

## 公開講演会要旨

# パソコンによる統計教育

統計数理研究所 千野貞子

(昭和63年11月4日, 統計数理研究所 講堂)

### 1. はじめに

ここ10年来パソコン(パーソナル・コンピュータ)の普及はめざましく、一般人にとって彼岸のものであった複雑な計算によるデータ解析が、適当なソフトの使用と所定の様式によるデータ入力で、ごく簡単に処理できるようになった。この効用は、データ解析諸手法の一般社会への爆発的な普及となった反面、統計理論がブラック・ボックスに押し込められ、データを入力すれば理論を知らずして結果が出力されるという危険が生じてきた。データ解析者にとって最も重要なデータの吟味が疎まれ、結果の出力によって分析が終了したという錯覚を与えている。今日、統計教育の必要が叫ばれる所以がここにある。これに付随して、教育法も、コンピュータを導入した、いわゆるCAI(Computer Assisted Instruction)の視点からの見直しに迫られている。パソコン特有のスクリーン・エディット機能やグラフィック機能を十分に生かせば、今までの教科書中心の静的教育から、よりダイナミックな教育へと移行することが可能となり、統計理論の諸概念や、データ解析の諸手法が、画面を通して具体的、視覚的に把握できるという十分なメリットを期待できる。

ここに紹介するプログラム・パッケージBEST(BASIC program package of elementary statistics)は記述統計学の立場から基礎統計量をパーソナル・コンピュータ(NEC/PC-9801)を用いて、グラフィカルに表現しようというものである。

### 2. BESTの生い立ち

BESTのルーツは、石田正次著 BASIC Programs for Education of Statistics (*Comput. Sci. Monographs*, No. 8; 統計数理研究所刊行(1972))にある。これはYHP(横河ヒューレットパッカード株式会社)のミニコンピュータを使ってデータ解析と統計学の基礎をBASIC言語でプログラミングしたものであるが、アウトプットはプリンターに頼るしかなかった。その後、富士通のパーソナル・コンピュータFM-7/8(Fujitsu Micro 7, または8)が市場に出回り、これを用いた画面編集ターミナル・コントローラTERMSxxが、仁木直人によって開発された(仁木(1985))。FM-7/8のスクリーン・エディット機能を持つTSSターミナルができあがったということである(パーソナル・コンピュータNEC/PC-9801シリーズによるTSSフロントプロセッサTERM98TNは中村 隆によって開発されている(中村(1985)))。

TSSシステムの下、TERMSxxでは、特殊機能としてTektronix 4010シリーズのグラフィック・ディスプレイ用の出力形式を、8色のグラフィック・ペンが使えるように拡張したために、ホスト・コンピュータ(当時は日立製作所HITAC M200)の計算結果をグラフィック機能(XYプロッタ出力)を用いて、パソコン画面にカラフルに描写することが可能になっ

た。

千野貞子著 *Fortran Programmes in the Education of Statistics (Comput. Sci. Monographs, No. 21; 統計数理研究所刊行 (1985))* は、石田のベーシック・プログラムに数量化法及びカテゴリカル・データの回帰分析などを加え、TSS システムの下で大型計算機と直接対話しながら、TERMSxx により FM-7/8 の CRT スクリーン上に結果をグラフィカルに出力させるための描画プログラムに主力を注いだものである。man to machine 対話の持ち味が生かせるよう項目選択をメニュー方式にし、データ文の修正をデータ・ファイルの使用に置き換えるなど、汎用化の方向に努力した。しかし、考えてみれば、パソコンで十分計算のできるものを、なぜこのような大がかりなことをしたのか、今思うと汗顔の思いでもある。

そうこうするうちに巷間にはワード・プロセッシング機能や作表機能などを備えた諸機種が氾濫、加えて日電のパーソナル・コンピュータ NEC/PC-9801 シリーズが爆発的人気を呼び、統計教育用にも NEC/PC-9801 を使うことがごく自然な展開として受けとめられるようになった。以上の変遷を経て、ここに NEC/PC-9801 シリーズ用ベーシック・プログラム BEST が誕生したのである。

### 3. BEST の内容と二、三の紹介

BEST は、現在のところ表 1 の様な内容から成り立っており、パソコンを用いて統計教育を

表 1. BEST の構成

SECTION 1.	モーメント
1.1	平均
1.2	最小二乗法より見た平均の意味
1.3	四次までのモーメント
1.4	ヒストグラムの形状よりモーメントを推測する
1.5	ヒストグラムを作るための良いクラス分け
SECTION 2.	分布
2.1	サンプル平均の分布
2.2	二項分布
2.3	カイスクエア分布
2.4	$t$ 分布
2.5	$F$ 分布
SECTION 3.	直線回帰など
3.1	相関係数
3.2	パラメータ投入による相関図の変化
3.3	多項式近似
3.4	重相関係数
SECTION 4.	サンプリング
4.1	サンプル・デザイン
4.2	回帰推定
SECTION 5.	数量化
5.1	数量化 I 類
5.2	数量化 II 類 (特別な例)
5.3	数量化 II 類 (二群判別)
5.4	数量化 II 類 (三群判別)

