

*Engineering Calculator with KEyboard  
and Refined Tools*

***ECKERT***

Console User Interface

(キーボード操作 汎用関数電卓)

バージョン 2017

活用ガイド

2017 年 02 月 28 日

© 2014-2017 菊地唯真 (Yuishin Kikuchi)



## 目次

### 確認

これは、関数電卓ソフト ECKERT の活用ガイドです。

0.	はじめに .....	1
0-1.	本ドキュメントの位置づけ.....	1
0-2.	問題設定の難易度.....	1
0-3.	知っておくと便利な操作.....	2
1.	日常の計算にチャレンジ .....	3
1-1.	金額計算.....	3
1-2.	時間計算.....	5
1-3.	平均の速さ.....	7
2.	中学・高校数学にチャレンジ .....	9
2-1.	塩分濃度.....	9
2-2.	確率と期待値.....	12
2-3.	2 次方程式の解の公式.....	14
2-4.	測量 .....	16
3.	物理の計算にチャレンジ .....	17
3-1.	放物運動.....	17
3-2.	振り子の周期.....	19
3-3.	音のドップラー効果.....	20
4.	化学の計算にチャレンジ .....	21
4-1.	標準原子量.....	21
4-2.	分子の個数.....	22
4-3.	濃度の計算.....	23
5.	電気の計算にチャンレジ .....	25
5-1.	合成抵抗.....	25
5-2.	LC 並列共振回路.....	26
6.	マニア向け問題 .....	28

## 目次

6-1.	音楽の調律.....	28
6-2.	ネイピア数を求める.....	30

## 0. はじめに

### 0-1. 本ドキュメントの位置づけ

ECKERT（以下、本ソフトウェア）は、キーボード操作の電卓ソフトウェアです。

**「ECKERT 活用ガイド」（以下、本ガイド）は、ECKERT の使用例を紹介するガイドです。初めて本ソフトウェアに触れる場合は、「ECKERT スタートガイド」を、詳細な仕様や機能一覧を知るには、「ECKERT ユーザーズマニュアル」をご一読ください。**

本ガイドは、本ソフトウェアの基本的な操作、およびスタックの動きを理解している人を対象とします。具体的かつ実用的な問題を設定し、その解法を考えながら操作する流れとなっています。活用のヒントとしてお役立てください。

### 0-2. 問題設定の難易度

各章の問題は次のようなコンセプトで作られています。

- 1 章「日常の計算にチャレンジ」  
日常的な計算の中でも、やや面倒な計算です。
- 2 章「中学・高校数学にチャレンジ」  
日本の中学・高校数学の問題です。
- 3 章「物理の計算にチャレンジ」  
日本の高校物理で教えられているレベルの問題です。
- 4 章「化学の計算にチャレンジ」  
日本の高校化学で教えられているレベルの問題です。
- 5 章「電気の計算にチャレンジ」  
回路理論の問題です。
- 6 章「マニア向け問題」  
前章までが物足りない場合、こちらにチャレンジするとよいでしょう。

