

2次元データ処理へのマイコンの利用

前田健悟*・中村富人**・平塚勝一**・三島嶽志*

Process of Two Dimensional Data by Microcomputer

Kengo MAEDA*, Tomito NAKAMURA**, Shouichi HIRATSUKA**
and Takeyuki MISHIMA*

(Received October 1, 1990)

As one of microcomputer applications in science education, it has been attempted to process and graph the two dimensional data obtained in experiments. The main merit of the developed software is summarized as follows:

- 1) The operation is very easy even for a child at the elementary school level.
- 2) The figures are drawn according to the general drawing rule in scientific papers. If a plotter is employed, it will provide the figures for the papers.
- 3) The data in the ready-made constant tables can be filed on diskettes. This enables teachers to make the good teaching materials for the presentation of valuable data.
- 4) The equations in the form of $y = f(x)$ can be defined arbitrarily except that the number of parameters is limited to eight, and can be graphed.
- 5) BASIC programs can be executed directly by using the our software. As the result, the particular processes of data, such as the fitting with the least squares method, are performed with the other prepared programs.

緒 言

理科教育において、「測定で得られたデータを正しくグラフ化し、そのグラフからある結果を帰納する。」という能力を獲得させることは、重要な課題である^{1, 2)}。この課題解決には、授業で実験データが得られたら、生徒に常にデータをグラフ化させると共に、個別にその指導を行うのが最良といえる。しかしながら、このような指導形態を常時とすることは、授業時間の制約などのために、現実には不可能ではないかと考える。そこで、改善の解決策として、今日学校教育に導入されてきたマイクロコンピュータ（以下マイコンと略す。）を利用し、生徒がデータを入力するだけでグラフが得られるようにする方法をとることが考えられる。この方法は、正しいグラフの書式の提示、及び授業本来の目的である「グラフからの結果の帰納」に対する時間の確保という面などで大きな利

点を有している。

ところで、測定データの処理というマイコンの利用形態は、別に目新しいことでなく³⁾、筆者等もこれ迄にソフトの開発を試みてきた⁴⁾。また今日では、市販の表計算ソフトを利用することも可能である。ただ、従来のソフトや表計算ソフトには、操作の繁雑さ、グラフの書式の違い、データ処理の制限、汎用性などの問題があり、必ずしも満足できる状態ではない。

そこで、筆者等は、上記のような種々の問題点に十分対処できるソフトの開発を今回試みた。作成したソフトの特長としては、まず、小・中学生でも非常に簡単な操作でデータをグラフ化できることである。当然ながら、得られるグラフの書式は一般に自然科学で用いられる形をなしている。また、最小自乗法による曲線の描画などという特殊なデータの加工・処理に関しては、別にプログラムを用意し、本ソフトから呼び出して使用できるように工夫してある。このように、操作が簡単で、しかも汎用性の高いものを作成できたので、ここに報告する。

* 理科教育

** 熊本大学教育学部附属中学校

実行環境とソフトの概要

作成したソフトを実行するための環境を表1に示してある。表中、最下端のものは、無くてもよいものであるが、学校での使用を考えれば、日本語フロントプロセッサは是非用意しておきたい。またラムディスクかハードディスクがあれば、実行環境は非常に快適である。プロッターに関しては、授業で使用することはまずないと考えられる。

表1 実行環境

ハードウェア	ソフトウェア
NEC PC-9801	MS-DOS 3.1
ディスプレイ	USKCG.SYS
マウス	N88-日本語BASICコンパイラ
プリンター	N88BASIC.LIB
プロッター	FORMAT.EXE (DOSに付属)
RAMまたはHDディスク	日本語フロントプロセッサ

本ソフトの構成を図1に示してある。図から分かるように、本ソフトは、独立した6個のプログラム、それらをアクセスするためのメニュー、及び全体を管理するバッチファイルから構成されている。データのグラフ化は、基本的には、メニュー画面で、データファイルの作成とスクリーンによる作図の2つのプログラムを使用するだけよい。