デモンストレーションするという意味で、BEST-DEMO（千野（1988））と命名されたプログラム・パッケージに収納されている。又、特に、データのまとめ方と基本的な統計量の取り扱い方を解説したサブ・プログラムも別途に作成した。このプログラムは、図1のようなメイン・メニューからユーザが必要とする項目をカーソルとリターン・キーの操作によって選択する方式となっている。以下、この中の代表的なもの（BEST-HIST, BEST-COR1, BEST-COR2, BEST-ETA, BEST-QUNT II）を紹介してみよう。ここに HIST はヒストグラム、COR は相関係数、ETA は相関比、QUNT II は数量化 II 類のサブ・プログラムを意味している。

【メイン・メニュー】	
プログラムの説明	
第1節	グラフ化と縮約表現
第2節	ヒストグラムとモーメント
第3節	相関図と相関係数
第4節	相関図のシミュレーション
第5節	相関比と判別の中率
第6節	数量化II類への適用
	エディタ起動
	終了

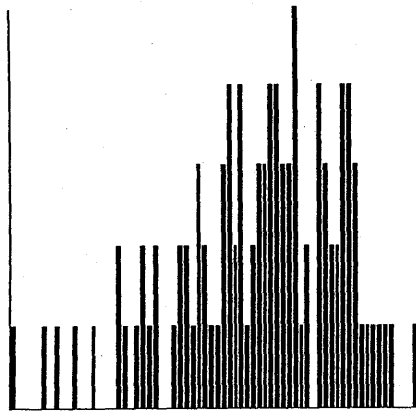
図1. パソコン画面上のメイン・メニュー

### 3.1 グラフ化と縮約表現（BEST-HIST）

所与の一変量、数値データ（表2に100人の生徒について書き取りテストを行った結果を例示したが、任意のデータの作成が可能である）に対し境界値及び級区間の数をユーザが恣意的に入力することにより、ヒストグラムを描かせるプログラムである。同一のデータでも分類の仕方によってヒストグラムの形状が変わって見える（図2-1～2-3）ことを体得し、その中からどのようなクラス分けがよいかを弁別する。データに即したクラス分けを得るために、常識的な知見を生かし手探りに分類を行うことがデータ解析の第一歩であることを習得してもらうためのプログラムである。

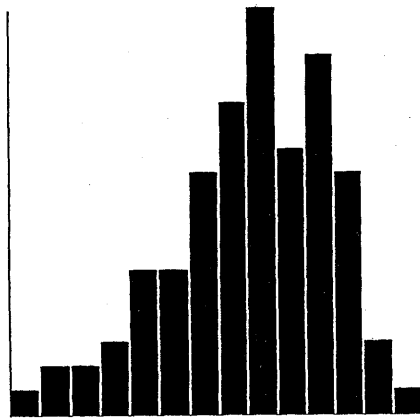
表2. 書き取りテスト

[データ]									
39	71	57	94	69	86	80	47	69	55
78	70	72	69	84	80	89	76	62	84
80	90	92	77	68	68	90	65	73	44
82	89	86	69	85	65	75	87	77	95
96	74	88	63	64	34	57	71	52	81
89	79	85	90	84	61	84	54	78	71
80	51	78	77	60	64	88	75	76	51
85	68	100	91	56	70	76	79	75	89
88	67	87	74	88	79	73	61	80	93
76	77	41	55	74	66	62	82	71	64



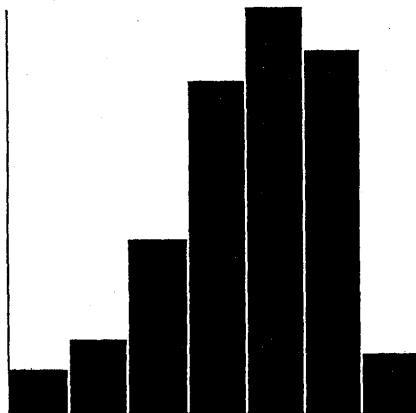
データ数 : 100  
 平均 : 73.9000  
 平均(クラス分け): 73.9000  
 分散 : 182.5890  
 標準偏差 : 13.5126  
 歪度 : 400.4230E-03  
 尖度 : 309.9330E-02  
 レンジ : 66.0000  
 区間開始値: 34  
 クラス区間: 1  
 クラス数 : 67

図2-1. BEST-HISTによる画面出力の例(1): 書き取りテストのヒストグラム



データ数 : 100  
 平均 : 73.9000  
 平均(クラス分け): 74.2000  
 分散 : 182.5890  
 標準偏差 : 13.5126  
 歪度 : 400.4230E-03  
 尖度 : 309.9330E-02  
 レンジ : 66.0000  
 区間開始値: 34  
 クラス区間: 5  
 クラス数 : 14

図2-2. BEST-HISTによる画面出力の例(2): 書き取りテストのヒストグラム



データ数 : 100  
 平均 : 73.9000  
 平均(クラス分け): 74.4000  
 分散 : 182.5890  
 標準偏差 : 13.5126  
 歪度 : 400.4230E-03  
 尖度 : 309.9330E-02  
 レンジ : 66.0000  
 区間開始値: 34  
 クラス区間: 10  
 クラス数 : 7

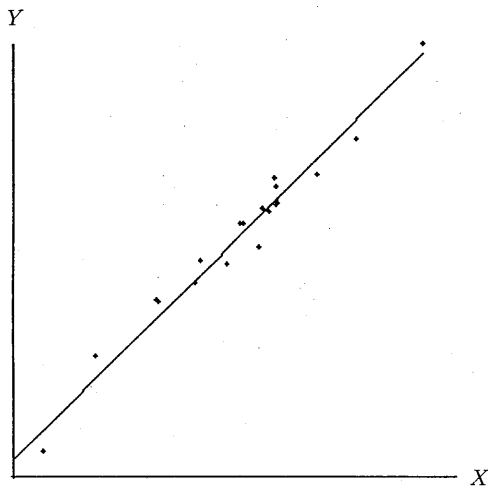
図2-3. BEST-HISTによる画面出力の例(3): 書き取りテストのヒストグラム



