

# 『教育と情報』の教育について

本 間 俊 宏

## I はじめに

臨時教育審議会（1984年9月発足，以下，臨教審と略す）は，1986年4月の第二次答申において情報化に対応した教育として，情報活用能力の育成の重要性を提起し，そのために，大学の教員養成課程における情報教育の整備・拡充の必要性を提言した。それを受けて，1988年12月の教育職員免許法等の一部改正（以下，新免許法と略す）の際に，全校種で「教育の方法及び技術（情報機器及び教材の活用を含む）に関する科目」が教職必修となり，本学では，私が担当責任者となり，「教育情報・技術論」（2単位，3年次）として，1992年度より開講する。また，1990年3月以降の卒業生が，卒業後に教員免許を取得する場合には，新免許法が適用されるので上記の科目が必修となる。本学では，その措置として，情報処理課程（1990年度より，全学生を対象として設置された。必修6単位，選択2単位以上）で私が担当する「情報科学特殊講義Ⅰ」（2単位，3年次，選択，以下，情報特講Ⅰと略す）を該当科目としている。内容は，教育情報処理に関する講義とパソコン実習であり，私にとっては，1992年度開講予定の「教育情報・技術論」のための講義準備を兼ねることになった。

大学の情報処理教育の変遷をみると，第1世代は，コンピュータに興味・関心のある人が，専門職として教育・研究した時代で，現在もその世代は継続している。私のゼミ（児童教育学演習Ⅰ，Ⅱ）は，算数教育の研究のなかにコンピュータの活用も含まれており，受講学生は第1世代に属する。<sup>(1)</sup>

しかし，企業のOA化の普及とともに就職に有利になるという理由で，無理をしてコンピュータに慣れ親しもうという学生もでてき，さらに，教職必修に

なり、まさに、大衆化の時代に入った。これが、第2世代である。私の担当する情報特講Ⅰの受講学生は、この第2世代に属する。

その上、1989年3月告示の学習指導要領によって、中学校技術・家庭の領域の1つとして「情報基礎」が追加され、選択ではあるが1993年度以降実施される。また、中学校の数学、理科にはコンピュータの活用が含まれている。さらに、1994年度以降の高等学校1年生からは、数学、理科、家庭、職業教科等でコンピュータの活用が含まれる。このように情報活用能力を備えた子どもたちが大学に入学するときが第3世代の始まりになる。

本論文では、第2世代の情報処理教育について、私の授業実践(情報特講Ⅰ)をとおして、その問題点と今後の課題について考察する。

## Ⅱ 『教育と情報』の教育について

情報特講Ⅰは、教育情報処理をその内容としているが、情報処理ということばは、いかに情報を加工するかという技術面が強調され、これが大学教育かというジレンマをおこす。教育に関する情報処理という意味で教育情報処理と称するが、情報処理を情報科学におきかえて、教育情報科学といいかえてみると、ことばの上では技術面だけでなく理論面も含まれるようなひびきがある。しかし、教育情報科学は、教育工学の発展であり、教育をシステムとしてとらえ、工学的手法を用い、その発展として、情報科学の視点で教育を論じようとしている。ここで、情報科学の視点とは、次の3つのことである。<sup>(2)</sup>、<sup>(3)</sup>

- ① 思考の枠組み……システム思考
- ② 手段を担う実体……コンピュータ科学
- ③ 操作・処理手段……データ分析

私は、子どもがおり、そこに教育がおこなわれている、そのなかへ、コンピュータが出現したととらえている。コンピュータは情報の受信と発信の双方向的機能を備えている。そして、情報化社会にあって、子どもたちはコンピュー

タのもたらす環境の中で生きていくことになる。教育の中でコンピュータを媒介とする情報をいかに扱うか、その哲学は何か。教育と情報を総合的に考察するという意味で、本論文では、これを『教育と情報』の教育として論ずる。

『教育と情報』の教育では、コンピュータの能力と限界を把握し、教育の中にコンピュータを媒介とする情報を如何に組み込むか、さらには、コンピュータを媒介とする情報を基として教育を進化させるかを論じる。コンピュータの能力を発揮させるには、数理的思考力が必要であり、そのバックには数学そのものが要請される。従って、『教育と情報』の教育では、教育と情報（コンピュータ）と数学を総合的に考察することになる。情報特講Ⅰは、この『教育と情報』の教育を目指すものである。

### Ⅲ 情報特講Ⅰの授業から

情報特講Ⅰの授業は、教育情報処理に関する講義とパソコン実習をその内容としている。

#### 3.1. 講義内容

教育情報処理は、教師側の情報処理と子どもを中心とした情報処理に分けられる。

##### ① 教師側の情報処理

- 1) 学校運営、学級経営等における文書作成・管理、成績処理
- 2) 保健管理等における保健統計や身体計測、体力測定などのデータ処理
- 3) 進路指導等における追跡調査、成績統計

##### ② 子どもを中心とした情報処理

- 1) CAI (Computer Assisted Instruction, コンピュータ支援による教育)
- 2) CMI (Computer Managed Instruction, コンピュータによる教育管理)
- 3) CAL (Computer Assisted Learning, コンピュータ支援による学習)
- 4) 道具としてのコンピュータの活用……CL (Computer Literacy)

講義では、はじめに、CAI と CMI についての解説を試みた。

CAI は、学習者がコンピュータと対話形式で、ある教育内容を個別的に学習するという教育システムである。教師は、あらかじめ学習内容をコンピュータに組み込むが、学習者の前面にはあらわれない。そのため、学習内容は、プログラム学習の手法を用いて設計される。その背景にあるのがスキナーの学習理論である。これらの解説を短時間（3講分）で済ましたが、キーワードの解説しかできなかつた。

CAI のシステムの作成のときに手抜きをすれば学習者に合わなくなる。そこで、きめこまかく作成するには、教師の学力、時間が相当にかかる。この欠点をおぎなうために、授業のある部分だけ CAI システムを採用する試みがされている。いずれにしても、学生が CAI システムによる学習を経験していないので、その功罪を論じても理解の域を出ていると痛感した。

次に、CMI は、教師が学習過程の改善に有用な情報をコンピュータをとおして得るというシステムである。授業の設計に必要な情報を教材データベースから取り出す。そして、初期の目標がどの程度に達成し得たかを評価する。

