電卓を用いた必修数学の指導

数学科　栗　原　幹　夫

電卓を用いた必修数学の指導

数学科　栗　原　幹　夫

1.　コンピューターの使用について

この頃，情報化社会などと叫ばれて，その時代的な要請から，ここに指導要領の改定をみた。今回の改定には5本の柱がある。

①　代数・幾何　　②　解　析　　③　確率・統計

④　集合と論理　　⑤　電算機

この改定には，いろいろな批判がともなっているが，最も大きな特色は，「集合と論理」,「電算機」が入ったことであろう。「集合と論理」はともかくとして,「電算機」の方は，数学教育における位置づけや，意義づけはまったく不明のまま，48年度から突入しなければならない。すでに，各都道府県の高校には，所轄の援助を得て，電子卓上計算機（以下電卓）とよばれるミニコンピューターが，大半の現場に持ちこまれている。

私は，いまだにコンピューターを，どうして数学科が取り扱う必要があるのか，扱う必要があるとすれば

①　コンピューターを指導するのか

②　コンピューターで指導するのか

いまだに疑問に思ってはいるが，私の意見としては，次のように考えている。

①　数学教育にコンピューターを役立てるのだから，ソフトウェアーを主として，ハード的なことはあまり触れる必要はない。

②　コンピューター用の指導体系があってもよい。

　(イ)　アルゴリズムの発見から，フローチャートを経て，プログラムづくりまで

　(ロ)　コンピューターを自由に使用できるためのテキストづくり。

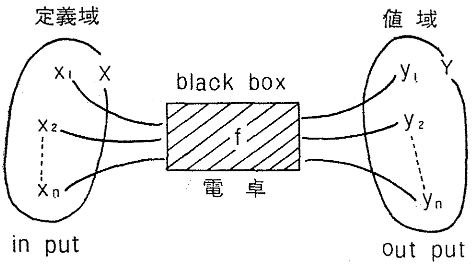
このような立場で，綜合的な体系づくりをするのが最も望ましいと思っている。この場合，必ずしも，新指導要領に拘束される必要はないと思う。

2.　プログラムづくりまで

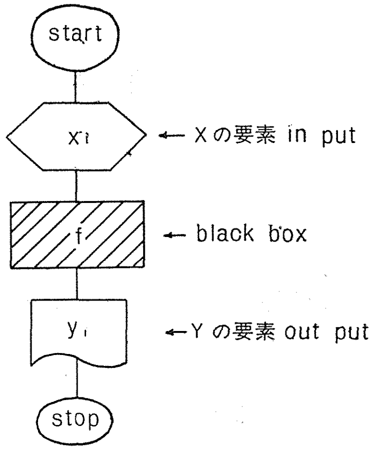
今回の指導要領の改定で，必修数学のうち数学Ⅰに「写像」が導入された。そこで，電卓の指導体系づくりの基礎に，写像の考えを利用することにしたい。

二つ以上の集合の間で，要素どうしの対応を考えると，写像の考えが生まれる。

写像の考えを理解するためには，対応の概念が重要である。対応の理解のためには(1)図がよく



（1 図）



（2 図）

用いられるが，これは(2)図のフローチャート（以下流れ図という。）に結びつこう。この単線形の流れ図を，x_i の値は，規則によって，y_i の値に対応してくることを，理解させながらかかせれば，流れ図は単に，プログラム化するための図式化ではなく，数学としての教育的な意味をもってくる。流れ図は，その内容の理解と分析がともなわなければかくことができない。流れ図がかけたことは，内容の理解がなされたことであり，プログラムをつくることによって，その理解は定着化される。ここに，プログラムづくりの意義づけがあろう。

3. 写像を基礎概会として

さて，写像という概念を理解させるために，その手助けとして，電卓はどのような役割りを演じるだろうか。いくら電卓を利用するといっても，写像の何たるかを知らずに，利用することはできないから，相変わらずの板書教育によって，写像について授業しておくことは勿論である。ただし，電卓の機能を，よりよく発揮させるためには，板書だけにたよる指導方針と，やがて，電卓を用いようとする指導方針とでは，その導入事項や，細部において相違点がでてくることは，当然としなければならない。これが，コンピューター用の指導体系の必要を主張する理由の一つである。以下に，写像の概念を理解するのに，電卓の機能を十分に利用するための，指導方針や導入事項を，電卓のための電卓の利用とならないように，自戒しながらあげていくことにする。