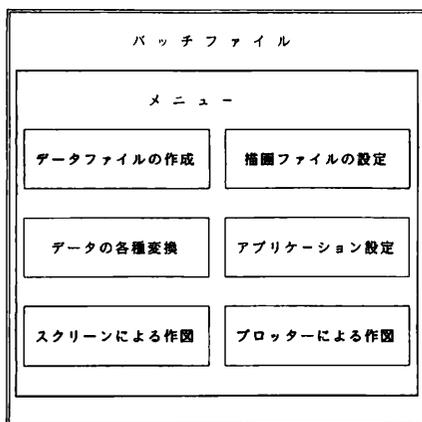


図1 ソフトの構成

以下に、各プログラムの機能について簡単に述べる。

(1) データファイルの作成

このプログラムの主要な役割は、データを入力し、そのデータファイルを作成することである。また、既作成のファイルのデータ修正、ファイル間のデータ結合、及びデータの表示やプリントなどもここで行う。

データの入力は、図2に示すように、変数名とその単位をxとyについて入力した後、測定値を入力するようになっている。このように単位を明確に認識させることは、理科の学習において必要なことである。また図からも分かるように、測定値の一つの入力を終えたら、カーソルが次の測定値入力場所へ自動的に移動するように工夫されている。測定値としては、文字(+, -, ., *は除く。)やカンマは受け付けなくなっており、キーボードの打鍵ミスは、極力押えられている。

時間	温度	No. Xの値	Yの値	No. Xの値	Yの値
001 ? 0	? 29.0	016 ? 450	? 52.5		
002 ? 30	? 32.0	017 ? 480	? 52.6		
003 ? 60	? 33.0	018 ? 510	? 53.0		
004 ? 90	? 34.5	019 ? 540	? 53.0		
005 ? 120	? 37.0	020 ? 570	? 53.0		
006 ? 150	? 39.0	021 ? 600	? 53.0		
007 ? 180	? 42.0	022 ? 630	? 53.0		
008 ? 210	? 45.0	023 ? 660	?		
009 ? 240	? 47.5	024			
010 ? 270	? 49.0	025			
011 ? 300	? 50.0	026			
012 ? 330	? 51.0	027			
013 ? 360	? 52.0	028			
014 ? 390	? 52.0	029			
015 ? 420	? 52.1	030			

数値データの入力終了時には、*のキーを押して下さい。

図2 データの入力場面

データの保存に当っては、ファイル名を付け、必要ならばコメントも付けることができる。データをファイルとして保存した段階で、このデータファイルは描画ファイルとしてシステムに登録される。

(2) 描画ファイルの設定

作成済みのデータファイルをグラフ化するための描画ファイルとして登録するプログラムである。なお前述したように、データを入力し、保存した直後は、このプログラムをアクセスする必要はない。ファイルの選択においては、ファイル名のみを見る方法とファイル名にコメントを付けて見る方法がある。前者は、ディスクにファイルが多数



図3 描画ファイルの選択場面

存在するとき便利である。図3は、後者の方法で選択しようとしている場面を示してある。

不用になったデータファイルの削除や描画ファイルの登録の取り消しもここで行う。

(3) データの各種変換処理

ここでは、 x と y の交換、逆数、平行移動、指数、対数、三角関数など、21個の関数が用意されており、種々のデータ変換が容易に行えるようになっている。

(4) アプリケーションの設定

このプログラムは、各種のアプリケーションを作成し、利用するためのものである。アプリケーションとしては、 $y=f(x)$ という関数形式で供給されるものと、BASIC 言語のプログラム形式で供給されるものの両方を作成できる。作成したものは、保存ができ、しかも簡単に呼び出し使用できる。

