

S-P表の拡張に関する考察 (その2)

佐々木 一彦*

Some Consideration on the Enhancement of
Student-Problem Score Table Analysis (Ver.2)

Kazuhiko SASAKI

S-P表 (Student-Problem Score Table) の拡張および「拡張S-P表」上のP曲線から得られる問題の等質性の評価について、先に報告した⁽¹⁾。今回は同様の拡張S-P表から得られる差異係数 D^* の測定と評価について報告する。差異係数 D^* の定義は本稿では佐藤氏の定義⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁷⁾に従がい、これを拡張した。即ち「実際に得られるS-P表のS、P両曲線に囲まれた部分の面積を、完全S-P表と無作為S-P表のそれぞれとS、P両曲線に囲まれた面積で基準化した値」として定義する。この定義を「拡張S-P表」上に拡張して大学の期末テストを評価した結果、一般のS-P表で報告されている値⁽³⁾⁽⁶⁾と同様な値 (0.5以上は要注意) が得られた。差異係数によりテスト結果を評価する目的は、授業内容とテストの等質性を知ることにあるが、この評価方法は「拡張S-P表」上でも有効であることが分かった。

1. はじめに

「拡張S-P表」は、通常行なわれる任意配点の記述式テストに、S-P表分析法を適用することができるかを試みるもので、作成法

については先に報告した⁽¹⁾とおりのものを「拡張S-P表」と呼ぶこととする。S-P表分析の研究は、正答を1誤答を0とした多数の設問形式のテストについて多く報告⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁶⁾⁽⁷⁾されており、差異係数 D の値は $D=0.5$ を境として、 $D<0.5$ のときは D が小さい程テストの等質性が高い。 $D=0.3$ となるとかなり高い。 $D\geq 0.5$ では授業の順序、テストの出題方法に要注意と見られている。またドリル型テストを授業の区切りに行なって、差異係数 D が0.3以下 (および得点が目標に達すれば) となると、その授業を終り次の授業に進むという報告もある。差異係数 D はテストの等質性をマクロに評価する係数であり、個々の問題の等質性、あるいは生徒の等質性は注意係数 CP ⁽¹⁾、および CS により評価することになる。第2章に一般のS-P表で採用される差異係数の定義を述べ、第3章で「拡張S-P表」における差異係数を定義する。第4章は評価結果、第5章に本稿のまとめを行なっている。「拡張S-P表」についても差異係数 D^* によるテストの等質性の評価が有効である。 D^* の値を悪くする要因は、主な原因は当然授業と設問の非等質性にあるが、他にも「試験の時間が足りない」またはカンニング等があるように思える。

* 経営情報学科—コンピュータ・システム

(Department of Business Administration and Information Science—Computer Systems)

2. S-P表における差異係数D

2-1 差異係数Dの定義

一般のS-P表における差異係数Dは、次の式で定義される。

$$D = \frac{S(N, n, P)}{S_R(N, n, P)} \dots\dots\dots (2, 1)$$

但し、

$S(N, n, P)$: 実際に得られるS-P表(生徒数N, 問題数n, 平均正答率P)のS, P両曲線に囲まれた部分の面積

$S_R(N, n, P)$: 無作為S-P表(生徒数N, 問題数n, 平均回答率P)のS, P両曲線に囲まれた部分の面積

このように定義された差異係数Dの値は、実際に得られたS-P表が「完全S-P表」⁽¹⁾に近

づく程0に近づき、無作為S-P表に近づく程1に近づく。Dの取る値は $D \div 1$ から $D \geq 0$ の範囲にある。

実際に得られるS-P表は、「完全S-P表」となることはないし、「無作為S-P表」よりも非等質性であるテストも考へ難いので、 $1 > D > 0$ の範囲の値となる。

2-2 差異係数Dの傾向

いまあるテストを行はったとき、問題の正答率Pの傾向が、図-1のP曲線であるとする。P曲線は全員ができる。または全員ができない問題を含まなければ縦軸を切る曲線となる。次いで生徒の総得点を記入してS曲線が作図される。S曲線を積分すればヒストグラム(累積密度曲線)が得られる。ヒストグラムと差異係数Dとの関係を概念的に示したものが図-1である。

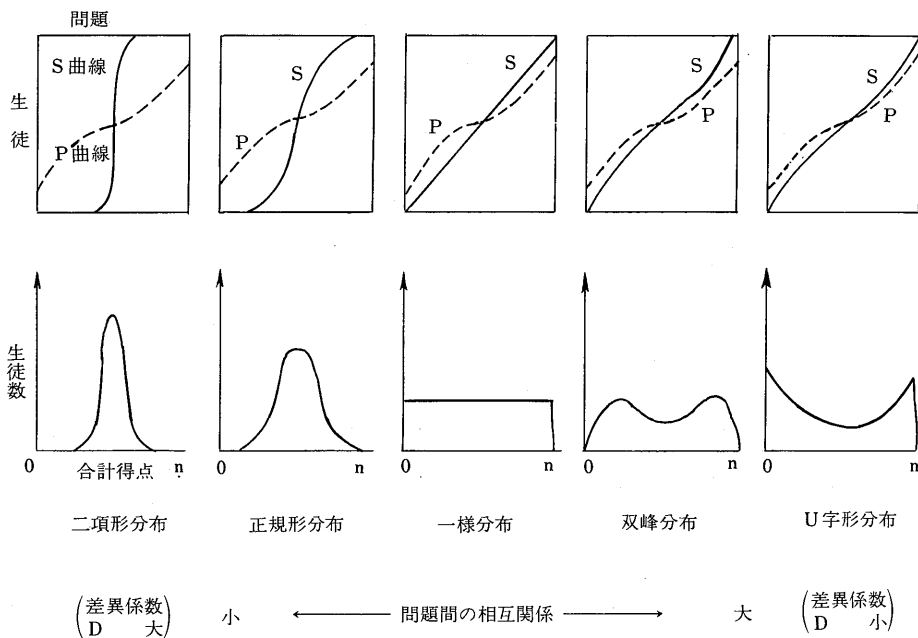


図-1 P曲線固定としたときのS曲線と差異係数D

(参考文献(4)より引用)

図-1に示される形状のP曲線は、難易度の与えかたの代表的な例で、入学試験等ではこのようなP曲線により出題すると、ヒストグラムは正規分布に近くなる⁽⁵⁾。

この場合、問題の相互関係が大きいとき（試験範囲が小さく、授業内容と設問の非等質性が小）は、S曲線がP曲線に近づいて一様分布、双峰分布に近づき差異係数Dの値は小さくなる。逆に入学試験、学年末試験等の場合のように問題の相互関係が小さいときは正規分布に近いヒストグラムとなり差異係数Dの値が大きくなる。

極端な場合、S曲線がP曲線と一致すれば「完全S-P表」となり、ヒストグラムが二項分布になりS曲線が垂直に近づくときは「無作為S-P表」となる。すなわち、入学試験等のような試験範囲の広い試験では、やさしい問題（正答率の高い問題）を、よくできる生徒（総得点の高い生徒）が正答するというルールが必ずしも守られなくなり、問題の注意係数 $CP^{(1)}$ が下がるためS曲線がP曲線から離れて行き、差異係数Dの値が大きくなる。図-1のP曲線にもかかはらずS曲線が垂直に近づき全員が50点近い得点となるときは、現実にはこのようなことは無いが、無作為得点に近いことになる。

S-P表分析は、学校教育の評価が目的であるから、試験範囲も、学期末テスト程度を対象

とするものをテスト型テスト、授業の区切りで行なう小テストをドリル型テストと称しているが、問題の相互関係は当然テスト型テストでは小さく、ドリル型テストでは大となる。従って差異係数Dの値は、テスト型テストの場合は、ドリル型テストよりも大きくなるのが普通である。テスト型テストでは差異係数Dの値は0.5程度が標準であり、0.6以上は要注意、ドリル型テストでは0.4程度が標準であり、0.5以上は要注意という提案もある⁽³⁾。

3. 拡張S-P表における差異係数D*

拡張S-P表は、期末試験等で通常行なはれる任意配点のテストに適用しようとするものであるから、テスト型テストの傾向が一般のS-P表と同じであることを評価することになる。

3-1 拡張S-P表における差異係数D*

拡張S-P表は、先に報告したとおり⁽¹⁾、図-2のように作図する。S曲線は一般のS-P表と同じく、生徒の総得点で作図されるので形状は似ているが、P曲線は問題の配点が任意であり各問の正答率 P_i で作図するので、一般のS-P表に較らべて間隔が長くなる。このS曲線とP曲線で囲まれる面積が評価の対象となる。

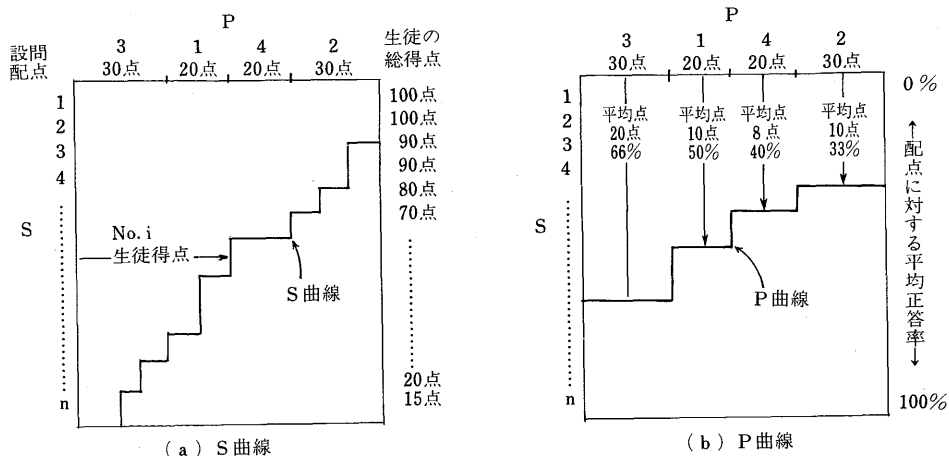


図-2 拡張S-P表の作図

2-1章で定義した一般のS-P表における差異係数Dと同じ考え方を拡張して、拡張S-P表における差異係数D*を次のとおり定義する。

$$D^* = \frac{\sum_{i=1}^n S^*(N, n, P_i)}{\sum_{i=1}^n S_R^*(N, n, P_i)} \dots\dots\dots (3, 1)$$

但し、

$\sum_{i=1}^n S^*(N, n, P_i)$: 実際に得られる拡張S-P表(生徒数N, 問題数n, 正答率 $P_1 \sim n$)のS, P両曲線に囲まれた部分の面積

$\sum_{i=1}^n S_R^*(N, n, P_i)$: 無作為拡張S-P表(生徒数N, 問題数n, 正答率 $P_1 \sim n$)のS, P両曲線に囲まれた部分の面積

この定義について補足を加える。一般のS-P表では、正解を1誤答を0とした問題を多数設問することになるが、どの設問も荷重は均等として扱われる。学期末試験の問題は任意配点であり、これを採点するとき均等に点を与える小区分に分けて採点できるならば一般のS-P表解析の手法に従うことができるが、筆者の経験から点を均等に与える小区分に分け、その小区分間の関連の少ない問題を作ることは困難なことが多い。学期末試験で、例えば任意配点の問題を4問出題することは、テストを4回行なうことに相当すると考えてみる。またその4問の間では、その学期内の授業という一貫したテーマが存在するから、非等質性は大きくはない(問題の等質性については先に報告⁽¹⁾)とすれば、この4問を1つの拡張S-P表にまとめて評価することが可能ということになる。ここで学期末試験は生徒の学力を一樣に評価する目的で行なうのであるから密度曲線が正規分布に近く、平均正答率が50%、標準偏差 σ の5倍の範囲に得点が配置されるようなテストが良いとされている⁽⁶⁾。そのような出題の難易度(P曲線)は、全間が一樣に正答率50%となるような方法と、やさしい問題もむずかしい問題もまぜ