更に重要なことは、 $x$  から  $y$  を推定したときの誤差分散は、回帰直線 ( $ax+b$ ) のまわりの  $y$  の分散であって回帰直線に沿った散らばりは無視されてしまうことである。従って、相関係数の値は同一でも、データの散布状況は異なっている (回帰直線に沿って均等なバラツキも偏ったバラツキもある) 場合がある。特に、異質なデータ群が混在して不均等なバラツキを見せることがあり、異常値の検出とともに見過ごせない事項である。このようなことから相関図などで分布の形状を掴むことが、是非必要となるのである。なお、与えられた相関係数が一つのサンプル値であるという認識を与えることも統計教育上の要点であろう。

メイン・メニュー「相関図のシミュレーション」(BEST-COR2)は以上のことを踏まえて設計された。今、二変量  $x, y$  の関係が

$$(3.1) \quad y = Ax + B + S \cdot P$$



第1回目

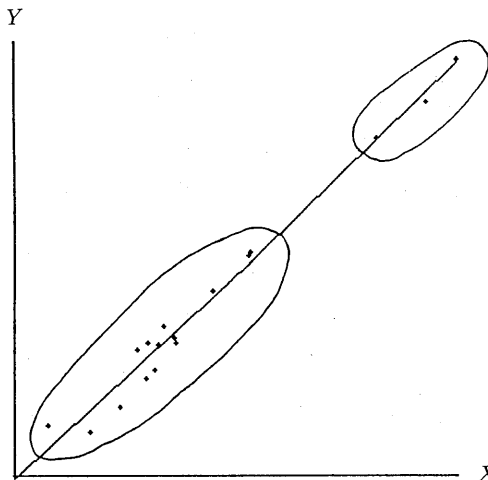
回帰直線 :  $Y = A \cdot X + B$

サンプル数 : 20

	指定値	実験値
A	1.0000	1.0145
B	0.0000	0.0359
相関係数	0.9800	0.9871

	X	Y
平均	-0.0608	-0.0258
分散	0.8320	0.8788

図4-1. BEST-COR2による画面出力の例(1): 相関図のシミュレーション



第2回目

回帰直線 :  $Y = A \cdot X + B$

サンプル数 : 20

	指定値	実験値
A	1.0000	0.9565
B	0.0000	0.0065
相関係数	0.9800	0.9912

	X	Y
平均	0.0469	0.0514
分散	1.2079	1.1247

図4-2. BEST-COR2による画面出力の例(2): 相関図のシミュレーション

(ただし、 $A, B$  は定数、 $P$  は平均値 0、分散 1 である正規分布に従う、 $S=(A/r)\sqrt{1-r^2}$ 、 $r$  は相関係数)で表されると仮定する。任意の定数  $A, B$ 、相関係数  $r$ 、サンプル数  $n$  をユーザがパソコンに入力すると (3.1) 式によるシミュレーションが行われ(平均 0、分散 1 の正規分布からサイズ  $n$  のサンプルが取り出されるという発想に基づいている)、 $x, y$  の相関図、入力パラメータ値とそれに対応する実験値等がパソコン画面上に出力される。このシミュレーションを繰り返すことによってパラメータ値を再現し、それらの値と  $x, y$  の相関図との関係を視覚的に掴み易くした。これにより、相関係数が同じでも散布状況は非常に違う場合があること、特に、サンプル数  $n$  が小さいときは、それが顕著であることなどを実験的に示そうとした(図 4-1、4-2)。

### 3.3 相関比と判別的中率 (BEST-ETA)

表 2 の書き取りテストの結果を男女別に見たところ、男子の人数  $n_1$  は 151 人で平均点  $x_1$  : 69、分散  $V_1$  : 191.02、女子の人数  $n_2$  は 249 人で平均点  $x_2$  : 79、分散  $V_2$  : 122.51 という結果を得た。これらの情報から、男女間の成績差を評価するのに、我々はしばしば

$$\eta^2 = V_B / V_T$$

(ただし、 $0 \leq \eta^2 \leq 1$ 、 $V_B$  : 男女別得点の級間分散、 $V_T$  : 全分散)、を用い、 $\eta$  を相関比とよんでいる。書き取りテストの場合の相関比は 0.371 となった。しかし、一般には相関比が 0.371 であるといっても、それと成績差との対応は直観的につき難い。むしろ、100 点満点で男女間の平均得点差は 10 点であるといった方がなじみ深い。そこで、以下のような簡単なモデルを設定し、相関比を  $(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) / R$  で表現してみよう。ただし、 $R$  は得点のレンジである。

この例での男女別得点のヒストグラムは図 5 のようになった。ここで男女の人数及び分散はほぼ同じであり、ヒストグラムが単峰分布を示していることから、仮に男子の得点分布は面積 1、底辺  $R$  (得点のレンジ、最大得点から最小得点を引いたもの)の二等辺三角形を成すと仮定し、男子の得点に  $d$  点 (平均値の差、あるいはモードの差) を加えたものが、女子の得点分布