関数形式の場合、図4に示すように、関数形を

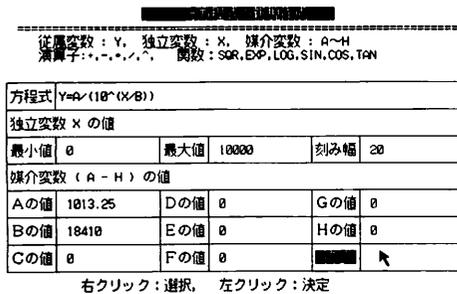


図4 関数形式による関数の定義場面

定義すれば、式を計算するBASIC のプログラムが自動的に作成され、実行されるようになっている。関数は、図から分かるように、媒介変数としてA~Hの8個が使用できるので、かなり柔軟に定義できる。

プログラム形式では、ユーザーが自分自身でプログラムを組むことになる。プログラミングは、このプログラムの中で行うこともできるが、本システム付属のエディターは簡易的なエディターであるので、使い易い市販のエディターを利用した方が効率良い。プログラムには、行番号を付けない。

現在迄に、プログラム形式のアプリケーションとして供給できるものを表2に示してある。本ソフトの小・中学校段階での使用では、表中の上から5つのものがあれば十分であると考える。指数関数によるフィット曲線は、9本のプログラムが指数関数の形に応じて作成されており、指数関数を2個含むような式で表されるデータは殆ど全てフィット可能である。その外に、シミュレーションも含めて7つのものがある。

表2 プログラム形成のアプリケーション

ファイル名	内 容
ORESEN .MNY	折れ線によるデータの結線
SCURVE .MNY	スムージング曲線によるデータの結線
X1EQAT .MNY	1次関数 (切刃なし) によるフィット
X2EQAT .MNY	2次関数 (切刃なし) によるフィット
XNEQAT .MNY	9次迄の多項式によるフィット
E..... .MNY	指数関数によるフィット
GAUSSIAN.MNY	ガウス関数によるフィット
LORENTZ .MNY	ローレンツ関数によるフィット
FFT .MNY	波形のFFT解析
PROJECT .MNY	投射物体の運動シミュレーション
BALL .MNY	水中の球体の落下運動シミュレーション
PAISIMUL.MNY	π 値のシミュレーション
TSOUKAN.MNY	単相関係数の算出とその t -test

アプリケーションは、選択した段階でコンパイルされ、自動的に実行される。

(5) スクリーンによる作図

このプログラムでは、描画ファイルのデータやアプリケーションで作成されるデータをディスプレイ上に描画する。描画は、描画条件の初期値が予め設定されるので、このプログラムのメニュー

画面で、「グラフの表示」または「グラフのハードコピー」の項目をアクセスするだけでよい。描画条件の初期値が不適当な場合は、描画サイズや描画範囲に関する設定の項目をアクセスして変更することができる。

図5、図6には、描画条件の内容が示されている。条件項目の選択は、マウス操作により簡単にできる。なお、図6の描画範囲の内容に関する初期値の大部分は、描画ファイルのデータから自動的に読み込まれたものが用いられる。条件の内容はかなり豊富なため、希望のグラフを得られるように、グラフのレイアウトを緻密に行うことができる。更に、図題や軸名などの表示、非表示の設定もできるように工夫されている。

図題		パラジクロロベンゼンの融点測定	
横軸	大きさ	25字 目盛 65字 任意()	
	目盛	目盛 対数 (格子 OFF)	
縦軸	大きさ	6行 目盛 22行 任意()	
	目盛	目盛 対数 (格子 OFF)	
座標軸	色	青色 赤色 紫色 緑色 黄色 白色	
	記号	■ + · □ ◇ △ ▽	
データ	色	青色 赤色 紫色 緑色 水色 黄色 白色	
	曲線	色 青色 赤色 紫色 緑色 水色 黄色 白色	

図5 グラフのサイズなどの描画条件

図題		パラジクロロベンゼンの融点測定	
横軸	軸名	時間	単位 秒
	最小値	0	最大値 1200 分割数 6
縦軸	軸名	温度	単位 °C
	最小値	0	最大値 100 分割数 5
表示	図題	OFF	軸名 OFF 単位 OFF
	目盛	(1 目盛目毎) OFF	