## 0. はじめに

### 0-3. 知っておくと便利な操作

本ソフトウェアを扱う上で便利な機能を紹介します。

#### 0-3-1. オールクリア

スタック、レジスタのオールクリアは、次のように入力します。

**Input>** ac

本ガイドを読みながら操作する場合、それぞれの問題ごとにオールクリアすることをおすすめします。

#### 0-3-2. 元に戻す・やり直し

本ソフトウェアには、元に戻す・やり直し機能があります。スタックの状態を何回かさかのぼったり、たどったりできます。

元に戻す **Input>** u

やり直し **Input>** r

操作を誤った場合、元に戻す・やり直し（アンドゥ・リドゥ）は大変便利です。

#### 0-3-3. 有理数の表示変更

有理数の表示は、小数・分数で切り替えられます。表示を切り替えるには、次のキーワードを単体で入力します。

表示モード	キーワード
自動小数表示	AD
強制小数表示	FD
強制分数表示	FF

自動小数表示は、10進数の有限小数で表示可能なものを小数で表示する設定です。

強制小数表示は、すべての有理数を小数で表示する設定です。

強制分数表示は、すべての有理数を分数で表示する設定です。

## 1. 日常の計算にチャレンジ

# 1. 日常の計算にチャレンジ

### 1-1. 金額計算

ある日、文具店で買い物をしました。購入したものは、次のものです。

品目	単価	個数
ノート	110	5
消しゴム	80	3
シャープペンシルの芯	100	4
赤ボールペン	90	3

ただし、消費税の8%は含まれていません。税込みの金額はいくらになるでしょうか。

#### 1-1-1. 品名ごとに購入額を出す

まずは品目ごとに購入額を出します。ノートに対して $110 \times 5$ といった具合です。

**Input>** 110 5 \*

#	TYPE	VALUE
4		
Z		
Y		
X	Integer	550

同様に他の品目も求めましょう。

**Input>** 80 3 \* 100 4 \* 90 3 \*

#	TYPE	VALUE
4	Integer	550
Z	Integer	240
Y	Integer	400
X	Integer	270

## 1. 日常の計算にチャレンジ

### 1-1-2. 合計を出す

合計を出すには、「SUM」を使います。

**Input>** sum

#	TYPE	VALUE
4		
Z		
Y		
X	Integer	1460

### 1-1-3. 税込みを計算する

税込みを出すには、「INTAX」を使います。8%なので、8を指定します。

**Input>** 8 intax

#	TYPE	VALUE
4		
Z		
Y		
X	Rational	7884/5

分数表示になってしまう場合、「FD」で表示を切り替えます。



## 1. 日常の計算にチャレンジ

### 1-2. 時間計算

時間の計算に関する小問をいくつか出します。

#### 1-2-1. 42 秒は何分か

秒・分・時・日・週を相互に換算する機能を使います。秒から分は、「STOM」です。

**Input>** 42 stom

#	TYPE	VALUE
4		
Z		
Y		
X	Rational	7/10

#### 1-2-2. 10000 秒は何時間何分何秒か

時分秒の換算は面倒です。一気に求めてしまいましょう。

まず、10000 秒を時間に換算します。秒から時に換算するには、「STOH」を使います。

**Input>** 10k stoh

#	TYPE	VALUE
4		
Z		
Y		
X	Rational	25/9

## 1. 日常の計算にチャレンジ

次に、DMS 変換（度分秒変換）を用います。DMS 変換は、「TODMS」です。

**Input>** todms

#	TYPE	VALUE
4		
Z	Integer	2
Y	Integer	46
X	Integer	40

つまり、10000 秒は、2 時間 46 分 40 秒です。

1-2-3. 3 時間 4 分 56 秒は何秒か

時分秒の形から時間に変換するには、「DMSTO」を使います。時から秒は「HTOS」です。

**Input>** 3 4 56 dmsto

#	TYPE	VALUE
4		
Z		
Y		
X	Rational	1387/450

**Input>** htos

#	TYPE	VALUE
4		
Z		
Y		
X	Integer	11096

## 1. 日常の計算にチャレンジ

### 1-3. 平均の速さ

自動車で高速道路と一般道を走りました。高速道路では80[km/h]の速さで 60 分、一般道では40[km/h]の速さで20分走りました。途中の加減速・停止はないものとして、平均の速さは何[km/h]でしょうか。

