

ITエンジニアのための 機械式計算器入門

上羽 未栞 (a.k.a. KusaReMKN)

2025-08-08

<https://KusaReMKN.com/>

Twitter: @KusaReMKN

今回のおはなし

機械式計算器ってなに？

基本の操作（加減算）

ちょっと複雑な計算（乗除算）

もっと複雑な計算（平方根）

でも電子計算機しか持っていないし

みかんちゃんについて

自称・大天才美少女プログラミング初心者

^{うわ} ^ば ^み ^{かん}
「上羽 未栞」あるいは「KusaReMKN」
みかんちゃんって呼んでね！

実はプログラマでもエンジニアでもない
古い計算機っぽいものが大好き
自分の得意分野がわからなくなってきた

Twitterで思想を垂れ流すことが得意
<https://kusaremkn.com/> も見てね



機械式計算器ってなに？

こんなやつ

電気を使わない省エネ仕様

SDGs にも対応している（諸説）

日本の会社から発売されており

タイガー計算器として知られる

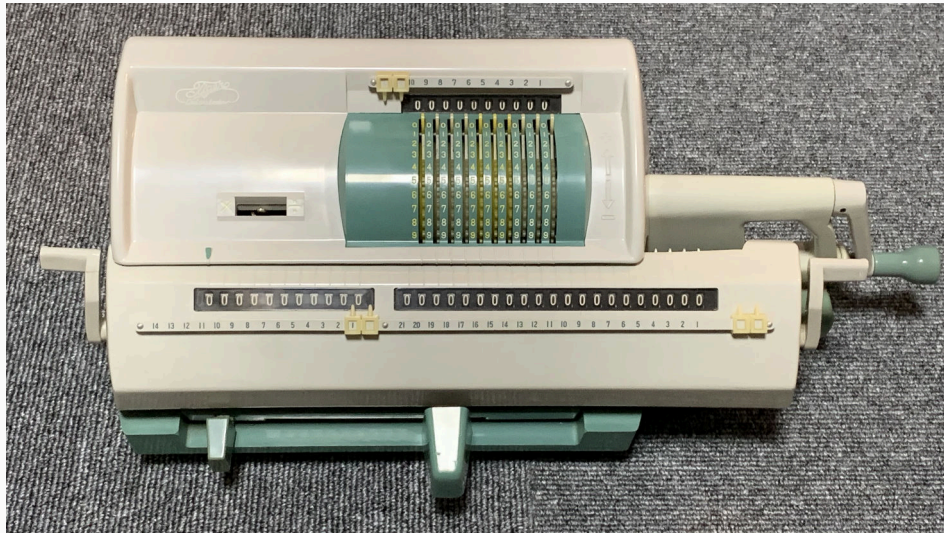
最後の機械式計算器は 1970 年発売

同年に電電公社が DIALS を開始

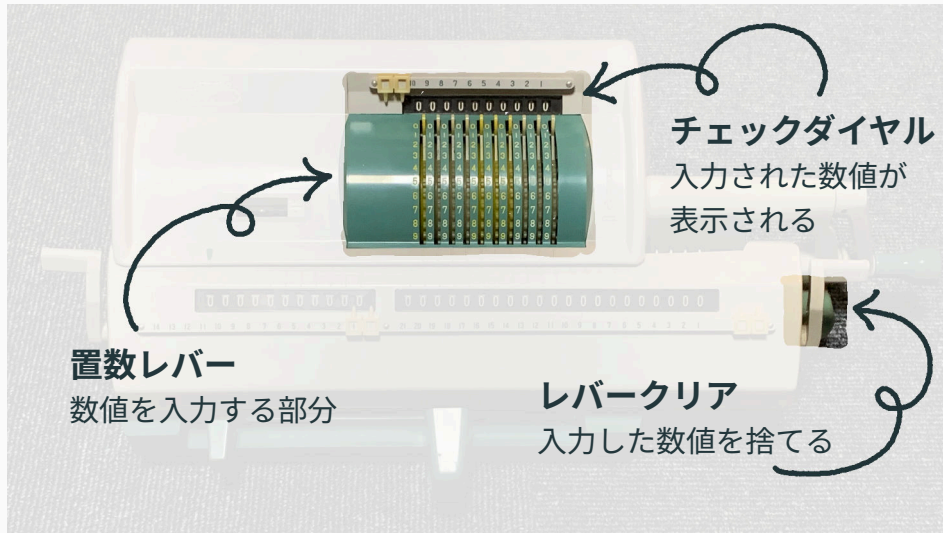
まだ電卓はデカくて高かった



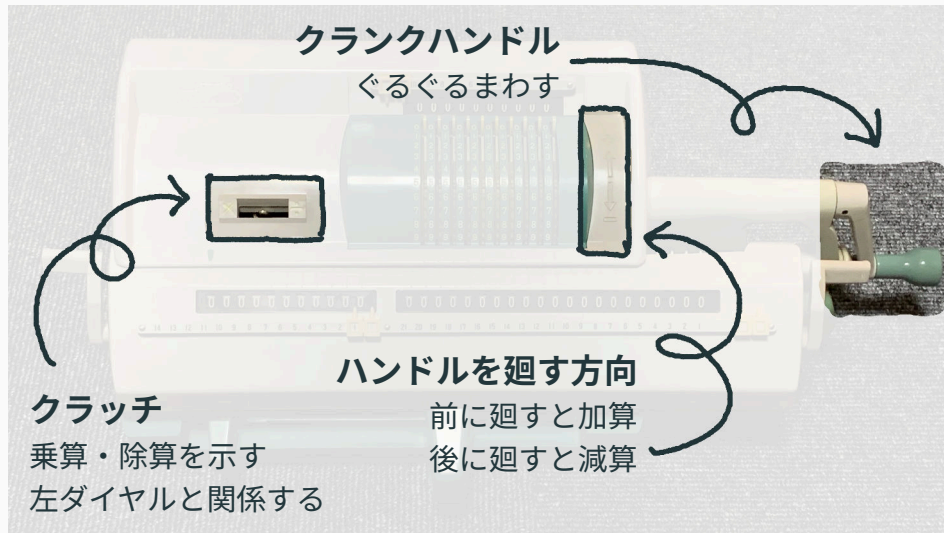
計算器の外観



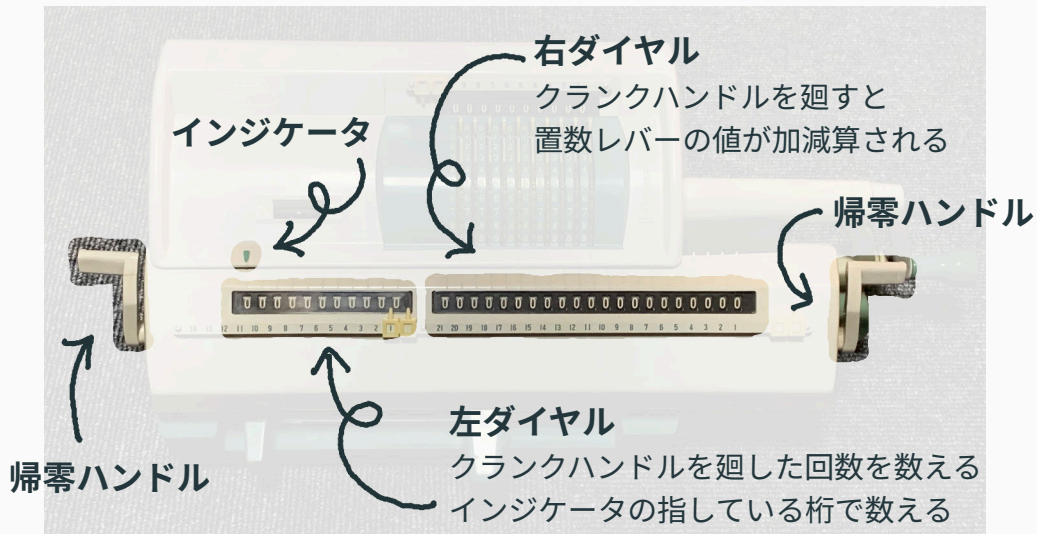
