。これに関して以下に例を挙げて説明する。

■ サンプルケース：HTML タグのパターン検索

次のような 3 つのパターンのタグ全てに一致する検索処理について考える。

1. tx1 = '<h1>見出し 1</h1>' : 単純なタグ
2. tx2 = '<h2 id="hd2">見出し 2</h2>' : タグ内に属性などの記述があるもの
3. tx3 = '<h3 >見出し 3</h3>' : タグ内に余計な空白があるもの

このような文字列が変数 tx1, tx2, tx3 に設定されているとする。

例. 上記 1 のパターンでそれぞれ検索

```
>>> ptn = r'<h\d>' Enter ←上記 1 のパターン
>>> print( re.search(ptn,tx1) ) Enter ←上記 1 に対して検索実行
<re.Match object; span=(0, 4), match='<h1>'> ←先頭のタグに一致
>>> print( re.search(ptn,tx2) ) Enter ←上記 2 に対して検索実行
None ←一致せず
>>> print( re.search(ptn,tx3) ) Enter ←上記 3 に対して検索実行
None ←一致せず
```

この例からわかるように「ptn = r'<h\d>」の検索パターンでは 2 と 3 のパターンに一致させることができない。従って 1, 2, 3 全てのパターンに一致させるには「<h\d\s+[^>]*>」というパターンも必要になる。そこで、このパターンと上の例のパターンの和結合による検索を試みる例を次に示す。

例. パターンの和結合

```
>>> ptn = r'<h\d>|<h\d\s+[^>]*>' Enter ←パターン和結合
>>> print( re.search(ptn,tx1) ) Enter ←上記 1 に対して検索実行
<re.Match object; span=(0, 4), match='<h1>'> ←先頭のタグに一致
>>> print( re.search(ptn,tx2) ) Enter ←上記 2 に対して検索実行
<re.Match object; span=(0, 13), match='<h2 id="hd2">'> ←先頭のタグに一致
>>> print( re.search(ptn,tx3) ) Enter ←上記 3 に対して検索実行
<re.Match object; span=(0, 6), match='<h3 >'> ←先頭のタグに一致
```

この例のように、検索パターンの結合を応用すると高度な検索が可能となる。

考察) 今回の例の tx1, tx2, tx3 に一致する検索パターンはもっと簡単に記述することができるので考察されたい。

4.2.1.3 正規表現を用いたパターンマッチ

パターンマッチによって、テキストデータから必要な部分を抽出することができる。パターンマッチには `match` 関数を用いる。

例. テキスト `'uyhtgfdres98234yhnbgtrf'` の中から数字の部分のみ取り出す

```
>>> import re      ←モジュールの読み込み
>>> txt = 'uyhtgfdres98234yhnbgtrf'  ←テキストの生成
>>> ptn = r'[a-zA-Z]+([0-9]+)[a-zA-Z]*'  ←パターンの生成
>>> res = re.match(ptn,txt)  ←パターンマッチの実行
>>> res.group(0)  ←マッチしたか確認
'uyhtgfdres98234yhnbgtrf'  ←マッチしている (テキスト全体)
>>> res.group(1)  ←パターン ([0-9]+) が一致した部分の取り出し
'98234'  ←数字のみが得られている
```

この例では、検索パターンが `'[a-zA-Z]+([0-9]+)[a-zA-Z]*'` として与えられている。パターンの中に括弧 `'(～)'` の部分 (グループ) があるが、抽出したい部分はどのように括弧で括る。

`match` 関数は、テキストとパターンを一致させるように動作する。 すなわちテキストの先頭からパターンを一致させるように試みるものであり、`search` や `finditer` による検索とは動作が異なる。

パターンの中には抽出したい括弧付きの部分 (グループ) を複数記述することができ、`match` が成功すると、得られた `match` オブジェクトから `group` メソッドに順番の引数を与えて取り出すことができる。ここに示した例では括弧付きの部分は1つであるので、

```
res.group(1)
```

で抽出した部分を得ることができる。

パターンにおけるグループの考え方は検索処理の場合にも当てはまり、`search` の戻り値の `match` オブジェクトや `finditer` の戻り値の各要素の `match` オブジェクトに対しても `'group(n)'` のメソッドを適用することができる。

4.2.1.4 行頭や行末でのパターンマッチ

検索キーの正規表現には行頭や行末の位置指定ができる。すなわち、検索キーの先頭に「`^`」を記述するとテキストの行の始め (行頭) にあるかどうか、検索キーの末尾に「`$`」を記述するとテキストの行の末尾 (行末) にあるかどうかを検査できる。

例. 行頭でのマッチング検査

```
>>> import re      ←モジュールの読み込み
>>> txt = 'abcdabcdefgh'  ←'abc' を2個含むテキスト
>>> ptn = r'abc'  ←検索キー 'abc' (位置指定なし)
>>> res = re.finditer( ptn, txt )  ←検索の実行
>>> for i in res:  ←検索結果を全て表示する処理
...     print( i.span() )  ←
...  (0, 3)  ←1つめの一致
...  (4, 7)  ←2つめの一致
>>> ptn = r'^abc'  ←'^' を含む検索キー (行頭のみの位置指定)
>>> res = re.finditer( ptn, txt )  ←検索の実行
>>> for i in res:  ←検索結果を全て表示する処理
...     print( i.span() )  ←
...  (0, 3)  ←行頭の1つだけ一致
```

この例は、テキスト `'abcdabcdefgh'` の中のパターン `'abc'` を探す例である。行末や行頭の位置指定をせずに実行

すると 2 箇所にも 'abc' がみついているが、位置を指定すると 1 箇所のみパターンが見ついている。

4.2.2 置換処理： re.sub

正規表現のパターンにマッチする文字列を別の文字列に置き換える（置換処理）には sub メソッドを使用する。

例. 数字列の部分を「数字」に置換する：その 1

```
>>> tx1 = 'abc123def456'  Enter    ←数字を含む文字列
>>> re.sub(r'¥d+', '数字', tx1)  Enter    ←数字の部分を「数字」に置換
'abc 数字 def 数字'    ←置換結果
```

このように sub メソッドは置換結果の文字列を返す。

sub メソッドとは別の subn メソッドもある。これは置換処理に加えて、置換処理の対象となった部分の個数も取得する。

例. 数字列の部分を「数字」に置換する：その 2 （先の例の続き）

```
>>> re.subn(r'¥d+', '数字', tx1)  Enter    ←数字の部分を「数字」に置換
('abc 数字 def 数字', 2)    ←置換結果と置換個数のタプル
```

4.2.2.1 複数行に渡る置換処理

複数行に渡る文字列（テキスト）の各行を置換処理する場合について考える。次のように各行の先頭に空白文字を持つテキストを想定する。

例. 行頭に空白文字を持つテキスト

```
>>> tx1 = '    1 行目¥n    2 行目¥n    3 行目'  Enter    ← 3 行に渡るテキスト
>>> print( tx1 )  Enter    ←内容確認
1 行目          ←テキストが
2 行目          ← 3 行にわたる
3 行目          ←文字列になっている
```

このようなテキスト tx1 の各行の先頭にある空白文字列を除去する試みを次に示す。

試み. 行頭の '¥d+' にマッチする部分を空白文字に置き換える

```
>>> tx2 = re.sub( r'^¥s+', '', tx1 )  Enter    ← '^' を応用した行頭の置換処理
>>> print( tx2 )  Enter    ←内容確認
1 行目          ←最初の行のみ置換処理されている
2 行目          ←置換処理されていない
3 行目          ←置換処理されていない
```

この例のように、行頭でのパターンマッチが最初の行にのみ有効になっている。これは、tx1 のテキストの内容が複数の行に渡っているものの、文字列データとしては 1 行である ことが原因である。

改行コードを含むテキストを複数の行から成るものと見なして、各行を別々に扱って置換処理するには sub メソッドにキーワード引数 'flags=re.MULTILINE' を与える。

例. テキストの各行を別々に扱う形での置換処理

```
>>> tx2 = re.sub( r'^¥s+', '', tx1, flags=re.MULTILINE )  Enter    ←行頭の置換処理
>>> print( tx2 )  Enter    ←内容確認
1 行目          ←置換処理されている
2 行目          ←置換処理されている
3 行目          ←置換処理されている
```


4.2.2.2 パターンマッチのグループを参照した置換処理

sub メソッドに与える正規表現にも括弧「(〜)」で括ったグループの記述が応用できる。

例. マッチしたグループを参照した置換処理

```
>>> tx1 = '6638137 兵庫県西宮市池開町'  Enter    ←郵便番号と地域
>>> re.sub( r'(\d{3})(\d{4})(.*)', r'\1-\2 \3', tx1 )  Enter    ←グループを用いた置換処理
'663-8137 兵庫県西宮市池開町'              ←置換結果
```

この例では '6638137 兵庫県西宮市池開町' という文字列の中からパターンマッチでいくつかのグループを取り出し、それら（「\」に番号を付けて参照）を用いて置換処理を行っている。

第1のグループとして「(\d{3})」を記述しており「数字3文字」のパターンでマッチさせる。同様に第2のグループとして「(\d{4})」を記述しており「数字4文字」のパターンをマッチさせる。残りの部分（第3のグループ）は「(.*)」と記述して任意の文字列をマッチさせる。これらグループは「\」に番号を付けて参照することができ、sub メソッドの第2引数のパターンの中の記述に使用されている。

4.2.3 文字列の分解への応用： re.split

re.split を用いると、正規表現のパターンにマッチする部分を区切りにして文字列を分解することができる。

例. 数字列を区切りにして文字列を分解

```
>>> tx1 = 'abc123def456ghi'  Enter    ←数字列で区切られた文字列
>>> re.split( r'\d+', tx1 )  Enter    ←正規表現を用いた分割処理
['abc', 'def', 'ghi']        ←分解結果（リストで得られる）
```

4.3 マルチスレッドとマルチプロセス

4.3.1 マルチスレッド

スレッド (thread) の考え方に基いて複数のプログラムを同時に並行して実行する¹⁰⁸ ことができる。Python では threading モジュールを使用することで、関数やメソッドをメインプログラムから独立したスレッドとして実行できる。このモジュールを使用するには次のようにしてモジュールを読み込む。

```
import threading
```

《 スレッド管理のための基本的なメソッド 》

● スレッドの生成

threading.Thread(target=関数 (メソッド) の名前,
args=(引数の並びのタプル), kwargs=キーワード引数の辞書)

このメソッドの実行によりスレッドが生成され、それがスレッドオブジェクトとして返される。

● スレッドの実行

スレッドオブジェクト.start()

start メソッドの実行により、スレッドの実行が開始する。

● スレッドの終了の同期

スレッドオブジェクト.join()

スレッドが終了するまで待つ。

2つの関数を別々のスレッドとして実行するプログラム test12-1.py を示す。

プログラム：test12-1.py

```
1  # coding: utf-8
2  # 必要なモジュールの読み込み
3  import threading
4  import time
5
6  # 第1スレッド
7  def th_1(name):
8      for i in range(8):
9          print(name)
10         time.sleep(1)
11
12 # 第2スレッド
13 def th_2(name):
14     for i in range(3):
15         print('\t',name)
16         time.sleep(2)
17
18 # スレッドの生成
19 t1 = threading.Thread(target=th_1, args=('Thread-1',))
20 t2 = threading.Thread(target=th_2, args=('Thread-2',))
21 # スレッドの開始
22 t1.start()
23 t2.start()
24
25 # スレッドの終了待ち
26 t2.join()
27 print('\tThread-2 ended')
28 t1.join()
29 print('Thread-1 ended')
```

¹⁰⁸マルチスレッドプログラミングにおいては、実際にはプログラムは「同時に並行」して実行されず、Python インタプリタの実行時間を各スレッドに分割配分する。後述のマルチプロセスプログラミングでは、CPU やコアの数によって「同時に並行」して実行されることがある。

解説

このプログラムでは関数 `th_1` と `th_2` を別々のスレッドとして実行する。19~20 行目で引数を付けてスレッドを生成している。今回の例では、引数の個数は 1 つであるので、これをタプルとして渡すために、スレッドとなる関数に渡す引数の列の最後にコンマ `,` を付けている。22,23 行目でスレッドを開始し、26,28 行目でそれらの終了を待機している。

このプログラムを実行した様子を次に示す。

```
Thread-1
Thread-2
Thread-1
Thread-2
Thread-1
Thread-1
Thread-2
Thread-1
Thread-1
Thread-2 ended
Thread-1
Thread-1
Thread-1 ended
```

2 つのスレッドが同時に独立して動作していることがわかる。

■ スレッドにキーワード引数を渡す例

Thread のキーワード引数 `'target='` の関数にキーワード引数を渡す場合はそれらを辞書の形で `'kwargs='` に渡す。

例. キーワード引数を取る関数の定義

```
>>> def job(x,**kwa): Enter ←キーワード引数を取る関数 job
...     print('第1引数:',x) Enter
...     print('キーワード引数:',kwa) Enter
... Enter ←関数定義の記述の終了
>>> job(3,a=11,b=12,c=13) Enter ←関数 job の実行
第1引数: 3 ←出力
キーワード引数: {'a':11, 'b':12, 'c':13} ←キーワード引数の値
```

この関数をスレッドで実行するには次のようにする。

例. スレッドの関数にキーワード引数を渡す

```
>>> import threading Enter ↓スレッド生成
>>> th = threading.Thread(target=job,args=(3,),kwargs={'a':11,'b':12,'c':13}) Enter
>>> th.start() Enter ←スレッドを実行
第1引数: 3 ←出力
キーワード引数: {'a':11, 'b':12, 'c':13} ←キーワード引数の値
```

4.3.2 マルチプロセス

マルチプロセスプログラミングでは、プログラムの実行単位（関数の実行など）を、独立したプロセスとして実行する。このため、複数の CPU やコアを搭載した計算機環境においては、OS の働きによって各プロセスの実行が複数の CPU やコアに適切に割り当てられる。Python には、マルチプロセスプログラミングのためのモジュール `concurrent.futures` が標準的に提供（Python3.2 から）されている。このモジュールを使用するには次のようにして必要なモジュールを読み込む。

```
from concurrent import futures
```

4.3.2.1 ProcessPoolExecutor

`concurrent.futures` には、マルチプロセスの形で関数を実行するための `ProcessPoolExecutor` というクラスが用意されており、このクラスのインスタンスが複数のプロセスの実行を管理する。具体的には、

```
futures.ProcessPoolExecutor(max_workers=プールの最大数)
```

と記述する。プールとは、一連のスレッドやプロセスを管理する作業の単位であり、`ProcessPoolExecutor` の引数 `'max_workers='` を省略すると、当該環境の CPU の数が採用される。例えば、プールの最大数を 4（最大 4 個の CPU で管理）としてインスタンスを生成する場合は次のように記述する。

```
exe = futures.ProcessPoolExecutor(max_workers=4)
```

この結果、`exe` というインスタンスが生成され、これに対して `submit` メソッドを実行することで独立したプロセスを実行することができる。例えば、`ProcessPoolExecutor` オブジェクト `exe` によって関数 `f('arg')` を実行するには次のように記述する。

```
exe.submit(f, 'arg')
```

これによって、関数 `f('arg')` が独立したプロセスとして実行される。複数の引数を取る関数を実行するには、`submit` の引数にコマンドで区切ってそのまま引数を書き並べる。

`submit` メソッドによって起動した関数の実行が終了して `ProcessPoolExecutor` オブジェクトが不要になった際は `shutdown` メソッド実行する。

例. `ProcessPoolExecutor` オブジェクト `exe` の終了処理

```
exe.shutdown()
```

参考. `concurrent.futures` モジュールには、`ProcessPoolExecutor` とは別に `ThreadPoolExecutor` クラスも提供されており、`ProcessPoolExecutor` クラスとはほぼ同じ使用方法でマルチスレッド実行も実現している。

4.3.3 マルチスレッドとマルチプロセスの実行時間の比較

ここでは、サンプルプログラム `mproc01.py` を使って、マルチスレッドとマルチプロセスの間の実行時間の差異を調べる方法を例示する。プログラム中には関数 `calcf` が定義されており、これは円軌道のシミュレーションを実行する（円を表現する差分方程式の数値解を求める）もの¹⁰⁹である。これを各種の異なる方法で実行する。

プログラム：mproc01.py

```
1  # coding: utf-8
2  # 必要なモジュールの読み込み
3  import time
4  import threading
5  from concurrent import futures
6
7  # 対象の関数：円軌道の精密シミュレーション
8  def calcf(name):
9      dt = 0.0000001
10     x = 1.0; y = 0.0
11     t1 = time.time()
12     for i in range(62831853):
13         x -= y * dt; y += x * dt
14     t = time.time() - t1
15     print(name, '- time:', t)
16
17     #####
18     #   マルチスレッドとマルチプロセスによる実行時間の比較実験   #
19     #####
20     if __name__ == '__main__':
21
22     #   threadingモジュールによる実験
23     #   print('--- By threading ---')
24     #   p1 = threading.Thread(target=calcf, args=('p1',))
```

¹⁰⁹詳しくは「6 外部プログラムとの連携」（p.256 ～）の章にある、円の微分方程式を差分化する方法を参照のこと。

```

25 # p2 = threading.Thread(target=calcf, args=('p2',))
26 # p3 = threading.Thread(target=calcf, args=('p3',))
27 # p1.start()
28 # p2.start()
29 # p3.start()
30 # p1.join()
31 # p2.join()
32 # p3.join()
33
34 # concurrent.futures モジュールによるマルチプロセスの実験
35 # print('--- By concurrent.futures : [ProcessPoolExecutor] ---')
36 # exe = futures.ProcessPoolExecutor(max_workers=4)
37 # f1 = exe.submit(calcf, 'p1')
38 # f2 = exe.submit(calcf, 'p2')
39 # f3 = exe.submit(calcf, 'p3')
40 # f4 = exe.submit(calcf, 'p4')
41 # exe.shutdown()
42
43 # concurrent.futures モジュールによるマルチスレッドの実験
44 # print('--- By concurrent.futures : [ThreadPoolExecutor] ---')
45 # exe = futures.ThreadPoolExecutor(max_workers=4)
46 # f1 = exe.submit(calcf, 'p1')
47 # f2 = exe.submit(calcf, 'p2')
48 # f3 = exe.submit(calcf, 'p3')
49 # f4 = exe.submit(calcf, 'p4')
50 # exe.shutdown()
51
52 pass

```

このプログラムの 23 行目以降のコメントを下記のように外して、3 つの実行形態を比較することができる。

- 1) threading モジュールによる実行
→ 23～32 行目先頭の # を外す)
- 2) concurrent.futures モジュールの ProcessPoolExecutor クラスによる実行
→ 35～41 行目先頭の # を外す)
- 3) concurrent.futures モジュールの ThreadPoolExecutor クラスによる実行
→ 44～50 行目先頭の # を外す)

実行した例を次に示す。

1) の実行例 (マルチスレッド)

```

--- By threading ---
p1 - time: 26.403043031692505
p3 - time: 26.854049921035767
p2 - time: 27.523046731948853

```

2) の実行例 (マルチプロセス)

```

--- By concurrent.futures : [ProcessPoolExecutor] ---
p2 - time: 18.157257080078125
p1 - time: 18.18525743484497
p3 - time: 18.190783500671387
p4 - time: 18.203787803649902

```

3) の実行例 (マルチスレッド)

```

--- By concurrent.futures : [ThreadPoolExecutor] ---
p1 - time: 34.097208738327026
p4 - time: 37.086676836013794
p3 - time: 37.95977306365967
p2 - time: 38.085793018341064

```

※ 実行環境：Python 3.6.8, Intel Corei7-5500U 2.4GHz, 8GB RAM, Windows10 Pro

1) と 3) の形態では、CPU やコアの数によらず関数 calcf の実行時間が伸びてゆく様子が確認できる。2) の形態では、CPU やコアの数が実行時間に影響を及ぼす（実行時間が小さくなる）ことが確認できる。

4.4 処理のスケジューリング

指定した時間が経過した後に関数を呼び出す、あるいは指定した時刻に関数を呼び出す方法について説明する。

4.4.1 sched モジュール

Python 処理系に標準的に提供されている sched モジュールを利用すると、指定した時間が経過した後にスケジュール登録しておいた関数を呼び出すことができる。このモジュールによるスケジューリングは、関数呼び出しのスケジュールをスケジューラ（scheduler）オブジェクトに対して登録し、それを実行するという手順となる。

このモジュールは使用に先立って

```
import sched
```

として処理系に読み込んでおく必要がある。

4.4.1.1 基本的な使用方法

スケジューラオブジェクトを作成するには下記のように scheduler コンストラクタを使用する。

```
s = sched.scheduler()
```

この例では、変数 s にスケジューラオブジェクトが得られている。

ジョブ（実行したい関数）は、スケジューラオブジェクトに対して enter メソッドを使用して登録する。

書き方： enter(経過時間, 優先順位, 関数名, argument=関数に渡す引数のタプル)

「経過時間」の単位は秒（浮動小数点数）である。「優先順位」は登録するイベントの優先順位であり、値の小さい方が優先度が高い。enter メソッドは実行後、イベント（Event）オブジェクトを返す。イベントオブジェクトは登録された個々のスケジュールを意味する。ジョブの登録ができれば、その直後にスケジューラオブジェクトに対して run メソッドを実行する。これによってスケジュールの終了待ちの状態となる。

注) ジョブ実行までの経過時間は、enter メソッドでジョブを登録した時点が基準となる。

スケジューラオブジェクトには複数のイベントを登録することができる。

次に示すサンプルプログラム sched01.py は 3 つのジョブをスケジューリングする例である。

プログラム：sched01.py

```
1  # coding: utf-8
2  import sched
3  import time
4
5  # 実行するジョブ
6  def job( m ):
7      print( m )      # メッセージを表示するだけの関数
8
9  # ジョブのスケジューリング
10 s = sched.scheduler()      # スケジューラの作成
11 e1 = s.enter(3,1,job,argument=('実行1',))    # ジョブ（3秒後）を登録
12 e2 = s.enter(4,1,job,argument=('実行2',))    # ジョブ（4秒後）を登録
13 e3 = s.enter(5,1,job,argument=('実行3',))    # ジョブ（5秒後）を登録
14 t1 = time.time()          # ジョブ登録完了時刻
15 print('ジョブを登録しました。')
16 s.run()                  # 開始（ジョブ終了を待つ）
17 t2 = time.time()
18 print( t2-t1, '秒後にスケジューリングが終了しました。' )
```

プログラムの 6,7 行目に定義している関数は与えられたものをそのまま表示するもので、これをスケジューリング対象のジョブとしている。11～13 行目で関数 job を 3 秒後、4 秒後、5 秒後にそれぞれ実行するものとしてスケジューリング（登録）している。

このプログラムを実行すると次のような出力が得られる。

実行例.

```
ジョブを登録しました.  
実行 1  
実行 2  
実行 3  
5.003430128097534 秒後にスケジューリングが終了しました.
```

関数 job による出力が、設定された時間の後に表示されることがわかる。

4.4.1.2 イベントを独立したスレッドで実行する方法

スケジューラオブジェクトに登録された個々のイベントは全て同じスレッド (Thread) で実行される。従って、1つのイベントが実行中である場合は、それが終了するまで次のジョブは実行されない。このことを次のサンプルプログラム sched02.py で示す。

プログラム：sched02.py

```
1  # coding: utf-8  
2  import sched  
3  import time  
4  
5  # 実行するジョブ  
6  def job( m ):  
7      for i in range(3): # 3秒間に渡ってメッセージを3回出力する  
8          print(m)  
9          time.sleep(1)  
10  
11 # ジョブのスケジューリング  
12 s = sched.scheduler() # スケジューラの作成  
13 e1 = s.enter(4.00,1,job,argument=('ジョブ1',))  
14 e2 = s.enter(4.33,1,job,argument=('ジョブ2',))  
15 e3 = s.enter(4.66,1,job,argument=('ジョブ3',))  
16 t1 = time.time() # ジョブ登録完了時刻  
17 print('ジョブを登録しました。')  
18 s.run() # スケジューリング終了を待つ  
19 t2 = time.time()  
20 print( t2-t1, '秒後にスケジューリングが終了しました。' )
```

このプログラムで定義されている関数 job は、3秒間に渡ってメッセージを3回出力するものであり、一回の実行に3秒かかる。従って、13~15行目で登録された3つのジョブは全て4秒を過ぎた後に並行して実行されるのではなく、1つずつ順番に実行される。このことは次の実行例で確認できる。

実行例.

```
ジョブを登録しました.  
ジョブ 1  
ジョブ 1  
ジョブ 1  
ジョブ 2  
ジョブ 2  
ジョブ 2  
ジョブ 3  
ジョブ 3  
ジョブ 3  
13.05913233757019 秒後にスケジューリングが終了しました.
```

1つのイベントの実行が終了した後、次のイベントが実行されていることがわかる。

個々のイベントをそれぞれ独立した時間軸で実行する（それぞれが同時に実行されているように扱う）には、各イベントで実行する関数を別々のスレッド¹¹⁰にすると良い。このことに関してサンプルプログラム sched03.py で例示する。

¹¹⁰ 「4.3.1 マルチスレッド」(p.183) 参照のこと。

プログラム：sched03.py

```
1 # coding: utf-8
2 import sched
3 import time
4 import threading
5
6 # 実行するジョブ
7 def job( m ):
8     for i in range(3): # 3秒間に渡ってメッセージを3回出力する
9         print(m)
10        time.sleep(1)
11
12 def job_th(m): # 上記の関数を独立したスレッドで実行するための関数
13     th = threading.Thread(target=job,args=(m,))
14     th.start()
15
16 # ジョブのスケジューリング
17 s = sched.scheduler() # スケジューラの作成
18 e1 = s.enter(4.00,1,job_th,argument=('ジョブ1',))
19 e2 = s.enter(4.33,1,job_th,argument=('ジョブ2',))
20 e3 = s.enter(4.66,1,job_th,argument=('ジョブ3',))
21 t1 = time.time() # ジョブ登録完了時刻
22 print('ジョブを登録しました。')
23 s.run() # スケジューリング終了を待つ
24 t2 = time.time()
25 print( t2-t1, '秒後にスケジューリングが終了しました。'
26 プログラムを終了するには Enter を押してください。' )
27 input() # 入力待ち (Enterでプログラムが終了)
```

このプログラムで定義している関数 job は先の sched02.py と同じものであるが、その関数を独立したスレッドで実行するための別の関数 job_th が定義されており、これをジョブとしてスケジューリングしている。これにより、全てのジョブは4秒を過ぎた後に並行して実行されるように見える。このことが次の実行例で確認できる。

実行例.

```
ジョブを登録しました。
ジョブ 1
ジョブ 2
ジョブ 3
4.677330493927002 秒後にスケジューリングが終了しました。
プログラムを終了するには Enter を押してください。
ジョブ 1
ジョブ 2
ジョブ 3
ジョブ 1
ジョブ 2
ジョブ 3
←ここで  を押すことでプログラムが終了する。
```

各スレッドにおける関数 job が独立したスレッドとして同時に実行されている様子がわかる。また、最後にジョブを登録し終わった時点で run メソッド（23行目）が完了していることもわかる。

■ 工夫

更に、スケジューラを起動する処理（run メソッドを実行する処理）を独立したスレッドで行うと、run メソッドの終了まで待たされることがなくなる。これをサンプルプログラム sched04.py で例示する。

プログラム：sched04.py

```
1 # coding: utf-8
2 import sched
3 import time
4 import threading
5
6 # 実行するジョブ
7 def job( m ):
8     for i in range(3): # 3秒間に渡ってメッセージを3回出力する
```

```

9         print(m)
10        time.sleep(1)
11
12    def job_th(m):          # 上記の関数を独立したスレッドで実行するための関数
13        th = threading.Thread(target=job,args=(m,))
14        th.start()
15
16    # runメソッドを実行する関数
17    def mgr(s):
18        s.run()
19
20    # ジョブのスケジューリング
21    s = sched.scheduler()          # スケジューラの作成
22    e1 = s.enter(4.00,1,job_th,argument=('ジョブ1',))
23    e2 = s.enter(4.33,1,job_th,argument=('ジョブ2',))
24    e3 = s.enter(4.66,1,job_th,argument=('ジョブ3',))
25    t1 = time.time()              # ジョブ登録完了時刻
26    print('ジョブを登録しました. ')
27
28    sth = threading.Thread(target=mgr,args=(s,))    # 関数mgrを独立スレッドにして
29    sth.start()                                     # それを起動する
30
31    t2 = time.time()
32    print( t2-t1, '''秒後にスケジューリングが終了しました.
33    プログラムを終了するには Enter を押してください. ''' )
34    input()          # 入力待ち (Enterでプログラムが終了)

```

このプログラムは先の sched03.py と似ているが、run メソッドの実行を関数 mgr として定義し、それを独立したスレッドとして実行 (28,29 行目) している。これにより、全てのジョブの投入が終わった時点でプログラムの実行位置が 31 行目に移る。このことが次の実行例で確認できる。

実行例.

```

ジョブを登録しました.
0.0 秒後にスケジューリングが終了しました.
プログラムを終了するには Enter を押してください.
ジョブ 1
ジョブ 2
ジョブ 3
ジョブ 1
ジョブ 2
ジョブ 3
ジョブ 1
ジョブ 2
ジョブ 3
←ここで Enter を押すことでプログラムが終了する.

```

ジョブのスケジューリングが終了するのを待たずにプログラムが最終行に至っていることがわかる。

4.4.1.3 イベントの管理

イベント管理に関する機能を表 25 に示す。

表 25: イベント管理のための機能 (スケジューラオブジェクト S に対するメソッド/プロパティ)

記述	解説
S.cancel(e)	S に登録されているイベント e をキャンセルする。
S.empty()	S に登録されているイベントがなければ True を、存在すれば False を返す。
S.queue	S に登録されているイベントのリスト。

4.4.2 schedule モジュール

Python システムに標準添付されているモジュール以外にも、処理のスケジューリングのためのオープンソースのモジュール `schedule`¹¹¹ が公開されている。ここでは `schedule` モジュールの最も基本的な使用方法について解説する。

次のような関数 `job` の実行のスケジューリングを例に挙げて説明する。

例. 日付と時刻を付けてメッセージを出力する関数 `job`

```
>>> from datetime import datetime  Enter    ← datetime モジュールの読み込み
>>> def job(m):  Enter    ← 日付・時刻付きでメッセージを表示する関数
...     print( str(datetime.now())+'¥t: '+str(m) )  Enter
...  Enter    ← 関数定義の記述の終了
>>> job(' メッセージ')  Enter    ← 実行
2020-10-14 14:16:28.811510      :メッセージ    ← 実行結果の出力
```

4.4.2.1 一定の時間間隔で処理を起動する方法

先に定義した関数 `job` を 1 分間隔で実行するには次のようにスケジューリングする。

例. 1 分間隔で実行を繰り返すスケジューリング (先の例の続き)

```
>>> import schedule  Enter    ← schedule モジュールの読み込み
>>> e1 = schedule.every(1).minutes.do( job, '1 分間隔のジョブ' )  Enter    ← ジョブの登録
```

この結果、関数 `job` を 1 分毎に実行するスケジューリングができる。 `every(1).minutes` は「1 分毎」を意味する記述であり、それに続く `do(...)` が実行する関数の指定である。この例の実行によってジョブ (`job`) オブジェクト (スケジュールされる処理の単位) `e1` が得られている。同様に、20 秒間隔でジョブをスケジュールするには次のようにする。

例. 20 秒間隔で実行を繰り返すスケジューリング (先の例の続き)

```
>>> e2 = schedule.every(20).seconds.do( job, '20 秒間隔のジョブ' )  Enter
```

以上で 1 分毎、20 秒毎のスケジューリングができたことになる。このスケジュールを実行するには次のような繰り返し処理を実行する。

例. スケジュールを実行するループ (先の例の続き)

```
>>> import time  Enter    ← time モジュールの読み込み
>>> while True:  Enter    ← ループ記述の開始
...     schedule.run_pending()  Enter    ← スケジュールを実行する処理
...     time.sleep(1)  Enter    ← 1 秒待つて次の回に進む
...  Enter    ← ループ記述の終了

2020-10-14 15:00:51.309569      :20 秒間隔のジョブ    ←以降、スケジュール実行の過程
2020-10-14 15:01:11.494809      :20 秒間隔のジョブ          ↓
2020-10-14 15:01:31.661763      :1 分間隔のジョブ          :
2020-10-14 15:01:31.661763      :20 秒間隔のジョブ
2020-10-14 15:01:51.819587      :20 秒間隔のジョブ
2020-10-14 15:02:11.991623      :20 秒間隔のジョブ
2020-10-14 15:02:32.180156      :1 分間隔のジョブ
2020-10-14 15:02:32.180156      :20 秒間隔のジョブ
```

これは、1 秒毎にスケジュールを監視して実行するループである。この例にある `run_pending` メソッドがスケジュールを監視してジョブを起動する。このように Python の対話モードでループを実行した場合は、スケジュール実行の繰り返しを停止するには `Ctrl` + `C` とキー入力 (次の例) する。

¹¹¹このモジュールは「`pip install schedule`」でインストールできる。詳しくは公式インターネットサイト <https://pypi.org/project/schedule/> を参照のこと。

例. `Ctrl` + `C` による停止時の表示 (先の例の続き)

```
Traceback (most recent call last):           ←処理中断のメッセージ
  File "<stdin>", line 3, in <module>
KeyboardInterrupt
```

`do` メソッドで登録したジョブはキャンセルされるまで有効であり、再度スケジュールのループを実行した際、起動の対象となる。ジョブのキャンセルには `cancel_job` メソッドを用いる。

例. ジョブのキャンセル (先の例の続き)

```
>>> schedule.cancel_job(e1)  Enter    ←ジョブ e1 のキャンセル
>>> schedule.cancel_job(e2)  Enter    ←ジョブ e2 のキャンセル
```

■ 参考

ジョブとしてスケジューリングする関数は、`sched` モジュールに関する解説の「4.4.1.2 イベントを独立したスレッドで実行する方法」(p.188) で説明したように、必要に応じて独立したスレッドにしておくが良い。

4.4.2.2 指定した時刻に処理を起動する方法

例. 毎日 15:34:00 にジョブを起動する例 (先の例の続き)

```
>>> e1 = schedule.every().day.at('15:34:00').do( job, '毎日 15:34:00 のジョブ' )  Enter
>>> while True:  Enter    ←ループ記述の開始
...     schedule.run_pending()  Enter
...     time.sleep(1)  Enter
...  Enter    ←ループ記述の終了
2020-10-14 15:34:00.782234      :毎日 15:34:00 のジョブ    ←ジョブからの出力
```

この例のように `every().day.at(時刻)` という形でジョブ起動の時刻を設定する。

(この後 `Ctrl` + `C` でループを停止して `schedule.cancel_job(e1)` でジョブをキャンセルしたものとする)

留意事項：

上記の例を実行する際は実行環境の時刻を考え、ジョブ起動の時刻を適宜調整されたい。

例. 毎分の 00 秒, 20 秒, 40 秒にジョブを起動する例 (先の例の続き)

```
>>> e1 = schedule.every().minute.at(':00').do( job, '毎分 00 秒のジョブ' )  Enter
>>> e2 = schedule.every().minute.at(':20').do( job, '毎分 20 秒のジョブ' )  Enter
>>> e3 = schedule.every().minute.at(':40').do( job, '毎分 40 秒のジョブ' )  Enter
>>> while True:  Enter    ←ループ記述の開始
...     schedule.run_pending()  Enter
...     time.sleep(1)  Enter
...  Enter    ←ループ記述の終了
2020-10-14 16:09:20.925096      :毎分 20 秒のジョブ    ←ジョブからの出力
2020-10-14 16:09:40.104823      :毎分 40 秒のジョブ    ←ジョブからの出力
2020-10-14 16:10:00.223926      :毎分 00 秒のジョブ    ←ジョブからの出力
2020-10-14 16:10:20.442045      :毎分 20 秒のジョブ    ←ジョブからの出力
```

(この後 `Ctrl` + `C` でループを停止して

```
schedule.cancel_job(e1); schedule.cancel_job(e2); schedule.cancel_job(e3)
```

でジョブをキャンセルしたものとする)

留意事項：

上記の例を実行する際は実行環境の時刻の秒が 40~00 の間にあるタイミングで実行されたい。

例. 毎時の 18 分, 19 分にジョブを起動する例 (先の例の続き)

```
>>> e1 = schedule.every().hour.at(':18').do( job, ' 毎時 18 分のジョブ' ) Enter
>>> e2 = schedule.every().hour.at(':19').do( job, ' 毎時 19 分のジョブ' ) Enter
>>> while True: Enter ←ループ記述の開始
...     schedule.run_pending() Enter
...     time.sleep(1) Enter
... Enter ←ループ記述の終了
2020-10-14 16:18:00.353603 :毎時 18 分のジョブ ←ジョブからの出力
2020-10-14 16:19:00.795833 :毎時 19 分のジョブ ←ジョブからの出力
```

(この後 `Ctrl` + `C` でループを停止して

```
schedule.cancel_job(e1); schedule.cancel_job(e2)
```

でジョブをキャンセルしたものとする)

留意事項:

上記の例を実行する際は実行環境の時刻を考え、ジョブ起動の分を適宜調整されたい。

4.5 ジェネレータ

4.5.1 ジェネレータ関数

`range` 関数が生成する `range` オブジェクトのように、繰り返しの制御に与えるデータ列は必要に応じて生成されることが望ましい。特にサイズの大きなデータ列に対して繰り返しの制御を行う際には、システムの記憶資源の制限や処理の実行速度の面からデータ列は順次生成されることが望ましい。繰り返し制御のためにデータを順次生成するものとしてジェネレータ関数がある。

例として次のようなジェネレータ関数について考える。

例. 整数を際限なく生成するジェネレータ関数 `nbr`

```
>>> def nbr(): Enter ←ジェネレータ関数 nbr の定義の開始
...     n = 0 Enter
...     while True: Enter
...         yield n Enter
...         n += 1 Enter
... Enter ←ジェネレータ関数 nbr の定義の終了
>>>
```

これはジェネレータ関数の 1 つの例であるが、無限に整数列を生成する形になっていることがわかる。通常関数定義の場合は、これはいわゆる無限ループであり、特に忌避されるものである。ただし、定義の中に `yield` という文があることが重要である。

`yield` 文は、その関数が生成するデータを意味するものであり、この関数は `for` などの制御構文から呼び出される毎に、`yield` 文のところで呼び出し元のプログラムと同期すると解釈することができる。

イテレータに対してするように `next` 関数を用いてこの関数 `nbr` を呼び出す例を次に示す。

例. next 関数で値を順に取り出す (先の例の続き)

```
>>> q = nbr()  ←関数 nbr をジェネレータとして q に与える
>>> q  ←内容確認
<generator object nbr at 0x000001600A41C5C8>
    ↑ジェネレータオブジェクトとなっていることがわかる
>>> next( q )  ← next 関数による値の取り出し
0    ←取り出し結果
>>> next( q )  ←更に次の値の取り出し
1    ←取り出し結果
>>> next( q )  ←更に次の値の取り出し
2    ←取り出し結果
```

この例から、無限ループによる制御不能の状態に陥ることなく、関数 nbr から値を際限なく取り出せることがわかる。

yield 文は return 文のように値を返すものであるが、呼び出し元と同期した形で次々と 列の要素として値を生成するものと解釈する。

戻り値の指定に yield 文を用いた関数は **ジェネレータ関数**となる。ジェネレータ関数において return 文は使用できない。(無視される)

4.5.2 ジェネレータ式

「2.5.1.5 for を使ったデータ構造の生成 (要素の内包表記)」(p.63) のところで **データ列の内包表記**について説明したが、タプルに対する内包表記は **ジェネレータ式**となる。(次の例参照)

例. ジェネレータ式

```
>>> g = ( 2*x for x in range(4) )  ←ジェネレータ式を生成
>>> g  ←内容確認
<generator object <genexpr> at 0x000001600A34E7D8>
    ↑ジェネレータオブジェクトとなっていることがわかる
>>> for m in g:  ←個々に値を取り出してみる
...     print( m ) 
...  ←繰り返しの終了
0    ←結果表示 (ここから)
2
4
6    ←結果表示 (ここまで)
```

これは、リスト [0,1,2,3] の各要素を2倍して表示したと見ることができるが、g に生成されたジェネレータ式は参照された時点で値を生成する。長大なリストを繰り返し制御に与える場合は、ジェネレータ式の応用により記憶資源と実行速度の面で効率を高めることができる場合がある。

4.6 モジュール、パッケージの作成による分割プログラミング

実用的なアプリケーションプログラムの開発においては、多くの関数やクラスを定義する。また、システムの機能を細分化して別々のソースプログラムとしてアプリケーションを作り上げることが一般的である。更に、汎用性の高い関数やクラスは、別のアプリケーションを開発する際にも再利用できることが望ましい。

これまで、様々なモジュールやパッケージの利用方法について説明したが、それらは多くの開発者（サードパーティー）によって開発されたプログラムであり、汎用性の高さゆえに公開され広く利用されている。再利用が望まれる関数やクラスはこのようにモジュールやパッケージという形で用意しておくが、ここでは、独自のモジュールやパッケージを作成する方法について説明する。

4.6.1 モジュール

4.6.1.1 単体のソースファイルとしてのモジュール

最も簡単な方法として、1つのソースファイルに関数やクラスの定義を記述するという方法があるが、これに関してサンプルを示しながら説明する。

次のようなプログラム（モジュールファイル）MyModule.pyを用意する。

プログラム：MyModule.py

```
1 # coding: utf-8
2
3 # 加算関数
4 def kasan(x,y):
5     print('module:',__name__)
6     return( x + y )
7
8 # 乗算関数
9 def jouzan(x,y):
10    print('module:',__name__)
11    return( x * y )
```

この場合のモジュールの名前はそのファイル名（拡張子は除く）であり、このモジュールには2つの関数 kasan と jouzan が定義されている。このモジュールは他のプログラムやPython インタプリタに読み込んで使用することができる。（次の例参照）

例. Python インタプリタからモジュール MyModule.py を利用する例 (1)

```
>>> import MyModule  Enter    ←読み込み
>>> MyModule.kasan( 2, 3 )  Enter    ← kasan の実行
module:  MyModule          ←モジュール名の表示
5                            ←処理結果
```

この例のように、**モジュール名.関数** として¹¹² モジュールに定義された関数を呼び出すことができる。

Python では大域変数（グローバル変数）__name__が定義されており、現在実行されているモジュール名がそこに保持されている。メインプログラムのモジュール名は '__main__' である。（詳しくは後の「4.6.2.1 モジュールの実行」(p.197) を参照のこと）

モジュールを使用した後は、モジュールファイルと同じディレクトリ内にサブディレクトリ __pycache__ が作成される。

関数呼び出し時にモジュール名を省略することもできる。（次の例参照）

¹¹²詳しくは巻末付録「D.1 ライブラリの読み込みに関すること」(p.312) を参照のこと。

例. Python インタプリタからモジュール MyModule.py を利用する例 (2)

```
>>> from MyModule import kasan, jouzan  Enter    ←読み込み
>>> kasan(2,3)  Enter    ← kasan の実行
module:  MyModule      ←モジュール名の表示
5                      ←処理結果
>>> jouzan(3,4)  Enter    ← jouzan の実行
module:  MyModule      ←モジュール名の表示
12                     ←処理結果
>>> print(__name__) Enter    ←モジュール名の表示 (メイン)
__main__              ←モジュール名の表示
```

この例にあるように,

from モジュール名 import 使用する関数 (クラス) 名

として¹¹³ モジュールを読み込む.

規模の大きなプログラムを開発する際は、複数のサブディレクトリと複数のファイルから構成されるパッケージの形にするのが一般的である.

4.6.2 パッケージ (ディレクトリとして構成するライブラリ)

複数のソースファイルから構成されるモジュール群をパッケージという. 1つのパッケージは1つのディレクトリとして作成し、そのディレクトリ内に初期化スクリプト `__init__.py` を作成しておく¹¹⁴.

パッケージ作成の例

次のようなディレクトリ構成のパッケージについて考える.

```
./MyPackage      (ディレクトリ)
|
+- __init__.py   (初期化スクリプト)
|
+- kasan.py      (テキスト形式のソースプログラム)
|
+- jouzan.py     (テキスト形式のソースプログラム)
|
+- cdir.py       (テキスト形式のソースプログラム)
```

この場合のパッケージ名は、パッケージのファイル (フォルダ) を含む最上位のディレクトリ名である. この例では `MyPackage` がパッケージ名となる. 次に `kasan.py` と `jouzan.py` の内容を示す.

プログラム: kasan.py

```
1  # coding: utf-8
2
3  # 加算関数
4  def kasan(x,y):
5      print('module:',__name__)
6      return( x + y )
7
8  # テスト実行用メイン部
9  if __name__ == '__main__':
10     print('テスト実行: kasan(2,3)=', kasan(2,3))
```

プログラム: jouzan.py

```
1  # coding: utf-8
2
3  # 乗算関数
4  def jouzan(x,y):
```

¹¹³詳しくは巻末付録「D.1 ライブラリの読み込みに関すること」(p.312)を参照のこと.

¹¹⁴初期化のための処理を特に記述しない場合は `__init__.py` の内容は空でも良い.

```

5     print('module:', __name__)
6     return( x * y )
7
8 # テスト実行用メイン部
9 if __name__ == '__main__':
10    print('テスト実行：jouzan(3,4)=', jouzan(3,4))

```

(cdir.py については後で触れる)

これらパッケージを読み込んで使用する例を次に示す.

```

>>> from MyPackage.kasan import kasan  Enter    ←パッケージの読み込み (1)
>>> from MyPackage.jouzan import jouzan  Enter    ←パッケージの読み込み (2)
>>> kasan(2,3)  Enter    ← kasan の実行
module:  MyPackage.kasan    ←モジュール名の表示
5                                ←処理結果
>>> jouzan(3,4)  Enter    ← jouzan の実行
module:  MyPackage.jouzan    ←モジュール名の表示
12                               ←処理結果

```

この例にあるように,

from パッケージ名. モジュールファイル名 import 使用する関数 (クラス) 名

として¹¹⁵ モジュールを読み込む. ここで言う**モジュールファイル**は, パッケージのディレクトリ配下にあるソースファイル (拡張子は除く) のことである.

この例の2つのソースプログラムの8~10行目には「テスト実行用**メイン部**」というものが記述されているが, これについては次に説明する.

4.6.2.1 モジュールの実行

モジュールは他のプログラム (メインプログラム) から呼び出して使用するものであるが, 開発中にそのモジュールをテストするために, テスト実行用のメインプログラムを別のソースファイルとして作成するのは煩わしい場合がある. この問題を軽減するために, モジュールのファイルの中に, テスト実行用の**メイン部**を記述しておいて, 直接そのモジュールを Python インタプリタで実行するのが良い. 例えば先のパッケージの例において, 次のようにして OS のコマンドシェルからモジュールを直接実行することができる.

Windows での例

```

C:¥Users¥katsu > py MyPackage/kasan.py  Enter    ← OS のシェルからモジュールを直接実行
module:  __main__                                ←メインプログラムとして実行されていることがわかる
テスト実行：kasan(2,3)= 5                        ←実行結果

```

Python のプログラミングにおいては, このような形 (下記のような形) で明に**メイン部**を記述するスタイルが一般的である.

Python のプログラミングスタイル

```

if __name__ == '__main__':
    :
    (メインプログラム)
    :

```

¹¹⁵詳しくは巻末付録「D.1 ライブラリの読み込みに関すること」(p.312)を参照のこと.

4.6.3 モジュールが配置されているディレクトリの調査

作成したプログラムをパッケージとして1つのディレクトリにまとめる際に、パッケージのモジュールプログラム（スクリプト）で使用するデータ類を同一のディレクトリに含めることがある。この場合、スクリプトがデータにアクセスするために当該ディレクトリの位置（パス）を知る必要がある。モジュールの処理（関数やメソッド）の中で、当該スクリプトが配置されているディレクトリのパスを知るには「2.6.6.6 実行中のスクリプトに関する情報」（p.91）の所で紹介した方法を応用する。

実行中のスクリプトが自身のファイル名を取得するには、グローバル変数‘__file__’を参照する。更に、os.path モジュールの abspath 関数によって、‘__file__’の絶対パスを取得することができる。また、os.path モジュールの dirname 関数によって、それを格納するディレクトリ名を取得することができる。

以上のことを応用して次のようなモジュールファイル cdir.py をパッケージのディレクトリ MyPackage に作成する。

プログラム：cdir.py

```
1 # coding: utf-8
2 import os
3
4 # ディレクトリの調査
5 def chkPath():
6     p = os.path.dirname( os.path.abspath(__file__) )
7     return( p )
8
9 # テスト実行用メイン部
10 if __name__ == '__main__':
11     print( '絶対パス:', chkPath() )
```

このモジュールの chkPath 関数が当該モジュールを格納するパスを返す。動作確認をするために、カレントディレクトリをパッケージのディレクトリ MyPackage にして cdir.py の実行を試みる。（下記）

例. cdir.py を直接実行する（Windows での例）

```
C:\Users\katsu\MyPackage> py cdir.py Enter ←モジュールを実行
絶対パス: C:\Users\katsu\MyPackage ←結果表示
```

次にカレントディレクトリを別のパス（MyPackage の親ディレクトリ）にして、cdir.py をモジュールとして読み込み、chkPath 関数の実行を試みる。（下記）

例. モジュールとして chkPath を実行

```
>>> import MyPackage.cdir Enter ←モジュールの読み込み
>>> print( MyPackage.cdir.chkPath() ) Enter ←chkPath 関数の実行
C:\Users\katsu\MyPackage ←結果表示
```

モジュールファイル cdir.py 自身のディレクトリが表示されている。

4.6.4 __init__.py について

パッケージのディレクトリ内に配置する __init__.py には、Python 処理系が当該パッケージを読み込む際に実行する処理（初期化などに関する処理）を記述する。具体的な内容としては、パッケージの開発者が自由に記述することができるが、ここでは応用例を1つ示す。

実際にパッケージを開発する際は、それを収めるディレクトリ内に複数のモジュールファイルを配置する。また、サブディレクトリを設置して「サブパッケージ」として階層的にモジュールファイル群を配置することもある。そのようなパッケージを利用する場合、

```
from パッケージ.サブパッケージ.サブサブパッケージ... import クラスや関数
```

などとして読み込むことになるが、このような煩雑な記述を簡略化することができる。先に示したパッケージの例

MyPackage において __init__.py の内容に次のように記述する.

プログラム: __init__.py

```
1 # coding: utf-8
2 # モジュールの読み込み
3
4 from MyPackage.kasan import kasan
5 from MyPackage.jouzan import jouzan
6 from MyPackage.cdirt import chkPath
```

これにより MyPackage を読み込む際に __init__.py の内容が実行され、それぞれのモジュールファイル内に記述された関数を 'MyPackage.' の接頭辞により呼び出すことができる。(次の例参照)

例. 簡略化されたパッケージの扱い

```
>>> import MyPackage  ←パッケージの読み込み
>>> MyPackage.kasan(2,3)  ← kasan の実行
module: MyPackage.kasan ←実行結果
5 ←実行結果
>>> MyPackage.jouzan(3,4)  ← jouzan の実行
module: MyPackage.jouzan ←実行結果
12 ←実行結果
>>> print( MyPackage.chkPath() )  ← chkpath の実行
C:\Users\¥katsu¥MyPackage ←実行結果
```

パッケージ／モジュールの読み込み方などに関しては、巻末付録「D.1 ライブラリの読み込みに関すること」(p.312)を参照のこと.