#### 1-3-1. 合計の距離

平均の速さは、合計の距離と合計の時間から求めます。まずは、距離を求めます。分から時の換算は、「MTOH」でできます。

**Input>** 80 60 mtoh \*

#	TYPE	VALUE
4		
Z		
Y		
X	Integer	80

**Input>** 40 20 mtoh \*

#	TYPE	VALUE
4		
Z		
Y	Integer	80
X	Rational	40/3

**Input>** +

#	TYPE	VALUE
4		
Z		
Y		
X	Rational	280/3

## 1. 日常の計算にチャレンジ

### 1-3-2. 合計の時間

合計の時間を求めます。

60 20 + mtoh

#	TYPE	VALUE
4		
Z		
Y	Rational	280/3
X	Rational	4/3

### 1-3-3. 速さを求める

合計の距離と合計の時間の除算です。

/

#	TYPE	VALUE
4		
Z		
Y		
X	Integer	70

## 2. 中学・高校数学にチャレンジ

### 2-1. 塩分濃度

濃度3%の食塩水が250[g]あります。これに食塩を追加して濃度をちょうど5%にするには、何[g]の食塩が必要でしょうか。

ここで、レジスタ機能を使います。レジスタを表示させるには、「REG」と入力します。

**Input>** reg

#### 2-1-1. 最初に溶けている食塩の量を求める

溶質（食塩）と溶媒（水）に分けて考えます。溶かす食塩の質量を $x$ とします。質量パーセント濃度は、溶質の質量を溶液全体の質量で割ったものです。

$$\text{元の食塩水の質量} = T = 250[\text{g}], \quad \text{元の食塩の質量} = S = \frac{3}{100} \times 250[\text{g}]$$

**Input>** 250 3 perc

#	TYPE	VALUE
RA		
RB		
Z		
Y	Integer	250
X	Rational	15/2

**Input>** strb stra

#	TYPE	VALUE
RA	Integer	250
RB	Rational	15/2
Z		
Y		
X		

## 2. 中学・高校数学にチャレンジ

### 2-1-2. 方程式を立てて解く

$x[g]$ の食塩を溶かして5%にするため、次のような方程式が立てられます。

$$\frac{S+x}{T+x} = \frac{5}{100}$$

これを解きます。

$$100(S+x) = 5(T+x) \Leftrightarrow 100S - 5T = 5x - 100x$$

$$\therefore x = (100S - 5T)/(5 - 100)$$

### 2-1-3. 式を計算する

$T$ はRAに、 $S$ はRBにあるので、これを使います。

**Input>** 100 ldrb \* 5 ldra \* -

#	TYPE	VALUE
RA	Integer	250
RB	Rational	15/2
Z		
Y		
X	Integer	-500

**Input>** 5 100 -

#	TYPE	VALUE
RA	Integer	250
RB	Rational	15/2
Z		
Y	Integer	-500
X	Integer	-95

## 2. 中学・高校数学にチャレンジ

> /

#	TYPE	VALUE
RA	Integer	250
RB	Rational	15/2
Z		
Y		
X	Rational	100/19

## 2. 中学・高校数学にチャレンジ

### 2-2. 確率と期待値

あるくじびきゲームがあります。300 円で一回引くことができ、賞金と本数は次のように決められています。このくじの一本あたりの期待値（平均値）を求めましょう。

賞金（円）	100	500	1000
本数	70	20	10

ここで、ベクトル計算機能（内積計算）とレジスタ機能を使います。レジスタを表示させるには、「REG」と入力します。

**Input>** reg

#### 2-2-1. それぞれの確率を求める

期待値を求めるには、まず確率を知る必要があります。前問と同様に求められます。

**Input>** 70 20 10 3 mrtup stra

#	TYPE	VALUE
RA	Tuple[Row]	[70, 20, 10]
RB		
Z		
Y		
X		

**Input>** ldra cut sum

#	TYPE	VALUE
RA	Tuple[Row]	[70, 20, 10]
RB		
Z		
Y		
X	Integer	100



## 2. 中学・高校数学にチャレンジ

**Input>** ldra swap /

#	TYPE	VALUE
RA	Tuple[Row]	[70, 20, 10]
RB		
Z		
Y		
X	Tuple[Row]	[7/10, 1/5, 1/10]

### 2-2-2. 賞金のベクトルを作り、内積を計算する

賞金のベクトルを作ります。次に、内積を計算すれば、求まります。

**Input>** 100 500 1000 3 mrtup

#	TYPE	VALUE
RA	Tuple[Row]	[70, 20, 10]
RB		
Z		
Y	Tuple[Row]	[7/10, 2/10, 1/10]
X	Tuple[Row]	[100, 500, 1000]

**Input>** inner

#	TYPE	VALUE
RA	Tuple[Row]	[70, 20, 10]
RB		
Z		
Y		
X	Integer	270

つまり、このくじ引きゲームは1回あたり平均で30円負けることになります。

## 2. 中学・高校数学にチャレンジ

### 2-3. 2 次方程式の解の公式

方程式「 $x^2 - 5x + 3 = 0$ 」の解を求めましょう。

ここで、レジスタ機能を使います。レジスタを表示させるには、「REG」と入力します。

**Input>** reg

$$x_1 = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$x_2 = \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$a = 1, \quad b = -5, \quad c = 3$$