教材データベースの作成は、これをコンピュータをとおすかどうかは別として、これまでも教師が経験してきたことである。これをデータベースとして意識的に蓄積するか、そして、それを有効に活用するかは今後の課題である。

評価に関しては、偏差値づけの今日、教育統計として正しく認識することは重要である。以下のパソコン実習で教育統計をとりあげた第一の理由である。また、教師がコンピュータを利用するのは、先ず、ワープロとしてであり、次に、成績集計としてである。これが第二の理由である。

子どもがコンピュータの能力と限界を知って、それを有効に活用するには、教師の作成したものを単にキー操作するだけでなく、プログラミング技術を修得して直接コンピュータを作動させることが重要である。そのことを理解するには学生が実際に CL 能力を修得することが肝要である。

従って、本特講では、コンピュータの教育利用に関する概論を講義するだけでなく、パソコンの実習が欠かせないのである。

### 3.2. パソコン実習内容

学生がパソコンの能力と限界を把握するには、パソコンを直接操作することが肝要である。そこで、アプリケーション・ソフトによる表計算とプログラミングの実習をした。

#### ① 表計算の実習（7講分）

Lotus 1-2-3 (R2.2J) による統計処理を実習した。

統計処理としては、合計、平均値、順位、標準偏差、偏差値、度数分布表、ヒストグラム、ソート、相関分析、回帰分析などを実習した。

Lotus 1-2-3 の操作としては、ワークシート（全体、罫線）、ファイル（呼出し、保存）、複写、グラフ、データ（頻度、ソート、回帰）、印刷の各コマンドについて実習した。

さらに、Lotus 1-2-3 の関数としては、@ SUM, @ AVG, @ RANK, @ VAR, @ STD を実習した。

#### ② プログラミングの実習（3講分）

ロゴライターによるタイトル・グラフィックを扱い、LOGO によるプログラミングを実習した。

（注）文書用ディスクは学生の自前としたが、①、②とも MS-DOS 上のファイルなので1枚に収納することができた。

#### 3.2.1. 表計算実習（Lotus 1-2-3 を用いて）

教師がはじめに手掛ける教育情報処理は、文書作成・管理と成績処理である。文書作成・管理は他の授業（本学では、情報処理課程の必修科目）にまかせ、本特講では、成績処理を扱った。手計算（電卓の利用を含む）では、合計、平均値、順位、度数分布表などが限度である。しかし、パソコンを用いると、偏差値、相関分析、回帰分析などのより高度な統計処理が可能となる。これらの意味と原理を数学的に解説し、具体例（共通一次の国語、数学、英語の成績、35人分）をパソコンを用いて計算処理した。

本特講では、BASIC 言語等によるプログラミングは避けて、ビジネス・ソ

フトとしての定評のある Lotus 1-2-3 の表計算機能を利用した。その理由は、プログラミングに時間をかけるよりも、統計処理そのものの理解を主としたこと。教育現場においても、一部の教師が自作のプログラミングによる成績処理をした時代から、汎用性のある市販のアプリケーション・ソフトにより多数の教師が成績処理ができる時代に移行してきたことである。

実習に際しては、自作のテキストを用いた。はじめに、統計処理の解説をし、次に操作の手順を示した。

まず、具体例（共通一次の成績、35人分）をワークシート上に入力し、以下の実習ではこのデータを処理した。

はじめに、合計、平均値、順位、分散、標準偏差について、統計的な意味を数学を用いて解説した。Lotus 1-2-3 には、それぞれ @SUM, @AVG, @RANK, @VAR, @STD という関数があるが、計算式を用いて求める方法とこの関数を用いる方法とを実習した。

第2に、偏差値について、数学的な解説をし、Lotus 1-2-3 には該当する関数がないので、計算式を示した。その部分を自作のテキストより抜粋する。

#### <偏差値>

$n$  個のデータ  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  の平均値を  $\bar{x}$ , 標準偏差を  $s_x$  とする。

$$\text{標準測定度 } z_k = \frac{x_k - \bar{x}}{s_x} \quad (k=1, 2, 3, \dots, n)$$

の平均値は0, 標準偏差は1である。

これを, 平均値が50, 標準偏差が10となるように1次変換したのが, 偏差値である。

$$\text{偏差値 } Z_k = 10 \left( \frac{x_k - \bar{x}}{s_x} \right) + 50 \quad (k=1, 2, 3, \dots, n)$$

正規分布では,  $\bar{x} \pm 3s_x$  をこえる値はほとんどないから, 偏差値は20~80の間にあると考えてよい。

Lotus: (例) B1からB40までの平均値がB43, 標準偏差がB44に出力されているとして, 偏差値をF1からF40まで出力させる。

- ① セルポインタをF1に移す。
- ② f・9 を押し, 半角・英数モードにする。
- ③ 次の式をセル番地に入力する。(Lotus には相当する関数はない)

$$+10*(B1 - \$B\$43)/\$B\$44+50$$

④ 複写により、F2からF40までの偏差値を出力させる。

このように、テキストでは、はじめに数学的な解説を記述し、次に、Lotus: (例)として、Lotusの操作手順を、例にそくして記述した。これにより、学生はテキストを参照しながら自分で操作することができた。

本特講の受講学生のなかには、高等学校で統計を学習していない学生も含まれており、学習していても偏差値について正しい認識があるか疑わしい。コンピュータが打ち出す偏差値を見て、一喜一憂したにすぎなかった。ここでの実習によって、偏差値の意味を理解したという学生が多数いた。

- $n$ 個のデータの平均値が50となるように1次変換したのが偏差値である。各データがどの位置にあるのか、よく分かる。50から離れるほど、平均値から離れることになる。例えば、小学生の1クラスのテストの結果を偏差値に出すとすれば、テストの点数が全員ほとんど変わりがなければ、50に近い偏差値ばかりとなり、1人だけ非常によい成績となれば、その1人の偏差値は上がる。データのばらつきがよく分かる。(国文・3年)
- 平均値が50で数値が高いほど優っていて低ければ劣っている。偏差値は20~80の間にあると考えてよい。あくまでも、データの中だけのもので、全然ちがうデータのそれぞれの偏差値が同等と考えることはできない。例えば、ほとんどの人が80点以上とっている人達の中での偏差値50と、ほとんどの人が50点以下ぐらいにしかとれていない人達の中での偏差値50はちがう。(英文・3年)
- 偏差値という言葉は、中・高時代いやというほど聞かされたが、50がふつうで70以上あればかなりよいといった漠然としたものにしかうけとれず、その数値そのものを理解はしていなかった。この講義をうけ、少しわかってきたような気がする。つまり、ある試験を何人かの生徒にうけさせた結果、まず平均点を求める。そしてある1人A君の点数が平均点よりも高いか低い、つまり、平均点との差を求める。全員の分散(平均点のまわりに密集しているか、拡散しているか)とA君の点数の位置を考える。このとき、平均点を50として考えた場合のA君の点、それが偏差値である。(児教・3年)