で、総得点の平均正答率を50%とする方法と二通りある⁽⁶⁾。

後者の方法で出題すると各問のS-P表は(もし作成可能な出題方法をとれば)ドリル型、テスト型、プリテスト型(選抜試験型)等の、あらゆる型が混在すると予想される。S-P表分析法はP曲線の型によりテストの型を分けて分析を行なうが、着目するのは平均正答率Pであり、前述の二通りの出題を分けて分析することは行なわれていない。前者の出題方法と後者の方法で、若し生徒の得点が一樣(S曲線が45°の傾斜)に得られたとすると、差異係数D*の値は前者の方が大きくなる。ここで筆者は差異係数D*の値を出題方法(P曲線の形状)により変わることの少ない方法として拡張S-P表の差異係数D*の算出では(3, 1)式のように定義した。

3-2 差異係数D*の算出

(3, 1)式を算出するアルゴリズムを述べる。

(1) $\sum_{i=1}^n S^*(N, n, P_i)$ の算出

拡張S-P表の作図については図-2のとおりとする。ここで図-3について $\sum_{i=1}^n S^*(N, n, P_i)$ の算出アルゴリズムを説明する。各問の正答率は図-3の例では $\frac{a}{50}$, $\frac{c}{50}$, $\frac{b}{50}$, $\frac{a}{50}$ となる。1~a(端数は四捨五入)の生徒にいては100点から各生徒の得点を引き、(a+1)~bの各生徒の得点と75点の差を加える。以下同様にして成績の下(50番目の生徒)まで加えればS曲線とP曲線に囲まれる総得点が求まる。図-3の拡張S-P表上の総面積は、得点で表わすと50名×100点=5000点である。

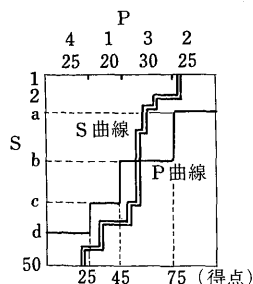


図-3 拡張S-P表のモデル

(2) $\sum_{i=1}^n S_R^*(N, n, P_i)$ の算出

図-3について述べると、各問題の正答率 $P_1 \sim P_4$ が実際のテストで得られるので、問題1について配点は20点、正答率 $P_1=65\%$ とすると平均点は13点である。最初に0～20点を乱数により各生徒に配点して平均点を求める。ついで平均点が13点になるように乱数により生徒を決めて点を加え（または減じ）て行く。この計算を問題1～4について行ない、最終的に各生徒の得点が決まるのでS曲線が決定する。このようにして求めたS曲線とP曲線に囲まれる面積（得点数）を前と同じ方法で求める。1回の計算では危険であるので、以上の計算を5回行ない、5回の平均面積を判定のデータに使用することとした。この計算で16ビットパソコン（OKI if 800/50）のBASIC言語で作成したプログラムで30～40分かかる。また計算結果には同じデータについて行なっても0.08程度の中がある。

4. 差異係数 D^* による試験結果の評価

拡張S-P表上の差異係数 D^* による実際の試験結果の評価を行なった結果、一般のS-P表分析で報告されている値（ $D=0.5$ を境とし、 $D \geq 0.5$ のときは要注意）と同じ値が得られた。

ここに差異係数 D^* による実際の試験結果の評価で“良いテスト”と“要注意テスト”の例を報告する。なおこのデータは筆者の担当する授業の学期末テストのデータであるが、学籍番号は変えてある。

4-1 “良いテスト”の事例

この2つ（J-2, NT-2）のテストは、何れも筆者が永年担当する科目で、大学3年生の選択科目である。問題の出しかたも手馴れているので“良いテスト”となったものと考えられる。

事例J-2の評価データを表-1, 図-4～15に示す。問題は8問からなり配点は問1～6は各々10点、問7が15点、問8が25点であり100点満点としてある。差異係数 D^* 以外のデータは前回報告⁽¹⁾したものである。このテストの拡張

張S-P表（図-4）より、一見して等質なテストであることがわかる。 D^* の値は0.405（図-6）と求められた。但し前に述べた通り、試行の都度値が多少違う。本例では5回試行したのが $0.43 > D > 0.35$ の間で値が得られるので、その中央と思われるデータについて、以下報告する。J-2テストのヒストグラムは図-5より、平均点37点、標準偏差 $\sigma=26$ 点となるが、S曲線を見るとプリテスト型（選抜試験型）テストに近い結果が得られている。理由は問7と問8を難かしい設問とし、しかも配点を大きくして成績評価を容易とするように問題を出したため、成績のよい学生を選択する目的には“良い問題”となっている。表-1に見られる通り問7, 8は成績の良い学生しか来ていない。各問のヒストグラムは図-7～14のとおりである。図-15の各問の適性度は何れも高い値となっている。適性度40以下は要注意の問題であるが、このテストには含まれていない。このテストは各問題の難易度を変えて、成績の累積確率曲線（ヒストグラム）を正規分布に近づけるという出題方法で成功した事例である。（問7と問8を除いた正答率の分布は、表-1で分かるとおり、ほぼ理想的⁽⁶⁾といえる）。

次ぎの“良いテスト”の事例NT-2を本稿末の付表-2, 付図16～25に示す。差異係数 D^* は付図-18のとおり0.326と良い値を示す。付図-25のとおり問題の適性度が60以上と高い値となっているためである。NT-2は、前のJ-2と違い、出題の難易度を一定とし、何れも50%の正答率を期待した。累積密度部分は正規分布を期待したが、問3と問4が易さし過ぎたようである。付図-17のとおり平均点61点、 $\sigma=30$ 点ということは正規分布と一様分布の中間的な分布となっている。付図-16のS曲線が直線に近いことから分布は一様分布に近づくことになっている。

“良いテスト”の事例2つは、問題の難易度のつけ方、即ちP曲線に関係なく累積密度分布（ヒストグラム）はテスト型テストで期待される正規分布、一様分布に近い結果が得られ、問

表-1 試験結果のS-P配列(J-2)

***** S-P 表 ***** (ファイル=J-2)

順位	学 籍 号	1	2	6	問 題 4	3	5	7	8	総得点
1	52	10	10	10	10	10	10	15	25	100
2	60	10	8	4	9	10	10	15	25	91
3	22	10	10	5	5	10	10	15	25	90
4	38	10	10	10	5	10	10	15	16	86
5	57	10	10	10	10	10	10	15	8	83
5	11	10	10	5	5	10	10	15	18	83
5	73	10	10	10	10	10	10	15	8	83
8	7	10	10	10	10	10	10	10	10	80
9	34	8	10	10	10	10	10	10	8	76
10	49	10	8	9	5	10	0	15	16	73
11	16	10	5	10	5	10	0	15	16	71
12	9	10	0	6	10	10	10	15	8	69
13	44	10	10	8	5	10	0	15	8	66
14	8	10	10	10	7	10	10	0	8	65
15	55	8	10	10	10	10	0	15	0	63
16	35	3	10	9	5	10	10	15	0	62
16	30	10	5	9	5	10	0	15	8	62
16	13	10	5	4	10	10	0	15	8	62
19	40	10	10	10	10	10	10	0	0	60
19	39	10	10	5	10	10	0	15	0	60
21	12	10	10	9	10	10	10	0	0	59
22	14	10	10	5	5	10	10	0	8	58
23	15	5	3	10	5	10	0	15	8	56
24	72	10	8	8	10	10	0	0	8	54
25	51	0	10	10	5	10	0	10	8	53
25	48	0	10	5	5	10	0	15	8	53
27	59	10	10	9	10	10	0	0	0	49
28	4	10	10	10	8	10	0	0	0	48
29	1	3	0	5	7	10	10	3	8	46
30	25	10	10	10	10	0	5	0	0	45
30	3	10	5	10	0	10	10	0	0	45
32	21	5	0	0	5	0	10	15	8	43
33	10	10	0	5	5	10	10	0	0	40
33	17	10	0	0	5	10	0	15	0	40
33	2	10	0	5	7	10	0	0	8	40
36	74	5	10	5	5	10	0	0	0	35
36	47	5	10	5	5	0	10	0	0	35
36	26	10	10	0	5	0	10	0	0	35
39	63	10	10	5	5	0	0	0	0	30
40	23	3	10	10	5	0	0	0	0	28
41	41	10	8	4	5	0	0	0	0	27
41	71	10	5	4	0	0	0	0	8	27
43	66	10	5	5	5	0	0	0	0	25
43	28	5	5	0	5	0	10	0	0	25
43	75	5	0	5	5	0	10	0	0	25
46	45	10	5	8	0	0	0	0	0	23
46	5	10	0	8	5	0	0	0	0	23
48	68	10	4	8	0	0	0	0	0	22
49	54	10	5	0	5	0	0	0	0	20
49	36	10	5	0	5	0	0	0	0	20
49	43	10	0	5	5	0	0	0	0	20
49	69	5	0	10	5	0	0	0	0	20
49	78	10	5	0	5	0	0	0	0	20
49	77	5	5	5	5	0	0	0	0	20
55	67	3	5	5	5	0	0	0	0	18
56	56	10	5	0	0	0	0	0	0	15
56	70	10	5	0	0	0	0	0	0	15
56	27	10	0	5	0	0	0	0	0	15
56	19	0	0	0	5	10	0	0	0	15
56	64	5	0	5	5	0	0	0	0	15
56	31	10	5	0	0	0	0	0	0	15
56	76	2	0	8	5	0	0	0	0	15
63	32	8	5	0	0	0	0	0	0	13
63	18	0	8	0	5	0	0	0	0	13
65	79	5	2	5	0	0	0	0	0	12
66	6	6	5	0	0	0	0	0	0	11
67	37	10	0	0	0	0	0	0	0	10
67	46	0	0	0	0	0	10	0	0	10
67	29	10	0	0	0	0	0	0	0	10
67	50	10	0	0	0	0	0	0	0	10
67	62	0	0	0	0	10	0	0	0	10
72	20	0	0	4	5	0	0	0	0	9
73	61	5	3	0	0	0	0	0	0	8
73	58	3	0	5	0	0	0	0	0	8
75	42	3	0	0	2	0	0	0	0	5
75	24	0	0	0	5	0	0	0	0	5
75	53	0	0	0	5	0	0	0	0	5
75	80	0	0	0	5	0	0	0	0	5
79	65	0	0	0	0	0	0	0	0	0
79	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0
平均点	(点)	7.1	5.0	4.9	4.8	4.5	3.1	4.2	3.6	37.0
正答率	(%)	70.6	50.3	48.6	47.5	45.0	30.6	27.8	14.4	37.0

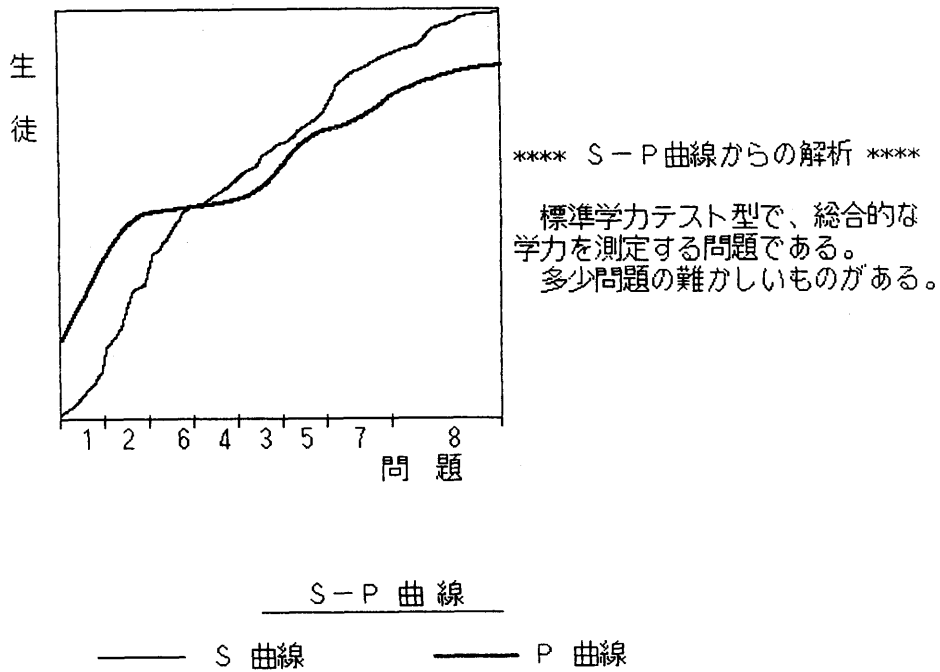
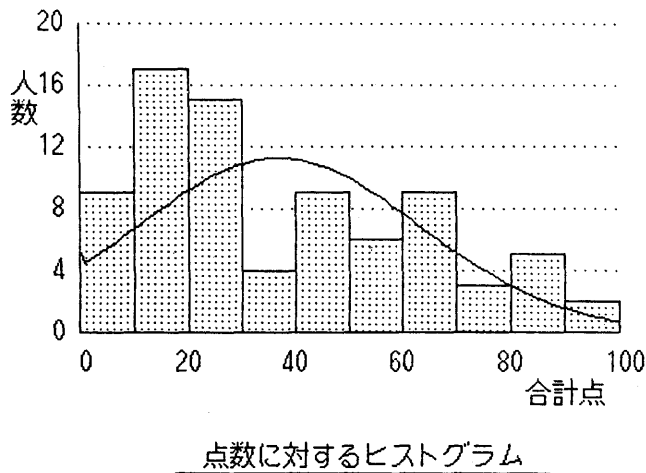


