

I-WAテストによる授業の評価について — CATI法 —

佐伯卓也 (岩手大学教育学部)

は し が き

学習者の認知構造測定用具を利用して、学習者の認知構造の授業による変容を調べ、ある授業の効果（または成功度）を総合的に評価するために、この手順、CATI法を考案した。この小論ではCATI法のアウトラインを述べ考察を加えることにする。

CATI法とは Composite Assessment for Teaching through I-WA Test (I式WAテストによる授業の複合的評価) からとっている。テスト用具として I-WA テスト (佐伯, 1980, 1981a, b, c), 授業評価を、個人レベルでは S-P 表から、クラスレベルでは P-P グラフ分析から、さらに、これらを時系列データとみて評価するときには階差 P-P グラフ (佐伯, 1982 a, b) から幅広く複合的に、しかも、マイクロコンピュータ等の導入により、短時間にしかも簡単に結果を得ようというものである。

本研究の間、データ処理や討論参加で協力を賜った昭和56年度佐伯研究室配属の学生(4年次)、東谷修、池田明美、小野寺一行、菅野和恵、坂内達也、千田敦子、千田恵の諸君に感謝する。また、S-P表処理は岩手大学教育工学センター設置の NEC SPEEDY M SYSTEM, PC-8001 を利用した。

1. CATI 法のあらまし

1.1. CATI 法の要素

- 1° 内容構造図 (距離行列) の作成
- 2° 認知構造図 (距離行列) の作成
- 3° 以上の d , D の計算

4° S-P 表の作成

5° TAC, AC の計算 (d_A , d_E)

