

メカトロニクス教育におけるグラフ関数電卓の活用Ⅱ

工業科 工藤雄司・深澤孝之・茂木好和
金城幸廣・宮川正義・大平典男

1. はじめに

グラフ関数電卓は1985年にCASIOによって開発されている。その後、1989年にNCTM(全米数学教師協議会)が発表した数学スタンダードでは、「適切な電卓が全ての児童・生徒にいつでも利用可能であるべきである」という原則を出している。

このような情勢の中で、我が国の「総合学科」や「専門学科」における工業に関する教育においては、関数電卓は日常的に使用され、科目によっては定期考査試験での使用を認める場合もある。また、使用を認める検定試験も多い。しかしながら、関数電卓やポケットコンピュータの使用が一般的であり、グラフ関数電卓の使用頻度は少ない現状がある。

本報告は、近年の学校教育における電卓の活用状況から、本校「総合学科」工業系や工業高校の専門科目、特にメカトロニクス教育においてはグラフ関数電卓の有効利用が可能であると考え、さまざまな適用事例について問題を作成して実践的に検討する過程を通して、効果的な指導法を開発するとともに、指導上の問題点と今後の課題を明らかにすることを目的としている。ここでは、開発した指導内容と方法とともに、学習内容の理解促進に効果が認められた事項について発表する。

2. グラフ関数電卓を活用した指導法の開発

ここでは、グラフ関数電卓を活用した指導法開発例と指導上の留意点について示す。工業数理、原動機、機械工作等の科目について、数式をグラフ化して考える場合に適した内容を問題化した。資料に問題例を示す。

(1) 関数式を入力して、グラフ表示させる場合

科目「工業数理」における直流と交流についての問題は次のようである。

問題：直流波形 ($y=0.7$)と正弦波交流波形 ($y=\sin x$)を描いて見よう。

指導過程：①グラフ関数電卓に数式を入力させる。

②直流波形と正弦波交流波形を個々にグラフ表示させてから、図1のように、同時に表示させる。矢印キーでグラフ軸を上下左右に移動させる。

③次に、トレース機能を使用させ、画面上に十字カーソ

ルを表示させる。矢印キーの操作により十字カーソルがグラフ上を移動するので、表示されるX、Yの値を確認させる。

○指導上の留意点：グラフをトレースすることにより、グラフが点の集まりであることがよく理解されるようにする。グラフは、その方程式の解の集合を示している



図1 直流と交流のグラフ

ことに気づかせ、直流と交流の違いを認識させる。

(2) 関数式を入力して、グラフ表示させ、交点を求める場合

科目「工業数理」における走行時間・距離についての問題は次のようである。

問題：2台の自動車が同時刻に、A車は0 km地点から、B車は72 km地点からそれぞれ無停車で走行した。走行中の速さは一定で、A車は90 km/h、B車は60 km/hである。

A車がB車に追いつく地点は、何km地点かグラフをかいて求めてみよう。

指導過程：

①グラフ関数電卓に生徒が作成した数式を入力させる。

②グラフのX軸・Y軸の範囲と、目盛り間隔をグラフ設定入力画面上で入力させる。

③図2のように、グラフを表示させ、グラフ関数電卓のトレース機能により、交点の座標を求めさせる。

○指導上の留意点：数式を変えて取り組む過程で、グラフの交点が表示

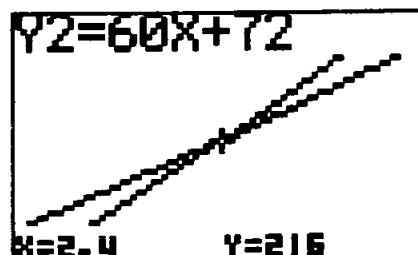


図2 走行時間・距離のグラフ

えさせ、設定を繰り返す過程において各々の問題に対応したより良いグラフの描き方が理解されているか確認させる。

(3) データを入力して、グラフ表示させる場合

科目「原動機」における自動車用エンジン出力試験についての問題は次のようである。

問題：表1は、自動車用ガソリン機関性能成績表である。その表によって変化の割合をグラフにしてみよう。

表1 自動車用ガソリン機関性能成績表

回数	回転数 n [rpm]	軸トルク T ₀ [kgf・m]	軸出力 N ₀ [PS]	燃料消費率 f ₀ [gf/PSH]
1	1040	7.05	10.24	327.66
2	1505	7.51	15.79	279.61
3	2000	7.78	21.74	257.26
4	2560	7.88	28.17	240.67
5	3020	7.58	32.00	233.02
6	3500	7.27	35.53	233.15
7	4010	6.61	37.02	241.72