第3に、度数分布表、ヒストグラムについては、Lotus 1-2-3にそれぞれ「頻度」、「グラフ」というコマンドがあるので、これを用いた。Lotus 1-2-3のマニュアルはコマンドの解説のみで実際の運用に乏しく、市販の解説書はビジネ

ス向きであり、教育統計については乏しい。(4)

そこで、テキストでは、Lotus の操作手順を含め、次のように記述した。

### <度数分布>

$n$  個のデータ  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  があるとき、これを階級といういくつかのグループに分けて、各グループに属するデータの個数（これを度数という）を調べると集団の分布状態がわかりやすくなる。

階級の幅は等しくとり、各階級の境界はどちらに属するかを明確にし、階級数は少なからず多からずにとる。

各階級の中点の値をその階級の階級値といい、その階級の代表値として用いられる。階級値と対応する度数をセットにした表を度数分布表という。

階級値	$p_1$	$p_2$	$p_3$	……	$p_N$	合計
度数	$f_1$	$f_2$	$f_3$	……	$f_N$	$n$

Lotus: (例) B 1 から B 40 までのデータを H 1 から H 8 の階級に対応して、I 1 から I 9 にその度数を出力させる。

- ① セルポインタを H 1 に移す。
- ②  $f \cdot 9$  を押し、半角・英数モードにする。
- ③ H 1 から H 8 まで各階級の上限值を入力する。
- ④ 「/」 - 「D」(データ) - 「D」(頻度) の順に押す。
- ⑤ 「対象範囲を指定してください」と表示されるから、「B 1.. B 40」を入力する。
- ⑥ 「階級範囲を指定してください」と表示されるから、「H 1.. H 8」を入力する。
- ⑦ I 1 から I 9 まで度数が出力される。

(注) H 9 は空欄であるが、H 8 の上の階級があるとみなして I 9 に出力される。

### <ヒストグラム>


離散変量(整数)あるいは質的データの度数分布において、変量を横軸(厳密には点で表す)にとり、対応する度数を縦軸にとって縦線(実際には幅をつけた帯状)で表したグラフを棒グラフという。

連続変量(実数)の度数分布において、変量の階級を横軸にとり、階級幅を底辺とし、面積が度数に比例するように高さをとってつくった柱状の長方形のグラフをヒストグラムという。

各階級の度数はその階級の下境界値から上境界値まで一様に分布しているとみなして連続的にとる。横軸の目盛には、各階級の中点である階級値を記入する。



Lotus: (例) G 1 から G 9 までの階級値を横軸, I 1 から I 9 までの対応する度数を縦軸にとった度数分布図を作成する。

- ① 「/」 - 「G」 (グラフ) の順に押す。
- ② グラフメニューが画面上方に表示されるので, 「T」 (種類) を押す。
- ③ 種類メニューが画面上方に表示されるので, 「B」 (棒) を押す。
- ④ グラフメニューに戻るので, 「X」 を押すと, 「Xの範囲を指定してください」と表示される。セル範囲の指定により 「G 1..G 9」 を入力する。
- ⑤ グラフメニューに戻るので, 「A」 を押すと, 「Aの範囲を指定してください」と表示される。セル範囲の指定により 「I 1..I 9」 を入力する。
- ⑥ グラフメニューに戻るので, 「V」 (グラフ表示) を押すと, 度数分布図が表示される。
- ⑦  を押すと, グラフメニューに戻る。
- ⑧ 「Q」 (終了) を押すと, 入力モードに戻る。

Lotus 1-2-3 によるヒストグラムは, 厳密には棒グラフである。ここに, 統計処理を意識していないあらわれがある。その点を無視すれば, 階級を変えることにより, 種々の度数分布が得られるという操作性に優れている。


学校における成績処理では, 各教科の学級平均, 学年平均, 生徒個人の合計, 平均, 学年順位などが主であり, コンピュータの導入によって偏差値の算出が可能になった。さらに, 成績分析としては, 相関分析と回帰分析がある。これらは, コンピュータの導入によって可能になるが, ここまで踏み込んでいる教師個人はあっても, 学校組織としては少数であろう。データをコンピュータに入力しておけば, これらの加工は簡単にできるところに表計算ソフトの偉力がある。そこで, 第4に, 成績分析として相関分析と回帰分析に踏み込んだ。

Lotus 1-2-3 のコマンド「グラフ」を用いると, 相関図の表示ができる。

#### <相関図>

2つの変数  $x, y$  に関する  $n$  組のデータ  $(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3), \dots, (x_n, y_n)$  について, 変数  $x, y$  をそれぞれ横軸, 縦軸にとり, 各組のデータ  $(x_k, y_k)$  ( $k=1, 2, 3, \dots, n$ ) を点の座標とするグラフを  $x$  と  $y$  に関する相関図という。

Lotus: (例) B 1 から B40 までのデータを横軸, C 1 から C40 までのデータを縦軸にとった相関図を作成する。

- ① 「/」 - 「G」(グラフ)の順に押す。
- ② グラフメニューが画面上方に表示されるので、「T」(種類)を押す。
- ③ 種類メニューが画面上方に表示されるので、「X」(XY)を押す。
- ④ グラフメニューに戻るので、「X」を押すと、「Xの範囲を指定してください」と表示される。セル範囲の指定により「B1..B40」を入力する。
- ⑤ グラフメニューに戻るので、「A」を押すと、「Aの範囲を指定してください」と表示される。セル範囲の指定により「C1..C40」を入力する。
- ⑥ グラフメニューに戻るので、「O」(オプション)を押す。
- ⑦ オプションメニューが画面上方に表示されるので、「F」(線/記号)を押し、「G」(全部) - 「S」(点表示) - 「Q」(終了)を順に押す。
- ⑧ グラフメニューに戻るので、「V」(グラフ表示)を押すと、相関図が表示される。
- ⑨ を押すと、グラフメニューに戻る。
- ⑩ 「Q」(終了)を押すと入力モードに戻る。