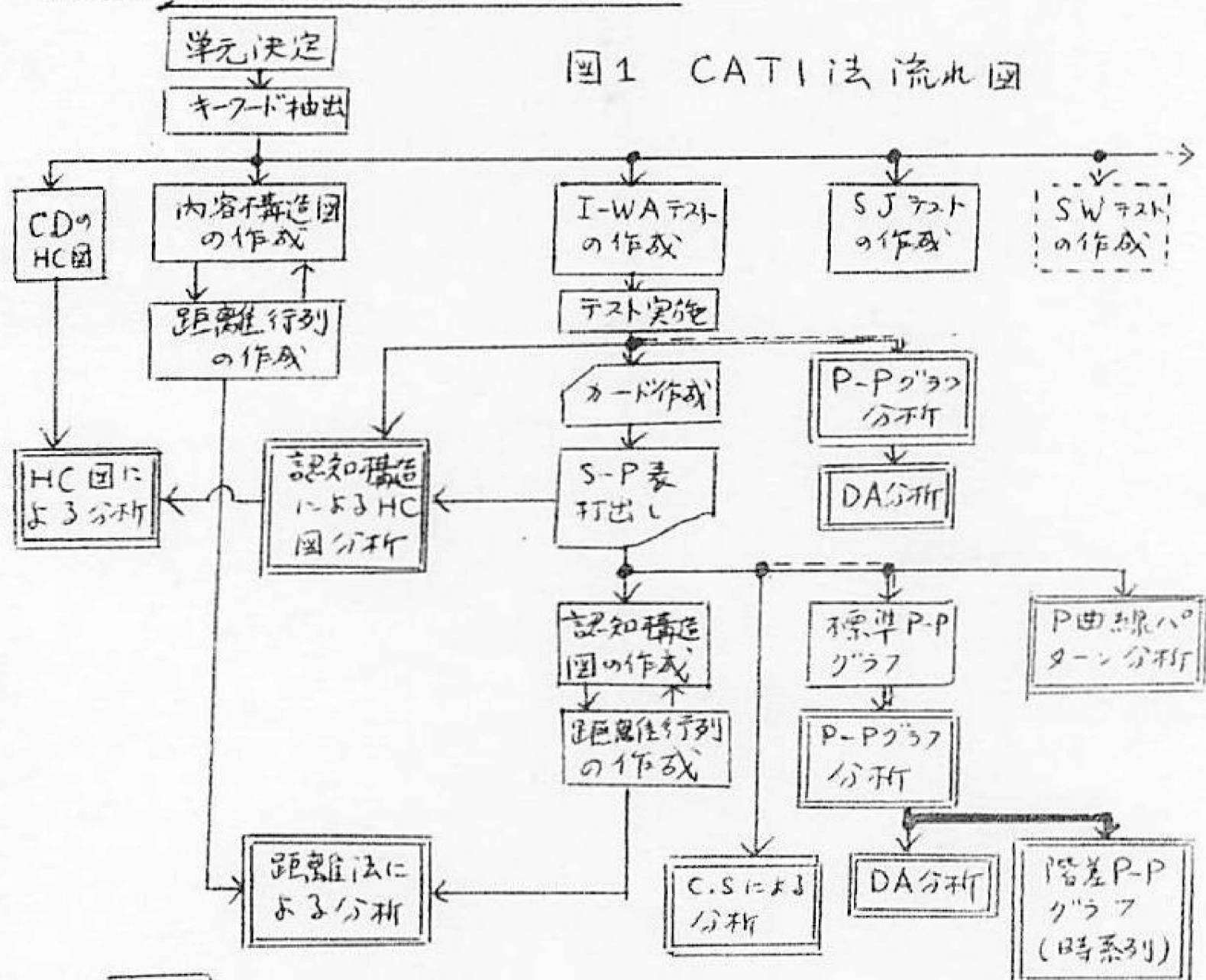
6° 標準 P-P グラフ (PPG と略す) の作成

7° 階差 P-P グラフ (ΔPPG , $\Delta^2 PPG$ 等) の作成

以上 1° ~ 3° までは拙論 (佐伯, 1980; 1981abc) を, 4° については例えは佐藤 (1975) を, 5° ~ 7° については小論でも触れるが, 6° ~ 7° については拙論 (佐伯, 1982ab) を参考にするより。

特に I-WA テストに制限はないときは, "CAT 法" と呼ぶ。

1.2. CAT 法の流れ図 (図 1)



 授業評価の素材を得る分析箇所

⇒ 2回 (例えは"事前テスト, 事後テスト) 以上のデータが必要箇所

→ 3回以上のデータが必要箇所

2. S-P表からのデータ処理

ハードウェアとして NEC SPEEDY (PC8080) の出力をもとにしている。

2.1. 距離 d_P

S-P 表出力のうち、問題 P の正答率 (%) の大きさ、方から、そのまゝの順で並べている値を $\tilde{x}_1, \tilde{x}_2, \dots, \tilde{x}_n$ とする。他の S-P 表で同じ値を $\tilde{y}_1, \tilde{y}_2, \dots, \tilde{y}_n$ とする。2つの集団 (S-P 表 2枚) の間の距離 d_P を

$$d_P = \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{i=1}^n (\tilde{x}_i - \tilde{y}_i)^2}$$

で定義する。 n はキーワード隣接箇所 (内容構造) の数とする。

2.2. 距離 d_A

2種の S-P 表があったとき P の % を対応するキーワードの隣接箇所でのった距離 d_A を

$$d_A = \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}$$

で定義する。 n は d_P と同じ、 x_i, y_i は対応する隣接箇所^(の値)とする。

2.3. TAC と AC

TAC とは全隣接係数 (total adjacent coefficient), AC とは内容構造隣接係数 (adjacent coefficient of content structure) のことである。TAC と AC も S-P 表から定義されるが、違いは、TAC の場合はキーワードの全体の組、従って、キーワードが p 個あるとき、 $\binom{p}{2} = \frac{1}{2} p(p-1)$ 個、AC は内容構造の隣接箇所だけの値をとっている所にある。

