オペレーティングシステムの機能を使ってみよう
第２章 ファイル入出力システムコール

ファイル入出力システムコール

- ファイルの読み書きを行うシステムコールを勉強する.
- システムコールを直接に使用したプログラムを作成してみる.
- プログラムの作成には C 言語を用いる.
- システムコールを直接に使用する入出力を低水準入出力と呼ぶ.
  これまで使用してきたものは高水準入出力と呼ぶ.

高水準入出力と低水準入出力

- C 言語の入門で勉強した入出力関数は高水準入出力関数.
- システムコールを直接使用する入出力は低水準入出力.
- 高水準入出力関数は内部でシステムコールを利用.
- 高機能・豊富な高水準と，シンプルな低水準.

高水準入出力関数	対応するシステムコール
`fopen()`	`open` システムコール
`printf()`	`write` システムコール
`putchar()`	`write` システムコール
`fputs()`	`write` システムコール
`fputc()`	`write` システムコール
...	...
`scanf()`	`read` システムコール
`getchar()`	`read` システムコール
`fgets()`	`read` システムコール
`fgetc()`	`read` システムコール
...	...
`fclose()`	`close` システムコール

open システムコール（書式１）

- ファイルを開くシステムコール
- fopen() 関数が使用している

書式　（オープンするだけの場合）

```
#include <fcntl.h>
int open(const char *path, int oflag);
```

解説　（書式１，２共通）

- fcntl.h をインクルードする必要がある．
- open システムコールは正常時にはファイルディスクリプタ（３以上の番号）を返す．[1]．
- エラーが発生した時は-1 を返す．
- エラー原因は perror() 関数で表示できる．

[1] stdin が 0，stdout が 1，stderr が 2 なので 3 以降になる．

引数

- path はオープンまたは作成するファイルのパス（名前）
- oflag はオープンの方法を表の記号定数を「|」で接続して書く．（「|」は，C 言語のビット毎の論理和演算子）

以下の一つ	と	以下のいくつか
O_RDONLY（読み出し用）		O_APPEND（追記）
O_WRONLY（書き込み用）	+	O_CREAT（作成）
O_RDWR（読み書き両用）		O_TRUNC（切詰め）
		…

使用例

```
#include <fcntl.h>
...
int fdr, fdw, fda;
fdr=open("r.txt", O_RDONLY);                  // 読み出し用にオープン
fdw=open("w.txt", O_WRONLY);                  // 書き込み用にオープン
fda=open("a.txt", O_WRONLY|O_APPEND);         // 追記用にオープン

if (fdw<0) {                                  // エラーチェック
  perror("w.txt");                            //  原因の表示
  exit(1);                                    //  エラー終了
}
```

open システムコール（書式２）

ファイルが存在しない時はファイルを自動的に作った上で開く．

書式　（ファイル作成もする場合）

oflag に O_CREAT を含む場合は，該当ファイルが存在しないなら新規作成してからオープンする．新規作成するファイルの保護モードを mode で指定する．

```
#include <fcntl.h>
int open(const char *path, int oflag, mode_t mode);
```

- mode_t は，16bit の整数型（16bit int）である．
- mode は，作成されるファイルの保護モードである．
- mode は，８進数で記述することが多い．

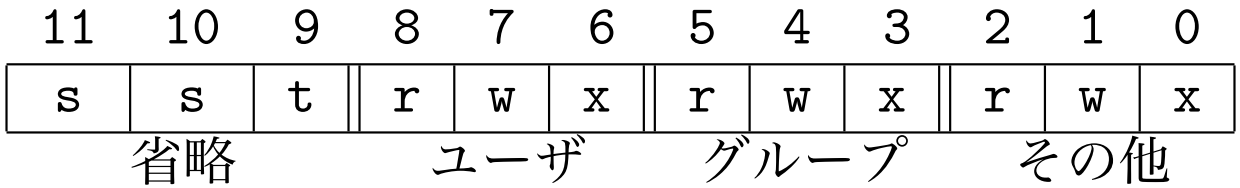
0: ---	2: -w-	4: r--	6: rw-
1: --x	3: -wx	5: r-x	7: rwx

使用例

```
fd=open("a.txt", O_WRONLY|O_CREAT, 0644);  // モードは rw-r--r--
```

ファイルの保護モード

open システムコールの第３引数（mode）は次のような 12bit の値である．



- 最初の 3bit の意味は難しいのでここでは説明を省略する．
- 他のビットは rwx のどれかである．rwx の意味は次の通り．

  r ： ***r****ead* 可（読み出し可能）
  w ： ***w****rite* 可（書き込み可能）
  x ： *e****x****ecute* 可（実行可能）