図6 プロットの範囲などの描画条件

(6) プロッターによる作図

プロッターを用いてグラフを描くプログラムであり、その機能は、スクリーンによる作図と殆ど変わらない。なお、このプログラムは、プロッターの作図コマンドが機種により異なるため、実際にデータを描画するルーチンは別に用意し、プロッ

ターの機種に合わせて、それらを組み込むようにしてある。

授業では、プロッターによって作図することは先ず無いと考えられる。しかし、精密なグラフや論文用の図版などを作成するためには、プロッターは欠かせない装置である。

結果と考察

図7に、パラジクロロベンゼンの融点測定の実験において、測定データ処理に利用した例を示してある。図中の曲線は、表2のスムージング曲線によるデータの結線のプログラムを用いて描かれている。

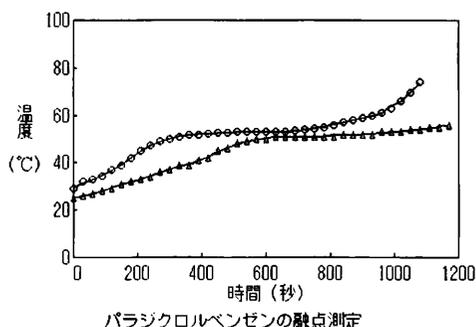


図7 融点の測定データの処理

図から分かるように、本ソフトは、グラフの書式に則り、図題、座標軸名とその単位、及び目盛が書かれたグラフを提示できる。また、生徒がデータをグラフ化する場合、測定点を滑らかに結ぶという作業が行われる。この作業は、生徒にとってかなり困難な作業であり、その作業の意味の理解も低い^{2), 5)}。このようなことに対して、図に示すように、マイコンで滑らかな曲線を引いて見せることは、意義深い。その外、図では2班の測定データが描かれているが、この幾つかのファイルのデータを同一画面に表示する機能は、各班のデータを比較する時などに便利である。

また、図では示さないが、xとyの値の交換や各班のデータを一つのデータとして処理する機能も有用である。例えば、オームの法則の実験では、電圧を独立変数、電流を従属変数として測定するので、得られるグラフは横軸が電圧となる。従って、オームの法則を生徒にグラフから帰納させる場合は、電流を横軸にとって、グラフを描き直す

という作業が行われる。xとyの値の交換は、このような作業時間を省くのに便利である。

図8は、理科年表における原子番号と元素の密度をデータベース化し、周期表の意味を理解させるために利用しようとして作成した教材を示している。

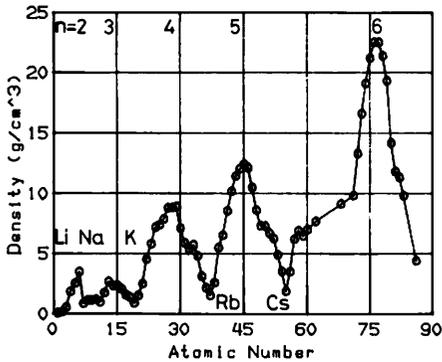


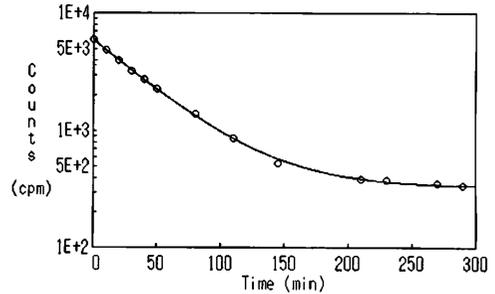
図8 原子番号と元素の密度との関係

図に見られるように、元素の密度の周期性は、周期表の周期律と良く対応している。このことは、周期表の学習において、図8は良い教材として使用できることを示している。また、図は格子で示されているが、小・中学生にとって、グラフに格子が入っていることは、グラフの理解を高めると考えられる。描画での初期条件は、格子を描く状態になっている。