4.7 ファイル内でのランダムアクセス

通常の場合、ファイル入出力は順次アクセス（Sequential Access）と呼ばれる手法で行われる。すなわち、読み込みの際は先頭からファイル末尾（EOF: End Of File）に向けて順番に読み取られ、書き込みの際はその時点でのファイル末尾にデータが追加される。これに対して、記録媒体の任意のバイト位置にアクセスする手法をランダムアクセス（Random Access）という。具体的には、記録媒体の指定したバイト位置から内容を読み取ったり、指定したバイト位置にデータを書き込む手法を意味する。ここでは、ファイルに対するランダムアクセスのための基本的な事柄について説明する。

4.7.1 ファイルのアクセス位置の指定（ファイルのシーク）

通常の順次アクセスにおいては、現在開いているファイルのアクセス位置は「次にアクセスすべき位置」が自動的に取られるが、seek メソッドを使用すると、指定した任意のバイト位置にアクセス位置を移動することができる。seek メソッドの基本的な使い方を表 26 に示す。

表 26: ファイル f に対する seek メソッドの基本的な使い方

書き方	説明
f.seek(n)	ファイルの先頭から n バイト目にアクセス位置を移動する。
f.seek(n,0)	同上
f.seek(n,1)	現在のアクセス位置から n バイト目にアクセス位置を移動する。
f.seek(n,2)	ファイルの末尾から n バイト目にアクセス位置を移動する。

※ seek メソッド実行後はシーク結果のバイト位置の値を返す。

4.7.2 サンプルプログラム

ファイルへのランダムアクセスを行うサンプルプログラム fram01.py を示す。このプログラムは 10 バイトのレコードを 3 件持つファイルに対するランダムアクセスを行う。

プログラム：fram01.py

```
1  # coding: utf-8
2
3  #####
4  # ファイル内容を表示する関数                                     #
5  #####
6  def dumpf(f):
7      for i in range(3):
8          f.seek(i*10)
9          rec = f.read(10).decode('utf-8')
10         print(rec)
11         print('')
12
13  #####
14  # ファイルのランダムアクセスの試み                             #
15  #####
16  # ファイルの作成（空ファイルの準備）
17  f = open('fram01.dat','wb')
18  f.close()
19
20  # 読み書き可能な形で再度開く
21  f = open('fram01.dat','rb+')
22
23  #==== '0000:*****' の形（長さ10バイト）で3件書き込み =====
24  for i in range(3):
25      f.write('0000:*****'.encode('utf-8'))
26  # 内容確認
27  dumpf(f)
28
29  #==== 2レコード目に '0002: two' を書き込み =====
30  f.seek(20)
```

```

31 f.write( '0002:  two'.encode('utf-8') )
32 # 内容確認
33 dumpf(f)
34
35 #==== 0レコード目に '000z: zero' を書き込み ====
36 f.seek(0)
37 f.write( '000z: zero'.encode('utf-8') )
38 # 内容確認
39 dumpf(f)
40
41 #==== 1レコード目に '0001:  one' を書き込み ====
42 f.seek(10)
43 f.write( '0001:  one'.encode('utf-8') )
44 # 内容確認
45 dumpf(f)
46
47 # ファイルサイズの取得
48 p = f.seek(0,2)
49 print('File size:',p,'bytes')
50
51 #=== 終了 ===
52 f.close()

```

解説：

17,18 行目で空のファイルを新規に作成して、21～25 行目でファイル内容を初期化している。この結果、ファイルの内容が '0000:*****' というレコードを 3 つ持つ形となる。

6～11 行目はファイルの内容全体を表示するための関数（名前：dumpf）で、プログラム内で度々呼び出されている。

30～45 行目ではファイル内のバイト位置を seek メソッドで直接指定してランダムアクセスしている。（順不同の書き込み）

このプログラムを実行した結果を次に示す。

```

0000:*****   ←ファイル内容の初期化の結果
0000:*****
0000:*****

0000:*****
0000:*****
0002:  two    ← 2 レコード目に書き込み

000z:  zero   ← 0 レコード目に書き込み
0000:*****
0002:  two

000z:  zero
0001:  one    ← 1 レコード目に書き込み
0002:  two

File size: 30 bytes

```

4.8 データオブジェクトの保存と読み込み：pickle モジュール

Python 処理系に標準的に添付されている pickle モジュールを利用すると、データオブジェクトをバイト列¹¹⁶（バイナリ形式のデータ列）として扱うことができる。このモジュールが提供する代表的な関数を表 27 に挙げる。

表 27: pickle モジュールが提供する代表的な関数

関数	説明
<code>dumps(オブジェクト)</code>	「オブジェクト」をバイト列に変換したものを返す。
<code>dump(オブジェクト, ファイル)</code>	「オブジェクト」をバイト列に変換して「ファイル」に保存する。
<code>loads(バイト列)</code>	「バイト列」を展開して元のオブジェクトにして返す。
<code>load(ファイル)</code>	<code>dump</code> 関数により保存されたファイルを読み込み、元のオブジェクトにして返す。

例. リスト⇄バイト列の変換

```
>>> import pickle  ←モジュールの読み込み
>>> d = [1,2,3,4,5,6,7,8,9,10]  ←リストの用意
>>> bn = pickle.dumps(d)  ←バイト列に変換
>>> bn  ←内容確認
b'\x80\x03q\x00(K\x01K\x02K\x03K\x04K\x05K\x06K\x07K\x08K\tK\n.'
    ↑バイト列になっている
>>> pickle.loads(bn)  ←リストに戻す
[1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]  ←元のリストになっている
```

`dumps`, `dump` 関数によって得られたバイト列はデータ型に関する情報などを含んでおり、元のデータに復元することができる。

次に、定義されたクラスのインスタンスとして生成されたオブジェクトをファイルに保存し、それを再び読み込んで元のオブジェクトに復元する例を示す。次に示すサンプルプログラム `pickle02class.py` は三角関数の表を生成してプロットするためのクラス `Data` を定義している。（グラフの描画には `matplotlib` ライブラリ¹¹⁷ を使用する）

プログラム：pickle02class.py

```
1  # coding: utf-8
2  #--- 数学関数 ---
3  import math
4  #--- グラフ描画 ---
5  import matplotlib.pyplot as plt
6
7  #--- クラス定義 ---
8  class Data: # 三角関数の表を扱うクラス
9      #--- コンストラクタ ---
10     def __init__(self):
11         self.tri = dict() # 辞書として空の表を生成
12     #--- データの生成 ---
13     def gen(self):
14         for ix in range(629):
15             x = ix / 100.0 # 定義域
16             ysin = math.sin(x); ycos = math.cos(x) # 正弦関数, 余弦関数
17             self.tri[x] = [round(ysin,3),round(ycos,3)] # を生成してリストにする
18     #--- データ列の取り出し ---
19     def qx(self):
20         return( list( self.tri.keys() ) )
21     def qsin(self):
22         return( [self.tri[x][0] for x in self.qx()] )
23     def qcos(self):
24         return( [self.tri[x][1] for x in self.qx()] )
```

¹¹⁶ 「2.6.3.2 バイト列の扱い」(p.82) 参照

¹¹⁷ Python でグラフを描画する場合によく用いられるライブラリ（公式インターネットサイト：<https://matplotlib.org/>）


```

25     #--- グラフのプロット ---
26     def plotTriangle(self):
27         plt.plot( self.qx(), self.qsin() )
28         plt.plot( self.qx(), self.qcos() )
29         plt.show()

```

Data クラスは三角関数表を辞書オブジェクト `tri` として保持するもので、インスタンス生成後に `gen` メソッドによりデータを生成する。また、`plotTriangle` メソッドによりグラフを描画する。このクラスを用いて、

- 1) データの生成、グラフの描画、データの保存
- 2) 保存されたデータの復元 (Data クラス)、グラフの描画

の処理を行う例 (サンプルプログラム `pickle02-1.py`, `pickle02-2.py`) を示す。

プログラム：pickle02-1.py (データの生成、グラフ描画、データの保存)

```

1  # coding: utf-8
2  #--- バイナリファイル保存／読み込み ---
3  import pickle
4
5  #--- クラス定義読み込み ---
6  from pickle02class import Data
7
8  #--- データの生成とプロット ---
9  d = Data()          # オブジェクトの生成
10 d.gen()              # データの生成
11 d.plotTriangle()     # グラフのプロット
12
13 #--- pickleによるデータ保存 ---
14 f = open('pickle02.dat','wb')    # バイナリファイルを作成
15 pickle.dump( d, f )              # 保存
16 f.close()

```

プログラム：pickle02-2.py (データの読み込み、グラフの描画)

```

1  # coding: utf-8
2  #--- バイナリファイル保存／読み込み ---
3  import pickle
4
5  #--- pickleによるデータ読み込み ---
6  f = open('pickle02.dat','rb')    # バイナリファイルとして開く
7  d = pickle.load( f )             # 読み込み
8  f.close()
9
10 #--- グラフのプロット ---
11 d.plotTriangle()

```

これらプログラムを実行すると、Data クラスのオブジェクトがバイナリファイル `pickle02.dat` として保存される。特に重要な点として、読み込み側のプログラム `pickle02-2.py` においてクラスの定義の記述が無いことが挙げられる。pickle モジュールの機能によって保存された `pickle02.dat` にはデータの クラス定義の情報が含まれており、グラフ描画のための `plotTriangle` メソッドが実行できることが確認される。

両方のプログラムの実行において図 29 のようなグラフが表示される。

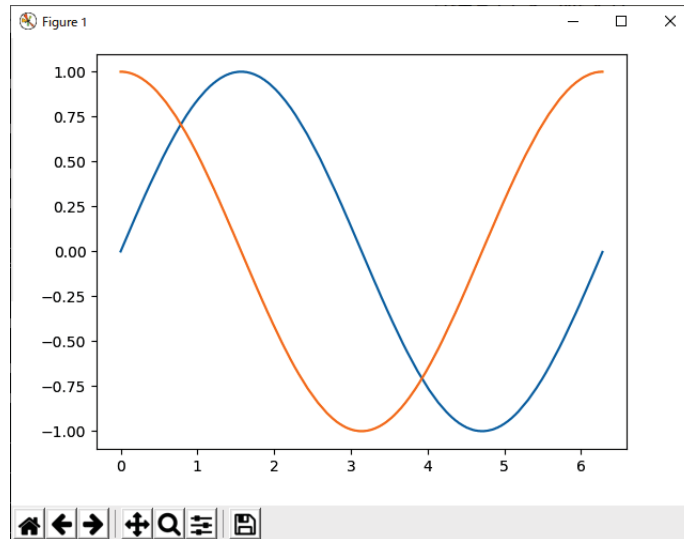


図 29: pickle02-1.py, pickle02-2.py で描画されるグラフ

4.9 バイナリデータの作成と展開： struct モジュール

Python に標準的に添付されている struct モジュールを用いると、C 言語の**構造体** (struct) を作成、あるいは展開することができる。多くのアプリケーションソフトウェアは C 言語の構造体を標準的なデータ構造として採用しており、「バイナリデータ」と呼ばれるものは多くの場合において C 言語の構造体を意味する。従って、ファイル I/O や通信においてそのようなデータ構造を生成、展開するための機能が求められることがある。ここでは、struct モジュールの基本的な使用方法について説明する。

4.9.1 バイナリデータの作成

Python のバイト列としてバイナリデータを作成するには pack 関数を用いる。

書き方： struct.pack(フォーマット, データ列 ...)

連結対象の「データ列」は必要なだけコンマで区切って記述できる。第一引数の「フォーマット」には、変換後の C 言語のデータ型を意味する記述 (表 28) を与える。連結されて出来上がったバイト列が戻り値となる。

pack 関数の使用例を次に示す。

例. バイナリデータの作成

```
>>> import struct      Enter      ←モジュールの読み込み
>>> v1 = 1              Enter      ←ここから値 (3つ) を用意
>>> v2 = 2              Enter
>>> v3 = 3              Enter
>>> b = struct.pack( 'iii', v1, v2, v3 )  Enter  ←上記3つの「整数」を連結
>>> b                  Enter      ←内容確認
b'\x01\x00\x00\x02\x00\x00\x03\x00\x00'
```

変数 v1, v2, v3 の値を整数 'i' として連結してバイト列 b を得ている。フォーマットの記述も、連結対象の 3 個のデータに対応させて 'iii' としている。

次にこれを展開する方法について説明する。

4.9.2 バイナリデータの展開

バイト列で表現されたバイナリデータを展開するには unpack 関数を用いる。

書き方： struct.unpack(フォーマット, バイト列)

展開されたデータのタプルが戻り値として得られる。unpack 関数の使用例を次に示す。

表 28: C 言語の型を意味するフォーマットの表記 (一部)

表記	C 言語の型	意味	バイト長
c	char	長さ 1 のバイト値	1
b	signed char	整数	1
B	unsigned char	整数	1
?	Bool	真理値型	1
h	short	整数	2
H	unsigned short	整数	2
i	int	整数	4
I	unsigned int	整数	4
l	long	整数	4
L	unsigned long	整数	4
q	long long	整数	8
Q	unsigned long long	整数	8
e	(注 1)	浮動小数点数 (半精度)	2
f	float	浮動小数点数 (単精度)	4
d	double	浮動小数点数 (倍精度)	8
x	(注 2)	パディング	-

注 1: ニューラルネットの扱いにおいて多く用いられる型

注 2: C 言語の構造体としてメモリ境界を合わせるための調整領域

例. バイナリデータの展開 (先の例の続き)

```
>>> x = struct.unpack( 'iii', b )  Enter  ←バイナリデータを展開
>>> x  Enter  ←内容確認
(1, 2, 3)  ←展開結果がタプルとして得られる
```

【サンプルプログラム】

多数のデータを連結してバイナリデータとして保存し、それを読み込んで展開するプログラムの例を struct01.py に示す.

プログラム: struct01.py

```
1  # coding: utf-8
2  import struct
3
4  d = [x for x in range(20)]      # 20 個の整数
5  fmt = 'i' * 20                  # 20 個のフォーマット
6
7  b = struct.pack( fmt, *d )      # '*d' で引数の並びとしてデータの要素を並べる
8
9  f = open( 'struct01.bin', 'wb' ) # バイナリファイルを作成して
10 f.write( b )                     # 書き込む
11 f.close()
12
13 f = open( 'struct01.bin', 'rb' ) # 上で作成したファイルを開き
14 b2 = f.read()                   # 読み込む
15 f.close()
16
17 d2 = struct.unpack( fmt, b2 )   # データを展開
18
19 print( '元のデータ:' )
20 print( d, '\n' )
21 print( '連結->保存->読み->展開:' )
22 print( d2 )
```

これは 20 個の整数列のリストを生成し、それをバイナリデータとして連結、保存したものを読み込んで、展開する例である。pack 関数呼び出し時の引数に 'd' という記述をすることで、リストの全要素を引数の並びとしている。このような書き方に関しては「2.7.1.3 関数呼び出し時の引数に '*' を記述する方法」(p.106) で解説している。

このプログラムの実行結果の例を次に示す。

元のデータ：

[0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19]

連結→保存→読み込み→展開：

(0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19)

このサンプルのような手法で、多量のデータをバイナリデータとして保存する、あるいは読み込んで展開することができる。

4.9.3 バイトオーダーについて

2 バイト以上の長さで表現される数値データに関しては、記憶資源上でのバイト毎の格納順番に注意しなければならない。このことを C 言語の int 型 (4 バイト整数) を例に挙げて説明する。

16,909,060 という 4 バイトの整数について考える。この値は $1 \times 256^3 + 2 \times 256^2 + 3 \times 256^1 + 4 \times 256^0$ であり、記憶資源上には 1, 2, 3, 4 というバイト値の並びとして表現される。この値を pack 関数でバイト列 (バイナリデータ) に変換すると次のようになる。

例. $1 \times 256^3 + 2 \times 256^2 + 3 \times 256^1 + 4 \times 256^0$ をバイト列に変換 (Intel Core i7, Windows10 で実行)

```
>>> n = 1*(256**3) + 2*(256**2) + 3*(256**1) + 4*(256**0)  Enter  ←値の生成
```

```
>>> n  Enter  ←内容確認
```

```
16909060  ←結果表示
```

```
>>> import struct  Enter  ←モジュールの読み込み
```

```
>>> b = struct.pack( 'i', n )  Enter  ←バイナリデータに変換
```

```
>>> b  Enter  ←内容確認
```

```
b'\x04\x03\x02\x01'  ←結果表示 (バイト値の並びが逆順に見える)
```

この例は Intel の CPU である Core i7 の計算機 (OS は Windows10) で実行したものであるが、バイト列に変換すると、バイト値の並びが逆順になっているように見える。これは、Intel 製 CPU である Core i7 のバイトオーダーがリトルエンディアンであることに起因する。

計算機が値をバイト列として記憶資源に格納する際の順序をバイトオーダー (図 30)¹¹⁸ という。バイトオーダーは計算機のアーキテクチャによって異なり、Intel の x86 系とその互換 CPU ではリトルエンディアンである。また、モトローラ社の MC68000 系列の CPU ではビッグエンディアンである。ただし、Java の JVM では独自のアーキテクチャを実現しており、実行環境の CPU の種類に依らず Java 上では常にビッグエンディアンである。

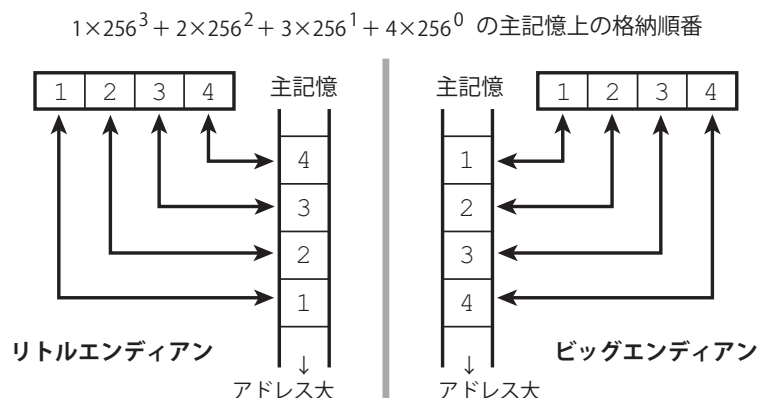


図 30: バイトオーダー

¹¹⁸リトルエンディアン、ビッグエンディアンの他にもミドルエンディアンなるバイトオーダーを採用している CPU も存在する。

このような事情から、バイナリデータを異なるアーキテクチャの計算機環境の間で流用する際にはバイトオーダーに関して注意しなければならない。struct モジュールの pack / unpack 関数では、実行時にバイトオーダーを指定することが可能である。これに関して実行例を挙げて説明する。

例. バイトオーダーの指定（先の例の続き）

```
>>> lb = struct.pack( '<i', n )  [Enter]  ←リトルエンディアンを明に指定して変換
>>> lb  [Enter]  ←内容確認
b'\x04\x03\x02\x01'  ←結果表示
>>> bb = struct.pack( '>i', n )  [Enter]  ←ビッグエンディアンを明に指定して変換
>>> bb  [Enter]  ←内容確認
b'\x01\x02\x03\x04'  ←結果表示
```

この例にあるように、型を指定するフォーマットに先立って '<' を付けるとリトルエンディアン、'>' を付けるとビッグエンディアンとして変換処理される。

▲注意▲

ARM, PowerPC の系列の CPU ではリトルエンディアン / ビッグエンディアンを切り替えることができる¹¹⁹ ので、これら CPU の計算機環境との間でバイナリデータを交換する場合は特に意識すること。

4.10 バイナリデータをテキストに変換する方法：base64 モジュール

Base64 形式¹²⁰ は、バイナリデータを ASCII データしか通さない通信路で送受信する際に用いられるエンコーディングの形式である。Python には base64 モジュールが標準的に提供されており、このモジュールを利用することで、バイナリデータを Base64 形式のテキストデータに変換することができる。

【基本的な使い方】

base64 モジュールは次のようにして Python 処理系に読み込む。

```
import base64
```

バイト列 (bytes 型) のデータを Base64 形式データに変換するには b64encode 関数を使用する。

● バイト列→Base64 データ

例. バイト列 bd を Base64 データ b64 に変換する

```
b64 = base64.b64encode( bd )
```

得られた b64 の型も bytes である。

Base64 形式データをバイト列 (bytes 型) のデータに変換するには b64decode 関数を使用する。

● Base64 データ→バイト列

例. Base64 データ b64 をバイト列 bd に変換する

```
bd = base64.b64decode( b64 )
```

base64 モジュールの基本的な使用方法を、例を示しながら説明する。次に示すプログラム base64-01.py は、バイナリ形式のデータファイル python_icon.png (画像ファイル：図 31) を、Base64 形式のテキストファイル base64.dat に変換するものである。

¹¹⁹ バイエンディアン

¹²⁰ RFC4648



図 31: python_icon.png

プログラム：base64-01.py (バイナリファイルを Base64 ファイルに変換)

```
1 # coding: utf-8
2 # モジュールの読み込み
3 import base64
4
5 # バイナリデータ (画像ファイル) の読み込み
6 f = open( 'python_icon.png', 'rb' )
7 bd = f.read()      # 一度に読み込み
8 f.close()
9
10 b64 = base64.b64encode( bd )      # Base64形式のバイト列に変換
11
12 # ファイルに保存
13 f = open( 'base64.dat', 'wb' )
14 f.write( b64 )
15 f.close()
```

base64-01.py によって作成された Base64 ファイル base64.dat を復元して、バイナリファイル base64.png を生成するプログラム base64-02.py を次に示す。

プログラム：base64-02.py (Base64 ファイルを復元)

```
1 # coding: utf-8
2 # モジュールの読み込み
3 import base64
4
5 # Base64データの読み込み
6 f = open( 'base64.dat', 'rb' )
7 b64 = f.read()      # 一度に読み込み
8 f.close()
9
10 bd = base64.b64decode( b64 )      # Base64形式のバイト列を復元
11
12 # ファイルに保存
13 f = open( 'base64.png', 'wb' )
14 f.write( bd )
15 f.close()
```

このプログラムによって生成されたバイナリファイル base64.png の内容は図 31 に示したのと同じである。

base64 モジュールは、Base16、Base32、Base85 の各形式の変換機能も提供する。詳しくは公式ドキュメントを参照のこと。

4.11 編集可能なバイト列: bytearray

先の「2.6.3.2 バイト列の扱い」(p.82)で解説したバイト列 (bytes 型) はイミュータブルなデータ構造であり、作成後はその内容を変更することができない。(次の例参照)

例. バイト列を変更しようとする試み

```
>>> b = b'abcdefg'      Enter      ← bytes 型のバイト列を作成
>>> b[1]                Enter      ← インデックス位置が 1 の要素を
98                          ← 参照はできるが…
>>> b[1] = 66           Enter      ← 値を更新しようとする…
Traceback (most recent call last):  ← エラー (例外) となる
  File "<stdin>", line 1, in <module>
TypeError: 'bytes' object does not support item assignment
```

これに対して、`bytearray` 型のバイト列はミュータブルであり、変更が可能である。

4.11.1 bytearray の作成方法

bytearray を作成するにはいくつかの方法があるが、生成する長さ（バイト長）を指定する方法が最も単純である。

書き方: `bytearray(バイト長)`

例. 5 バイトの長さの bytearray を作成

```
>>> b = bytearray( 5 )      Enter      ← bytearray を作成
>>> b                       Enter      ←内容確認
bytearray(b' \x00\x00\x00\x00\x00')    ←作成された bytearray
```

この方法で作成された bytearray の初期値（各バイト要素の値）は 0 である。また、bytearray オブジェクトは bytearray(バイト列表記) と表現される。

bytes 型の場合と同様の作成方法もある.

例. 文字列やバイト値のリストから作成

```
>>> b = bytearray( '日本語', 'utf-8' )      Enter      ←文字列から bytearray を作成
>>> b      Enter      ←内容確認
bytearray(b'\xe6\xe9\x97\xa5\xe6\x9c\xac\xe8\xaa\xe9')      ←内容
>>> b = bytearray( [65,66,67] )      Enter      ←バイト値のリストから bytearray を作成
>>> b      Enter      ←内容確認
bytearray(b'ABC')      ←内容
```

あるいはもっと単純に、bytes 型オブジェクトから bytearray を作成することもできる。

例. bytes 型オブジェクトを bytearray に変換する

```
>>> b = bytearray( b'abcdefg' )  Enter  ← bytes オブジェクトをコンストラクタに与える
>>> b  Enter  ←内容確認
bytearray(b'abcdefg')  ←内容
```

bytearray はミュータブルなので変更が可能である。

例. bytearray の内容変更 (先の例の続き)

```
>>> b[1]  ←インデックス位置が 1 の要素の参照
98 ←参照可能
>>> b[1] = 66  ←値の更新も可能
>>> b  ←内容確認
bytearray(b'aBcdefg') ←該当位置の要素が変更されている
```


4.11.2 他の型への変換

bytearray を bytes 型に変換するには 'bytes(bytearray オブジェクト)' とする.

例. bytes 型への変換 (先の例の続き)

```
>>> bytes( b )      Enter      ← bytes 型への変換
b'aBcdefg'          ← 変換結果
```

bytearray を文字列型に変換するには decode や str を使用する.

例. 文字列型への変換

```
>>> b = bytearray( '日本語', 'utf-8' ) Enter      ← bytearray オブジェクトの作成
>>> b.decode('utf-8') Enter      ← 文字列型への変換 (1)
'日本語'          ← 変換結果
>>> str( b, 'utf-8' ) Enter      ← 文字列型への変換 (2)
'日本語'          ← 変換結果
```

4.11.3 ファイルへの出力

bytearray オブジェクトは bytes 型の場合と同様の方法でファイルに出力することができる.

例. bytearray オブジェクトをファイルに出力する (先の例の続き)

```
>>> f = open( 'binout01.dat', 'wb' ) Enter      ← 出力用ファイルをオープン
>>> f.write(b)      Enter      ← write メソッドによる出力
9      ← 出力したバイト数
>>> f.close()      Enter      ← ファイルを閉じる
```

この処理によってファイル binout01.dat (下記参照) が作成される.

出力ファイル: binout01.dat

```
1 日本語
```

4.12 exec と eval

exec 関数を用いると、文字列として記述された Python の文を実行することができる。

例. 文字列で表記された Python 文の実行

```
>>> s = 'print("これは文字列として記述した Python の文である。")' Enter  
                                ↑文字列として記述  
  
>>> exec(s) Enter    ←文字列 s の内容を実行  
これは文字列として記述した Python の文である。    ←実行結果
```

exec 関数で実行する文ではグローバル変数（大域変数）を使用することができる。

例. exec におけるグローバル変数の使用

```
>>> g = 1 Enter    ←グローバル変数に値を設定  
>>> s = 'print(g)' Enter    ←文を記述  
>>> exec(s) Enter    ←文を実行  
1                                ←グローバル変数が引用されていることがわかる  
>>> s = 'g = 5' Enter    ←グローバル変数の値を変更する文を記述  
>>> exec(s) Enter    ←文を実行  
>>> g Enter    ←グローバル変数の内容確認  
5                                ←グローバル変数に変更されていることがわかる
```

exec 関数の戻り値は None である。

4.12.1 名前空間の指定

exec 関数によって Python の文を実行する際に、グローバル変数の**名前空間**を指定することができる。exec 関数の第 2 引数に辞書オブジェクトを与えることで、使用するグローバル変数に与える値を設定することができる。

例. 異なる名前空間としてグローバル変数を与える例（先の例の続き）

```
>>> exec('print(g)', {'g':3}) Enter    ←グローバル変数 g に値 3 を設定して実行  
3                                ←結果表示  
>>> g Enter    ←元のグローバル変数 g の内容確認  
5                                ←元のグローバル変数は変更されていない
```

辞書オブジェクトに与える変数名は文字列型である。

4.12.2 eval 関数

exec 関数と似た機能を持つ eval 関数がある。eval 関数で実行するものは「文」ではなく「式」であり、実行後はそれを評価した値を返す。

例. eval 関数

```
>>> g = 5 Enter    ←グローバル変数に値を設定  
>>> eval('2*g') Enter    ←式を評価  
10                                ←戻り値
```

eval 関数でも使用するグローバル変数の名前空間を変更することができる。

例. 異なる名前空間としてグローバル変数を与える例（先の例の続き）

```
>>> eval('2*g', {'g':15}) Enter    ←グローバル変数 g に値 15 を設定して評価  
30                                ←評価結果  
>>> g Enter    ←元のグローバル変数 g の内容確認  
5                                ←元のグローバル変数は変更されていない
```

4.13 collections モジュール

collections モジュールは様々なデータ構造を提供する。

4.13.1 キュー：deque

deque を使用すると、スタック（FILO）やキュー（FIFO）といったデータ構造を簡単に実現できる。また、リストを使用してこれらデータ構造を実現する場合と比べても処理速度が早い。deque の使用に先立って、次のようにして必要な機能を読み込む。

```
from collections import deque
```

deque オブジェクトを作成するには、コンストラクタ deque() を呼び出す。コンストラクタの引数にリストなどの列を与えることで、deque オブジェクトの初期の内容を与えることができる。引数を省略すると空の deque オブジェクトが作成される。

4.13.1.1 要素の追加と取り出し：append, pop

deque オブジェクトに対して append メソッドを実行することで、その右端に要素を追加することができる。また、pop メソッドを実行すると、deque オブジェクトの右端から要素を取り出して返す。その後、その要素は deque オブジェクトから削除される。

例. deque によるスタックの実現

```
>>> from collections import deque Enter    ←モジュールの読み込み
>>> q = deque() Enter    ← 空の deque オブジェクトの作成
>>> q.append('a') Enter    ← 右端に要素を追加
>>> q Enter    ← 内容確認
deque(['a'])    ← deque オブジェクトの状態
>>> q.append('b') Enter    ← 右端に要素を追加
>>> q Enter    ← 内容確認
deque(['a', 'b'])    ← deque オブジェクトの状態
>>> q.append('c') Enter    ← 右端に要素を追加
>>> q Enter    ← 内容確認
deque(['a', 'b', 'c'])    ← deque オブジェクトの状態
>>> q.pop() Enter    ← 右端の要素を取り出して削除
'c'    ← 戻り値
>>> q Enter    ← 内容確認
deque(['a', 'b'])    ← deque オブジェクトの状態
>>> q.pop() Enter    ← 右端の要素を取り出して削除
'b'    ← 戻り値
>>> q Enter    ← 内容確認
deque(['a'])    ← deque オブジェクトの状態
>>> q.pop() Enter    ← 右端の要素を取り出して削除
'a'    ← 戻り値
>>> q Enter    ← 内容確認
deque([])    ← deque オブジェクトの状態
```

append, pop と似たメソッドに appendleft, popleft というメソッドもあり、それらは deque の左端に対して要素の追加や取り出しの処理を行う。

課題. ここで説明したメソッド群を用いてキュー（FIFO）を実現せよ。

4.13.1.2 要素の順序の回転: rotate

deque オブジェクトの要素を失うことなくその順序をずらす（回転する）には rotate メソッドを用いる。このメソッドの引数には回転のステップ数を与える。（ステップ数の暗黙値は 1 である） 正のステップ数を与えると右に、負のステップ数を与えると左に回転する。

例. deque オブジェクトの回転

```
>>> q = deque( ['a','b','c','d','e'] )  Enter    ← deque オブジェクトの作成
>>> q  Enter    ← 内容確認
deque(['a', 'b', 'c', 'd', 'e'])    ← deque オブジェクトの状態
>>> q.rotate()  Enter    ← 右に 1 ステップ回転
>>> q  Enter    ← 内容確認
deque(['e', 'a', 'b', 'c', 'd'])    ← deque オブジェクトの状態
>>> q.rotate(2)  Enter    ← 右に 2 ステップ回転
>>> q  Enter    ← 内容確認
deque(['c', 'd', 'e', 'a', 'b'])    ← deque オブジェクトの状態
>>> q.rotate(-3)  Enter    ← 左に 3 ステップ回転
>>> q  Enter    ← 内容確認
deque(['a', 'b', 'c', 'd', 'e'])    ← deque オブジェクトの状態
```

4.13.2 要素の集計: Counter

Counter を使用すると、データ構造の要素の数を集計することができる。Counter の使用に先立って、次のようにして必要な機能を読み込む。

```
from collections import Counter
```

例. 要素数の集計

```
>>> from collections import Counter  Enter    ←モジュールの読み込み
>>> c = Counter( ['a','b','a','c','a','b'] )  Enter    ←リストの要素数を集計
>>> c  Enter    ←内容確認
Counter({'a': 3, 'b': 2, 'c': 1})    ←集計結果
```

集計結果は Counter オブジェクトとして得られる。これは辞書 (dict) のサブクラスであり、辞書に対するメソッドが使用できる。

例. 辞書と同様の扱い

```
>>> c['a']  Enter    ←要素 'a' の個数を求める
3          ← 3 個
>>> list( c.keys() )  Enter    ←キーのリストを求める
['a', 'b', 'c']      ←キーのリスト
>>> list( c.values() )  Enter    ←値のリストを求める
[3, 2, 1]            ←値のリスト
>>> list( c.items() )  Enter    ←全エントリのリストを求める
[('a', 3), ('b', 2), ('c', 1)] ←全エントリのリスト
```

同様の方法で、タプルや文字列の要素も集計できる。(次の例参照)

例. 要素数の集計 (先の例の続き)

```
>>> Counter( ('a','b','a','c','a','b') )  Enter    ←タプルの要素数を集計
Counter({'a': 3, 'b': 2, 'c': 1})    ←集計結果
>>> Counter( 'abacab' )  Enter    ←文字列の要素数を集計
Counter({'a': 3, 'b': 2, 'c': 1})    ←集計結果
```

4.13.2.1 出現頻度の順に集計結果を取り出す

集計結果の Counter オブジェクトに対して `most_common` メソッドを使用すると、出現頻度の高いものを取り出すことができる。

例. 出現頻度の高いものを取り出す（先の例の続き）

```
>>> c.most_common(1)  [Enter]    ←最も出現頻度の高いものを抽出
[('a', 3)]             ←'a' の出現頻度が最も高い
>>> c.most_common(2)  [Enter]    ←出現頻度の高いものを2位まで抽出
[('a', 3), ('b', 2)]   ←'a' が1位, 'b' が2位
>>> dict(c.most_common(2)) [Enter] ←上の結果を辞書に変換
{'a': 3, 'b': 2}       ←これで辞書として使える
```

4.13.3 namedtuple

`namedtuple` を使用すると、class 文によるクラス定義に依ることなく、ドット表記の属性管理¹²¹を実現することができる。`namedtuple` の使用に先立って、次のようにして必要な機能を読み込む。

```
from collections import namedtuple
```

例として「3つの属性 `x,y,z` を持つオブジェクト型」である `'MyNt'` 型を定義して使用する流れを示す。

例. 3つの属性 `x,y,z` を持つ `'MyNt'` 型の定義

```
>>> from collections import namedtuple [Enter]    ←モジュールの読み込み
>>> MyNt = namedtuple('MyNt', ['x', 'y', 'z']) [Enter] ←'MyNt' 型の定義
```

このように、

```
namedtuple(型名, 属性リスト)
```

とすることで「型」が生成される。「型名」と「属性リスト」の要素は文字列型で与える。この例では、`'MyNt'` という型を生成して、それを `MyNt` というシンボルに割り当てている。これ以後は `MyNt` を型としてオブジェクトを生成することができる。（次の例参照）

例. `MyNt` 型オブジェクトの生成（先の例の続き）

```
>>> nt = MyNt(x=1, y=2, z=3) [Enter]    ← MyNt 型オブジェクト nt の生成
>>> nt.x [Enter]                ← nt の x プロパティを参照
1                                ←値が確認できる。
```

このように、

```
型名(値の設定)
```

と記述することで、属性に値を与えてオブジェクトを生成することができる。

例. オブジェクトの構造の確認（先の例の続き）

```
>>> nt [Enter]                  ←オブジェクト自体（全体）を確認する
MyNt(x=1, y=2, z=3)            ←データ構造が確認できる。
>>> type(nt) [Enter]           ← nt の型を確認する
<class '__main__.MyNt'>       ←結果表示
```

¹²¹ 「属性」は「プロパティ」とも呼ばれる。

4.14 列挙型： enum モジュール

列挙型のデータ構造を提供する enum モジュールが Python 3.4 から標準的に提供されている。列挙型は、順序のある要素から成るデータ列であり、for 文などのイテレーション（繰り返し制御）に使用することができる¹²²。列挙型の要素は名前と値を持つ。

4.14.1 Enum 型

enum モジュールが提供する最も基本的なデータ型に Enum クラスがある。Enum を使用するには

```
from enum import Enum
```

として必要なものを読み込む。その後、次の様な記述で Enum オブジェクトを生成する。

書き方： Enum('型名', 要素の列)

「要素の列」には登録する各要素の名前のリスト（あるいは空白で区切られた文字列）を与える。各要素には 1 から始まる整数値 (1, 2, 3, ...) が暗黙値として設定される。

'a', 'b', 'c' という名前を持つ 3 つの要素から成る Enum オブジェクト E を生成する例を示す。

例. 列挙型オブジェクト E の生成

```
>>> from enum import Enum      Enter    ←モジュールの読み込み
>>> E = Enum('MyEnum', ['a', 'b', 'c']) Enter    ←'MyEnum' という型名の Enum オブジェクトを生成
>>> E      Enter    ←内容確認
<enum 'MyEnum'>      ←列挙型となっていることがわかる
```

この例と同じ Enum オブジェクトは

```
E = Enum('MyEnum', 'a b c')
```

として生成することもできる。

Enum オブジェクトの要素にアクセスするには、当該オブジェクトの後ろにドット「.」と要素の名前を付けるか、「[名前]」を添える。また、要素の名前と値は name, value という属性（プロパティ）として参照する。

例. Enum の要素へのアクセス（先の例の続き）

```
>>> E.a      Enter    ←名前 'a' の要素の内容を確認
<MyEnum.a: 1>      ←結果表示（名前が'a', 値が 1 となっている）
>>> E.a.name  Enter    ←明に名前を取り出す
'a'      ←結果表示
>>> E.a.value  Enter    ←要素の値を取り出す
1      ←結果表示
>>> E['a'].value  Enter    ←'[名前]' による要素の参照
1      ←同じ結果
```

Enum オブジェクトに存在しない名前を用いてアクセスするとエラーが発生する。

例. 存在しない名前でアクセス

```
>>> E.d      Enter    ←名前 'd' の要素にアクセスを試みると…
Traceback (most recent call last):      ←エラーとなる
  File "<stdin>", line 1, in <module>
    (途中省略)
    raise AttributeError(name) from None
AttributeError: d
```

この例では AttributeError が起こっている。同様に「[名前]」を添える形で存在しない名前の要素にアクセスしようと

¹²²列挙型はイテレータ (p.64「2.5.1.6 イテレータ」参照のこと) ではないので参照によって破壊されない。

すると `KeyError` が起こる。

`Enum` はイテレータとして全要素に順番にアクセスすることができる。

例. `Enum` オブジェクトをイテレータと見なして要素に順次アクセスする (先の例の続き)

```
>>> for e in E: Enter ← for 文で各要素に順番にアクセスする
...     print( e.name, '->', e.value ) Enter ←各要素の名前と値を表示
... Enter ← for 文の終了
a -> 1 ←名前と値を順番に表示
b -> 2
c -> 3
```

`Enum` オブジェクトの各要素の名前と値を辞書の形で与えることができる。

例. 名前と値のペアを辞書の形で与える

```
>>> E2 = Enum('MyEnum2', {'x':100, 'y':200, 'z':300} ) Enter ←辞書で名前と値を与える
>>> E2.y.value Enter ←値の確認
200 ←結果表示
```

4.14.2 定数の取り扱いを実現する方法の例

多くのプログラミング言語では定数を定義して使用することができる。この場合の定数は値の変更ができないものであり、値を持った変数とは異なるものである。

Python の基本的な文法には定数を実現するためのものはないが、`enum` モジュールを用いることで定数を実現することができる。具体的には、定数として扱う値のクラスと `Enum` クラスの両方を継承した新たなクラスを定義する。

例. 整数の定数を定義する

```
>>> class SI(int,Enum): Enter ← int と Enum の両方を継承するクラスの定義
...     KiB = 1024 Enter
...     MiB = 1048576 Enter
... Enter ←クラス定義の終了
```

このように `SI` クラスを定義すると、`int` 型と `Enum` クラス両方の性質を継承した要素が扱える。例の中では `KiB`, `MiB` という2つの整数型の要素がクラスのプロパティとして定義されているが、それらは同時に `Enum` の要素にもなる。これら要素を整数 (`int` 型) の定数と見なして扱うことができる。

例. 計算や比較への応用 (先の例の続き)

```
>>> SI.KiB * SI.KiB Enter ←要素同士の計算が可能
1048576 ←結果表示
>>> SI.KiB * SI.KiB == SI.MiB Enter ←比較も可能
True ←結果表示
```

`Enum` の要素の値は事後に変更することができない。

例. 値の変更の試み (先の例の続き)

```
>>> SI.KiB = 1000 Enter ←要素の値を変更しようとする…
Traceback (most recent call last): ←エラーが発生する
  File "<stdin>", line 1, in <module>
    (途中省略)
    raise AttributeError('Cannot reassign members.')
AttributeError: Cannot reassign members.
```


例. イテレータとしても利用できる（先の例の続き）

```
>>> for e in SI: Enter ← for 文で各要素に順番にアクセスする
...     print( e.name, '->', e.value ) Enter ←各要素の名前と値を表示
...     Enter ← for 文の終了
KiB -> 1024 ←名前と値を順番に表示
MiB -> 1048576
```

上の例で示した SI のようなクラスは IntEnum クラスとして用意されている。

4.14.3 IntEnum

整数型 (int 型) と Enum の両方を継承した IntEnum クラスが利用できる。このクラスの使用に先立って 'from enum import IntEnum' として必要なものを読み込む。

例. IntEnum クラス

```
>>> from enum import IntEnum Enter ←モジュールの読み込み
>>> class SI2(IntEnum): Enter ← IntEnum を継承する SI2 クラスの定義
...     KiB = 1024 Enter
...     MiB = 1048576 Enter
...     Enter ←クラス定義の記述の終了
>>> SI2.KiB * SI2.KiB Enter ←整数としての演算
1048576 ←結果表示
```

これと同様の処理を次のようにしても実行できる。

例. IntEnum クラスのインスタンスを生成

```
>>> SI2 = IntEnum('SI', {'KiB':1024, 'MiB':1048576}) Enter ← IntEnum のインスタンス
>>> SI2.KiB * SI2.KiB Enter ←整数としての演算
1048576 ←結果表示
```

考察) 上の 2 種類の例の厳密な違いについて考えよ。

4.14.4 auto 関数による Enum 要素への値の割り当て

Enum を継承したクラスを定義する際、各要素の値に auto 関数で自動的に値を与えることができる。auto 関数を使用するには

```
from enum import auto
```

として Enum モジュールから読み込んでおく必要がある。

例. auto 関数による値の割り当て

```
>>> from enum import Enum, auto Enter ←モジュールの読み込み
>>> class MyInt(int,Enum): Enter ←クラスの定義
...     a = 10 Enter ←値として 10 を割り当てる
...     b = auto() Enter ← auto による値の割り当て
...     c = auto() Enter ← auto による値の割り当て
...     Enter ←クラスの定義の記述の終了
```

この例で定義している MyInt は 3 つの要素 a, b, c を持ち、a には 10 が割り当てられ、後の要素には auto 関数で値が割り当てられている。auto 関数は 1 刻みで増加する形で値を順次生成する。

例. 各要素の値を調べる（先の例の続き）

```
>>> for e in MyInt:  ← for 文による繰り返しで全要素を調べる
...     print( e.name, '->', e.value )  ←各要素の名前と値を表示
...  ← for 文の記述の終了
a -> 10      ← 10 から 1 ずつ増える形で値が設定されている.
b -> 11
c -> 12
```

先頭の要素も auto 関数で値を設定した場合は 1 から始まる整数が順番に割り当てられる.

【参考】非数値要素への auto 関数による値の割り当て

文字列 (str 型) と Enum 型を継承する次のようなクラスを定義する場合について考える.

例. str と Enum を継承するクラス

```
>>> class MyStr(str,Enum):  ←クラスの定義
...     a = 'start'  ←値として 'start' を割り当てる
...     b = auto()  ← auto による値の割り当て
...     c = auto()  ← auto による値の割り当て
...  ←クラスの定義の記述の終了
```

このように定義した MyStr の各要素の値を調べる.

例. 各要素の値を調べる（先の例の続き）

```
>>> for e in MyStr:  ← for 文による繰り返しで全要素を調べる
...     print( e.name, '->', e.value )  ←各要素の名前と値を表示
...  ← for 文の記述の終了
a -> start      ← 10 から 1 ずつ増える形で値が設定されている.
b -> 1          ←文字列としての '1'
c -> 2          ←文字列としての '2'
```

auto 関数による値の生成は '1' から始まっていることがわかる. (Python 3.7)

ここで紹介したクラス以外に, enum モジュールは更に Flag, IntFlag といったクラス (ビット演算に関する機能を持つ) を提供する. 詳しくは Python の公式インターネットサイトなどの情報を参照のこと.