数値の入力に関連する部分



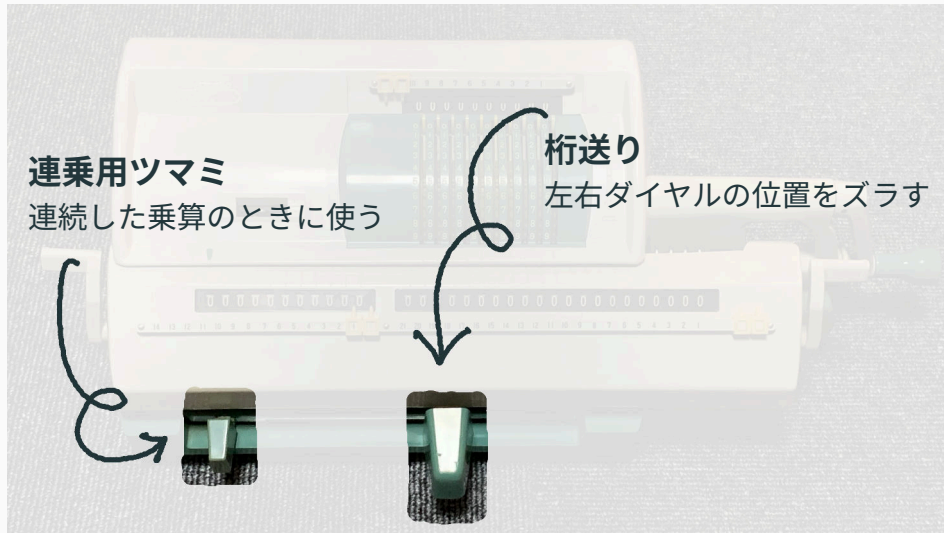
演算操作に関連する部分



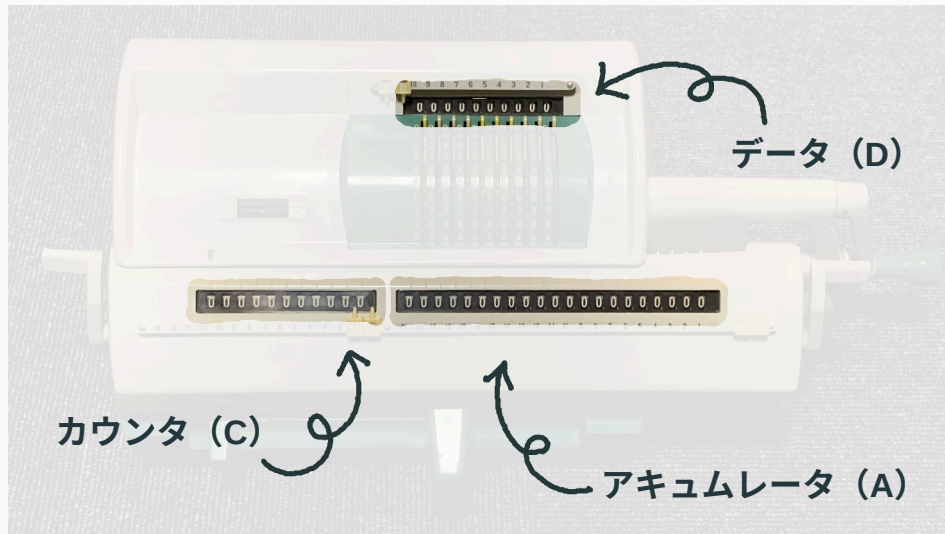
演算結果に関連する部分



連続乗算や桁送りに関連する部分



ちょっとカッコつけて呼ぶことにする



基本の操作（加減算）

簡単な足し算

$314 + 159 = 473$ を計算するには……

1. 全てのダイヤルをクリアする
2. データに 314 を置く
3. アキュムレータに足し込む ($0 + 314$)
4. データに 159 を置く
5. アキュムレータに足し込む ($314 + 159$)
6. アキュムレータを読む (473 を得る)

簡単な引き算

314 - 159 = 155 を計算するには……

1. 全てのダイヤルをクリアする
2. データに 314 を置く
3. アキュムレータに足し込む ($0 + 314$)
4. データに 159 を置く
5. アキュムレータから**差し引く** ($314 - 159$)
6. アキュムレータを読む (155 を得る)

負の数の扱い

217 - 828 = -611 を計算するには……

1. 全てのダイヤルをクリアする
2. データに 217 を置く
3. アキュムレータに足し込む ($0 + 217$)
4. データに 828 を置く
5. アキュムレータから**差し引く** ($217 - 828$ ベルが鳴る)