S_n を生徒数、 P_n を問題数 (CATI法ではキーワードの組合せ数)、 $\sum CA_k$ を S-P 表にでている "1" の数全体とすると

$$AC(TAC) = \frac{2 \sum CA_k}{S_n P_n} - 1$$

で定義する。AC も TAC も -1 と $+1$ の間の値をとる。P 曲線のパターンとの関係は図 2 のようになる。

2.4. 例

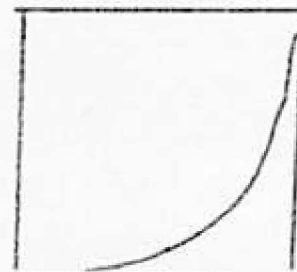
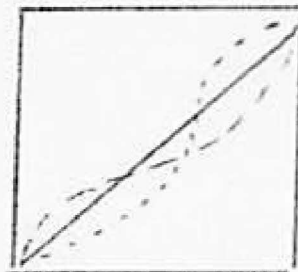
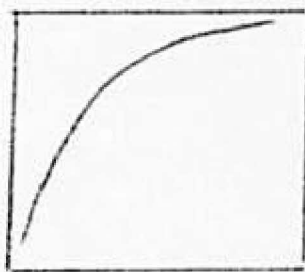
1981(S56).5.29 単元「ベクトル」(高校)。被験者 岩手大学教育学部学生, GS-WAテスト受験者 26 (男16, 女10), I-WAテスト受験者 26

図2 P曲線ハートンとACの値の関係図

AC < 0 (負)

AC = 0

AC > 0 (正)



(男20, 女6)。dpの例を表1, ACとTACの例を表2で示す。

表1 dpの例

			GS-WA				I-WA			
			男		女		男		女	
			内(1)	内(2)	内(1)	内(2)	内(1)	内(2)	内(1)	内(2)
			男	女	男	女	男	女	男	女
GS-WA	男	内(1)	0	2.85	4.13	5.74	6.77	6.61	7.03	7.27
		内(2)		0	2.53	3.94	5.35	5.58	5.83	5.76
	女	内(1)			0	2.50	3.65	3.82	4.56	4.14
		内(2)				0	2.64	2.89	4.23	3.77
I-WA	男	内(1)					0	0.59	2.85	2.78
		内(2)						0	2.93	3.17
	女	内(1)							0	1.95
		内(2)								0
記号			C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈

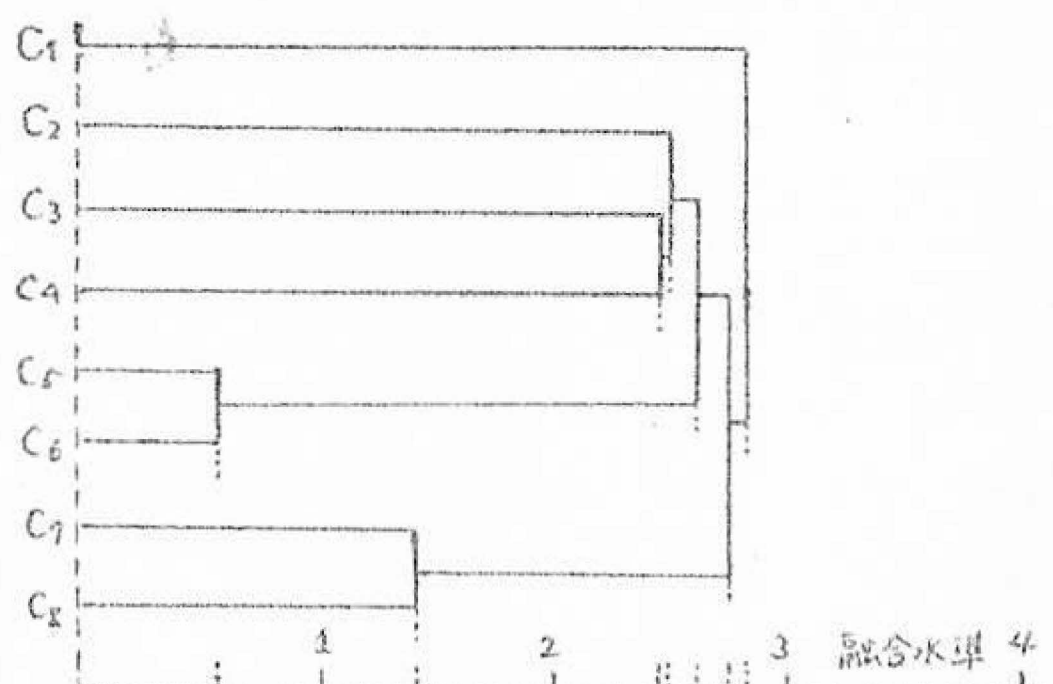
表2 ACとTACの例

			AC		TAC	
GS-WA	トータル	内(1)	+ .04	}	-	.2978
		内(2)	+ .18			
	男	内(1)	- .0417	}	-	.3472
		内(2)	+ .1042			
	女	内(1)	+ .2167	}	-	.2278
		内(2)	+ .3333			
I-WA	トータル	内(1)	+ .3910	}	-	.3333
		内(2)	+ .4038			
	男	内(1)	+ .4	}	-	.3333
		内(2)	+ .4			
	女	内(1)	+ .3611	}	-	.2
		内(2)	+ .4167			