4.15 例外（エラー）の処理

「2.4.1.5 例外処理」(p.41) では、プログラムの実行中に発生するエラーや例外を扱うための方法を解説した。try～except の例外処理を適切に記述することで、処理系を中断することなくプログラムの実行を続けることができるが、ここでは更に、エラーや例外の際に得られるメッセージを扱うための traceback モジュールを紹介する。このモジュールを使用するには次のようにしてモジュールを読み込む。

```
import traceback
```

この後、try～except の例外処理において、format_exc 関数を呼び出すと、例外やエラーの発生においてシステムが生成するメッセージを文字列型データとして取得することができる。

format_exc を用いたサンプルプログラム error01.py を示す。

プログラム：error01.py

```
1  # coding: utf-8
2
3  # モジュールの読み込み
4  import traceback
5
6  try:
7      # エラーが発生する部分
8      a = 2 * b
9  except:
10     # エラー処理の部分
11     print('*** 例外が発生しました ***')
12     er = traceback.format_exc()
13     print(er.rstrip())
14     print('*****\n')
15
16 print('--- プログラム終了 ---')
17 print('処理系の動作は中断されていません。')
```

解説

プログラムの 8 行目で、値が割当てられていない変数（記号）b が参照されている。通常ならばこの行はエラーとなり、処理系の実行は中断するが、例外処理が施されているので、11 行目以降に処理が移行する。12 行目に

```
er = traceback.format_exc()
```

という記述があり、これによりエラーメッセージが文字列型のデータとして変数 er に格納される。

このプログラムを実行した例を次に示す。

```
*** 例外が発生しました ***
Traceback (most recent call last):
  File "error01.py", line 8, in <module>
    a = 2 * b
NameError: name 'b' is not defined
*****

--- プログラム終了 ---
処理系の動作は中断されていません。
```

4.15.1 例外を発生させる方法

プログラム中の任意の行において、設定した条件を検査し、その結果によって例外を発生させる assert 文がある。これは、プログラムのデバッグ作業において役立つことがある。

次のサンプルプログラム assert01.py について考える。

プログラム：assert01.py

```
1 # coding: utf-8
2 # 例外生成
3
4 while True:
5     s = input('数値を入力>')
6     if s.isdigit():
7         n = int(s)
8         assert n%3!=0, '{}は3の倍数です.'.format(n)
```

このプログラムは、input 関数によってキーボード（標準入力）から文字列を読み込む処理を際限なく繰り返す形になっている。ただし「3の倍数」を表現する文字列を入力すると assert 文により例外が発生してプログラムの実行が中断する。（次の例参照）

例. assert1.py の実行例

数値を入力>a

数値を入力>10

数値を入力>20

数値を入力>33

```
Traceback (most recent call last):
  File "assert01.py", line 8, in <module>
    assert n%3!=0, '{}は3の倍数です.'.format(n)
AssertionError: 33は3の倍数です.
```

● assert 文

書き方： `assert 条件式, エラーメッセージ`

「条件式」が真（True）とならない場合（False となる場合）に「エラーメッセージ」を生成して例外 `AssertionError` を発生させる。

assert 文とは別に、任意の種類の例外（エラー）を発生させる `raise` 文も使用できる。（次の例参照）

例. raise 文で意図的に ValueError を起こす

```
>>> raise ValueError('故意に生成した ValueError') 
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 1, in <module>
ValueError: 故意に生成した ValueError
```

● raise 文

書き方： `raise 例外の名前 (エラーメッセージ)`

「例外の名前」の例外（エラー）を発生させる。このとき「エラーメッセージ」をメッセージとする。

assert, raise 文で発生する例外は try 文でハンドリングすることができる。

4.16 使用されているシンボルの調査

値の設定されている変数やオブジェクトの名前（シンボル）を調べる方法について説明する。グローバルのスコープで定義されているシンボル¹²³を調べるには `globals` 関数を使用する。（次の例参照）

例. グローバルのシンボルを調べる

```
>>> globals()  ← globals 関数の実行
{'__name__': '__main__', '__doc__': None, '__package__': None,      ←シンボルへの値の
 '__loader__': <class 'frozen_importlib.BuiltinImporter'>,         割当が辞書の形で
 '__spec__': None, '__annotations__': {},                          得られる
 '__builtins__': <module 'builtins' (built-in)>}
```

この結果と `in` 演算子を用いることで、あるシンボルが定義済みか未定義かを判定することができる。（次の例参照）

例. シンボルの使用状態を調べる（先の例の続き）

```
>>> 'x' in globals()  ←シンボル 'x' に値が定義されているかどうかを調べる。
False          ←未定義であることがわかる
>>> x = 2  ←シンボル 'x' に値を割り当てる
>>> 'x' in globals()  ←割当状況を再度調べる。
True          ←値を持つシンボルであることがわかる
```

関数の内部のスコープ（ローカルのスコープ）で使用されているシンボルを調べるには `locals` 関数を使用する。

¹²³ グローバル変数（大域変数）など。

4.17 with 構文

実用的なアプリケーションプログラムを開発する際には、情報処理のための主たるアルゴリズムの実装だけにとどまらず、アクセスするシステム資源の準備処理や終了処理、あるいは例外処理といった細かい点に関する配慮が求められる。例えば、ファイルに対する入出力の処理においては、

- ファイルのオープン
- ファイルに対する入出力と それに関連する例外処理（try～except～）のハンドリング
- ファイルのクローズ

といったことを実行することになるが、上記 **強調下線部** の処理は主たるアルゴリズムの実装に付随する部分と考えることができ、その部分を切り離して記述することで 主たるプログラムの部分を簡潔に表現し、可読性を高めることができる場合がある。ここではファイルへのアクセスを例に挙げて with 構文の使用方法について説明する。

次に示すプログラム fileWith01.1.py は、ファイル exfile.txt の内容を読み込んで表示するものである。

プログラム：fileWith01.1.py

```
1 # coding: utf-8
2 # with構文のサンプル
3
4 fname = 'exfile.txt'
5
6 f = open( fname, 'r', encoding='utf-8' )
7 m = f.read()
8 f.close()
9
10 print( m )
```

入力用のファイルとして次のような内容のものを用意してプログラムの実行を試みる。

入力用ファイル：exfile.txt

```
1 exfile.txtの中身
```

プログラムの実行結果は次のようになる。

例. Windows 環境での実行

```
C:\¥Users¥katsu> py fileWith01.1.py  ←コマンドからスクリプトを実行
exfile.txtの中身          ←結果表示
```

次に、同様の処理を実現するプログラムを with 構文で実装したものを fileWith01.2.py に示す。

プログラム：fileWith01.2.py

```
1 # coding: utf-8
2 # with構文のサンプル
3
4 fname = 'exfile.txt'
5
6 with open( fname, 'r', encoding='utf-8' ) as f:
7     m = f.read()
8
9 print( m )
```

【with 構文の書き方】

with 処理対象のオブジェクトを生成する記述 as 生成されたオブジェクト
(生成されたオブジェクトに対する処理)

先のプログラム fileWith01.2.py では with 構文を用いることで ファイルをクローズする処理が省略されている のがわ

かるが、この例では with 構文の利便性を理解するには不十分である。

次に、同様の機能を持つプログラムを例外処理までを含んだ形で実装する例について考える。fileWith01.2.py の 4 行目に、存在しないファイル 'nofile.txt' を与えた形に書き換えた fileWith02.1.py を次に示す。

プログラム：fileWith02.1.py

```
1 # coding: utf-8
2 # with構文のサンプル
3
4 fname = 'nofile.txt'          # 存在しないファイル nofile.txt
5
6 with open( fname, 'r', encoding='utf-8' ) as f:
7     m = f.read()
8
9 print( '読み取り結果:',m )
```

このプログラムを実行すると、ファイルが存在しない旨の次のようなエラーメッセージが表示される。

例. ファイルが存在しない旨のエラー

```
C:\Users\katsu> py fileWith02.1.py [Enter]    ←コマンドからスクリプトを実行
Traceback (most recent call last):    ←エラーメッセージ
  File "fileWith02.1.py", line 6, in <module>
    with open( fname, 'r', encoding='utf-8' ) as f:
FileNotFoundError: [Errno 2] No such file or directory: 'nofile.txt'
```

'FileNotFoundError' が発生しており、プログラムの 6 行目で実行が中断されている。次に、try～except～ 構文によって例外処理をハンドリングした、プログラムの実行が中断しない形の実装について考える。

with 構文に与えるオブジェクトは、with 構文に対応したメソッドを備えていなければならない。具体的には、with 構文によって処理を開始する時点で呼び出される __enter__ メソッド（初期化処理）と、with 構文による処理を終了する時点で呼び出される __exit__ メソッド（終了処理）である。これらのメソッドを実装したクラスを定義して、そのクラスのインスタンスを with 構文で生成して使用する形にする。これを実現したプログラム例 fileWith02.2.py を示す。

プログラム：fileWith02.2.py

```
1 # coding: utf-8
2 # with構文のサンプル
3
4 #--- ファイルを扱う独自のクラス ---
5 class MyFileReader:
6     #--- コンストラクタ：ファイルオープン ---
7     def __init__(self,fname):
8         self.fn = fname
9     #--- 開始処理 ---
10    def __enter__(self):
11        try:
12            self.f = open( self.fn, 'r', encoding='utf-8' )
13            print( 'ファイル',self.fn,'をオープンしました。' )
14        except:
15            self.f = None
16            print( 'ファイル',self.fn,'をオープンできません。' )
17        return( self )
18    #--- ファイルの読み込み ---
19    def read(self):
20        if self.f:
21            try:
22                r = self.f.read()
23                print( 'ファイルからデータを読み込みました。' )
24            except:
25                r = None
26                print( 'ファイルから読み込むことができません。' )
27        else:
28            print( 'ファイルがオープンされていません。' )
29            r = None
```



```

30         return( r )
31     #--- 終了処理 ---
32     def __exit__(self,et,ev,tr):
33         if self.f:
34             self.f.close()
35             print( 'ファイルをクローズしました.' )
36         else:
37             print( '処理不可能で終了します.' )
38         return( True )
39
40 #--- 実行部分 ---
41 fname = 'nofile.txt'
42
43 with MyFileReader( fname ) as f:
44     m = f.read()
45
46 print( '読み取り結果:',m )

```

解説

5行目から定義が始まる `MyFileReader` クラスはファイルのオープンと読み込みに伴う例外処理をハンドリングするためのもので、コンストラクタの引数には対象のファイル名を与えてインスタンスを生成する。このクラスのオブジェクトは `with` 構文による処理の開始において `__enter__` メソッドが実行されて対象のファイルがオープンされる。また、このクラスには `read` メソッドが定義されており、これによりファイルの内容が読み込まれる。 `with` 構文が終了する際には `__exit__` メソッドが呼び出されてファイルがクローズされる。

`with` 構文を使わない形で例外処理まで含めた処理を実現すると、ファイルをオープンする記述とクローズする記述、更に、それらに関する例外処理のハンドリング、入出力処理に関する例外処理のハンドリングの記述を主たる処理の中に散りばめることになり、プログラム全体の見通しが悪くなる。それに対して、この実装の43行目以降を見ると、入出力の 主たる処理のみが簡潔に記述されている ことがわかる。

このプログラムを実行すると次のように表示される。

例. fileWith02_2.py の実行

```

C:\Users\katsu> py fileWith02_2.py Enter ←コマンドからスクリプトを実行
ファイル nofile.txt をオープンできません。 ←例外のハンドリングによるメッセージ出力
ファイルがオープンされていません。
処理不可能で終了します。
読み取り結果: None

```

例外事象に対してもプログラムを中断すること無く、プログラムの動作によってメッセージを表示している。また、プログラムの41行目で入力用のファイル名として先に示したファイル `'exfile.txt'` を与えて実行すると次のような表示となる。

例. 入力ファイルを変えて fileWith02_2.py を実行

```

C:\Users\katsu> py fileWith02_2.py Enter ←コマンドからスクリプトを実行
ファイル exfile.txt をオープンしました。 ←プログラムによるメッセージ出力
ファイルからデータを読み込みました。
ファイルをクローズしました。
読み取り結果: exfile.txt の中身

```

ファイルのオープンと内容の読み取りができていることがわかる。今回のプログラム `fileWith02_2.py` では、`__enter__` メソッドと `read` メソッドの中で例外処理のハンドリング (`try~except~` の記述) をしている。

次に、`read` メソッドによる読み込み時におけるエラーハンドリングをせずに `__exit__` に例外のハンドリングを委ねる例 (プログラム `fileWith02_3.py`) について考える。

プログラム：fileWith02_3.py

```

1  # coding: utf-8
2  # with構文のサンプル
3
4  #--- ファイルを扱う独自のクラス ---
5  class MyFileReader:
6      #--- コンストラクタ：ファイルオープン ---
7      def __init__(self, fname):
8          self.fn = fname
9      #--- 開始処理 ---
10     def __enter__(self):
11         try:
12             self.f = open( self.fn, 'r', encoding='utf-8' )
13             print( 'ファイル', self.fn, 'をオープンしました.' )
14         except:
15             self.f = None
16             print( 'ファイル', self.fn, 'をオープンできません.' )
17         return( self )
18     #--- ファイルの読み込み ---
19     def read(self):
20         return( self.f.read() )
21     #--- 終了／例外処理 ---
22     def __exit__(self, et, ev, tr):
23         if self.f:
24             self.f.close()
25             print( '例外のタイプ:\t', et )
26             print( '例外の値:\t', ev )
27             print( 'トレース:\t', tr )
28         return( True )
29
30 #--- 実行部分 ---
31 fname = 'nofile.txt'
32
33 with MyFileReader( fname ) as f:
34     m = f.read()
35
36 if 'm' in globals():          # 変数 m が値を持っておれば出力
37     print( '読み取り結果:', m )

```

read メソッドの呼び出しにおいて例外処理のハンドリングをしない場合、例外発生時に `__exit__` メソッドが呼び出されて with 構文が終了する。(次の例参照)

例. fileWith02_3.py の実行

```

C:\Users\katsu> py fileWith02_3.py  ←コマンドからスクリプトを実行
ファイル nofile.txt をオープンできません。 ←__enter__ メソッドによる例外処理
例外のタイプ: <class 'AttributeError'> ←__exit__ メソッドによる例外処理
例外の値: 'NoneType' object has no attribute 'read'
トレース: <traceback object at 0x000001A1F6CD5348>

```

この実行例では、エラータイプ、エラーの値、トレース情報が `__exit__` メソッドの引数 `et, ev, tr` にそれぞれ渡されている。実際のアプリケーションプログラムにおいては、これらの値を用いて更に高度な例外処理を実現すると良い。また、例外が発生せずに正常に with 構文を終了する場合は、これらの引数には `None` が設定される。試みとして、fileWith02_3.py の 31 行目で、実際に存在するファイル名 `'exfile.txt'` を与えてみるとそれが確認できる。(次の例参照)

例. 入力ファイルを変えて fileWith02_3.py を実行

```

C:\Users\katsu> py fileWith02_3.py  ←コマンドからスクリプトを実行
例外のタイプ: None ← None になっている
例外の値: None ← None になっている
トレース: None ← None になっている
読み取り結果: exfile.txt の中身 ←読み取った内容

```

ここでは、ファイルのオープンと内容の読み取りを例に挙げて with 構文について説明したが、通信を始めとする 例外事象の発生しやすい資源へのアクセス に関する処理においても with 構文は見やすいプログラムの実現に役立つことが多い。

【with 構文のまとめ】

次のような処理を実現する際に with 構文によってプログラムを見やすく記述することができる可能性がある。

- 初期化と終了の処理が伴う処理
- 例外処理が必要となる処理

また、with 構文を使用する場合は、そのためのオブジェクトのクラスを定義し、上記のような処理はクラス内に隠蔽し、呼び出し元では意識しないように工夫する。

4.18 デコレータ

Python では、関数の定義を装飾するための**デコレータ**を使用することができる。次に示すサンプルプログラム decorator01.py はデコレータを使用する例であり、まずはこれに沿って説明する。

プログラム：decorator01.py

```
1  # coding: utf-8
2
3  #--- デコレータの定義 -----
4  def dcr1(f):      # 関数オブジェクトを引数に取る関数
5      # 実際に実行する関数
6      def retf(a):
7          r = f(a)
8          return '<p>' + str(r) + '</p>'
9      # デコレータが返す関数オブジェクト
10     return retf
11
12 #--- デコレータの関数定義への適用 -----
13 @dcr1
14 def mul2(n):        # 受け取った数を2倍する関数
15     return 2*n
16
17 @dcr1
18 def pow2(n):        # 受け取った数を2乗する関数
19     return n**2
20
21 #--- 実行 -----
22 m = mul2(4)
23 print( '戻り値:', m, '型:', type(m) )
24
25 m = pow2(3)
26 print( '戻り値:', m, '型:', type(m) )
```

このプログラムでは、与えられた数を2倍する関数 mul2 と、与えられた数の2乗を求める関数 pow2 が定義されている。一見するとこれら関数は、数の型（整数、浮動小数点数）の値を返すものと思われるが、このプログラムをスクリプトとして実行すると次のような結果となる。

decorator01.py の実行結果：

```
戻り値:  <p>8</p> 型:  <class 'str'>
戻り値:  <p>9</p> 型:  <class 'str'>
```

関数の戻り値は、計算結果を '`<p> … </p>`' で括った文字列となっていることがわかる。

解説：

プログラムの4～10行目に定義されている関数 dcr1 は、仮引数 f に受け取った関数オブジェクトを使用して、別の関数（内部関数 retf）を定義し、その関数オブジェクト retf を返すものである。そして、関数 mul2, pow2 の定義の直前に、アットマーク「@」を用いる形で関数 dcr1 をデコレータとして記述している。

デコレータ @dcr1 で装飾された mul2, pow2 の関数定義は、デコレータ関数の内部関数 retf によってその定義が変更される。従ってデコレータは、対象とする関数の定義に一定の変更（装飾）を加える仕組みであると言える。

デコレータの存在意義：

Python のデコレータはプログラミングの概念としては本質的なものではなく、デコレータを用いなくてもアプリケーション開発を十分に行うことができるが、これを用いることでプログラムの可読性を高めることができる場合がある。

【理解を深めるための別の例】

先に上げたプログラム decorator01.py と同じ働きをする別のプログラム decorator02.py を次に示す。

プログラム：decorator02.py

```
1 # coding: utf-8
2
3 #--- デコレータの定義 -----
4 def dcr1(f):      # 関数オブジェクトを引数に取る関数
5     # 実際に実行する関数
6     def retf(a):
7         r = f(a)
8         return '<p>' + str(r) + '</p>'
9     # デコレータが返す関数オブジェクト
10    return retf
11
12 #--- デコレータの関数定義への適用 -----
13 def mul2(n):      # 受け取った数を2倍する関数
14     return 2*n
15
16 def pow2(n):      # 受け取った数を2乗する関数
17     return n**2
18
19 #--- 実行 -----
20 mul2 = dcr1( mul2 )      # デコレータ関数による定義の変更
21 m = mul2(4)
22 print( '戻り値:', m, '型:', type(m) )
23
24 pow2 = dcr1( pow2 )      # デコレータ関数による定義の変更
25 m = pow2(3)
26 print( '戻り値:', m, '型:', type(m) )
```

このプログラムでは、装飾用の関数 dcr1 をデコレータとしてではなく 単なる関数 として使用し、関数 mul2, pow2 の定義を変更（20, 24 行目）している。このプログラムをスクリプトとして実行すると、先の decorator01.py と同じ結果となる。これら 2 つのプログラムを比較することで、デコレータの働きを確認することができる。

課題. 先の decorator01.py に次のような関数定義を加え、その関数の評価結果を確認せよ。（デコレータの入れ子）

```
@dcr1
@dcr1
def add1(n):
    return n+1
```

4.18.1 引数を取るデコレータ

引数を取るデコレータを定義することが可能であり、引数に受け取った値を用いて他の関数を装飾することができる。次のサンプルプログラム decorator03.py でそれを示す。

プログラム：decorator03.py

```
1 # coding: utf-8
2
3 #--- デコレータの定義 -----
4 def dcr2( tg ): # 引数を取るデコレータ
5     # 実際に実行する関数
6     def retf( f ):      # 関数オブジェクトを引数に取る関数
7         def wkf( a ):   # 実際に実行する関数
8             tg1 = '<' + tg + '>'
9             tg2 = '</>' + tg + '>'
10            r = f(a)
11            return tg1 + str(r) + tg2
12        return wkf      # 関数オブジェクトを返す
13    # デコレータが返す関数オブジェクト
14    return retf
15
16 #--- デコレータの関数定義への適用 -----
17 @dcr2('p')      # 引数 'p' を取るデコレータ
18 def mul2(n):      # 受け取った数を2倍する関数
```

```

19         return 2*n
20
21 @dcr2('body')      # 引数 'body' を取るデコレータ
22 def pow2(n):        # 受け取った数を2乗する関数
23     return n**2
24
25 @dcr2('html')       # 引数 'html' を取るデコレータ
26 @dcr2('body')       # 引数 'body' を取るデコレータ
27 @dcr2('p')          # 引数 'p' を取るデコレータ
28 def html(s):        # 引数をそのまま返す関数
29     return s
30
31 #--- 実行 -----
32 m = mul2(1)
33 print( '戻り値:', m, '型:', type(m) )
34
35 m = pow2(3)
36 print( '戻り値:', m, '型:', type(m) )
37
38 m = html('テキストメッセージ')
39 print( '戻り値:', m, '型:', type(m) )

```

この例のように、デコレータ関数の内部関数を2重に構成することで、引数を取るデコレータを定義することができる。このプログラムを実行すると次のような結果となる。

decorator03.py の実行結果：

```

戻り値: <p>2</p> 型: <class 'str'>
戻り値: <body>9</body> 型: <class 'str'>
戻り値: <html><body><p>テキストメッセージ</p></body></html> 型: <class 'str'>

```

解説：

デコレータ関数 dcr2 の引数はデコレータとして記述する際に与える引数である。最初の内部関数 retf は引数に関数オブジェクトを取り、これが装飾対象の関数に対応する。更に内側の内部関数 wkf は装飾された関数の呼び出しに対応するものであり、wkf の引数に与えたものが装飾対象の関数に渡される。

25～29 行目に定義された関数 html はデコレータによる装飾が入れ子になっており、結果として HTML の形式で戻り値が得られている。

4.19 データ構造の整形表示： pprint モジュール

pprint モジュールを用いると、長いデータ構造を整形表示することができる。具体的には pprint モジュールの pprint 関数を使用する。

例. 長いリストの表示

```
>>> lst = [[0]*10]*5  Enter      ←長いリストの作成
>>> print( lst )  Enter      ← print 関数で表示する
[[0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0], [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0], [0, 0, 0, 0, 0,
0, 0, 0, 0, 0], [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0], [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]]
```

このように、長いリストを print 関数で表示するとディスプレイの右端で折り返して表示される。このような場合、pprint モジュールの pprint 関数を使用すると次のように見やすく表示される。

例. pprint 関数による整形表示（先の例の続き）

```
>>> from pprint import pprint  Enter      ← pprint モジュールから pprint 関数を読み込む
>>> pprint( lst )  Enter      ← pprint 関数で表示する
[[0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0],
 [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0],
 [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0],
 [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0],
 [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]]
```

先の例よりも見やすくなっている。

pprint は辞書型オブジェクトも整形表示する。

例. 辞書オブジェクトの整形表示（先の例の続き）

```
>>> dic={'apple':'りんご','orange':'みかん','lemon':'レモン',
        'ぶどう':'grape','梨':'pear'}  Enter      ←辞書オブジェクトの作成
>>> pprint( dic, width=70 )  Enter      ←幅を指定して整形表示
{'apple': 'りんご',
 'lemon': 'レモン',
 'orange': 'みかん',
 'ぶどう': 'grape',
 '梨': 'pear'}
```

キーワード引数 'width=' には幅（表示桁数）を与え、表示対象がこの範囲に収まらない場合に辞書の各要素を 1 行ずつ表示する。

pprint の制御のための引数には様々なものがあり、詳しくは Python の公式インターネットサイトなどを参照のこと。

4.20 処理環境に関する情報の取得

1つのPythonのアプリケーションプログラムを異なる処理環境で実行する¹²⁴ 場合、当該アプリケーションが実行中の処理環境に関する情報を取得して、プログラムの実行方法を変えなければならないケースが出てくる。ここでは、実行中の処理環境に関する情報を取得するためのいくつかの方法を紹介する。

4.20.1 Python のバージョン情報の取得

sys モジュールを使用すると実行中のPython処理系のバージョン情報を取得することができる。1つの方法は、次の例に示すような version プロパティの参照である。

例. Python 処理系のバージョン情報の取得（その1）

```
>>> import sys      Enter      ← sys モジュールの読み込み
>>> sys.version      Enter      ← version プロパティの参照
'3.6.6 (v3.6.6:4cf1f54eb7, Jun 27 2018, 03:37:03) [MSC v.1900 64 bit (AMD64)]'
                                     ↑ バージョン情報が表示されている
```

もう1つの方法は、version_info プロパティの参照で、バージョンに関する各種の情報が namedtuple¹²⁵ として得られる。（次の例を参照）

例. version_info プロパティ（先の例の続き）

```
>>> v = sys.version_info      Enter      ← version_info プロパティの参照
>>> print( v )      Enter      ← version_info プロパティの表示
sys.version_info(major=3, minor=6, micro=6, releaselevel='final', serial=0) ←結果表示
>>> v.major      Enter      ←主バージョンのプロパティ 'major' の参照
3      ←結果表示
```

4.20.2 platform モジュールの利用

Python 処理系に標準で添付されている platform モジュールを利用すると、処理環境に関する詳しい情報を得ることができる。

例. OS の詳細な版を調べる platform 関数

```
>>> import platform      Enter      ←モジュールの読み込み
>>> platform.platform()      Enter      ← platform 関数の実行
'Windows-10-10.0.17134-SP0'      ←結果表示
```

platform モジュールが提供する関数の1部を表 29 に示す。

表 29: platform モジュールの関数の一部

関数	戻り値
platform.architecture()	アーキテクチャのビット数と実行可能ファイルのリンク形式のタプル
platform.processor()	プロセッサ名
platform.platform()	プラットフォーム名
platform.system()	システム名（OS 名）
platform.version()	システムのリリース情報
platform.mac_ver()	Apple 社の Macintosh の OS に関する情報（Windows 環境では無意味）
platform.python_compiler()	Python 処理系をビルドしたコンパイラに関する情報

処理環境の各種情報を表示するプログラム例を platform01.py に示す。

¹²⁴ クロスプラットフォームに対応させるという意味。

¹²⁵ 「4.13 collections モジュール」(p.212) で解説している。

プログラム：platform01.py

```
1 # coding: utf-8
2 # モジュールの読み込み
3 import platform
4 import sys
5
6 print('sys.version:')
7 print(sys.version, '\n')
8
9 print('platform.architecture()\t:', platform.architecture())
10 print('platform.processor()\t:', platform.processor())
11 print('platform.platform()\t:', platform.platform())
12 print('platform.system()\t:', platform.system())
13 print('platform.version()\t:', platform.version())
14 print('platform.mac_ver()\t:', platform.mac_ver())
15 print('platform.python_compiler():', platform.python_compiler())
```

このプログラムの実行例を次に示す。

例. Windows 10 での実行例

```
C:\Users\katsu> py platform01.py  ←実行開始
sys.version:
3.7.0 (v3.7.0:1bf9cc5093, Jun 27 2018, 04:59:51) [MSC v.1914 64 bit (AMD64)]
platform.architecture() : ('64bit', 'WindowsPE')
platform.processor()    : Intel64 Family 6 Model 61 Stepping 4, GenuineIntel
platform.platform()     : Windows-10-10.0.17134-SP0
platform.system()       : Windows
platform.version()      : 10.0.17134
platform.mac_ver()      : ('', ('', '', ''), '')
platform.python_compiler(): MSC v.1914 64 bit (AMD64)
```

例. macOS High Sierra での実行例

```
katsu$ python3 platform01.py  ←実行開始
sys.version:
3.7.0 (v3.7.0:1bf9cc5093, Jun 26 2018, 23:26:24)
[Clang 6.0 (clang-600.0.57)]
platform.architecture() : ('64bit', '')
platform.processor()    : i386
platform.platform()     : Darwin-17.7.0-x86_64-i386-64bit
platform.system()       : Darwin
platform.version()      : Darwin Kernel Version 17.7.0: Thu Jun 21 22:53:14 PDT 2018;
                        root:xnu-4570.71.2 1/RELEASE_ARM_T8020
platform.mac_ver()      : ('10.13.6', ('', '', ''), 'x86_64')
platform.python_compiler(): Clang 6.0 (clang-600.0.57)
```

4.20.3 環境変数の参照

os モジュールが提供する辞書オブジェクト environ には**環境変数**とその値が保持されている。具体的には、

os.environ[**環境変数の名前**]

として参照できる。例えば、Windows 環境でユーザのホームディレクトリは環境変数 'HOMEPATH' に保持されている¹²⁶が、この変数名をキーにして os.environ にアクセスすると値 (パス) を参照することができる。(次の例)

¹²⁶Mac, Linux ではユーザのホームディレクトリは環境変数 'HOME' に保持されている。

例. Windows 環境でユーザのホームディレクトリを調べる

```
>>> import os      Enter      ←モジュールの読み込み
>>> print( os.environ['HOMEPATH'] )      Enter      ←ホームディレクトリを表示
¥Users¥katsu      ←処理結果
```

全ての環境変数の名前と値を表示するプログラムの例を osenv01.py に示す.

プログラム：osenv01.py

```
1  # coding: utf-8
2  # モジュールの読み込み
3  import os
4
5  # 環境変数の取得
6  env = list( os.environ.keys() )      # 変数名のリストを取得
7  env.sort()                          # 変数名リストを整理
8
9  # 環境変数の値の表示
10 for e in env:
11     print( e, '=', os.environ[e] )
```

このプログラムを実行した例を次に示す.

実行例：

```
C:¥Users¥katsu> py osenv01.py      Enter      ←実行開始
ALLUSERSPROFILE = C:¥ProgramData
APPDATA = C:¥Users¥katsu¥AppData¥Roaming
COMMONPROGRAMFILES = C:¥Program Files¥Common Files
COMMONPROGRAMFILES(X86) = C:¥Program Files (x86)¥Common Files
COMMONPROGRAMW6432 = C:¥Program Files¥Common Files
:
(以下省略)
:
```

4.21 ファイル、ディレクトリに対する操作：shutil モジュール

Python 処理系に標準的に添付されている shutil モジュールを使用すると、ファイルやディレクトリの複製や、圧縮ファイル、書庫ファイルの取り扱いができる。本書では shutil モジュールが提供するいくつかの基本的な機能について使用例を挙げて紹介する。shutil に関する詳しい事柄は Python の公式ドキュメント（公式インターネットサイトなど）を参照のこと。

shutil を使用するには、

```
import shutil
```

としてモジュールを Python 処理系に読み込む。

4.21.1 ファイル、ディレクトリの複製

【ファイルの複製】

shutil の copy 関数を使用するとファイルを複製することができる。

書き方： `shutil.copy(元のファイル, 複製ファイル)`

「元のファイル」には、元のファイルのファイル名（パス名）を、「複製ファイル」には複製ファイルのファイル名（パス名）を与える。

例. ファイル 'TestFile1.txt' の複製 'TestFile1-2.txt' を作成する

```
>>> import shutil  Enter          ←モジュールの読み込み
>>> shutil.copy( 'TestFile1.txt', 'TestFile1-2.txt' )  Enter  ←複製処理
'TestFile1-2.txt'          ←複製のファイル名が返される
```

当然のことではあるが、copy 関数の実行において、元のファイルが存在していなければならない。元のファイルが存在していない場合は copy 関数実行時に `FileNotFoundError` というエラーが発生する。

- copy 関数の第 2 引数「複製ファイル」にディレクトリ名を与えると、元のファイルがそのディレクトリの下に同じファイル名で複製される。

- copy 関数は複製時にファイルの内容に加えて、パーミッションも複製する。ただし、複製ファイルのタイムスタンプなどの情報は copy 関数実行時のものとなる。タイムスタンプなどを含めた更に多くの管理情報を複製するには `copy2` 関数を使用する。

【ディレクトリ階層の複製】

shutil の copytree 関数を使用すると、ディレクトリをその内容ごと複製することができる。

書き方： `shutil.copytree(元のディレクトリ, 複製ディレクトリ)`

「元のディレクトリ」には、元のディレクトリの名前（パス名）を、「複製ディレクトリ」には複製ディレクトリの名前（パス名）を与える。

例. ディレクトリ 'TestDir' の複製 'TestDir2' を作成する

```
>>> shutil.copytree( 'TestDir', 'TestDir2' )  Enter  ←複製処理
'TestDir2'          ←複製のディレクトリ名が返される
```

copytree の実行に先立って「複製ディレクトリ」が存在してはならない。もしも「複製ディレクトリ」存在している状態で copytree 関数を実行すると `FileExistsError` というエラーが発生する。

copytree 関数は、ディレクトリ内の個々のファイルの複製に `copy2` 関数を用いる。

4.21.2 書庫ファイル（アーカイブ）の取り扱いと圧縮処理に関すること

データの長期保存などの目的で、ファイルやフォルダに**可逆的な圧縮処理**¹²⁷を施すことがある¹²⁸。また、複数の保存対象のファイルやフォルダを1つの**書庫ファイル**（アーカイブ）に纏めることがある。書庫ファイルの形式としては ZIP、tar といったものが有名であり、用いられる機会が多い。shutil はこれらの書庫の形式に対応している。

【書庫（アーカイブ）の作成】

make_archive 関数を使用することで、指定したディレクトリの書庫（アーカイブ）を作成することができる。

書き方：shutil.make_archive(書庫名, root_dir=対象ディレクトリ, format=書庫形式)

「対象ディレクトリ」の内容を纏め、「書庫名」に指定した書庫（アーカイブ）ファイルを作成する。このとき「書庫形式」に 'zip', 'tar', 'gztar', 'bztar' など¹²⁹を指定することができる。

例. ディレクトリ 'TestDir' の ZIP アーカイブ 'TestDir.zip' を作成する

```
>>> shutil.make_archive('TestDir',root_dir='TestDir',format='zip') Enter ←アーカイブの作成
'C:\¥¥Users¥¥katsu¥¥TestDir.zip' ←作成されたアーカイブファイルのパスが返される
```

【書庫（アーカイブ）の展開】

unpack_archive 関数を使用することで書庫ファイルを展開することができる。

書き方：shutil.unpack_archive(書庫ファイル名, extract_dir=展開先ディレクトリ)

「書庫ファイル名」に指定した書庫ファイルの内容を「展開先ディレクトリ」の下に展開する。「展開先ディレクトリ」を省略すると、カレントディレクトリに展開するので注意すること。

例. 書庫ファイル 'TestDir.zip' の内容をディレクトリ 'TestDir' の下に展開する

```
>>> shutil.unpack_archive('TestDir.zip',extract_dir='TestDir') Enter ←アーカイブの展開
```

処理の結果の値は無い。(None となる)

shutil は他にも多くの機能を提供している。詳しくは Python の公式ドキュメントを参照のこと。

ZIP 形式書庫を扱うには、次に説明する zipfile モジュールを利用する方法もある。

¹²⁷伸長した際に元と同じデータが得られる圧縮処理

¹²⁸ソフトウェアの配布などの場合においても、必要なファイル群が書庫ファイルの形式で扱われることが多い。

¹²⁹'tar' はデータ圧縮をしない形式。'gztar', 'bztar' は圧縮処理にそれぞれ gzip, bzip2 を使用する。

4.22 ZIP 書庫の扱い： zipfile モジュール

ZIP 書庫を扱うための簡単な方法を提供する zipfile モジュールが Python に標準的に提供されている。このモジュールを使用するには

```
import zipfile
```

として Python 処理系に読み込む。

4.22.1 ZIP 書庫ファイルを開く

ZIP 書庫ファイルを開くには ZipFile を使用する。

書き方： ZipFile(書庫名, モード, compression=圧縮形式)

「書庫名」には書庫のファイル名を指定する。「モード」にはファイルオープンの際のモードと同じように、

‘w’: 新規作成, ‘r’: 既存書庫の読み込み, ‘a’: 既存書庫への追加

を指定する。

「圧縮形式」には表 30 のようなものを指定する。

表 30: 圧縮形式

形式	解説	形式	解説
ZIP_STORED	圧縮なし (デフォルト)	ZIP_DEFLATED	ZIP 圧縮 (要 zlib モジュール)
ZIP_BZIP2	BZIP2 圧縮 (要 BZ2 モジュール)	ZIP_LZMA	LZMA 圧縮 (要 lzma モジュール)

※ 形式の先頭にモジュール名の接頭辞 ‘zipfile.’ を付けること。

ZipFile を実行すると ZipFile オブジェクトが返され、以降はこれに対してファイル (メンバ) の追加や展開、読み出しなどの処理を行う。書庫に対する処理が終われば ZipFile オブジェクトに対して close メソッドを実行して閉じておく。

以下のようなサンプルデータ (テキストファイル) を書庫に加える例を挙げて使用方法を示す。

ファイル：ziptest1.txt

```
1 First file:
2 ziptest1.txt
```

ファイル：ziptest2.txt

```
1 Second file:
2 ziptest2.txt
```

例. ZIP 書庫を新規に作成する

```
>>> import zipfile  ←モジュールの読み込み
>>> z = zipfile.ZipFile( 'ziptest.zip', 'w', compression=zipfile.ZIP_DEFLATED ) 
```

これで書庫 ‘ziptest.zip’ が新規に作成され、その ZipFile オブジェクトが z に得られる。

4.22.2 書庫へのメンバの追加

書庫にメンバ (ファイル) を加えるには、当該書庫の ZipFile オブジェクトに対して write メソッドを実行する。

例. 書庫にファイル ‘ziptest1.txt’ を加える (先の例の続き)

```
>>> z.write('ziptest1.txt')  ←メンバの追加
```

このように write メソッドの引数に追加対象のファイル名を与える。このメソッドを次々と実行することで複数のメンバを追加することができる。

4.22.3 書庫の内容の確認

書庫の ZipFile オブジェクトに対して namelist メソッドを実行することで、書庫内のメンバ名のリストが得られる。

例. 書庫の内容の確認（先の例の続き）

```
>>> z.namelist() Enter ←メンバの確認
['ziptest1.txt'] ←メンバが1つ存在している
>>> z.close() Enter ←書庫を閉じる
```

この例では最後に書庫を close で閉じているが、再度開いて2つ目のメンバを追加する例を示す。

例. 既存の書庫を追加モードで開いてメンバを追加する（先の例の続き）

```
>>> z = zipfile.ZipFile( 'ziptest.zip', 'a' ) Enter ←既存の書庫を追加モードで開く
>>> z.write('ziptest2.txt') Enter ←メンバの追加
>>> z.namelist() Enter ←メンバの確認
['ziptest1.txt', 'ziptest2.txt'] ←メンバが2つ存在している
>>> z.close() Enter ←書庫を閉じる
```

4.22.4 書庫のメンバの読み込み

書庫のメンバをファイルのように開いてその内容を読み込むことができる。

例. 書庫のメンバの内容の読み込み（先の例の続き）

```
>>> z = zipfile.ZipFile( 'ziptest.zip', 'r' ) Enter ←書庫を読み込みモードで開く
>>> f = z.open('ziptest1.txt') Enter ←メンバをファイルのように開く
>>> b = f.read() Enter ←メンバの内容を読み込む
>>> txt = b.decode('utf-8') Enter ←エンコーディングを指定してテキストに変換
>>> print( txt ) Enter ←内容確認
First file: ←内容表示
ziptest1.txt
>>> f.close() Enter ←メンバを閉じる
>>> z.close() Enter ←書庫を閉じる
```

この例のように、書庫の ZipFile オブジェクトに対して open メソッドを実行してメンバをファイルのように開くことができる。

4.22.5 書庫の展開

書庫内の指定したメンバを展開する場合は extract メソッドを使用する。

書き方： ZipFile オブジェクト.extract(展開対象メンバ, 展開先ディレクトリ)

書庫内の「展開対象メンバ」を「展開先ディレクトリ」に展開する。実行後は展開先のパスを文字列で返す。

例. メンバを1つ展開する（先の例の続き）

```
>>> z = zipfile.ZipFile( 'ziptest.zip', 'r' ) Enter ←書庫を読み込みモードで開く
>>> r = z.extract( 'ziptest1.txt', 'zipext' ) Enter ←メンバの展開処理
>>> z.close() Enter ←書庫を閉じる
>>> r Enter ←展開先の確認
'zipext¥¥ziptest1.txt' ←展開先
```

書庫の内容を全て展開する場合は extractall メソッドを使用する。

書き方： ZipFile オブジェクト.extractall(展開先ディレクトリ)

実行後は値を返さない。

例. 書庫の内容を全て展開する（先の例の続き）

```
>>> z = zipfile.ZipFile( 'ziptest.zip', 'r' ) Enter    ←書庫を読み込みモードで開く
>>> z.extractall( 'zipext' ) Enter    ←書庫の内容を全て展開
>>> z.close() Enter    ←書庫を閉じる
```

4.22.5.1 パスワードで保護された ZIP 書庫へのアクセス

パスワードで保護（暗号化）された ZIP 書庫のメンバにアクセスする場合は、そのためのメソッドにキーワード引数 'pwd=パスワード' を与える。この場合の「パスワード」はバイト列の形で与える。例えば 'password' というパスワードで保護された ZIP 書庫にアクセスする場合は

```
p = 'password'.encode('utf-8')    ← UTF-8 でエンコーディングされている場合
```

などとしてパスワードをバイト列に変換する。この例ではバイト列形式のパスワードを変数 p に得ている。これを用いて以下のような形で ZIP 書庫にアクセスする。

例. ZipFile オブジェクト z（パスワード付き）へのアクセス

- メンバ aaa.txt のオープン : f = z.open('aaa.txt', pwd=p)
- メンバ aaa.txt の展開 : r = z.extract('aaa.txt', 'zipext', pwd=p)
- 全てのメンバの展開 : z.extractall('zipext', pwd=p)

【補足】

階層的ディレクトリの内容を一括して ZIP 書庫にする機能（メソッド、関数など）は zipfile モジュールには提供されていないので、ディレクトリの内容を列挙する処理を再帰的に行いながら順次メンバを ZIP 書庫に追加する手順を踏む必要がある。ディレクトリの内容をまとめて ZIP 書庫にするには、先に説明した shutil モジュールを使用する方が便利である。

4.23 コマンド引数の扱い： argparse モジュール

Python でコマンドツールを作成する場合に、当該コマンドを起動する際に受け取る引数を解析する機能が必要となる。最も素朴な方法としては「2.6.8 コマンド引数の取得」(p.96) で解説した通り、sys モジュールの argv からコマンド引数の並びを取得するという方法があるが、実用的なコマンドツールを作成するには、そのコマンドの使用方法に関する情報提示機能（ヘルプ機能）を持たせたり、ハイフン付きのコマンド引数（コマンドラインオプション）の解析や、デフォルト値の設定など、様々な機能を実現する必要がある。

Python 処理系に標準的に添付されている argparse モジュールは、Python スクリプトが起動時に受け取る引数を取り扱うための各種の高度な機能を提供する。ここでは argparse モジュールの最も初歩的な使用方法について説明する。

4.23.1 コマンド引数の形式

OS のシェルから Python スクリプトを起動する際の書式（コマンドラインの書式）としては

`py スクリプト名.py コマンド引数の列` (PSF の Windows 版 Python の場合)

あるいは、

`python スクリプト名.py コマンド引数の列` (Linux, macOS¹³⁰, Anaconda などの場合)

という形を取る。この際の「コマンド引数の列」は空白文字（スペース）で区切られた複数の文字列である。

コマンド引数は、先頭にハイフンを 1 つ、あるいは 2 つ伴う場合があり、それらを**オプション引数**¹³¹ (optional arguments) と呼ぶ。オプション引数はその名の通り省略可能なものである。例えば、多くのコマンドツールが実現している情報提示機能（ヘルプ機能）として `-h`（あるいは `-help`）オプションがあり、次のようなコマンドラインの形で使用する。

`python スクリプト名.py -h`

このような形で起動すると多くのコマンドツールは使用方法などを表示して終了する。オプション引数は通常の場合、先頭にハイフン 2 つ `--` を持つ。また、その省略名は通常の場合、先頭にハイフン 1 つ `-` を持つ。

オプション引数以外のコマンド引数を**位置引数** (positional arguments) と呼ぶ。

4.23.2 使用方法

argparse モジュールは次のようにして読み込む。

```
import argparse
```

この後、**引数パーサ** (Argument Parser) オブジェクトを生成する。

《引数パーサの生成》

```
argparse.ArgumentParser(description='当該スクリプトに関する説明文')
```

説明文を与える引数は省略することができる。

例. 引数パーサ PRS を生成する

```
PRS = argparse.ArgumentParser(description='当該スクリプトに関する説明文')
```

引数パーサには初めに次のような処理を行う。

- 1) 受け付けるオプション引数や位置引数の設定： `add_argument` メソッド
- 2) コマンドラインの解析処理： `parse_args` メソッド

以上の処理は、作成するスクリプトの冒頭部分に記述しておく。

¹³⁰ macOS では「python3」コマンドで起動する。

¹³¹ コマンドラインオプションと呼ぶこともある。

4.23.2.1 オプション引数の設定

受け付けるオプション引数を設定するには `add_argument` を使用する。

書き方： `引数パーサ.add_argument('-省略名', '--オプション名', help='説明文')`

「`help='説明文'`」は省略することができる。

例. 引数パーサ PRS にオプション `'-f (省略名) / --first-option (オプション名)'` を設定する

```
PRS.add_argument( '-f', '--first-option', help='一番目のオプション' )
```

4.23.2.2 位置引数の設定

受け付ける位置引数を設定するには `add_argument` を使用する。

書き方： `引数パーサ.add_argument('引数名', help='説明文')`

「`help='説明文'`」は省略することができる。

例. 引数パーサ PRS に位置引数 `'args'` を設定する

```
PRS.add_argument( 'args', help='位置引数です.' )
```

4.23.2.3 コマンドラインの解析処理

引数パーサに各種の引数を設定した後は、`parse_args` メソッドでコマンドラインを解析する。

例. 引数パーサ PRS でコマンドラインを解析する

```
args = PRS.parse_args()
```

この例では、コマンドラインの解析結果を `args` に得ている。`parse_args` メソッドの戻り値は `Namespace` クラスのオブジェクトであり、このオブジェクトのプロパティ（オプション引数と同名）を参照することで引数の値が得られる。例えば、先の例で設定した `'--first-option'` オプションの値は

```
args.first_option
```

として参照できる。

注意) オプション引数の名前の途中にハイフン `'-'` を含む場合は、参照時にアンダースコア `'_'` になる。

4.23.3 サンプルプログラムに沿った説明

プログラム：argparse01.py

```
1  # coding: utf-8
2  import argparse      # モジュールの読み込み
3  # 初期化
4  PRS = argparse.ArgumentParser(
5      description='これは argparse モジュールのテストです.' )
6  # 使用する引数の設定
7  PRS.add_argument( '-f', '--first-option', help='一番目のオプションです.' )
8  PRS.add_argument( '-s', '--second-option', action='store_true',
9                  help='二番目のオプションです.' )
10 PRS.add_argument( 'a', nargs='*', help='位置引数の並びです.' )
11
12 # 引数の解析
13 args = PRS.parse_args()
14
15 # 位置引数の内容確認
16 print( 'a:', args.a )
17 # オプション引数の内容確認
18 print( '--first-option:', args.first_option )
19 print( '--second-option:', args.second_option )
```

このサンプルプログラム `argparse01.py` はオプション引数と位置引数を受け取り、それらの値を表示するものである。引数を与えずにこのプログラムを実行すると次のような結果となる。

実行例. `py argparse01.py` Enter

```
a: []                                ←位置引数の並びは空
--first-option: None                 ←引数の値は None (引数なし)
--second-option: False               ←引数の値は False (偽)
```

位置引数は複数受け取ることができ、それらがリストとして得られる。プログラムの 10 行目で `add_argument` メソッドにキーワード引数 `nargs='*'` を与えているが、これは複数の位置引数を受け取ることができ、かつ全ての位置引数が省略可能であることを設定するものである。‘`nargs=`’の指定方法を表 31 に示す。

表 31: `add_argument` メソッドのキーワード引数 ‘`nargs=`’

値	解説
<code>'*'</code>	複数の位置引数を受け取る。(全て省略可能)
<code>'+'</code>	複数の位置引数を受け取る。少なくとも 1 つは引数を与える必要がある。

`add_argument` メソッドのキーワード引数 ‘`nargs=`’ を省略すると、1 つの位置引数を個別に受け取る形になる。次に、サンプルプログラム `argparse01.py` にコマンド引数を与えて起動する例を示す。

実行例. `py argparse01.py -f 1 -s 2 3` Enter

```
a: ['2', '3']                       ← 2 つの位置引数が得られた
--first-option: 1                     ← 引数の値は '1' (文字列)
--second-option: True                 ← 引数の値は True (真)
```

オプション引数 ‘`--first-option`’ は直後に 1 つの値を取る。上の実行例では ‘1’ が得られている。これに対して ‘`--second-option`’ は直後の値を取らない。(直後に続く引数は位置引数とみなされる) これはプログラムの 8 行目にあるように、`add_argument` メソッドにキーワード引数 `action='store_true'` を与えていることによるもので、この場合の引数の値は真理値 (オプション引数を与えられたときに `True`) となる。このようなオプション引数を特に **フラグ (flag)** と呼ぶ。

4.23.3.1 ヘルプ機能

`argparse` の引数パーサはヘルプ機能を備えており、‘`-h / -help`’ オプションが既に実装されている。

実行例. `py argparse01.py -h` Enter

```
usage: argparse01.py [-h] [-f FIRST_OPTION] [-s] [a [a ...]]
これは argparse モジュールのテストです.

positional arguments:
  a                      位置引数の並びです.

optional arguments:
  -h, --help            show this help message and exit
  -f FIRST_OPTION, --first-option FIRST_OPTION
                        一番目のオプションです.
  -s, --second-option   二番目のオプションです.
```

このようなヘルプメッセージが自動的に生成される。
引数パーサオブジェクトに対して `print_help` メソッドを実行することでヘルプメッセージを表示することもできる。

4.23.3.2 コマンド引数の型の指定

位置引数やオプション引数に与える値はその型を限定することができる。これに関するサンプルプログラム `argparse02.py` を示す。

プログラム：argparse02.py

```
1 # coding: utf-8
2 import argparse      # モジュールの読み込み
3 # 初期化
4 PRS = argparse.ArgumentParser(
5     description='これは argparse モジュールのテストです。')
6 # 使用する引数の設定
7 PRS.add_argument( '-s', '--seisu', type=int,
8     help='整数型のオプションです。', default=0 )
9 PRS.add_argument( '-m', '--moji', type=str,
10    help='文字列型のオプションです。', default='x' )
11 PRS.add_argument( 'word', type=str, help='文字列型の位置引数です。' )
12 PRS.add_argument( 'num', type=float, help='float型の位置引数です。' )
13
14 # 引数の解析
15 args = PRS.parse_args()
16
17 # 位置引数の内容確認
18 print( 'word:', args.word, type(args.word) )
19 print( 'num:', args.num, type(args.num) )
20 # オプション引数の内容確認
21 print( '--seisu:', args.seisu, type(args.seisu) )
22 print( '--moji:', args.moji, type(args.moji) )
```

位置引数のみ与えてこのプログラムを起動した例を示す。

実行例. `py argparse02.py 単語 3.1415`

<code>word: 単語</code>	<code><class 'str'></code>	←引数の値は '単語' (文字列型)
<code>num: 3.1415</code>	<code><class 'float'></code>	←引数の値は 3.1415 (float 型)
<code>--seisu: 0</code>	<code><class 'int'></code>	←引数の値は 0 (整数型)
<code>--moji: x</code>	<code><class 'str'></code>	←引数の値は 'x' (文字列型)

このプログラムの中で `add_argument` メソッドにキーワード引数 `'type=型名'` を記述している。このような方法でコマンド引数に受け取る値の型を限定することができる。プログラムの起動時に適切でない型の値を与えるとエラーが発生し、プログラムは終了する。

実行例. `py argparse02.py 単語 三. 一四`

```
usage: argparse02.py [-h] [-s SEISU] [-m MOJI] word num
argparse02.py: error: argument num: invalid float value: '三. 一四'  ←型が適切でない旨のエラー
```

オプション引数は省略することができるが、その際のデフォルト値（暗黙値）を与えるには `add_argument` メソッドにキーワード引数 `'default=値'` を与える。

4.23.4 サブコマンドの実現方法

コマンドツールの中には、異なる複数の機能を持ち、使用する機能を起動時に選択するものがある。そのような類のコマンドツールは、起動時のコマンド引数にサブコマンドを与える形態（サブコマンドによって使用する機能を選択する）のものが多く、ここでは `argparse` モジュールでサブコマンドを実現する方法について説明する。

■ 基本的な手順

- 1) コマンドライン全体の引数パーサオブジェクトを作成する（これまで説明した通り）
- 2) 上記の引数パーサの下にサブコマンド毎に引数パーサを作成する（入れ子の引数パーサ）
- 3) サブコマンド毎の引数パーサに処理のための関数（ハンドラ）を設定する
- 4) 必要に応じてサブコマンド毎の引数パーサにオプション引数や位置引数を設定する

サブコマンドを実現する具体的な方法について `argparse03.py` を例に挙げて説明する。

プログラム：`argparse03.py`

```
1  # coding: utf-8
2  import argparse      # モジュールの読み込み
3  #--- 初期化（引数パーサの作成）---
4  PRS = argparse.ArgumentParser(
5      description='これはサブコマンドを実現するサンプルです。')
6  #--- サブコマンド用のハンドラ（関数）---
7  def cmd_sub1():
8      print(' 関数 cmd_sub1 が実行されました。')
9  def cmd_sub2():
10     print(' 関数 cmd_sub2 が実行されました。')
11
12 #--- サブコマンド毎の引数パーサの作成 ---
13 SPRS = PRS.add_subparsers()      # これに子の引数パーサを登録する
14 # サブコマンド：sub1
15 SP_sub1 = SPRS.add_parser('sub1', help='これは関数 cmd_sub1 を起動します。')
16 SP_sub1.set_defaults(handler=cmd_sub1)      # 'handler'というプロパティを設定
17 # サブコマンド：sub2
18 SP_sub2 = SPRS.add_parser('sub2', help='これは関数 cmd_sub2 を起動します。')
19 SP_sub2.set_defaults(handler=cmd_sub2)      # 'handler'というプロパティを設定
20
21 #--- 引数の解析 ---
22 args = PRS.parse_args()
23 if hasattr(args, 'handler'):
24     args.handler()      # 'handler'プロパティに登録されている関数を起動する
25 else:
26     PRS.print_help()      # 未知のサブコマンドの場合はヘルプ表示
```

このプログラムはサブコマンド 'sub1'、'sub2' によって起動する関数 `cmd_sub1`、`cmd_sub2` を選択するものである。サブコマンドを受け付けるための準備として 13 行目にあるように、最上位の引数パーサに対して `add_subparsers` メソッドを実行して `ArgumentParser` オブジェクト `SPRS` を作成している。以後はこの `SPRS` に対してサブコマンド用の引数パーサオブジェクトを登録する。

プログラムの 15 行目で `add_parser` メソッドを使用してサブコマンド 'sub1' 用の引数パーサオブジェクト `SP_sub1` を生成（`SPRS` 配下）している。また 16 行目で `SP_sub1` に対して `set_defaults` メソッドを使用して起動する関数（ハンドラ）`cmd_sub1` を 'handler' というプロパティに登録している。サブコマンド 'sub1' の場合と同様の方法で、サブコマンド 'sub2' のための登録処理を 18,19 行目に記述している。

24 行目で `Namespace` オブジェクト `args` の 'handler' プロパティを参照してハンドラを実行している。これは 16,19 行目で設定したプロパティである。

このプログラムの実行例を示す。

例. ヘルプメッセージの表示：`py argparse03.py -h`

```
usage: argparse03.py [-h] {sub1,sub2} ...
```

これはサブコマンドを実現するサンプルです。

```
positional arguments:
```

```
{sub1,sub2}
```

```
  sub1      これは関数 cmd_sub1 を起動します。
```

```
  sub2      これは関数 cmd_sub2 を起動します。
```

```
optional arguments:
```

```
-h, --help show this help message and exit
```

例. サブコマンド 'sub1' の指定: `py argparse03.py sub1`

関数 `cmd_sub1` が実行されました.

例. サブコマンド 'sub2' の指定: `py argparse03.py sub2`

関数 `cmd_sub2` が実行されました.

例. 登録されていないサブコマンド 'sub3' の指定: `py argparse03.py sub3`

```
usage:  argparse03.py [-h] sub1,sub2 ...
```

```
argparse03.py: error: invalid choice: 'sub3' (choose from 'sub1', 'sub2')
```

ここで紹介した機能以外にも多くの機能を `argparse` モジュールは提供している. 詳しくは Python の公式インターネットサイトなどを参照のこと.

4.24 スクリプトの終了 (プログラムの終了)

Python スクリプト (プログラム) の実行を終了するには `sys` モジュールの `exit` を使用する.

書き方: `sys.exit(終了コード)`

「終了コード」¹³² は, 当該スクリプトを起動したシェル環境 (コマンドウィンドウ, ターミナルウィンドウ) に通知される.

例. Windows のコマンドプロンプトウィンドウでの終了コードの確認

```
echo %ERRORLEVEL%
```

例. bash (Linux, macOS) での終了コードの確認

```
echo $?
```

`sys.exit()` を使用すると, プログラムを強制的に終了させることができる.

¹³²終了ステータスとも言う. 多くの場合, プログラムが正常終了する際は終了コードは 0 とする.