指導過程：

①グラフ関数電卓をデータ入力モードにしてデータを入力させる。

List 1 - 回転数

List 2 - 軸トルク

List 3 - 軸出力

List 4 - 燃料消費率を入力させる。

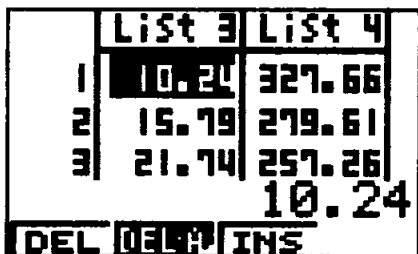


図3 入力画面

る。図3は入力画面である。

②回転数に対する軸トルク・軸出力・燃料消費率の各グラフを表示させる。図4は、表示された回転数-軸トルクグラフである。

○指導上の留意点：

Listは表計算ソフトの列データにあたることを教え、表になったデータの処理方法を考えさせる。

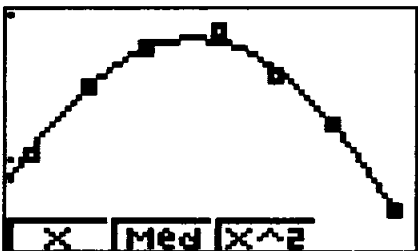


図4 回転数-軸トルクグラフ

(4) データ入力、グラフ表示、回帰を行う場合

科目「工業数理」における時間と距離の関係を表す関数について

表2 時間と距離の関係

走行時間 t		走行距離 s	
[min]	[s]	[km]	[m]
0.	5	0.125	
1.	0	0.500	
1.	5	1.125	
2.	0	2.000	
2.	5	3.125	
3.	0	4.500	

問題：表2において、

走行距離 s [m] を走行時間 t [s] の関数と考え、

$s = f(t)$ [m] で表したい。 $f(t)$ の式を、グラフをかいて求めてみよう。

指導過程：①表2を完成させ、データ入力モードで入力させる。

List 1 - 走行時間[s] List 2 - 走行距離[m]

②グラフ(散布図)を表示させ、グラフ関数電卓の2次回帰機能を実行させる。図5は散布図上に回帰によって得られたグラフが重なった図である。

③回帰によって得られたグラフのパラメータから

$$s = f(t) = 0.13888 t^2 = \frac{1}{7.2}$$

の関数式が求められる。

○指導上の留意点：

ここでは、2次回帰で正しく散布図と重なった場合を示した。重ならなかった場合は、

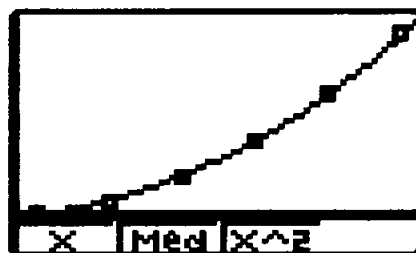


図5 散布図とその回帰グラフ

再びグラフの表示から始めて1次回帰、対数回帰などさまざまな回帰を試行させる。

(5) プログラム機能を活用して、グラフを表示させる場合

1)科目「機械工作」における品質管理(ヒストグラム)についての問題は次のようである。

問題：削った丸棒100本の測定値を示した表からヒストグラム、分布曲線を作成しよう。

指導過程：

①教師が作成したデモプログラムを実行させ、そのプログラムによりランダムデータの生成とヒストグラムの表示を同時に行わせる。

②さらに実行を継続させ、図6に示すよう自動的に分布曲線をヒストグラムに重ねて表示させる。

③次に、与えた表のデータを各自で入力させ、グラフの設定を行わせ、ヒストグラムを作成させる。

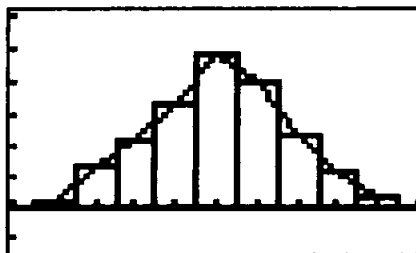


図6 ヒストグラムと分布曲線

○指導上の留意点：初めに、デモプログラムによりヒストグラムをグラフ関数電卓上に表示させて概要を視覚的に理解させる。その後、生徒自身によりヒストグラムを作成させることにより理解を深めさせる。