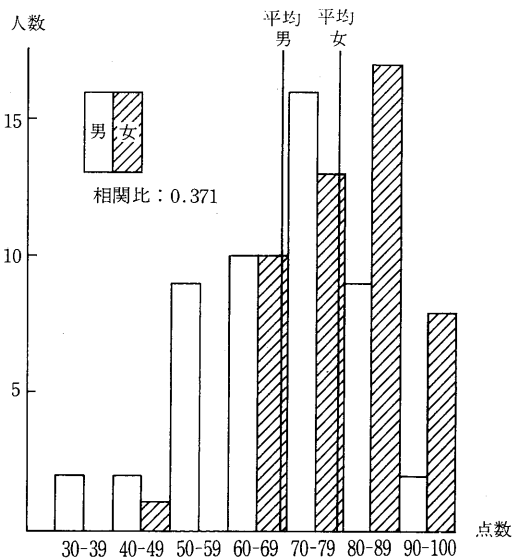


図 5. 男女別得点のヒストグラム

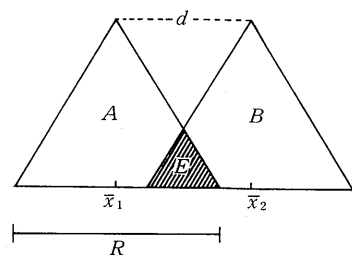
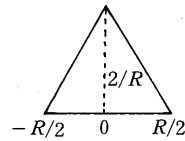


図 6.

を与えると仮定してみよう。男子の得点分布を  $A$ ，女子の得点分布を  $B$  とする(図6)。このときの三角形分布  $A$  (あるいは  $B$ ) の分散  $V$  は、

$$V = 2 \int_0^{R/2} x^2 \frac{2}{R} \left(1 - \frac{2}{R}x\right) dx = 2 \left(\frac{R}{2}\right)^2 \left(\frac{1}{3} - \frac{1}{4}\right) = \frac{R^2}{24}$$



であるから級内分散も

$$V_w = \frac{1}{2} \left(\frac{R^2}{24} + \frac{R^2}{24}\right) = \frac{R^2}{24}$$

となる。  $A, B$  の平均差が  $d$  点であるから、級間分散は

$$V_B = \frac{1}{2} \left\{ \left(\frac{d}{2}\right)^2 + \left(\frac{d}{2}\right)^2 \right\} = \frac{d^2}{4}$$

となる。よって、

$$(3.2) \quad \eta^2 = V_B / (V_w + V_B) = \frac{d^2}{4} / \left(\frac{R^2}{24} + \frac{d^2}{4}\right) = 6 \left(\frac{d}{R}\right)^2 / \left\{1 + 6 \left(\frac{d}{R}\right)^2\right\},$$

(ただし、  $d = |\bar{x}_1 - \bar{x}_2|$  であり、かつ  $0 \leq d \leq R$  とする)。相関比は

$$\eta = \sqrt{6 \{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)/R\}^2 / [1 + 6 \{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)/R\}^2]}$$

で与えられる。この場合の平均値の差と相関比との関係を図7に示した。ただし、レンジ  $R = 56$  とした。男女の得点分布を単純なモデルに置き換えたものであるが、平均差10で相関比0.40と読み取れる。ヒストグラムの形状からモードとレンジは簡単に分かるので、分布が単峰でほぼ対称性を満たしていれば、相関比のおよその評価にこのようなグラフを使ってみるのも一つの方法であろう。次に、図6における三角形分布  $A, B$  の重なり面積  $E$  (図6の斜線の部分) は

$$(3.3) \quad E = \frac{(R-d)}{2} \cdot \frac{2}{R} \frac{(R-d)}{R} = \left(\frac{R-d}{R}\right)^2 = \left(1 - \frac{d}{R}\right)^2$$

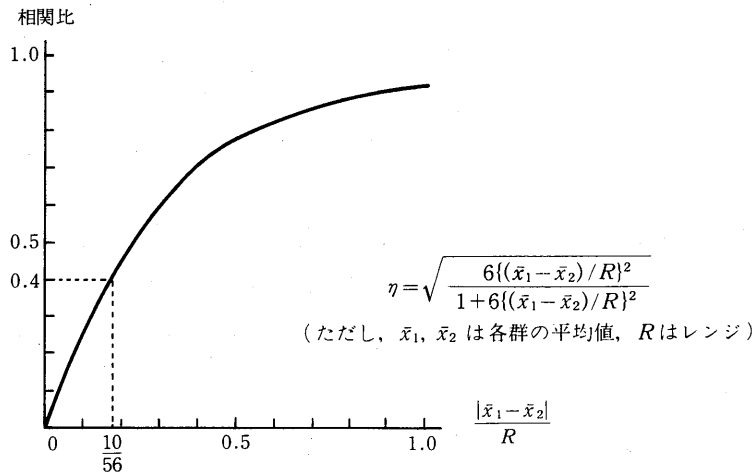


図7. 平均値の差と相関比との関係



(ただし,  $0 \leq d \leq R$ )で表される. これは三角形分布  $A, B$  の面積をそれぞれ1として計算したものであるが, これをそれぞれ1/2とすると, 二つの三角形の全面積が1となり, 重なり部分の面積は  $E/2$  となる. このとき重ならない部分  $G$  の面積は,  $(1-E/2)$  であるから

$$(3.4) \quad E=2(1-G), \quad \frac{1}{2} \leq G \leq 1$$

となる (面積  $G$  は, 二つの分布の分離の程度を表している). 一方, (3.2), (3.3) 式より

$$\eta^2 = \frac{6(1-\sqrt{E})^2}{1+6(1-\sqrt{E})^2}$$

であるから, これに (3.4) 式の  $E$  を代入すると, 面積  $G$  と  $\eta$  との関係は

$$(3.5) \quad \eta = \sqrt{\frac{6\{1-\sqrt{2(1-G)}\}^2}{1+6\{1-\sqrt{2(1-G)}\}^2}}$$

で与えられる (図 8).