表中 内(1) 内(2)とは、このとき「ベクトル」の内容構造に(1)と(2)があつたのでそれぞれの内容構造をとり処理したことを示している。

表1で示した距離 d_p をもとにしてクラスター分析ができる。その結果のデンドログラムを図3で示す。 C_1, \dots, C_8 は表1の記号に 대응する。

図3 表1の距離 d_p より作ったデンドログラム



なお、このクラスター分析は最短距離法を用いている(他の手法でも可)。

3. 標準 P-P グラフと階差 P-P グラフ

3.1. 標準 P-P グラフ (PPG) (standard P-P graph)

P-P グラフについてはすでに何度も公表している(佐伯, 1981a, b, 佐伯・倉島, 1981)ので略す。所で P-P グラフは S_s の人数によって伸び縮みがあって都合が悪い(特にマイクロコンピュータの KRT 表示のとき)。そこで S-P 表打出出しのとき、各問の正答数の百分率がある。それを用いて作った P-P グラフが標準 P-P グラフ (standard P-P graph) であって、x 軸, y 軸の目盛りは 0 ~ 100 となり都合がよくなる。しかもこのグラフは、もとのグラフに比べ単に縮尺の伸び縮みだけでパターンや回帰直線に影響はない。さらに変容係数 β_1, β_2 も変らない(佐伯, 1982a)。この標準 P-P グラフを以後 PPG と略記することにする。

これの応用として次の階差 P-P グラフが考えられる。

3.2. 階差 P-P グラフ ($\Delta PPG, \Delta^2 PPG$) (difference P-P graph)

まず仮想的なデータ(表3)で説明をする。これは、 t_i ($i=1, 2, 3, 4$) は

表3 仮想データ(1)

	t_1	t_2	t_3	t_4
A	30	15	10	15
B	10	20	25	20

表4 仮想データ(1)より作った
 Δ 表(第1次階差データ)(2)

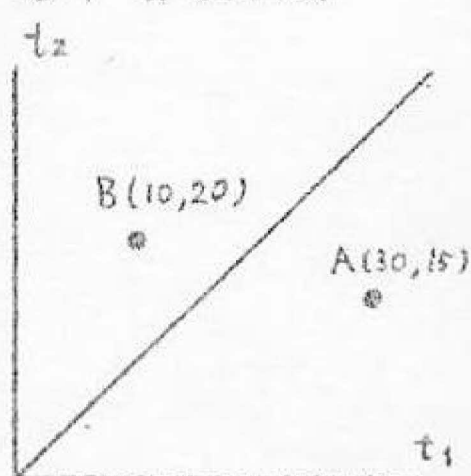
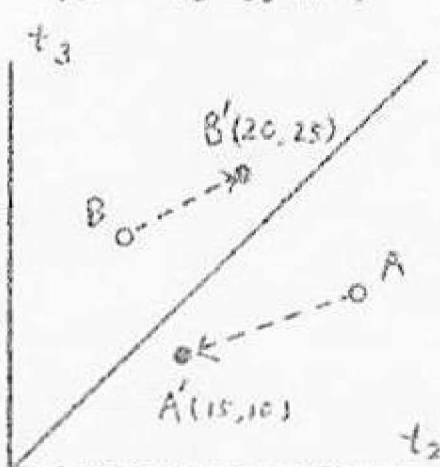
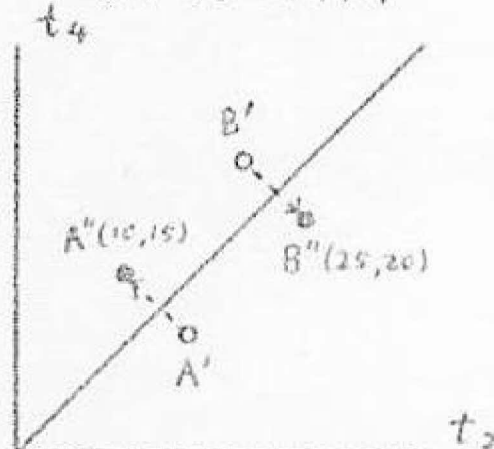
	t_1	t_2	t_3
A	-15	-5	5
B	10	5	-5