デモプログラムをあらかじめ配布するために、1番目の生徒のグラフ関数電卓にプログラムを転送し、順次次の生徒に転送させるなどの工夫が必要となる。進度の速い生徒にはプログラムを作成させる。

2)科目「機械工作」における品質管理(x-R管理図)についての問題は次のようである。

問題:一つのロットから5個の部品を抜き取り、その部品の直径の測定値を示した表に基づいてx-R管理図を作成しよう。

指導過程:

①教師が作成したデモプログラムにより図7に示す上方管理限界とxの管理図,下方管理限界とxの管理図,Rの管理図を順に表示させる。

②次に、与えた表のデータを各自で入力させ、グラフの設定を行わせx-R管理図を作成させる。

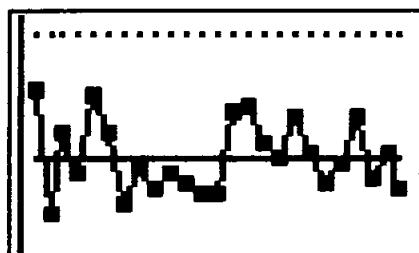


図7 上方管理限界とxの管理図

○指導上の留意点:グラフ関数電卓の画面には、上方管理限界,下方管理限界とxの管理図,Rの管理図を同時には表示できないので、それぞれを分けて順次表示させる。

3. 生徒の反応

筑波大学附属坂戸高等学校での実践について、その都度提出させた生徒レポートの感想・考察を、「興味・関心が向上した反応」、「学習理解に効果が現れた反応」、「グラフ関数電卓に対する生徒の意見」の3項目に分類した。

(1) 興味・関心が向上した反応

①グラフ電卓を使ってみて、その機能や扱いやすさは慣れることでとても便利なものになると思うので、もっと授業で使いたい。②グラフが一目で分かる。③式や数を入力するだけでグラフが出てくるのはけっこう便利だと思った。④表からグラフを作ってくれるのは便利だ。⑤グラフを間違えずにすぐ描ける。

(2) 学習理解に効果が現れた反応

①初めてグラフ電卓の存在を知ったが、式を見ただけでは分からなかったものが、グラフがすぐに出て分かりやすい。工業数理や数学の授業でも使いたい。②交流波形や波形の合成等は、自分で描くのは大変だが、いろいろ試せて良く分かった。③数字の後ろにxをつけるだけでxが入力されたことになったり、入力した数式が確認で

きるので、電卓の試験でも使いやすい。④トレースでグラフの交点を求めることができるが、数学でも利用できるのではと思った。⑤プログラムでグラフが描けるので、何度もいろいろ描かせることができて分かりやすい。⑥他の電卓とデータ交換ができるのでみんなで問題を解くことができる。⑦関数電卓とコンピュータの表計算ソフトとの中間のような物なので、便利に使いそうに思う。

(3) グラフ関数電卓に対する生徒の意見

①グラフを表示するには画面が小さい。②M+のようにボタン一つで使えるメモリが欲しい。③簡単な関数のグラフも少しズレて表示されるので、もう少し精密にグラフを表示してほしい。④「5」のボタンに印を付けて欲しい。⑤もっと高速にグラフを描いて欲しい。⑥入力時にヘルプが出るようにしてほしい。⑦日本語表示にして欲しい。

6. おわりに

本実践では、工業科目の指導におけるグラフ関数電卓の有効性を確かめるため、さまざまな適用事例について問題を作成し実践を行った。その結果、生徒がこれらの授業に熱心に取り組む姿が見られ、生徒レポートの感想・考察から得られた「生徒の反応」に現れているように、学習意欲が喚起され、学習内容の理解が深まっていると認められる。

また、生徒の反応に見られた意見等については、現在実践に反映させるように検討を行っている。そして、指導過程の改善を行うとともに、適切な問題を開発し、実践を継続することにより、指導上の問題点や今後の課題を明らかにする予定である。