#### 2-3-1. ルートを計算する

まず、 $\sqrt{b^2 - 4ac}$ を求めて、レジスタ RA に登録します。

**Input>** -5 sq 4 1 3 \* \* - sqrt stra

#	TYPE	VALUE
RA	Floating	3.60555128
RB		
Z		
Y		
X		

#### 2-3-2. 解を求める

では、解を求めましょう。

$$x_1 = \frac{-b + \sqrt{D}}{2a}$$

$$x_2 = \frac{-b - \sqrt{D}}{2a}$$

$$a = 1, \quad b = -5, \quad c = 3, \quad D = b^2 - 4ac$$

## 2. 中学・高校数学にチャレンジ

**Input>** -5 pm ldra + 2 1 \* /

#	TYPE	VALUE
RA	Floating	3.60555128
RB		
Z		
Y		
X	Floating	4.30277564

**Input>** -5 pm ldra - 2 1 \* /

#	TYPE	VALUE
RA	Floating	3.60555128
RB		
Z		
Y	Floating	4.30277564
X	Floating	0.697224362

※仮に $\sqrt{D} = \sqrt{b^2 - 4ac}$ が虚数になるとしても、計算できます。

## 2. 中学・高校数学にチャレンジ

### 2-4. 測量

とても高い木があります。今、高さを知りたい木からは20[m] 離れており、仰角72°で木の頂上が見えます。この木の高さは何[m]でしょうか。ただし、人の目の高さは1.5[m]です。

#### 2-4-1. 三角形を考える

底辺が20[m]、直角以外の一方の角度が72°の直角三角形を考えます。ここから高さを求めるにはタンジェントを使います。度数法タンジェントであることに注意しましょう。

$$H' = 20 \tan 72^\circ$$

**Input>** 20 72 tand \*

#	TYPE	VALUE
Z		
Y		
X	Floating	61.5536707

#### 2-4-2. 目の高さを考慮

目の高さが1.5[m]であるため、実際にはこの三角形が1.5[m]浮いています。つまり、これを足す必要があります。

$$H = H' + 1.5$$

**Input>** 1.5 +

#	TYPE	VALUE
Z		
Y		
X	Floating	63.0536707

## 3. 物理の計算にチャレンジ

### 3-1. 放物運動

標準重力加速度 $g_n$ の地表から $52^\circ$ の角度で、ボールを初速度 $13.4[\text{m/s}]$ で打ち出しました。  
2秒後、ボールは地表から何[m]の高さにあるでしょう。

#### 3-1-1. 初速度の垂直成分

地表から $52^\circ$ の角度で、初速度 $13.4[\text{m/s}]$ なので、これを水平成分、垂直成分に分けて考えます。今回は高さを求めるので、垂直成分を考えます。垂直なので、度数法のサインを用います。これをレジスタにストアします。

$$V_0 = 13.4 \times \sin 52^\circ$$

**Input>** 13.4 52 sind \* strA

#	TYPE	VALUE
RA	Floating	10.5593441
RB		
Z		
Y		
X		

また、2秒という時間もストアしておきます。

**Input>** 2 strB

#	TYPE	VALUE
RA	Floating	10.5593441
RB	Integer	2
Z		
Y		
X		

### 3. 物理の計算にチャレンジ

#### 3-1-2. 等加速度運動を計算

今回は、標準重力加速度 $g_n$ の地表からの投げ上げです。

$$h = V_0 t - \frac{1}{2} g_n t^2 \quad (h \text{ は高さ、} V_0 \text{ は初速度、} t \text{ は時間})$$