表5 階差データ(2)より作った
 Δ^2 表(第2次階差データ)(3)

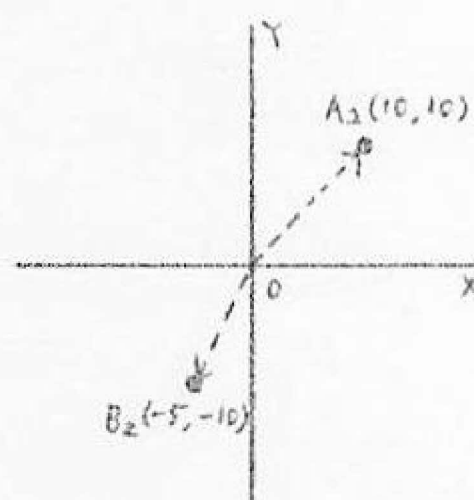
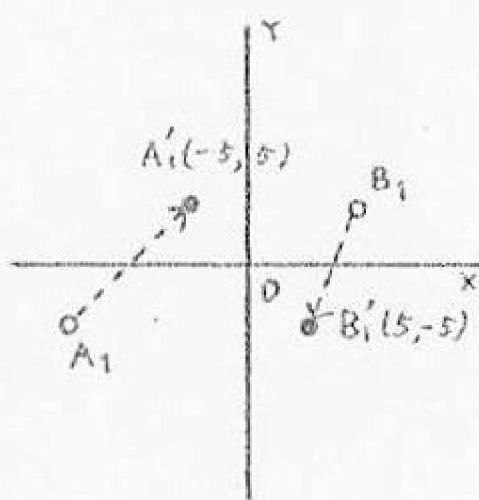
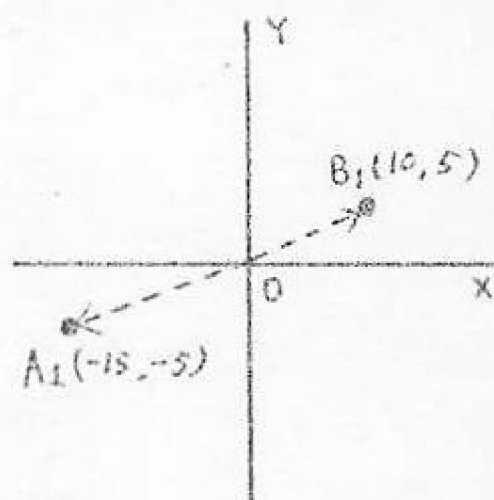
	t_1	t_2
A	10	10
B	-5	-10

時点(時刻)における A と B の
時刻データとする。表4は仮想
データ(1)の第1次階差データで、
各々は、 t_{i+1} ($i=1, 2, 3$) のデータ
より t_i の値を引いて作っている。
表5は階差データ(2)より同じよ
うにして作った第2次階差データ
である。

次に仮想データ(1)を用いて、
3種の P-P グラフ(標準), つまり
PPG が作られる。次に示す
(図4, 5, 6)。

図4 t_1-t_2 PPG図5 t_2-t_3 PPG図6 t_3-t_4 PPG

次に表4の第1次階差データから第1次階差 P-P グラフ, つまり Δ PPG と作る。

図7 Δ PPG ($t_1-t_2-t_3$)図8 Δ PPG ($t_2-t_3-t_4$)図9 Δ^2 PPG

$t_1 \rightarrow t_3$ の値に対しては図7, $t_2 \rightarrow t_4$ の値に対しては図8となる。図5と図7とを
比べると、 $\overrightarrow{AA'} = \overrightarrow{OA_1}$, $\overrightarrow{BB'} = \overrightarrow{OB_1}$ の関係がある。さらに図9の Δ^2 PPG