(1) 図は，次の3通りの意味を包含している。

Ⓐ 定義域 X と規則 f から，Y を定める。

Ⓑ 定義域 X と値域 Y から，規則 f を見つける。

Ⓒ 値域 Y と定義域 X から，規則 f を見つける。

以上の観点から，一次から三次関数までの性質を究明していこう。

4. 平均変化率の導入

Ⓐからは，電卓のメカニカルな良さを十分に見せつけられる。ループ計算によって，定義域 $X=\{x_1, x_2, \cdots\cdots x_n\}$ と，規則 f を与えれば，値域 $Y=\{y_1, y_2, \cdots\cdots y_n\}$ は連続的に印字される。連続的に印字された Y の値を，追跡することによって，

㋑ 根の存在，と

㋺ グラフの状態がつかめる。

根の算出には，数Iの範囲内では，区間縮少法（二分法）を用いればよいし，教師のデモ用として，ニュートンの方法をプログラム化しておき，計算させてみると面白い。生徒の興味をひきつけるのに十分である。

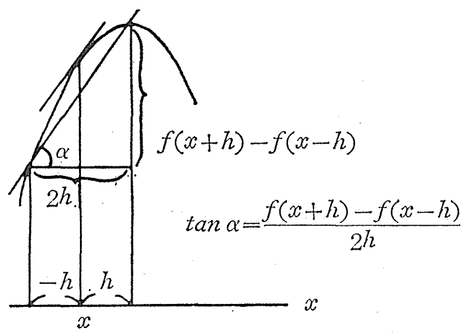
グラフの変化の状態を知るには，平均変化率を次のように導入する。

◎ $f(x)=ax^2+bx+c$ より，$f(x)=a\left(x+\dfrac{b}{2a}\right)^2-\dfrac{b^2-4ac}{4a}$，$x+\dfrac{b}{2a}=0$，つまり $2ax+b=0$ のとき，最大または最小となる。ここに平均変化率を m とすれば，$m=\dfrac{f(x+h)-f(x-h)}{2h}$ $=2ax+b$ よって，$f(x)$ の最大最小は，平均変化率が 0 のとき与えられる。

◎ 右の図から h が微少な場合には，m は接線の傾きとなる。

◎ $f(x)=ax^3+bx^2+cx+d$ ならば，$m=3ax^2+2bx+c+ah^2$ となって，h が微少ならば，ah^2 は無視してよいから，同様に m は接線の傾きである。$m=0$ となる x の値は，極値を与え，m が最大または最小となる点は，変曲点である。

極限を用いれば，上のことは，数II，数IIIの微積分につながるわけである。



（3 図）

5. 初歩の差分法

Ⓑの場合は，生徒の方から質問されることが多い。この解決には差分法がよかろう。

◎ $f(x)=ax+b$，第一階差を $\Delta f(x)$ とすれば，$\Delta f(x)=f(x+1)-f(x)$ が一定となるし，第一階差が一定ならば，$f(x)=ax+b$ となる。

◎ $f(x)=ax^2+bx+c$ ならば，第二階差 $\Delta^2 f(x)$ は $\Delta^2 f(x)=f(x+1)-2f(x)+f(x-1)$ が一定であるし，逆もまた成立する。何となれば，$\Delta^2 f(x)$ が一定ならば $\Delta f(x)=Ax+B$ であるから，

$$
\begin{aligned}
f(2)-f(1)&=\Delta f(1)=\mathrm{A}+\mathrm{B}\\
f(3)-f(2)&=\Delta f(2)=2\,\mathrm{A}+\mathrm{B}\\
&\ \ \vdots\\
+)\quad f(x)-f(x-1)&=\Delta f(x-1)=(x-1)\mathrm{A}+\mathrm{B}\\
\hline
f(x)-f(1)&=\frac{x(x-1)}{2}\mathrm{A}+(x-1)\mathrm{B}
\end{aligned}
$$

$$\therefore\quad f(x)=\frac{\mathrm{A}}{2}x^2+\left(-\frac{\mathrm{A}}{2}+\mathrm{B}\right)x-\mathrm{B}+f(1)$$