6. アキュムレータを読む (... 999999389 を得る?)

復習の時間: 負の数と2の補数

コンピュータは2進数の世界にある

→ 負の数はしばしば**2の補数**で表現される

-45 について考えると……

- | | |
|-----------------|--------------------|
| 1. 45 を2進数で表現する | … 000101101 |
| 2. 各ビットを反転する | … 111010010 (1の補数) |
| 3. 1を足す | … 111010011 (2の補数) |

ここで手順 2. について

各桁の数と $1 = 2 - 1$ との差を取っていると考える

負の数と10の補数

機械式計算器は10進数の世界にある

→ 負の数は**10の補数**で表現される

-611について考えると……

1. 611を10進数で表現する ... 000000611
2. 各桁を反転する (9との差) ... 999999388 (9の補数)
3. 1を足す ... 999999389 (10の補数)

... 999999389は計算器の結果に一致している

→ きちんと計算できていた！

ちょっと複雑な計算（乗除算）

掛け算は足し算の強い版

$$2 \times 3 = 2 + 2 + 2$$

→ 足し算を沢山するとよさそう

1. 全てのダイヤルをクリアする
2. データに2を置く
3. 以下を繰り返す
 - 3.1 アキュムレータに足し込む
 - 3.2 カウンタを読み、3に等しかったら繰り返しをやめる
4. アキュムレータを読む