なお、本研究は平成11年度文部省科学研究費補助金(奨励研究(B))(課題番号:11919032)の助成を受けて行った一部である。

参考文献

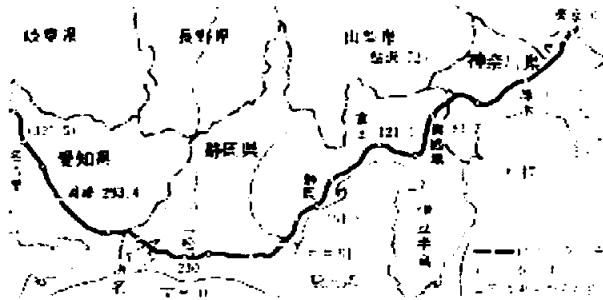
- 1) 工藤・大平他:メカトロニクス教育におけるグラフ関数電卓の活用,筑波大学附属坂戸高等学校紀要第37集,pp.141-146,(1999)
- 2) 山下・扇柳・多々良・工藤他:工業科目の指導に「グラフ関数電卓」を活用しよう,工業高校グラフ関数電卓研究会,(1999)
- 3) 寺田文行・巻久他:グラフ電卓で数学する,共立出版,(1995)
- 4) 佐伯・磯田他:テクノロジーを活用した新しい数学教育,明治図書出版,(1997)

グラフ作成機能の活用

工業数理

5 4 p 速さの異なる2台の自動車

2台の自動車が同時刻に、A車は東京から、B車は鮎沢パーキングエリア(東京から72km)から、それぞれ無停車で、名古屋まで走行した。走行中の速さは一定で、A車は90km/h、B車は60km/hである。A車がB車にどの地点で追いつくか、グラフをかいて求めてみよう。



操作

式の入力

AC/ON **MENU** 4 でグラフ機能を選択する。

Y 1 : にカーソルがあるのを確認し、入力する。

90 **X,T** **EXE**

Y 2 : にカーソルがあるのを確認し、入力する。

60 **X,T** **+** 72 **EXE**

G-Func : Y=

Y1 = 90 X

Y2 = 60 X + 72

Y3 :

⋮

グラフ設定

X軸・Y軸の範囲と、目盛り間隔を設定する。

(ビューウインドウの設定)

右図のように、X軸の範囲、目盛り間隔を入れる。

SHIFT **V-WIN** **F3** 0 **EXE** 5 **EXE** 1 **EXE**

次に、Y軸の範囲、目盛り間隔を入れる。

✓ 0 **EXE** 400 **EXE** 100 **EXE** **EXE**

V-Window

Xmin : 0
max : 5
scl : 1

⋮

Ymin : 0
max : 400
scl : 100

⋮

グラフ表示

DRAW **F4** を押しと右下のグラフが表示される。

交点の確認

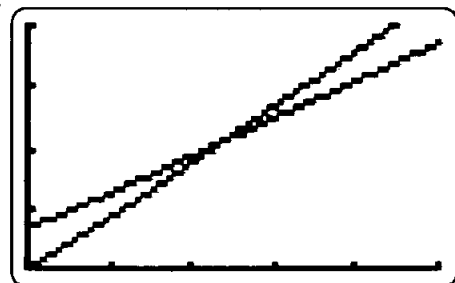
Trace **F1** を押しと、グラフ上に十字カーソルが現れ、その位置のXとYの値が表示される。

△ **▽** でグラフが選択できるので、 $Y2 = 60X + 72$ を選び **←** **←**…と押し、十字カーソルがY軸に重なると、 $X = 0$ 、 $Y = 72$ と表示されることが分かる。これをトレース機能と呼ぶ。

また **→**…と押し続け、グラフの交点まで移動すると、大まかな答えが分かる。

次に **Zoom** **F2** を押し、**IN** **F3** を押しと、十字カーソルを中心に拡大される。これを数回

繰り返し、再び **Trace** **SHIFT** **F1** を押し、**→**…と押し続けると、拡大により数値の変化が小さくなるので交点を正確に求めることができる。



(まとめ) 数式を変えて取り組む場合に、グラフの交点が表示されない場合などは、X軸・Y軸の範囲を広く設定し、位置を確認してから再設定するとよい。

統計グラフ機能の活用

工業数理

1 2 4 p	走行時間と走行距離の関数			
	表において、走行距離 s [m] を走行時間 t [s] の関数			
	と考え、 $s = f(t)$ [m] で表したい。表を完成させ、			
	$f(t)$ の式を、グラフをかいて求めてみよう。			
	走行時間 t		走行距離 s	
[min]	[s]	[km]	[m]	
0.5		0.125		
1.0		0.500		
1.5		1.125		
2.0		2.000		
2.5		3.125		
3.0		4.500		