ゆえに　$f(x)=ax^2+bx+c$ とかける。

◎　$f(x)=ax^3+bx^2+cx+d$ ならば，$\Delta^3 f(x)$ が一定で，$\Delta^3 f(x)$ が一定ならば，$f(x)=ax^3+bx^2+cx+d$ である。

ただし，x は自然数であって，実数ではないから，厳密な意味では問題点があるが，この段階では意識的に触れずに，数列を指導するときの基礎にしたい。

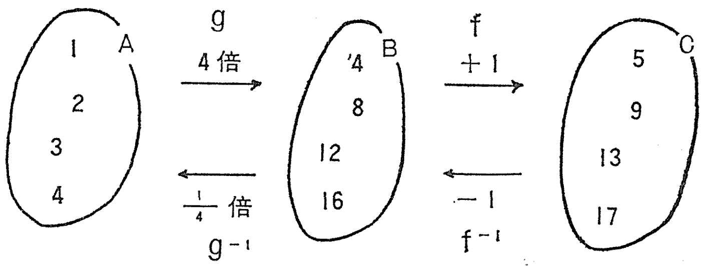
6. 逆　写　像

第三の場合は，©で示したように逆写像である。逆写像の理解には

①　一意対応　　　②　一対一対応　　　③　合成写像

等が必要になってくる。即ち，新指導要領の程度を，あらかじめ指導しておくことが前提である。

◎　$y=4x+1$ を，$g(x)=4x$，$f(x)=x+1$ とおけば $y=f\{g(x)\}$ となって，これは合成写像である。$f^{-1}(x)=x-1$，　$g^{-1}(x)=\frac{1}{4}x$，　$\therefore$　$g^{-1}\{f^{-1}(x)\}=\frac{1}{4}(x-1)$ となって，$g^{-1}\{f^{-1}(x)\}$ は $f\{g(x)\}$ の逆写像である。→Ⅶ〜②。　このとき $f\{g(x)\}=0$ の根は，$g^{-1}\{f^{-1}(0)\}$ の値である。



（4　図）

◎　$f(x)=ax^2+bx+c$ の逆対応は，一意対応ではないから，このままでは逆写像はないが，$x\geqq-\frac{b}{2a}$ なる制限をつければ，x と $f(x)$ は，一対一対応となって，逆写像が存在する。ただし，$a>0$ としておく，

$$f^{-1}(x)=\frac{-b+\sqrt{b^2-4a(c-x)}}{2a} \rightarrow \textbf{prog}\ (7)$$

すなわち，根の公式は $f^{-1}(0)$ の値である。

一般に，方程式の根は，逆写像 $f^{-1}(0)$ の値であることを，理解・徹底させたい。

7.　具体的な展開

Ⓐ **指導目標**　写像について

Ⓑ **指導内容**

㋑ **対　応**　$f(a)$ を求める。

㋺ **像と原像**　定義域Xは規則 f によって，どんな値域Yに写るか。

㋩ **対応規則**　集合Xと集合Yとの対応規則 f は何か。

㊁ **逆対応**　集合Yを集合Xにもどす規則を求める。

㋭ **$f^{-1}(0)$ の値**　方程式 $f(x)=0$ を解く。

Ⓒ **指導教材**　一次，二次，三次関数

Ⓓ **指導展開**

㋑ **一次関数について**

Ⅰ　$f(x)=2x-5$ について，→ **prog** (1)

①　$f(-1)$，$f(0.5)$，$f(3)$ の値を求めよ。

②　定義域 $X=\{1, 2, 3, 4, 5\}$ は，どのような値域Yに写るか。

③　$2x-5=0$ を解け。

Ⅱ　$3x-4y=15$ の解集合を求めよ。

Ⅲ　$\begin{cases} y=2x-5 \\ 3x-4y=15 \end{cases}$ を解け　→ **prog** (2)