図-4 J-2の拡張S-P表



平均 = 37.01点 標準偏差 = 26.49点

図-5 J-2のヒストグラム

◎ 差異係数による解析

差異係数 D^*

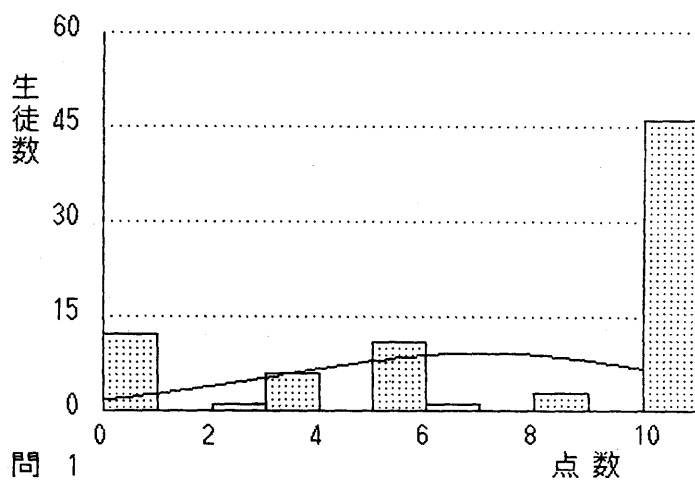
0.405

標準的

差異係数値としては一般的である。
指導方法としては特に問題はないと思える。

図-6 J-2の差異係数

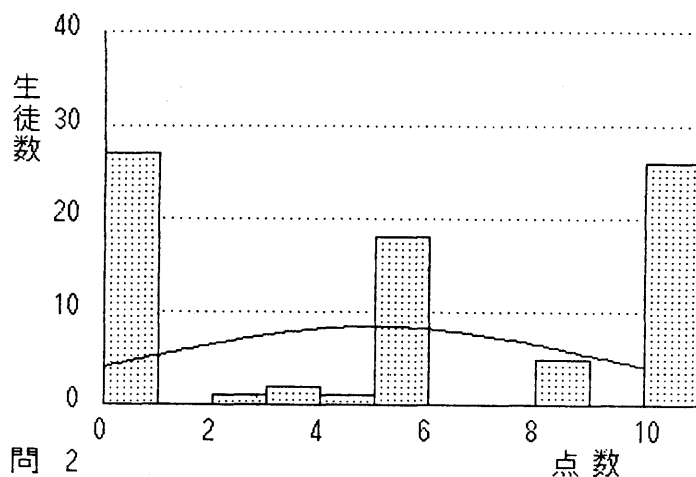
◎ 難易度解析及び得点度数分布



この問題は満点が10点の問題で、
平均点は7.06点、標準偏差は3.83点です。
この問題はやや易しいために生徒の学力を知るうえであまり適当でない。
この度数分布の特徴は、右(得点の大きい方)に偏っています。

図-7 J-2, 問1のヒストグラム

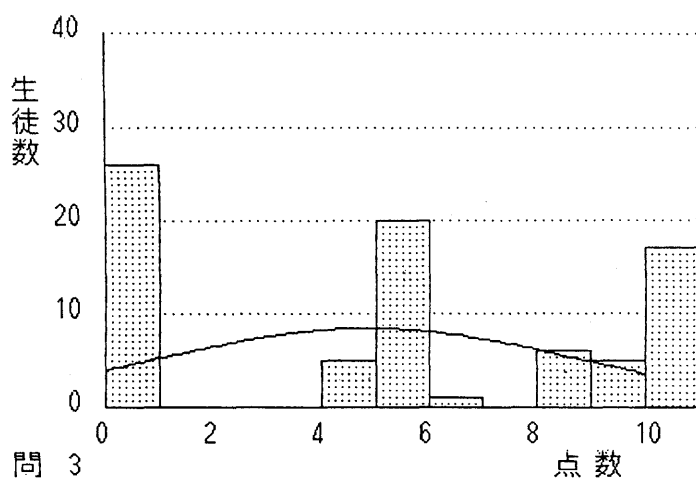
◎ 難易度解析及び得点度数分布



この問題は満点が 10 点の問題で、
 平均点は 5.03 点、標準偏差は 4.17 点です。
 この問題の難かしさは普通であり生徒の学力を知るうえで適当である。
 この度数分布の特徴は、2 つ以上山のある分布であります。

図-8 J-2, 問2のヒストグラム

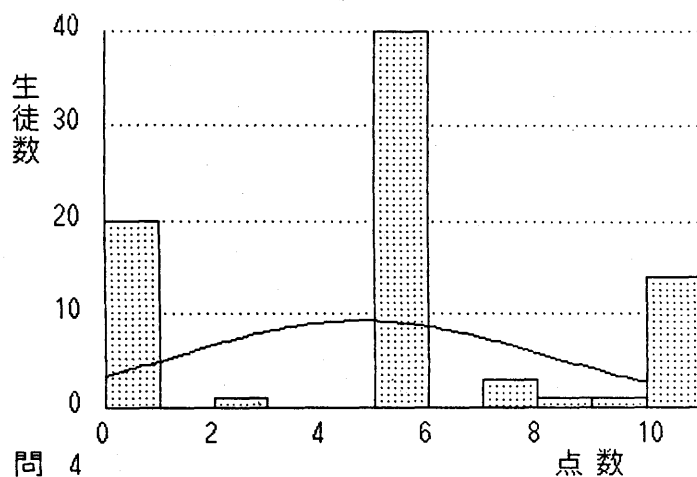
◎ 難易度解析及び得点度数分布



この問題は満点が 10 点の問題で、
 平均点は 4.86 点、標準偏差は 3.89 点です。
 この問題の難かしさは普通であり生徒の学力を知るうえで適当である。
 この度数分布の特徴は、2 つ以上山のある分布であります。

図-9 J-2, 問3のヒストグラム

○ 難易度解析及び得点度数分布

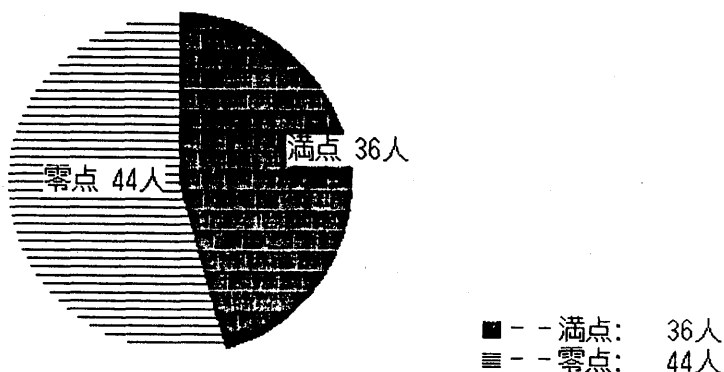


この問題は満点が 10 点の問題で、
平均点は 4.75 点、標準偏差は 3.34 点です。
この問題の難かしさは普通であり生徒の学力を知るうえで適当である。
この度数分布の特徴は、2 つ以上山のある分布であります。

図-10 J-2, 問4のヒストグラム

○ 難易度解析及び得点度数分布

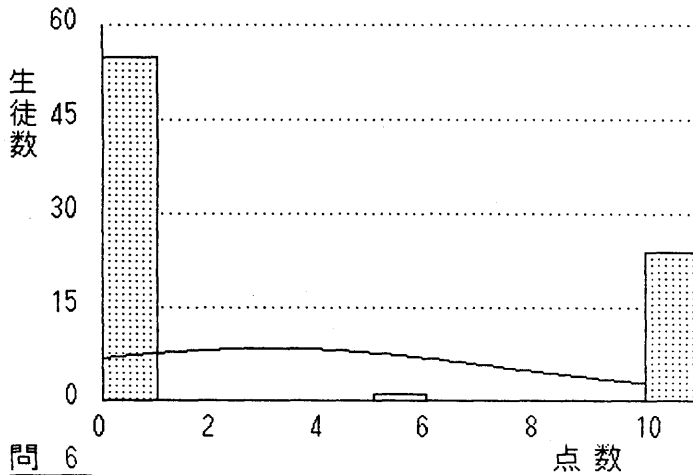
問 5



カイ自乗検定による難易度において
カイ自乗値が 3.84 以上ならば難かし過ぎるか
易し過ぎる問題である事を示す。
この問題のカイ自乗値は 1.60 であるから
従ってこの問題は、生徒の学力を知るうえで適する。

図-11 J-2, 問5の成績

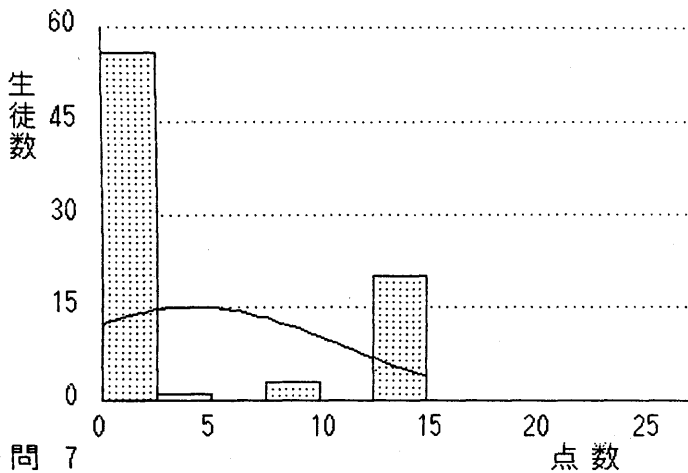
◎ 難易度解析及び得点度数分布



この問題は満点が 10 点の問題で、
 平均点は 3.06 点、標準偏差は 4.58 点です。
 この問題はやや難かしいために生徒の学力を知るうえであまり適当でない。
 この度数分布の特徴は、左(得点の小さい方)に偏っています。

図-12 J-2, 問 6 のヒストグラム

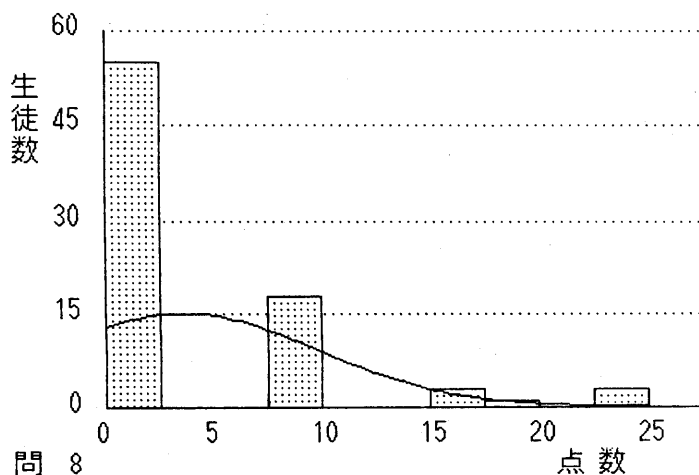
◎ 難易度解析及び得点度数分布



この問題は満点が 15 点の問題で、
 平均点は 4.16 点、標準偏差は 6.54 点です。
 この問題はやや難かしいために生徒の学力を知るうえであまり適当でない。
 この度数分布の特徴は、左(得点の小さい方)に偏っています。