相関係数は、Lotus 1-2-3 のコマンド「回帰」により、算出できるが、統計的な意味を説明するために、計算式による算出法を実習した。

### <共分散>

2つの変数  $x, y$  に関する  $n$  組のデータ  $(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3), \dots, (x_n, y_n)$  において、変数  $x, y$  の平均値をそれぞれ  $\bar{x}, \bar{y}$  とする。

変数  $x, y$  の偏差の平均を共分散という。

$$\begin{aligned}
 \text{共分散 } S_{xy} &= \frac{1}{n} \left\{ (x_1 - \bar{x})(y_1 - \bar{y}) + \dots + (x_n - \bar{x})(y_n - \bar{y}) \right\} \\
 &= \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x})(y_k - \bar{y}) \\
 &= \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (x_k y_k - x_k \bar{y} - \bar{x} y_k + \bar{x} \bar{y}) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_k y_k - \bar{x} \bar{y}
 \end{aligned}$$

Lotus: (例) B1からB40までのデータと、C1からC40までのデータとの共分散をB45に出力させる。

- ① B1からB40までの平均値をB41に出力させる。  
B41: @AVG(B1..B40)
- ② C1からC40までの平均値をC41に出力させる。  
C41: @AVG(C1..C40)

- ③ B列とC列の積をD1からD40まで出力させる。

D1 : + B1 \* C1

D2からD40まで複写する。

- ④ D列の平均値をD41に出力させる。

D41 : @AVG (D1..D40)

- ⑤ B列とC列との共分散をB45に出力させる。

B45 : + D41 - B41 \* C41

### <相関係数>

2つの変数  $x, y$  に関する  $n$  組のデータ  $(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3), \dots, (x_n, y_n)$  において、変数  $x, y$  の平均値をそれぞれ  $\bar{x}, \bar{y}$ 、標準偏差をそれぞれ  $s_x, s_y$ 、共分散を  $s_{xy}$  とする。

変数  $x, y$  の標準測度の積の平均を相関係数という。

$$\begin{aligned} \text{相関係数 } r_{xy} &= \frac{1}{n} \left\{ \left( \frac{x_1 - \bar{x}}{s_x} \right) \left( \frac{y_1 - \bar{y}}{s_y} \right) + \dots + \left( \frac{x_n - \bar{x}}{s_x} \right) \left( \frac{y_n - \bar{y}}{s_y} \right) \right\} \\ &= \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \left( \frac{x_k - \bar{x}}{s_x} \right) \left( \frac{y_k - \bar{y}}{s_y} \right) = \frac{1}{s_x s_y} \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x}) (y_k - \bar{y}) \\ &= \frac{s_{xy}}{s_x s_y} \end{aligned}$$

(注)  $-1 \leq r_{xy} \leq 1$

相関係数が1に近いほど、強い正の相関がある。

-1に近いほど、強い負の相関がある。

0に近いときは、無相関である。

Lotus: (例) B1からB40までのデータと、C1からC40までのデータとの相関係数をB46に出力させる。

- ① B1からB40までの標準偏差をB43に出力させる。

B43 : @STD (B1..B40)

- ② C1からC40までの標準偏差をC43に出力させる。

C43 : @STD (C1..C40)

- ③ B列とC列との共分散がB45に出力されているとして、相関係数をB46に出力させる。

B46 : + B45 / (B43 \* C43)

次に、回帰直線の係数は、Lotus 1-2-3 のコマンド「回帰」によって算出できるが、回帰直線の意味を考えるために、計算式を用いて算出した。

### <回帰直線>

2つの変数  $x, y$  に関する  $n$  組のデータ  $(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3), \dots, (x_n, y_n)$  において、変数  $x, y$  の平均値をそれぞれ  $\bar{x}, \bar{y}$ 、標準偏差をそれぞれ  $s_x, s_y$ 、共分散を  $s_{xy}$  とする。

$a, b$  を定数とする直線  $y' = ax + b$  によって、 $x = x_k$  のときの  $y_k'$  の値を  $x_k$  による  $y_k$  の推定値とする。このとき、推定誤差は  $e_k = y_k - y_k'$  で表される。

推定誤差の2乗和が最小になるように、定数  $a, b$  を決める。

$$\sum_{k=1}^n e_k^2 = \sum_{k=1}^n (y_k - y_k')^2 = \sum_{k=1}^n \{y_k - (ax_k + b)\}^2$$

を最小にする定数  $a, b$  を求めると、

$$a = \frac{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_k y_k - \bar{x} \bar{y}}{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_k^2 - \bar{x}^2} = \frac{s_{xy}}{s_x^2}$$

$$b = \bar{y} - a \bar{x}$$

である。これらより、

$$y' = \frac{s_{xy}}{s_x^2} (x - \bar{x}) + \bar{y}$$

を得る。これを、 $y$  の  $x$  への回帰直線という。

同様に、 $x$  の  $y$  への回帰直線は次式で表される。

$$x' = \frac{s_{xy}}{s_y^2} (y - \bar{y}) + \bar{x}$$

Lotus: (例) B1からB40までのデータと、C1からC40までのデータとについて、C列のB列への回帰直線  $y = ax + b$  の定数  $a, b$  をそれぞれB47, B48に出力させる。

- ① B列, C列の平均値はそれぞれB41, C41に出力させ、B列, C列の分散はそれぞれB42, C42に出力させ、B列とC列との共分散はB45に出力させる。
- ② B47: + B45 / B42      B48: + C41 - B47 \* B41

Lotus: (例) B列 (B1..B40) とC列 (C1..C40) との相関図に、C列のB列への回帰直線  $y = ax + b$  を記入する。ただし、定数  $a, b$  はそれぞれB47, B48に出力されている。

- ① E1: + \$ B \$ 47 \* C1 + \$ B \$ 48
- ② E1をE2からE40まで複写する。
- ③ 「/」 - 「G」(グラフ) - 「N」(名前) - 「U」(呼出し) を順に押すと、「グラフ名を指定してください」と表示されるから、グラフ名を入力する。