〔解〕

Ⅰ〜② → ⓐ

Ⅰ〜③ → ⓑ

Ⅲ　　→ ⓒ

指導上の留意点

x に対応する y の値を右のように連続的に印字させ

○　Xは f によってYに写されること

○　y の符号の変化が根の存在を知らせる。$y=0$ となるまで区間の巾を小さくしてみる。

○　二つの解集合に共通な x，y の組があれば，それは連立方程式の解であること。

ⓐ	ⓑ	ⓒ
1.000	2.300	−2.000
−3.000	−0.400	−5.250
2.000	2.400	−1.000
−1.000	−0.200	−4.500
(根がある)		
3.000	$\boxed{2.500}$	0.000
1.000	0.000	−3.750
4.000	2.600	$\boxed{1.000}$
3.000	0.200	$\boxed{-3.000}$
5.000	2.700	2.000
5.000	0.400	−2.250

○ 平均変化率 m が一定であること

Ⅳ $X=\{1, 2, 3, 4, 5\}$ から，$Y=\{5, 9, 13, 18, 23\}$ に写す規則 f を求めよ

Ⅴ 下の表は，ある薬品を一定量の水に溶かしたときの，水の温度と，水に溶ける量との関係を調べたものである。実験式をつくれ。

温　度(x°C)	0	20	40	60	80
溶解量(yg)	50	62	75	87	100

Ⅵ この実験式から，次の各問を算出せよ。

① 30°C のときの溶解量はいくらか

② 溶解量が 70g のときの温度を求めよ。

③ 溶解量から温度を求める式をつくれ。

Ⅶ① $y=4x+1$ の解集合を求めて，$4x+1=0$ の解を求めよ。

② $y=4x+1$ の逆写像を求めて，$4x+1=0$ の解を求めよ。

〔解〕

Ⅳ $\Delta f(x)=4$ で一定だから → **prog** (3)

$f\,;\,y=ax+b,$ 　　$\therefore\ y=4x+1$

Ⅴ $m=$一定 　　$\therefore\ y=0.625x+50$

ⓓ	ⓕ	ⓖ		
0.60	66.875	−2.000	−0.400	−0.270
0.65	27.000	−7.000	−0.600	−0.080
0.60				
0.65	67.500	−1.000	−0.300	−0.200
0.625	28.000	−3.000	−0.200	−0.040
ⓔ		(根が存在する)		
29.000	68.125	0.000	−0.200	$\boxed{-0.250}$
68.125	29.000	1.000	0.200	$\boxed{0.000}$
$\boxed{30.000}$	$\boxed{68.750}$	1.000	−0.100	−0.240
$\boxed{68.750}$	$\boxed{30.000}$	5.000	0.600	0.040
31.000	69.375	2.000	0.000	−0.230
69.375	31.000	9.000	1.000	0.080
$\boxed{32.000}$	$\boxed{70.000}$			
$\boxed{70.000}$	$\boxed{32.000}$			
33.000	70.625			
70.625	33.000			

Ⅴ～①，② → ⓔ

Ⅴ～③　逆写像を求める。f^{-1} ; $y=\frac{8}{5}(x-50)$ → ⓕ

Ⅵ～① → ⓖ　区間の巾を小さくしていく。

Ⅵ～② → 6 章を参照

指導上の留意点

○　一対一対応の理解

○　$f(x)=0$ の解は $f^{-1}(0)$ の値。

○　f と f^{-1} の値をグラフにかくと，$y=x$ に関して対称となること。

㊁　二次関数について

Ⅰ　$f(x)=2x^2+x-8$ について，各問に答えよ。→ **prog** (4)

①　$X=\{x|0\leqq x\leqq 5$，x は整数$\}$ は，どのような値域 Y に写されるか。

②　$2x^2+x-8=0$ の正根を小数第 3 位まで求めよ。

Ⅱ　$f(x)=x^2-2$ について → **prog** (4)

①　$f(0)$，$f(0.5)$，$f(1)$，$f(1.5)$，$f(2)$ を求めよ。

②　$x^2-2=0$ の実根は，どのような整数の間にあるか。

③　上の写像で，定義域を $x\geqq 0$ としたときの逆写像を求めて，②の正根を求めよ。

→**prog** (5)

Ⅲ　$y=2x^2-3x-5$ $(0\leqq x\leqq 4)$ について，

①　与えられた範囲内でグラフをかけ

②　最大値と最小値を求めよ → **prog** (6)