例えば，第８ビットが１だった．＝＞
ユーザ（ファイルの所有者）が read（読み出し）可能の意味．

ファイルのモードやユーザ（所有者），グループは次のようにして確認できる．

```
% ls -l a.txt
-rw-r--r--  1 sigemura  staff  0 Apr 11 05:53 a.txt
%
```

実行結果から a.txt ファイルについて以下のことが分かる．

- モードの下位 9 ビットが 110100100 である．
- 所有者は sigemura である．
- グループは staff である．

以上を総合すると a.txt ファイルについて以下のことが分かる．

- sigemura が読み書きができる．
- staff グループに属するユーザは読むことだけできる．
- その他のユーザも読むことだけできる．

read システムコール（1）

- 読み出し用にオープン済みのファイルからデータを読む.
- ファイルの先頭から順に読み出す.
  (シーケンシャルアクセス（順アクセス))

書式　（詳しくは man 2 read で調べる.）

```
#include <unistd.h>
ssize_t read(int fildes, void *buf, size_t nbyte);
```

解説

- unistd.h をインクルードする必要がある.
- ssize_t は 64bit int 型.
- 正常時には読んだデータのバイト数（正の値）を返す.
- EOF では 0 を返す.
- エラーが発生した時は-1 を返す.
- エラーの原因は perror() 関数で表示できる.

read システムコール（2）

引数

- fildes はオープン済みのファイルディスクリプタ
- buf はデータを読み出すバッファ領域を指すポインタ
- nbyte はバッファ領域の大きさ（バイト単位）

使用例 1

- fd は open システムコールでオープン済みと仮定
- buf はバッファ用の char 型の大きさ 100 の配列
- char 型は 1 バイトなので，配列全体で 100 バイト
- 3 回の read によりファイルの先頭から順に 100 バイトずつ読む

```
char buf[100];
n = read(fd, buf, 100); // 1回目
n = read(fd, buf, 100); // 2回目
n = read(fd, buf, 100); // 3回目
```

read システムコール（3）

使用例 2

- ループでファイルの先頭から順にデータを読み出す例
- n の値が 0 以下になったら EOF かエラー
- EOF かエラーになったらループを終了

```
while ((n=read(fd, buf, 100)) > 0) { // 読む
    ... 読んだ n バイトのデータを処理する ...
}
```

write システムコール

- 書き込み用にオープン済みのファイルへデータを書き込む.
- ファイルの先頭から順にデータを書き込む.
  (シーケンシャルアクセス)
- ファイルの最後に達するまでは元々あったデータを上書きする.
- ファイルの最後に書き込むとファイル長が延長される.

書式 (詳しくは `man 2 write` で調べる.)

```
#include <unistd.h>
ssize_t write(int fildes, void *buf, size_t nbyte);
```

解説

- ファイルに実際に書き込んだデータのバイト数を返す.
- 返された値が `nbyte` と一致しない場合はエラー?

使用例 ファイルに `abc` の 3 バイトを書き込む.

```
char *a = "abc";
n = write(fd, a, 3);          // nが3以外ならエラーが疑われる
```

lseek システムコール（1）

- オープン済みファイルの読み書き位置を移動する.
- lseek システムコールと組み合わせることで，read，write システムコールを用いたファイルのランダムアクセス（直接アクセス）が可能になる.

書式　（詳しくは `man 2 lseek` で調べる.）

```
#include <unistd.h>
off_t lseek(int fildes, off_t offset, int whence);
```

解説

- `fildes` はオープン済みのファイルディスクリプタ
- `off_t` 型は 64bit `int` 型
- ファイルの現在の読み書き位置を `offset` に移動
- `offset` の意味は `whence` によって変化する.
- 正常時は新しい読み書き位置が返される.
- エラーが発生した時は`-1` を返す.
- エラーの原因は `perror()` 関数で表示できる.

lseek システムコール（2）

whence の意味

whence	意　味
SEEK_SET	offset はファイルの先頭からのバイト数
SEEK_CUR	offset は現在の読み書き位置からのバイト数
SEEK_END	offset はファイルの最後からのバイト数

使用例 fd はオープン済みのファイルディスクリプタとする．

```
lseek(fd,  200, SEEK_SET);     // 先頭から200バイトに移動する．
lseek(fd, -100, SEEK_CUR);     // 現在地から100バイト後ろに移動する．
lseek(fd,  -10, SEEK_END);     // 最後から10バイト後ろに移動する．
```

close システムコール

ファイルを閉じる.

書式 （詳しくは man 2 close で調べる.）

```
#include <unistd.h>
int close(int fildes);
```

解説

- オープン済みのファイルを閉じる.
- 引数はオープン済みのファイルディスクリプタ
- 多数のファイルを開くプログラムでは不要になったものをクローズしないと，同時に開くことができるファイル数の上限を超えることがある.

使用例 fd はオープン済みのファイルディスクリプタとする.

```
close(fd);
```