**Input>** ldra ldrb \*

#	TYPE	VALUE
RA	Floating	10.5593441
RB	Integer	2
Z		
Y		
X	Floating	21.1186882

**Input>** gravity ldrb sq \* 2 /

#	TYPE	VALUE
RA	Floating	10.5593441
RB	Integer	2
Z		
Y	Floating	21.1186882
X	Floating	19.6133

**Input>** -

#	TYPE	VALUE
RA	Floating	10.5593441
RB	Integer	2
Z		
Y		
X	Floating	1.5053882

つまり、1.51[m]の高さです。

### 3. 物理の計算にチャレンジ

#### 3-2. 振り子の周期

柱時計の振り子はおよそ1[m]になっています。これについて検証してみましょう。振り子の振れる角度が小さい場合、その周期は次の近似式で表現されます。

$$T = 2\pi\sqrt{l/g} \quad (l \text{は振り子の長さ、} g \text{は重力加速度})$$

長さ1[m]、重力加速度を $g_n = 9.88665[\text{m/s}^2]$ とすると、周期はいくらになるでしょうか。

##### 3-2-1. ルートの部分を計算する

まずは、 $\sqrt{l/g}$ を計算します。ただ、 $l = 1[\text{m}]$ なので、かなり省略できます。

**Input>** gravity inv sqrt

#	TYPE	VALUE
Z		
Y		
X	Floating	0.319329957

##### 3-2-2. $2\pi$ と乗算

$2\pi$ と乗算するには、専用の機能を使いましょう。

**Input>** tpix

#	TYPE	VALUE
Z		
Y		
X	Floating	2.00640929

1 周期がほぼ2秒なので、1[m]は振り子に都合のよい長さなのです。

### 3. 物理の計算にチャレンジ

#### 3-3. 音のドップラー効果

サイレンを鳴らした救急車がそばを通過すると、救急車が近づくときは高い音に、遠ざかるときは低い音に聞こえます。このように、波の発信源や観測者が動くことによって、発信される波と観測される波とが異なる現象を、ドップラー効果と言います。

道に立った人が60[km/h]で近づく救急車のサイレンを聞きます。サイレンの周波数を800[Hz]とすると、観測される周波数はいくつになるでしょうか。なお、音速は1225[km/h]とします。

##### 3-3-1. 波長の伸び縮みを考える

音源が動くと、動いた方向に発せられる波の波長は縮められます。音波を音源が追いかける形になるので、縮められた波長 $\lambda'$ は次のような関係になります。

$$V - v_0 = f\lambda' \quad (V \text{は音速、} v_0 \text{は音源の速度})$$

一方、観測される周波数 $f'$ は次のような関係です。

$$V = f'\lambda'$$

これをまとめると、観測される周波数 $f'$ は次のように表現されます。

$$f' = \frac{V}{V - v_0} f$$

##### 3-3-2. 式を計算する

求まった式を素直に計算しましょう。

```
Input> 1225 1225 60 - / 800 * toflt
```

#	TYPE	VALUE
Z		
Y		
X	Floating	841.201717



## 4. 化学の計算にチャレンジ

### 4-1. 標準原子量

原子の質量数は陽子数と中性子数の和で整数です。しかし、原子量は異なり、同位体を考慮するため、小数で表現されます。

地球上に存在する塩素Clの同位体の割合は、 $^{35}\text{Cl}$ が75.77%、 $^{37}\text{Cl}$ が24.23%とされています。塩素原子一個あたりの平均の質量は何[amu]でしょうか。

存在比と質量の積の和を求めれば、平均になります。

$$\text{Cl} = 35 \times 0.7577 + 37 \times 0.2423$$

Input> 35 0.7577 \* 37 0.2423 \* +

#	TYPE	VALUE
Z		
Y		
X	Floating	35.4846

#### 4. 化学の計算にチャレンジ

##### 4-2. 分子の個数

100[g]の水があります。ここには何個の水分子が含まれますか。ただし、原子量は、H = 1、O = 16とします。

###### 4-2-1. 分子量を求める

水は $\text{H}_2\text{O}$ なので、分子量は次のようになります。

**Input>** 1 2 \* 16 +

#	TYPE	VALUE
Z		
Y		
X	Integer	18

つまり、水は1[mol]あたり18[g]です。

###### 4-2-2. モル数を求める

今回の体積を水の1[mol]あたりの重さで割ります。

**Input>** 100 swap /

#	TYPE	VALUE
Z		
Y		
X	Rational	50/9

###### 4-2-3. 個数を求める

分子の個数はモル数とアボガドロ数の積で求められます。

**Input>** avogadro \*

#	TYPE	VALUE
Z		
Y		
X	Floating	3.34563381E+24

#### 4. 化学の計算にチャレンジ

##### 4-3. 濃度の計算

水160[g]に対して硫酸 ( $\text{H}_2\text{SO}_4 = 96$ ) 40[g]を混ぜると、密度 $1.15[\text{g}/\text{cm}^3]$ の希硫酸となります。この濃度を、質量パーセント濃度、モル濃度で表しましょう。