図-13 J-2, 問 7 のヒストグラム

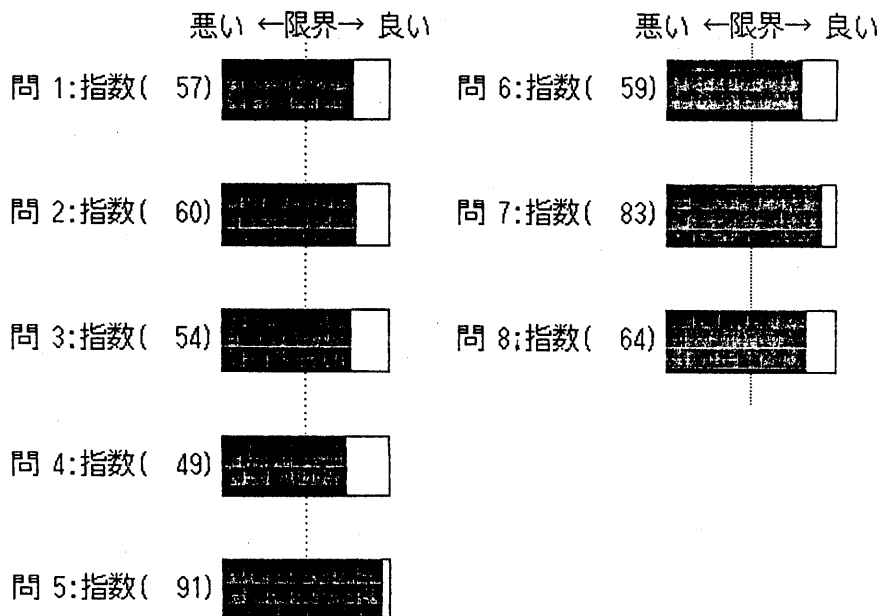
◎ 難易度解析及び得点度数分布



この問題は満点が 25 点の問題で、
平均点は 3.59 点、標準偏差は 6.25 点です。
この問題は難かし過ぎるために生徒の学力を知るうえで適当でない。
この度数分布の特徴は、左(得点の小さい方)に偏っています。

図-14 J-2, 問8のヒストグラム

◎ 適性度解析



指数値が +100 になれば、この問題は生徒の学力を知るうえで最も理想的な問題であり、指数値が 0 となる時が、その限界である。

従って指数値が、負の値になれば この問題は生徒の学力を知るうえにおいてあまり良い資料となりえない。指数値が -100 になる時が最も矛盾している。

図-15 J-2 の各問の適性度

表-3 試験成果のS-P配列 (TJ2)

***** S-P 表 ***** (ファイル = TJ2)

順位	学 籍 番 号	6	4	問 題 1	5	3	2	総 得 点
1	023	15	20	15	20	8	0	78
1	030	15	20	15	20	8	0	78
3	001	15	20	15	20	0	7	77
4	044	15	20	15	15	4	4	73
5	029	15	20	15	20	0	0	70
5	002	15	20	15	20	0	0	70
7	039	15	20	10	20	0	0	65
7	009	15	20	8	15	7	0	65
9	008	15	10	15	5	15	4	64
10	027	15	15	15	13	0	0	58
11	038	15	15	15	0	8	2	55
11	006	15	4	15	15	6	0	55
13	049	15	12	15	2	8	0	52
13	015	15	12	5	20	0	0	52
13	037	15	12	2	15	8	0	52
16	020	15	20	0	10	5	0	50
17	046	15	13	0	20	0	1	49
18	040	15	15	0	10	8	0	48
19	033	15	20	0	3	8	0	46
19	004	15	15	6	0	3	7	46
21	025	15	8	15	2	5	0	45
22	028	15	13	0	7	8	0	43
23	041	0	18	0	15	8	0	41
24	007	15	10	15	0	0	0	40
24	021	15	0	0	20	5	0	40
24	051	15	5	15	5	0	0	40
27	005	15	10	12	0	0	0	37
28	050	15	0	15	0	2	4	36
29	024	15	5	15	0	0	0	35
29	019	15	20	0	0	0	0	35
29	012	15	15	0	0	5	0	35
32	010	15	7	10	0	0	2	34
33	043	15	0	15	3	0	0	33
34	047	15	7	0	10	0	0	32
35	034	15	6	0	10	0	0	31
35	032	15	0	0	8	8	0	31
37	052	15	8	0	5	2	0	30
37	003	15	10	0	0	5	0	30
39	048	15	2	0	12	0	0	29
39	036	0	20	1	0	8	0	29
41	022	15	10	0	1	0	0	26
42	013	15	0	0	10	0	0	25
43	035	15	9	0	0	0	0	24
44	053	15	2	0	5	0	0	22
45	042	15	0	4	0	0	0	19
46	018	15	0	0	3	0	0	18
46	031	8	0	0	10	0	0	18
48	026	15	0	0	2	0	0	17
49	017	15	0	0	0	0	0	15
50	045	0	0	0	4	0	0	4
51	011	0	3	0	0	0	0	3
51	016	0	0	0	3	0	0	3
53	014	0	0	0	0	0	0	0
平均点 (点)		13.2	9.6	5.9	7.5	2.9	0.6	39.7
正答率 (%)		87.8	48.2	39.4	37.5	19.1	3.9	39.7

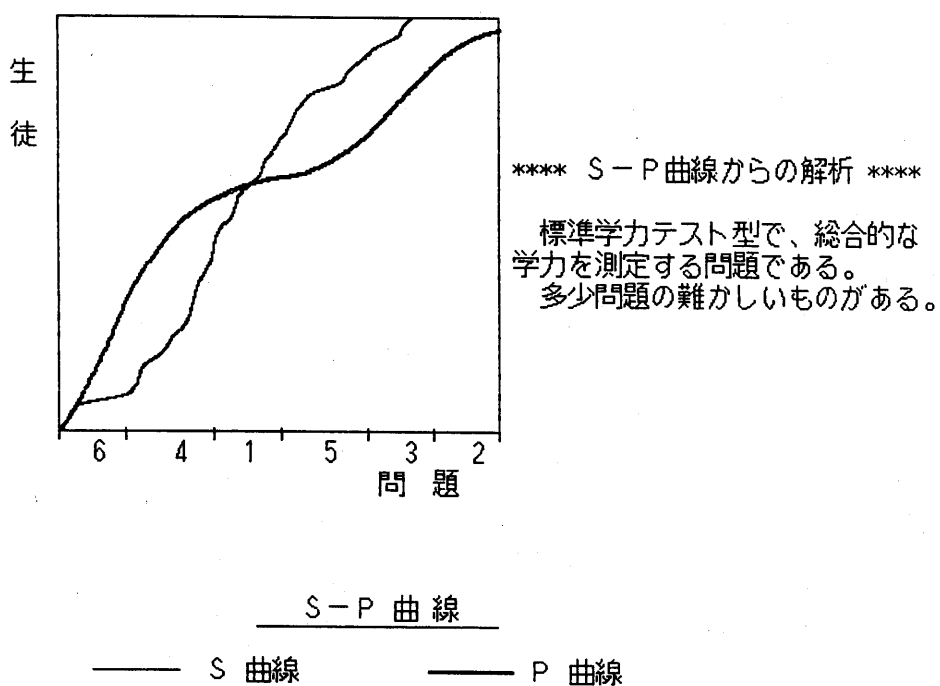
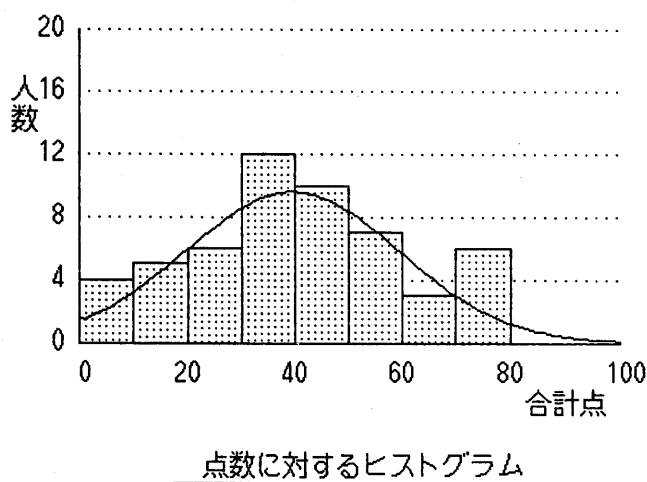


図-26 TJ2の拡張S-P表



平均 = 39.68点 標準偏差 = 19.89点

図-27 TJ2のヒストグラム

◎ 差異係数による解析

差異係数 D^*

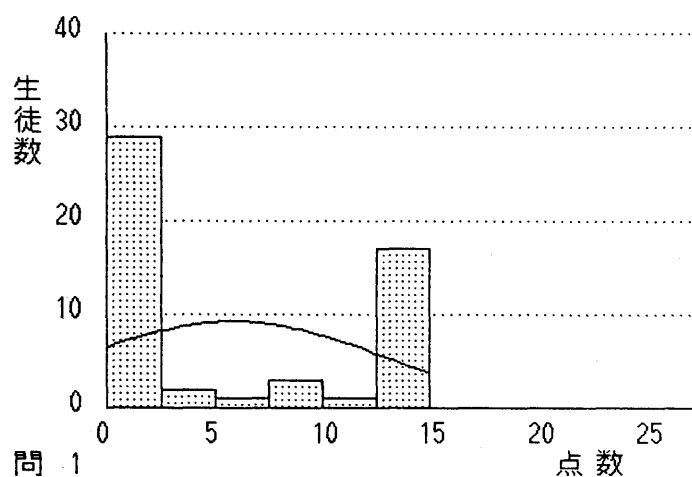
0.635

要注意

指導方法が適していない。
他の分析法で原因を判読する必要がある。

図-28 TJ2の差異係数

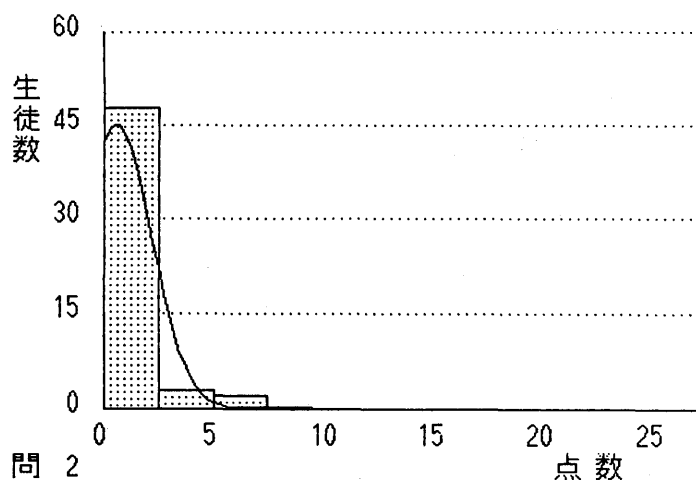
◎ 難易度解析及び得点度数分布



この問題は満点が15点の問題で、
平均点は5.91点、標準偏差は6.82点です。
この問題の難かしさは普通であり生徒の学力を知るうえで適当である。
この度数分布の特徴は、左(得点の小さい方)に偏っています。

図-29 TJ2, 問1のヒストグラム

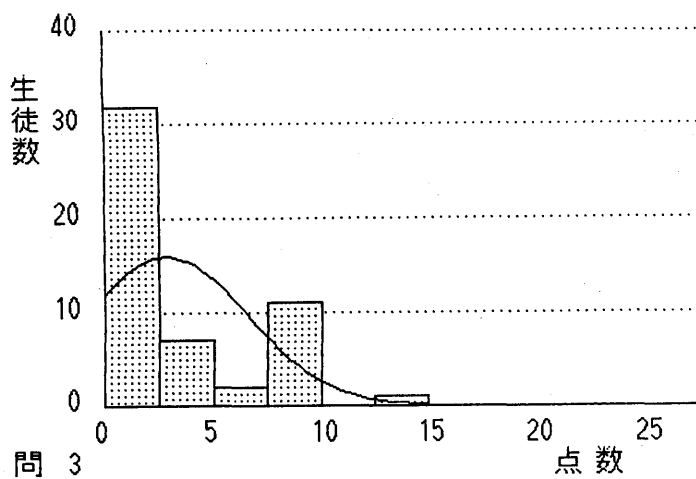
◎ 難易度解析及び得点度数分布



この問題は満点が 15 点の問題で、
 平均点は 0.58 点、標準偏差は 1.61 点です。
 この問題は難かし過ぎるために生徒の学力を知るうえで適当でない。
 この度数分布の特徴は、左(得点の小さい方)に偏っています。