4.25 Python の型システム

Python のデータ型は `type` 関数で調べることができる。

例. 整数値 1 の型を調べる

```
>>> t = type( 1 )  Enter    ← type 関数による型の調査
>>> t              Enter    ←内容確認
<class 'int'>      ←型
```

整数値の 1 の型は `int` であり、この型を意味するオブジェクト `<class 'int'>` が得られている。

ところで、この `<class 'int'>` もまた Python のオブジェクトであり、この型を同様の方法で調べることができる。(次の例)

例. `<class 'int'>` の型を調べる (先の例の続き)

```
>>> t2 = type( t )  Enter    ← type 関数による型の調査
>>> t2              Enter    ←内容確認
<class 'type'>      ←型
```

型を意味するオブジェクトの型は `<class 'type'>` であることがわかる。

Python では型名を直接参照することもできる。

例. 型名そのものを参照 (先の例の続き)

```
>>> int             Enter    ←「int」を参照
<class 'int'>       ←型を表すオブジェクト
>>> float           Enter    ←「float」を参照
<class 'float'>     ←型を表すオブジェクト
```

型を表すオブジェクト `<class ...>` から型名を表す文字列を得るには `__name__` プロパティを参照する。

例. 型名の取り出し (先の例の続き)

```
>>> t.__name__      Enter    ←型名の取り出し
'int'               ←型名
>>> t2.__name__     Enter    ←型名の取り出し
'type'              ←型名
```

4.25.1 型の階層 (クラス階層)

オブジェクト指向の枠組みでは、全ての型は階層的に分類されている。先の「2.8 オブジェクト指向プログラミング」(p.115)でも解説したように、クラスには継承関係 (スーパークラスとそれに属するサブクラスの関係) があるが、プログラマが作成したクラス定義のみならず、数値や文字列を始めとする組み込みのデータ型も全て1つのクラス階層の中に位置づけられている。

Python では全てのデータ型 (クラス) は `object` クラスの配下に位置づけられる。このことは、クラスの継承関係を調べる `issubclass` 関数で確認することができる。

例. `object` クラス配下にクラスが位置づけられていることの確認

```
>>> issubclass(int,object) Enter    ← int クラスが object クラス配下にあるか確認
True                  ←結果 (object クラス配下にある)
>>> class C:         Enter    ←クラス C の定義
...     pass         Enter    ←定義 (便宜上 pass とする)
...     Enter        ←クラス定義の終了
>>> issubclass(C,object) Enter    ←クラス C が object クラス配下にあるか確認
True                  ←結果 (object クラス配下にある)
```

4.25.1.1 スーパークラス、サブクラスを調べる方法

あるクラスのスーパークラスを調べるには、そのクラスの `__bases__` プロパティを参照する。またサブクラスを調べるには、そのクラスに対して `__subclasses__` メソッドを実行する。次の例は、`int` 型のスーパークラスとサブクラスを調べるものである。

例. `int` 型のスーパークラスとサブクラスの調査

```
>>> int.__bases__  ← int のスーパークラスを参照
(<class 'object'>,) ←スーパークラスのタプル
>>> int.__subclasses__()  ← int のサブクラスを調べる
[<class 'bool'>, <enum 'IntEnum'>, <enum 'IntFlag'>, ←サブクラスのリスト
 <class 'sre_constants.NamedIntConstant'>, <class 'subprocess.Handle'>]
```

このように、`__bases__` プロパティからスーパークラスのタプルが得られ、`__subclasses__` メソッドの実行結果からサブクラスのリストが得られる。

【参考】

`__subclasses__` メソッドは対象とするクラスによって仕様が異なることがある。例えば `type` クラスに対する `__subclasses__` メソッドの実行結果は次のようになる。

例. `type` クラスに対する `__subclasses__` メソッド

```
>>> type.__subclasses__()  ←空の引数で実行を試みると…
Traceback (most recent call last):          ←引数が不足している旨のエラー
  File "<stdin>", line 1, in <module>        が発生する
TypeError: descriptor '__subclasses__' of 'type' object needs an argument
>>> type.__subclasses__(int)  ←引数「int」を与えて実行
[<class 'bool'>, <enum 'IntEnum'>, <enum 'IntFlag'>, ←int のサブクラスのリスト
 <class 'sre_constants.NamedIntConstant'>, <class 'subprocess.Handle'>]
```

このように

```
type.__subclasses__(クラス)
```

と、引数にクラスを与えると、そのクラスの配下のサブクラスのリストが得られる。これを応用すると、クラス階層を再帰的に調べることができる。そのためのサンプルプログラム `getSubclasses.py` を次に示す。

プログラム：`getSubclasses.py`

```
1  # coding: utf-8
2
3  # クラス名の文字列を取得
4  def k(o): return o.__name__
5
6  # クラス階層の出力
7  def getSubclasses(cls, n=0):
8      sc = sorted(type.__subclasses__(cls), key=k)
9      for scls in sc:
10         print(' '*n+str(scls))
11         getSubclasses(scls, n+1)
12
13  #
14  if __name__ == '__main__':
15     getSubclasses(object)
```

このプログラムをスクリプトとして実行すると、`object` クラス配下の全てのサブクラスが階層的に出力される。また、Python 処理系にモジュールとして読み込み、`getSubclasses` 関数の引数にクラスを与えると、そのクラスの配下のサブクラスが階層的に出力される。

例. int 配下のサブクラスを表示 (getSubclasses.py はカレントディレクトリにあるものとする)

```
>>> from getSubclasses import getSubclasses  ←モジュールとして読み込む
>>> getSubclasses(int)  ← int 配下のサブクラスを出力
<class 'subprocess.Handle'>
<enum 'IntEnum'>
    <enum 'AddressFamily'>
    <enum 'Handlers'>
    <enum 'Signals'>
    <enum 'SocketKind'>
<enum 'IntFlag'>
    <enum 'AddressInfo'>
    <enum 'MsgFlag'>
    <enum 'RegexFlag'>
<class 'sre_constants._NamedIntConstant'>
<class 'bool'>
```

課題.

先の例のように Python の対話モードで getSubclasses(object) として Python 処理系で定義されている全てのクラス階層を表示して眺めよ.

5 TCP/IP による通信

ここでは、TCP/IP による通信機能を提供するいくつかのライブラリを紹介して、それらの基本的な使用方法について説明する。

5.1 socket モジュール

TCP/IP 通信はサーバとクライアントの 2 者間の通信（図 32）を基本とする。

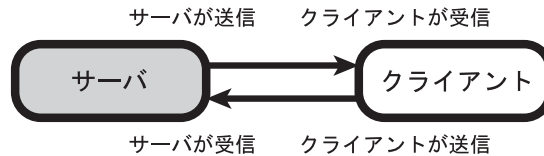


図 32: サーバとクライアントの通信

サーバ、クライアントはそれぞれソケットを用意し、それを介して通信する。（図 33）

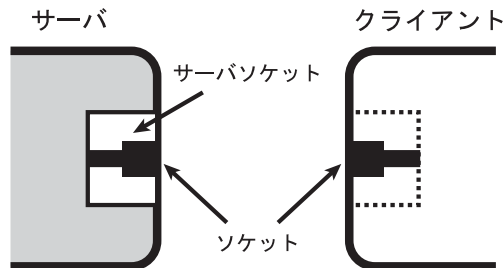


図 33: サーバ、クライアントそれぞれソケットを用意する

サーバはクライアントからの接続要求を受け付けるシステムであり、通常は接続待ちの状態で待機している。それに対してクライアントからの接続が要求され、接続処理が完了すると、両者の間で双方向の通信が可能となる。（図 34）

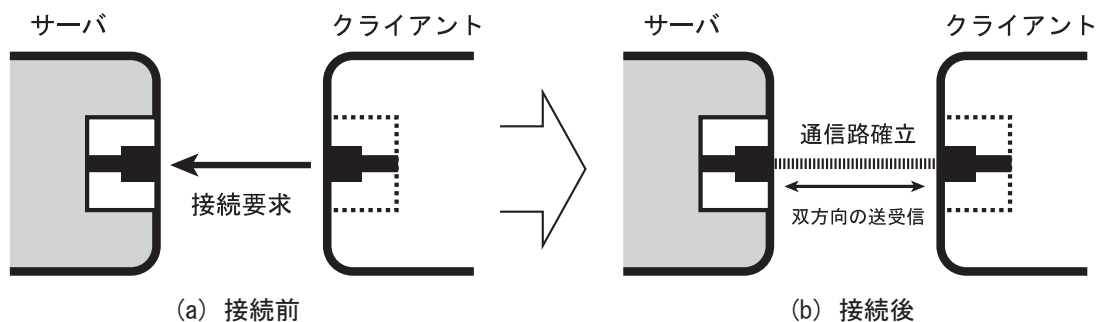


図 34: ソケットを介した接続

このような通信を実現するために Python には socket モジュールが用意されている。socket モジュールは次のようにして読み込む。

```
import socket
```

5.1.1 ソケットの用意

ソケットは次のようにして生成する。

```
socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM)
```

この処理が正常に終了すると、ソケットオブジェクトが生成されて返される。ソケットを用意する方法はサーバ、クライアントの両方において同じである。

5.1.2 サーバ側プログラムの処理

サーバ側ソケットにはソケットオプション¹³³を設定する。これには次のように `setsockopt` メソッドを用いる。

```
ソケットオブジェクト.setsockopt(socket.SOL_SOCKET, socket.SO_REUSEADDR, 1)
```

次に、ソケットを IP アドレスとポートにバインドする。これには次のようにして `bind` メソッドを用いる。

```
ソケットオブジェクト.bind((ホストアドレス, ポート))
```

ここまででサーバ側のソケットの準備がほぼ終わる。後は `listen` メソッドを使用してクライアントからの受信の準備をする。(下記参照)

```
ソケットオブジェクト.listen()
```

実際にクライアントからの接続要求を受信するには、次のように `accept` メソッドを使用する。

```
ソケットオブジェクト.accept()
```

この処理が完了すると、相手システム（クライアント）と通信するための新たなソケットオブジェクトとアドレスのタプルが返される。

サーバ側プログラムは、複数のクライアントからの接続要求を受け付けることができ、異なるクライアントから `accept` する度に、それぞれに対応するソケットオブジェクトが生成される。

5.1.3 クライアント側プログラムの処理

ソケット生成後は、次のように `connect` メソッドを用いてサーバに接続を要求する。(その前にタイムアウトを設定しておくほうが良い)

```
ソケットオブジェクト.settimeout(秒数)
ソケットオブジェクト.connect((ホストアドレス, ポート))
```

5.1.4 送信と受信

ソケットを介して相手システムにメッセージを送信するには `send` メソッドを使用する。(下記参照)

```
ソケットオブジェクト.send(データ)
```

送信するデータはバイトデータで、`send` メソッドの引数に与える。相手システムからのメッセージを受信するには、`recv` メソッドを使用する。(下記参照)

```
ソケットオブジェクト.recv(バッファサイズ134)
```

処理が正常に終わると、受信したメッセージがバイトデータとして返される。

通信が終了すると、次のように `close` メソッドを使用してソケットを終了しておく。

```
ソケットオブジェクト.close()
```

5.1.5 サンプルプログラム

ここでは、サーバプログラムとクライアントプログラムが相互に接続してメッセージを交換するプログラムを示す。

¹³³詳しい説明は TCP/IP の関連書籍や技術資料に譲る。

¹³⁴通常は 4096 にする。

サーバプログラム：test13-sv.py

```
1 # coding: utf-8
2
3 # 必要なモジュールの読み込み
4 import socket
5
6 # 通信先（サーバ）の情報
7 host = '127.0.0.1'
8 port = 8001
9
10 # サービスの準備
11 sSock = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM)
12 sSock.setsockopt(socket.SOL_SOCKET, socket.SO_REUSEADDR, 1)
13 sSock.bind((host, port))
14 sSock.listen()
15
16 # 接続の受け付け
17 print('Waiting for connection...')
18 (cSock, cAddr) = sSock.accept()
19 print('Connection accepted!: ', cAddr)
20
21 # クライアントから受信
22 r = cSock.recv(4096)
23 print('クライアントから> ', r.decode('utf-8'))
24
25 # クライアントへ送信
26 msg = 'はい、届いていますよ.'.encode('utf-8')
27 cSock.send(msg)
28
29 # ソケットを終了する
30 cSock.close()
31 sSock.close()
```

クライアントプログラム：test13-cl.py

```
1 # coding: utf-8
2
3 # 必要なモジュールの読み込み
4 import socket
5
6 # 通信先（サーバ）の情報
7 host = '127.0.0.1'
8 port = 8001
9
10 # 接続処理
11 cSock = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM)
12 cSock.settimeout(3.0)
13 print('Connecting...')
14 cSock.connect((host, port))
15 print('Connection accepted!')
16
17 # サーバへ送信
18 msg = '受信できていますか?'.encode('utf-8')
19 cSock.send(msg)
20
21 # サーバから受信
22 r = cSock.recv(4096)
23 print('サーバから> ', r.decode('utf-8'))
24
25 # ソケットを終了する
26 cSock.close()
```

先にサーバプログラムを起動しておき、次にクライアントプログラムを起動すると両者が接続される。接続が確立されると、クライアント側からサーバ側に対して

「受信できていますか？」

と送信される。サーバ側はこれを受信して標準出力に出力した後、クライアント側に対して

「はい、届いていますよ。」

と送信する。クライアント側はこれを受信して標準出力に出力する。実行例を次に示す。

サーバ側の実行例：

```
Waiting for connection...
Connection accepted!: ('127.0.0.1', 55735)
クライアントから> 受信できていますか？
```

クライアント側の実行例：

```
Connecting...
Connection accepted!
サーバから> はい、届いていますよ。
```

5.2 WWW コンテンツ解析

WWW は TCP/IP 通信の基礎の上に成り立っているサービスであり、Python と各種のライブラリを使用することで、WWW サーバへのリクエストの送信、コンテンツの取得、コンテンツの解析などが実現できる。ここでは、WWW コンテンツの取得と解析¹³⁵ に関する基礎的な事柄について説明する。

5.2.1 requests ライブラリ

requests ライブラリは WWW サーバに対して各種のリクエストを送信したり、WWW サーバからコンテンツを取得するための基本的な機能を提供する。このライブラリはインターネットサイト <http://docs.python-requests.org/> から入手できる。利用に先立って Python システム用にインストールしておく必要があるので、ソフトウェア管理ツール¹³⁶ を使用してインストールする。

requests ライブラリを Python で使用するには次のようにして読み込む。

```
import requests
```

5.2.1.1 リクエストの送信に関するメソッド

■ コンテンツの取得（GET リクエストの送信）

URL を指定してコンテンツを取得するには `get` メソッドを使用する。

書き方： `r = requests.get(コンテンツの URL)`

BASIC 認証を行ってコンテンツを取得するには次のようにする。

書き方： `r = requests.get(コンテンツの URL, auth=(ユーザ名, パスワード))`

■ フォームの送信（POST リクエストの送信）

フォームの内容¹³⁷ を WWW サーバに送信するには `post` メソッドを使用する。このときフォームの項目の「名前」と「値」の対応を Python の辞書型オブジェクト¹³⁸ にして与える。

書き方： `requests.post(コンテンツの URL, 辞書型オブジェクト)`

これら各メソッドが返すオブジェクトにリクエスト結果の情報が保持されている。

¹³⁵これら一連の処理は**ウェブスクレイピング**と呼ばれている。

¹³⁶PSF 版 Python での導入方法に関しては、巻末付録「A.4 PIP によるライブラリ管理」(p.280) を参照のこと。Anaconda の場合は Anaconda Navigator でパッケージ管理を行う。

¹³⁷< FORM >... </FORM >で記述された HTML コンテンツ。

¹³⁸INPUT タグの 'NAME=' と 'VALUE=' に指定するものを辞書型オブジェクトにする。

5.2.1.2 取得したコンテンツに関するメソッド

WWW サーバにリクエストを送信すると、それに対するサーバからの応答が返され、それら情報がメソッドの戻り値となる。以後これを**応答オブジェクト**と呼ぶ。

例. Wiki ペディアサイトの Python に関する記事の取得

```
import requests

r = requests.get('https://ja.wikipedia.org/wiki/Python')
```

この結果、`r` にサーバからの応答（WWW コンテンツを含む）が応答オブジェクトとして得られる。次に紹介する各種のメソッドを使用することで、取得した応答オブジェクトから様々な情報を取り出すことができる。

■ 取得したコンテンツ全体

WWW サーバから送られてきたコンテンツ全体は応答オブジェクトの `text` プロパティに保持されている。すなわち、

```
応答オブジェクト.text
```

とすることでコンテンツ全体を取得できる。先の例で得られた応答オブジェクトの `text` プロパティを表示すると次のようになる。

例. `r.text` の表示（先の例の続き）

```
<!DOCTYPE html>
<html class="client-nojs" lang="ja" dir="ltr">
<head>
<meta charset="UTF-8"/>
<title>Python - Wikipedia</title>
<script>document.documentElement.className = document.documentElement.className.
replace( /(^\s*)client-nojs(\s|$)/, " $1client-js $2" );</script>
<script>(window.RLQ=window.RLQ||[]).push(function()mw.config.
set("wgCanonicalNamespace":"","wgCanonicalSpecialPageName":false,
"wgNamespaceNumber":0,"wgPageName":"Python","wgTitle":"Python","wgCurRevisionId":64015453,
"wgRevisionId":64015453,"wgArticleId":993,"wgIsArticle":true,"wgIsRedirect":false,
"wgAction":"view","wgUserName":null,"wgUserGroups":["*"],"wgCategories":["プログラミング言語",
"オブジェクト指向言語","スクリプト言語","オープンソース","Python"],"wgBreakFrames":false,
"wgPageContentLanguage":"ja","wgPageContentModel":"wikitext","wgSeparatorTran
:
(以下省略)
:
```

■ 応答のステータスの取得

応答オブジェクトの `status_code` プロパティには、リクエスト送信に対する WWW サーバからの応答が保持されている。

例. `r.status_code` の表示（先の例の続き）

```
200
```

■ エンコーディング情報の取得

応答オブジェクトの `encoding` プロパティには、得られたコンテンツの文字コードに関する情報が保持されている。

例. `r.encoding` の表示（先の例の続き）

```
UTF-8
```

■ ヘッダー情報の取得

応答オブジェクトの `headers` プロパティには、得られたコンテンツのヘッダー情報（Python の辞書型オブジェクト）が保持されている。

例. `r.headers` の内容 (先の例の続き)

```
{'Date': 'Tue, 09 May 2017 06:22:40 GMT',
 'Content-Type': 'text/html; charset=UTF-8',
 'Content-Length': '46335',
 'Connection': 'keep-alive',
 'Server': 'mw1264.eqiad.wmnet',
 'Vary': 'Accept-Encoding, Cookie, Authorization',
 'X-Powered-By': 'HHVM/3.12.14',
 'Content-Encoding': 'gzip',
 :
 (途中省略)
 :
 'Cache-Control': 'private, s-maxage=0, max-age=0, must-revalidate',
 'Accept-Ranges': 'bytes'}
```

■ Cookie 情報の取得

応答オブジェクトの `cookies` プロパティには、得られたコンテンツの Cookie 情報 (Python の辞書型オブジェクト) が保持されている。

5.2.1.3 Session オブジェクトに基づくアクセス

WWW サーバとの間で情報をやり取りする際の **セッション情報** は、Session オブジェクトとして扱うことができ、Session オブジェクトに対してコンテンツの取得といったメソッドが使用できる。

例. Session オブジェクトに基づく処理

```
>>> import requests  [Enter]    ←ライブラリの読み込み
>>> s = requests.Session() [Enter]    ← Session オブジェクトの生成
>>> r = s.get('https://ja.wikipedia.org/wiki/Python') [Enter]    ←コンテンツの取得
```

この例は Session オブジェクトに基づいてコンテンツの取得を行うものであり、処理の結果として応答オブジェクト `r` が得られている。

本書での `requests` ライブラリに関する解説は以上で終わるが、より多くの情報が配布元サイトや有志の開発者たちによって配信されているのでそれらを参照すること。

`requests` ライブラリは WWW サーバとの通信における基本的な機能を提供するが、取得した WWW コンテンツの解析といったより高度な処理を行うには、更に別のライブラリを使用した方が良い。次に紹介するライブラリは、取得した WWW コンテンツ (より一般的に XML コンテンツ) の解析や、あるいはコンテンツの構築自体を可能とするものである。

5.2.2 Beautiful Soup ライブラリ

Beautiful Soup は HTML を含む XML 文書の解析や構築を可能とするライブラリであり

<https://www.crummy.com/software/BeautifulSoup/>

から入手することができるので、利用に際して Python システムにインストール¹³⁹ しておく。また利用するには、次のようにして Python に読み込む。

```
from bs4 import BeautifulSoup
```

以後は Beautiful Soup を BS と略す。

¹³⁹PSF 版 Python での導入方法に関しては、巻末付録「A.4 PIP によるライブラリ管理」(p.280) を参照のこと。Anaconda の場合は Anaconda Navigator でパッケージ管理を行う

5.2.2.1 BS における HTML コンテンツの扱い

BS では、与えられた HTML (XML) コンテンツを独自のデータ構造である BeautifulSoup オブジェクト (以下 BS オブジェクトと略す) に変換して保持し、それに対して解析や編集の処理を行う。

次のような HTML コンテンツ test15.html がある場合を例に挙げて BS の使用方法を説明する。

HTML コンテンツ：test15.html

```
1 <!DOCTYPE html>
2 <html>
3
4 <head>
5 <meta charset="UTF-8">
6 <title>Pythonに関する情報</title>
7 </head>
8
9 <body>
10 <h1>Pythonに関する情報</h1>
11 <p>下記のリンクをクリックしてPythonに関する紹介を読んでください。</p>
12 <a href="https://ja.wikipedia.org/wiki/Python">ウィキペディアの記事へ</a>
13 <h2>Beautiful Soupに関する情報</h2>
14 <p>下記のリンクをクリックしてBeautiful Soupのドキュメントを閲覧してください。</p>
15 <a href="https://www.crummy.com/software/BeautifulSoup/bs4/doc/">
16 Beautiful Soupのドキュメント</a>
17 </body>
18
19 </html>
```

この HTML コンテンツを読み込んで BS オブジェクトに変換する例を次に示す。

```
>>> from bs4 import BeautifulSoup  ←ライブラリの読み込み
>>> txt = open('test15.html','r',encoding='utf-8').read()  ←HTML ファイルの読み込み
>>> sp = BeautifulSoup(txt,'html5lib')  ←BS オブジェクトの生成
```

この例では、ファイル test15.html の内容を txt に読み込みし、それを BeautifulSoup のコンストラクタの引数に与えて BS オブジェクト sp を生成している。コンストラクタの 2 番目の引数にはコンテンツを解析するためのパーサ¹⁴⁰ を指定する。

■ BS オブジェクトから文字列への変換 (整形あり)

BS オブジェクトに対して prettify メソッドを実行すると、BS オブジェクトの内容を整形して文字列オブジェクトに変換する。

例. prettify メソッドによる変換

```
>>> print( sp.prettify() )  ←変換して表示
<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
  <meta charset="utf-8"/>
  <title>
    Python に関する情報
  </title>
</head>
<body>
  <h1>
    Python に関する情報
  </h1>
  .
  (途中省略)
  .
  <a href="https://www.crummy.com/software/BeautifulSoup/bs4/doc/">
    Beautiful Soup のドキュメント
  </a>
</body>
</html>
```

整形しないテキストは BS オブジェクトのプロパティ contents が保持している。(次の例参照)

¹⁴⁰この例の html5lib 以外にも lxml などもある。それらも使用に際しては別途インストールしておく。

BS オブジェクトの contents プロパティ

```
>>> print( sp.contents )
['html', <html><head>
<meta charset="utf-8"/>
<title>Python に関する情報</title>
</head>
:
(途中省略)
:
</body></html>]
```

このようにリストの形式で保持されている。従って HTML のテキストは

BS オブジェクト.contents[1]

として取り出すことができる。

■ 指定したタグの検索

BS オブジェクトに対して指定したタグの検索を実行するには find_all メソッドを使用する。

例. <a>タグを全て取り出す。

```
>>> sp.find_all('a')  ←検索実行
[<a href="https://ja.wikipedia.org/wiki/Python">ウィキペディアの記事へ</a>,
<a href="https://www.crummy.com/software/BeautifulSoup/bs4/doc/"> Beautiful Soup のドキュメント</a>]
```

見つかったタグをリストにして返す。

■ コンテンツの階層構造

BS オブジェクトの構造は基本的にリストである。従って先に説明した contents プロパティに要素の添え字を付けて更に配下の contents プロパティを取り出すということを繰り返すことで全ての要素にアクセスできる。

contents に添え字を付けて取り出したものは、1つのタグで記述された HTML の文であり、それが持つ name プロパティにはそのタグの名前が保持されている。

例. タグの取り出し

```
>>> sp.contents[1].contents[2].name  ← body タグの取り出し
'body' ←処理結果
```

本書での BeautifulSoup ライブラリに関する解説は以上で終わるが、より多くの情報が配布元サイトや有志の開発者たちによって配信されているのでそれらを参照すること。

6 外部プログラムとの連携

外部のプログラムを Python プログラムから起動する方法について説明する。C 言語や Java といった処理系でプログラムを翻訳、実行する場合と比べると、インタプリタとしての Python 処理系ではプログラムの実行速度は非常に遅い。従って、大きな実行速度を要求する部分の計算処理は、より高速な外部プログラムに委ねるべきである。実際に、科学技術系の計算処理やニューラルネットワークのシミュレーション機能を Python 用に提供するライブラリの多くは外部プログラムとの連携を応用している。

計算速度の問題に限らず、外部の有用なプログラムを呼び出して Python プログラムと連携させることは、高度な情報処理を実現するための有効な手段となる。

Python から外部プログラムを起動するには `subprocess` モジュールを使用する。このモジュールは次のようにして Python 処理系に読み込む。

```
import subprocess
```

6.1 外部プログラムを起動する方法

《 外部プログラムの起動 》

書き方： `subprocess.run(コマンド文字列, shell=True)`

オペレーティングシステム (OS) のコマンドシェルを起動して「コマンド文字列」で与えられたコマンドを実行する。run メソッドはコマンドの終了を待ち、`CompletedProcess` オブジェクトを返す。コマンド文字列は、コマンド名と引数 (群) を空白文字で区切って並べたものである。

この方法はコマンドシェルを介するので、外部プログラム起動時にシェル変数の設定などが反映される。ただし、シェルも 1 つのプロセスとして起動するので、シェルを介さずに外部プログラムを起動する場合に比べると、システムに対するプロセス管理の負荷が高くなる。シェルを介さずに外部プログラムを起動するには、run メソッドの引数にキーワード引数 `shell=False` を指定する。

例. Windows のコマンド 'dir' を発行する例.

```
>>> import subprocess  [Enter]      ←モジュールの読み込み
>>> subprocess.run('dir *.eps',shell=True) [Enter] ← dir コマンドでファイルの一覧表示
Volume in drive C has no label.
Volume Serial Number is 18EE-2F9E

Directory of C:\Users\katsu\TeX\Python

2016/07/23 18:16 530,687 ClientServer.eps
2016/07/23 19:09 511,071 CSsocket0.eps
2016/07/23 19:22 546,418 CSsocket1.eps
2017/05/21 18:10 851,177 Earth_small.eps
2017/04/29 14:23 528,051 HBoxVBox.eps
          :
(以下省略)
          :
```

これは、Windows のコマンドシェル (コマンドプロンプト) である `cmd.exe` を起動して、その内部コマンド¹⁴¹ である `dir` を実行している例である。呼び出された外部プログラムはサブプロセスとして実行される。

6.1.1 標準入出力の接続

サブプロセス (外部プログラム) の標準入出力に対してデータを送受信する方法について説明する。独立したプログラム同士が通信するための代表的な方法にソケットとパイプがあり、`subprocess` モジュールはパイプを介した標準入出力の送受信を実現するための簡便な方法を提供している。

¹⁴¹Windows の `cmd.exe` によって解釈されて実行されるコマンド (`cmd.exe` 自体が持つ機能) であり、`dir` 自体は単独の実行形式 (`*.exe`) プログラムではない。

《 サブプロセスとのパイプを介した通信 》

書き方： `subprocess.Popen(コマンド文字列, shell=True,
stdin=subprocess.PIPE, stdout=subprocess.PIPE, stderr=subprocess.PIPE)`

キーワード引数 `stdin`, `stdout`, `stderr` に `subprocess.PIPE` を与えることで、サブプロセスの標準入力、標準出力、標準エラー出力が Python プログラム側からアクセスできるようになる。

`Popen` メソッドを実行すると、戻り値として `Popen` オブジェクトが返され、このプロパティ `stdin`, `stdout`, `stderr` に対して各種の入出力用メソッドを使用することで、サブプロセスに対して実際にデータを送受信することができる。

【サンプルプログラム】

ここでは、C 言語で作成したシミュレーションプログラムを Python から起動する例を挙げて説明する。

■ シミュレーション・プログラム

円の軌跡を描く次のようなダイナミクスをシミュレートするプログラムを考える。

$$\frac{dx}{dt} = -y, \quad \frac{dy}{dt} = x$$

このダイナミクスを離散化すると次のような式となる。

$$\Delta x = -y \cdot \Delta t, \quad \Delta y = x \cdot \Delta t$$

これを実現するプログラムは、

$$x = x - y \cdot dt, \quad y = y + x \cdot dt$$

となり、 x, y に適当なる初期値を与えてこのプログラムを繰り返すとダイナミクスのシミュレーションが実現できる。これを C 言語で記述したものが `sbpr01.c` である。

このプログラムは $(x, y) = (10.0, 0.0)$ を初期値として時間の刻み幅 dt を 10^{-8} として円の軌跡をシミュレートする。軌跡が円周を一周するとシミュレーションが終了する。

外部プログラム：`sbpr01.c`

```
1  #include    <stdio.h>
2  #include    <time.h>
3
4  int main()
5  {
6      double  x, y, dt;    /* 座標と微小時間 */
7      long    c;           /* ループカウンタ */
8      clock_t t1, t2;      /* 時間計測用変数 */
9
10     /* シミュレーションの初期設定 */
11     x = 10.0;    y = 0.0;
12     dt = 0.00000001; /* 時間間隔 */
13     t1 = clock(); /* 開始時刻 */
14     for ( c = 0L; c < 628318530L; c += 1L ) {
15         y += x * dt;
16         x -= y * dt;
17         /* 中ヌキ出力 */
18         if ( c % 200000L == 0 ) {
19             printf("%16.12lf,%16.12lf\n",x,y);
20         }
21     }
22     t2 = clock(); /* 終了時刻 */
23
24     /* 計算時間の表示（標準エラー） */
25     fprintf(stderr,"%ld (msec)", t2-t1);
26 }
```

このプログラムを翻訳して実行すると、標準出力に次のような形で x, y の値を出力する。

```

10.000000000000, 0.000000100000
9.999979999707, 0.020000086666
9.999919999507, 0.039999993333
9.999819999640, 0.059999739999
9.999680000507, 0.079999246666
9.999500002667, 0.099998433337
⋮
(以下省略)
⋮

```

このプログラムからの出力をテキストデータとして保存して gnuplot ¹⁴² でプロットした例を図 35 に示す。

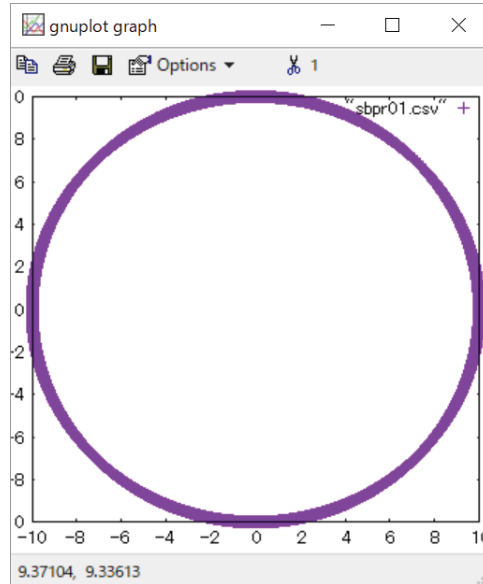


図 35: gnuplot によるプロット例

このシミュレーションは dt を非常に小さく取っており、ダイナミクスが終了するまで x, y の移動計算を 6 億回以上実行する。これは Python のプログラムとして実行するには時間的にも適切ではないため、C 言語で実装した。

次に、このシミュレーションプログラムを Python プログラムから呼び出して、データプロットのためのライブラリ matplotlib ¹⁴³ を使ってプロットする例を示す。

Python 側のプログラムを sbpr01.py に示す。

プログラム：sbpr01.py

```

1  # coding: utf-8
2  # モジュールの読み込み
3  import subprocess
4  import matplotlib.pyplot as plt
5
6  # サブプロセスの生成
7  pr = subprocess.Popen( 'sbpr01.exe', stdout=subprocess.PIPE, shell=True )
8
9  # サブプロセスの標準出力からのデータの受け取り
10 lx = []; ly = []      # これらリストのデータを蓄積
11 buf = pr.stdout.readline().decode('utf-8').rstrip() # 初回読取り (1行)
12 while buf:
13     [bx,by] = buf.split(',')      # CSVの切り離し
14     lx.append( float(bx) ); ly.append( float(by) ) # データの蓄積
15     # 次回読取り (1行)
16     buf = pr.stdout.readline().decode('utf-8').rstrip()
17
18 # matplotlibによるプロット
19 plt.plot(lx, ly, 'o-', label="circle")
20 plt.xlabel("x")

```

¹⁴²オープンソースとして公開されているデータプロットツール。(http://www.gnuplot.info/)

¹⁴³インターネットサイト <https://matplotlib.org/> でライブラリとドキュメントが公開されている。


```

21 plt.ylabel("y")
22 plt.legend(loc='best')
23 plt.show()

```

これは Windows 環境における例である。先のシミュレーションプログラムは Windows の実行形式ファイル sbpr01.exe として作成¹⁴⁴されており、これと sbpr01.py は同じディレクトリに配置されているものとする。

このプログラムを実行すると、シミュレーション結果が図 36 のようなプロットとして表示される。

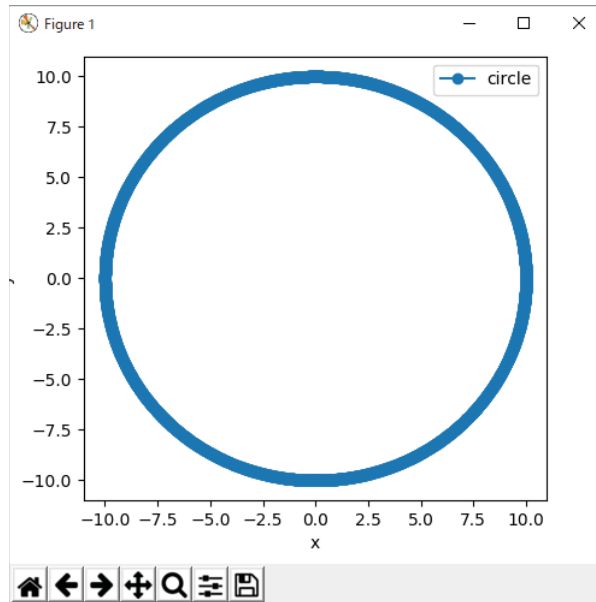


図 36: matplotlib を用いたプロット

外部プログラムとのデータの送受信を非同期に行う場合は、入出力の送受信を繰り返す処理を独立したスレッドで実行すると良い。

6.1.1.1 外部プログラムの標準入力のクローズ

外部プログラムの標準入力への送信を終了してクローズするには close メソッドを用いる。具体的には、サブプロセスオブジェクトの stdin に対して close メソッドを実行する。

例. サブプロセス pr の stdin を閉じる

```
pr.stdin.close()
```

多くのコマンドツールは、標準入力が開じられると終了する。そのようなコマンドツールを Python から起動した場合、この方法で当該サブプロセスを終了することができる。

6.1.2 非同期の入出力

先の例 (sbpr01.py) では、サブプロセスからの出力を受け取る繰り返し処理が終了するまで他の処理はできない。サブプロセスとのパイプを介した入出力を非同期に実行する最も簡単な方法は、入出力の繰り返し処理を独立したスレッドで実行すること¹⁴⁵である。ここではサンプルプログラムを示しながらそのための方法を例示する。

【サンプルプログラム】

一定時間が経過する毎に経過時間を表示するプログラム（一種のタイマー）を C 言語で記述したものを sbpr02.c に示す。

¹⁴⁴実行形式ファイルのパス名（ファイル名）などの形式は OS 毎に異なるので注意すること。

¹⁴⁵UNIX 系 OS のデーモンプロセスや Windows のサービスのよう、入出力や通信の処理を受け付ける常駐型プログラムを Python で実現するには asyncio ライブラリを使用するのが良い。詳しくは Python の公式サイトを参照のこと。

外部プログラム：sbpr02.c

```
1  #include    <stdio.h>
2  #include    <time.h>
3
4  int main(ac,av)
5  int ac;
6  char **av;
7  {
8      int      n, c = 1;
9      clock_t d, t1, t2; /* 時間計測用変数 */
10
11      if ( ac < 3 ) {
12          fprintf(stderr, "Usage: sbpr02 Duration(ms) Iteration...");
13          return(-1);
14      } else {
15          sscanf(av[1], "%ld", &d);
16          sscanf(av[2], "%d", &n);
17      }
18
19      t1 = clock();      /* 開始時刻 */
20      printf("%ld\n", t1);
21      while ( -1 ) {
22          t2 = clock();  /* 現在時刻 */
23          if ( t2 - t1 >= d ) {
24              printf("%ld\n", t2);
25              fflush(stdout); /* 出力バッファをフラッシュ */
26              t1 = t2;
27              c++;
28              if ( c > n ) {
29                  break;
30              }
31          }
32      }
33
34      fprintf(stderr, "%s %s %s: finished.\n", av[0], av[1], av[2]);
35  }
```

このプログラムは、起動時の第1引数に経過時間 (ms) を、計測回数を第2引数に与えるものである。このプログラムを翻訳して実行した例を次に示す。

```
C:¥Users¥katsu¥Python> sbpr02 3000 2          ← 3秒経過を2回通知する指定
0
3001
6001
sbpr02 3000 2: finished.
```

これを外部プログラムとして同時に複数並行して起動するプログラムの例を sbpr02.py に示す。

プログラム：sbpr02.py

```
1  # coding: utf-8
2  # モジュールの読み込み
3  import subprocess
4  from threading import Thread
5
6  # サブプロセスの生成
7  pr1 = subprocess.Popen( 'sbpr02.exe 3000 3', stdout=subprocess.PIPE, shell=True )
8  pr2 = subprocess.Popen( 'sbpr02.exe 2250 4', stdout=subprocess.PIPE, shell=True )
9
10 # pr1からの入力を受け取る関数
11 def Exe1():
12     while True:
13         buf = pr1.stdout.readline().decode('utf-8').rstrip()
14         if buf:
15             print('プロセス1:', buf)
16         else:
17             break
18
19 # pr2からの入力を受け取る関数
```

```

20 def Exe2():
21     while True:
22         buf = pr2.stdout.readline().decode('utf-8').rstrip()
23         if buf:
24             print('プロセス2:', buf)
25         else:
26             break
27
28 # サブプロセスの入力を受け付けるスレッド
29 th1 = Thread( target=Exe1, args=() )
30 th2 = Thread( target=Exe2, args=() )
31
32 # スレッドの起動
33 print('*** 実行開始 ***')
34 th1.start()
35 th2.start()
36
37 # スレッド終了の待ち受け
38 th1.join()
39 th2.join()
40 print('*** 実行終了 ***')

```

解説：

7,8 行目で外部プログラムを2つサブプロセスとして生成して、それぞれ pr1, pr2 としている。それらの標準出力をパイプ経由で取得する処理を、関数 Exe1, Exe2 として定義（11～17 行目）している。それら関数を独立したスレッドとして生成（29,30 行目）して起動（34,35 行目）している。それらスレッドは同時に並行して別々に動作する。38,39 行目では、2つのスレッドが終了するのを待ち受けている。スレッドの扱いに関しては「4.3 マルチスレッドプログラミング」を参照のこと。

このプログラムを実行した例を次に示す。

```

*** 実行開始 ***
プロセス 2: 0
プロセス 2: 2251
プロセス 1: 0
プロセス 1: 3000
プロセス 2: 4504
プロセス 1: 6000
プロセス 2: 6768
sbpr02.exe 3000 3: finished.
プロセス 1: 9000
プロセス 2: 9031
sbpr02.exe 2250 4: finished.
*** 実行終了 ***

```

6.1.3 外部プロセスとの同期（終了の待機）

Popen メソッドで生成されたプロセスが終了するのを待ち受けるには wait メソッドを使用する。すなわち、Popen で生成されたプロセス pr の終了に同期して、終了するまで処理をブロックする（終了まで待機する）には、

```
pr.wait()
```

とする。

6.1.4 外部プログラムを起動する更に簡単な方法

外部プログラムと呼び出し側の Python のプログラムの間で標準入出力の接続をしない場合には、os モジュールの system 関数を使って更に簡単に外部プログラムを起動することができる。

書き方： os.system(' 外部プログラムを起動するためのコマンドライン')

これを Windows の環境で実行した例を次に示す。

例. dir コマンドの実行 (Windows 環境)

```
>>> import os  [Enter]      ← os モジュールの読み込み
>>> os.system( 'dir *.pdf' ) [Enter]  ← dir コマンドの発行
Volume in drive C has no label.      ← 実行結果の表示
Volume Serial Number is 18EE-2F9E

Directory of C:\Users\katsu

2017/09/23  13:37          38,937 lab_rep_speed1.pdf
2018/09/22  12:07        354,666 python_ai_note.pdf
2018/09/16  14:30      4,206,175 python_main.pdf
2018/09/14  20:48      5,420,705 python_modules.pdf
2018/05/12  14:47      3,640,064 python_stat.pdf
           5 File(s)        20,829,517 bytes
           0 Dir(s)  54,815,989,760 bytes free
0          ← os.system 関数の戻り値
```

参考) この方法で外部プログラムを起動する場合、データの受け渡しはファイルを介すると良い。例えば、先の例において、dir コマンドの出力結果を Python プログラム側で受け取るには次のような方法がある。

例. dir コマンドの実行結果をファイルを経由して受け取る (Windows 環境)

```
>>> import os  [Enter]      ← os モジュールの読み込み
>>> os.system('dir *.pdf > temp.txt') [Enter]  ← 標準出力をファイル 'temp.txt' に保存
0          ← os.system 関数の戻り値
>>> f = open('temp.txt','r') [Enter]  ← ファイル 'temp.txt' を開く
>>> t = f.read() [Enter]  ← ファイルの内容を読み取って t に受け取る
>>> print( t ) [Enter]  ← t の内容を表示
Volume in drive C has no label.      ← ファイルの内容の表示
Volume Serial Number is 18EE-2F9E

Directory of C:\Users\katsu

2017/09/23  13:37          38,937 lab_rep_speed1.pdf
2018/09/22  12:07        354,666 python_ai_note.pdf
2018/09/16  14:30      4,206,175 python_main.pdf
2018/09/14  20:48      5,420,705 python_modules.pdf
2018/05/12  14:47      3,640,064 python_stat.pdf
           5 File(s)        20,829,517 bytes
           0 Dir(s)  54,815,989,760 bytes free
```

7 サウンドの入出力

ここでは基本的なサウンドデータの取り扱い方法について説明する。内容は

1. データ（ファイル）としてのサウンドの入出力
2. リアルタイムのサウンド入力と再生

の2つである。

7.1 基礎知識

この章の内容を理解するに当たり必須となる知識を次に挙げる。

・量子化ビット数

音の最小単位を表現するビット数であり、ある瞬間の音の大きさを何ビットで表現するかを意味する。量子化ビット数が大きいほど取り扱う音の質（音質）が良い。一般的な音楽 CD などでは量子化ビット数は 16（2 バイト）である。

・サンプリング周波数（サンプリングレート）

連続的に変化するアナログの音声をサンプリングによって離散化してデジタル情報として扱うが、1 秒間に音声を何回サンプリングするか（1 秒の音声を何個に分割するか）がサンプリング周波数である。この数値が大きいほど扱う音声の音質が良くなる。一般的な音楽 CD などではサンプリング周波数は 44.1KHz であり、1 秒の音声を 44,100 個に分割している。

・チャンネル数

同時に取り扱う音声の本数がチャンネル数である。日常的に鑑賞するオーディオはアナログ／デジタルの違いに関わらず、左右の音声を別々に扱っており、左右それぞれのスピーカーから再生されることが一般的である。この場合は「左右合計で 2 チャンネルの音声」を扱っていることになる。高級なオーディオセットでは 2 チャンネル以上の音声の取り扱いが可能なものもある。通常の場合ステレオ音声は 2 チャンネル、モノラル音声は 1 チャンネルの扱いを意味する。

7.2 WAV 形式ファイルの入出力：wave モジュール

wave モジュールを使用することで、WAV 形式¹⁴⁶のサウンドデータをファイルから読み込んだり、ファイルに書き出すこと¹⁴⁷ができる。（本書では整数で波形を表現する形の WAV 形式ファイルについて説明する¹⁴⁸）

WAV 形式ファイルの取り扱いも通常のファイルの場合と基本的には同じであり、

1. WAV 形式ファイルをオープンする
2. WAV 形式ファイルから内容を読み込む（あるいは書き込む）
3. WAV 形式ファイルを閉じる

という流れとなる。

wave モジュールを使用するには次のようにしてモジュールを読み込む。

```
import wave
```

7.2.1 WAV 形式ファイルのオープンとクローズ

通常のファイルの取り扱いと同様に、WAV 形式ファイルを開く場合も「読み込み」もしくは「書き込み」のモードを指定する。開く場合には wave のメソッド open を、閉じる場合は close を使用する。

¹⁴⁶Microsoft 社と IBM 社が開発した音声フォーマットである。音声データの圧縮保存にも対応しているが、非圧縮の PCM データを扱うことが多い。本書では非圧縮のものを前提とする。

¹⁴⁷wave モジュールはサウンドデータの解析などに使用するものであり、音声を録音・再生する機能はない。録音や再生には別のライブラリ（後述の PyAudio など）を使用する。

¹⁴⁸32-bit floating-point の WAV 形式ファイルの扱いについては拙書「Python3 ライブラリブック」で解説しています。

《 WAV 形式ファイルのオープンとクローズ 》

書き方： `wave.open(ファイル名, モード)`

WAV 形式ファイルのファイル名を文字列で与え、モードには 'rb' (読み込み) か 'wb' (書き込み) を指定する。open メソッドが正常に終了すると「読み込み」の場合は `Wave_read` オブジェクトが、「書き込み」の場合は `Wave_write` オブジェクトが返され、それらに対して音声データの読み書きを行う。

読み書きの処理を終える際は `close` メソッドを `Wave_read` オブジェクトや `Wave_write` オブジェクトに対して実行する。

書き方： `Wave_read/Wave_write オブジェクト.close()`

7.2.1.1 WAV 形式データの各種属性について

WAV 形式ファイルを開いて生成した `Wave_read` オブジェクトから基本的な属性情報を取り出すには表 32 のようなメソッドを使用する。

表 32: `Wave_read` オブジェクトからの情報の取得

Wave_read wf に対するメソッド	得られる情報
<code>wf.getnchannels()</code>	チャンネル数
<code>wf.getsampwidth()</code>	量子化ビット数をバイト表現にした値
<code>wf.getframerate()</code>	サンプリング周波数 (Hz)
<code>wf.getnframes()</code>	ファイルの総フレーム数

フレームについて

`wave` モジュールで WAV 形式データを読み込む場合、音声再生の単位となる **フレーム** の数を指定する。すなわち「`n` フレームを WAV 形式ファイルから読み込む」という形の扱いとなる。表 32 の中にある **総フレーム数** は当該ファイルを構成する全てのフレームの数である。

7.2.2 WAV 形式ファイルからの読み込み

`Wave_read` オブジェクトからフレームデータを読み込むには `readframes` メソッドを使用する。

《 フレームデータの読み込み 》

書き方： `Wave_read オブジェクト.readframes(フレーム数)`

引数には読み込むフレーム数を指定する。実際のファイルに指定したフレーム数がなければ存在するフレームのみの読み込みとなる。このメソッドの実行により読み込まれた一連のフレームがバイト列として返される。

7.2.3 サンプルプログラム

`Wave_read` オブジェクトから各種の属性情報を取得するプログラム `wave00.py` を次に示す。

プログラム： `wave00.py`

```
1 # coding: utf-8
2
3 # モジュールの読み込み
4 import wave
5
6 # WAV形式ファイルのオープン
7 wf = wave.open('sound01.wav', 'rb')
8 print('チャンネル数:\t\t', wf.getnchannels())
9 print('量子化ビット数:\t\t', 8 * wf.getsampwidth(), '\t(bit)')
10 print('サンプリング周波数:\t', wf.getframerate(), '\t(Hz)')
11 print('ファイルのフレーム数:\t', wf.getnframes())
```

```

12
13 b = wf.readframes(1)
14 print( '1フレームのサイズ:\t',len(b), '\t(bytes)' )
15
16 wf.close()

```

このプログラムを実行した例を次に示す。

```

チャンネル数:          1
量子化ビット数:       16      (bit)
サンプリング周波数:   22050   (Hz)
ファイルのフレーム数: 1817016
1フレームのサイズ:    2       (bytes)

```

7.2.4 量子化ビット数とサンプリング値の関係

WAV 形式では、量子化ビット数として 8 ビット（1 バイト）か 16 ビット（2 バイト）のサンプリングデータを扱う。サンプリングデータを整数値として扱う場合、表 33 のような範囲の値となる。

表 33: サンプリング値を整数表現する場合の値の範囲

量子化	データ型	解説
8 ビット（1 バイト）	符号付き 1 バイト整数	-128～127
16 ビット（2 バイト）	符号付き 2 バイト整数	-32768～32767

音声の波形データを WAV 形式で出力する際は、この範囲の整数値として調整する必要がある。また入力の際は、この範囲の整数値として波形データを取得する。

7.2.5 読み込んだフレームデータの扱い

WAV 形式ファイルから取得したフレームデータは適切な型のデータに変換することで音声データ解析などに使用することができる。数値データ解析のためのライブラリである numpy を用いて音声データを解析用の配列データに変換する例をサンプルプログラム wave01.py に示す。

プログラム：wave01.py

```

1  # coding: utf-8
2
3  # モジュールの読み込み
4  import wave
5  import numpy
6
7  # WAV形式ファイルのオープン
8  wf = wave.open('sound01.wav','rb')
9
10 # 各種属性の取得
11 chanel = wf.getnchannels()
12 qbit = 8*wf.getsampwidth()
13 freq = wf.getframerate()
14 frames = wf.getnframes()
15
16 b = wf.readframes(frames)
17
18 data = numpy.frombuffer(b, dtype='int16')
19 print( 'データタイプ:', type(data))
20 print( 'データ数:', len(data) )
21
22 #####
23 # 音声の波形データが data に格納されています。 #
24 # 波形の振幅は -32768 ～ 32767 です。 #
25 # このデータを numpy をはじめとするパッケージで #
26 # 解析処理することができます。 #
27 #####

```



```
28
29 wf.close()
```

このプログラムの18行目でフレームデータを numpy の ndarray オブジェクトに変換しており、解析が可能となる。ステレオ（2チャンネル）音声の場合は

[左, 右, 左, 右, ...]