Ⅳ　$X=\{1, 2, 3, 4, 5\}$，$Y=\{5, 11, 19, 29, 41\}$ がある。X を Y に写す規則を求めよ。

〔解〕

Ⅰ → ⓐ

Ⅱ　$f : y=x^2-2$，$x\geqq 0$

$f^{-1} : y=\sqrt{x+2}$，$x\geqq -2$

Ⅲ → ⓑ

x, m, y の順に印字し，m が 0 となる点を探す。

ⓐ

0.000	1.500	1.750	1.76400
−8.000	−2.000	−0.125	−0.00013
1.000	1.600	1.760	1.76500
−5.000	−1.280	−0.045	−0.00005
(根がある)		(根がある)	
2.000	1.700	1.770	1.76600
2.000	−0.520	0.035	0.00003
	(根がある)		
3.000	1.800	1.780	1.76700
13.000	0.280	0.116	0.00011
4.000	1.900	1.790	1.76800
28.000	1.120	0.198	0.00019

Ⅳ　$\Delta^2 f(x)$ が一定値となるから，二次関数である。$y=x^2+3x+1$

指導上の留意点

○　一意対応と一対一対応の相違。

○　逆対応が一意対応でなければ，逆写像はない。

○　二次関数において，始集合と終集合の間に制限をつけて，その要素が一対一対応となれば，逆写像は無理関数となること。

○　根の公式を逆写像としてとらえる → **prog** (7)

○　割線に平行な接線があることから，最大値，最小値を判定する。→（3図）

○　二次関数は，第二階差 $\Delta^2 f(x)$ が一定となること。→ **5 章を参照**

ⓑ

0.000	0.600	0.730
−5.000	−6.080	−6.124
−3.000	−0.600	−0.080
(最小値がある)		
1.000	0.700	0.740
−6.000	−6.120	−6.124
1.000	−0.200	−0.040
	(最小値がある)	
2.000	0.800	$\boxed{0.750}$
−3.000	−6.120	$\boxed{-6.125}$
5.000	0.200	$\boxed{0.000}$
3.000	0.900	0.760
4.000	−6.080	−6.124
9.000	0.600	0.040
$\boxed{4.000}$	1.000	0.770
$\boxed{15.000}$	−6.000	−6.124
$\boxed{13.000}$	1.000	0.080

㋩　三次関数について

Ⅰ　$f(x)=x^3-5x^2+2x+8$ について → **prog** (8)

①　x，$x-1$，$x-2$ で割った余りを求めよ

②　因数分解せよ

Ⅱ　$f(x)=x^3+x^2-4x+2$ について → **prog** (8)

①　因数分解せよ

②　$f(x)=0$ の根を求めよ。

Ⅲ　$y=x^3-3x^2+5$ $(-2\leqq x\leqq 2)$ について，次の各問に答えよ。→ prog (8)

①　グラフをかけ

②　与えられた範囲で，最大値，最小値を求めよ。→ **prog** (9)

③　$y=0$ としたときの x の値を小数第三位まで求めよ。

④　平均変化率 m が最小となる点はどのような点か（ah^2 は無視）

〔解〕

Ⅰ → ⓐ

①　8, 6, 0

②　$(x+1)(x-2)(x-4)$

Ⅱ～①　$x=1$ → ⓑ を得る。次に組立除法 → ⓒ **prog** (10)　より商をだす。

$(x-1)(x^2+2x-2)$

ⓐ	ⓑ	ⓒ	ⓔ		ⓕ	ⓖ
−2.000	−1.000	0.000 C	−1.10500	−1.10400	−1.000	0.900
−24.000	6.000	1. E	−0.01230	−0.00201	1.000	3.299
		1. E			9.000	−2.970
−1.000	0.000	1.000 A	−1.10400	−1.10390		
0.000	2.000	1. E	−0.00201	0.00098	0.000	1.000
		2.000 A	(根がある)		5.000	3.000
0.000	1.000	−4. E	−1.10300	−1.10380	0.000	−3.000
8.000	0.000	−2.000 A	0.00827	0.00004		
		2. E			1.000	1.100
1.000	2.000	0.000 A	−1.10200	−1.10370	3.000	2.701
6.000	6.000		0.01852	0.00107	−3.000	−2.970
		ⓓ				
2.000			−1.10100	−1.10360	2.000	1.200
0.000		0. C	0.02877	0.00210	1.000	2.408
		1. E			0.000	−2.880
3.000		2. E				
−4.000		−2. E				
		0.73205 A				
4.000		−2.73205 A				
0.000						
5.000						
18.000						