図-30 TJ2, 問2のヒストグラム

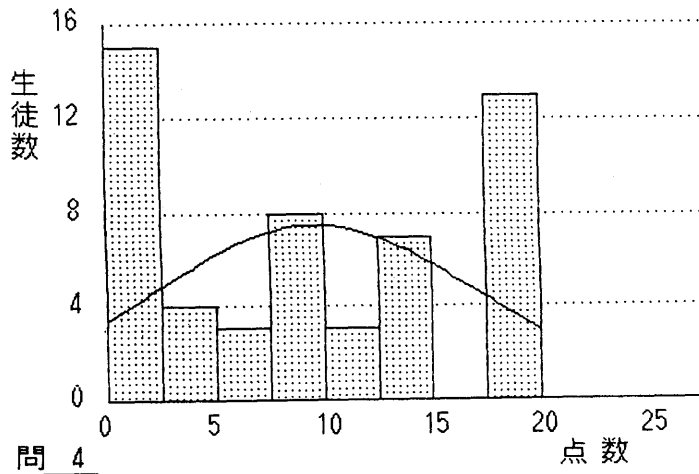
◎ 難易度解析及び得点度数分布



この問題は満点が 15 点の問題で、
 平均点は 2.87 点、標準偏差は 3.73 点です。
 この問題は難かし過ぎるために生徒の学力を知るうえで適当でない。
 この度数分布の特徴は、左(得点の小さい方)に偏っています。

図-31 TJ2, 問3のヒストグラム

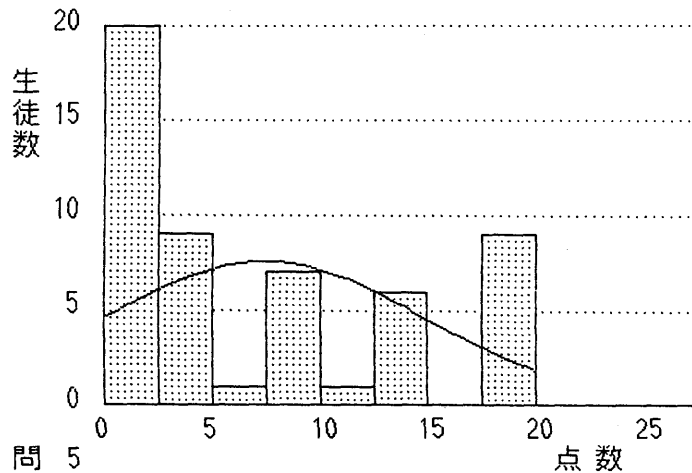
◎ 難易度解析及び得点度数分布



この問題は満点が 20 点の問題で、
 平均点は 9.64 点、標準偏差は 7.55 点です。
 この問題の難かしさは普通であり生徒の学力を知るうえで適当である。
 この度数分布の特徴は、2 つ以上山のある分布であります。

図-32 TJ 2, 問 4 のヒストグラム

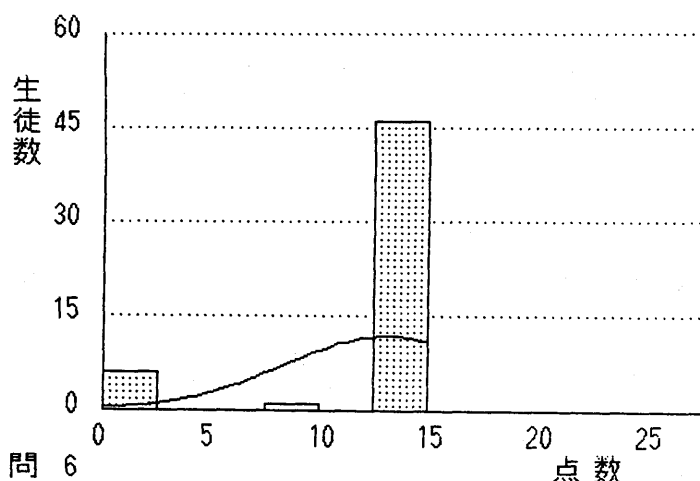
◎ 難易度解析及び得点度数分布



この問題は満点が 20 点の問題で、
 平均点は 7.51 点、標準偏差は 7.43 点です。
 この問題の難かしさは普通であり生徒の学力を知るうえで適当である。
 この度数分布の特徴は、左(得点の小さい方)に偏っています。

図-33 TJ 2, 問 5 のヒストグラム

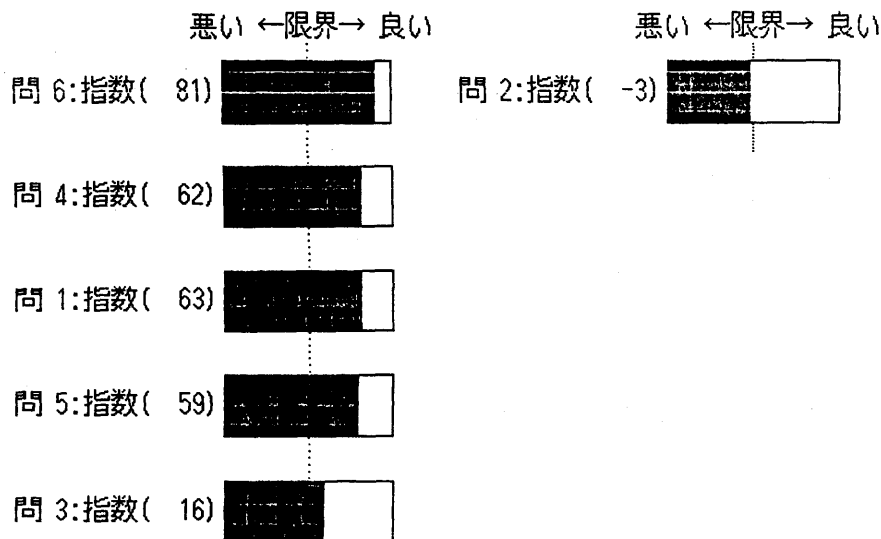
◎ 難易度解析及び得点度数分布



この問題は満点が15点の問題で、
平均点は13.17点、標準偏差は4.80点です。
この問題は易し過ぎるために生徒の学力を知るうえで適当でない。
この度数分布の特徴は、右(得点の大きい方)に偏っています。

図-34 TJ2, 問6のヒストグラム

◎ 適性度解析



指数値が+100になれば、この問題は生徒の学力を知るうえで最も理想的な問題であり、指数値が0となる時が、その限界である。

従って指数値が、負の値になれば、この問題は生徒の学力を知るうえであまり良い資料となりえない。指数値が-100になる時が最も矛盾している。

図-35 TJ2の各問の適性度

題の等質性を守れば差異係数 D^* の値は、0.5 以下（極めて良いテストでは 0.4 以下）となることをしめしている。

4-2 要注意テストの事例

このテストは筆者が昨年度（1986年4月）より、初めて開講した授業の学期末テスト（7月に施行）の結果の評価である。

事例（TJ 2）の評価データを表-3、図-26～35に示す。難易度に差をつけて累積密度分布（ヒストグラム）は正規分布となることを期待したテストで、この件については期待どおりである。図-25の結果は平均点40点、 $\sigma=20$ 点で、分布は理想的といえる。しかし差異係数 D^* は 0.635 で要注意である。問題の注意係数 CP の示す所では問2、問3が難しすぎて、問6がやさしすぎると出るが、差異係数 D^* を悪くした原因は図-35の適性度解析に見られる問2と問3の非等質性にある。

適性度は、前回報告⁽¹⁾したが、よくできる生徒が高い得点を取り、できない生徒の得点が高い状態を示すもので、40以下は要注意、0では全く上記傾向が認められない無作為データに近いことを示し、負となると逆の得点パターンを示す。図-35のとおり問2と問3の適性度は0に近い（他の問題は正常である）。この2問の非等質性が差異係数 D^* を $D \geq 0.5$ として要注意の警告が出た。表-3、図-30より問2は配点15点正答率3.9%、平均点0.58であり、図-31より問3は配点15点正答率19%、平均点2.9、またテスト全体では平均点40点（図-27）であるから平均点40点中3.5点が非等質という状態である。図-27のヒストグラムを見れば理想的なテストであるが、内容は“悪いテスト”である。非等質なテスト問題が出た原因は、S-P表分析の示すところ、筆者の授業の不馴れ（要点をしっかりと教えていない）と、問題の密着性が低い（授業内容と設問が異質）ためであるということの問題を見直したが、左程おかしい問題とも思えない。不馴れな授業では、こういうことが起きるのかも知れない。そこで学生に本テ

ストの意見を聞いたが「時間が足りなかった」という返事が多かった。「時間の足りない」テストでは、このような適性度の悪い問題が出るのかも知れない。もう一つ考えられる原因はカンニングである。学術誌にカンニングについて細かくふれるのはどうかと思うので止めるが、カンニングが行なわれれば当然問題の適性度は悪くなる。

4-3 無作為拡張 S-P 表の評価

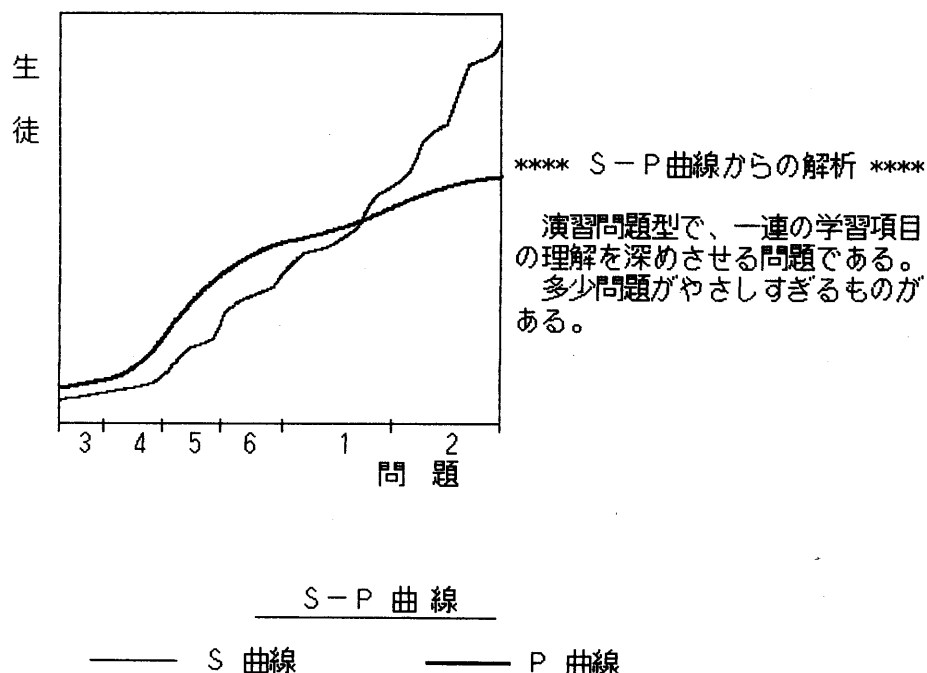
前の TJ 2 のテストで得られた P 曲線を変えないで無作為 S-P 表を 3-2 章の方法で作成したものが、付表-4、付図-36～38である。付図-36で分かるとおり S 曲線は P 曲線とはなれてしまう。累積密度分布（ヒストグラム）は付図-37のように、二項分布に近い。（図-26と付図-37を比較願いたい。）平均点は勿論変わらない。この付図-36の S 曲線と P 曲線で囲まれた部分の面積が（3，1）式の分母を与えることになる。この無作為拡張 S-P 表について差異係数 D^* を求めてみると付図-38のように $D^* = 1.076$ となった。乱数のデータと乱数のデータの比であるから $D^* = 1$ 前後となると期待して評価を試みた結果である。即ち D^* が 1 に近い値となるテストは、各問の適性度が低く、得点は無作為であり、授業とは異質なテストである。