##### 4-3-1. 質量パーセント濃度

単純に求めましょう。

$$40/(160 + 40)$$

**Input>** 40 160 40 + /

#	TYPE	VALUE
Z		
Y		
X	Rational	1/5

**Input>** 100 \*

#	TYPE	VALUE
Z		
Y		
X	Integer	20

##### 4-3-2. モル濃度

まずは、溶液1[L]あたりの質量を求める必要があります。密度は $1.15[\text{g}/\text{cm}^3]$ です。

**Input>** 1.15 1000 \*

#	TYPE	VALUE
Z		
Y	Integer	20
X	Integer	1150

#### 4. 化学の計算にチャレンジ

質量パーセント濃度が求まっているので、溶液1[L]あたりの硫酸の質量が求まります。

**Input>** swap perc

#	TYPE	VALUE
Z		
Y	Integer	1150
X	Integer	230

最後に、これをモル数に直せば、溶液1[L]あたりの硫酸のモル数になります。

**Input>** 96 / toflt

#	TYPE	VALUE
Z		
Y	Integer	1150
X	Floating	2.39583333

## 5. 電気の計算にチャレンジ

# 5. 電気の計算にチャンレジ

### 5-1. 合成抵抗

330[Ω]と560[Ω]の抵抗が並列に接続されています。この 2 つの抵抗の合成抵抗の大きさは何[Ω]でしょうか。

線形抵抗 $R_1$ ,  $R_2$ を並列接続したときの合成容量 $R$ は次のようになります。

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

専用のキーワードを使って一発で求めます。

**Input>** 330 560 para

#	TYPE	VALUE
Z		
Y		
X	Rational	18480/89

見づらければキャストしましょう。

**Input>** toflt

#	TYPE	VALUE
Z		
Y		
X	Floating	207.640449

## 5. 電気の計算にチャレンジ

### 5-2. LC 並列共振回路

LC 並列共振回路を、周波数20[kHz]で共振させようとしています。キャパシタ C の容量はすでに決まっており、2200[pF]です。インダクタ L のインダクタンスをいくつに設定すればよいでしょうか。

まず、LC 並列共振回路のインピーダンスを求めます。 $Z_L = j\omega L$ と $Z_C = 1/j\omega C$ の並列回路なので、整理すると、次のようになります。

$$Z = \frac{j\omega L}{1 - \omega^2 LC}$$

共振するのは、分母がゼロになるときなので、その条件を求めます。

$$\omega^2 = 1/LC$$

さて、キャパシタ C と周波数 $f$ が決まっているので、インダクタ L を求めましょう。上式を変形し、L を左辺に表示します。

$$L = 1/\omega^2 C$$

#### 5-2-1. 角周波数を求める

周波数は20[kHz]なので、これに対する角周波数を求めます。

20k tpix

#	TYPE	VALUE
Z		
Y		
X	Floating	125663.706

## 5. 電気の計算にチャレンジ

また、2 乗もします。

**Input>** sq

#	TYPE	VALUE
Z		
Y		
X	Floating	1.5791367E+10

### 5-2-2. キャパシタンスとの乗算

C と乗算します。

**Input>** 2200p \*

#	TYPE	VALUE
Z		
Y		
X	Floating	34.7410075

### 5-2-3. 逆数を取る

逆数を取って、L が決定されます。

**Input>** inv

#	TYPE	VALUE
Z		
Y		
X	Floating	0.0287844272

## 6. マニア向け問題

### 6-1. 音楽の調律

楽器の音を綺麗に響かせるには、調律が欠かせません。調律の基準音は 1939 年のロンドン国際会議で決まった、 $A4 = 440[\text{Hz}]$ がよく用いられます。ただ、オーケストラではもう少し高い基準音を採用します。