Ⅱ〜② 根の公式より → ⓓ $x=1$, $x=-1\pm\sqrt{3}$

Ⅲ〜② → ⓔ

Ⅲ〜③ → ⓕ

Ⅲ〜④ → ⓖ 順に，x, y, m

指導上の留意点

○ 数Ⅰ段階での指導であるから，少なくとも一根が整数で与えられる方程式のみを考えたい。

○ y の符号を調べて，まず一根を探し組立除法，根の公式へと結びつける。

○ 三次曲線は，mを最大または最小にする点で，点対称であること

○ 極大極小と最大最小の相違。

8. 効果的なプログラム（← prog と略記）

prog (1), (4), (8)

○CA E(a) M_1 E(b) M_2 E(c) M_3 E(d) M_4 (CK J) E(x) M_5 R_1 ×

(1) (4)

R_5 = R_2 + × R_5 = R_3 + × R_5 = R_4 + ♯

(1) (4)

$y=ax^3+bx^2+cx+d$ の x に対応する y の値を求める prog。棒線部 $\underbrace{\qquad}_{(4)}$ を除くと，$y=ax^2+bx+c$ の y の値，$\underbrace{\qquad}_{(1)}$ を除くと，$y=ax+b$ の y の値を求める prog となる，入力は，次数の高い方から順に，(CK, J) を入れると，2度目からは手動 J，x の値の順で入力すればよい。最初に入れた係数は保存される。

○CA E(a) M_1 E(b) M_2 E(c) M_3 E(d) M_4(CK J) E(p) M_5 E(q)( ) M_1 E(h)( ) M_2(CK( )J) R_1 ×R_5 ♯=R_2+×R_5=R_3+×R_5=R_4+ ♯♯R_5( ) R_2+M_5( ) $R_1$$R_5$−(√‾)( ) J。

$y=ax^3+bx^2+cx+d$ の y の値を，$x=p$ から $x=q$ まで h おきに連続的に出力する prog。(√‾) があるのは，h おきに丁度 q とならなくても，その手前で停止するようにしたためである。

prog (2)

○CA RΣ E(a) M_1 E(b) M_2 E(c) M_3 E(a')( ) M_1 E(b')( ) M_2 E(c')( ) M_3 E(x) M_4 E(q) M_5 E(h)( ) M_5 CK J CK R_1−×R_4 MΣR_3 MΣ RΣ÷R_2=MΣ( )M_4 CK( )R_1−×R_4( )MΣ( ) R_3( ) MΣ ( ) RΣ÷( ) R_2 = ( ) MΣ RΣ ( ) RΣ− ♯♯J R_4♯( ) R_4♯E J R_4 ( ) R_5+M_4 R_5 −( ) R_5−J ( ) 10 ( ) ××=♯

連立方程式 $ax+by=c$，$a'x+b'y=c'$ の解集合をそれぞれ求めて，(x, y) が一致したとき解としてとりだす prog。与えられた区間に解が無いときは 10^4 を出力する。区間〔p, q〕。

○CA RΣ E(a) M_1 E(b) M_2 E(c) M_3 E(a') M_4 E(b') M_5 E(c')( ) M_5 R_5×R_3 MΣ R_2× ( ) R_5 =−MΣ R_1×R_5 ( ) MΣ R_4×R_2=−( ) MΣ RΣ÷( ) RΣ ( )M_4♯( ) R_4×R_1=−R_3+ ( ) M_3 ( ) R_3÷R_2=♯

これは，上の連立方程式を，一般の解法どうりに prog したもの。

prog (3)

○CA RΣ CK J MΣ M_1 J E(x_i) MΣ R_1 ( ) 1 ( )+M_1J RΣ÷R_1=♯

相加平均を求める prog。x_i を入力し終ったら，手動 J を押すと平均が自動的に出力される。

prog (5)

○CA E(a) M_1 E(b) M_2 E(c) M_3 E(x) M_4 R_2×R_4=R_3+ √‾ ×R_1=♯

$y=a\sqrt{bx+c}$ を求める prog。$bx+c\geqq 0$ のときは y の値を，$bx+c<0$ のときは $y=0$ を出力する。

prog (6)