次いで、初めから無作為データをつくり、拡張 S-P 表による差異係数 D^* の評価を試みたデータを付表-5、付図-39～46に示す。付表-5は生徒数50、問題数4、各問の配点を25点として無作為データにより成績をつくった S-P 配列である。平均点は50点附近の筈であるが付図-39のとおり平均点51点、標準偏差15点の二項分布に近い分布となった。問題の正答率は何れも50%附近である。拡張 S-P 表をつくと付図-40のように P 曲線は平坦、S 曲線は垂直となり、両曲線に囲まれる面積は大きい。差異係数は $D^* = 1.031$ （付図-41）となる。正答率 P_i を合わせて再び乱数によりデータをつくるから $D^* = 1$ 附近となる。各問題のヒストグラムは付図-42～45のとおり、何れも一様な分布

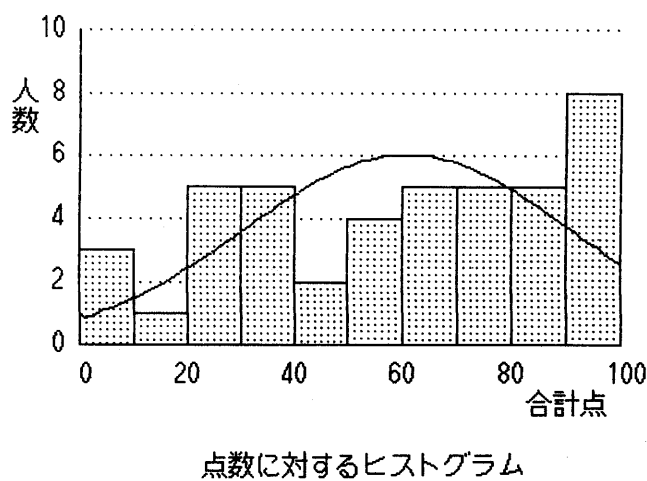
付表-2 試験結果のS-P配列(NT-2)

***** S-P 表 ***** (ファイル = NT-2)

順位	学 籍 番 号	3	4	問 題 5	6	1	2	総得点
1	1	10	13	13	14	25	25	100
1	2	10	13	13	14	25	25	100
1	8	10	13	13	14	25	25	100
1	32	10	13	13	14	25	25	100
1	39	10	13	13	14	25	25	100
6	29	10	13	13	14	25	20	95
7	16	10	13	13	14	25	15	90
7	17	10	13	13	14	25	15	90
7	19	10	13	13	14	25	15	90
7	20	10	13	13	14	25	15	90
7	23	10	13	13	14	25	15	90
7	25	10	13	13	14	25	15	90
7	30	10	13	13	14	25	15	90
14	10	10	13	13	14	25	10	85
15	45	10	13	0	10	25	25	83
16	26	10	13	13	5	25	15	81
16	24	10	13	13	5	15	25	81
18	21	10	13	13	14	15	15	80
19	33	6	13	6	14	25	15	79
20	5	10	13	13	6	25	10	77
21	35	10	13	13	3	25	10	74
22	27	10	13	13	14	15	5	70
22	15	10	13	13	14	10	10	70
24	31	10	13	0	5	25	15	68
24	18	10	13	0	0	25	20	68
26	3	10	13	13	14	8	8	66
27	28	10	13	0	5	25	10	63
28	12	10	13	13	14	5	5	60
29	6	10	13	13	14	0	0	50
29	34	10	13	13	14	0	0	50
29	37	10	13	13	14	0	0	50
29	41	10	13	13	14	0	0	50
33	38	10	13	0	3	10	10	46
34	9	10	13	3	3	10	2	41
35	47	0	13	0	0	0	25	38
36	4	10	13	13	0	0	0	36
36	42	10	13	13	0	0	0	36
36	43	10	13	13	0	0	0	36
39	40	10	13	5	5	0	0	33
40	36	10	13	0	3	0	0	26
40	7	10	3	13	0	0	0	26
40	11	10	3	13	0	0	0	26
43	44	10	13	0	0	0	0	23
44	13	8	13	0	0	0	0	21
45	22	10	0	0	0	0	0	10
46	14	0	0	0	0	0	0	0
46	46	0	0	0	0	0	0	0
46	48	0	0	0	0	0	0	0
平均点 (点)		9.0	11.5	9.0	8.1	13.3	10.1	61.0
正答率 (%)		90.4	88.5	68.9	57.9	53.2	40.4	61.0



付図-16 NT-2 の拡張 S-P 表



平均 = 61.00点 標準偏差 = 30.14点

付図-17 NT-2 のヒストグラム

○ 差異係数による解析

差異係数 D^*

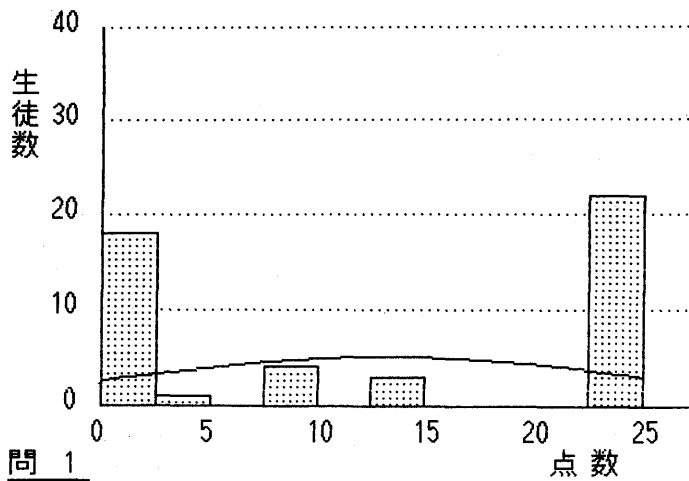
0.326

標準的

差異係数値としては一般的である。
指導方法としては特に問題はないと思える。

付図-18 NT-2の差異係数

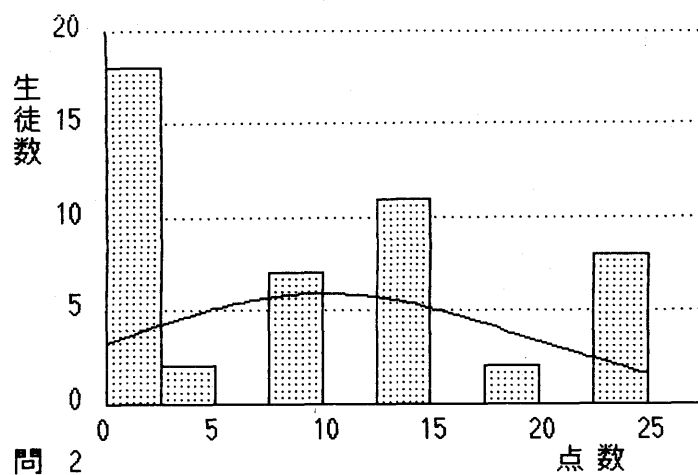
○ 難易度解析及び得点度数分布



この問題は満点が25点の問題で、
平均点は13.29点、標準偏差は11.49点です。
この問題の難かしさは普通であり生徒の学力を知るうえで適当である。
この度数分布の特徴は、2つ以上山のある分布であります。

付図-19 NT-2, 問1のヒストグラム

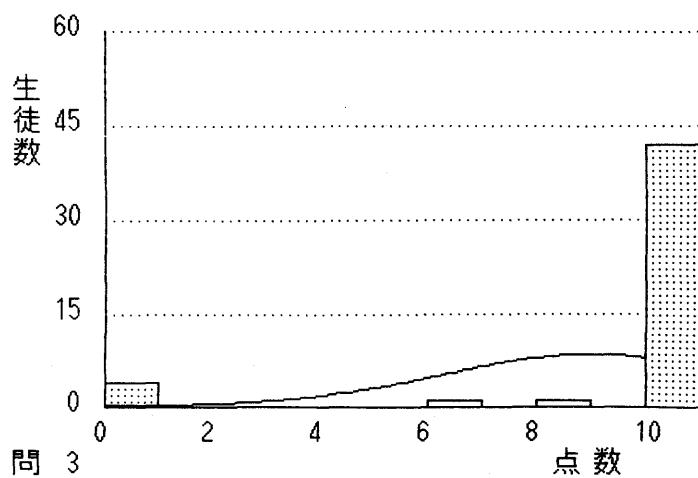
○ 難易度解析及び得点度数分布



この問題は満点が 25 点の問題で、
 平均点は 10.10 点、標準偏差は 9.23 点です。
 この問題の難しさは普通であり生徒の学力を知るうえで適当である。
 この度数分布の特徴は、矩形分布であります。

付図-20 NT-2, 問2のヒストグラム

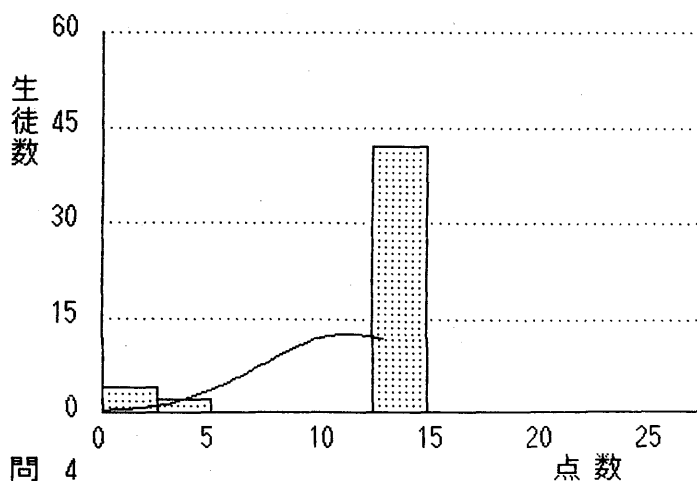
○ 難易度解析及び得点度数分布



この問題は満点が 10 点の問題で、
 平均点は 9.04 点、標準偏差は 2.80 点です。
 この問題は易し過ぎるために生徒の学力を知るうえで適当でない。
 この度数分布の特徴は、右(得点の大きい方)に偏っています。

付図-21 NT-2, 問3のヒストグラム

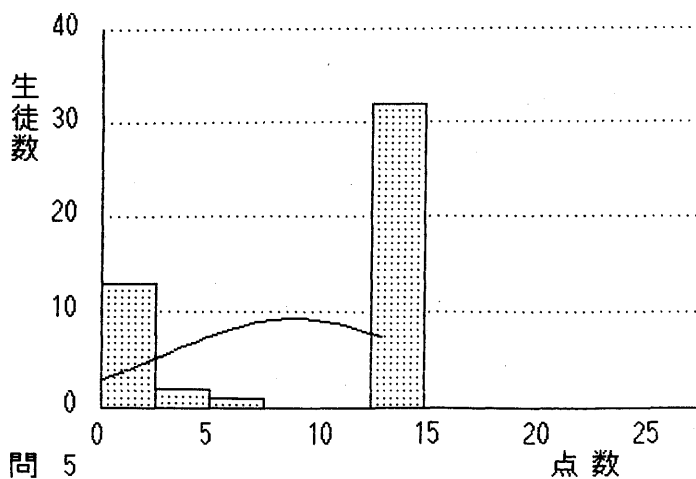
◎ 難易度解析及び得点度数分布



この問題は満点が 13 点の問題で、
 平均点は 11.50 点、標準偏差は 4.00 点です。
 この問題は易し過ぎるために生徒の学力を知るうえで適当でない。
 この度数分布の特徴は、右(得点の大きい方)に偏っています。