- ④ 相関図が表示されるので、 $\leftarrow$ を押すと、グラフメニューが画面上方に表示される。
- ⑤ 「B」を押すと、「Bの範囲を指定してください」と表示される。セル範囲の指定により「E1..E40」を入力する。
- ⑥ グラフメニューに戻るので、「O」(オプション)を押す。
- ⑦ オプションメニューが画面上方に表示されるので、「F」(線/記号)を押し、「B」-「L」(線表示)-「Q」(終了)を順に押す。
- ⑧ グラフメニューに戻るので、「V」(グラフ表示)を押すと、相関図に回帰直線が記入される。
- ⑨  $\leftarrow$ を押すと、グラフメニューに戻る。
- ⑩ 「Q」(終了)を押すと入力モードに戻る。

最後に、Lotus 1-2-3 のコマンド「回帰」を用いると、多重回帰分析ができる。その原理を説明し、Lotus の操作法を実習した。

#### <回帰分析>

母集団の2つの変量の間、どの程度の直線関係があるかを分析するのが相関分析である。また、母集団の2つ以上の変量の間、仮定された因果関係に基づいて、その関係を回帰式に表現し、仮定された因果関係を統計的に分析するのが回帰分析である。

2つ以上の変量に関する  $n$  組のデータを、仮定された因果関係に基づいて、原因を表す説明変量とその結果を表す被説明変量に分ける。説明変量が1つのときを単純回帰分析といい、2つ以上のときを多重回帰分析という。

説明変量と被説明変量との間の関係が直線関係にあると仮定されるときは、回帰式に線形モデル(1次式)を用いる。

説明変量を  $x_1, x_2, \dots, x_p$ 、被説明変量を  $y$  とする  $n$  組のデータについて、 $a_1, a_2, \dots, a_p, b$  を定数とする回帰式  $y' = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_px_p + b$  によって、 $x_1 = x_{1k}, x_2 = x_{2k}, \dots, x_p = x_{pk}$  のときの  $y_k'$  の値を  $x_{1k}, x_{2k}, \dots, x_{pk}$  による  $y_k$  の推定値とする。このとき、推定誤差は  $e_k = y_k - y_k'$  で表される。

推定誤差の2乗の和が最小になるように、定数  $a_1, a_2, \dots, a_p, b$  を決める。

$$\sum_{k=1}^n e_k^2 = \sum_{k=1}^n (y_k - y_k')^2 = \sum_{k=1}^n \{y_k - (a_1x_{1k} + a_2x_{2k} + \dots + a_px_{pk} + b)\}^2$$

を最小にする定数  $a_1, a_2, \dots, a_p, b$  を求める。

Lotus: (例) A1からA40までのデータと、B1からB40までのデータとについて、B, C, D列のA列への回帰式  $y = a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + b$  の定数  $a_1, a_2, a_3, b$  を求める。

- ① 「/」 - 「D」(データ) - 「R」(回帰)の順に押す。
- ② 回帰メニューが画面上方に表示されるので、「X」(範囲)を押す。
- ③ 「独立変数Xの範囲を指定してください」と表示される。セル範囲の指定により「B1..D40」を入力する。
- ④ 回帰メニューに戻るので、「Y」(範囲)を押すと、「従属変数Yの範囲を指定してください」と表示される。セル範囲の指定により「A1..A40」を入力する。
- ⑤ 回帰メニューに戻るので、「I」(切片)を押す。
- ⑥ 切片メニューが画面上方に表示されるので、「C」(切片は計算値)を押す。このとき、「Z」(切片はゼロ)を押すと、回帰直線が原点を通るように調整される。
- ⑦ 回帰メニューに戻るので、「O」(出力範囲)を押すと、「結果の出力範囲を指定してください」と表示されるので、空きセルの左上端のセル番地「A50」を入力する。このとき、出力範囲は9行6列(独立変数の個数分だけ列が増える。最小でも4列)を必要とする。
- ⑧ 「G」(開始)を押すと、入力モードに戻る。  
このとき、指定の出力範囲に次のように出力される。

回帰分析の結果：

Y切片	$b$
Y評価値の標準誤差	
R 2 乗	
標本数	$n$
自由度	$n-p-1$
X係数	$a_1, a_2, \dots, a_p$
X係数の標準誤差	

(注) 独立変数が1つのとき、R 2 乗の平方根は相関係数に一致する。

(参考)  $\sum_{k=1}^n \{y_k - (ax_k + b)\}^2$  を最小にする定数  $a, b$  を求める。

$$E = \sum_{k=1}^n \{y_k - (ax_k + b)\}^2 = \sum_{k=1}^n y_k^2 + a^2 \sum_{k=1}^n x_k^2 + nb^2 - 2a \sum_{k=1}^n x_k y_k - 2ab \sum_{k=1}^n x_k - 2b \sum_{k=1}^n y_k$$

ここで、 $\sum_{k=1}^n y_k^2 = n(s_y^2 + \bar{y}^2)$ ,  $\sum_{k=1}^n x_k^2 = n(s_x^2 + \bar{x}^2)$ ,  $\sum_{k=1}^n x_k y_k = n(s_{xy} + \bar{x}\bar{y})$ ,

$$\sum_{k=1}^n x_k = n\bar{x}, \quad \sum_{k=1}^n y_k = n\bar{y}$$

従って、 $E = nb^2 - 2n(\bar{y} - a\bar{x})b + n(s_x^2 + \bar{x}^2)a^2 - 2n(s_{xy} + \bar{x}\bar{y})a + n(s_y^2 + \bar{y}^2)$

$$= n\{b - (\bar{y} - a\bar{x})\}^2 + ns_x^2 \left(a - \frac{s_{xy}}{s_x^2}\right)^2 + ns_y^2 \left\{1 - \left(\frac{s_{xy}}{s_x s_y}\right)^2\right\}$$

故に、Eが最小となるには、 $a = \frac{S_{xy}}{S_x^2}$ ,  $b = \bar{y} - a\bar{x}$  が必要十分である。

回帰直線の係数は、最小2乗法の原理より、高等学校で学習した2次関数の最小値を求めることで得られる。しかし、授業での説明はせず、関心のある学生への参考として示した。