図8の利用例のように、理科年表などの既存の有用なデータをデータベース化しておくことは、良い教材の製作につながる。この観点からは、高度と大気圧の関係のように、経験式や理論式があるものは、関数形式で登録し、利用することができる。また、経験式などが無いものでも、データをアプリケーションのフィッティングプログラムを用いてフィットし、求めた式を関数形式で登録する方法をとることができる。表2における水中の球体の落下運動シミュレーションプログラムでは、水の密度や粘性係数の温度補正に、それらの温度依存データをフィットして得た経験式を利用してある。

次に、大学の学生実験及び研究用としての使用例を示す。図9は、学生実験において、地中から湧出する自然放射性物質を捕集し⁸⁾、その減衰を

測定した結果である。



地中から湧出する放射性物質の減衰曲線

図9 放射線源の減衰データの処理

図を一見すれば、放射性物質の減衰が指数関数で表されることが分かる。このことは、縦軸として対数目盛をとることによって、初めて理解できることである。なお、予め指数関数であることが分かっているならば、データの各種変換処理における対数関数によりデータを変換しグラフ化することもできるが、一般に測定データがどのような関数で表されるかの予見は不可能である。このようなことから、座標軸に対数目盛を設定できるという機能は、データの解釈において非常に有益である。特に、自然現象は、指数関数で表されるものが多い⁹⁾。

また、この実験で使用した放射線源は、2種の放射性物質を含むと考えられる。図中の曲線は、そのような仮定の下でフィットし、得られたものである。フィットより得られた半減期は、線源の核種の同定に使用される。

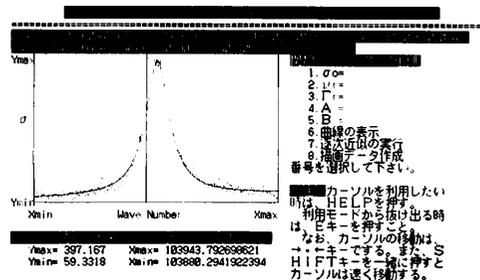


図10 スペクトルデータのフィット

図10は、筆者等の一人が研究において⁸⁾、希ガスの光吸収断面積スペクトルをフィットしている

場面で、スペクトルのピークの位置をカーソルで探しているところを示している。この図は、表2のローレンツ関数によるフィットを実行して得られる画面であり、図を見る限り、本ソフトと別のソフトを実行しているように見える。事実、プログラム形式のアプリケーションは、本ソフトの機能に全く依存しないように作ることができる。このことは、本ソフトをBASICで作成されたプログラムの管理・実行用ソフトとして利用できることも示している。

結 言

以上述べてきたように、今回作成した2次元データ処理ソフトは、非常に高い機能を備えている。また、その操作は、データの入力などを除いて、殆どの操作がマウスででき、非常に容易である。データのグラフ化に当たっても、描画条件は自動的に設定されるので、簡単にグラフを得ることができる。このようなことから、小・中学校での理科の授業での使用は勿論、これ迄のデータ処理ソフト

に満足できなかった一般の人の利用にも十分に応えることができると考える。今後は、アプリケーションの充実に努めたい。

文 献

- 1) B. S. プルーム他著，渋谷憲一他訳：学習評価ハンドブック(下)，第一法規，282(1980)。
- 2) 北村太郎，栗田一良：日本理科教育学会研究紀要，24(2)，55(1983)。
- 3) 榑木満：90年版新作・自作教育ソフト年鑑(山本米雄監修)，学習研究社，471(1990)。
- 4) 山下太利，前田健悟，桃井凡夫，三島嶽志，尾道三一：熊本大学教育学部紀要，自然科学，31，5(1982)。
- 5) 高橋佐年，笠原徹也，岡本勝利：理科の教育，32，182(1983)。
- 6) 山下太利，桃井凡夫，前田健悟，三島嶽志：物理教育，22，210(1981)。
- 7) 三島嶽志，前田健悟，尾道三一：熊本大学教育学部紀要，自然科学，35，73(1986)。
- 8) K. MAEDA, K. UEDA, K. ITO, and T. NAMIOKA: Physica Scripta, 41, 464(1990)。