付図-22 NT-2, 問4のヒストグラム

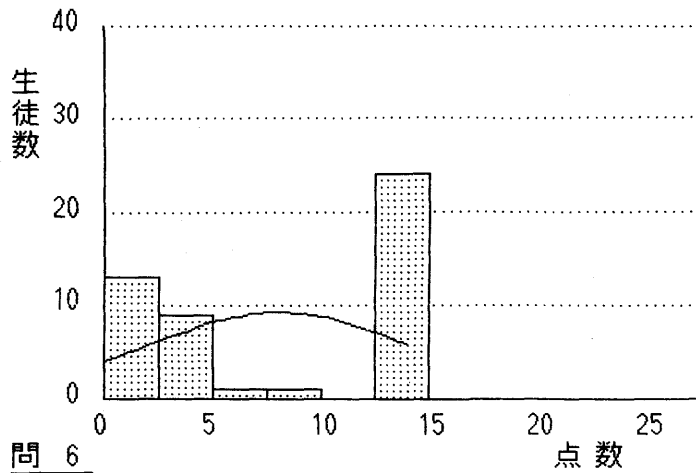
◎ 難易度解析及び得点度数分布



この問題は満点が 13 点の問題で、
 平均点は 8.96 点、標準偏差は 5.82 点です。
 この問題はやや易しいために生徒の学力を知るうえであまり適当でない。
 この度数分布の特徴は、右(得点の大きい方)に偏っています。

付図-23 NT-2, 問5のヒストグラム

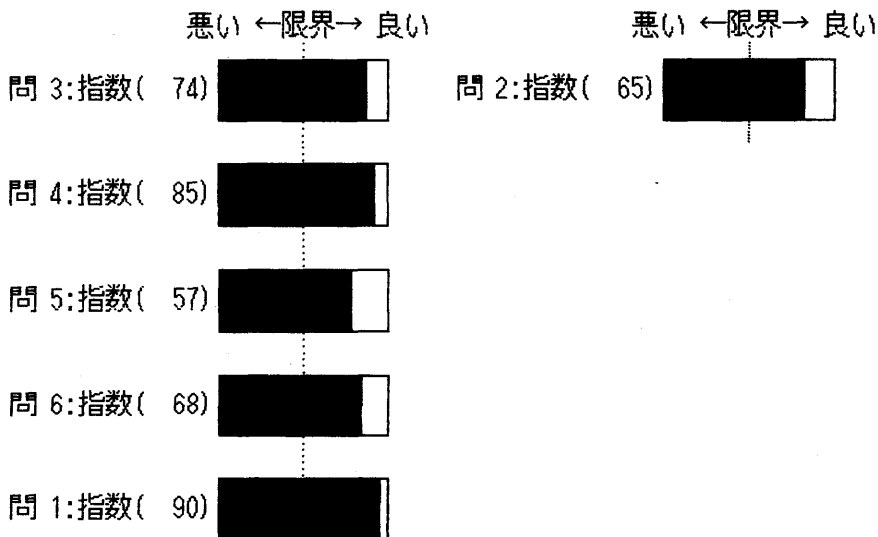
◎ 難易度解析及び得点度数分布



この問題は満点が 14 点の問題で、平均点は 8.10 点、標準偏差は 6.21 点です。
この問題の難しさは普通であり生徒の学力を知るうえで適当である。
この度数分布の特徴は、2 つ以上山のある分布であります。

付図-24 NT-2, 問 6 のヒストグラム

◎ 適性度解析



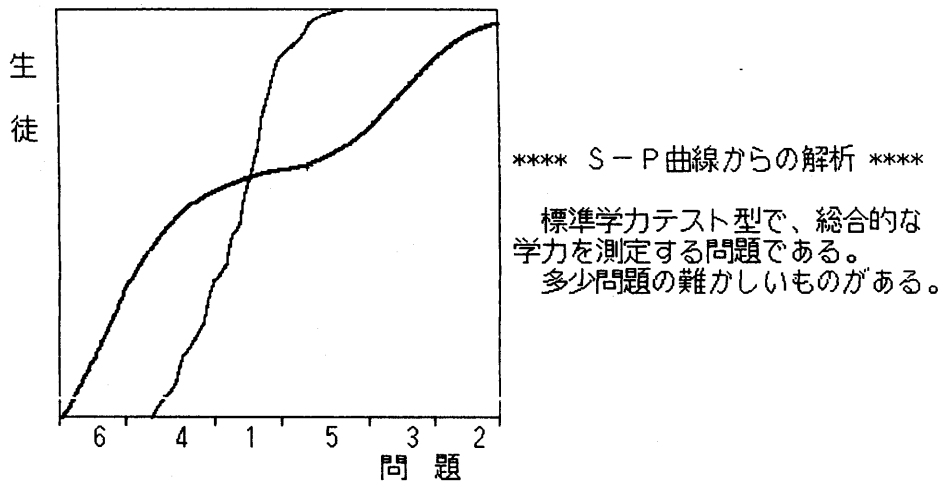
指数値が +100 になれば、この問題は生徒の学力を知るうえで最も理想的な問題であり、指数値が 0 となる時が、その限界である。
従って指数値が、負の値になれば、この問題は生徒の学力を知るうえであまり良い資料となりえない。指数値が -100 になる時が最も矛盾している。

付図-25 NT-2 の各問の適性度

付表-4 無作為データのS-P配列

***** S-P 表 ***** (ファイル = TJJJ)

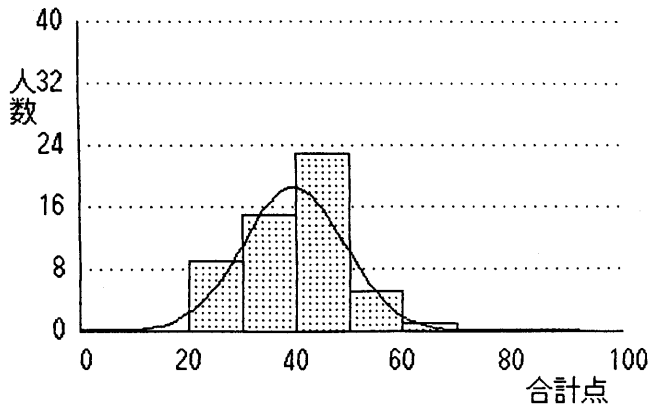
順位	学籍 番号	6	4	問題 1	5	3	2	総得点
1	43	15	17	11	13	5	0	61
2	40	15	12	10	16	2	2	57
3	15	15	12	10	13	6	0	56
4	35	15	19	4	9	8	0	55
5	9	15	12	11	12	3	0	53
6	28	15	19	7	0	9	1	51
7	1	15	8	12	14	0	0	49
7	41	15	3	11	17	0	3	49
9	4	15	19	9	3	2	0	48
9	13	9	19	13	2	5	0	48
11	5	15	6	13	8	5	0	47
11	16	15	11	8	11	0	2	47
13	42	15	18	4	9	0	0	46
13	29	15	15	2	13	1	0	46
15	19	15	13	12	5	0	0	45
15	26	15	8	4	18	0	0	45
15	20	15	6	2	12	10	0	45
15	7	13	2	14	16	0	0	45
19	27	13	10	11	10	0	0	44
19	51	15	17	0	4	8	0	44
21	31	15	14	7	6	0	1	43
21	34	12	1	11	8	11	0	43
23	3	15	6	5	11	2	3	42
23	23	11	14	6	3	6	2	42
25	47	15	14	2	10	0	0	41
25	30	15	15	1	10	0	0	41
25	36	15	6	7	7	6	0	41
25	37	15	8	1	11	6	0	41
29	38	15	2	8	15	0	0	40
30	18	15	17	2	1	3	0	38
30	25	15	10	0	13	0	0	38
30	22	15	10	3	9	1	0	38
30	11	8	18	5	1	6	0	38
34	21	15	8	8	6	0	0	37
35	50	13	16	0	0	7	0	36
36	53	14	0	5	10	5	0	34
36	49	10	11	5	0	8	0	34
36	12	13	4	1	16	0	0	34
39	46	14	8	9	2	0	0	33
39	45	13	12	5	1	2	0	33
39	10	15	4	6	0	8	0	33
42	24	4	17	11	0	0	0	32
43	52	6	4	12	6	0	3	31
44	6	5	2	5	13	1	4	30
45	8	15	5	7	0	0	2	29
46	17	15	9	0	0	3	0	27
46	44	9	2	2	10	4	0	27
46	14	9	3	4	4	7	0	27
49	32	15	8	1	0	0	2	26
49	48	10	5	1	3	0	7	26
51	33	5	4	0	10	4	0	23
52	2	15	5	2	0	0	0	22
53	39	10	1	3	7	0	0	21
平均点	(点)	13.1	9.6	5.9	7.5	2.9	0.6	39.7
正答率	(%)	87.5	48.0	39.4	37.5	19.4	4.0	39.7



S-P 曲線

—— S 曲線 —— P 曲線

付図-36 無作為データの拡張S-P表



点数に対するヒストグラム

平均 = 39.66点 標準偏差 = 9.46点

付図-37 無作為データのヒストグラム

◎ 差異係数による解析

差異係数 D^*

1.076

要注意

指導方法が適していない。

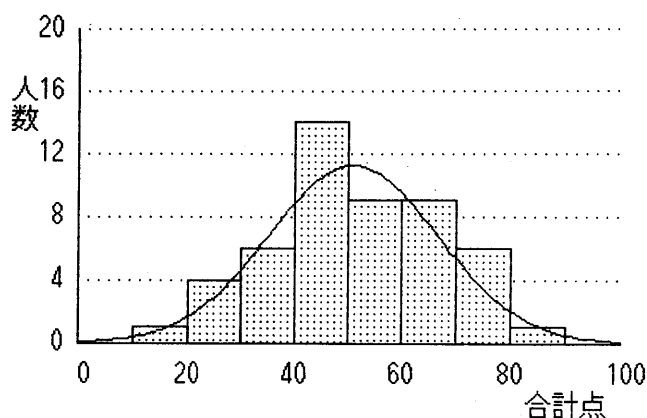
他の分析法で原因を判読する必要がある。

付図-38 無作為データの差異係数

付表-5 無作為データのS-P配列(r-d1)

***** S-P 表 ***** (ファイル = r-d1)

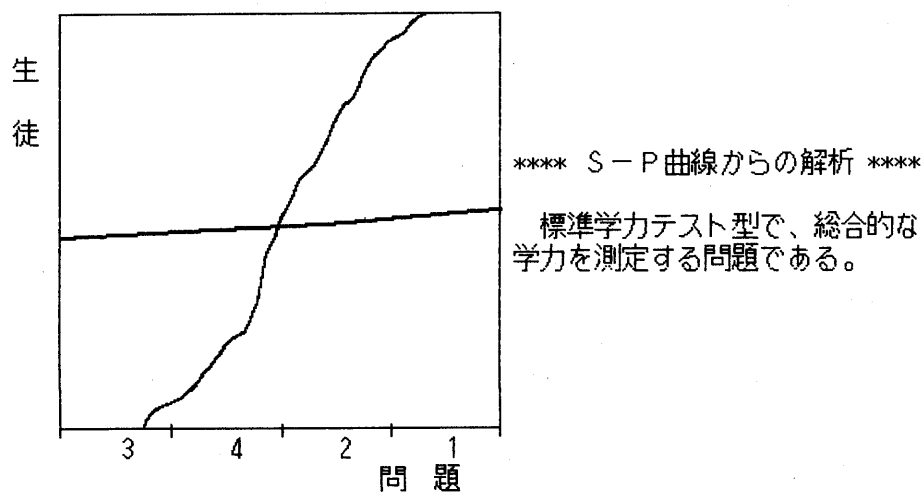
順位	学 籍 番 号	問 題				総得点
		3	4	2	1	
1	11	21	25	20	15	81
2	24	20	16	19	24	79
3	32	20	20	22	16	78
4	46	18	17	19	20	74
5	27	20	18	17	18	73
6	5	24	16	22	8	70
6	18	25	9	22	14	70
8	12	22	20	16	10	68
8	2	22	22	3	21	68
10	39	24	12	21	10	67
11	10	8	22	12	24	66
12	43	22	20	4	17	63
12	50	15	20	16	12	63
14	4	23	19	19	0	61
14	36	8	24	8	21	61
16	29	8	21	15	16	60
17	6	20	3	12	24	59
18	25	10	21	25	2	58
19	16	14	11	14	18	57
20	3	24	10	20	1	55
21	14	22	10	8	13	53
21	23	3	20	17	13	53
23	20	11	10	18	13	52
24	34	3	15	8	25	51
25	8	7	18	17	8	50
26	19	2	24	3	20	49
26	42	5	15	5	24	49
28	28	8	6	13	21	48
29	1	17	13	11	6	47
30	17	3	16	25	2	46
30	22	6	13	22	5	46
30	49	3	10	22	11	46
33	7	24	5	9	7	45
33	37	22	1	16	6	45
33	21	11	16	1	17	45
36	30	11	5	12	16	44
37	33	20	21	0	2	43
37	40	9	20	6	8	43
39	15	20	12	8	1	41
40	45	12	10	4	11	37
40	47	2	2	10	23	37
42	38	10	0	18	7	35
43	26	15	1	17	1	34
44	31	2	12	4	14	32
45	35	7	7	10	7	31
46	9	15	7	2	5	29
47	44	6	6	13	2	27
48	41	16	0	1	5	22
49	48	1	0	6	13	20
50	13	5	7	2	5	19
平均点 (点)		13.3	13.0	12.7	12.0	51.0
正答率 (%)		53.3	51.8	50.7	48.2	51.0