さて, A群に属する個体とB群に属する個体が混在しているデータ集団  $C$  を想定しよう.  $C$  から抜き出した所属不明のサンプルがA群に属するか, B群に属するかを, サンプルの持つ特性量  $x$  から判断する問題を考えてみる. この特性量  $x$  はA群, B群でそれぞれ  $f_1(x), f_2(x)$  で示される確率密度に従って分布しているものとする.

今, 特性量  $x$  により得られる分布の全領域をグループA, Bに弁別する分割点  $x_0$  で, 区域  $D_A (x \leq x_0), D_B (x > x_0)$ , に分け,  $i$  番目のサンプルの特性量  $x_i$  の値が  $D_A$  内に入れば,  $i$  サンプルはAグループに属すると判断することにする. この判断が当たる確率は,

$$P = p_A \int_{-\infty}^{x_0} f_1(x) dx + (1-p_A) \int_{x_0}^{\infty} f_2(x) dx$$

(ただし,  $p_A$  はA群に属する個体の比率)で表され, この  $P$  を的中率と呼ぶ.  $p_A$  が既知であれば,  $P$  が最大になるように  $x_0$  を決めた場合の的中率が, 二つのグループの分離の目安を与える.

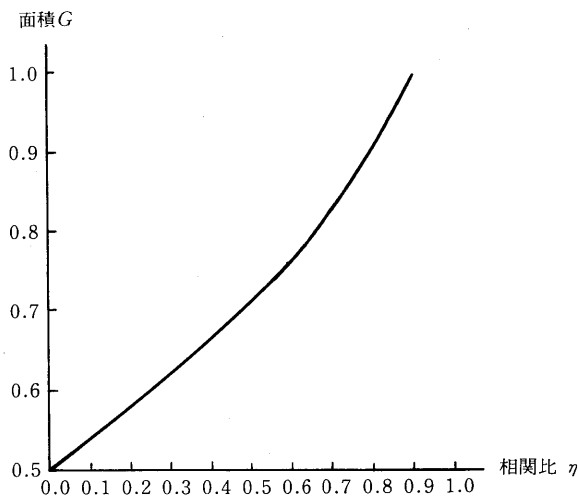


図 8. 相関比  $\eta$  と面積  $G$  との関係

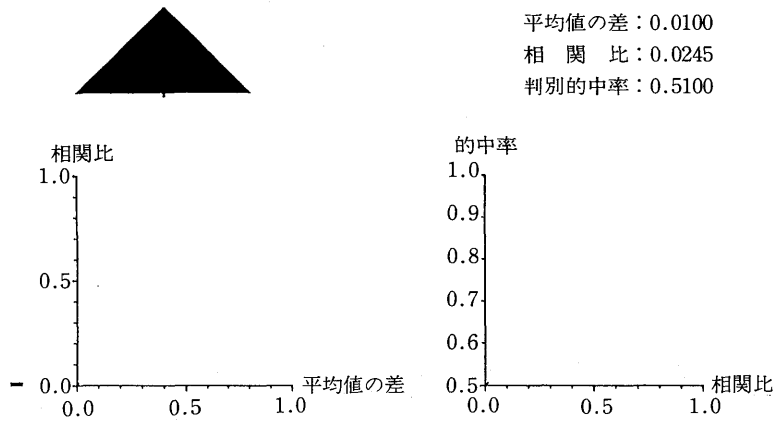


図 9-1. BEST-ETA による画面出力の例(1)：相関比と判別の中率

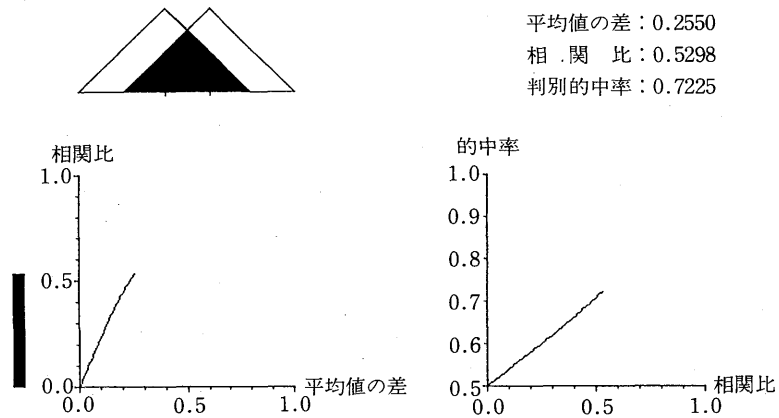


図 9-2. BEST-ETA による画面出力の例(2)：相関比と判別の中率

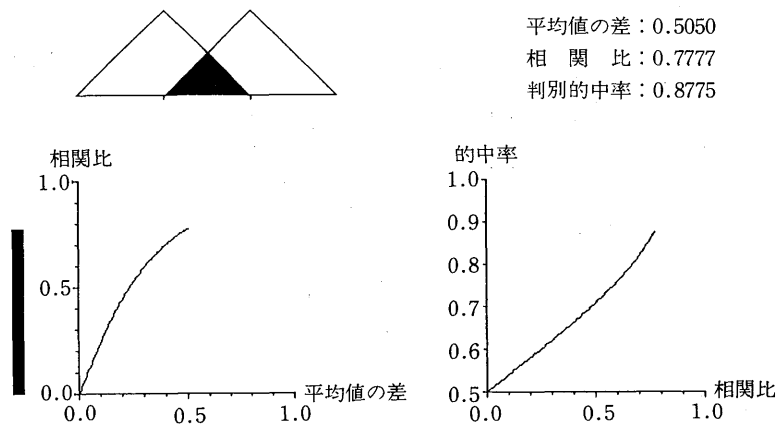


図 9-3. BEST-ETA による画面出力の例(3)：相関比と判別の中率

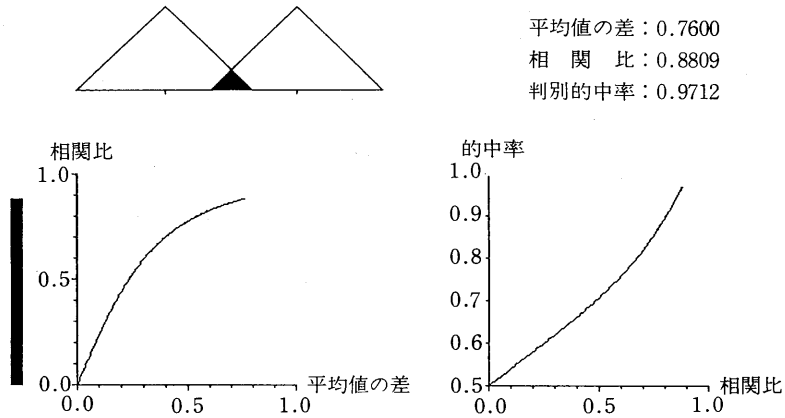


図 9-4. BEST-ETA による画面出力の例(4): 相 関 比 と 判 別 的 中 率