の順序で数値が格納されている。フレームデータを展開するには「4.9 バイナリデータの作成と展開：struct モジュール」（p.204）で説明した方法もある。

※ numpy ライブラリについての解説は他の情報源に譲る¹⁴⁹。

先のプログラム wave01.py を少し拡張した、WAV 形式データの波形をプロットするプログラム wave01-2.py を次に示す。

プログラム：wave01-2.py

```
1  # coding: utf-8
2
3  # モジュールの読み込み
4  import wave
5  import numpy
6  import matplotlib.pyplot as plt
7
8  # WAV形式ファイルのオープン
9  wf = wave.open('aaa.wav', 'rb')
10
11 # 各種属性の取得
12 chanel = wf.getnchannels()
13 qbit = 8*wf.getsampwidth()
14 freq = wf.getframerate()
15 frames = wf.getnframes()
16
17 # データをnumpyの配列に変換
18 b = wf.readframes(frames)
19 d = numpy.frombuffer(b, dtype='int16')
20 d_left = d[0::2]      # 左音声
21 d_right = d[1::2]     # 右音声
22 t = [i/freq for i in range(len(d_left))]    # 時間軸の生成
23
24 # WAV形式ファイルのクローズ
25 wf.close()
26
27 # matplotlibによるプロット
28 (fig, ax) = plt.subplots(2, 1, figsize=(10,5))
29 plt.subplots_adjust(hspace=0.6)
30
31 ax[0].plot(t, d_left, linewidth=1)
32 ax[0].set_title('left')
33 ax[0].set_ylabel('level')
34 ax[0].set_xlabel('t (sec)')
35 ax[0].grid(True)
36
37 ax[1].plot(t, d_right, linewidth=1)
38 ax[1].set_title('right')
39 ax[1].set_ylabel('level')
40 ax[1].set_xlabel('t (sec)')
41 ax[1].grid(True)
42
43 plt.show()
```

解説

19行目でWAV形式のデータを numpy の配列データに変換し、更に20-21行名で左右のデータとして分離し、最終的に matplotlib ライブラリによって可視化している。このプログラムを実行して表示されたグラフの例を図37に

¹⁴⁹拙書「Python3 ライブラリブック」で解説しています。

示す。

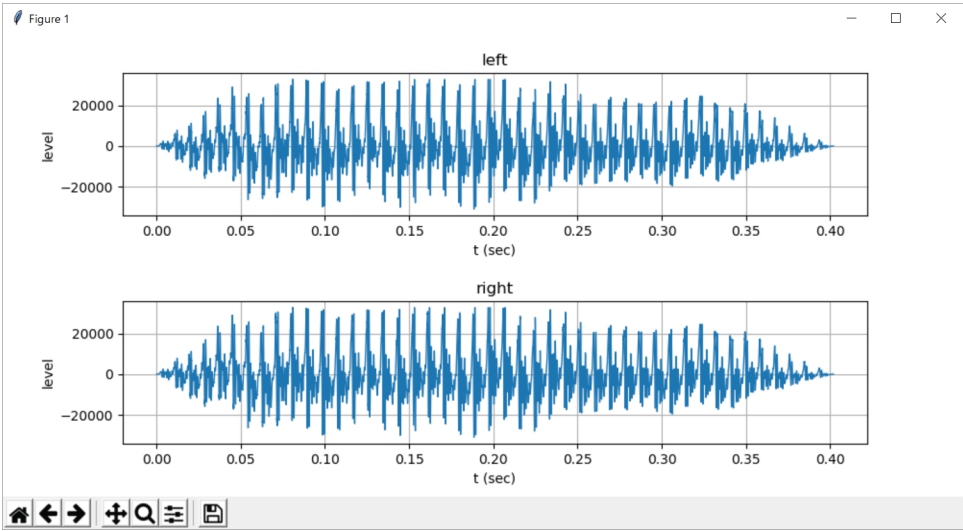


図 37: WAV 形式データのプロット

※ matplotlib ライブラリについての解説は他の情報源¹⁵⁰に譲る。

7.2.6 WAV 形式データを出力する例 (1)：リストから WAV ファイルへ

WAV 形式データを出力するには Wave_write オブジェクトに対して各種の属性情報を設定（表 34 参照）し、バイナリデータとして作成した波形データを出力する。

表 34: Wave_write オブジェクトへの属性情報の設定

Wave_write wf に対するメソッド	設定する属性情報
wf.setnchannels(n)	n=チャンネル数
wf.setsampwidth(n)	n=量子化ビット数をバイト表現にした値
wf.setframerate(f)	f=サンプリング周波数 (Hz)

1KHz の正弦波形のデータをリストの形式で生成して、それを WAV 形式データとしてファイルに保存するプログラム wave02.py を次に示す。

プログラム：wave02.py

```
1 # coding: utf-8
2 # モジュールの読み込み
3 import wave
4 import struct
5 from math import sin
6
7 #####
8 # 1KHzの正弦波サウンドを44.1KHzでサンプリング #
9 # する際のsin関数の定義域の刻み幅 #
10 #####
11 dt = (3.14159265359*2)*1000 / 44100
12
13 #####
14 # 10秒間の正弦波データを生成 #
15 #####
16 t = 0.0
17 dlist = []
18 for x in range(441000): # 10秒間のデータ
19     y = int(32767.0 * sin(t))
20     dlist.append(y)
```

¹⁵⁰拙書「Python3 ライブラリブック」で解説しています。

```

21     t += dt
22
23 # 数値のリストをバイナリデータに変換
24 data = struct.pack('h'*len(dlist), *dlist)
25 print('データサイズ:', len(data), 'バイト')
26
27 #####
28 #     WAV形式で保存                                     #
29 #####
30
31 # WAV形式ファイルの作成（オープン）
32 wf = wave.open('out01.wav', 'wb')
33
34 # 各種属性の設定
35 wf.setnchannels(1)      # チャンネル数=1
36 wf.setsampwidth(2)     # 量子化ビット数=2バイト（16ビット）
37 wf.setframerate(44100) # サンプル周波数=44.1KHz
38
39 # ファイルへ出力
40 wf.writeframesraw(data)
41
42 wf.close()

```

解説

11～21 行目の部分で正弦波形のデータをリスト `dlist` として作成している。それを 24 行目でバイナリデータ `data` に変換している。変換には `struct` モジュールを使用している。この部分に関しては、「4.9 バイナリデータの作成と展開： `struct` モジュール」(p.204)、「2.7.1.3 関数呼び出し時の引数に「*」を記述する方法」(p.106)を参照のこと。

32 行目で WAV 形式ファイル `'out01.wav'` を作成して、35～37 行目の部分で WAV 形式として必要な各種の属性情報を設定している。実際の出力は 40 行目で行っており、バイト列をそのまま WAV 形式データとして出力するためのメソッド `writeframesraw` を使用している。WAV 形式データの出力にはこの他にも `writeframes` メソッドもある。`writeframesraw` と `writeframes` の違いは、出力するフレーム数の設定に関することであるが、詳しくは公式サイトのドキュメントを参照のこと。

WAV 形式の属性情報の設定には `setparams` メソッドを使用することもでき、35～37 行目の部分を次のように短く記述することもできる。

```
wf.setparams((1,2,44100,len(dlist),'NONE','not compressed'))
```

引数に与えるタプルは次のような 6 つの要素を持つ。

- | | | | |
|---------|------------|---------|--------------------|
| 1 番目の要素 | - チャンネル数, | 2 番目の要素 | - 量子化ビット数のバイト値, |
| 3 番目の要素 | - サンプル周波数, | 4 番目の要素 | - 出力フレームの個数, |
| 5 番目の要素 | - 'NONE', | 6 番目の要素 | - 'not compressed' |

7.2.7 WAV 形式データを出力する例 (2)：NumPy の配列から WAV ファイルへ

音声データの解析や合成には、数値演算のためのライブラリである NumPy を使用することが多い¹⁵¹。ここでは、NumPy の配列として作成した波形データを WAV ファイルに出力する方法について、例を挙げて説明する。

まず、サンプルのプログラム `wave02-2.py` を示す。

プログラム：wave02-2.py

```

1  # coding:utf-8
2  import wave
3  import numpy      # NumPyライブラリ
4  #####
5  # 周波数1KHzの正弦波をサンプル周波数44.1KHzで10秒の長さで作成する  #
6  #####
7  r = 44100          # サンプル周波数 (Hz)
8  f = 1000          # サウンドの周波数 (Hz)

```

¹⁵¹NumPy については拙書「Python3 ライブラリブック」で解説しています。

```

9 | T = 10                                # サウンドの長さ（秒）
10 | # 刻み幅（秒）
11 | dt = 1 / r
12 | # 波形の作成（NumPyの配列）
13 | x = numpy.arange(0,T,dt)            # 時間軸
14 | w = 2.0 * numpy.pi * f             #  $\omega$ 
15 | y = 32767.0 * numpy.sin(w*x)        # 波形データ（振幅を-32767～32767に調整）
16 | # 要素を2バイト整数に変換して波形データを保存用のバッファにする
17 | b = y.astype(numpy.int16).tobytes()
18 | #####
19 | # WAVファイルとして保存する                                     #
20 | #####
21 | wf = wave.open('out01-2.wav','wb')   # ファイルを出力用に開く
22 | wf.setnchannels(1)                  # チャンネル数=1（モノラル）
23 | wf.setsampwidth(2)                  # 量子化ビット数=2バイト=16ビット
24 | wf.setframerate(r)                  # サンプリング周波数=44.1KHz
25 | wf.writeframesraw(b)                 # ファイルに書き出し
26 | wf.close()                          # ファイルを閉じる

```

解説

このプログラムは、正弦波の波形（1KHz, 10 秒間）を WAV ファイル ‘out01-2.wav’ に出力するものである。7～15 行目で波形データが NumPy の配列（ndarray）データとして y に得られている。更に 17 行目で配列 y をバイト列（bytes 型）のデータに変換して変数 b に与えている。（NumPy の astype, tobytes メソッドを使用）

WAV ファイルへの出力（21～26 行目）は、先に解説した ‘wave02.py’ と同様の方法を用いる。また、WAV 形式の属性情報の設定には setparams メソッドを使用することもでき、22～24 行目の部分を次のように短く記述することもできる。

```
wf.setparams( (1,2,r,len(y),'NONE','not compressed') )
```

7.2.8 サウンドのデータサイズに関する注意点

本書では解説を簡単にするために、WAV 形式ファイルの入出力を 1 度で行っている。すなわち、音声ファイルの全フレームを一度に読み込んだり、全フレームを一度でファイルに書き込むという形を取った。実用的なオーディオアプリケーションでは扱う音声データが大きい（数十 MB～数百 MB）場合が多く、全フレームを一度に読み書きするのはシステムの記憶資源の関係上、現実的でないことが多い。実際には使用するシステム資源から判断して「現実的な入出力の単位」のサイズを定めて、そのサイズの入出力を繰り返すという形でサウンドデータを取り扱うことが望ましい。これに関する具体的な方法については、「7.3.2 WAV 形式サウンドファイルの再生」、「7.3.3 音声入力デバイスからの入力」の所で実装例を挙げて示す。

7.3 サウンドの入力と再生：PyAudio ライブラリ

PyAudio ライブラリを利用することで、リアルタイムの音声入出力ができる。先に説明した wave モジュールは WAV 形式の音声ファイルを取り扱うための基本的な機能を提供するものであり、これと PyAudio を併せて利用することでサウンドの入出力とファイル I/O が実現できるので、実用的なサウンドの処理が可能となる。

PyAudio は PortAudio ライブラリの Python バインディングである。PortAudio はクロスプラットフォーム用のオープンソースのサウンドライブラリであり、開発と保守は PortAudio community によって支えられている。PyAudio の利用に際しては、予め PortAudio をインストールしておく必要¹⁵²がある。PortAudio に関する情報はインターネットサイト <http://www.portaudio.com/> を参照のこと。

PSF 版 Python では PyAudio ライブラリは PIP で導入 (p.280 「A.4 PIP によるライブラリ管理」を参照) することができる。Anaconda の場合は Anaconda Navigator でパッケージ管理を行う。また、PyAudio に関して本書で解説していない情報については PyAudio のドキュメントサイト <https://people.csail.mit.edu/hubert/pyaudio/docs/> を参照のこと。

PyAudio を使用するには、次のようにしてライブラリを読み込んでおく。

```
import pyaudio
```

7.3.1 ストリームを介したサウンド入出力

PyAudio では、サウンドの入力源や再生のための出力先をストリームとして扱う。すなわち、サウンドの入力はストリームからデータを取得する形で行い、サウンドの再生はストリームにデータを書き込む形で行う。

【PyAudio オブジェクト】

PyAudio を用いたサウンド入出力は **PyAudio オブジェクト** を基本とする。PyAudio の使用に際しては予め PyAudio オブジェクトを生成しておく。

《 PyAudio オブジェクトの生成 》

書き方： `pyaudio.PyAudio()`

この結果 PyAudio オブジェクトが生成される。

実行例： `p = pyaudio.PyAudio()`

実行結果として PyAudio オブジェクト `p` が得られる。

PyAudio オブジェクトに対して `open` メソッドを使用することでストリームが得られる。`open` メソッドの引数にサウンドの取り扱いに関する属性情報などを与える。

《 ストリームの生成 》

書き方： `PyAudio オブジェクト.open(channels=チャンネル数, rate=サンプリング周波数, format=量子化に関する情報, input=入力機能を使用するか, output=出力機能を使用するか)`

これを実行した結果ストリームが得られる。キーワード引数 `input`, `output` には真理値を指定する。`input`, `output` に同時に `True` を設定することができ、その場合は「入出力両用」のストリームが得られる。

キーワード引数 `format`

キーワード引数 `format` には次のようにして生成した値を指定する。

`PyAudio オブジェクト.get_format_from_width(バイト数)`

バイト数には量子化ビット数をバイト単位で表現した整数値を指定する。

¹⁵²Windows の版によってはこの処理が必要ない場合がある。macOS の場合は `brew` などの管理ツールで PortAudio をインストールしておく。

ストリームの使用を終える場合は、ストリームのオブジェクトに対して `stop_stream` メソッドを実行し、更に `close` メソッドを実行する。また PyAudio の使用を終える場合は、PyAudio オブジェクトに対して `terminate` メソッドを実行する。

7.3.2 WAV 形式サウンドファイルの再生

WAV 形式ファイルから読み込んだフレームデータをシステムのサウンド出力で再生する方法についてプログラム例を挙げて説明する。まずは**ブロッキングモード**と呼ばれる素朴な形での再生（プログラム `pyaudio01.py`）について説明する。

プログラム：pyaudio01.py

```
1  # coding: utf-8
2  # モジュールの読み込み
3  import wave
4  import pyaudio
5
6  #####
7  # WAV形式サウンドファイルの読み込み #
8  #####
9  # ファイルのオープン
10 wf = wave.open('sound01.wav', 'rb')
11 # 属性情報の取得
12 ch = wf.getnchannels()      # チャンネル数
13 qb = wf.getsampwidth()     # 量子化ビット数 (バイト数)
14 fq = wf.getframerate()     # サンプリング周波数
15 frames = wf.getnframes()   # ファイルの総フレーム数
16 # 内容の読み込み
17 buf = wf.readframes(frames)
18 # ファイルのクローズ
19 wf.close()
20
21 #####
22 # PyAudioによる再生 #
23 #####
24 # PyAudioオブジェクトの生成
25 p = pyaudio.PyAudio()
26 # ストリームの生成
27 stm = p.open( format=p.get_format_from_width(qb),
28               channels=ch, rate=fq, output=True )
29 # ストリームへのサウンドデータの出力
30 stm.write(buf)
31 # ストリームの終了処理
32 stm.stop_stream()
33 stm.close()
34 # PyAudioオブジェクトの廃棄
35 p.terminate()
```

解説

10～19 行目で WAV 形式サウンドデータを取得して、バイトデータ `buf` として保持している。生成したストリーム `stm` に対して `write` メソッドを使用（30 行目）して `buf` の内容を書き込んでいる。

`pyaudio01.py`（ブロッキングモードの再生）では、サウンドの再生がメインプログラムのスレッドで実行されるので、サウンドの再生が終了するまで `write` メソッド部分でプログラムの流れがブロックされる。（待たされる）
実用的なアプリケーションでは、サウンド再生はメインプログラムとは別のスレッドで実行されるべきであり、サウンド再生中もメインプログラムの流れはブロックされるべきではない。次にサウンド再生を別のスレッドで実行する方法について説明する。

【コールバックモードによる再生の考え方】

ストリームへのサウンド出力処理には**コールバックモード**と呼ばれる形態がある。これは、WAV 形式ファイルからの音声フレームの入力と、それをストリームに出力するサイクルを**コールバック関数**という形で定義しておき、PyAudio がこの関数を別スレッドで実行するものである。コールバック関数の呼び出しは、WAV 形式ファイルから読み込むべ

きフレームが無くなるまで自動的に繰り返される。

コールバック関数は次のような形で定義する。

《 コールバック関数の定義 》

書き方： `def 関数名 (入力データ, フレーム数, 時間に関する情報, フラグ) :`

(WAV 形式ファイルから「フレーム数」だけ読み込む処理)

`return(読み込んだバイトデータ, pyaudio.paContinue)`

このように定義した関数を PyAudio が自動的に繰り返し呼び出す。「入力データ」にはストリームからサウンドを入力する際に取得したバイトデータが与えられる。(再生処理の場合はこの仮引数は無視する)

「フレーム数」は一度に読み取るべきフレームの数であり、コールバック関数を呼び出す際に PyAudio がこの引数に適切な値を与える。「時間に関する情報」「フラグ」に関しては説明を省略する。(詳しくは PyAudio のドキュメントサイトを参照のこと)

この関数は、WAV 形式ファイルから `readframes` メソッドを使用して読み込んだデータと、`pyaudio.paContinue` という値をタプルにして返す (`return` する) ものとして定義する。`pyaudio.paContinue` に関する説明は省略する。(詳しくは PyAudio のドキュメントサイトを参照のこと)

定義したコールバック関数は、ストリームを生成する段階で、`open` メソッドにキーワード引数

`stream_callback=関数名`

として与えることでストリームに登録する。ストリームに対して `start_stream` メソッドを使用することでサウンドの再生が開始する。

コールバック関数の呼び出しによる方法でサウンドを再生するプログラム `pyaudio02.py` を次に示す。

プログラム：`pyaudio02.py`

```
1  # coding: utf-8
2  # モジュールの読み込み
3  import wave
4  import pyaudio
5
6  #####
7  # WAV形式サウンドファイルの読み込み #
8  #####
9  # ファイルのオープン
10 wf = wave.open('sound01.wav', 'rb')
11 # 属性情報の取得
12 ch = wf.getnchannels()      # チャンネル数
13 qb = wf.getsampwidth()     # 量子化ビット数 (バイト数)
14 fq = wf.getframerate()     # サンプリング周波数
15
16 #####
17 # PyAudioによる再生 #
18 #####
19
20 #---- 再生用コールバック関数 (ここから) -----
21 def sndplay(in_data, frame_count, time_info, status):
22     buf = wf.readframes(frame_count)
23     return( buf, pyaudio.paContinue )
24 #---- 再生用コールバック関数 (ここまで) -----
25
26 # PyAudioオブジェクトの生成
27 p = pyaudio.PyAudio()
28 # ストリームの生成
29 stm = p.open( format=p.get_format_from_width(qb),
30               channels=ch, rate=fq, output=True,
31               stream_callback=sndplay )
32
33 # コールバック関数による再生を開始
```



```

34 | stm.start_stream()
35 |
36 | # 待ちループ：「exit」と入力すれば終了処理に進む
37 | while stm.is_active():
38 |     cmd = input('終了->exit: ')
39 |     if cmd == 'exit':
40 |         print('終了します...')
41 |         break
42 |
43 | # ストリームの終了処理
44 | stm.stop_stream()
45 | stm.close()
46 | # PyAudioオブジェクトの廃棄
47 | p.terminate()
48 |
49 | # WAVファイルのクローズ
50 | wf.close()

```

解説

21～23 行目がコールバック関数 `sndplay` の定義である。この関数は、入力元の WAV 形式データファイルに対応する `Wave_read` オブジェクト（プログラム中の `wf`）に `readframes` メソッドを実行して、音声データを取り出すものである。31 行目ではこの関数をストリームに登録している。34 行目でサウンド再生のコールバック処理が開始し、メインプログラムは更に下の行の実行に移る。

37～41 行目はコマンド待ちのループであり、標準入力に対して `exit` と入力することで、44 行目以降の終了処理に進む。

7.3.2.1 サウンド再生の終了の検出

コールバックモードによるサウンドの再生において、`Wave_read` オブジェクトからの読み込みが終了（ファイル末尾に到達）したことを検出するには、ストリームに対して `is_active` を実行する。この結果、読み込みが終了していれば `False` を、終了していなければ `True` を返す。これは、サウンド再生の終了の検出のための基本的な方法となる。プログラム `pyaudio02.py` の 37 行目でもこれを応用してサウンド再生の終了を検知している。

読み込みが一度終了した `Wave_read` オブジェクトに対して `rewind` メソッドを実行すると、サウンドの再生位置をファイルの先頭に戻すことができる。これを応用すると、サウンドの繰り返し再生が可能となる。具体的には再生が終了したストリームに対して `stop_stream` メソッドを実行し、再生対象の `Wave_read` オブジェクトに対して `rewind` を実行した後に再度ストリームに対して `start_stream` メソッドを実行する流れとなる。

7.3.3 音声入力デバイスからの入力

ここでは、システムに接続されたマイクやライン入力などの音声入力デバイスからリアルタイムにサウンドを入力する方法¹⁵³について説明する。

サウンドの入力に関しても、`PyAudio` オブジェクトから生成したストリームオブジェクトを介して処理をする。ストリームの生成に関してもサウンド再生の場合とよく似ており、異なるのは `open` メソッドの引数に

```
input=True
```

というキーワード引数を与えることと、1 度の入力で受け取るフレーム数を指定する

```
frames_per_buffer=フレーム数
```

というキーワード引数を与える点である。ストリームオブジェクトからサウンドを入力するには `read` メソッドを使用する。

《 サウンドの入力 》

書き方： ストリームオブジェクト.`read`(フレーム数)

これを実行することで、引数に与えたフレーム数のサウンドを入力してバイナリデータとして返す。

¹⁵³入力デバイスの用意ができていることが前提となる。この準備がなければ作成したプログラムは正しく動作しない。(エラーとなる)

素朴なブロッキングモードによってサウンドを入力するプログラム pyaudio03.py を次に示す。

プログラム：pyaudio03.py

```
1  # coding: utf-8
2  # モジュールの読み込み
3  import wave
4  import pyaudio
5
6  #####
7  # PyAudioによる音声入力 #
8  #####
9  # PyAudioオブジェクトの生成
10 p = pyaudio.PyAudio()
11 # ストリームの生成
12 stm = p.open( format=pyaudio.paInt16,
13               channels=2, rate=44100,
14               frames_per_buffer=1024, input=True )
15
16 #-----
17 # ストリームからサウンドを取り込む回数の算定
18 # ・1回の読み込みで1024フレームの入力
19 # ・毎秒44100回のサンプリング
20 # ・5秒間のサウンド採取
21 # ということはデータの読み込み回数は次の通り
22 n = int( 44100 / 1024 * 5 )
23
24 # 5秒間の入力データをリストに蓄積
25 print('Recording started!')
26 dlist = [] # データリストの初期化
27 for i in range(n):
28     buf = stm.read(1024)
29     dlist.append(buf)
30 print('finished.')
31 # リストの要素を連結してバイナリデータ変換
32 data = b''
33 for i in range(n):
34     data += dlist[i]
35 print('data size: ',len(data))
36
37 # ストリームの終了処理
38 stm.stop_stream()
39 stm.close()
40 # PyAudioオブジェクトの廃棄
41 p.terminate()
42
43 #####
44 # WAV形式サウンドファイルへの書き込み #
45 #####
46 # ファイルのオープン
47 wf = wave.open('out02.wav', 'wb')
48 # 属性情報の取得
49 wf.setnchannels(2) # チャンネル数
50 wf.setsampwidth(2) # 量子化ビット数 (バイト数)
51 wf.setframerate(44100) # サンプリング周波数
52
53 # 内容の書き込み
54 wf.writeframes(data)
55 # ファイルのクローズ
56 wf.close()
```

解説

これは5秒間のサウンド入力を受け付け、それをWAV形式ファイルとして保存するものである。26～29行目の部分で入力したサウンドデータ（バイト列）を要素とするリスト dlist を作成し、32～34行目の部分でそのリストの要素を全て連結したバイトデータ data を作成している。

47行目以降の部分では、バイトデータ data をWAV形式ファイルとして保存している。

次にサウンド入力を別のスレッドで実行する方法について説明する。

コールバックモードでサウンドを入力すると、入力処理が別のスレッドで実行されるので、メインルーチンの処理の流れがブロックされない。コールバックモードのサウンド入力を行うプログラム `pyaudio04.py` を次に示す。

プログラム：pyaudio04.py

```
1  # coding: utf-8
2  # モジュールの読み込み
3  import wave
4  import pyaudio
5
6  #####
7  # 書き込み用WAV形式サウンドファイルの準備      #
8  #####
9  # ファイルのオープン
10 wf = wave.open('out03.wav', 'wb')
11 # 属性情報の取得
12 wf.setnchannels(2)      # チャンネル数
13 wf.setsampwidth(2)      # 量子化ビット数 (バイト数)
14 wf.setframerate(44100)  # サンプリング周波数
15
16 #####
17 # PyAudioによる音声入力                        #
18 #####
19 #---- 入力用コールバック関数 (ここから) -----
20 def sndrec(in_data, frame_count, time_info, status):
21     wf.writeframes(in_data)
22     return( None, pyaudio.paContinue )
23 #---- 入力用コールバック関数 (ここまで) -----
24
25 # PyAudioオブジェクトの生成
26 p = pyaudio.PyAudio()
27 # ストリームの生成
28 stm = p.open( format=pyaudio.paInt16, channels=2,
29               rate=44100, frames_per_buffer=1024,
30               input=True, stream_callback=sndrec )
31
32 # コールバック関数による入力を開始
33 stm.start_stream()
34
35 # 待ちループ：「exit」と入力すれば終了処理に進む
36 while stm.is_active():
37     cmd = input('終了->exit: ')
38     if cmd == 'exit':
39         print('終了します...')
40         break
41
42 # ストリームの終了処理
43 stm.stop_stream()
44 stm.close()
45 # PyAudioオブジェクトの廃棄
46 p.terminate()
47
48 # WAV形式ファイルのクローズ
49 wf.close()
```

解説

コールバック関数の基本的な書き方は先に説明した通りであるが、このプログラムでは関数 (`sndrec`) 内の処理がWAV形式ファイルへの出力となっている。また `return` するタプルの最初の要素も今回は意味を持たないので `None` としている。

このプログラムではサウンド入力と同時にWAV形式ファイルに保存しているが、フレームデータを累積するような処理にするなど、さまざまな応用が可能である。

付録

A Pythonに関する情報

A.1 Pythonのインターネットサイト

- 英語サイト：<https://www.python.org/>
- 日本語サイト：<https://www.python.jp/>
- Anaconda 公式サイト：<https://www.anaconda.com/>
- Anaconda 日本語情報：https://www.python.jp/install/windows/anaconda/install_anaconda.html

A.2 Pythonのインストール作業の例

Python3 のインストール方法の例を挙げる。

A.2.1 PSF 版インストールパッケージによる方法

PSF 版インストールパッケージは、Python の公式団体（PSF）が配布する「純正の Python」とも呼べるディストリビューションである。PSF 版と後述の Anaconda では Python 環境の管理方法が異なるため、同一の計算機環境で両者を混在させる場合は注意を要する。¹⁵⁴

【Windows にインストールする作業の例】

先に挙げた Python のインターネットサイトから Python のインストールプログラム（インストーラ：図 38）を手する。



図 38: Windows 用インストーラ（64 ビット用）

インストーラのアイコンをダブルクリックしてインストールを実行する。図 39 は「Customize installation」を選んで詳細の設定を選択し、インストール対象のユーザは「all users」とした例である。各種ライブラリを導入、保守するためのツールである「pip」のインストールを指定している。

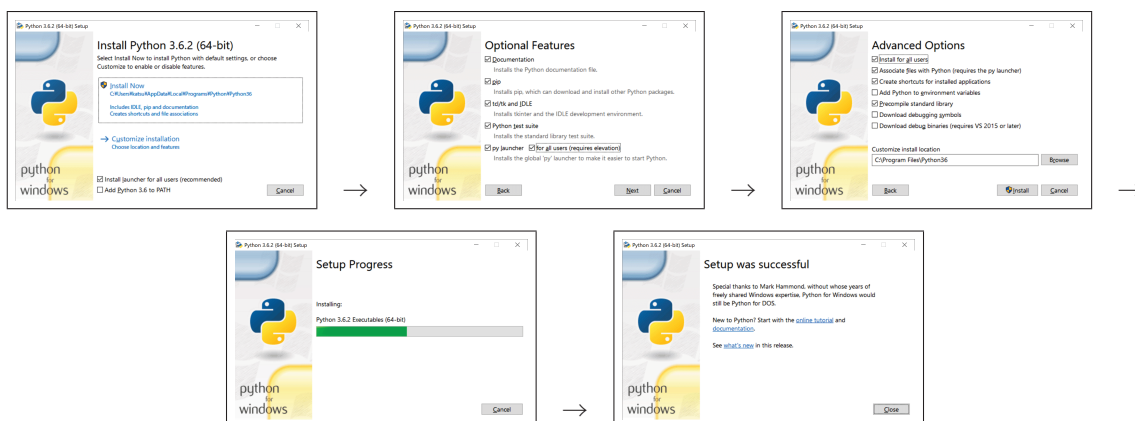


図 39: インストール処理の例（Windows）

¹⁵⁴複数の異なる版の Python を同一計算機環境で扱うための仮想環境を構築するなどして安全に運用することも可能である。これに関しては本書では扱わない。

【Mac にインストールする作業の例】

Apple 社の macOS には基本的に Python2.7 がインストールされているが、Python3 を使用するには、先に挙げた Python のインターネットサイトから Python3 のインストーラ（図 40）を入手してインストールする。



python-3.6.2-macosx10.6.pkg

図 40: Mac 用インストーラ

インストーラのアイコンをダブルクリックしてインストールを実行する。作業の流れの例を図 41 に示す。

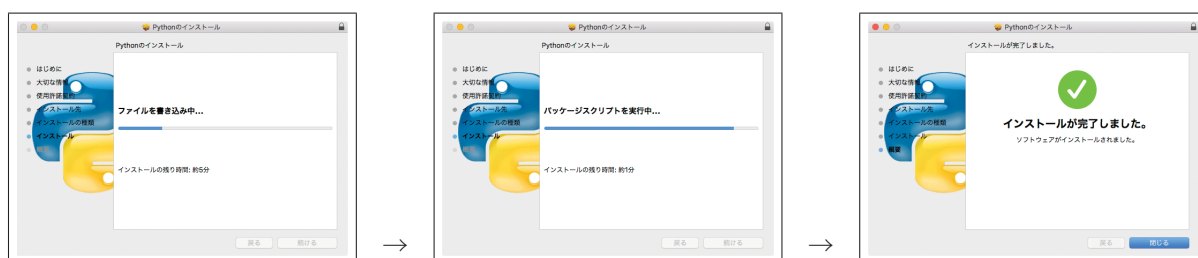


図 41: インストール処理の例（Mac）

A.2.2 Anaconda による方法

Anaconda はデータ処理の分野で Python を利用する際によく用いられるディストリビューションであり、多くのライブラリが予め同梱されている。Python 環境全体の運用も比較的に簡単であり、このディストリビューションの評価が高まってきている。

Anaconda は前述の PSF 版とパッケージの管理方法が異なるため、同一の計算機環境で両者を混在させる場合は注意を要する。（混在は推奨されない）

Anaconda のインストーラ（図 42）は前述の公式サイトから入手することができる。



図 42: Anaconda インストーラ

Anaconda は現在も活発に版が更新されており、インストール手順などについても公式サイトを参照されたい。

A.3 Python 起動のしくみ

A.3.1 PSF 版 Python の起動

PSF 版の Python 処理系は通常、**Python ランチャー**（Python Launcher）を介して起動される。標準的なインストールを行うと、Windows 環境では Python 本体は C:\Program Files\Python36\python.exe（Python3.6 の場合）としてインストールされる。もちろん、このパスを直接指定して Python 処理系を起動することもできるが、通常、Windows 環境では py コマンドを用いて起動する。この py コマンドが Windows 環境における **Python ランチャー** であり、このコマンドを用いることにより、複数の異なるバージョンの Python の起動を制御することができる。例

例えば 3.6 と 3.7 という 2 つの異なるバージョンの Python を 1 つの環境にインストールすることができ、次のようにして起動するバージョンを選択することができる。

```
py -3.6      :   Python3.6 を起動
py -3.7      :   Python3.7 を起動
```

Apple 社の macOS にも当該 OS 用の Python ランチャーがインストールされ、デスクトップからスクリプトのファイルのアイコンをダブルクリックすることで処理を開始することができる。

Mac のコマンドでは、下記のように起動するバージョンを選択することができる。

```
python3.6    :   Python3.6 を起動
python3.7    :   Python3.7 を起動
```

Windows 環境の Python ランチャーでは、-0 (ゼロ) オプションを指定することで、インストールされている Python のバージョンを確認することができる。(次の例参照)

例. インストールされている Python のバージョンの確認 (Windows 環境)

```
C:\Users\katsu>py -0 [Enter]    ←ゼロオプションによるバージョンの確認
```

Installed Python found by py Launcher for Windows

```
-3.7-64 *      ←このバージョンがデフォルトで起動する
-3.6-64
-2.7-64
```

この例では、3.7、3.6、2.7 (それぞれ 64 ビット版) がインストールされていることを示している。

A.3.2 Anaconda Navigator の起動

Anaconda では Anaconda Navigator (図 43) というインターフェースを用いて Python と関連ツールを利用する。

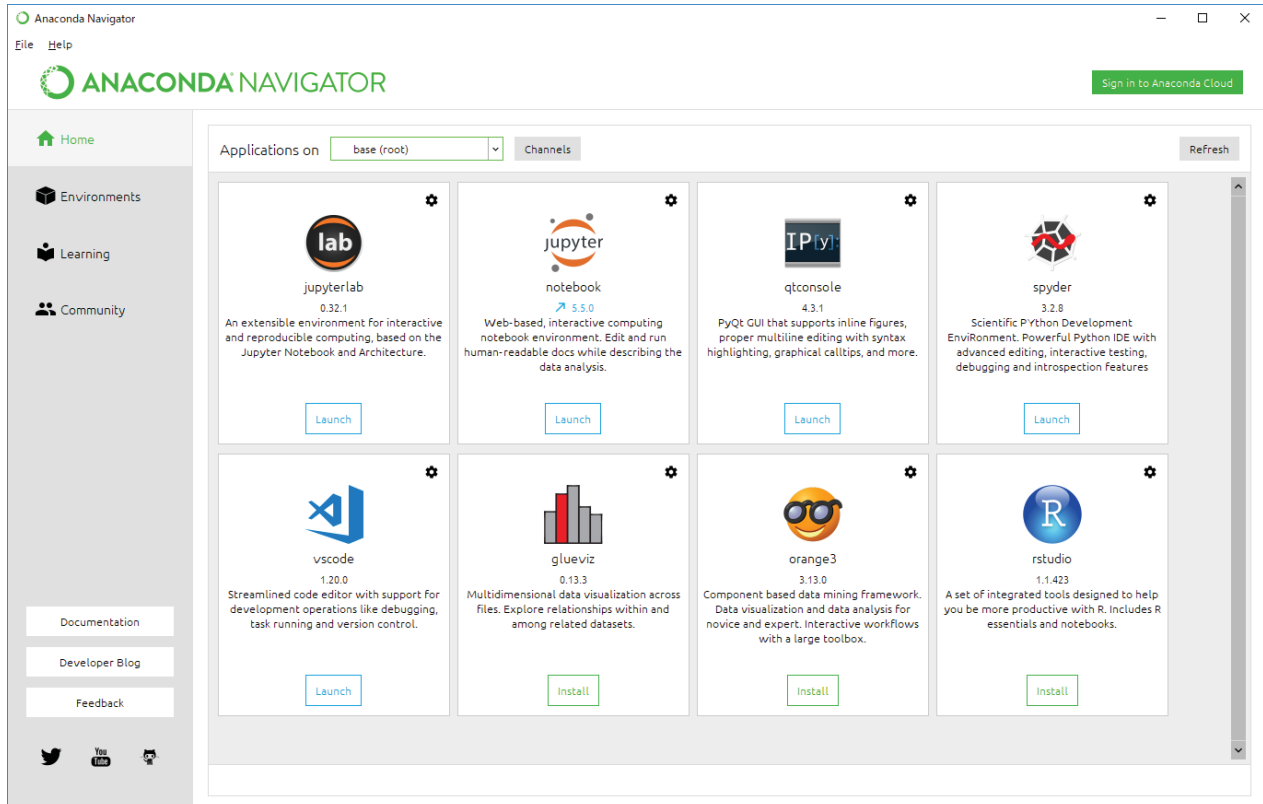


図 43: Anaconda Navigator

ENVIRONMENTS のタブ (図 44) で Anaconda のパッケージ管理ができる。

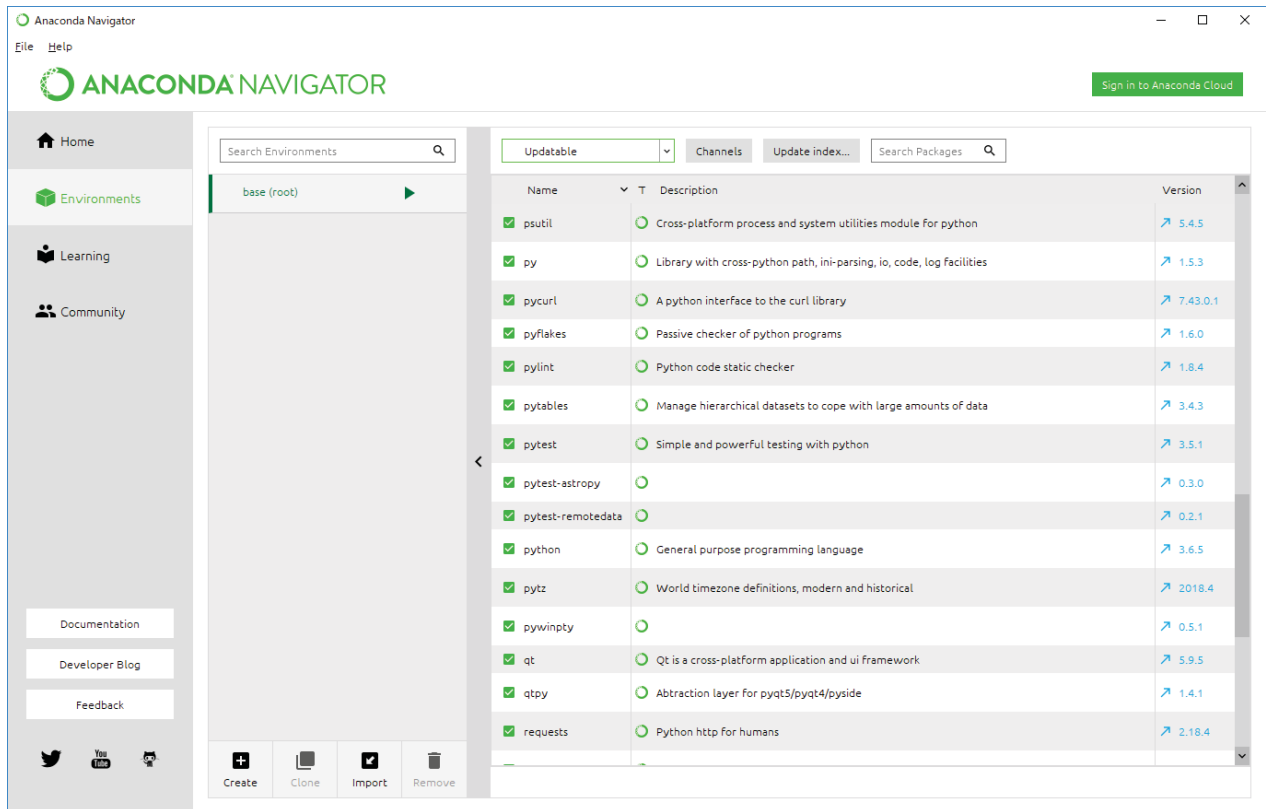


図 44: Anaconda Navigator でのパッケージ管理

A.3.3 Anaconda Prompt の起動

Anaconda の環境下でコマンド操作を行うには **Anaconda Prompt** を起動する。Windows 環境では Anaconda に関するツールをスタートメニュー（図 45）から起動する。

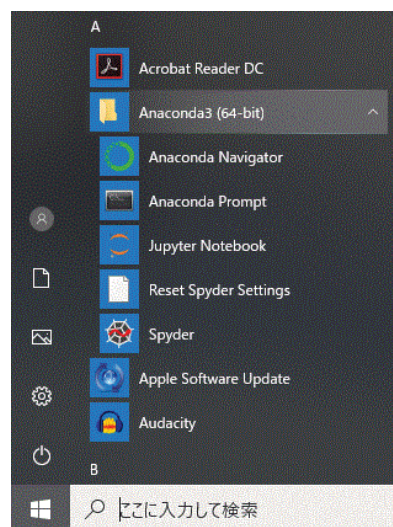


図 45: Windows のスタートメニューから使用する Anaconda

Anaconda 環境下でコマンドウィンドウを起動するには、図 45 中の「Anaconda Prompt」を選択する。

本書で例示する Python の対話モードと同様の操作を行うには、Anaconda Prompt から Python を起動するのが良い。（次の例参照）



図 46: Anaconda Prompt を起動したところ

例. Anaconda Prompt から Python を起動

```
(base) C:\Users\katsu> python  ← Python インタプリタの起動
Python 3.6.5 |Anaconda, Inc.| (default, Mar 29 2018, 13:32:41) [MSC v.1900 64 bit (AMD64)] on win32
Type "help", "copyright", "credits" or "license" for more information.
>>> ←対話モードのプロンプト
```

これは python コマンドでインタプリタを起動している例である。

A.3.3.1 conda コマンドによる Python 環境の管理

Anaconda Prompt で conda コマンドによる Python 環境の管理ができる。(表 35 参照)

表 35: conda コマンドによる Python 環境の管理 (代表的な例)

コマンド	解説
conda update conda	Anaconda 環境のアップデート
conda update --all	Anaconda 環境下のソフトウェアのアップデート
conda update ライブラリ名	指定したライブラリのアップデート
conda list	インストールされているライブラリを一覧表示
conda search ライブラリ名	ライブラリをリポジトリ内で検索 ライブラリ名を省略すると入手可能なものの一覧が得られる。
conda install ライブラリ名	ライブラリのインストール
conda uninstall ライブラリ名	ライブラリのアンインストール

詳しくは Anaconda の公式情報サイトを参照のこと。

A.4 PIP によるライブラリ管理

PSF 版 Python では PIP を用いて各種のライブラリの導入と更新といった管理作業ができる。

▲注意▲ Anaconda の環境では PIP の使用は慎重にすること。 PSF 版 Python と Anaconda ではパッケージ管理の方法が異なる。

PIP は OS のコマンドシェル (Windows の場合はコマンドプロンプト) で pip コマンドを発行¹⁵⁵ することで実行する。 pip コマンド実行時の引数やオプションの代表的なものを表 36 に挙げる。

表 36: pip コマンド起動時の引数とオプション (一部)

実行方法	動作
pip list	現在インストールされているライブラリの一覧を表示する。
pip list --o	上記の内、より新しい版が入手可能なものを表示する。
pip search キーワード	「キーワード」を含む名前のライブラリで入手可能なものの一覧を表示する。
pip install ライブラリ名	指定したライブラリを新規にインストールする。
pip install -U ライブラリ名	指定したライブラリを更新する。
pip uninstall ライブラリ名	指定したライブラリを削除する。

¹⁵⁵Apple 社の OS X, macOS では pip3 コマンドで PIP を起動する。

例. requests ライブラリをインストールする作業

```
C:\Users\katsu> pip install requests [Enter] ←インストールの開始
Collecting requests
  Downloading requests-2.18.2-py2.py3-none-any.whl (88kB)
    100% |*****| 92kB 631kB/s
Collecting idna<2.6,>=2.5 (from requests)
  Using cached idna-2.5-py2.py3-none-any.whl
Collecting certifi>=2017.4.17 (from requests)
  Downloading certifi-2017.7.27.1-py2.py3-none-any.whl (349kB)
    100% |*****| 358kB 1.8MB/s
Collecting chardet<3.1.0,>=3.0.2 (from requests)
  Using cached chardet-3.0.4-py2.py3-none-any.whl
Collecting urllib3<1.23,>=1.21.1 (from requests)
  Using cached urllib3-1.22-py2.py3-none-any.whl
Installing collected packages: idna, certifi, chardet, urllib3, requests
Successfully installed certifi-2017.7.27.1 chardet-3.0.4 idna-2.5 requests-2.18.2 urllib3-1.22
```

PIP でインストールできるライブラリは wheel という形式で配布されるものであり、表 36 の処理はインターネットに公開されている wheel ライブラリの情報に基いて実行される。従って PIP はインターネットに接続された計算機環境で使うことが前提となっているが、wheel 形式ライブラリのファイルをダウンロードして、オフライン環境で PIP を実行してそれをインストールすることも可能である。

wheel 形式ライブラリはファイル名として whl という拡張子を持ち、それをインストールするには

```
pip install wheel ライブラリ名.whl
```

というコマンド操作を行う。

例. ダウンロードした SciPy ライブラリをオフラインでインストールする作業

```
D:\work> pip install scipy-0.19.1-cp36-cp36m-win_amd64.whl [Enter] ←インストール開始
Processing d:\work\scipy-0.19.1-cp36-cp36m-win_amd64.whl
...
(途中省略)
...
Installing collected packages: scipy
Successfully installed scipy-0.19.1
```

これは SciPy ライブラリのファイル scipy-0.19.1-cp36-cp36m-win_amd64.whl をインストールした例である。

A.4.1 PIP コマンドが実行できない場合の解決策

コマンドラインから pip が実行できない場合があるが、原因としては、コマンドサーチパスに pip コマンドのディレクトリが登録されていないことなどが挙げられる。その場合は、pip コマンドのディレクトリをコマンドサーチパスに登録すると解決するが、より簡単な解決策もある。それは python 処理系から pip を起動する方法である。具体的には、pip をコマンドとして起動するのではなく、次のようなコマンドラインとして投入する。

【Python を介して PIP を起動する方法】

Windows の場合： `py -m pip 引数の列...`

Mac の場合： `python3 -m pip 引数の列...`

例. インストールされているライブラリの一覧を表示する

```
py -m pip list
```

これを OS のコマンドラインから投入する。

B Kivyに関する情報

■ 英語サイト：<https://kivy.org/>

B.1 Kivy のインストール作業の例

上記サイトで Kivy のインストール方法が公開されているので、それを元にしてインストールする作業を次に例示する。

【Windows の場合】

1. ライブラリ管理ツール群の更新

```
pip install -U pip wheel setuptools 
```

この処理は、Kivy のインストール時に限らず、適宜実行すべきものである。

2. Kivy に必要なライブラリ群のインストール

```
pip install docutils pygments pypiwin32 kivy.deps.sdl2 kivy.deps.glew   
pip install kivy.deps.gstreamer kivy.deps.angle 
```

この処理は、Kivy のインストールに先立って行う。

3. Kivy のインストール

```
pip install kivy 
```

これで Kivy が利用できる。

【Mac の場合】

0. Xcode をインストールして有効にしておく

Xcode は基本的な開発ツール一式を提供するので、Kivy のインストール時に限らずアップデートしておくこと。

1. Kivy 導入のために必要なソフトウェアをインストールする

Mac のためのパッケージ管理ツール `brew`¹⁵⁶ を使用して必要なソフトウェアをインストールする。
具体的にはターミナル上で下記のようなコマンドを発行する。

```
brew install pkg-config sdl2 sdl2_image sdl2_ttf sdl2_mixer gstreamer 
```

2. Cython のインストール

```
pip3 install -U Cython 
```

3. Kivy のインストール

```
pip3 install kivy 
```

これで Kivy が利用できる。

B.2 Kivy 利用時のトラブルを回避するための情報

B.2.1 Kivy が使用する描画 API の設定

Kivy はグラフィックス描画の基礎に OpenGL¹⁵⁷ を用いるが、使用する計算機環境によっては、OS が提供する OpenGL の版が Kivy に適合しない場合もある。そのような場合は Kivy を使用したアプリケーションプログラムを実行する際にエラーや例外が発生する。しかし、Kivy では使用するグラフィックス用の API を環境変数の設定により選択することができるので、この件に関する問題が発生する場合は `os` モジュールの `environ` プロパティに使用する API を設定すると良い。具体的には次のような記述となる。

¹⁵⁶brew は Mac 用のパッケージ管理ツールであり、これを予め Mac にインストールしておくこと。詳しくはインターネットサイト <https://brew.sh/> を参照のこと。

参考) Mac 用のパッケージ管理ツールとしては brew 以外にも MacPorts も存在する。詳しくはインターネットサイト <https://www.macports.org/> を参照のこと。

¹⁵⁷グラフィックス描画のための、クロスプラットフォームの API。

```
import os
os.environ['KIVY_GL_BACKEND'] = 'angle_sdl2'
```

指定できる API の例を表 37 に挙げる.

表 37: Kivy で使用できるグラフィックス API

指定する記号	解説
gl	UNIX 系 OS 用の OpenGL
glew (デフォルト)	Windows 環境で通常の場合に用いられる API
sdl2	Windows や UNIX 系 OS で gl や glew が使用できない場合にこれを用いる. kivy.deps.sdl2 をインストールしておく必要がある.
angle_sdl2	Windows 環境で Python 3.5 以上の版を使用する際に利用できる. kivy.deps.sdl2 と kivy.deps.angle をインストールしておく必要がある.

B.2.2 SDL について

Kivy は SDL (Simple DirectMedia Layer) を利用しているため, 適切な版の SDL が計算機環境にインストールされている必要がある. SDL は公式インターネットサイト (<http://www.libsdl.org/>) から入手することができる. Kivy が動作しない場合は SDL の再インストールを検討するべきである.

B.3 GUI デザインツール

Kivy のための GUI アプリケーションデザインツール Kivy Designer が現在開発中であり, インターネットサイト <https://kivy-designer.readthedocs.io/> から情報が入手できる.