表計算の実習では、Lotus 1-2-3 の操作をとおして教育統計の意味を考えることを重点としたが、Lotus の操作法に気をとられて、統計の意味を理解するまでにはいたらなかった。

### 3.2.2. プログラミング実習 (ロゴライターを用いて)

次に、教師がコンピュータを道具として用いたり、それを教科指導に利用しようとするれば、プログラミング技術の修得が必要になる。子どもがプログラミング実習するときのことを考慮して、BASIC, LOGO などが適切であろう。本特講では、LOGO を扱うことにし、ひらがなで記述できる言語ソフトのロゴライターを用いて、タートル・グラフィックのプログラミングを実習した。

ロゴ (LOGO) は、マサチューセッツ工科大学 (MIT) の S. Papert など人工知能研究室 (AI ラボ) のロゴ・グループによって1967年頃から開発された人工知能型言語である。<sup>(6)</sup>

ロゴは、新しくつくったプログラムにことばを与え、それを記憶することにより、それをつぎのプログラムに適用できる。このように新しい言葉をつぎつぎと記憶して、たくわえ、それを利用することができるので人工知能型とよばれる。

プログラミング実習をグラフィックからはじめたのは、小学生のプログラミング学習において、グラフィックがきわめて効果的であることによる。<sup>(7)</sup>

教師には、成績処理のプログラミング実習が効果的であったが、すぐれた表計算ソフトが市販されている時代であるから、その必要性はない。子どもへの指導を考慮すれば、子どもの創作意欲をかきたてるグラフィックを、教師が先に体験しておく必要がある。私のゼミでは、BASIC によるプログラミング実習

をしているので、それをさけることと、わずか3講分では無理なので、本特講では、LOGO を用いることにした。

LOGO のグラフィックは、タートル・グラフィックといい、BASIC が直交座標系を用いるのに対して、LOGO は極座標系を用いる。すなわち、タートル（カメ）の向きと動く長さで表現され、図はタートルの軌跡として示される。子どもは、タートルになったつもりでプログラミングをするといわれている。

「まえへ 100 みぎへ 90」これを4回繰り返すと一辺の長さ100の正方形がかける。学生は、おどろきの声をあげた。

次に、正三角形のプログラミングを実習した。

<例1>表側のページで「みだしは ”図形」と入力し、f・6 を押し、裏側のページで次のように入力する。

てじゅんは せいさんかくけい

まえへ 100 みぎへ 120

まえへ 100 みぎへ 120

まえへ 100 みぎへ 120

おわり

f・6 を押し、表側で、「せいさんかくけい」と入力すると、一辺の長さ100の正三角形をかく。

<例2>例1に続いて、裏側のページで次のように入力する。

てじゅんは 正三角形 : 辺

くりかえせ 3 [まえへ : 辺 みぎへ 120]

おわり

表側のページで、「正三角形 100」と入力すると、一辺の長さ100の正三角形をかく。「辺」は変数を表し、一辺の長さを表す数値が代入される。

<例3>表側のページで次のように入力する。



せいさんかくけい

ひだりへ 120

正三角形 50

「せいさんかくけい」で一辺の長さ 100 の正三角形をかき、「ひだりへ 120」で、カメは 120 度左へ回転し、「正三角形 50」で一辺の長さ 50 の正三角形をかく。

さらに、f・8 を押し、カメを三角形の内部に移動し、色をぬる。「いろは 3」でカメの色を紫に変え、「ぬれ」でその三角形の内部を紫に塗る。私の自作のテキストを準備し、必要なコマンドを記述したので、三角形の外部、すなわち背景の色を塗った学生がいた。

最後に、正六角形、円のプログラミングを考えさせた。正六角形はほとんどの学生ができたが、円は半分ぐらいの学生ができたにすぎなかった。

<正六角形>

くりかえせ 6 [まえへ 20 みぎへ 60]

<円>

くりかえせ 360 [まえへ 2 みぎへ 1]

そして、年賀状の作成を課題とした。学生は、テキストを参照してプログラミングをしていた。自作のテキストには必要最小限の内容しか記述していないので、それ以上はマニュアルや市販の解説書を参照するように指示したが、そこまで深入りした学生は皆無であった。LOGO の特色であるリスト処理と再帰的処理には触れなかった。それは、本特講が LOGO の学習よりも、LOGO を用いてプログラミングを実習することを目標としたからである。

学生は、パソコンに慣れ親しみたいと思い、授業では実習や課題に取り組むが、そこを通過するとそれ以上に意欲的には取り組まない傾向がみられた。パソコンの扱い方がわかれば、自分ですすんでパソコンを活用するようにするにはどうすればよいか、これからの課題である。

#### Ⅳ 情報特講Ⅰの受講学生の実態——学生のレポートから

本特講は、情報処理課程の授業科目であるが、情報処理の経験のない初心者でもよいとしているので、受講動機は次のようであった。

- |                      |     |
|----------------------|-----|
| ① コンピュータに関心あり、触ってみたい | 29% |
| ② 教職についたとき、必要である     | 29% |
| ③ 本学の情報処理課程を終了したい    | 24% |
| ④ 就職のために役立つ          | 18% |

この動機をみると、コンピュータに関心があるというよりも、教職や企業への就職に役立つという時流にのろうとしている。これは、情報処理の大衆化への現象であろう。Ⅰで述べたように、第2世代の始まりともいえよう。

受講学生には、Lotus 1-2-3の実習の仕上げとして、実在のデータを収集し、統計処理し、考察せよという課題を与えた。

学生の提出したレポートをデータの入手先別に分けてみた。

##### ① 市販書からさがしたデータ (15人)

- 日本国勢図会
  - ・ 県別宅地平均価格
  - ・ 県別産業別人口
  - ・ 県別畜産物生産高
  - ・ 年度別食用農産物自給率 (2人)
- 理科年表
  - ・ 北海道の都市別月平均気温
  - ・ 都市別月平均気温・降水量
  - ・ 世界の山の海拔高度
- その他
  - ・ 年度別人口
  - ・ 国別小麦、砂糖、原油、GNP
  - ・ 分類別児童書
  - ・ 学習参考書の出版点数
  - ・ 県別公立図書館経費
  - ・ 食用製品別栄養素
  - ・ 中・高男女別負傷別発生件数
  - ・ 男女別青少年の持ち物件数