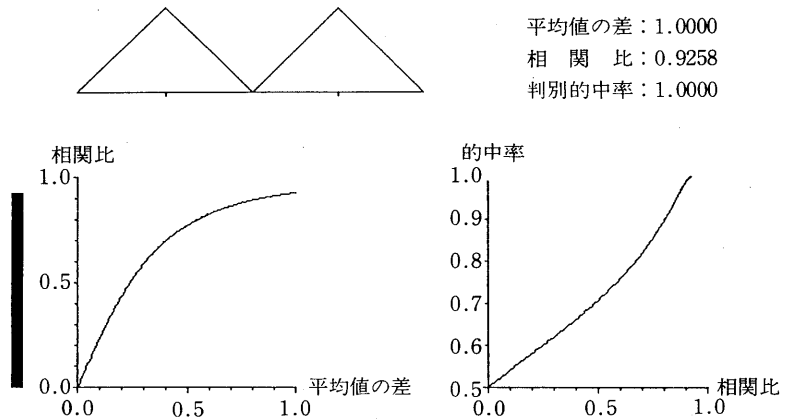


図 9-5. BEST-ETA による画面出力の例(5): 相 関 比 と 判 別 的 中 率

先に、我々は両分布が合同な三角形分布であることを想定し、その場合の相 関 比  $\eta$  と面積  $G$  との関係を (3.5) 式と図 8 に示した。このときの面積  $G$  は、実は  $p_A=0.5$  としたときの最大の中率に相当するものである。これを与える分割点  $x_0$  は、対称性から容易に求まる。これはごく簡単なモデルで  $P, \eta$  の関係をみた例である。

メイン・メニュー「相 関 比 と 判 別 的 中 率」(BEST-ETA)では二つの三角形分布の重なり模様が、画面上で自動的に変化する仕組みになっており、ユーザは任意にこの動きを止めて、平均値の差、相 関 比、判別的中率の各値を知ることができる。同時に平均値の差と相 関 比、相 関 比と判別の中率との関係がグラフ化され、これらの関係が具体的、視覚的に理解できるようになっている (図 9-1~9-5)。

### 3.4 数量化 II 類への適用 (BEST-QUNT II)

図 8 で示されるように判別の中率が相 関 比 の単調増加関数であることを利用して判別の中率をあげる代わりに、相 関 比 を最大にすることを考えて実現されたデータ解析の手法に判別分析や数量化 II 類などがある。このような手法の適用に際しては、根底となる判別の中率と相 関 比 との関係を与えられたデータに即して擱んでおく必要がある。又、当然、グループ・サイズの比やデータの

バラツキの比も考慮すべきである。一つの例として、図10は二つの得点分布が、正規分布に従うと仮定し、両群のサイズ比  $C$  を変えた場合の相関比と的中率との関係を示したものである(千野(1963))。両群のサイズ比が大きくなるほど、相関比の的中率に対する影響が失われてくることに注意して欲しい。実際、グループ・サイズの比が大きければ、データ全部を大きい方のサイズのグループであると判断しても大過ないということになり、相関比がよほど高くないかぎり判別の意味がなくなってくることに注意すべきである。この間の事情は相関係数を利用する推定の場合と類似で、相関係数、相関比等の統計量の値はこのような具体的応用との関連で評価されるべきであることを示している。