C Tkinter：基本的な GUI ツールキット

Tkinter は、Python 処理系に標準的に添付されている GUI ツールキットであり、

```
import tkinter
```

とすることで必要なライブラリを読み込むことができる。このライブラリは Tcl/Tk¹⁵⁸ の Tk の部分を Python から利用するためのものであり、本書で取り上げた Kivy に比べて GUI のデザイン性と機能面が素朴である反面、その扱いが非常に容易である。本書では Tkinter の最も基本的な部分に限って使用例を示す。より詳しい情報に関しては Python の公式インターネットサイトなど¹⁵⁹ を参照のこと。

C.1 基本的な扱い方

Tkinter では、GUI の要素をウィジェットと呼び、様々なウィジェットを階層的に構成することで GUI アプリケーションを実現する。また、GUI アプリケーションの最上位のウィジェットに対してイベントループを実行する形で GUI アプリケーションの動作を実現する。

■ 最上位ウィジェットの生成

GUI アプリケーションの最上位のウィジェットのインスタンスは、Tk() を実行することで生成する。また、それに対して mainloop() メソッドを実行することでイベントループが開始する。

Tk を用いた最も単純な GUI アプリケーションの実現方法を次に例示する。

例. 最も単純な（基本的な）GUI アプリケーション

```
>>> import tkinter  Enter      ← Tkinter ライブラリの読み込み
>>> tkinter.Tk().mainloop()  Enter  ←最上位ウィジェットの生成とイベントループの開始
```

これにより図 47 のような GUI アプリケーションのウィンドウが表示される。

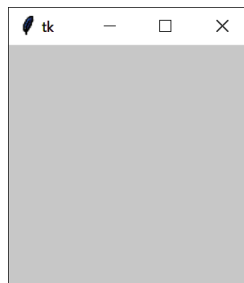


図 47: Tkinter による最も簡単な GUI アプリケーション

この例では、tkinter.Tk() で GUI の最上位のウィジェットを生成し、それに対して mainloop() を実行している。これによりイベントを待ち受けるループが起動し、ウィンドウを閉じることでアプリケーションが終了する。

実用的な GUI アプリケーションを構築する流れは次のようなものである。

【GUI アプリケーションの構築と実行の流れ】

1. 最上位ウィジェットの生成

これが GUI アプリケーションとなる。

2. 各種ウィジェットを生成して上記ウィジェット配下に登録する

Frame オブジェクトを生成して、それを GUI のコンテナとして使用し、それに対してラベル、ボタン、入力

¹⁵⁸Tcl/Tk: GUI ツールキット Tk をスクリプト言語 Tcl から利用することで GUI 形式のアプリケーションプログラムを実現するスクリプティング環境である。Tk は Tcl 以外の各種の言語からも API として呼び出すことで利用することができる。

¹⁵⁹ニューメキシコ工科大学 (<http://www.nmt.edu/>) が編纂し公開している “Tkinter8.5 reference: a GUI for Python” (John W. Shipman 著) が Tkinter に関して詳しい。Web 版と PDF 版が公開されている。

フィールドなど、各種のウィジェットを生成して配置する。各種ウィジェットにはイベントに対する処理のための関数を登録する。(イベントハンドリングの実装)

ここで生成した Frame オブジェクトを最上位のウィジェットに登録する。

3. イベントループの開始

最上位のウィジェットに対して `mainloop()` を実行して GUI アプリケーションを開始する。(イベントループの開始)

使用例を次に示す。

C.1.1 使用例

ここでは、ボタンに反応する GUI アプリケーション `tk01.py` の実装例を示す。このアプリケーションは図 48 に示すように、「表示」「消去」の2つのボタンを備え、「表示」をクリックするとメッセージを表示し、「消去」をクリックするとそのメッセージを消去する。

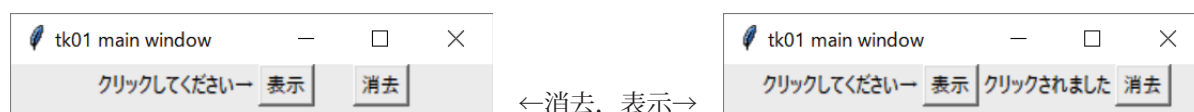


図 48: ボタンに反応する GUI アプリケーション

実装したプログラムの例 `tk01.py` を次に示す。

プログラム：tk01.py

```
1  # coding: utf-8
2  import tkinter          # Tkinterの読み込み
3
4  #--- イベントハンドリング用の関数 ---
5  def cmdDisp():          # 「表示」ボタンに対する処理
6      global lb2
7      lb2['text'] = 'クリックされました'
8      print('「表示」ボタンがクリックされました')
9
10 def cmdDel():            # 「消去」ボタンに対する処理
11     global lb2
12     lb2['text'] = ''
13     print('「消去」ボタンがクリックされました')
14
15 #--- GUIの構築 ---
16 root = tkinter.Tk()      # アプリケーションの最上位ウィジェット
17 root.title('tk01 main window') # ウィンドウのタイトル
18 root.geometry('300x30+20+10') # ウィンドウのサイズと位置
19
20 fr = tkinter.Frame(root) # GUI構築用のコンテナ
21 fr.pack()                # frをrootに配置
22
23 lb1 = tkinter.Label(fr, text='クリックしてください→') # 文字のラベル1
24 lb1.pack(side='left') # lb1をfrに配置
25
26 b1 = tkinter.Button(fr, text='表示', command=cmdDisp) # ボタン1
27 b1.pack(side='left') # b1をfrに配置
28
29 lb2 = tkinter.Label(fr, text='') # 文字のラベル2 (文字なし)
30 lb2.pack(side='left') # lb2をfrに配置
31
32 b2 = tkinter.Button(fr, text='消去', command=cmdDel) # ボタン2
33 b2.pack(side='left') # b2をfrに配置
34
35 #--- アプリケーションの起動 ---
36 root.mainloop()          # イベントループ
```


解説：

「表示」ボタンのクリックに対して実行する関数 `cmdDisp` と、「消去」ボタンのクリックに対して実行する関数 `cmdDel` が5～13行目に定義されている。

16行目で、アプリケーションの最上位のウィジェット `root` を生成し、17行目でウィンドウのタイトルを設定（`title` メソッド）し、18行目でウィンドウのサイズと位置を設定（`geometry` メソッド）している。

GUIを構築するためのコンテナとして、20行目で `Frame` オブジェクト `fr` を生成している。このときコンストラクタの第1引数に、登録先の上位のオブジェクトを与える。更に21行目で、`pack` メソッドを用いて、配置（表示位置）を決定している。

文字を表示するためのラベルウィジェットは `Label` クラスのオブジェクトであり、コンストラクタの第1引数に「親ウィジェット」（登録先の上位ウィジェット）を、キーワード引数 `'text='` に表示する文字列を与える。23行目で `Label` ウィジェットを生成しており、24行目で上位の `fr` の上での配置を設定している。29～30行目でも同様の手順で `Label` オブジェクトを生成・配置している。ラベルウィジェット生成後に表示内容（テキスト）を与えるには、そのラベルオブジェクトにスライス `['text']` を付けたものに値を設定する。（7,12行目）

ボタンウィジェットは `Button` クラスのオブジェクトであり、コンストラクタの第1引数に「親ウィジェット」（登録先の上位ウィジェット）を、キーワード引数 `'text='` に表示する文字列を与える。また、キーワード引数 `'command='` にクリックされた際に実行する関数の名前を与える。26行目で「表示」の `Button` ウィジェットを生成しており、27行目で上位の `fr` 上での配置を設定している。32～33行目でも同様の手順で `Button` オブジェクトを生成・配置している。

C.1.1.1 ウィンドウサイズ変更の可否の設定

`Tk()` で生成した最上位ウィジェットに対して `resizable` メソッドを使用することで、ウィンドウのサイズ変更の可否を設定できる。

書き方： `ウィジェット.resizable(横方向の変更可否, 縦方向の変更可否)`

このメソッドの引数には真理値（`True/False`）を与える。`False` を与えるとリサイズの禁止が設定される。

C.1.2 ウィジェットの配置

先の `tk01.py` の例では、`pack` メソッドを使用してウィジェットを配置した。`pack` メソッドはウィジェットを「縦方向もしくは横方向の一次元」に配置するものであるが、この他にも二次元的な配置や、座標指定による自由な配置のためのメソッドもある。

【サンプルプログラム】

ウィジェットの配置を確認するためのサンプルプログラム `tk02.py` を次に示す。このプログラムは、`pack` メソッドによる一次元の配置と、`grid` メソッドによる二次元の配置を確認するためのものである。後に示す「試み」により確認できる。

プログラム：tk02.py

```
1 # coding: utf-8
2 import tkinter      # Tkinterの読み込み
3
4 #--- GUIの構築 ---
5 root = tkinter.Tk()      # アプリケーションの最上位ウィジェット
6 root.title( 'tk02 main window' )      # ウィンドウのタイトル
7 root.geometry( '300x60+20+10' )      # ウィンドウのサイズと位置
8
9 fr = tkinter.Frame(root)      # GUI構築用のコンテナ
10 fr.pack()      # frをrootに配置
11
12 # 配置テスト用のボタン群
13 b11 = tkinter.Button( fr, text='b11' )
14 b12 = tkinter.Button( fr, text='b12' )
15 b21 = tkinter.Button( fr, text='b21' )
16 b22 = tkinter.Button( fr, text='b22' )
```



```

17 |
18 | #--- 配置 ---
19 | # 横方向
20 | #b11.pack(side='left');      b12.pack(side='left')
21 | #b11.pack(side='right');     b12.pack(side='right')
22 | # 縦方向
23 | #b11.pack(side='top');       b21.pack(side='top')
24 | #b11.pack(side='bottom');    b21.pack(side='bottom')
25 |
26 | # 縦横（二次元）
27 | #b11.grid(row=0,column=0);   b12.grid(row=0,column=1)
28 | #b21.grid(row=1,column=0);   b22.grid(row=1,column=1)
29 |
30 | #--- アプリケーションの起動 ---
31 | root.mainloop()             # イベントループ

```

試み：(1) 一次元の配置

- ・20行目、21行目のどちらかのコメント「#」を外すことで、packメソッドによる横方向の配置が確認できる。
- ・23行目、24行目のどちらかのコメント「#」を外すことで、packメソッドによる縦方向の配置が確認できる。

packメソッドに与えるキーワード引数'side='の値によって配置がどのようなになるかを確認すること。

試み：(2) 二次元の配置

- ・27行目、28行目の両方のコメント「#」を外すことで、gridメソッドによる縦横の配置が確認できる。

gridメソッドに与えるキーワード引数'row=','column='の値によって行と列の位置が指定できる。

tk02.pyの実行結果の例を図49に示す。

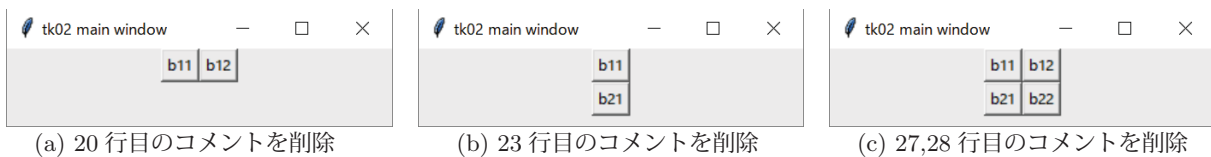


図 49: pack や grid メソッドによるボタンの配置

コメントの削除によってボタンの配置の様子が確認できる。

■ ウィジェットの伸縮の制御

packでウィジェットを配置する際、キーワード引数'fill=','expand='に値を設定（表38）することにより、ウィジェットの伸縮を制御できる。

表 38: キーワード引数'fill='と'expand='

キーワード引数	値	効果
fill=	'x'	横方向に伸ばす
	'y'	縦方向に伸ばす
	'both'	縦横両方向に伸ばす
expand=	True	サイズの拡張を可能にする
	False	サイズを拡張しない

ラベルウィジェットの伸縮制御を試みるサンプルプログラム tk02-2.py を示す。

プログラム：tk02-2.py

```

1 | # coding: utf-8
2 | import tkinter      # Tkinterの読み込み
3 |
4 | #--- GUIの構築 ---
5 | root = tkinter.Tk() # アプリケーションの最上位ウィジェット
6 | root.title('tk02-2 main window') # ウィンドウのタイトル

```

```

7  root.geometry( '280x280+20+10' )          # ウィンドウのサイズと位置
8
9  fr = tkinter.Frame(root)                  # GUI構築用のコンテナ
10 fr.pack( fill='both', expand=True )        # frをrootに配置
11
12 # 配置テスト用のラベル
13 lb1 = tkinter.Label( fr, text='ラベル 1', font='32',
14                      fg='#ff0000', bg='#ffff00' )
15 lb1.pack( fill='x', expand=True )          # 横に伸ばす
16
17 lb2 = tkinter.Label( fr, text='ラベル 2', font='32',
18                      fg='#ffff00', bg='#ff0000' )
19 lb2.pack( fill='both', expand=True )       # 縦横に伸ばす
20
21 lb3 = tkinter.Label( fr, text='ラベル 3', font='32',
22                      fg='#ffffff', bg='#000000' )
23 lb3.pack( fill='y', expand=True )          # 縦に伸ばす
24
25 #--- アプリケーションの起動 ---
26 root.mainloop()                          # イベントループ

```

このプログラムの実行例を図 50 に示す。



ウィンドウサイズの変更に伴ってラベルのサイズが変わる

図 50: ウィジェットの伸縮

C.2 各種のウィジェット

ここでは、特に利用頻度の高いウィジェットを紹介し、その使用方法を例示する。

C.2.1 チェックボタンとラジオボタン

チェックボタン¹⁶⁰ とラジオボタンの使用方法についてサンプルプログラムを示しながら説明する。ここでは図 51 のような GUI アプリケーションを考える。

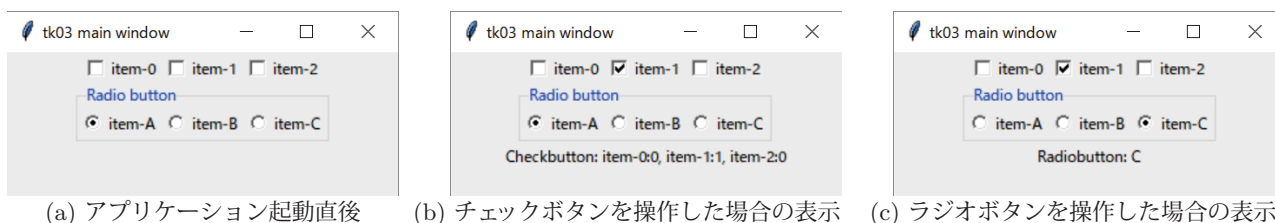


図 51: チェックボタンとラジオボタン

このアプリケーションは最上段に 3 つのチェックボタン、中段に 3 つのラジオボタン、最下段に文字列表示用のラベルを備えている。チェックボタンやラジオボタンを操作すると、それらの状態をラベルに報告する。

¹⁶⁰Tkinter 以外の GUI ツールキットでは「チェックボックス」と呼ぶことが多い。

・チェックボタンのコンストラクタ

Checkbox(上位ウィジェット, text=ボタンに表示する文字列,
onvalue=既チェック時の値, offvalue=未チェック時の値, variable=状態保持用オブジェクト,
command=操作時に起動する関数の名前)

チェックボタンは「既チェック／未チェック」の状態を保持するウィジェットであり、その状態を状態保持用オブジェクト (Variable クラスのオブジェクト) に保持する。

C.2.1.1 Variable クラス

Variable クラスは各種状態 (値) を保持するための次のような各種クラスを提供する。

StringVar	:	文字列の値を保持するオブジェクト
IntVar	:	整数の値を保持するオブジェクト
DoubleVar	:	浮動小数点数の値を保持するオブジェクト
BooleanVar	:	真理値を保持するオブジェクト

これらクラスのオブジェクトは、値の変更などをイベントとして検知する¹⁶¹ 機能があり、Tkinter の他の様々なウィジェットでも使用する。Variable オブジェクトに対して set メソッドや get メソッドを使用して値の設定と参照ができる。

・ラジオボタンのコンストラクタ

Radiobutton(上位ウィジェット, text=ボタンに表示する文字列,
value=選択時の値, variable=状態保持用オブジェクト, command=操作時に起動する関数の名前)

複数のラジオボタンを同一のグループでまとめるには「状態保持用オブジェクト」として同一のオブジェクトを指定する。また図 51 にもある通り、同一グループのラジオボタンは見出し付きの枠で囲んで表示することも多く、その場合は上位ウィジェットとして、ラベルフレーム (tkinter.ttk.Labelframe クラスのオブジェクト) を使用する。

図 51 のアプリケーションの実装例を tk03.py に示す。

プログラム：tk03.py

```
1  # coding: utf-8
2  import tkinter          # Tkinterの読み込み
3  from tkinter import ttk  # tkinter.ttkの読み込み
4
5  #--- イベントハンドリング用の関数 ---
6  def cmdChk():
7      msg = 'Checkbox'+\
8          ': item-0:'+str(vChk1.get())+\
9          ', item-1:'+str(vChk2.get())+\
10         ', item-2:'+str(vChk3.get())
11     lbText['text'] = msg
12
13  def cmdRd():
14      msg = 'Radiobutton: '+vRd.get()
15      lbText['text'] = msg
16
17  #--- GUIの構築 ---
18  root = tkinter.Tk()      # アプリケーションの最上位ウィジェット
19  root.title('tk03 main window') # ウィンドウのタイトル
20  root.geometry('300x110+20+10') # ウィンドウのサイズと位置
21
22  frMain = tkinter.Frame(root) # GUI構築用のコンテナ
23  frMain.pack() # frMainをrootに配置
24
25  #-----
26  frChk = tkinter.Frame(frMain) # チェックボタン用コンテナ
27  frChk.pack(side='top') # frChkをfrMainに配置
```

¹⁶¹Variable クラスのオブジェクトに対して trace メソッドを用いてコールバック関数を登録できる。後述の「C.2.5 スケール (スライダ) とプログレスバー」(p.295) のところで事例を紹介する。

```

28
29 # チェックボタン 1
30 vChk1 = tkinter.IntVar()          # Variableオブジェクト
31 btnChk1 = tkinter.Checkbutton( frChk, text='item-0',
32                                onvalue=1, offvalue=0, variable=vChk1,
33                                command=cmdChk )
34 btnChk1.pack( side='left' )
35
36 # チェックボタン 2
37 vChk2 = tkinter.IntVar()          # Variableオブジェクト
38 btnChk2 = tkinter.Checkbutton( frChk, text='item-1',
39                                onvalue=1, offvalue=0, variable=vChk2,
40                                command=cmdChk )
41 btnChk2.pack( side='left' )
42
43 # チェックボタン 3
44 vChk3 = tkinter.IntVar()          # Variableオブジェクト
45 btnChk3 = tkinter.Checkbutton( frChk, text='item-2',
46                                onvalue=1, offvalue=0, variable=vChk3,
47                                command=cmdChk )
48 btnChk3.pack( side='left' )
49
50 #-----
51 # ラジオボタン用ラベルフレーム
52 lfrRd = ttk.Labelframe(frMain, text='Radio button')
53 lfrRd.pack( side='top' )
54
55 vRd = tkinter.StringVar()         # ラジオボタン用変数
56 vRd.set('A')
57
58 # ラジオボタン 1
59 btnRd1 = tkinter.Radiobutton( lfrRd, text='item-A',
60                               variable=vRd, value='A', command=cmdRd )
61 btnRd1.pack( side='left' )
62 # ラジオボタン 2
63 btnRd2 = tkinter.Radiobutton( lfrRd, text='item-B',
64                               variable=vRd, value='B', command=cmdRd )
65 btnRd2.pack( side='left' )
66 # ラジオボタン 3
67 btnRd3 = tkinter.Radiobutton( lfrRd, text='item-C',
68                               variable=vRd, value='C', command=cmdRd )
69 btnRd3.pack( side='left' )
70
71 #-----
72 # テキスト表示用ラベル
73 lbText = tkinter.Label(frMain)
74 lbText.pack( side='top' )
75
76 #--- アプリケーションの起動 ---
77 root.mainloop()                # イベントループ

```

C.2.2 エントリー（テキストボックス）とコンボボックス

文字列を入力するにはエントリーあるいは、tkinter.ttk が提供するコンボボックスが利用できる。

・エントリーのコンストラクタ

Entry(上位ウィジェット, textvariable=状態保持用オブジェクト, width=長さ)

エントリーは基本的な文字入力用ウィジェットである。コンボボックスは文字の入力に加えて、予め設定しておいた選択肢から選択する形式の入力も可能である。

・コンボボックスのコンストラクタ

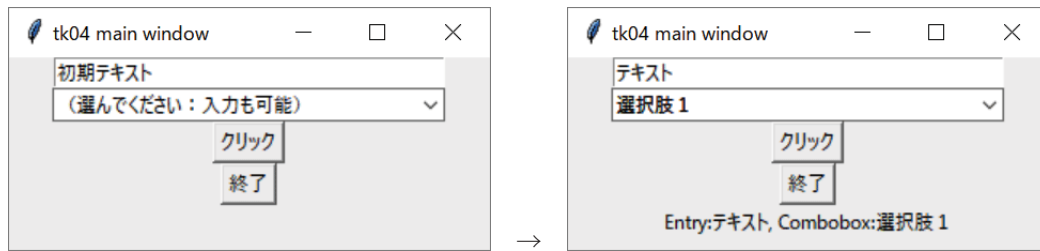
Combobox(上位ウィジェット, textvariable=状態保持用オブジェクト, width=長さ)

コンボボックス (tkinter.ttk.Combobox クラスのオブジェクト) に選択肢を設定するには、そのオブジェクトにスライス ['values'] を付けたものに選択肢を要素として持つタプルを与える。

キーワード引数 'width=' にはウィジェットの横幅を設定する。

【サンプルプログラム】

エントリーとコンボボックスを使用した、図 52 のような動作をするサンプルプログラムを tk04.py に示す。



「クリック」ボタンにより入力内容がラベルに表示される。

図 52: チェックボタンとラジオボタン

プログラム：tk04.py

```
1  # coding: utf-8
2  # モジュールの読み込み
3  import tkinter          # Tkinter
4  from tkinter import ttk  # tkinter.ttk
5
6  #--- GUIの構築 ---
7  root = tkinter.Tk()      # アプリケーションの最上位ウィジェット
8  root.title( 'tk04 main window' ) # ウィンドウのタイトル
9  root.geometry( '300x120+20+10' ) # ウィンドウのサイズと位置
10
11 frMain = tkinter.Frame(root) # GUI構築用のコンテナ
12 frMain.pack() # frMainをrootに配置
13
14 #-----
15 # エントリー
16 vEnt1 = tkinter.StringVar() # エントリー用変数
17 vEnt1.set('初期テキスト')
18
19 ent1 = tkinter.Entry(frMain, width=40, textvariable=vEnt1)
20 ent1.pack( side='top' )
21
22 #-----
23 # コンボボックス
24 vCmb1 = tkinter.StringVar() # コンボボックス用変数
25 vCmb1.set(' (選んでください：入力も可能) ')
26
27 cmb1 = ttk.Combobox(frMain, width=37, textvariable=vCmb1)
28 cmb1['values'] = ('選択肢 1', '選択肢 2', '選択肢 3')
29 cmb1.pack( side='top' )
30
31 #-----
32 # ボタン
33
34 # 内容表示ボタン
35 def cmdBtn1(): # ボタンのハンドリング用関数
36     global lb1
37     lb1['text'] = 'Entry:'+vEnt1.get()+', Combobox:'+vCmb1.get()
38
39 btn1 = tkinter.Button(frMain, text='クリック', command=cmdBtn1)
40 btn1.pack( side='top' )
41
42 # 終了ボタン
43 def cmdBtn2(): # ボタンのハンドリング用関数
44     print('終了します. ')
45     root.quit() # アプリケーションの終了
46
47 btn2 = tkinter.Button(frMain, text='終了', command=cmdBtn2)
48 btn2.pack( side='top' )
49
```

```

50 #-----
51 # ラベル
52 lb1 = tkinter.Label(frMain,width=40)
53 lb1.pack( side='top' )
54
55 #--- アプリケーションの起動 ---
56 root.mainloop()          # イベントループ

```

C.2.2.1 プログラムの終了

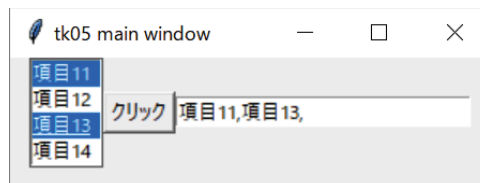
tk04.py の 45 行目にあるように, quit メソッドを実行するとアプリケーションが終了する.

C.2.3 リストボックス

複数の要素を持つリストの中から項目を選択するリストボックスを実現するための Listbox クラスについて説明する. ここでは図 53 に示すようなアプリケーションの作成を例に示す.



リスト項目を選択してボタンをクリックすると選択内容がエントリーに表示される.



複数の項目を選択するリストボックスも実現可能

図 53: リストボックス

図 53 に示すアプリケーションは, 左端のリストから項目を選択し,「クリック」ボタンをクリックすると右端のエントリーに選択した項目を表示するものである. このアプリケーションの実装例を tk05.py に示す.

プログラム: tk05.py

```

1  # coding: utf-8
2  # モジュールの読み込み
3  import tkinter          # Tkinter
4
5  #--- GUIの構築 ---
6  root = tkinter.Tk()      # アプリケーションの最上位ウィジェット
7  root.title( 'tk05 main window' ) # ウィンドウのタイトル
8  root.geometry( '300x80+20+10' ) # ウィンドウのサイズと位置
9
10 frMain = tkinter.Frame(root) # GUI構築用のコンテナ
11 frMain.pack() # frMainをrootに配置
12
13 # リストボックス
14 vLbx1 = tkinter.StringVar( value=( '項目11', '項目12', '項目13', '項目14' ) )
15 lbx1 = tkinter.Listbox( frMain, listvariable=vLbx1, height=4, width=7,
16 #
17 #             selectmode='single'          # 選択: シングル
18 #             selectmode='multiple'        # 選択: 複数
19 )
20 lbx1.pack( side='left' )
21
22 # ボタン
23 def cmdBtn1(): # クリックによって起動する関数
24     global vEnt1, lbx1
25     msg = ''

```

```

25     for i in lbx1.curselection():
26         msg += lbx1.get(i)+', '
27         vEnt1.set( msg )
28
29 btn1 = tkinter.Button( frMain, text='ク リ ッ ク', command=cmdBtn1 )
30 btn1.pack( side='left' )
31
32 # エ ン ト リ ー
33 vEnt1 = tkinter.StringVar()
34 ent1 = tkinter.Entry( frMain, textvariable=vEnt1, width=30 )
35 ent1.pack( side='left' )
36
37 #--- アプリケーションの起動 ---
38 root.mainloop()                # イベントループ

```

・リストボックスのコンストラクタ

Listbox(上位ウィジェット, listvariable=状態保持用オブジェクト, width=長さ, height=高さ, selectmode=選択モード)

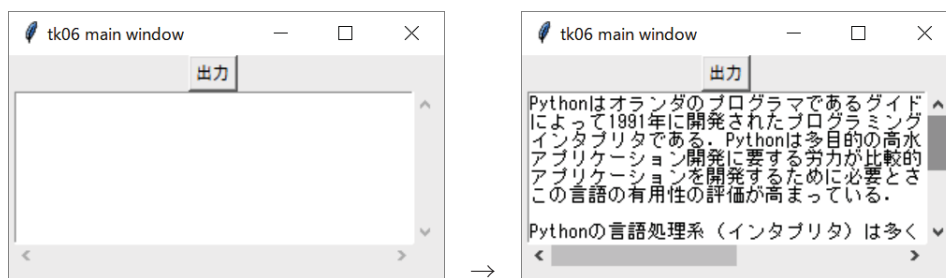
キーワード引数 'listvariable=' には StringVar オブジェクトを与えるが、それを生成する際のコンストラクタのキーワード引数 'value=' に、選択肢の文字列を要素とするタプルを与える。リストボックスには**選択モード**が設定でき、単一の選択肢を選ぶか、複数の選択肢を同時に選ぶかを設定できる。これはキーワード引数 'selectmode=' に 'single' か 'multiple' を与えることで設定する。

リストボックスの選択されている項目を取得するには curselection メソッド (25 行目) を使用する。これにより、選択されている項目番号のタプルが得られる。リストボックスの n 番目の項目の値を取り出すには get(n) メソッドを実行する。(26 行目)

C.2.4 テキスト（文字編集領域）とスクロールバー

先に紹介したエントリーは、1 行分の入力を想定しているが、**テキスト**は複数行のテキストの編集を可能にするウィジェットである。ここでは**テキスト**に加えて、**スクロールバー**の設置についても説明する。

図 54 のようなアプリケーションの実装について考える。



テキストの入力に応じて、上下、左右のスクロールバーが連動する

図 54: スクロールバーと連動するテキスト（文字編集領域）

これは、ウィンドウの編集領域に文字を入力し、「出力」ボタンをクリックすると内容を標準出力に出力するものである。実装例を tk06.py に示す。

プログラム：tk06.py

```

1  # coding: utf-8
2  # モジュールの読み込み
3  import tkinter                # Tkinter
4
5  #--- GUIの構築 ---
6  root = tkinter.Tk()           # アプリケーションの最上位ウィジェット
7  root.title( 'tk06 main window' ) # ウィンドウのタイトル
8  root.geometry( '310x160+20+10' ) # ウィンドウのサイズと位置

```



```

9
10 frMain = tkinter.Frame(root)      # GUI構築用のコンテナ
11 frMain.pack()      # frMainをrootに配置
12
13 # ボタン
14 def cmdBtn1():
15     global txt
16     t = txt.get('1.0','end').rstrip()
17     print('--- top ---')
18     print(t)
19     print('--- bottom ---')
20
21 btn1 = tkinter.Button( frMain, text='出力', command=cmdBtn1 )      # ボタン
22 btn1.grid( row=0, column=0 )
23
24 # テキスト
25 txt = tkinter.Text( frMain, width=40, height=8, wrap='none' )
26 txt.grid( row=1, column=0 )
27
28 # スクロールバー (縦)
29 scrY = tkinter.Scrollbar( frMain, orient='vertical', command=txt.yview )
30 txt['yscrollcommand'] = scrY.set
31 scrY.grid( row=1, column=1, sticky=('n','s') )
32
33 # スクロールバー (横)
34 scrX = tkinter.Scrollbar( frMain, orient='horizontal', command=txt.xview )
35 txt['xscrollcommand'] = scrX.set
36 scrX.grid( row=2, column=0, sticky=('w','e') )
37
38 #--- アプリケーションの起動 ---
39 root.mainloop()      # イベントループ

```

・テキストのコンストラクタ

Text(上位ウィジェット, width=横幅, height=高さ, wrap=折返し指定)

折返し指定に 'none' を与えると, Text の横幅よりも長い行の折り返し処理をしない。

・スクロールバーのコンストラクタ

Scrollbar(上位ウィジェット, orient=縦横の方向, command=関数名)

縦横の方向に 'vertical' を与えると縦, 'horizontal' を与えると横のスクロールバーとなる。キーワード引数 'command=' には今回は txt.yview や txt.xview を与えているが, これは Text オブジェクトの表示位置を変更するメソッドの名前である。(このメソッドに関して詳しいことは Tk のドキュメントを参照のこと) これにより, スクロールバーの位置の変更が, Text オブジェクトの txt の表示位置に反映される。

また, Text オブジェクト txt の内容編集に伴って表示位置の変更が発生した場合は, それをスクロールバーに反映させる必要があるが, それは Text オブジェクトにスライス ['yscrollcommand'], ['xscrollcommand'] を付けたものに, スクロールバーの位置変更を施すメソッドの名前 'set' を与えている。(set メソッドに関しても詳しくは Tk のドキュメントを参照のこと)

今回のプログラムでは, スクロールバーを grid メソッドで配置する際に, キーワード引数 'sticky=' を与えて上下あるいは左右いっぱいに広げている, (31,36 行目) 'sticky=' に与える値に関しては p.299 の表 58 「位置の基準」を参照のこと。このような設定により Text オブジェクト txt の縦横のサイズにスクロールバーのサイズを合わせている。

このアプリケーションの「出力」ボタンをクリックした際の標準出力の例を次に示す。

出力の例

— top —

Python はオランダのプログラマであるガイド・ヴァンロッサム（Guido van Rossum）によって 1991 年に開発されたプログラミング言語であり、言語処理系は基本的にインタプリタである。Python は多目的の高水準言語であり、言語そのものの習得とアプリケーション開発に要する労力が比較的に少ないとされる。しかし、実用的なアプリケーションを開発するために必要とされる多くの機能が提供されており、

⋮
(途中省略)
⋮

ものの習得や運用の簡便性と相俟って、情報工学や情報科学とは縁の遠い分野の利用者に対してもアプリケーション開発の敷居を下げている。

— bottom —

Text オブジェクトから内容を取り出すには `get` メソッドを使用する。その際、第 1 引数にテキストの開始位置、第 2 引数に終了位置を指定する。プログラムの 16 行目では開始位置として `'1.0'` を与えているが、これは `'行番号.桁'` の形で指定する形式であり「第 1 行目のインデックス 0 番目」を意味する。

C.2.5 スケール（スライダ）とプログレスバー

スケールはいわゆる「スライダ」とも呼ばれるウィジェットで、直感的な操作で 1 次元の数値を設定するものである。また、プログレスバーは 1 次元の数値を直感的に図示するウィジェットである。ここでは図 55 に示すようなアプリケーションの構築を例に挙げて、スケールとプログレスバーの扱いについて説明する。



図 55: スケールにプログレスバーを連動させる試み

このアプリケーションは、スケールで設定された値をそのままプログレスバーに反映させるものである。プログラムの例を `tk07.py` に示す。

プログラム：tk07.py

```
1  # coding: utf-8
2  # モジュールの読み込み
3  import tkinter          # Tkinter
4  from tkinter import ttk # tkinter.ttk
5
6  #--- GUIの構築 ---
7  root = tkinter.Tk()     # アプリケーションの最上位ウィジェット
8  root.title( 'tk07 main window' ) # ウィンドウのタイトル
9  root.geometry( '290x100+20+10' ) # ウィンドウのサイズと位置
10
11 frMain = tkinter.Frame(root) # GUI構築用のコンテナ
12 frMain.pack() # frMainをrootに配置
13
14 # スケール
15 def traceSc1( *arg ):        # 値の変更を受けて起動する関数
16     global vSc1, pb1
17     pb1.configure( value=vSc1.get() ) # プログレスバーの状態の変更
18
19 vSc1 = tkinter.DoubleVar()   # スケールの値を保持するオブジェクト
20 vSc1.set(0)                  # 初期値
21 vSc1.trace('w',traceSc1)     # 値が変更されたときのハンドリング
22
23 sc1 = tkinter.Scale( frMain, variable=vSc1 ) # スケールオブジェクト
24 sc1.pack( side='left' )
25
```

```

26 # プログレスバー
27 pb1 = ttk.Progressbar(frMain)
28 pb1.pack( side='left' )
29
30 #--- アプリケーションの起動 ---
31 root.mainloop()           # イベントループ

```

・スケールのコンストラクタ

Scale(上位ウィジェット, variable=状態保持用オブジェクト)

今回は状態保持用オブジェクトとして DoubleVar オブジェクト vSc1 を与えている。DoubleVar だけでなく Variable クラスのオブジェクトには、値の変化を検知した際に呼び出すコールバック関数を設定（21 行目）することができる。

C.2.5.1 Vvariable クラスのコールバック関数設定

次のように trace メソッドを用いて Variable オブジェクトにコールバック関数を設定することができる。

trace(モード, 関数名)

trace メソッドは、Variable オブジェクトの値に変更などが発生した際に起動するコールバック関数を設定する。モードに 'w' を指定すると値の変更（今回の場合はスケールの値の変更）が発生した際にコールバック関数を起動する。

・プログレスバーのコンストラクタ

Progressbar(上位ウィジェット)

プログレスバー（tkinter.ttk.Progressbar クラスのオブジェクト）には configure メソッドを使用（17 行目）することで値を設定することができる。この際、キーワード引数 'value=' に値を与える。

● スケール、プログレスバーの向きと長さ

スケール、プログレスバーのコンストラクタにキーワード引数 'orient=' を与えることで向き（'vertical':上下方向, 'horizontal':左右方向）を設定することができる。また長さは、コンストラクタにキーワード引数 'length=長さ' を与えることで設定する。

● ウィジェットの値の範囲

スケールの値の範囲（下限と上限）を設定するには、コンストラクタにキーワード引数 'from_=下限値', 'to=上限値' を与える。（from_のアンダースコアに注意）スライダの向きが上下方向の場合は上端が下限値であり、左右方向の場合は左端が下限値となる。

プログレスバーには上限のみ設定することができる。コンストラクタにキーワード引数 'maximum=上限値' を与えることで上限を設定することができる。

C.3 メニューの構築

ここでは図 56 のようなアプリケーションを例に挙げてメニューの構成方法について説明する。

このアプリケーションは、ウィンドウ上部に「Menu-1」「Menu-2」という 2 つのメニューを備えたメニューバーを持つ。それぞれのメニューはプルダウンの形でメニュー項目を表示する。メニュー項目を選択すると、その旨を告げるメッセージをラベルに表示する。「Menu-1」の項目「Quit」を選択することでアプリケーションが終了する。

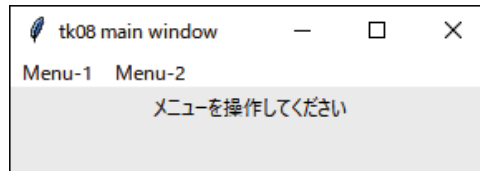
このアプリケーションの実装例をサンプルプログラム tk08.py に示す。

プログラム：tk08.py

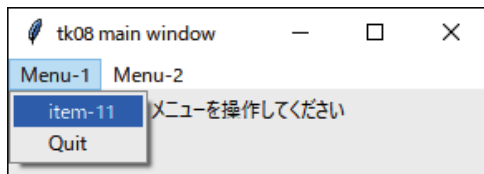
```

1  # coding: utf-8
2  # モジュールの読み込み
3  import tkinter           # Tkinter
4

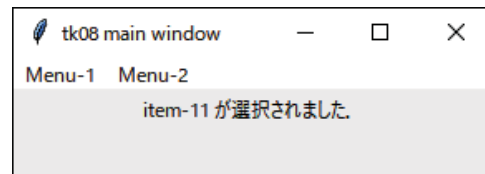
```



(a) 起動時



(b) メニュー項目の選択



(c) 選択後の動動作

図 56: メニュー

```

5  #--- GUIの構築 ---
6  root = tkinter.Tk()                # アプリケーションの最上位ウィジェット
7  root.title( 'tk08 main window' )    # ウィンドウのタイトル
8  root.geometry( '290x50+20+10' )    # ウィンドウのサイズと位置
9
10 frMain = tkinter.Frame(root)        # GUI構築用のコンテナ
11 frMain.pack()                      # frMainをrootに配置
12
13 #---
14 # メニューの構築
15 mb1 = tkinter.Menu(root)            # メニューバーの生成
16 root.config( menu=mb1 )            # 最上位ウィジェットへの取り付け
17
18 # メニュー選択を受けて起動する関数
19 def cmdMn11():
20     lb1['text'] = 'item-11 が選択されました。'
21 def cmdMn12():
22     print('Quit が選択されました。終了します。')
23     root.quit()
24
25 def cmdMn21():
26     lb1['text'] = 'item-21 が選択されました。'
27 def cmdMn22():
28     lb1['text'] = 'item-22 が選択されました。'
29
30 # メニュー 1
31 mn1 = tkinter.Menu( mb1, tearoff=0 )
32 mn1.add_command( label='item-11', command=cmdMn11 )    # メニュー項目の登録
33 mn1.add_command( label='Quit', command=cmdMn12 )      # メニュー項目の登録
34 mb1.add_cascade( label='Menu-1', menu=mn1 )           # メニュー 1 をメニューバーに登録
35
36 # メニュー 2
37 mn2 = tkinter.Menu( mb1, tearoff=0 )
38 mn2.add_command( label='item-21', command=cmdMn21 )   # メニュー項目の登録
39 mn2.add_command( label='item-22', command=cmdMn22 )   # メニュー項目の登録
40 mb1.add_cascade( label='Menu-2', menu=mn2 )           # メニュー 2 をメニューバーに登録
41
42 # ラベル
43 lb1 = tkinter.Label( frMain, text='メニューを操作してください' )
44 lb1.pack( side='top' )
45
46 #--- アプリケーションの起動 ---
47 root.mainloop()                                     # イベントループ

```

解説:

15行目で Menu オブジェクト mb1 を生成し、16行目でそれをメニューバーとして最上位ウィジェット root に取り付けている。この処理においては root に対して config メソッドを使用する。その際、config メソッドのキーワード引数 'menu=' にメニューバーとなるオブジェクトを与える。

メニューバーにメニューを取り付けるには、各メニューとなる Menu オブジェクトを生成して、メニューバーの配

下に登録する。各メニューにメニュー項目を登録するには当該メニューオブジェクトに対して `add_command` メソッドを使用する。このメソッドのキーワード引数 `'label=` にはメニュー項目の表示名を与え、`'command=` には、そのメニュー項目を選択した際に起動する関数の名前を与える。

C.4 Canvas の描画

図形の描画には Canvas オブジェクトを使用する。

• Canvas のコンストラクタ

`Canvas(上位ウィジェット, width=横幅, height=高さ, bg=背景色)`

背景色には 3 原色 (RGB) の配合を 16 進数で、`'#'` で始まる文字列¹⁶² として与える。Canvas オブジェクトに対して、以下に示すような各種の描画メソッドを使用して描画する。

C.4.1 描画メソッド (一部)

• 矩形の描画

`create_rectangle(x1,y1,x2,y2, width=線幅, outline=線の色, fill=塗りの色)`

Canvas オブジェクト上に矩形 (長方形) を描画する。矩形の左上の座標を $(x1,y1)$ 、右下の座標を $(x2,y2)$ として描く。

• 楕円の描画

`create_oval(x1,y1,x2,y2, width=線幅, outline=線の色, fill=塗りの色)`

Canvas オブジェクト上に楕円を描画する。左上の座標を $(x1,y1)$ 、右下の座標を $(x2,y2)$ とする矩形に内接する楕円を描く。

• 楕円弧の描画

`create_arc(x1,y1,x2,y2, style=スタイル,
width=線幅, outline=線の色, fill=塗りの色, start=開始角, extent=弧の開き角)`

Canvas オブジェクト上に楕円弧を描画する。左上の座標を $(x1,y1)$ 、右下の座標を $(x2,y2)$ とする矩形に内接する楕円の一部を描く。スタイルには円弧の形状 (図 57 参照) を指定する。角度の単位は 360 進法の「度」で、回転方向は反時計回りである。



図 57: 楕円弧のスタイル

• 多角形の描画

`create_polygon(x1,y1,x2,y2,...,xn,yn, width=線幅, outline=線の色, fill=塗りの色)`

Canvas オブジェクト上に多角形を描画する。頂点の座標を $(x1,y1), (x2,y2), \dots, (xn,yn)$ で与える。

• 折れ線の描画

`create_line(x1,y1,x2,y2,...,xn,yn, width=線幅, fill=線の色)`

Canvas オブジェクト上に折れ線を描画する。始点 $(x1,y1)$ ではじまり終点 (xn,yn) で終わる頂点の座標の列 $(x1,y1), (x2,y2), \dots, (xn,yn)$ で与える。

¹⁶²HTML5 の CSS における色指定と同様。

・文字列の描画

`create_text(x,y, text=文字列, font=フォント指定, anchor=位置の基準, fill=色)`

Canvas オブジェクト上に文字列を描画する。描画位置を (x,y) で指定する。この際、表示する文字列全体のどの位置を基準にするかを**位置の基準**（図 58）で指定する。

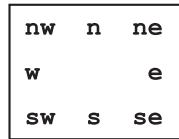


図 58: 位置の基準 (anchor)

フォント指定に文字列を表示するためのフォント名とサイズなどを指定する。使用できるフォント名を調べるためのプログラム例 `tk_font01.py` を示す。

プログラム: `tk_font01.py`

```
1 # coding: utf-8
2 # モジュールの読み込み
3 import tkinter          # Tkinter
4 import tkinter.font as tkfont  # フォント関連モジュール
5
6 root = tkinter.Tk()      # アプリケーションのウィジェット
7
8 fntL = list( tkfont.families(root) )  # フォントリストの取得
9 for f in fntL:                    # フォント名の出力
10     print( f )
```

この例のように、`tkinter.font` モジュールの `families` 関数を使用するとフォント名の列が得られる。

`tk_font01.py` の実行例

```
C:\Users\katsu > py tk_font01.py
System
@System
Terminal
...
(途中省略)
...
Highlight LET
Odessa LET
Scruff LET
```

・画像の描画

`create_image(x,y, image=画像オブジェクト, anchor=位置の基準)`

Canvas オブジェクト上に画像オブジェクトを描画する。描画位置を (x,y) で指定する。この際、表示する画像オブジェクトのどの位置を基準にするかを**位置の基準**（図 58）で指定する。

Tkinter で使用できる画像フォーマットの種類は限られており、多くの画像フォーマットを取り扱うには Pillow ライブラリ（画像処理用ライブラリ）を併用するのが良い。具体的には、Pillow の `open` 関数で画像を読み込み、それを Pillow の `PhotoImage` 関数によって Tk で使用できる画像オブジェクトに変換¹⁶³ する。（後のサンプルプログラム `tk09.py` で使用例を示す）

Canvas 上に各種の描画を行うサンプルプログラム `tk09.py` を次に示す。

¹⁶³注意) Pillow の `PhotoImage` 関数で生成した画像オブジェクトには**ガベージコレクション**が予期せぬタイミングで働くことがある。特に当該オブジェクトを関数内部のローカル変数（局所変数）に格納した場合において画像オブジェクトが予期せず消滅してしまうことがある。このため、当該関数で生成したオブジェクトは、グローバル変数に格納するなどして、予期せぬ消滅を防ぐ必要がある。

プログラム：tk09.py

```
1  # coding: utf-8
2  # モジュールの読み込み
3  import tkinter          # Tkinter
4  import PIL.Image as PilImage    # Pillowのimageモジュール
5  import PIL.ImageTk as PilImageTk  # PillowのImageTkモジュール
6
7  #--- GUIの構築 ---
8  root = tkinter.Tk()           # アプリケーションの最上位ウィジェット
9  root.title( 'tk09 main window' )  # ウィンドウのタイトル
10 root.geometry( '400x300+20+10' )  # ウィンドウのサイズと位置
11
12 frMain = tkinter.Frame(root)    # GUI構築用のコンテナ
13 frMain.pack()                  # frMainをrootに配置
14
15 #---
16 # Canvas描画
17
18 # Canvasの生成と配置
19 cv1 = tkinter.Canvas(frMain,bg='#ffffff',width=400,height=300)
20 cv1.pack( side='top' )
21
22 # 楕円
23 cv1.create_oval(10,10,150,100,
24                 outline='#ff0000',width=10,fill='#00ff00')
25 # 矩形
26 cv1.create_rectangle(170,10,270,100,
27                      outline='#0000ff',width=10,fill='#ffff00')
28 # 多角形
29 cv1.create_polygon(290,10,380,10,380,100,335,40,290,100,
30                   outline='#000000',width=10,fill='#ff00ff')
31 # 折れ線
32 cv1.create_line(10,120,380,120,10,150,380,150,
33                width=10,fill='#00ffff')
34 # 文字列
35 cv1.create_text(10,170,text='ゴシック',
36                font='IPAゴシック 40', anchor='nw', fill='#000000')
37 cv1.create_text(10,230,text='明朝',
38                font='IPA明朝 40', anchor='nw', fill='#000000')
39 # 楕円弧
40 cv1.create_arc(120,230,285,330, style='pieslice',
41               start=60, extent=120, outline='#000000',width=5,fill='#ffff00')
42
43 # 画像 (Pillowオブジェクトとして読み込み, Tkオブジェクトに変換)
44 im0 = PilImage.open('Earth2.jpg')    # Pillowオブジェクト
45 im1 = PilImageTk.PhotoImage( im0.resize((130,130)) )  # Tkオブジェクト
46 cv1.create_image(250,160,image=im1,anchor='nw')
47
48 #--- アプリケーションの起動 ---
49 root.mainloop()                    # イベントループ
```

このプログラムを実行した例を図 59 に示す。

C.4.2 図形の管理

Canvas 上に描く図形には、描画メソッドの実行の際にキーワード引数 **‘tag=タグ名’** を指定することで**タグ**（識別名）を与えることができ、これを指定して Canvas 上での位置の変更や削除などの操作ができる。例えば、Canvas オブジェクト cv1 上の図形 **‘tg01’** を削除するには

```
cv1.delete('tg01')
```

のように delete メソッドを実行する。また、描画位置を変更するには coords メソッドを用いる。

描画した図形を削除する例をサンプルプログラム tk09-2.py に、位置を移動する例をサンプルプログラム tk09-3.py にそれぞれ示す。



図 59: Canvas 上での各種描画

プログラム：tk09-2.py

```

1  # coding: utf-8
2  # モジュールの読み込み
3  import tkinter                # Tkinter
4
5  #--- GUIの構築 ---
6  root = tkinter.Tk()           # アプリケーションの最上位ウィジェット
7  root.title( 'tk09-2 main window' ) # ウィンドウのタイトル
8  root.geometry( '400x200+20+10' ) # ウィンドウのサイズと位置
9  root.resizable(False,False)
10
11 # コールバック：図形追加
12 def cmdGen():
13     cv1.create_oval(10,10,390,130, tag='tg01',
14                     outline='#ff0000',width=10,fill='#00ff00')
15 # コールバック：図形削除
16 def cmdDel():
17     cv1.delete('tg01')
18
19 btnGen = tkinter.Button(root,text='追加',command=cmdGen)    # 追加ボタン
20 btnGen.pack( fill='x' )
21
22 btnDel = tkinter.Button(root,text='削除',command=cmdDel)    # 削除ボタン
23 btnDel.pack( fill='x' )
24
25 # Canvasの生成と配置
26 cv1 = tkinter.Canvas(root,bg='#ffffff')
27 cv1.pack( fill='both' )
28
29 #--- アプリケーションの起動 ---
30 root.mainloop()      # イベントループ

```

このプログラムでは「追加」ボタンのクリックにより描画を,「削除」ボタンのクリックにより図形の削除を実行する。(図 60)



図 60: Canvas 上の図形の追加と削除

プログラム：tk09-3.py

```

1  # coding: utf-8
2  # モジュールの読み込み
3  import tkinter                # Tkinter
4
5  #--- GUIの構築 ---
6  root = tkinter.Tk()           # アプリケーションの最上位ウィジェット
7  root.title( 'tk09-3 main window' ) # ウィンドウのタイトル
8  root.geometry( '350x250+20+10' )  # ウィンドウのサイズと位置
9  root.resizable(False,False)
10
11 # コールバック：図形追加
12 def cmdUp():                   # ↑
13     global x1, y1, x2, y2
14     y1 -= 5;    y2 -= 5
15     cv1.coords('tg01',x1,y1,x2,y2)
16 def cmdLeft():                 # ←
17     global x1, y1, x2, y2
18     x1 -= 5;    x2 -= 5
19     cv1.coords('tg01',x1,y1,x2,y2)
20 def cmdRight():                # →
21     global x1, y1, x2, y2
22     x1 += 5;    x2 += 5
23     cv1.coords('tg01',x1,y1,x2,y2)
24 def cmdDown():                 # ↓
25     global x1, y1, x2, y2
26     y1 += 5;    y2 += 5
27     cv1.coords('tg01',x1,y1,x2,y2)
28
29 btnUp = tkinter.Button(root,text='↑',command=cmdUp)        # ↑ ボタン
30 btnUp.grid( row=0, column=1 )
31
32 btnLeft = tkinter.Button(root,text='←',command=cmdLeft)    # ← ボタン
33 btnLeft.grid( row=1, column=0 )
34
35 btnRight = tkinter.Button(root,text='→',command=cmdRight)  # → ボタン
36 btnRight.grid( row=1, column=2 )
37
38 btnDown = tkinter.Button(root,text='↓',command=cmdDown)    # ↓ ボタン
39 btnDown.grid( row=2, column=1 )
40
41 # Canvasの生成と配置
42 cv1 = tkinter.Canvas(root,bg='#ffffff', width=300,height=190)
43 cv1.grid( row=1, column=1 )
44
45 x1 = 125;    y1 = 70
46 x2 = 175;    y2 = 120
47 cv1.create_oval(x1,y1,x2,y2, tag='tg01',
48                outline='#ff0000',width=10,fill='#00ff00')
49
50 #--- アプリケーションの起動 ---
51 root.mainloop()      # イベントループ

```

このプログラムでは「↑」「←」「→」「↓」の各ボタンのクリックにより図形的位置を変更する。(図 61)

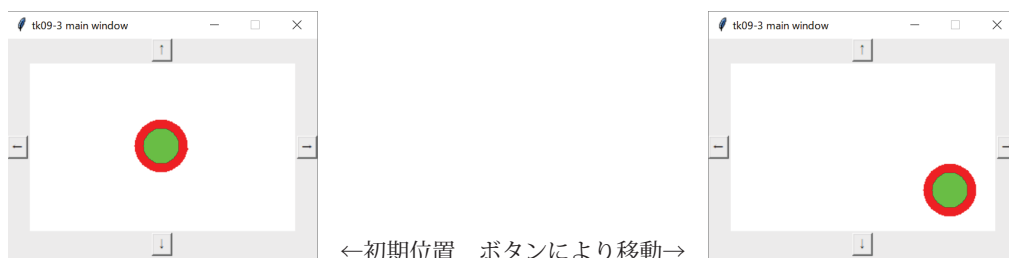


図 61: Canvas 上での図形の移動

C.5 イベントハンドリング

各種のウィジェットには、受信すべきイベントを登録し、それに対して起動する関数（コールバック関数もしくはイベントハンドラ）を設定することができる。これには次に示す `bind` メソッドを使用する。