○CA E(a)( ) M_1 E(b)( ) M_2 E(c)( ) M_3 (CK J) E(p) M_1 E(q) M_2 E(h) M_3 CK( ) J ( ) R_1 ×R_1 #=( )R_2+×R_1=( )R_3+#( ) 2 ( )×( )R_1×R_1=( )R_2+##R_1=R_3+M_1R_2−R_3−( ) J

平均変化率 m の値が，x, y の値に続いて出力される prog。m の符号が調べられる。

○CA E(a) M_1 E(b) M_2 E(c) M_3 R_2÷( ) 2 ( )÷R_1=−M_4 # R_4×=×R_1=−R_3+=#

$y=ax^2+bx+c$ の頂点を求める変形をそのまま prog にしたもの。

prog (7)

○CA RΣ E(a)×( ) 2 ( ) M_1 E(b)=−M_2 E(c) M_3 E(x) M_4 R_2×=MΣ ( ) 2 ( )×R_1×R_3= −MΣ ( ) 2 ( )×R_1×R_4 MΣ RΣ MΣ √‾ M_5 J R_2÷R_1=# RΣ=−√‾÷R_1=#( ) 1 ( ) J R_2 R_5+÷R_1=# R_2 R_5−÷R_1=# CK J

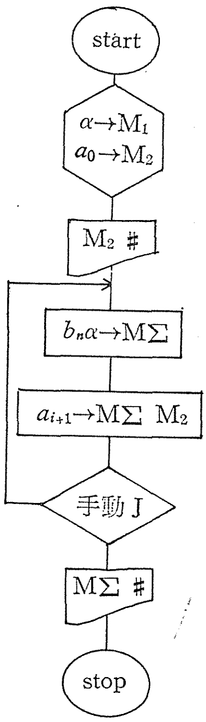
D$=b^2-4ac+4ax$ とおくと，D$\geqq 0$ のときは実根を，D<0 のときは実部と虚部とを出力する。D の正負の判断を自動的に行う。$x=0$ ならば根の公式である。

prog (9)

○CA E(a) M_1 E(b) M_2 E(c) M_3 E(d) M_4 (CK J) E(p) M_5 E(q)( ) M_1 E(h)( ) M_2 CK ( ) J R_1×R_5 # =R_2+×R_5=R_3+×R_5=R_4+ # R_5×=×R_1×( ) 3 ( ) MΣ ( ) 2 ( ) ×R_2×R_5 MΣ R_3 MΣ RΣ ## R_5 ( ) R_2+M_5 ( ) R_1−( ) R_2−( ) J

prog (6) と同時で，x, y, m の順に出力する。

○CA RΣ E(α) M_1 E(a_0) M_2# CK J R_2×R_1 MΣ E(a_{i+1})MΣ RΣ M_2 R_2 #



右の流れ図にしたがって prog 化した。α, a_0 を入力すると b_0 が出力され a_1, 手動 J a_2, 手動 J a_3, …… の順に入力していくと，b_1, b_2, b_3, …… と順に出力する。

ただし，$y=a_0x^n+a_1x^{n-1}+a_2x^{n-2}+\cdots\cdots+a_n$, を $x-\alpha$ で割った商の，次数の高い方から順に a_0, b_1, b_2, ……b_n とする。

$$\begin{array}{llll|l} a_0 & a_1 & a_2\cdots\cdots\cdots a_n & & \alpha \\ & b_0\alpha & b_1\alpha\cdots\cdots b_{n-1}\alpha & & \oplus \\ \hline a_0=b_0 & b_1 & b_2 & b_n & \end{array}$$

おわりに

一応，三次関数まで展開してきたので，今回はこのへんで，おわりにしたいと思います。必修数学という前提で展開してきましたから，極限概念等はできるだけさけました。そのためにかえって，冗

長の部分ができてしまいましたが，やむを得ないと思っています。

必修数学の題材として「写像」を選んだ理由は，現代数学の基本となる概念ですので，数列や微積分にもつなげると考えたからです。それに，従来，関数の指導で怠りがちであった代数的手法による指導が，電卓を用いることによって，何とか解決できないか，と考えたからです。付連でも「写像」をとりあげたこともあって，着手してみた次第です。諸先生方の御叱声を得れば幸いです。