$440[\text{Hz}]$ を基準にすると、 $445[\text{Hz}]$ は何セント（半音の何パーセント）ずれているでしょうか。

#### 6-1-1. ウェーバー・フェヒナーの法則

人間が聞き取る音の高さは周波数の大きさによって決まります。また、その高低の感覚は周波数に対して対数尺になっています（ウェーバー・フェヒナーの法則）。たとえば、純正律の完全五度は常に周波数「比」を 1.5 に取りますが、このため、周波数「差」は基準音の高さによって異なります。

#### 6-1-2. 12 平均律

1 オクターブ（12 半音）の周波数比は 2 倍です。これをもとに、（12 平均律として）半音の周波数比 $r$ を割り出すと、次のようになります。

$$\begin{aligned} r^{12} &= 2 \\ \therefore r &= \sqrt[12]{2} \end{aligned}$$

#### 6-1-3. セントの計算

何パーセントずれているかを考えるには、対数を使います。周波数比について、 $\sqrt[12]{2}$ を底とする対数を考えます。

$f_0$ は基準音の周波数、 $f$ は基準音とのズレが知りたい音の周波数です。

$$100 \log_{\sqrt[12]{2}} \left( \frac{f}{f_0} \right) = 1200 \text{ lb}(f/f_0)$$



## 6. マニア向け問題

### 6-1-4. 式を計算する

では、440[Hz]と、445[Hz]の高さの違いを求めましょう。

$$C = 1200 \text{lb}(445/440)$$

Input> 445 440 /

#	TYPE	VALUE
Z		
Y		
X	Rational	89/88

Input> 1b

#	TYPE	VALUE
Z		
Y		
X	Floating	0.0163018123

Input> 1200 \*

#	TYPE	VALUE
Z		
Y		
X	Floating	19.5621748

## 6. マニア向け問題

### 6-2. ネイピア数を求める

ネイピア数  $e$  は、それ単体では意味が解りにくいものの、指数関数や自然対数など、 $e$  を含む関数は特徴的な性質を持ちます。特に、指数関数  $\exp(x)$  は、その導関数が同型になることが知られています。

さて、指数関数のマクローリン展開は非常に簡単で、次のように表現されます。

$$\exp(x) = \sum_{i=0}^{\infty} \frac{1}{i!} x^i$$

ここで、 $x = 1$  と代入すると、ネイピア数  $e$  の級数表現となります。

$$e = \sum_{i=0}^{\infty} \frac{1}{i!}$$

この級数について、 $i = 20$  までとして、ネイピア数の近似値を求めてみましょう。

ここで、レジスタ機能を使います。レジスタを表示させるには、「REG」と入力します。

```
Input> reg
```

#### 6-2-1. カウンタを準備

今回はレジスタとマクロ機能を用います。まず、RA に整数カウンタの初期値として、0 をストアします。

```
Input> 0 stra
```

#	TYPE	VALUE
RA	Integer	0
RB		
Z		
Y		
X		

## 6. マニア向け問題

### 6-2-2. マクロ文字列を準備

次に、級数を表現するマクロ文字列を書きます。ここでは、RA をロードしてその階乗を求め、さらに逆数を取り、RA をインクリメントします。この文字列を RB に登録します。

このマクロが実行されるたびに RA がインクリメントされるため、連続的に次の項を求められます。

**Input>** "ldra ! inv ++ra" strb

#	TYPE	VALUE
RA	Integer	0
RB	String	ldra ! inv ++ra
Z		
Y		
X		

これで準備完了です。

### 6-2-3. 各項を求める

マクロが RB に登録されているので、これを呼び出します。

**Input>** ldrb run

#	TYPE	VALUE
RA	Integer	1
RB	String	ldra ! inv ++ra
Z		
Y		
X	Integer	1

RA が 20 になるまで、同じ入力を繰り返します。

## 6. マニア向け問題

最終的には、次のような形になります。

#	TYPE	VALUE
RA	Integer	20
RB	String	ldra ! inv ++ra
Z	Rational	2.81145725E-15
Y	Rational	1.5619207E-16
X	Rational	8.22063525E-18

### 6-2-4. 総和を出す

この状態で総和を出します。

sum

#	TYPE	VALUE
RA	Integer	20
RB	String	ldra ! inv ++ra
Z		
Y		
X	Rational	2.71828183

馴染み深い数が求められました。

ECKERT および本ドキュメントの著作権は、作者である菊地唯真に属します。