・ウィジェットへのイベントハンドリングの実装

`bind(イベントシーケンス, コールバック関数の名前)`

イベントシーケンスで示すイベントが発生した際にコールバック関数を起動する。イベントシーケンスは '`< ... >`' でイベント名を括った記述の連鎖¹⁶⁴である。

キーボードとマウスに関するイベントを表 39 に示す。

表 39: イベントの表記（一部）

キーボード		マウス	
表記	意味	表記	意味
KeyPress / Key	キーの押下	ButtonPress / Button	ボタンの押下
KeyRelease	キーの解放	ButtonRelease	ボタンの解放
		Motion	マウスの移動

これらイベントには各種のモディファイア（装飾）をつけることができる。（表 40）

表 40: モディファイア（一部）

表記	意味	表記	意味
Control	CTRL キー	Shift	SHIFT キー
Alt	ALT キー		
Button1	マウスの左ボタン	Button3	マウスの右ボタン
Double	ダブルクリック	Triple	トリプルクリック

テキストウィジェットとラベルウィジェットに対してイベントハンドリングを実装するプログラムの例 `tk10.py` を示す。

プログラム：tk10.py

```
1 # coding: utf-8
2 # モジュールの読み込み
3 import tkinter          # Tkinter
4
5 #--- GUIの構築 ---
6 root = tkinter.Tk()      # アプリケーションの最上位ウィジェット
7 root.title( 'tk10 main window' ) # ウィンドウのタイトル
8 root.geometry( '600x140+20+10' ) # ウィンドウのサイズと位置
9
10 frMain = tkinter.Frame(root) # GUI構築用のコンテナ
11 frMain.pack() # frMainをrootに配置
12
13 # テキスト
14 txt = tkinter.Text(frMain, width=40, height=10, wrap='none')
15 txt.pack( side='left' )
16
17 # ラベル
18 lb1 = tkinter.Label(frMain, width=300, height=150, bg='cccccc')
19 lb1.pack( side='left' )
20
21 #---
22 # イベントハンドリング
23
24 # コールバック関数
```

¹⁶⁴複雑なイベントの連鎖をハンドリングできる。詳しくは Tkinter の公式ドキュメントを参照のこと。

```

25 def evAltKey( ev ):
26     msg = '● ALTキー:\t\t' + str(ev.time) + ',\t' + ev.keysym + \
27           '\t' + ev.type
28     print(msg)
29 def evKey( ev ):
30     msg = '● キー入力:\t\t' + str(ev.time) + ',\t' + ev.keysym + \
31           '\t' + ev.type
32     print(msg)
33
34 def evSClick1( ev ):
35     msg = '● 左シングルクリック:\t' + str(ev.time) + ',\t' + str((ev.x, ev.y)) + \
36           '\t' + ev.type
37     print(msg)
38 def evSClick3( ev ):
39     msg = '● 右シングルクリック:\t' + str(ev.time) + ',\t' + str((ev.x, ev.y)) + \
40           '\t' + ev.type
41     print(msg)
42 def evDbClick1( ev ):
43     msg = '● 左ダブルクリック:\t' + str(ev.time) + ',\t' + str((ev.x, ev.y)) + \
44           '\t' + ev.type
45     print(msg)
46 def evDbClick3( ev ):
47     msg = '● 右ダブルクリック:\t' + str(ev.time) + ',\t' + str((ev.x, ev.y)) + \
48           '\t' + ev.type
49     print(msg)
50
51 def evDrag1( ev ):
52     msg = '● 左ドラッグ:\t\t' + str(ev.time) + ',\t' + str((ev.x, ev.y)) + \
53           '\t' + ev.type
54     print(msg)
55 def evDrag3( ev ):
56     msg = '● 右ドラッグ:\t\t' + str(ev.time) + ',\t' + str((ev.x, ev.y)) + \
57           '\t' + ev.type
58     print(msg)
59
60 # イベント処理の登録
61 txt.bind('<Alt-Key>', evAltKey)
62 txt.bind('<Key>', evKey)
63
64 lb1.bind('<Button-1>', evSClick1)
65 lb1.bind('<Button-3>', evSClick3)
66 lb1.bind('<Double-Button-1>', evDbClick1)
67 lb1.bind('<Double-Button-3>', evDbClick3)
68
69 lb1.bind('<Button1-Motion>', evDrag1)      # 左ボタンでドラッグ
70 lb1.bind('<Button3-Motion>', evDrag3)     # 右ボタンでドラッグ (Windows)
71
72 #--- アプリケーションの起動 ---
73 root.mainloop()                          # イベントループ

```

このプログラムを実行すると、図 62 のようなウィンドウが表示される。61,62 行目でテキストウィジェットオブジェクト txt に対してキーボードイベントのハンドリングを設定している。64～70 行目ではラベルウィジェット lb1 に対してマウスイベントのハンドリングを設定している。

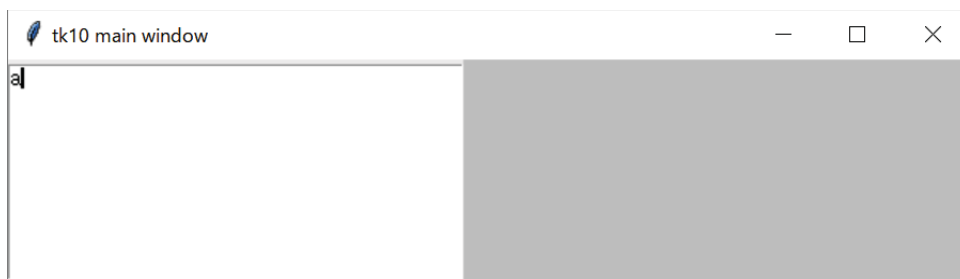


図 62: キーボードとマウスに反応するアプリケーション

キーボード入力やマウス操作を行うと、それを標準出力に報告する。実行例を次に示す。

実行例

- キー入力: 141868953, a, 2
- キー入力: 141879187, Alt_L, 2
- ALT キー: 141879296, x, 2
- 左シングルクリック: 141883453, (19, 22), 4
- 左ドラッグ: 141883656, (20, 23), 6
- 左ドラッグ: 141883671, (20, 24), 6
- 左ドラッグ: 141883687, (21, 24), 6

コールバック関数は引数としてイベントオブジェクトを受け取る。このオブジェクトのプロパティにイベントに関する各種の情報が保持されている。(表 41)

表 41: イベントオブジェクトのプロパティ (一部)

表記	意味	表記	意味
widget	当該ウィジェット	time	時刻
type	イベントのタイプ		
x	ウィジェット上でのマウスの x 座標	y	ウィジェット上でのマウスの y 座標
x_root	ウィンドウ上でのマウスの x 座標	y_root	ウィンドウ上でのマウスの y 座標
keycode	キーコード	keysym	キーシンボル

C.5.1 時間を指定した関数の実行

指定した時間が経過した後¹⁶⁵ でコールバック関数を呼び出すには、after メソッドを使用する。このメソッドはウィジェットオブジェクトに対して実行する。

・タイマー

after(経過時間, コールバック関数の名前)

経過時間はミリ秒の単位の数値で与える。コールバック関数は引数を取らない。

after メソッドを応用して時計を実現したプログラムの例 tk11.py を示す。

プログラム：tk11.py

```
1 # coding: utf-8
2 # モジュールの読み込み
3 import tkinter # Tkinter
4 from datetime import datetime # datetime
5
6 #--- GUIの構築 ---
7 root = tkinter.Tk() # アプリケーションの最上位ウィジェット
8 root.title( 'tk11 main window' ) # ウィンドウのタイトル
9 root.geometry( '280x60+20+10' ) # ウィンドウのサイズと位置
10
11 frMain = tkinter.Frame(root) # GUI構築用のコンテナ
12 frMain.pack() # frMainをrootに配置
13
14 # ラベル
15 lb1 = tkinter.Label(frMain,width=300,height=150,
16                     bg='#dddddd',font='IPAゴシック 18')
17 lb1.pack( side='top' )
18
19 #---
20 # イベントハンドリング
21
22 # コールバック関数
23 def evFunc1( ):
24     d = datetime.now()
```

¹⁶⁵タイマーイベントと呼ばれることが多い

```

25     msg = str(d.year) + '年' + str(d.month) + '月' + str(d.day) + '日\n' + \
26           str(d.hour) + '時' + str(d.minute) + '分' + str(d.second) + '秒'
27     lb1['text'] = msg
28     lb1.after(1000, evFunc1)
29
30 lb1.after(500, evFunc1)
31
32 #--- アプリケーションの起動 ---
33 root.mainloop()           # イベントループ

```

このプログラムを実行すると、図 63 のようなウィンドウが表示されて時刻を知らせる。

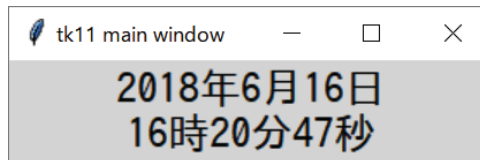


図 63: 時計のアプリケーション

C.6 複数のウィンドウの表示

Tk() の実行によりアプリケーションの最上位のウィジェットを生成し、それを当該アプリケーションのメインウィンドウとするが、これとは別のウィンドウを生成するには Toplevel() を実行する。2 つ目のウィンドウを生成して表示するプログラムの例を tk12.py に示す。

プログラム：tk12.py

```

1  # coding: utf-8
2  # モジュールの読み込み
3  import tkinter           # Tkinter
4
5  #--- メインウィンドウ ---
6  root = tkinter.Tk()
7  root.title('tk12 main window')    # メインウィンドウのタイトル
8  root.geometry('280x60+20+10')     # メインウィンドウのサイズと位置
9
10 lb1 = tkinter.Label(root, text='メインウィンドウ')
11 lb1.pack(fill='both', expand=1)
12
13 #--- サブウィンドウ ---
14 subW = tkinter.Toplevel()
15 subW.title('tk12 sub window')     # サブウィンドウのタイトル
16 subW.geometry('280x50+120+110')   # サブウィンドウのサイズと位置
17
18 lb2 = tkinter.Label(subW, text='サブウィンドウ')
19 lb2.pack(fill='both', expand=True)
20
21 #--- アプリケーションの起動 ---
22 root.mainloop()           # イベントループ

```

このプログラムを実行した例を図 64 に示す。

このプログラムはメインウィンドウを閉じると、サブウィンドウ（プログラム中の subW）を含めて全て終了する。

C.7 ディスプレイやウィンドウに関する情報の取得

Tk() の実行によって生成したウィンドウ（最上位ウィジェット）からは様々な情報が取得できる。最上位ウィジェット root がある場合に、それに対して実行するメソッドと得られる値を表 42 に示す。

スクリーンのサイズ、ウィンドウのサイズと位置を取得するサンプルプログラム tk13.py を示す。

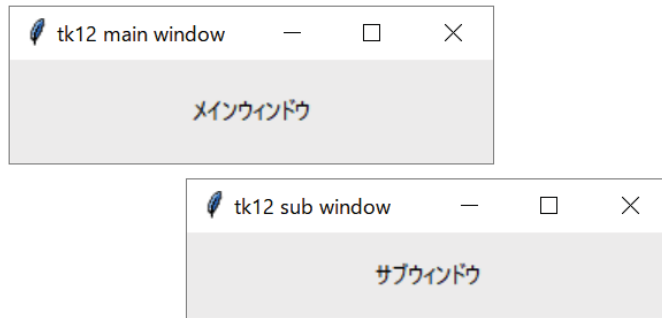


図 64: 複数のウィンドウ

表 42: ディスプレイやウィンドウに関する情報を取得するメソッド

メソッド	得られる値	メソッド	得られる値
<code>winfo_screenwidth()</code>	ディスプレイの横幅	<code>winfo_screenheight()</code>	ディスプレイの高さ
<code>winfo_width()</code>	ウィンドウの横幅	<code>winfo_height()</code>	ウィンドウの高さ
<code>winfo_x()</code>	ウィンドウの横位置	<code>winfo_y()</code>	ウィンドウの縦位置

プログラム：tk13.py

```

1  # coding: utf-8
2  import tkinter          # Tkinterの読み込み
3
4  #--- コールバック関数 ---
5  def cmdConfig(ev):
6      w = root.winfo_width()      # 横幅の取得
7      h = root.winfo_height()     # 高さの取得
8      x = root.winfo_x()          # ウィンドウの横位置
9      y = root.winfo_y()          # ウィンドウの縦位置
10     msg = str(w) + 'x' + str(h) + '+' + str(x) + '+' + str(y)
11     lb1['text'] = msg
12
13 #--- GUIの構築 ---
14 root = tkinter.Tk()           # アプリケーションの最上位ウィジェット
15 root.title( 'tk13 main window' ) # ウィンドウのタイトル
16 root.geometry( '400x100+20+10' ) # ウィンドウのサイズと位置
17 root.bind('<Configure>', cmdConfig)
18
19 # 配置テスト用のラベル
20 lb1 = tkinter.Label( root, text='ウィンドウサイズ',
21                     font='IPAゴシック 18',
22                     bg='#000000', fg='#ffffff' )
23 lb1.pack( fill='both', expand=True )
24
25 W = root.winfo_screenwidth()   # スクリーンの幅
26 H = root.winfo_screenheight()  # スクリーンの高さ
27 print('画面サイズ：',W,'x',H)
28
29 #--- アプリケーションの起動 ---
30 root.mainloop()               # イベントループ

```

ウィンドウサイズの変更などはイベント 'Configure' としてハンドリング (17行目) している。

プログラムを実行して、表示されたウィンドウの位置とサイズを変更する様子を図 65 に示す。

C.8 メッセージボックス (messagebox)

「ダイアログボックス」と呼ばれることの多いUIがTkinterでもメッセージボックス (messagebox) という形で提供されている。Tkinterのメッセージボックスは `tkinter.messagebox` モジュール下の関数として提供されている。各種メッセージボックスを表示するための関数の名称と表示例、ボタン操作の結果得られる関数の戻り値を図 66 に示す。

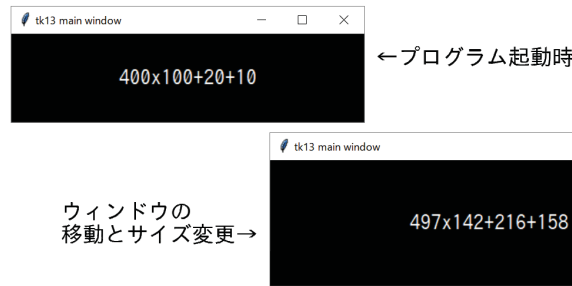


図 65: ウィンドウの移動とサイズ変更に伴う情報の取得



ボタン操作に応じて真値 (True/False) や文字列の戻り値が得られる。

図 66: 各種メッセージボックス： 表示するための関数の名称とボタン操作に対する戻り値

図 66 のようなメッセージボックスを表示するサンプルプログラムを tk14.py に示す。

プログラム：tk14.py

```

1  # coding: utf-8
2  import tkinter
3  from tkinter import messagebox
4
5  #--- コールバック関数 ---
6  def cb_yesno():
7      r = messagebox.askyesno(
8          title='askyesno', message='これは好きですか?' )
9      vEnt.set( str(r)+' : '+str(type(r)) )
10 def cb_retrycancel():
11     r = messagebox.askretrycancel(
12         title='askretrycancel', message='どうしますか?' )
13     vEnt.set( str(r)+' : '+str(type(r)) )
14 def cb_question():
15     r = messagebox.askquestion(
16         title='askquestion', message='これは好きですか?' )

```

```

17     vEnt.set( str(r)+' : '+str(type(r)) )
18 def cb_okcancel():
19     r = messagebox.askokcancel(
20         title='askokcancel', message='実行していいですか?' )
21     vEnt.set( str(r)+' : '+str(type(r)) )
22 def cb_showerror():
23     r = messagebox.showerror(
24         title='showerror', message='エラーが発生しました!' )
25     vEnt.set( str(r)+' : '+str(type(r)) )
26 def cb_showwarning():
27     r = messagebox.showwarning(
28         title='showwarning', message='警告メッセージ!' )
29     vEnt.set( str(r)+' : '+str(type(r)) )
30 def cb_showinfo():
31     r = messagebox.showinfo(
32         title='showinfo', message='メッセージです.' )
33     vEnt.set( str(r)+' : '+str(type(r)) )
34 def cb_close():
35     r = messagebox.askokcancel(
36         title='askokcancel', message='終了しようとしています!' )
37     print('戻り値:',r,':',type(r))
38     if r:
39         root.destroy()
40
41 #--- ウィンドウの構築 ---
42 root = tkinter.Tk()
43 root.title('tk14')
44 root.geometry('350x300+20+10')
45
46 # 各種メッセージボックスを表示するボタン
47 b1 = tkinter.Button(root,text='askyesnoのテスト',command=cb_yesno)
48 b1.pack(side='top',fill='both',expand=True)
49
50 b2 = tkinter.Button(root,text='askretrycancelのテスト',command=cb_retrycancel)
51 b2.pack(side='top',fill='both',expand=True)
52
53 b3 = tkinter.Button(root,text='askquestionのテスト',command=cb_question)
54 b3.pack(side='top',fill='both',expand=True)
55
56 b4 = tkinter.Button(root,text='askokcancelのテスト',command=cb_okcancel)
57 b4.pack(side='top',fill='both',expand=True)
58
59 b5 = tkinter.Button(root,text='showerrorのテスト',command=cb_showerror)
60 b5.pack(side='top',fill='both',expand=True)
61
62 b6 = tkinter.Button(root,text='showwarningのテスト',command=cb_showwarning)
63 b6.pack(side='top',fill='both',expand=True)
64
65 b7 = tkinter.Button(root,text='showinfoのテスト',command=cb_showinfo)
66 b7.pack(side='top',fill='both',expand=True)
67
68 # エントリー
69 vEnt = tkinter.StringVar()
70 vEnt.set('ここに戻り値が表示されます')
71 e1 = tkinter.Entry(root,textvariable=vEnt)
72 e1.pack(side='top',fill='both',expand=True)
73
74 # ラベル
75 lb = tkinter.Label(root,text='ウィンドウを閉じてみてください.',
76                     font='18')
77 lb.pack(side='top',fill='both',expand=True)
78
79 #--- ウィンドウを閉じる際のコールバック設定 ---
80 root.protocol('WM_DELETE_WINDOW', cb_close)
81
82 #--- イベントループ ---
83 root.mainloop()

```

このプログラムを実行すると図 67 のようなウィンドウが表示される。

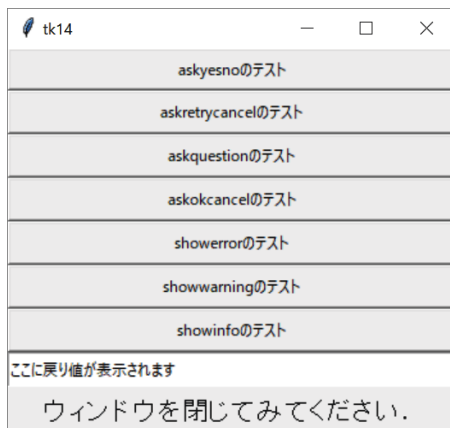


図 67: アプリケーションのメインウィンドウ

ウィンドウ内のボタン操作に対するコールバック処理として、各種のメッセージボックスを表示するための関数を呼び出している。メッセージボックスのボタン操作に対する関数の戻り値とその データ型 をウィンドウ内の Entry (テキストボックス) に表示する。

C.8.1 アプリケーション終了のハンドリング

通常の場合、GUI アプリケーションはウィンドウを閉じると終了するが、ウィンドウを閉じる操作に対するコールバック処理を設定することができる。先のサンプルプログラム tk14.py の 80 行目で、ウィンドウ root に対して protocol メソッドを実行しているが、その際にハンドリングのためのコールバック関数 `cb_close` (34～39 行目で定義) を設定している。これにより、ウィンドウを閉じる操作をするとメッセージボックスを表示して、本当に終了するか否かの選択をユーザに促す。

tk14.py の 39 行目にあるように、ウィンドウに対して `destroy` メソッドを実行すると当該ウィンドウが閉じられる。

C.9 ウィジェットの親, 子を調べる方法

あるウィジェットが属する上位のウィジェット（親ウィジェット）は、当該ウィジェットの `master` 属性が保持している。また、あるウィジェットが配下に持つウィジェットは、当該ウィジェットに `wininfo_children` メソッドを実行することでリストの形で得られる。

`tkinter.Tk()` で作成した最上位のウィジェットは親ウィジェットを持たず、`master` 属性を参照すると `None`（ヌルオブジェクト）となる。また、最下位のウィジェット（配下に子を持たないウィジェット）に対して `wininfo_children` メソッドを実行すると空リスト `[]` が得られる。

【サンプルプログラム】

次に示すサンプルプログラムで定義されている関数 `dispWtree` は、第一引数にウィジェットのリストを、第二引数に `0` を与えて実行するとウィジェットの階層関係を表示する。

プログラム（一部）：これを `tk08.py` の末尾に追加して実行する

```
1 def dispWtree(wl,n):      # ウィジェットリスト wl の階層を表示する関数
2     fl = ' '*n*4
3     for w in wl:
4         print( fl, type(w), ': ', w )
5         wl2 = w.wininfo_children()
6         dispWtree(wl2,n+1)
7
8 dispWtree([root],0)      # 最上位のウィジェット root 以下の階層を調べる
```

これを先に示したプログラム `tk08.py` (p.296) の末尾に追加して実行すると、メニュー操作「Quit」で終了する際に、次のようにウィジェット階層を表示する。

実行結果の例.

```
<class 'tkinter.Tk'> : .
  <class 'tkinter.Frame'> : .!frame
    <class 'tkinter.Label'> : .!frame.!label
  <class 'tkinter.Menu'> : .!menu
    <class 'tkinter.Menu'> : .!menu.!menu
    <class 'tkinter.Menu'> : .!menu.!menu2
```

ウィジェットの種類と共に `root` 以下の階層関係が表示されている。

D ライブラリの取り扱いについて

D.1 ライブラリの読み込みに関すること

ライブラリを読み込むための最も基本的な記述は

```
import ライブラリ名
```

である。当該ライブラリに含まれるクラスやメソッド、関数などを使用するには、それらの名前の前に

‘ライブラリ名.’

を付ける。(接頭辞の付加) 例えば math モジュールの sin 関数を呼び出す場合は、

```
import math
y = math.sin( math.pi/2 )
```

などとする。

パッケージ構成のモジュールの場合は、1つのパッケージが複数のモジュールを保持している。例えば「パッケージ1」というパッケージが「モジュール1」というモジュールを保持している場合は、次のようにしてそのモジュールを読み込む。

```
import パッケージ 1. モジュール 1
```

この後、例えば次のようにして、そこに属する関数やクラスを利用することができる。

パッケージ 1. モジュール 1. 関数 (引数,...)

パッケージは、サブパッケージから成る階層構造をとる場合もある。その場合は、

```
import パッケージ 1. サブパッケージ. サブサブパッケージ... モジュール
```

のようにして読み込む。ただし、この方法でモジュールを読み込むと、その利用において、接頭辞のドット「.」による連結表記が長くなってしまい、記述の煩わしさが生じる。そのような場合は、モジュールの読み込み時に別名を与えると良い。

D.1.1 ライブラリ読み込みにおける別名の付与

先に例示したような、ドット表記の長いパッケージ読み込みにおいては、別名を与えて簡潔な記述にすることができる。具体的には、import による読み込みの最後に「as 別名」を記述する。

```
import パッケージ 1. サブパッケージ. サブサブパッケージ... モジュール as 別名
```

この後、例えば次のようにして簡潔な記述ができる。

別名. 関数 (引数,...)

「別名」は任意に決めて良い。

D.1.2 接頭辞を省略するためのライブラリの読み込み

import でライブラリを読み込む際に from を使って

```
from ライブラリの指定 import 関数やクラスなど
```

として特定の関数やクラスを指定して読み込むことができる。例えば、math モジュールの sin と pi のみを読み込んで使用するには次のようにする。

```
from math import sin, pi
```

これにより、sin と pi の使用に際して接頭辞 ‘math.’ を付ける必要がなくなる。(次の例)

例. 接頭辞を省略するためのモジュール読み込み

```
>>> from math import sin, pi [Enter] ← math モジュールから sin と pi のみ読み込む
>>> sin( pi/2 ) [Enter] ←接頭辞無しで計算実行
1.0 ←結果表示
```

更に、読み込み時の関数名やクラス名の代わりにアスタリスク「*」を指定すると、当該モジュール内のすべてのものが読み込まれ、接頭辞を付ける必要が一切無くなる。(次の例参照)

例. モジュール内のすべてのものを読み込む

```
>>> from math import * Enter ← math モジュールから全てを読み込む
>>> acos( sin( 3 * pi / 2 ) ) Enter ←接頭辞無しで計算実行
3.141592653589793 ←結果表示
```

接頭辞を付けずに math モジュールの acos, sin, pi が使用できることがわかる。

D.1.2.1 接頭辞を省略する際の注意 (名前の衝突)

ライブラリの読み込みにおいてアスタリスク「*」を使用する場合は**名前の衝突**に注意しなければならない。このことは特に複数のライブラリを併用する場合に重要である。

複数の異なるライブラリが同一の関数名やクラス名を使用している場合に名前の衝突が起こる。例えば math モジュールと mpmath は同じ名前の関数を多数提供しており、この問題が発生する。具体的な例を挙げると、sin 関数は両方のライブラリが提供しており、アスタリスクによる読み込みによって問題が発生する。(次の例参照)

例. math モジュールと mpmath の間での名前の衝突

```
>>> from math import * Enter ← math モジュールから全てを読み込む
>>> sin(pi/2) Enter ←接頭辞無しで計算実行
1.0 ← math.sin による結果
>>> from mpmath import * Enter ← mpmath から全てを読み込む
>>> sin(pi/2) Enter ←接頭辞無しで計算実行
mpf('1.0') ← mpmath.sin による結果
```

これは、後から読み込まれた mpmath によって、先に読み込まれたモジュールの関数が上書きされてしまった例である。接頭辞を省略する形でのライブラリの利用に際しては十分な注意が必要である。長い接頭辞を付けることが煩わしい場合は、別名を付与して名前の衝突に対処するのが良い。

D.1.3 ライブラリのパス: sys.path

Python 処理系が読み込むライブラリのパスは sys.path に設定されている。

例. sys.path の内容を調べる

```
>>> import sys Enter ← sys モジュールの読み込み
>>> sys.path Enter ← sys.path の内容を参照する
['', 'C:\\Program Files\\Python37\\python37.zip', 'C:\\Program Files\\Python37\\DLLs',
 'C:\\Program Files\\Python37\\lib', 'C:\\Program Files\\Python37',
 'C:\\Program Files\\Python37\\lib\\site-packages',
 'C:\\Program Files\\Python37\\lib\\site-packages\\win32',
 'C:\\Program Files\\Python37\\lib\\site-packages\\win32\\lib',
 'C:\\Program Files\\Python37\\lib\\site-packages\\Pythonwin']
```

この例のように、ライブラリを検索するパスがリストの形で得られる。

D.1.4 既に読み込まれているライブラリの調査: sys.modules

Python 処理系に既に読み込まれているライブラリの一覧は sys モジュールの modules から得られる。この値は辞書型であり、要素のキーはモジュール名、それに対する値は module オブジェクト¹⁶⁶である。これを応用して、処理系に読み込まれているモジュールのリストを作成する例を示す。

¹⁶⁶module オブジェクトに関しては、Python の公式ドキュメントを参照のこと。

例. 処理系に読み込まれているライブラリを確認する

```
>>> import sys Enter    ← sys モジュールの読み込み
>>> mlst = list( sys.modules.keys() ) Enter    ←キーのリストを取得
>>> from pprint import pprint Enter    ←整形表示用に pprint を読み込む
>>> pprint( mlst ) Enter    ←キーのリストを表示
['sys',
 'builtins',
 '_frozen_importlib',
 '_imp',
  .
  (途中省略)
  .
 'pyreadline.rlmain',
 'pyreadline.release',
 'rlcompleter']
```

この例では mlst にモジュール名のリストが得られている。

ライブラリは他のライブラリを用いて (import して) 作成されていることも多く, そのようなライブラリを読み込むと, 副次的に読み込んだライブラリの名前も `sys.modules` に反映される. あるライブラリが, そのスコープ内で読み込んだライブラリはグローバルのスコープにはなく, 副次的に読み込まれたライブラリの機能は Python の対話モードでは使用できない.

`sys.modules` から得られるライブラリ名の内, グローバルのスコープで利用できるものを探すには `globals()`¹⁶⁷ の戻り値との共通部分を算出する. (次の例参照)

例. グローバルのスコープで読み込まれているモジュールの調査 (先の例の続き)

```
>>> gmlst = set(mlst).intersection( set(globals()) ) Enter ←モジュール名のセットを取得
>>> pprint( gmlst ) Enter    ←モジュール名のセットを表示
{'sys'}          ←結果
```

この例の結果は, `sys` モジュールがグローバルのスコープで利用できることを示している.

D.1.5 The Zen of Python

`import this` を実行すると, Python 言語についての基本的な考え方や, Python 言語におけるプログラミングに対する姿勢 (Tim Peters 氏による) が出力される.

例. The Zen of Python

```
>>> import this

The Zen of Python, by Tim Peters

Beautiful is better than ugly.
Explicit is better than implicit.
Simple is better than complex.
Complex is better than complicated.
Flat is better than nested.
Sparse is better than dense.
Readability counts.
Special cases aren't special enough to break the rules.
Although practicality beats purity.
Errors should never pass silently.
Unless explicitly silenced.
In the face of ambiguity, refuse the temptation to guess.
There should be one-- and preferably only one --obvious way to do it.
Although that way may not be obvious at first unless you're Dutch.
Now is better than never.
```

¹⁶⁷ 「4.16 使用されているシンボルの調査」(p.221) で解説している.


```
Although never is often better than *right* now.  
If the implementation is hard to explain, it's a bad idea.  
If the implementation is easy to explain, it may be a good idea.  
Namespaces are one honking great idea -- let's do more of those!
```

D.2 pkg_resources によるライブラリ情報の取得

Python 環境で利用するライブラリの管理は、基本的には PSF の pip コマンドや Anaconda の conda コマンドなどによる¹⁶⁸が、pkg_resources ライブラリ¹⁶⁹を使用すると、Python のプログラムからライブラリに関する情報（パッケージ情報）を取得することができる。

このライブラリのオブジェクト working_set (pkg_resources.working_set) には当該環境で利用できるライブラリ情報が保持されている。このオブジェクトを用いて利用可能なライブラリの一覧を表示するサンプルプログラムを示す。

プログラム：pkglist.py

```
1 # coding: utf-8  
2 import pkg_resources    # ライブラリの読み込み  
3 for lib in pkg_resources.working_set:  
4     print( lib.project_name, lib.version )
```

解説.

このプログラムでは pkg_resources.working_set から要素（パッケージ情報）を1つずつ取り出して変数 lib に受け取り、その project_name 属性からライブラリ名を、version 属性からバージョン情報を取得している。

このプログラムを実行すると次のように出力される。

実行例.

```
test-generator 0.1.1  
protobuf 3.6.1  
zipp 2.2.0  
zict 1.0.0  
:  
(途中省略)  
:  
altgraph 0.17  
alabaster 0.7.12  
abs1-py 0.11.0
```

¹⁶⁸付録 A (p.276～) を参照のこと。

¹⁶⁹setuptools に含まれる。

D.3 各種ライブラリの紹介

表 43: 各種ライブラリ

科学技術関連		
ライブラリ名	用途	配布元
matplotlib	グラフ作成／作図	http://matplotlib.org/
NumPy	数値計算（線形代数）	http://www.numpy.org/
SciPy	各種工学のための数値解析	https://www.scipy.org/
SymPy	数式処理	http://www.sympy.org/
データ処理		
ライブラリ名	用途	配布元
StatsModels	統計処理とモデリング	http://www.statsmodels.org/
scikit-learn	モデリングと機械学習	http://scikit-learn.org/
pandas	表形式データの処理	http://pandas.pydata.org/
seaborn	統計学に適した可視化ツール	https://seaborn.pydata.org/
画像処理関連		
ライブラリ名	用途	配布元
Pillow	画像処理	https://python-pillow.org/
OpenCV	画像処理, カメラキャプチャ, 画像認識	http://opencv.org/
ニューラルネットワーク関連		
ライブラリ名	用途	配布元
PyTorch	深層ニューラルネットワーク	https://pytorch.org/
Keras	深層ニューラルネットワーク	https://keras.io/
TensorFlow	深層ニューラルネットワーク	https://www.tensorflow.org/
マルチメディア／ゲーム関連		
ライブラリ名	用途	配布元
pygame	マルチメディアとゲーム	http://www.pygame.org/
PySDL2	マルチメディアとゲーム	http://pysdl2.readthedocs.io/
プログラムの高速化／共有ライブラリの呼び出し		
ライブラリ名	用途	配布元
Cython	Python プログラムの高速実行（C 言語変換）	http://cython.org/
Numba	Python プログラムの高速実行（LLVM の応用）	https://numba.pydata.org/
ctypes	共有ライブラリの呼び出し	標準ライブラリ
アプリケーションのビルド		
ライブラリ名	用途	配布元
PyInstaller	単独実行可能なアプリケーションの構築	https://www.pyinstaller.org/

E 対話モードを使いやすくするための工夫

E.1 警告メッセージの抑止と表示

Python 処理系はプログラムの実行中にエラーや例外が発生するとその処理を中断するが、これとは別に**警告メッセージ** (warning) を発行して処理を継続することがある。特に、各種ライブラリを使用する際に警告メッセージが時折表示される。これは、当該ライブラリの開発者の利用者に対する注意喚起などといった意図によるものであり、Python の利用者は警告メッセージを読んでプログラミングにおける判断のための参考にするべきである。

しかし、Python 処理系を対話モードで使用する際、あまりにも多くの警告メッセージが表示されると表示内容の視認性が低下するので、一時的に警告メッセージの表示を抑止した方が良い場面もある。

Python 処理系に標準的に添付されているライブラリ `warnings` を用いると、警告メッセージの表示を抑止する、あるいは独自の警告メッセージを発行することができる。 `warnings` ライブラリを利用する例をプログラム `warnings01.py` に示す。

プログラム： `warnings01.py`

```
1 # coding: utf-8
2 import warnings      # ライブラリの読み込み
3
4 # 警告メッセージの抑止
5 #warnings.filterwarnings('ignore')
6 warnings.warn('これは警告メッセージ(a1)です。')
7 warnings.warn('これは警告メッセージ(a2)です。')
8
9 # 警告メッセージの制御を初期状態に戻す
10 #warnings.resetwarnings()
11 warnings.warn('これは警告メッセージ(b1)です。')
12 warnings.warn('これは警告メッセージ(b2)です。')
```

このプログラムの 6～8 行目と 12～14 行目は独自の警告メッセージを表示する部分であり、`warn` を実行すると引数に与えた警告メッセージを発行することができる。このプログラムを実行すると次のように表示される。

```
warnings01.py:6: UserWarning: これは警告メッセージ (a1) です.
  warnings.warn('これは警告メッセージ (a1) です。')
warnings01.py:7: UserWarning: これは警告メッセージ (a2) です.
  warnings.warn('これは警告メッセージ (a2) です。')
warnings01.py:12: UserWarning: これは警告メッセージ (b1) です.
  warnings.warn('これは警告メッセージ (b1) です。')
warnings01.py:13: UserWarning: これは警告メッセージ (b2) です.
  warnings.warn('これは警告メッセージ (b2) です。')
```

プログラムの 5 行目はコメントであるが、先頭の `#` を外すと

```
warnings.filterwarnings('ignore')
```

が有効になり、`filterwarnings` の実行によって以降の警告メッセージが表示されなくなる。(確認されたい)

更に 11 行目先頭の `#` を外すと

```
warnings.resetwarnings()
```

が有効になり、`resetwarnings` の実行により、それ以後は警告メッセージが再び表示されるようになる。(次の実行例を参照のこと)

```
warnings01.py:12: UserWarning: これは警告メッセージ (b1) です.
  warnings.warn('これは警告メッセージ (b1) です。')
warnings01.py:13: UserWarning: これは警告メッセージ (b2) です.
  warnings.warn('これは警告メッセージ (b2) です。')
```

※ システムが発行する警告メッセージは必ず読み、その内容を把握すること。 `warnings` に関する詳細は Python の公式インターネットサイトなどを参照のこと。

E.2 メモリの使用状態の管理

Python 処理系は 対話的なデータ処理¹⁷⁰ に用いられることが多い。そのような利用形態では、サイズの大きなデータを Python の各種データ構造として次々と読み込んで使用するが、その際、Python 処理系が使用している主記憶上のメモリのサイズには注意を払う必要がある。具体的には、Python 処理系がデータオブジェクトを保持するために使用するメモリの大きさに注意を払う必要がある。

Python 処理系のメモリの使用量が大きくなると、それらを主記憶（RAM）上に確保できずに 仮想記憶のスワップ¹⁷¹ が発生することがあり、これが頻発すると Python 処理系の動作が遅くなる。Python 処理系のメモリの使用を最適なものにするために、以下のような点に注意すべきである。

- Python が使用しているメモリの大きさを適宜調査する
- 不要になったデータ構造は廃棄する

memory-profiler¹⁷² を使用すると Python 処理系のメモリの使用状況を調べることができる。

以下に memory-profiler の使用例を示す。

例. memory-profiler によるメモリ使用状況の調査

```
>>> from memory_profiler import memory_usage  [Enter]  ← memory_profiler の読み込み
>>> m = memory_usage(proc=-1)  [Enter]  ←使用しているメモリサイズを m に取得
>>> print( m )  [Enter]  ←値の確認
[39.703125]  ←約 40MB 使用している
```

これは、Python 処理系を起動した直後に memory-profiler を読み込み、memory_usage を実行して使用メモリサイズを調べた例である。次に、非常に大きなサイズのリストを作成し、その直後の使用メモリサイズを調べる。

例. 大きなデータを作成した直後のメモリ使用状況（先の例の続き）

```
>>> a = [float(x) for x in range(10**8)]  [Enter]  ←要素数が 108 個のリストを作成
>>> m = memory_usage(proc=-1)  [Enter]  ←使用しているメモリサイズを m に取得
>>> print( m )  [Enter]  ←値の確認
[3129.30078125]  ← 3GB 程使用している
```

a に要素数が 10⁸ 個のリストが作成されており、Python 処理系のメモリの使用量が約 3GB に増加したことがわかる。この a を del 文により削除するとメモリの使用量が削減される。（次の例参照）

例. 大きなデータを削除した直後のメモリ使用状況（先の例の続き）

```
>>> del a  [Enter]  ←巨大なリスト a を削除
>>> m = memory_usage(proc=-1)  [Enter]  ←使用しているメモリサイズを m に取得
>>> print( m )  [Enter]  ←値の確認
[41.375]  ←約 40MB 程度になった
```

memory-profiler に関する詳細は当該ソフトウェアの公式インターネットサイトなどの情報を参照のこと。

E.2.1 オブジェクトのサイズの調査

sys モジュールの getsizeof を用いると、個々のオブジェクトのサイズを調べることができる。

¹⁷⁰IPython, JupyterLab などの利用がこれに当たる。これらに関しては他のドキュメントを参照のこと。

¹⁷¹主記憶と補助記憶の間でのデータの交換。

¹⁷²公式インターネットサイト：<https://pypi.org/project/memory-profiler/>

例. 変数に与えられているオブジェクトのサイズを調べる

```
>>> import sys  ←モジュールの読み込み
>>> a = 123  ←変数 a にリストを割り当てる
>>> sys.getsizeof( a )  ←そのサイズを調べる
28      ←変数 a が持つオブジェクトのサイズ：28 バイト
```

この例のように、getsizeof は引数に与えられたオブジェクトのサイズをバイト単位で返す。

!! 注意 !!

getsizeof は調査対象のオブジェクトが参照しているオブジェクトは調査対象としない。(次の例参照)

例. オブジェクト全体のサイズが得られないケース (先の例の続き)

```
>>> lst = [[float(n+m*100) for n in range(100)] for m in range(100)]  ←大きなリスト
>>> sys.getsizeof( lst )  ←そのサイズを調べる
912      ←全要素を含めたサイズにはなっていない
```

オブジェクト全体のサイズを調べるには、当該オブジェクトが参照しているオブジェクトに関しても再帰的にサイズを調べて、それらを合計する必要がある。このための方法に関しては Python の公式インターネットサイトの `sys.getsizeof` の項に例が紹介されている。実際のソースコードも GitHub の下記の URL (2020 年 5 月 2 日現在) で公開されている。

<https://github.com/ActiveState/recipe-577504-compute-mem-footprint/blob/master/recipe.py>

このソースコード 'recipe.py' の中に定義されている関数 `total_size` を読み込んで上の例のリストのサイズを調べる例を示す。

例. `total_size` の実行例

```
>>> from recipe import total_size  ←ソースコードをモジュールとして読み込む
>>> total_size( lst )  ←リストのサイズを調べる
332112      ← 300 キロバイト以上ある
```

F 文書化文字列と関数アノテーション

Python には `help` 関数があり、関数やクラスの説明を出力することができる。次の例は、Python の組み込み関数 `print` に関する説明文を表示するものである。

例. `print` 関数の説明を表示する

```
>>> help(print)  [Enter]    ← help 関数による説明文の表示
Help on built-in function print in module builtins:    ←ここから説明文の表示

print(...)
    print(value, ..., sep=' ', end='\n', file=sys.stdout, flush=False)
    :
    (以下省略)
    :
```

プログラマが作成した関数やクラスにも説明文を与えることができる。例えば、引数に与えた値を2倍する関数 `dbl` を次のように定義する。

例. 値を2倍する関数 `dbl` の定義

```
>>> def dbl(n):  [Enter]    ←関数 dbl の定義
...     return 2*n  [Enter]
...  [Enter]    ←関数定義の記述の終了
>>> dbl(3)  [Enter]    ←関数 dbl の評価（実行）
6           ←戻り値
```

この関数には未だ説明文が与えられておらず、`help` 関数で説明を求めると次のようになる。

例. 関数 `dbl` の説明を求める試み（先の例の続き）

```
>>> help(dbl)  [Enter]    ← help 関数による説明文の表示を試みると…
Help on function dbl in module __main__:
dbl(n)          ←出力される説明はこれだけ
```

関数 `dbl` に「`n` を2倍する関数」という説明文を与えるには次のような形で関数定義を行う。

例. 値を2倍する関数 `dbl` の定義（説明機能つき）

```
>>> def dbl(n):  [Enter]    ←関数 dbl の定義
...     'n を2倍する関数'  [Enter]    ←定義内容の先頭に説明文の文字列を配置する
...     return 2*n  [Enter]
...  [Enter]    ←関数定義の記述の終了
>>> dbl(3)  [Enter]    ←関数 dbl の評価（実行）
6           ←戻り値

>>> help(dbl)  [Enter]    ← help 関数による説明文の表示
Help on function dbl in module __main__:
dbl(n)
    n を2倍する関数    ←説明文が表示されている
```

このように、関数の定義内容の先頭に説明文の文字列（**文書化文字列**：docstring）を記述すると、`help` による説明表示の際にそれが出力される。

文書化文字列は複数行に渡ることが一般的であり、そのような説明文を記述する際は「`'''~'''`」の形式（3重引用符）で文字列を記述する。

文書化文字列は、その関数の `__doc__` プロパティに保持されている。

例. `__doc__` プロパティの参照 (先の例の続き)

```
>>> dbl.__doc__  ←文書化文字列を参照
'n を 2 倍する関数'      ←結果
```

F.1 関数アノテーション (Function Annotations)

関数定義を記述する際、仮引数と戻り値にアノテーション (注釈) を付けることができ、`help` による説明表示の際にそれを出力することができる。

例. 関数アノテーション付きの定義

```
>>> def dbl( n:'数値' ) -> '数値':  ←仮引数と戻り値にアノテーションを付けている
...     'n を 2 倍する関数' 
...     return 2*n 
...  ←関数定義の記述の終了

>>> help(dbl)  ← help 関数による説明文の表示
Help on function dbl in module __main__:

dbl(n: '数値') -> '数値'      ←アノテーションが表示されている
    n を 2 倍する関数        ←説明文が表示されている
```

このように、各仮引数の後ろにコロン「:」記述し、続けて説明文の文字列を記述する。戻り値に関するアノテーションは、仮引数の後ろの閉じ括弧「)」の次に「->」を記述し、続けて説明文の文字列を記述する。

関数アノテーションは、その関数の `__annotations__` プロパティに保持されている。

例. `__annotations__` プロパティの参照 (先の例の続き)

```
>>> dbl.__annotations__  ←関数アノテーションを参照
{'n': '数値', 'return': '数値'}      ←辞書の形で得られる
```

このように、`__annotations__` から辞書の形 (キーは仮引数の名前、戻り値のキーは `'return'`) で関数アノテーションが得られる。

クラス定義に文書化文字列を与える場合は `class` 文の直後にそれを記述する。また、メソッドに対しては、関数定義の場合に準じた形で文書化文字列と関数アノテーションを与える。

参考.