メイン・メニュー「数量化II類への適用」(BEST-QUNT II)では、所与のデータに数量化II類を適用して二群判別を行った(表3及び図11-1)上で、グループ・サイズの比、標準偏差の比を考慮した場合の相関比と的中率との関係をパソコン画面上に描画(図11-2)している。相関比の値を一つのサンプルとして捉え、相関比の変動と、それに従って的中率がどう変わっていくかを視覚的に捉え易くしたものである。ここでは二群間の判別を取り上げたが、BESTでは三群間の場合も用意した。多群間判別の場合には級間分散も一種の平均であることから、一群だけ飛び離れて他の群は重なっている場合でも相関比は高くなり得る。相関比の値が同じでも各群の分かれ方は千差万別であるから、グラフ化して分かれ方の様相を掴むことが肝要である(図11-3)。

#### 4. おわりに

最近のハードウェアの高性能化に伴い、パーソナル・コンピュータのグラフィック機能が図形やグラフ作りに、より効果的になったことは明白である。しかし、どんなに美しい図形を描

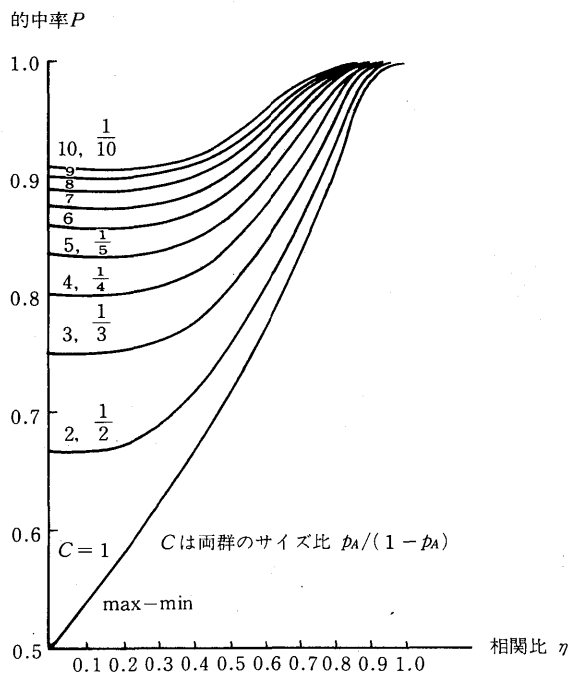


図10. グループ・サイズの比を変えた場合の相関比と的中率との関係

表 3. BEST-QUNT II (G1) による画面出力の例 (1): 数量化II類への適用 (二群判別)

アイテム	カテゴリー	No.	群	得点		
1	2	1.	1	1.73549		
2	3	2.	1	1.73549		
3	3	3.	1	1.73549		
		4.	1	1.73549		
グループ数: 2		5.	1	1.73549		
		6.	1	1.73549		
		7.	1	1.73549		
		8.	1	1.73549		
クロス表		9.	1	0.91979		
21		10.	1	0.89022		
0 24		11.	1	0.89022		
9 9 18		12.	1	0.89022		
6 9 0 15		13.	1	0.07452		
6 6 0 0 12		14.	2	0.07452		
14 5 10 6 3 19		15.	2	0.07452		
6 13 5 6 8 0 19		16.	1	1.04731		
1 6 3 3 1 0 0 7		17.	1	1.04731		
17 3 12 4 4 15 4 1 20		18.	1	1.04731		
4 21 6 11 8 4 15 6 0 25		19.	1	0.20329		
		20.	2	0.23161		
相関比: .64167		21.	2	0.23161		
		22.	2	-1.39826		
アイテム	カテゴリー	得点				
1	1	1.48973	23.	2	-0.55424	
1	2	-0.80000	24.	1	-0.55424	
2	1	0.68818	25.	1	-1.36994	
2	2	-0.15709	26.	2	-1.36994	
2	3	0.00000	27.	2	-1.36994	
3	1	-0.44242	28.	1	-1.36994	
3	2	-1.25811	29.	2	-1.39826	
3	3	-1.28643	30.	2	-1.39826	
			31.	2	-1.39951	
			32.	2	-1.39951	
群	大きさ	平均	分散			
1	20	0.88000	0.96145	33.	2	-1.39951
2	25	-1.47200	0.67949	34.	2	-2.21520
全体	45	-0.42667	2.17071	35.	2	-2.21520
				36.	2	-2.21520
				37.	2	-2.24352
				38.	2	-2.24352
				39.	2	-2.24352
				40.	2	-2.05811
				41.	2	-2.05811
				42.	2	-2.05811
				43.	2	-2.05811
				44.	2	-2.05811
				45.	2	-2.05811