「掛け算は足し算の強い版」の問題点

$$2 \times 3 = 2 + 2 + 2$$

→ 耐えられる

$$987286 \times 310473 = 987286 + 987286 + 987286 + 987286 + \dots$$

→ やりたくない

復習の時間: マイコンにおける掛け算の処理

45 × 10 について考えてみる

ループを使って 10 回足し算する (簡単だけど遅い)

$$45 \times 10 = \sum_{k=1}^{10} 45 = \underbrace{45 + 45 + 45 + \dots + 45}_{10 \text{ 回}}$$

シフト演算 (高速な 2^n の乗除算) を使うと計算回数を減らせる

$$45 \times 10 = [45 \times (1 + 2^2)] \times 2^1 = [45 + (45 \ll 2)] \ll 1$$

シフト演算は文字通りシフトしているだけ

45 + (45 << 2) の部分を 2 進数で見てみる

	1	0	1	1	0	1		45
+) 1	0	1	1	0	1			45 << 2
<hr/>								
1	1	1	0	0	0	0	1	45 + (45 << 2)

2 進数の世界で n 桁左にズレると 2^n 倍になる

機械式計算器におけるシフト演算

シフト演算を用いた掛け算と同様の考え方を適用する

→ 計算の回数と労力とを大幅に削減できる

桁送りのレバーでシフトできる

→ 10 進数の世界で n 桁左にズレると 10^n 倍になる

9, 8, 7 については引き算を利用するとさらにすこし削減できる

9 = 10 - 1 のように考えると 2 回廻すだけでよい

割り算も同様に計算できる

1. 全てのダイヤルをクリアする
2. 割られる数をデータに置き、アキュムレータに足し込む
3. カウンタをクリアする
4. 割る数をデータ置く
5. なるべく大きな桁から順に以下を繰り返す
 - 5.1 負にならないギリギリまで引く（引き過ぎたら足して帳消し♪）
 - 5.2 次の桁に行く
6. カウンタを読めば商
アキュムレータを読めば余り

もっと複雑な計算（平方根）

平方根を求めるための考えかた

1 から順に n 個の奇数を足し合わせると n^2 になるらしい

$$n^2 = \sum_{k=1}^n (2k-1) = \underbrace{1 + 3 + 5 + \cdots}_{n \text{ 個}}$$

ある正の数 x の平方根を求める

1 から順に だいたい \sqrt{x} 個の奇数を足し合わせると だいたい x になる

$$x \geq \sum_{k=1}^{\lfloor \sqrt{x} \rfloor} (2k-1) = \underbrace{1 + 3 + 5 + \cdots}_{\lfloor \sqrt{x} \rfloor \text{ 個}}$$

割り算とほとんど同様の手順で計算できる（と思っている）

1. 全てのダイヤルをクリアする
2. 対象の数をデータに置き、アキュムレータのなるべく左側に足し込む
3. データおよびカウンタをクリアする
4. アキュムレータを小数点から二桁ごとに区切り
その最も左側にあるグループの右側の桁に 1 を置く
 - 4.1 負にならないギリギリまで以下を繰り返す
 - 4.1.1 アキュムレータを差し引く
 - 4.1.2 データの末尾の桁に 2 を足す
 - 4.2 データの末尾の桁から 1 引く
 - 4.3 次の桁に行く
5. カウンタを読む

でも電子計算機しか持っていないし

機械式計算器シミュレータ つけりました

KusaReMKN/ mechanicalc

機械式計算器シミュレータ



これらの数字を
ふやした!!
(早い)



Web ブラウザがあれば動きます

<https://kusaremkn.github.io/mechanicalc/>

UI が終わって~~る~~過度に質素なので誰か助けて！

シミュレート結果

```

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

      ( * )

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

まとめ

ITエンジニアのための機械式計算器入門

加減算はクランクハンドルを廻すだけ
負の数も補数表現を用いて扱える

乗除算はクランクハンドルを沢山廻すだけ
桁送りを活用するとラクができる

平方根も計算できる
操作が複雑であることは否めない

ITエンジニアのための機械式計算器入門

加減算はクランクハンドルを廻すだけ
負の数も補数表現を用いて扱える

乗除算はクランクハンドルを沢山廻すだけ
桁送りを活用するとラクができる

平方根も計算できる
操作が複雑であることは否めない

電卓とかスマホとかでよくね？
全くその通りだ！

おわりです

参考資料

[1] 株式会社タイガー.

タイガー手廻計算器資料館.

<https://www.tiger-inc.co.jp/temawashi/temawashi.html>,
(accessed 2025-08-03).

[2] shiura.com.

機械式計算機による平方根の計算.

<https://shiura.com/unplugged/root/index.html>,
(accessed 2025-08-03).

このスライドについて

Written in August 2025.

Permanent ID of this document: 87fc40cafc05d4fe.

Copyright © 2025 KusaReMKN.

特記無き場合、プログラムやソースコードは MIT License で、
それ以外のコンテンツは CC-BY 4.0 で利用可能です。
一部の画像には別のライセンスが適用されるかもしれません。