Python に標準添付の `typing` モジュールを用いて関数アノテーションを記述することが推奨されている。ただし本書ではこれに関しては言及しない。(必要な場合は公式インターネットサイトなどを参照のこと)

G サンプルプログラム

G.1 リスト／セット／辞書のアクセス速度の比較

G.1.1 スライスに整数のインデックスを与える形のアクセス

「 n 番目の要素」という形で要素にアクセスする場合の速度比較を行うプログラムが `spdTest00.py` である。このプログラムは長い (10^6 個の要素を持つ) リスト `L`, 辞書 `D` を作成し, それらの n 番目の要素にランダムにアクセスするものである。またランダムなアクセスを, その要素の個数と同じ回数 (10^6 回) リスト, 辞書それぞれに対して行い, 実行時間を計測する。

プログラム: `spdTest00.py`

```
1  # coding: utf-8
2  import time
3  import secrets
4  #####
5  # 実行速度テスト (インデックスによる) #
6  #####
7
8  #--- インデックスのランダムアクセス ---
9  def spdTestIdx( Data ):
10     n = len( Data )
11     t1 = time.time()
12     for c in range(n):
13         I = secrets.randbelow(n)
14         Data[I] = I
15     t2 = time.time()
16     return( t2 - t1 )
17
18  def spdTestIdxAvr( Data, n ):
19     tL = []
20     for c in range(n):
21         t = spdTestIdx( Data )
22         print( c+1, '回目:\t', t, '秒' )
23         tL.append( t )
24     avr = sum( tL ) / n
25     print( '平均:\t', avr, '秒' )
26     return( avr )
27
28  #--- 実行時間テスト ---
29
30  N = 1000000 # データサイズ
31  L = list( range(N) ) # リスト
32  D = { x:x for x in range(N) } # 辞書
33
34  print( 'リストの場合のテスト' )
35  print( '-----' )
36  aL = spdTestIdxAvr( L, 3 )
37
38  tL = []
39  print( '\n辞書の場合のテスト' )
40  print( '-----' )
41  aD = spdTestIdxAvr( D, 3 )
42  print( 'リストの場合に対する速度比:\t', aL/aD, '倍' )
```

このプログラムの実行例を次に示す。

例. spdTest00.py の実行例

C:\¥Users¥katsu>py spdTest00.py Enter ←コマンドからスクリプトを起動

リストの場合のテスト

```
-----
1 回目:  2.092395782470703 秒
2 回目:  2.1306302547454834 秒
3 回目:  2.0907864570617676 秒
平均:  2.104604164759318 秒
```

辞書の場合のテスト

```
-----
1 回目:  2.2947611808776855 秒
2 回目:  2.278236150741577 秒
3 回目:  2.258124589920044 秒
平均:  2.277040640513102 秒
リストの場合に対する速度比:  0.9242716740817908 倍
```

※ 実行環境：Python 3.6.7, Intel Corei7-5500U 2.4GHz, 8GB RAM, Windows10 Pro

(評価)

リストの方が辞書に比べて若干早いことがわかる。

G.1.2 メンバシップ検査に要する時間

データ構造の中に特定の要素があるかどうかを調べるのに要する時間を調べるプログラムが spdTest01.py である。このプログラムでは 30,000 個の要素を持つデータ構造に対して要素の含有検査（メンバシップ検査）を行う。リスト L, セット S, 辞書 D はそれぞれ 0～29,999 の整数を要素として持ち、発生した整数の乱数がそのデータ構造に含まれるかどうかを検査する。メンバシップ検査は要素の個数と同じ回数繰り返して、その実行に要した時間を計測する。

プログラム：spdTest01.py

```
1  # coding: utf-8
2  import time
3  import secrets
4  #####
5  # 実行速度テスト(1)                                     #
6  #####
7
8  #--- メンバシップ検査の速度テスト ---
9  def spdTest( Data ):
10     n = len( Data )
11     t1 = time.time()
12     for c in range(n):
13         chk = secrets.randbelow(n) in Data
14     t2 = time.time()
15     return( t2 - t1 )
16
17  def spdTestAvr( Data, n ):
18     tL = []
19     for c in range(n):
20         t = spdTest( Data )
21         print( c+1, '回目:\t', t, '秒' )
22         tL.append( t )
23     avr = sum( tL ) / n
24     print( '平均:\t', avr, '秒' )
25     return( avr )
26
27  #--- 実行時間テスト ---
28  N = 30000                                     # 要素の個数
29  L = list( range(N) )                         # リスト
30  S = set( L )                                 # セット
31  D = { x:x for x in range(N) }               # 辞書
32  i = 3                                         # 検査実行回数
33
34  print( 'リストの場合のテスト' )
```

```

35 | print( '-----' )
36 | aL = spdTestAvr( L, 3 )
37 |
38 | print( '\nセットの場合のテスト' )
39 | print( '-----' )
40 | aS = spdTestAvr( S, 3 )
41 | print( 'リストの場合に対する速度比:\t', aL/aS, '倍' )
42 |
43 | tL = []
44 | print( '\n辞書の場合のテスト' )
45 | print( '-----' )
46 | aD = spdTestAvr( D, 3 )
47 | print( 'リストの場合に対する速度比:\t', aL/aD, '倍' )

```

このプログラムの実行例を次に示す。

例. spdTest01.py の実行例

C:\¥Users¥katsu>py spdTest01.py Enter ←コマンドからスクリプトを起動

リストの場合のテスト

```

1 回目:  7.3886847496032715 秒
2 回目:  6.19019889831543 秒
3 回目:  6.297661542892456 秒
平均:   6.625515063603719 秒

```

セットの場合のテスト

```

1 回目:  0.05897831916809082 秒
2 回目:  0.06302452087402344 秒
3 回目:  0.06297516822814941 秒
平均:   0.06165933609008789 秒
リストの場合に対する速度比:  107.45355827256158 倍

```

辞書の場合のテスト

```

1 回目:  0.060981035232543945 秒
2 回目:  0.06202244758605957 秒
3 回目:  0.06197810173034668 秒
平均:   0.0616605281829834 秒
リストの場合に対する速度比:  107.45148085565991 倍

```

※ 実行環境：Python 3.6.7, Intel Corei7-5500U 2.4GHz, 8GB RAM, Windows10 Pro

(評価)

セットと辞書は共に同等の実行速度であり、リストに比べて 100 倍以上早い ことがわかる。

次に, spdTest01.py で調べた実行時間が, データの個数が増えるのに対してどのように伸びてゆくかを調べる。次のサンプルプログラム spdTest02.py で調べる。(グラフ描画に matplotlib を要する)

プログラム：spdTest02.py

```

1 | # coding: utf-8
2 | import time
3 | import secrets
4 | import matplotlib.pyplot as plt
5 | #####
6 | # 実行速度テスト(2)                                     #
7 | #####
8 |
9 | #--- メンバシップ検査の速度テスト ---
10 | def spdTest( Data ):
11 |     n = len( Data )
12 |     t1 = time.time()
13 |     for c in range(n):
14 |         chk = secrets.randbelow(n) in Data

```

```

15     t2 = time.time()
16     return( t2 - t1 )
17
18 def spdTestAvr( Data, n ):
19     tL = []
20     for c in range(n):
21         t = spdTest( Data )
22         tL.append( t )
23     avr = sum( tL ) / n
24     return( avr )
25
26 #--- 実行時間テスト ---
27
28 # リストのテスト
29 N = 10000                                # 要素の個数
30 X = range(0,N,100)
31 A1 = [];    A2 = [];    A3 = []          # 実行時間のリスト
32 for n in X:
33     D = list( range(n) )
34     A1.append( spdTestAvr( D, 3 ) )
35     D = set( D )
36     A2.append( spdTestAvr( D, 3 ) )
37     D = { x:x for x in range(n) }
38     A3.append( spdTestAvr( D, 3 ) )
39
40 plt.plot(list(X),A1,label='List')
41 plt.plot(list(X),A2,label='Set')
42 plt.plot(list(X),A3,label='Dict')
43 plt.legend()
44 plt.title('test for List/Set/Dict')
45 plt.show()

```

このプログラムの実行結果の例を図 68 に示す。(実行環境は先と同じ)

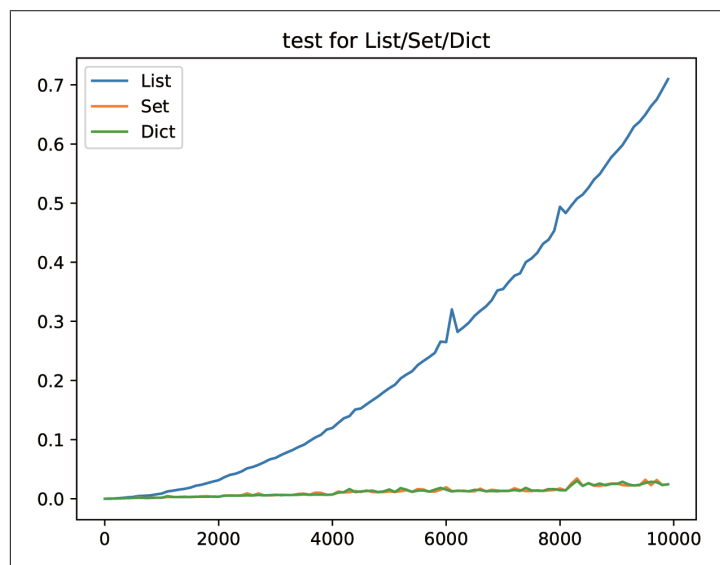


図 68: spdTest02.py の実行結果

横軸はデータの個数, 縦軸は実行時間

(評価)

データ個数の増加に対してセットと辞書では検査の実行時間の伸びが小さいのに対して、リストでは概ねデータ個数の 2 乗に比例する形で実行時間が大きくなる。リストに対する in 演算子による要素の探索は、線形探索アルゴリズムと同規模の計算時間となることわかる。

G.2 ライブラリ使用の有無における計算速度の比較

ここでは、Python 用の代表的な数値計算ライブラリである **NumPy** を使用することで大きな計算速度が得られる例を示す。次に示すプログラム `matmult01.py` は 800×800 の行列同士の積

$$\begin{pmatrix} c_{0,0} & c_{0,1} & \cdots & c_{0,799} \\ c_{1,0} & c_{1,1} & \cdots & c_{1,799} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{799,0} & c_{799,1} & \cdots & c_{799,799} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{0,0} & a_{0,1} & \cdots & a_{0,799} \\ a_{1,0} & a_{1,1} & \cdots & a_{1,799} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{799,0} & a_{799,1} & \cdots & a_{799,799} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} b_{0,0} & b_{0,1} & \cdots & b_{0,799} \\ b_{1,0} & b_{1,1} & \cdots & b_{1,799} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{799,0} & b_{799,1} & \cdots & b_{799,799} \end{pmatrix}$$

を求めるものである。

プログラム：matmult01.py

```
1 # coding: utf-8
2 import time
3
4 W = 800 # 配列のサイズ
5
6 M1 = []; M2 = []; M3 = []
7 # サンプル行列の作成
8 for i in range(W):
9     L1 = []; L2 = []; L3 = []
10    for j in range(W):
11        L1.append(float(i+j))
12        L2.append(float(i-j))
13        L3.append(float(0))
14    M1.append(L1); M2.append(L2); M3.append(L3)
15
16 # 行列の積の計算
17 t1 = time.time()
18 print('start')
19 for i in range(W):
20     for j in range(W):
21         for k in range(W):
22             M3[i][j] += M1[i][k] * M2[k][j]
23 t2 = time.time()
24 print('stop')
25 print('time(sec):', t2-t1)
26
27 # 先頭部分の表示
28 for i in range(5):
29     for j in range(5):
30         print(f'{M3[i][j]:.1f}', ' ', end='')
31     print('')
```

このプログラムではリスト `M1`, `M2`, `M3` で行列を表現している。はじめに `M1`, `M2` に値を設定（6～14 行目）し、それらの積を `M3` に得る（19～22 行目）。

このプログラムを実行した様子を次に示す。

```
start          ←行列の積の計算開始
stop           ←計算終了
time(sec): 168.72231149673462    ←計算にかかった時間
170346800.0, 170027200.0, 169707600.0, 169388000.0, 169068400.0, ←計算結果の
170666400.0, 170346000.0, 170025600.0, 169705200.0, 169384800.0, ←最初の 5 × 5 の
170986000.0, 170664800.0, 170343600.0, 170022400.0, 169701200.0, ←部分
171305600.0, 170983600.0, 170661600.0, 170339600.0, 170017600.0,
171625200.0, 171302400.0, 170979600.0, 170656800.0, 170334000.0,
```

このプログラムを CPU Intel Core i7-6770HQ 2.6GHz, RAM 16GB, Windows 10 Pro, Python 3.7.3 の環境で 3 回実行して得られた計算時間の平均値は 166.1089682 秒であった。

次に、同様の計算を行うプログラムを NumPy を用いて実装した例が次に示す `matmult01_np.py` である。

プログラム：matmult01_np.py

```
1  # coding: utf-8
2  import time
3  import numpy as np
4
5  W = 800 # 配列のサイズ
6
7  M1 = []; M2 = []; M3 = []
8  # サンプル行列の作成
9  for i in range(W):
10     L1 = []; L2 = []; L3 = []
11     for j in range(W):
12         L1.append(float(i+j))
13         L2.append(float(i-j))
14         L3.append(float(0))
15     M1.append(L1); M2.append(L2); M3.append(L3)
16 N1 = np.array(M1); N2 = np.array(M2)
17
18 # 行列の積の計算
19 t1 = time.time()
20 print('start')
21 N3 = np.dot(N1,N2)
22 t2 = time.time()
23 print('stop')
24 print('time(sec):',t2-t1)
25
26 # 先頭部分の表示
27 for i in range(5):
28     for j in range(5):
29         print(f'{N3[i][j]:.1f}', ',end='' )
30     print('')
```

このプログラムの前半部（M1, M2 の作成）は先の matmult01.py と同じであるが、それらを NumPy 独自の配列オブジェクト N1, N2 に変換し、積を N3 に得ている。また、行列の積を求める部分には NumPy の dot 関数を用いている（21 行目）。

（NumPy に関する詳細は公式インターネットサイトをはじめとする他の資料¹⁷³を参照のこと）

このプログラムを実行した様子を次に示す。

```
start          ←行列の積の計算開始
stop           ←計算終了
time(sec):  0.01336050033569336   ←計算にかかった時間
170346800.0, 170027200.0, 169707600.0, 169388000.0, 169068400.0, ←計算結果の
170666400.0, 170346000.0, 170025600.0, 169705200.0, 169384800.0, ←最初の 5 × 5 の
170986000.0, 170664800.0, 170343600.0, 170022400.0, 169701200.0, ←部分
171305600.0, 170983600.0, 170661600.0, 170339600.0, 170017600.0,
171625200.0, 171302400.0, 170979600.0, 170656800.0, 170334000.0,
```

このプログラムを先と同じ環境で 3 回実行して得られた計算時間の平均値は 0.01311938 秒であった。この値は先のプログラムと比較すると約 12661.3 倍であり、1 万 2 千倍以上の速度が得られていることになる。

参考までに、同じ処理を行うプログラムを C 言語で実装（matmult01.c）して実行した例を次に示す。

プログラム：matmult01.c

```
1  #include <stdio.h>
2  #include <time.h>
3
4  #define W 800
5
6  int main() {
7     int i, j, k;
```

¹⁷³拙書「Python3 ライブラリブック - 各種ライブラリの基本的な使用方法」でも解説しています。

```

8      static double    M1[W][W], M2[W][W], M3[W][W];
9      clock_t t1, t2;
10
11     /* サンプル行列の作成 */
12     for( i=0; i<W; i++ ) {
13         for ( j=0; j<W; j++ ) {
14             M1[i][j] = (double)i + (double)j;
15             M2[i][j] = (double)i - (double)j;
16         }
17     }
18
19     /* 行列の積の計算 */
20     printf("start\n");
21     fflush(stdout);
22     t1 = clock();
23     for( i=0; i<W; i++ ) {
24         for ( j=0; j<W; j++ ) {
25             M3[i][j] = 0.0;
26             for ( k=0; k<W; k++ ) {
27                 M3[i][j] += M1[i][k] * M2[k][j];
28             }
29         }
30     }
31     t2 = clock();
32     printf("stop\n");
33     fflush(stdout);
34
35     printf("time(sec): %8.4f\n", (double)(t2-t1) / CLOCKS_PER_SEC );
36
37     /* 先頭部分の表示 */
38     for ( i=0; i<5; i++ ) {
39         for ( j=0; j<5; j++ ) {
40             printf("%.1f, ", M3[i][j]);
41         }
42         printf("\n");
43     }
44
45     return(0);
46 }

```

このプログラムを先と同じ環境の MinGW64 下でコンパイル (gcc 8.3.0, オプション -O3) して実行した様子を次に示す。

```

start          ←行列の積の計算開始
stop           ←計算終了
time(sec):     0.4400    ←計算にかかった時間
170346800.0, 170027200.0, 169707600.0, 169388000.0, 169068400.0, ←計算結果の
170666400.0, 170346000.0, 170025600.0, 169705200.0, 169384800.0, ←最初の 5 × 5 の
170986000.0, 170664800.0, 170343600.0, 170022400.0, 169701200.0, ←部分
171305600.0, 170983600.0, 170661600.0, 170339600.0, 170017600.0,
171625200.0, 171302400.0, 170979600.0, 170656800.0, 170334000.0,

```

3 回実行して得られた計算時間の平均値は 0.462 秒であった。これは最初のプログラム matmult01.py と比較すると約 359 倍の実行速度である。ここに挙げた 3 つのプログラムの実行時間などを表 44 にまとめる。

表 44: 実験結果の比較

プログラム	特徴	実行時間 (秒)	速度比 (倍)
matmult01.py	行列をリストで表現	166.1089682	(基準) 1
matmult01_np.py	NumPy を用いて計算	0.01311938	12661.3
matmult01.c	C 言語による実装	0.462	359.3

G.3 pathlib の応用例

pathlib モジュールの機能を使用したサンプルプログラムを示す。指定したディレクトリ配下に存在するパスのうち、指定したパターンに合致するファイル名（あるいはディレクトリ名）のものを探し出す（サブディレクトリ配下も再帰的に探し出す）プログラムの例を示す。

プログラム：pfind.py

```
1 # coding: utf-8
2 # モジュールの読み込み
3 from pathlib import Path
4
5 # 主な処理を行う関数
6 def pfind0( path, ptn ):
7     r = list( path.glob(ptn) )           # まずは当該ディレクトリ内で検索
8     pall = path.glob('*')               # ディレクトリ内の全ての要素を列挙
9     for m in pall:                       # 1つずつ調べながら
10         if m.is_dir():                  # それがディレクトリならば
11             r += pfind0( m, ptn )       # 再帰的にサブフォルダを検索
12     return( r )                         # リストとして値を返す
13
14 # 入り口となる関数
15 def pfind( p, ptn ):
16     return( pfind0( Path(p), ptn ) )
```

このプログラムはモジュールとして使用することができる。ファイル検索のための関数が pfind として定義されており、

pfind(検索対象のディレクトリ, パターン)

として呼び出す。パターンは glob メソッドに与える形式の文字列であり、glob 独自の正規表現である。pfind 関数は、パターンに合致したパスのリストを戻り値として返す。(次の例参照)

例. Windows 環境の '/Windows' ディレクトリから 'cmd.exe' を探す

```
>>> from pfind import pfind  [Enter]    ←モジュールの読み込み
>>> r = pfind('/Windows','cmd.exe') [Enter]    ←検索実行
>>> for m in r: print(m) [Enter]    ←表示処理
... [Enter]    (記述ここまで)

¥Windows¥System32¥cmd.exe    ←ここから結果表示
¥Windows¥SysWOW64¥cmd.exe
:
(以下省略)
:
```

G.4 浮動小数点数と2進数の間の変換

浮動小数点数から2進数への、あるいはその逆の変換を行うサンプルプログラムを示す。

プログラム：f2bin.py

```
1 # coding: utf-8
2
3 # float -> 2進数
4 def f2bin(v,n):
5     # 符号取得
6     if v < 0:
7         s = '-'
8         v *= -1
9     else:
10        s = ''
11    vb = bin(round(v*2**n))[2:]    # 左シフトで整数化
12    l = len(vb)
13    if l <= n:                    # 桁の長さ調整
14        vb = '0'*(n-l+1) + vb
15    # 2進数を構成後、右端の'0'を除去する処理
16    r = (s+vb[:-n]+'.'+vb[-n:])[::-1]
17    for i,b in enumerate(r):
18        if b != '0':
19            r = r[i:]
20            break
21    return( r[::-1] )
22
23 # 2進数 -> float
24 def bin2f(b):
25     # 符号取得
26     if b[0] == '-':
27         s = -1
28         b = b[1:]
29     else:
30         s = 1
31     n = b.index('.')    # 小数点の位置を取得
32     r = int(b[:n],2)    # 小数点より左の値を算出
33     # 小数点以下を算出
34     for i,d in enumerate(b[n+1:]):
35         if d == '1':
36             r += 2**(-1*(i+1))
37     return(s*r)
```

‘f2bin.py’は2つの関数 f2bin (float 型の値を2進数表記の文字列に変換する)、bin2f (2進数表記の文字列をfloat 型の値に変換する) から成る。

書き方： f2bin(float 型の値, 2進数に変換した際の小数点以下の桁数)

bin2f(小数点付き2進数の文字列)

上記のファイルをカレントディレクトリに配置してモジュールとして扱う。

例. float 型から2進数への変換

```
>>> from f2bin import f2bin, bin2f  Enter    ←関数の読み込み
>>> b = f2bin( 0.1, 52 )  Enter    ← 0.1 を2進数に変換 (小数点以下52ビットで表現)
>>> b  Enter    ←確認
'0.00011001100110011001100110011001100110011001100110011001101'    ←変換結果
>>> bin2f(b)  Enter    ←2進数からfloat型へ変換
0.100000000000000009    ←変換結果
```

注意) 変換に伴う誤差に注意すること。

G.4.1 mpmath を用いた例

mpmath ライブラリを用いると、浮動小数点数を高い精度で 2 進数に変換することができる。基本的には「【参考】浮動小数点数の 2 進数表現」(p.19) で解説した方法（仮数部と指数部の取り出し）を採用する。

以下に 10 進数表現の 0.1 を 2 進数表現に変換する例を示す。

例. 10 進数の 0.1 を mpf オブジェクトとして用意する

```
>>> from mpmath import mp  ← mpmath の読み込み
>>> mp.dps = 20  ← 計算精度の設定：10 進表現で 20 桁
>>> n = mp.mpf('0.1')  ← mpf オブジェクト形式で 10 進数の 0.1 を生成
>>> print( n )  ← 確認
0.1
```

mpf オブジェクトの man, exp プロパティから仮数部と指数部を取り出すことができる。

例. 仮数部と指数部の参照（先の例の続き）

```
>>> n.man  ← 仮数部の参照
944473296573929042739 ← 10 進数表現
>>> n.exp  ← 指数部の参照
-73 ← 10 進数表現
```

得られた仮数部を bin 関数で 2 進数に変換して表示する例を示す。

例. 2 進数表現（先の例の続き）

```
>>> print( f'{bin(n.man)}x2**{n.exp}' )  ← 2 進変換と整形表示
0b11001100110011001100110011001100110011001100110011001100110011001100110011001100110011x2**-73
```

このように、10 進数表現の 0.1 が 2 進数の近似表現

$$11001100110011001100110011001100110011001100110011001100110011_{(2)} \times 2^{-73}$$

として得られている。

G.5 全ての Unicode 文字の列挙

Unicode は文字コード 0～1114111 (16 進数で 0～10FFFF) の範囲で定義されている。ただし本書執筆時点では、この範囲の全ての文字コードに対しては Unicode 文字は割り当てられていない。

unicodedata モジュールの name 関数を利用して、文字が割り当てられている全ての Unicode 文字を取得するプログラムの例を allunicode.py に示す。

プログラム：allunicode.py

```
1  # coding: utf-8
2  import unicodedata
3
4  all = {}          # 全ての Unicode とその名前の辞書
5  nochr = set()     # 割り当てられていない Unicode
6  for i in range(1114112):
7      c = chr(i)
8      n = unicodedata.name(c, None)
9      if n:
10         all[c] = n
11     else:
12         nochr.add(c)
13
14 # 割り当てられている全ての Unicode 文字のリストを返す関数
15 def allunicode():
16     return( sorted(list(all.keys())) )
17
18 # テスト実行
19 if __name__ == '__main__':
20     f = open('allunicode_out.txt', 'wb')
21     a = allunicode()
22     for c in a:
23         s = str(ord(c)) + '\t' + c + '\t' + all[c] + '\n'
24         print( s, end='' )
25         b = s.encode('utf-8')
26         f.write(b)
27     f.close()
```

このプログラムをスクリプトとして実行すると、文字が割り当てられている全ての Unicode 文字とその属性を表示する。また、モジュールとして読み込んで動作を確認することもできる。

このプログラムをモジュールとして読み込むと、文字が割り当てられている Unicode とその属性が辞書 all に得られる。また、文字が割り当てられていない Unicode のセットが nochr に得られる。

例. 上のプログラムをモジュールとして読み込む例

```
>>> import allunicode  [Enter]    ← プログラムをモジュールとして読み込む
>>> len( allunicode.all )  [Enter]  ← 文字が割り当てられている Unicode の数を調べる
131259                    ← 文字が割り当てられている Unicode の数
>>> len( allunicode.nochr )  [Enter]  ← 文字が割り当てられていない Unicode の数を調べる
982853                    ← 文字が割り当てられていない Unicode の数
>>> a = allunicode.allunicode()  [Enter]  ← 文字が割り当てられている全 Unicode 文字のリスト
>>> a[33:48]  [Enter]    ← 部分的に表示
['A', 'B', 'C', 'D', 'E', 'F', 'G', 'H', 'I', 'J', 'K', 'L', 'M', 'N', 'O']    ← 対応する文字のリスト
>>> a[11098:11110]  [Enter]    ← 部分的に表示
['あ', 'あ', 'い', 'い', 'う', 'う', 'え', 'え', 'お', 'お', 'か', 'が']    ← 対応する文字のリスト
```

文字が割り当てられている Unicode のキャラクタであってもそのためのフォントが導入されていない計算機環境ではその文字を表示 (印字) することができないことを留意すること。

索引

`*`, 9, 57, 106

`**`, 9, 107

`**=`, 9

`*=`, 9

`+`, 9

`+=`, 9

`-`, 9

`-*`, 6

`-help`, 239, 241

`-=`, 9

`-i`, 321

`-h`, 239, 241

`..`, 38

`/`, 9

`//`, 9

`/=`, 9

`∴`, 37

`∴=`, 136

`∴`, 7

`<<`, 35

`<<=`, 36

`=`, 8

`==`, 70

`!=`, 70

`>`, 70

`<`, 70

`<=`, 70

`>=`, 70

`>>`, 35

`>>=`, 36

`[]`, 37

`%`, 9

`%=`, 9

`&=`, 36

`_`, 11, 59

`__annotations__`, 321

`__bases__`, 246

`__class__`, 126

`__del__`, 115, 116

`__doc__`, 320

`__enter__`, 223

`__exit__`, 223

`__file__`, 91, 198

`__init__`, 115

`__init__.py`, 196, 198

`__iter__`, 121

`__main__`, 195

`__name__`, 195, 245

`__next__`, 121

`__pycache__`, 195

`__repr__`, 121

`__str__`, 120

`__subclasses__`, 246

`−`, 48

`|`, 35, 179

`|=`, 36

`”`, 48

`$`, 180

`&`, 35

`”`, 25

`¥`, 7, 24

`^`, 35, 178, 180

`^=`, 36

`@`, 227

`@classmethod`, 118

`@property`, 124

`0b`, 11

`0o`, 11

`0x`, 11

10 進数, 34, 35

16 進数, 11, 34, 35

2 進数, 11, 34, 35

32-bit floating-point の WAV 形式ファイル, 263

8 進数, 11, 34, 35

`abs`, 12

`abspath`, 91, 198

`accept`, 249

`acos`, 14

`acosh`, 14

`ActionBar`, 168

`ActionButton`, 168

`ActionGroup`, 168

`ActionPrevious`, 168

`ActionView`, 168

`active`, 152

`add`, 48, 144, 154

`add_argument`, 239, 240

`add_command`, 298

- add_parser, 243
- add_subparsers, 243
- add_widget, 144, 146
- after, 305
- all, 133
- Anaconda, 277
- anchor, 299
- AnchorLayout, 139, 153
- and, 70
- any, 133
- App, 137
- append, 38, 212
- appendleft, 212
- argparse, 239
- Argument Parser, 239
- argv, 96
- as, 312
- as_integer_ratio, 21
- asin, 14
- asinh, 14
- assert, 219, 220
- AssertionError, 220
- asyncio, 259
- atan, 14
- atanh, 14
- auto, 217

- b64decode, 207
- b64encode, 207
- Base64, 207
- basename, 91
- BASIC 認証, 251
- Beautiful Soup, 253
- BeautifulSoup, 254
- Bezier, 156
- bin, 35
- bind, 145, 249, 303
- bit_length, 36
- bool, 31, 32
- BooleanVar, 289
- BoxLayout, 139, 143
- break, 69
- build, 137
- Builder, 164
- Button, 138, 143, 151, 286
- Button1, 303
- Button3, 303
- ButtonPress, 303
- ButtonRelease, 303
- bytearray, 209
- bytes, 82, 84

- cancel, 165
- cancel_job, 192
- Canvas, 298
- canvas, 143, 154
- Canvas グラフィックス, 154
- capitalize, 29
- CardTransition, 166
- Carousel, 171
- chardet, 84
- chdir, 90
- CheckBox, 138, 152
- Checkbutton, 289
- chr, 29
- class, 115, 214
- clear, 49, 51, 145
- clearcolor, 140
- Clock, 165
- ClockEvent, 165
- close, 82, 236, 249, 259, 263, 271
- cls, 118
- cmath, 14
- coding, 6
- collections, 212
- Color, 144, 155
- color, 149
- Combobox, 290
- CompletedProcess, 256
- complex, 9, 11, 12
- concurrent, 184
- conda, 280
- Config, 141
- config, 297
- Configure, 307
- configure, 296
- conjugate, 12
- connect, 249
- contents, 254
- continue, 69
- Control, 303
- cookies, 253
- coords, 300
- copy, 45, 49, 54

- copy2, 234
- copytree, 234
- cos, 14
- cosh, 14
- count, 42
- Counter, 213
- create_arc, 298
- create_image, 299
- create_line, 298
- create_oval, 298
- create_polygon, 298
- create_rectangle, 298
- create_text, 299
- CSV, 97
- ctime, 173
- current, 166
- curselection, 293
- cwd, 93
- date, 172
- datetime, 172
- day, 174
- decode, 82, 83
- deep copy, 45
- deepcopy, 45
- def, 105
- DEFAULT_FONT, 151
- del, 9, 39, 51, 114
- delete, 300
- denominator, 21
- deque, 212
- destroy, 310
- Destructuring assignment, 58
- detect, 84
- dict, 51
- DictReader, 103
- DictWriter, 99
- difference, 50
- dir, 127
- dirname, 91, 198
- discard, 48
- divmod, 14
- do, 191
- docstring, 320
- Double, 303
- DoubleVar, 289
- down, 152
- dump, 202
- dumps, 202
- e, 14
- elif, 69
- Ellipse, 144, 155
- else, 63, 68, 69, 133
- Emacs, 6
- encode, 83
- encoding, 80, 252
- enter, 187
- Entry, 290
- Enum, 215
- enum, 215
- enumerate, 67
- environ, 232, 282
- EOF, 200
- euc-jp, 6
- eval, 211
- Event, 187
- events, 142
- except, 41, 219
- exec, 211
- exists, 90, 93
- exit, 145, 244
- exp, 14, 19
- export_to_png, 158
- extend, 39
- extract, 237
- extractall, 237
- f-string, 75
- factorial, 14
- FadeTransition, 166
- FallOutTransition, 166
- False, 31
- families, 299
- FBO, 158
- FIFO, 40, 212
- FILO, 40, 212
- filter, 42, 132
- filterwarnings, 317
- finally, 41
- find_all, 255
- finditer, 176
- flag, 241
- float, 9, 10, 32
- float_info.max, 10

- float.info.min, 10
- FloatLayout, 139
- float の値が整数値かどうかを検査する方法, 33
- font_name, 149
- font_size, 149
- for, 61
- format, 74
- format_exc, 219
- for を使ったデータ構造の生成, 64
- Fraction, 20
- fractions, 20
- Frame, 284
- frames_per_buffer, 273
- from, 196, 197, 312
- from_float, 20
- frozenset, 51
- Function Annotations, 321
- functools, 135
- futures, 184

- geometry, 286
- get, 51, 251, 289
- get_format_from_width, 270
- get_pixel_color, 159
- getcwd, 89
- getframerate, 264
- getnchannels, 264
- getnframes, 264
- getpass, 78
- getrecursionlimit, 111
- getsampwidth, 264
- getsize, 90
- getsizeof, 318
- GET リクエストの送信, 251
- glob, 93, 329
- global, 109
- globals, 221
- gnuplot, 258
- Graphics, 144
- grid, 286
- GridLayout, 139
- group, 153, 177, 180
- GUI 構築の形式, 165
- GUI 構築の考え方, 137

- hasattr, 127
- hashable, 51
- headers, 252
- help, 320
- hex, 35
- home, 93
- horizontal, 143, 152
- hour, 174

- id, 73
- id (Kv) , 164
- if, 69, 133
- imag, 12, 18
- Image, 138, 153, 155
- immutable, 46
- import, 196, 197, 312
- in, 29, 40, 50, 52
- index, 41
- inf, 15
- input, 78
- insert, 38
- int, 9, 10, 32, 34, 79
- IntEnum, 217
- intersection, 50
- intersection_update, 50
- IntVar, 289
- io モジュール, 78, 79, 89
- IP アドレス, 249
- is, 72
- is None, 72
- is not None, 72
- is_active, 273
- is_dir, 93
- is_file, 93
- is_integer, 33
- isalnum, 28
- isalpha, 28
- isdecimal, 28
- isdir, 90
- isdisjoint, 50
- isfile, 90
- isfinite, 16
- isinf, 16
- isinstance, 33, 126
- islower, 29
- isnan, 16
- iso2022-jp, 6
- issubclass, 126, 245
- issubset, 50
- issuperset, 50

- isupper, 29
- items, 54
- iter, 64, 121
- j, 11
- join, 27, 92, 183
- keycode, 305
- KeyError, 48, 51
- KeyPress, 303
- keys, 53
- keysym, 305
- Kivy Designer, 283
- Kivy のインストール, 282
- Kivy 利用時のトラブル, 282
- Kivy 言語, 162
- Label, 137, 138, 148, 149, 286
- LabelBase, 151
- Labelframe, 289
- lambda, 131, 132
- Layout, 138, 139
- len, 42, 49, 53
- limit_denominator, 21
- Line, 144, 155
- list, 53, 56
- Listbox, 292, 293
- listdir, 90
- listen, 249
- load, 202
- load_file, 164
- load_next, 171
- load_previous, 171
- loads, 202
- locals, 221
- log, 14
- log10, 14
- log2, 14
- loop, 171
- lower, 29
- lstrip, 81
- mainloop, 284
- make_archive, 235
- maketrans, 27
- man, 19
- map, 128
- markup, 149
- master, 311
- match, 180
- match オブジェクト, 175, 176
- math, 14
- max, 13, 152
- memory-profiler, 318
- Menu, 297
- messagebox, 307
- microsecond, 174
- min, 13
- MinGW, 2
- minute, 174
- mkdir, 96
- month, 174
- most_common, 214
- Motion, 303
- mpc, 18
- mpf, 17
- mpmath, 17, 331
- MSYS, 2
- MULTILINE, 181
- Multiple Assignment, 8
- mutable, 46
- name, 30, 255
- namedtuple, 214, 231
- NameError, 9
- namelist, 236
- Namespace, 240
- nan, 15
- next, 65, 121
- None, 32, 81
- nonlocal, 113
- normal, 152
- not, 70
- not in, 50
- NoTransition, 166
- now, 172
- numerator, 21
- object, 245
- oct, 35
- on_active, 152
- on_press, 145
- on_release, 145
- on_start, 147
- on_stop, 147
- on_touch_down, 141, 145
- on_touch_move, 141, 145

- on_touch_up, 141, 145
- on_value, 152
- open, 79, 94, 263, 270
- OpenGL, 158, 282
- optional arguments, 239
- or, 70
- ord, 29
- orientation, 143, 152
- os, 89, 282
- os.linesep, 80, 81
- os.sep, 92

- pack, 204, 286
- PageLayout, 139
- parse_args, 239, 240
- Path, 92
- pathlib, 92
- pi, 14
- pickle, 202
- PIP, 280
- pip コマンド, 280
- pkg_resources, 315
- platform, 231
- platform.architecture(), 231
- platform.mac_ver(), 231
- platform.platform(), 231
- platform.processor(), 231
- platform.python_compiler(), 231
- platform.system(), 231
- platform.version(), 231
- pop, 39, 212
- Popen, 257
- popleft, 212
- PortAudio, 270
- positional arguments, 239
- PosixPath, 92, 94
- POST リクエストの送信, 251
- pow, 14
- pprint, 230
- prettify, 254
- print, 5, 74
- print_help, 241
- ProcessPoolExecutor, 185
- ProgressBar, 138, 152
- Progressbar, 296
- protocol, 310
- PyAudio, 270

- Python のインストール, 276
- Python のバージョン情報の取得, 231
- Python ランチャー, 277

- quit, 292

- Radiobutton, 289
- raise, 220
- randbelow, 23
- random, 22
- randrange, 22
- range, 62, 63
- raw 文字列, 25
- re, 175
- read, 79, 84, 85, 273
- read_bytes, 95
- read_text, 94
- reader, 100
- readframes, 264, 273
- readline, 79, 81
- readlines, 85
- real, 12, 18
- Rectangle, 144, 155
- recv, 249
- reduce, 135
- register, 151
- RelativeLayout, 139
- remove, 39, 91
- remove_widget, 147
- replace, 27
- repr, 32, 121
- requests, 251
- resetwarnings, 317
- resizable, 286
- resource, 150
- resource_add_path, 150
- return, 105
- reverse, 44
- reversed, 44
- rewind, 273
- RiseInTransition, 166
- rmdir, 91, 96
- root (Kv) , 164
- rotate, 213
- round, 13
- rstrip, 81
- run, 137, 187, 256
- run_pending, 191

Scale, 296
ScatterLayout, 139
sched, 187
schedule, 191
schedule_interval, 165
schedule_once, 165
scheduler, 187
Screen, 138, 139, 165, 166
ScreenManager, 139, 165, 166
screenshot, 158
Scrollbar, 294
ScrollView, 160
SDL, 283
search, 175
second, 174
secrets, 23
seed, 22
seek, 200
self, 115, 116, 118
send, 249
Session, 253
set, 48, 56, 289
set_defaults, 243
setdefault, 52
setframerate, 267
setnchannels, 267
setparams, 268, 269
setrecursionlimit, 111
setsampwidth, 267
setsockopt, 249
shallow copy, 45
shell, 256
Shift, 303
shift-jis, 6
shift_jis, 80
shuffle, 59
shutdown, 185
shutil, 234
sign, 19
sin, 14
sinh, 14
size, 140
size_hint, 144
sleep, 175
slice, 55
Slider, 138, 152
SlideTransition, 166
socket, 248
sort, 43
sorted, 44, 47
source, 153
span, 175, 177
split, 26, 92, 182
splittext, 92
splitlines, 26
spos, 142
sqrt, 14
StackLayout, 139
start, 183
start_stream, 272
state, 152
staticmethod, 120
status_code, 252
stdin, 259
stop_stream, 271
StopIteration, 65, 121
str, 32, 83
stream_callback, 272
strftime, 173
string, 31
StringVar, 289
struct, 204, 268
sub, 181
submit, 185
subn, 181
subprocess, 256
subprocess.PIPE, 257
suite, 61
sum, 43
super, 115, 116
swapcase, 29
SwapTransition, 166
Switch, 138, 152
symmetric_difference, 50
sys, 10, 77, 79, 96, 145, 231
sys.modules, 313
sys.path, 313
sys.stderr のエンコーディング設定, 89
sys.stdin, 79
sys.stdin のエンコーディング設定, 79
sys.stdout, 77
sys.stdout のエンコーディング設定, 78
system, 261

TabbedPanel, 169
TabbedPanelItem, 169
tan, 14
tanh, 14
tar, 235
Tcl/Tk, 284
TCP/IP, 248
tell, 86
terminate, 271
Text, 294
text, 143, 151, 252
TextInput, 138, 151
TextIOWrapper, 78, 79, 89
Texture, 155
texture, 155
texture_size, 153
The Zen of Python, 314
Thread, 183
thread, 183
threading, 183
ThreadPoolExecutor, 185
time, 172, 174, 305
timedelta, 173
title, 29, 286
Tk(), 284
Tkinter, 284
ToggleButton, 138, 152
Toplevel, 306
trace, 289, 296
traceback, 219
transition, 139, 165, 166
translate, 27
Triple, 303
True, 31
try, 41, 219
tuple, 56
type, 33, 245, 305
typing モジュール, 321

Unicode, 24, 30
unicodedata, 30
Unicode の範囲, 30
union, 50
unlink, 96
unpack, 58, 204
unpack_archive, 235
update, 50, 52

upper, 28, 29
URI, 94
utf-8, 6, 80
utf-8-sig, 6

value, 152
ValueError, 41
values, 53
Variable, 289
version, 231
version_info, 231
vertical, 143, 152
Video, 138
view, 53, 54

wait, 261
warn, 317
warning, 317
warnings, 317
Wave_read, 264, 273
Wave_write, 264
WAV 形式, 263
wheel, 281
while, 68
whl, 281
Widget, 138, 143, 154
widget, 305
Window, 140
WindowsPath, 92, 94
wininfo_children, 311
wininfo_height, 307
wininfo_screenheight, 307
wininfo_screenwidth, 307
wininfo_width, 307
wininfo_x, 307
wininfo_y, 307
WipeTransition, 166
with, 97, 222
write, 86, 236, 271
write_bytes, 95
write_text, 95
writeframes, 268
writeframesraw, 268
writeheader, 99
writelines, 87
writer, 97
writerow, 97
writerows, 97

WWW コンテンツ解析, 251

x_root, 305

XML, 253

y_root, 305

year, 174

yield, 193

ZIP, 235

zip, 66, 130, 235

ZIP_BZIP2, 236

ZIP_DEFLATED, 236

ZIP_LZMA, 236

ZIP_STORED, 236

ZipFile, 236

zipfile, 236

zip オブジェクトの展開, 67

アクションバー, 168

アクセサ, 122, 123

浅いコピー, 45

圧縮処理, 235

アプリケーション終了のハンドリング, 310

アプリケーションの開始と終了, 147

アプリケーションの終了, 145

アラインメント, 75

アンパック, 58

アーカイブ, 235

イコール, 8

イコールの連鎖, 8

1 行のみから成るスイート, 62

位置の基準, 299

位置引数, 239

一括判定, 133

イテレータ, 64

イベント, 141

イベントオブジェクト, 305

イベントから得られる座標位置, 160

イベント駆動型, 141

イベントハンドラ, 141

イミュータブル, 46

インスタンス, 115

インスタンスの生成, 115

インスタンス変数, 117, 118

インデックス, 37

インデックスの範囲, 37

インデント, 7, 61, 62

ウィジェット, 137, 138, 284

ウィジェットツリー, 162

ウィジェットのサイズ設定, 161

ウィジェットの伸縮, 287

ウィジェットの登録と削除, 146

ウィンドウ, 140

ウィンドウに関する情報, 306

ウェブスクレイピング, 251

エスケープシーケンス, 24

エラー, 41

エラーのハンドリング, 41

エンコーディング情報の取得, 252

演算精度の設定, 17

円周率, 14

エントリ, 51

エントリー, 290

応答オブジェクト, 252

大文字／小文字の変換と判定, 28

オブジェクト指向, 38, 115

オプション引数, 239

折れ線, 155

音声入力デバイス, 273

オーバーライド, 118, 137

改行, 24

改行コード, 80, 81

改行コードの削除, 81

拡張クラス, 115

拡張子, 93

加算, 9

仮数部, 10, 19

仮数部の桁数の設定, 17

型, 8

型システム, 245

型の階層, 245

型の検査, 33

型の変換, 32

カプセル化, 122

「空」値, 71

空の辞書, 72

空の辞書の作成, 51

空のタプル, 72

空文字列, 72

空リスト, 37, 72

仮引数, 105

仮引数の個数, 106

カレントディレクトリ, 89

環境変数, 232

環境変数の参照, 232

関数, 105, 131
関数アノテーション, 321
関数オブジェクト, 131
関数の一斉評価, 128
関数の削除, 114
関数名, 131
外部プログラムとの連携, 256
外部プログラムの標準入力のクローズ, 259
外部プロセスとの同期, 261
画像, 153
ガベージコレクション, 115
基数の指定, 11
基数の変換, 34
規則 (Kv) , 164
基底クラス, 115
キュー, 40, 212
共通集合, 50
共役複素数, 12
局所変数, 109
虚数単位, 11
虚部, 12, 18
キー, 51
キーの検査, 51
キーボード入力, 78
キーワード引数, 107, 143
偽, 31
逆順の要素指定, 55
逆正弦関数, 14
逆正接関数, 14
逆双曲線正弦関数, 14
逆双曲線正接関数, 14
逆双曲線余弦関数, 14
逆余弦関数, 14
行頭や行末でのパターンマッチ, 180
空集合, 72
空白文字の削除, 81
空白文字の除去, 29
クオート文字を含む CSV ファイル, 103
クライアント, 248
クラス, 115
クラス階層, 245
クラスの継承関係, 126
クラス変数, 118
クラスメソッド, 118
繰り返し, 61, 68
繰り返しの中断とスキップ, 69
繰り返しの表記, 179
グループ, 180, 182
グローバル変数, 109, 195
経過時間, 172
警告メッセージ, 317
継承, 115
継承関係, 126
桁数の指定, 75
ゲッター, 123, 124
現在時刻, 172
現在時刻の取得, 174
減算, 9
構造体, 204
コマンドサーチパス, 281
コマンドシェル, 256
コマンド引数, 96, 239
コマンド引数の形式, 239
コマンドライン, 239
コマンドラインオプション, 239
コメント, 6
コロン, 37
コンストラクタ, 115
コンテンツの階層構造, 255
コンテンツの取得, 251
コンボボックス, 290
コード体系を調べる方法, 84
コールバック, 145
コールバック関数, 271
コールバックモード, 271
合計, 43
誤差, 13
再帰代入, 9, 26
再帰的定義, 110
最小値, 13
最大値, 13
サウンドの再生位置をファイルの先頭に戻す, 273
サウンド再生の終了の検出, 273
サウンドの繰り返し再生, 273
サウンドの再生, 270
サウンドの入出力, 263
サウンドの入力, 270, 273
サブクラス, 246
サブコマンド, 242
サブプロセス, 256
算術演算, 9
サンプリング周波数, 263
サンプリングレート, 263
サーバ, 248

シェル変数, 256
識別値, 73
四捨五入, 13
指数関数, 14
指数表記, 10, 17
指数部, 10, 19
自然対数, 14
シャッフル, 59
集合論, 47, 50
集合論の操作, 50
終了コード, 244
終了ステータス, 244
終了の待機, 261
出力先のリダイレクト, 88
書庫（アーカイブ）の作成, 235
書庫（アーカイブ）の展開, 235
書庫ファイル, 235
書式設定, 74
処理環境に関する情報の取得, 231
処理のスケジューリング, 187
真, 31
シングルクオート, 24
進捗バー, 152
シンボルの調査, 221
真理値, 31
ジェネレータ, 64
ジェネレータ関数, 193
ジェネレータ式, 194
時間差, 172
時間によるイベント, 165
時間の計測, 174
時刻, 172
時刻情報の分解, 172
辞書型, 51
辞書の更新, 52
辞書の要素の削除, 51
実引数, 105
実部, 12, 18
受信, 249
順次アクセス, 200
順序の反転, 44
上位クラス, 115
条件付きカウント, 43
条件分岐, 69
乗算, 9
剰余, 9
除算, 9
垂直, 143
垂直タブ, 24
垂直配置, 144
スイッチ, 152
水平, 143
水平配置, 144
スイート, 61
数学関数, 14
スクリプト, 3
スクリプトの終了, 244
スクリーン, 139, 165
スクリーンショット, 158
スクリーンマネージャ, 139
スクロールバー, 160, 293, 294
スクロールビュー, 160
スケール, 295, 296
スコープ, 109
スタック, 40, 212
スタティックメソッド, 120
ステレオ音声, 263
ステータスの取得, 252
ストリーム, 270
スライス, 25, 54
スライスオブジェクト, 55
スライダ, 152
スライドイン, 166
スレッド, 183
スレッド終了の同期, 183
スレッドの実行, 183
スレッドの生成, 183
スワイプ, 171
スーパークラス, 115, 246
正規表現, 175, 177
正弦関数, 14
整数, 9
整数値のビット長を求める方法, 36
正接関数, 14
セッション情報, 253
セッタ, 123, 124
セット, 47
セットに変換, 56
セットの生成, 48
セットの複製, 49
遷移の効果, 166
絶対値, 12
絶対パスの文字列, 91
ゼロの充填, 75

全要素の削除 (set) , 49
双曲線正弦関数, 14
双曲線正接関数, 14
双曲線余弦関数, 14
送信, 249
添字, 25, 54
添字の値の省略, 54
添字の増分, 56
ソケット, 248
ソケットオプション, 249
ソケットの用意, 248
属性の調査, 127
大域変数, 109, 195
対数関数, 14
タイマー, 165, 305
タイムアウト, 249
対話モード, 3
タグ, 300
タグの検索, 255
多重継承, 115
タッチ, 141
多倍長精度の浮動小数点数, 17
多バイト系文字列の変換, 83
タブ, 24
タブパネル, 169
タプル, 46
タプルに変換, 56
第一級オブジェクト, 131
代入演算子, 69
代入式, 136
楕円, 155
ダブルクオート, 24
チェックボタン, 288
チェックボックス, 152
置換, 27, 181
置換処理, 181
チャンネル数, 263
中央揃え, 75
長方形, 155
通信機能, 248
定数の取り扱い, 216
テキスト, 293, 294
テキスト形式, 80
テキスト入力, 151
テキストボックス, 290
テクスチャ, 155
ディスプレイに関する情報, 306
ディレクトリ, 89, 92
ディレクトリ階層の複製, 234
ディレクトリ内容の一覧, 90
ディレクトリの削除, 91
ディレクトリの作成, 96
ディレクトリの部分のみを取り出す, 91
ディレクトリの要素, 93
ディレクトリ名, 93
デコレータ, 118, 227
デストラクタ, 115
デフォルト値, 242
デフォルトフォント, 151
データ構造に沿った値の割当て, 58
データ構造のシャッフル, 59
データ構造の生成, 64
データ構造の選択的な部分抽出, 59
データ構造の変換, 56
特殊なタプル, 46
トグルボタン, 152
同一性, 72
ドット, 38
内部関数, 112
内包表記, 63
内包表記によるタプルの生成, 64
長さ, 42
名前の衝突, 172, 313
日本語の変数名, 8
日本語文字列の表示, 148
入出力, 74
任意の精度, 17
ヌルオブジェクト, 32, 72, 81
ネイピア数, 14
排他的論理和, 35
配置領域の大きさ, 144
派生クラス, 115
ハッシュ可能, 51
バイエンディアン, 207
バイトオーダー, 206
バイト値, 83
バイト列, 82, 202
バイト列の作成方法, 84
バイナリ形式, 80, 202
バイナリデータ, 82, 204, 268
バックスペース, 24
パイプ, 256
パスオブジェクト, 92
パスの存在の検査, 93

パスの連結, 94
パスワードで保護された ZIP 書庫, 238
パスワード入力, 78
パターンの検索, 175
パターンマッチ, 180
パッケージ, 1, 195, 196
比較演算子, 70
比較演算子の連鎖, 70
引数, 105
引数に暗黙値を設定する, 105
引数の個数が不定, 106
引数パーサ, 239
非数, 16, 18
ヒストリ, 3
左寄せ, 75
日付, 172
日付, 時刻の書式整形, 173
日付と時刻の生成, 172
標準エラー出力, 88
標準出力, 74
標準入力, 74, 78
ビッグエンディアン, 206
ビット演算, 35
ビュー, 53, 54
描画色, 155
ピクセル値の取り出し, 158, 159
ファイナライザ, 115
ファイルオブジェクト, 79
ファイルオブジェクトへの出力, 86
ファイルからの入力, 79
ファイル内でのランダムアクセス, 200
ファイルのオープン, 80
ファイルのクローズ, 82
ファイルのサイズの取得, 90
ファイルの削除, 91
ファイルのシーク, 200
ファイルのパス, 80
ファイルの複製, 234
ファイルへの出力, 86
ファイル名, 93
ファイル, ディレクトリの検査, 90, 93
フェードアウト, 166
フェードイン, 166
フォント指定, 148
フォントのサイズ, 149
フォントの登録, 150
フォントのパス, 149
フォーマット済み文字列リテラル, 75
フォームの送信, 251
フォームフィード, 24
深いコピー, 45
複数行に渡る文字列, 25
複数のウィンドウ, 306
複製, 45
複素数, 9, 11, 14, 18
複素数のノルム, 12
符号, 19
浮動小数点数, 9
浮動小数点数と 2 進数の間の変換, 330
フラグ, 241
フレーム, 264
フレームバッファ, 158
フレームバッファへの描画, 158
部分集合, 50
部分集合の判定, 50
部分文字列, 25
部分リスト, 37
ブロッキングモード, 271
分割代入, 58, 65
分子, 21
文書化文字列, 320
分数, 20
分母, 21
分母の大きさの制限, 21
プログラムの終了, 145, 244, 292
プログラムの実行待ち, 175
プログレスバー, 295, 296
プロパティの調査, 127
プロンプト, 3, 78
プール, 185
平方根, 14
ヘッダー情報, 252
変数, 8
変数の値の交換, 58
変数の解放, 9
冪乗, 9
ベル, 24
ボタン, 151
ポート, 249
マルチスレッド, 183
マルチタッチの無効化, 140
マルチプロセス, 184
丸め, 13
マークアップ, 149

右寄せ, 75
ミドルエンディアン, 206
ミュータブル, 46, 51
無限大, 15, 18
メイン部, 197
メソッド, 115
メソッドの定義, 118
メソッドの適用, 38
メッセージボックス, 307
メニュー, 168, 296
メニュー項目, 296
メニューバー, 168, 296
メンバ, 118
メンバシップ検査, 40
文字コード, 6, 29, 80
文字のコード体系の変換, 83
文字の種別, 30
文字の置換, 27
文字化け, 82
モジュール, 1, 195
モジュールの作成, 195
モジュールの実行, 197
文字列, 24
文字列の含有検査, 29
文字列の繰り返し, 26
文字列の検索, 175, 176
文字列のシャッフル, 60
文字列の置換, 27
文字列の分解, 26, 182
文字列の連結, 25
モノラル音声, 263
要素でない, 50
要素の書き換え, 37
要素の個数のカウント, 42
要素の合計, 43
要素の削除, 39
要素の削除 (set) , 48
要素の整列, 43, 44
要素の挿入, 38
要素の探索, 41
要素の追加, 38
要素の追加 (set) , 48
余弦関数, 14
読み込まれているライブラリの調査, 313
ライブラリ, 1
ライブラリ管理, 280
ラジオボタン, 288
ラベル, 148
ラベルフレーム, 289
乱数, 22
ランダムアクセス, 200
リサイズの禁止, 161, 286
リスト, 37
リストに対する検査, 40
リストに変換, 56
リストの長さ, 42
リストの編集, 37
リストの要素の連結, 27
リストの要素へのアクセス, 37
リストの連結, 39
リストボックス, 292, 293
リソース, 150
リトルエンディアン, 206
量子化ビット数, 263
レイアウト, 139
例外処理, 41, 219
列挙型, 215
連結, 38
論理演算子, 70
論理積, 35
論理和, 35
ローカル変数, 109
ワイプ, 166
和集合, 50

謝辞

本書の内容に関して、インターネット（電子メール、SNS など）を介して多くの方々から有効な助言やリクエストをいただきました。本書の執筆と維持のために大きな貢献となっております。

本書の内容に関して多くのご指摘とご助言をくださった中西康二様，ここにお礼申し上げます。

本書をご精読くださり，細かな点に至るまでチェックをしてくださいました鈴鹿医療科学大学の梶山純先生，大変感謝しております。ここにお礼申し上げます。

その他，ご助力くださった多くの方々にもお礼申し上げます。今後とも協力いただけましたら幸いです。また，誤った記述に対する厳しいご指摘は大変にありがたいものです。

「Python3 入門」

ー Kivy による GUI アプリケーション開発, サウンド入出力, ウェブスクレイピング

IDEJ 出版 ISBN978-4-9910291-2-7 C3004

著者：中村勝則

発行：2019 年 3 月 14 日	第 1 版
2019 年 4 月 10 日	第 1.0.1 版
2019 年 5 月 2 日	第 1.0.3 版
2019 年 7 月 9 日	第 1.0.9 版
2019 年 8 月 17 日	第 1.1 版
2019 年 12 月 20 日	第 1.2.4 版
2020 年 3 月 14 日	第 1.3.1 版
2021 年 2 月 24 日	第 1.8.1 版
2021 年 3 月 14 日	第 2 版

テキストの最新版と更新情報

本書の最新版と更新情報を，プログラミングに関する情報コミュニティ Qiita で配信しています．

→ <https://qiita.com/KatsunoriNakamura/items/b465b0cf05b1b7fd4975>



上記 URL の QR コード

本書はフリーソフトウェアです，著作権は保持していますが，印刷と再配布は自由にさせていただいて結構です．（内容を改変せずをお願いします） 内容に関して不備な点がありましたら，是非ご連絡ください．ご意見，ご要望も受け付けています．

● 連絡先

nkatsu2012@gmail.com

中村勝則