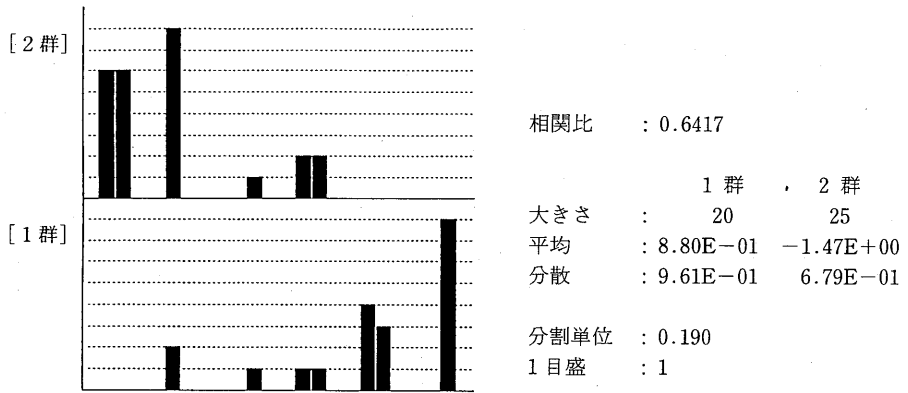


図 11-1. BEST-QUNT II(G2) による画面出力の例(2): 二群判別

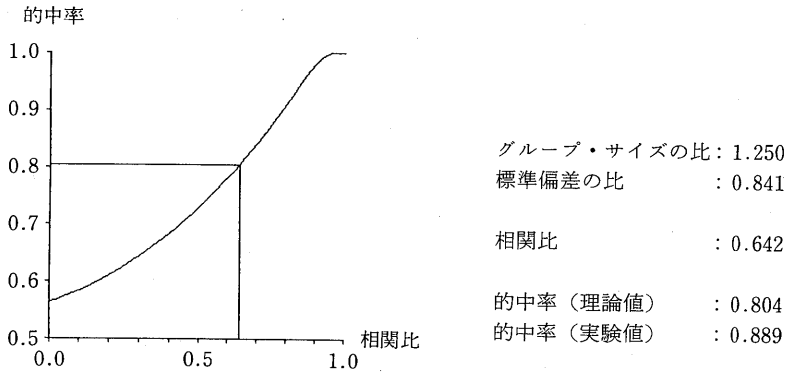


図 11-2. BEST-QUNT II(G2) による画面出力の例(3): 相関比と的中率

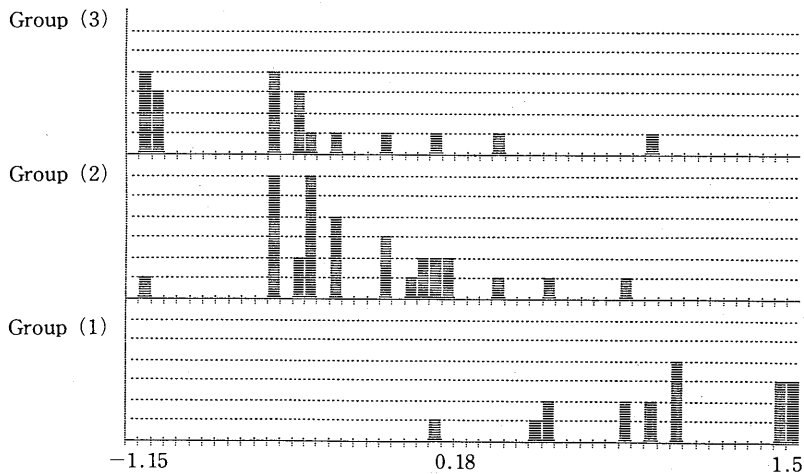


図 11-3. BEST-QUNT II(G3) による画面出力の例(4): 三群判別

いても、実物を触って体得した知見にはかなわないことを思えば、美しい図形のデモンストレーションのみでは教育の意味は有り得ない。従って、教育にコンピュータを使うには、現実では示すことのできない現象をコンピュータ特有の方法で提示する能力を利用すべきである。例えば、サンプル値の変動をみるためにシミュレーションの繰り返しによる描画などは非常に有効な利用法であろうと思われる。

一方、難解な部分はブラック・ボックスに押し込めて、とにもかくにもデータをコンピュータに入力しさえすれば素人にも理解され易い形で、解析結果が描画されるという統計解析用ソフトウェアの出現は、一般社会に統計手法の有効性を認識、伝播させる強力なメリットを産み出した。しかし、式を立てたり、モデルを作ったりする思考の過程を噛み砕いて教えることこそ教育の基本であるという視点からは、ブラック・ボックスをグレイ・ボックスに変えていくことも必要である。そのためには、一般に難解とされている数学的思考表現を理解され易い形に図化する必要がある。例えば、多変量解析に欠かせない線形写像や等角写像の概念をイラスト的に描画することなども一法であろう(木村(1983))。できればファミコン・ゲームの技術の導入も欲しいところである。

さて、BESTはこのような意味に立って、これから統計教育用に成長していきたいと願っている。「パソコンを使っての統計教育とは何か」、この原点に立ち返って、試行錯誤を繰り返しながら育っていくことであろう。

## 参 考 文 献

- 千野貞子(1963). 数量化による予測的中率と相関比との関係について, 統計数理研究所彙報, 第11巻, 第1号.
- 千野貞子(1988). パーソナル・コンピュータ PC-9801 を用いての統計教育デモンストレーション用ベックプログラム, 統計数理研究所 統計計算技術報告, RSC-011.
- 木村良夫(1983). 真紀子と裕介の目で見える線形代数, サイエンティスト社.
- 中村 隆(1985). パーソナル・コンピュータ (NEC/PC9801 シリーズ) による TSS フロントプロセッサ TERMS98TN, 統計数理, 第33巻, 第2号, 統計数理研究所.
- 仁木直人(1985). パーソナル・コンピュータ (FM-7/8) を用いた画面編集ターミナル, 統計数理, 第33巻, 第2号, 統計数理研究所.