点数に対するヒストグラム

平均 = 51.00点 標準偏差 = 15.67点

付図-39 r-d1のヒストグラム



S-P 曲線

—— S 曲線 —— P 曲線

付図-40 r-d1の拡張S-P表

◎ 差異係数による解析

差異係数 D^*

1.031

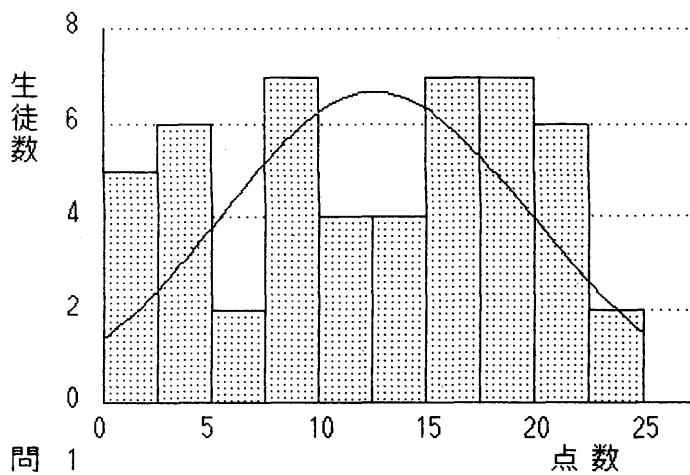
要注意

指導方法が適していない。

他の分析法で原因を判読する必要がある。

付図-41 $r-d1$ の差異係数

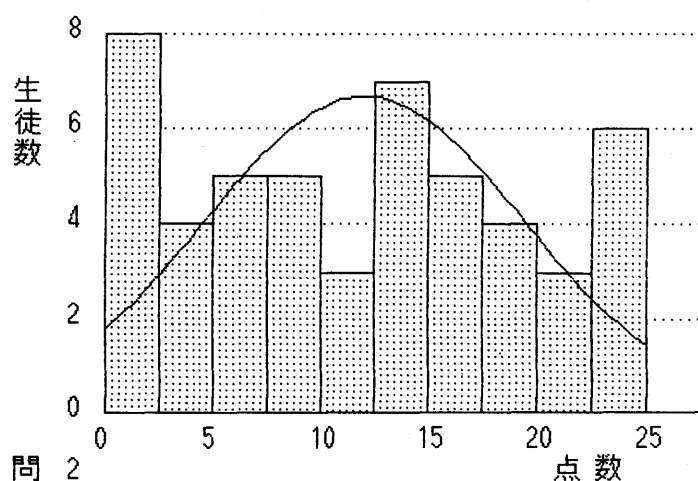
◎ 難易度解析及び得点度数分布



この問題は満点が 25 点の問題で、
 平均点は 12.68 点、標準偏差は 7.14 点です。
 この問題の難しさは普通であり生徒の学力を知るうえで適当である。
 この度数分布の特徴は、2 つ以上山のある分布であります。

付図-42 $r-d1$, 問 1 のヒストグラム

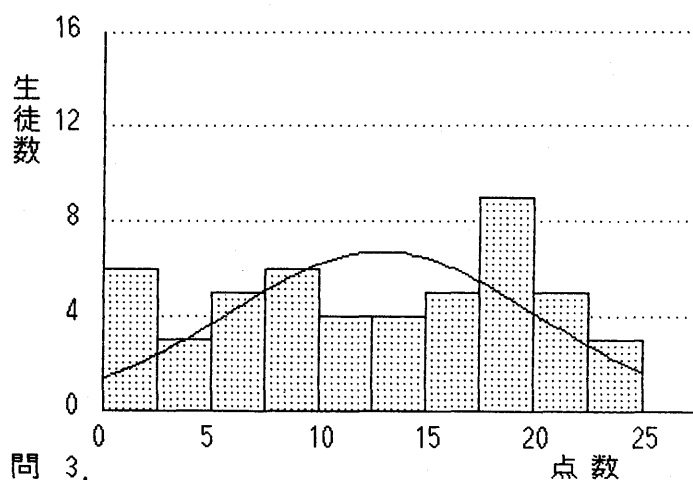
◎ 難易度解析及び得点度数分布



この問題は満点が 25 点の問題で、
 平均点は 12.04 点、標準偏差は 7.40 点です。
 この問題の難かしさは普通であり生徒の学力を知るうえで適当である。
 この度数分布の特徴は、2 つ以上山のある分布であります。

付図-43 r-d1, 問2のヒストグラム

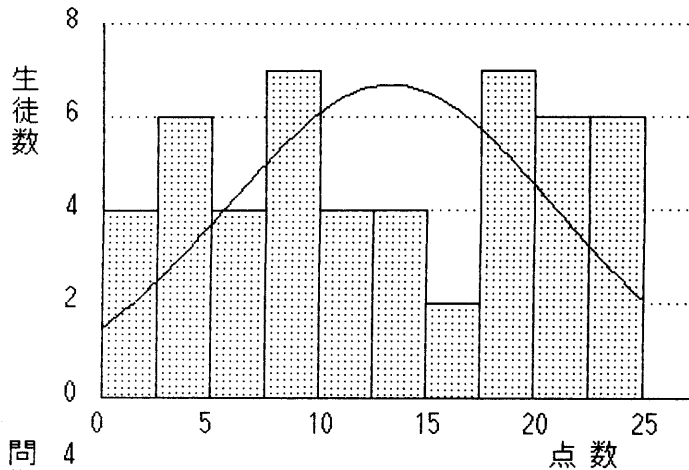
◎ 難易度解析及び得点度数分布



この問題は満点が 25 点の問題で、
 平均点は 12.96 点、標準偏差は 7.21 点です。
 この問題の難かしさは普通であり生徒の学力を知るうえで適当である。
 この度数分布の特徴は、2 つ以上山のある分布であります。

付図-44 r-d1, 問3のヒストグラム

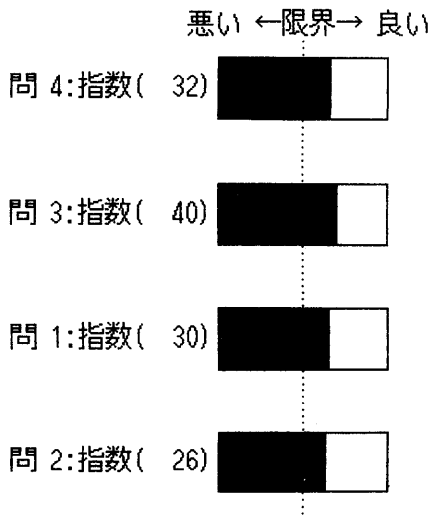
◎ 難易度解析及び得点度数分布



この問題は満点が 25 点の問題で、
 平均点は 13.32 点、標準偏差は 7.62 点です。
 この問題の難かしさは普通であり生徒の学力を知るうえで適当である。
 この度数分布の特徴は、矩形分布であります。

付図-45 r-d1, 問 4 のヒストグラム

◎ 適性度解析



指数値が +100 になれば、この問題は生徒の学力を知るうえで最も理想的な問題であり、指数値が 0 となる時が、その限界である。
 従って指数値が、負の値になれば この問題は生徒の学力を知るうえにおいてあまり良い資料となりえない。指数値が -100 になる時が最も矛盾している。

付図-46 r-d1 の各問の適性度

である。ここで問題の適性度を見ると付図-46のように何れも要注意(40以下)となる。適性度が0に近くないのは問題数が少なく配点が高いためと見られる。

5. 研究成果のまとめと今後の研究課題

拡張S-P表における差異係数 D^* の定義をP曲線を変えない方法で定義し、学期末テストについて評価を行なった。即ち一般のS-P表分析法では全体の平均回答率 P に合わせて無作為データをつくり、P曲線の型によりテスト型、ドリル型、プリテスト型等に分類して差異係数 D の値の範囲を経験的に求めている。今回拡張S-P表で提案する差異係数 D^* は、実際に得られたP曲線を変えないで、各問題の正答率 P_i に合わせて無作為データをつくり、生徒の無作為総得点によるS曲線とP曲線に囲まれる面積と、実際に得られた拡張S-P表上のS曲線とP曲線に囲まれる面積の比をもって定義した。この定義による差異係数 D^* により学期末テストの評価を試みたところ、下記の諸項が分かった。

- (1) 差異係数 D^* の値は、乱数によるデータの拡張S-P表の値との比を取ることで、試行の都度値が変わるが、テストの等質性を調べる目安になる。 D^* の値が0.5以上のときは要注意である。“良いテスト”では0.4程度以下になる。
- (2) 差異係数 D^* の値が0.5以上のテストでは、問題の適性度解析を行なう必要がある。事例では $D^* = 0.635$ のテストで適性度の悪い問題が9%(得点)含まれていた。
- (3) 適性度の悪い問題は、授業方法、設問内容を見直す必要があるが、他の原因には「試験時間が足りない」或はカンニングがあるかも知れない。良い授業と良い試験を行なうことを研究しなければならない。

【今後の研究課題】

- (1) S-P表における差異係数 D は、テストの結果を先ずマクロに調らべることで有効

に使用されているが、拡張S-P表について筆者の提案する D^* の値も同じ目的に使用できそうであることが分かった。今回報告した方法では無作為データをその都度発生させて D^* を計算したが、S-P表における佐藤氏の研究のように分布を想定した近似値計算式⁽³⁾⁽⁴⁾を求めれば計算の都度 D^* の値が変わることがなくなる。今後の研究課題である。

- (2) 拡張S-P表における問題注意係数 CP については前回報告したが、生徒注意係数 CS についても、研究する必要がある。
- (3) 問題分析の適正なフローチャートを研究する必要がある。
- (4) 更にデータを集めて評価する必要がある。

6. 結 語

拡張S-P表における差異係数 D^* を定義して、前に報告した⁽¹⁾問題の注意係数 CP と適性度との関連を実験的に求めて相互に矛盾のないことが分かった。差異係数 D^* により、テストの等質性をマクロに判定する方法は、一般のS-P表分析で多くの報告があるが、拡張S-P表について筆者の定義する D^* の値も同じ目的に使用できる。今後データを集積して更に検証して行く所存である。

最後に本研究に有効な御助言をいただいた、電子工学科教授三上修工学博士に謝意を表し、合わせて1985年、1986年度に本テーマのプログラム作成とデータ評価に協力いただいた佐々木、三上卒業生の担当諸君に感謝して今回の報告を終ることとする。

【参 考 文 献】

- (1) 佐々木一彦 「S-P表の拡張に関する考察(その1)」 中部大学経営情報学部論集 Vol.1 No.2 (1985年11月)
- (2) 藤田広一著 「教育情報工学概論」 昭晃堂 (1975年)
- (3) 佐藤隆博著 「S-P表の作成と解釈」 明治図書

(1975年)

- (4) 佐藤隆博編著 「CMIシステム—教育における
コンピュータ利用」 電子通信学会編(1976年)
- (5) 池田央 「客観式試験問題作成における配慮点」
電子通信学会誌 3/1972年 Vol. 55, No. 3
- (6) 平野利治他 「教育現場におけるS—P表の観察
ポイントと利用例」 電子通信学会教育技術研資
ET74—4 (1974—07)
- (7) 佐藤隆博他 「S—P表の性質に関する考察と因
子分析」 信学会教育技術研資 ET74—4
- (8) 竹谷誠 他 「ブリテスト, ポリテストへのS—
P表処理法の応用」
電子通信学会技報 ET75—3 (1975)