##### ② 自分でさがしたデータ (17人)

- 本学図書館
  - ・ 月別学科別入館者数 (2人)
  - ・ 月別学年別帯出者数 (2人)
  - ・ 月別学年別帯出冊数
- 出身小中高等
  - ・ 高3中間考査(国, 数, 英)
  - ・ 小6テスト(国, 算, 理, 社)
  - ・ 中3女子体力測定(身長, 体重, 胸囲, 50m走, 持久力)

- 高1男子握力      • 中3男子身体測定（身長，体重，胸囲，握力）
- 小6女子体力測定（50m走，走幅跳び，ソフトボール投げ，斜め懸垂，ジグザグドリブル，連続さか上がり）
- 中学校3年間の垂直跳び追跡
- 中3体力測定（身長，体重，垂直跳び，ボール投げ，50m走）
- その他
  - 家具店の月別商品売上高（父より）
  - 関西学生ソフトボールリーグの参加大学別学年別人数
  - 書店の月別売上高と予算（アルバイトより）
  - 本学3年次生の身長，体重（聞き取りによる）

事前にデータ例として，授業で扱った学業成績以外に，体力測定，国勢図会にある各種統計を示し，さらには，アルバイト先にもデータがあるかもしれないと示唆した。学生のレポートをみると，いろいろな分野のデータがよせられた。しかし，データの処理は合計，平均，度数分布，相関分析，回帰分析など授業で扱ったように扱い，そのデータのそれらの処理についての適否を考えていないレポートも多くみられた。この課題をとおして，Lotus 1-2-3の操作法はマスターしたものの，統計処理の意味を理解するには至っていない。これは，本特講が，Lotus の操作技術の修得か，統計の学習かのいずれにあるのかの性格がはっきりしていないところに起因するものと思われる。

本特講は，当初61人の履修登録があったが，授業開始時には51人になり，定期試験を受け，単位を修得した者は36人であった。卒業論文・研究と重なった4年次生に脱落がめだった。また，レポート提出者が32人であったが，課外にレポート作成のためにパソコンを操作する時間がとれないという実態もみられた。学生のレポート作成の状況は以下の感想に伺える。

- データは，1989年度の親和女子大学図書館における月別利用状況から帯出者数について解析しました。図書館で資料を頂いたのはよかったのですが，他に「帯出冊数の内わけ」と題する日本十進分類法の綱目表ごとの月別貸出冊数，「年度別利用状況」という1973年度から1989年度までのものもあり，どれにするべきか迷いました。また，同じ資料を数人で使用しましたので，同じにはできるだけならないように気をつかいました。

しかし、同じ資料故に、数値に間違いはないか、お互いに確認することができ、また、すすみ具合によって教えあったり、競いあうなど、頑張ろうという意欲が湧き、たいへんよかったと思いました。オリジナルということでは、1つのスペース内におさまる程度に表示されている不揃いな数値を揃えたり、88年度の合計について少し表示したり、それからなんでもないことですが、表紙を一太郎で作ったことです。苦労したことは、グラフ上になかなか回帰直線が引けず、どこの値がおかしいのか調べるのに思いのほか時間をとられたことです。結局は、予測のところで合計の入れ方が式にあっていなかったということで、バラバラの線を意味のある1本の直線にできて、ほっとしました。私は今まで、統計学を勉強したことがなかったので、85分という短い講義中に習う階級、度数、分散など言葉のもつ意味が理解できず、高校の時の確率統計の教科書を箱から出して調べるなどたいへんでした。レポート作成なかばには、成績にすればよかったと後悔したこともありましたが、なんとか無事に仕上がり、精一杯したという満足感でいっぱいです。(国文・3年)

- データを書き込み、順位、階級値、階級上限、度数を出し、ヒストグラムをつくるころまでは割合スムーズにできたが、相関図や相関図に回帰直線を書き込む作業が困難だった。実際に作業している時間より、プリントをみくらべ、画面をにらんでいる時間の方が長かった。本当は、資料費と設置自治体人口当りの資料費の相関図だけでなく、資料費と図書費、資料費と町村図書費の相関図、回帰分析なども出したかったが、混乱してばかりでうまくいかず、盛り込めなかった。それから、私自身、司書課程と教職課程との両方を選択していることもあり、1週間、ほぼ毎日、朝1時限目から、4限、5限目まであって、空き時間がほとんどないという状態で、自習室に行く時間がとれなかった。試験期間中に何度か行って、ようやく仕上げられたという具合이었다。今回、満足にデータ解析ができなかったのは、時間がたりなかったということが一番の原因だった。まだ慣れていないというせいもあり、30分くらいの短時間で手ぎわよく処理することもできないまま、今に成ってしまった。以後、私のような過密スケジュールになる学生がいなくても限らない。自習室の開室時間をもう少しのばしていただけたらと、切実に願う次第である。私は都道府県を対象にしたデータを扱ったわけだが、少し数が多すぎたようだ。そのせいで「E」というような数字でない数値もでてくるし、途中何のデータを出したいのかわからなくなったり、予想に大幅に反する結果が出てきたりして、大わらわであった。解析する前は、おもしろそうなデータだと思っていたのだが、しかし、数が多すぎたから混乱したという辺り、まだまだコンピュータをよく理解していないことがよくわかる。いくら数が多くてもきちんと処理できる利点があるからコンピュータを使うのに、もっと何度も実習して慣れていけばそのうち処理も手ばやくできるだろうと思う。せっかく統計処理の一端に触れ、手探りながらでもとりあえず扱えるようになったのだから、もっと慣れていきたい。来年は履修科目も少なくなるだろうから、頻繁に自習室へ行こうと思う。(英文・3年)

- 授業が進めば進むほど、わけがわからなくなってしまった講義でした。データをまず何にしようかと、いろいろと考えましたが、自分に関係のあるものの方がいいだろうと思い、アルバイトをしている本屋の売上のデータにしました。その結果いろいろな数値が出たのですが、ああ、こういうふうになるんだとけっこう楽しんで分析することができたと思います。困った点は、回帰分析をした結果XとYの数値をちがっていて、まちがっている所をさがすのに、まる1日かかったことです。コンピュータはうまく使えばすばらしく良いものですが、下手をすると、これだけやっかいなものがあるんだろうかと思うものになるので不思議です。その人のうでしだいで便利なものにも不便なものにもなるのではないのでしょうか。数をどんどん打っていくわけですが、数式に自分のデータをあわせて作っていくのが、私にはけっこうたいへんでした。やはり数字に弱くてはだめだと思いました。(児教・3年)