操作

表の入力 **AC/ON** **MENU** 2 で統計グラフ機能を選択する。
 List 1 の 1 行目にカーソルがあるのを確認して、
 30 **EXE** 60 **EXE** 90 **EXE** ... と入力。
 List 2 の 1 行目にカーソルがあるのを確認して、
 125 **EXE** 500 **EXE** 1125 **EXE** ... と入力。

	List 1	List 2
1	30	125
2	60	500
3	90	1125
	⋮	

グラフ設定 **GRPH** **F1** **SET** **F4** を押してグラフ設定を確認し、
 Δ ∇ でカーソルを G-Type に移動し、
 $\frac{xy}{F2}$ を押し右図のように変更する。

```
StatGraph1
G-Type : xyLin
XList  : List1
YList  : List2
⋮
```

グラフ表示 **QUIT** **GRPH** **F1** **GRPH** **F1** を押すと、各点を結んだグラフが表示される。

グラフ設定2 G-Type に移動し、 $\frac{Scat}{F1}$ を押し右図の
 ように変更すると散布図が表示される。

```
StatGraph1
G-Type : Scat
⋮
```

グラフ表示2 グラフを表示すると散布図となる。

2次回帰 $\frac{X^2}{F3}$ を押すと 2 次回帰が行われ、関数式が求め
 られる。 $\frac{DRAW}{F4}$ を押すと、グラフが表示され、右図
 のように散布図の上に重なることが分かる。



関数式確認 再び、 $\frac{X^2}{F3}$ を押し、右下図のように
 パラメータを表示させる。こうして、

```
QuadReg
a = 0.1388
b =
c =
y = a x^2 + b x + c
```

$$s = f(t) = 0.13888 t^2 = \frac{1}{7.2} t^2$$

の関数式が求められる。

(まとめ) ここでは、2 次回帰で正しく散布図と重なった
 が、重ならなかった場合は、再びグラフの表示
 から始めて 1 次回帰、対数回帰など様々な回帰
 を試行すればよい。

プログラム機能の活用

工業数理

72p 自動車の変速とエンジンの回転速度
 エンジンの回転速度が $n_e = 2000\text{rpm}$ のとき、
 各速のプロペラシャフトの回転速度 n_p [rpm] は
 いくらになるかプログラムで求めてみよう。

変速レバー位置	1速	2速	3速	4速	5速	R
変速比	3.6	2.1	1.4	1.0	0.8	4.2

操作

プログラム **AC/ON** **MENU** 6 でプログラム機能を選択する。

プログラム名を「NP」と入力する。 **F3** **8** **4** **EXE**

1 行目 **SHIFT** **PRGM** **VARS** **▶** **?** **F1** **→** **ALPHA** **X,T** **EXE**

2 行目 2000 **÷** **ALPHA** **X,T** **→** **ALPHA** **log** **EXE**

3 行目 **QUIT** **▶** **F2** **SHIFT** **ALPHA** **8** **4** **SHIFT** **=** **F2**

SHIFT **PRGM** **VARS** **▶** **▶** **F3** **ALPHA** **log** **EXE** **QUIT** **QUIT** **QUIT**

プログラムの説明

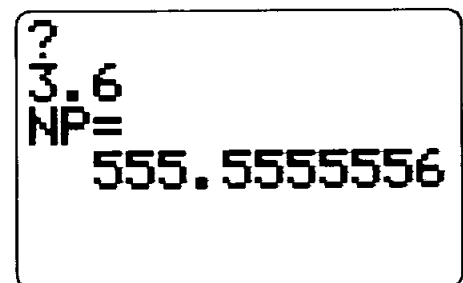
= NP =	: プログラム名 : NP
? → A ↓	: 入力した変速比を変数Aに代入する。
2000 ÷ A → B ↓	: 2000 ÷ 変数Aの答えを変数Bに代入する。
" NP = " : B ↓	: 「NP =」と表示し、次に変数Bを表示する。
	※図の↓は、リターン（エンター）記号のこと。

プログラムの実行 **AC/ON** **MENU** 6 でプログラム機能を選択する。 **△** **▽** でプログラム「NP」を選択し、**EXE**を押す。

変速比を入力し**EXE**を押すと、回転速度が計算され、表示される。

実行例

右図に、変速比に3.6を入力した場合の実行例を示す。



(まとめ) プログラムを、エンジンの回転速度も入力できるように変更すると、より汎用的になる。

また、クイックリファレンスを参照し、小数点以下の設定や、有効桁数の設定を行ってみるとよい。