学生は、講義中のパソコン実習だけでなく、レポートを作成することによって、パソコンを操作する自信がついてきたことが伺える。この自信をいかに持続していくかがこれからの課題である。コンピュータが好きで個人のパソコンをもっているという第1世代の学生でないだけに、大学の情報処理教室の利用に期待されるところが大きい。

情報処理教室には、40台のパソコン(NEC PC-9801 RX51)が設置されているが、2人に1台のパソコンで実習させた。10数台の未使用のパソコンが残ることになり、学生に不満を与えることとなった。

- 2人に1台だと同じ作業を2度行うことになり、1回だとわかりにくかった箇所ももう1度勉強できる点ではよいと思った。しかし、その分作業を行うのに2倍の時間がかかり、時間内に予定されていたところまでいかないことがあった。また、よくしゃべってしまい先生の話を受けないこともあった。自分1人ではわからなかったことをいっしょに考えて解決できたのは長所だと思う。(国文・3年)
- パソコンがあれだけ教室の後部に残っていたにもかかわらず、2人に1台しか使えなかったのは不満である。大きい教室に生徒が広がっていたら、先生の指導がゆき届かないという気持ちも分からないでもありませんが、これだと他のコンピュータの学校で習っているのと同じです。学校だからこそ、1人に1台なければ話は別ですが、最終的には十分余っていたのだから、1台ずつにさせていただきかったです。2人に1台だと、交替でコンピュータに触れることができるにしろ、そのつど全部を自分1人でやってみたいし、その方が理解しやすいようにも思います。片方の人がある程度理解できていて、も

う一方の人が全くという場合、できる人も、できない人も不満がでると思います。

(英文・3年)

- 2人に1台つかうことで自分のやっていない時は、相手のしているのを見てやり方を覚えたり、相手といっしょにどうすればいいかを考えられる。そして、その考えたことを実際に使うときにやってみたり、相手がこうして失敗していたから違う方法でやってみようとか、すぐにやるよりもやりやすい。しかし、習ったことをすぐにできないので忘れてしまうことも多い。いちいちマニュアルを見ながら操作すると何をやっているのかわからなくなる。相手がやっているときも、こうした方がいいのにとおもっていても、相手の人がやっているのによけいな口をはさまない方がいいかもしれないと思ってちょっとじれったい感じがする。(児教・3年)

当初は、受講学生が61人だから、情報処理教室のパソコン40台では、2人に1台が妥当と考えた。学校でも、4人に1台とか、3人に1台が多いから、共同作業の問題点が体験できるということも考えにいった。しかし、結果としては10数台のパソコンが未使用となり、学生には不満が残った。私たちは大人だから失敗しても自分できりぬける力がある。パソコンの操作修得をめざしているのだから1人に1台が望ましい。パソコンに慣れるまでは、2人で相談するのがよいが、その後は1人にしたほうがよい。などの意見も聞かれた。

## V おわりに——今後の課題

教育工学、教育情報科学、教育情報工学などは、情報科学と教育学・心理学を学際的に研究する分野である。教授方法や学習理解を情報科学の視点で論じようとしている。しかし、本論文でのべた『教育と情報』の教育は、コンピュータをいかに活用するかを現在の教育の中で論じようとしている。さらに、コンピュータの活用が現在の教育をどう変えるかも論じようとしている。そのなかで、子ども、教師、教材はいかに関わることが問われることになる。

これからの教師は、アプリケーション・ソフトを用いて成績処理や教材のデータベースづくりをする。さらには、プログラミング技法を修得して教材開発などに取り組む。そこで、本特講では、Lotus 1-2-3による成績処理とロゴラ

イターによるプログラミングを扱った。学生には難しい点もあったが、自信がもてる程度にはなった。これからは使用するソフトに依存せず、目的とする処理はどうすればよいか課題である。

私の授業から、情報処理教育の大衆化に入った第2世代の学生には、次のような実態が伺える。

- ① コンピュータに慣れ親しみたいという潜在的な関心はあるものの、教職や企業への就職の際に知っていることがなにかと有利という意識の方が強い。
- ② 一通り学ぶと、マニアになるまで深く突っ込まない。
- ③ 自ら問題をみつけて、それを解決するという態度がみられない。
- ④ すこし難しくなると脱落しやすくなる。とくに、実習を欠席するとついていけなくなる。

これから、『教育と情報』の教育をすすめるにあたって、上述の学生の実態から次のことを今後の課題としたい。

- (1) 情報処理の技術にとどまらず、その本質を理解するようにする。
- (2) コンピュータの活用の問題意識を持続させる。
- (3) 自信をもって、自分で発展的にパソコンに取り組めるようにする。
- (4) 欠席した場合でも、あとの実習が続けられるようにする。そのためには、パソコンは1人につき1台が望ましい。

#### <参考文献>

- (1) 本間俊宏 本学科における数学教育学(算数科教育)の構築(第2報) 児童教育学研究10 親和女子大学児童教育学会 1991 pp. 1-27
- (2) 宇都宮敏男, 坂元昂監修 講座教育情報科学1 第一法規 1988 pp. 2-7
- (3) 岡本敏雄 教育における情報科学 パーソナルメディア 1990 pp. 3-19
- (4) 広松毅, 田中明彦, 常盤洋一, 木暮陸 ロータス1-2-3による統計入門 朝倉書店 1988 pp. 140-143
- (5) 町田彰一郎 表計算ソフトを利用した文科系の統計教育について 数学教育学会秋季例会発表論文集 1989 pp. 139-142
- (6) S. Papert (奥村貴世子訳) マインドストーム 未来社 1982 p. 244

(7) 横地清編 教師のための授業に生かすパソコン小学校Ⅰ 共立出版 1986 pp. 3-22

(8) 岡森博和編 算数教育とパソコン 第一法規 1987 pp. 58-115

\*MS-DOS は Microsoft 社の登録商標である。

\*Lotus 1-2-3 は Lotus Development 社の登録商標である。

\*ロゴライターはロゴジャパン株式会社の商標である。