(第2次階差 P-P グラフ) は Δ^2 表 (表5) より作ったものである。ここでは、図8のベクトルと図9のベクトルの間に $\overrightarrow{A_1 A'_1} = \overrightarrow{O A_2}$, $\overrightarrow{B_1 B'_1} = \overrightarrow{O B_2}$ の関係がある。

次にこれら階差 P-P グラフの見方を説明する。もとのスコア (表3) が $t_i \rightarrow t_{i+1}$ で増 (減) があるとき、それぞれに対して ΔPPG の4つの象限のうちどこに入ってくる (境界上もある)。これを表6で示す。例えば

表6 もとのスコアの増減と ΔPPG の関係

$t_i \rightarrow t_{i+1}$	$t_{i+1} \rightarrow t_{i+2}$	ΔPPG での対応点の存在する象限
増	増	I
減	増	II
減	減	III
増	減	IV

図7では点Aが $t_1 \rightarrow t_2$ で減, $t_2 \rightarrow t_3$ で減, 従って ΔPPG では第III象限に入ったし, Bは増 \rightarrow 増であるから第I象限に入ったことがわかる。

次に $\Delta^2 PPG$ を説明する。例えば点Aの t_i の値を $A(t_i)$ と書くとき,

$$\Delta A_i = A(t_{i+1}) - A(t_i)$$

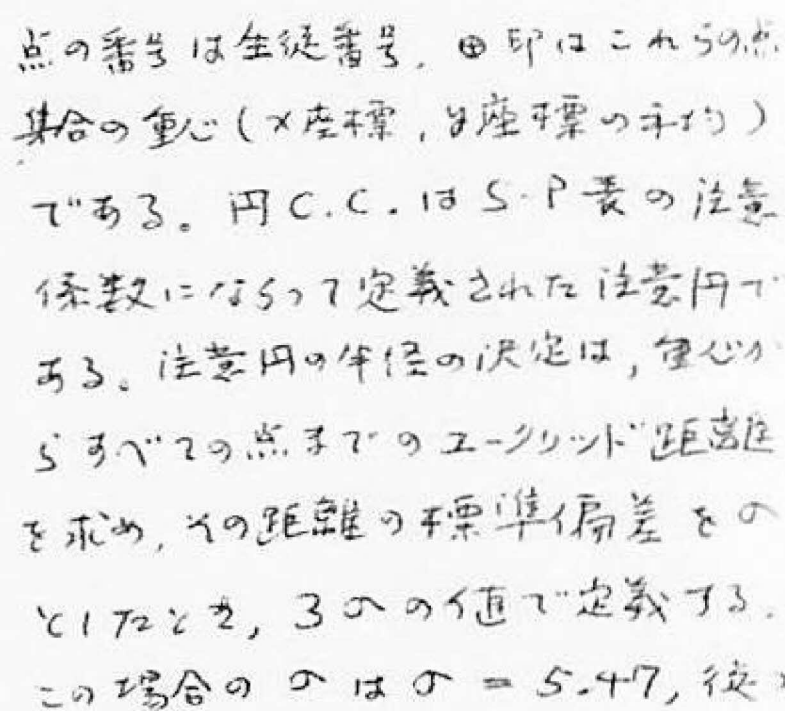
を $t_i \rightarrow t_{i+1}$ の傾きとすることにする。この傾きという語を用いると $\Delta^2 PPG$ はもとのデータの傾きの変化の状態を示すことになる。仮想データ (表3) の

表7 もとのスコアの増減の傾きの変化と $\Delta^2 PPG$ の関係

$t_1 \rightarrow t_2$ の傾きに 対し, $t_2 \rightarrow t_3$ の 傾きの増減	$t_2 \rightarrow t_3$ の傾きに 対し, $t_3 \rightarrow t_4$ の 傾きの増減	$\Delta^2 PPG$ での対応点の存在する象限
増	増	I
減	増	II
減	減	III
増	減	IV

$\Delta^2 PPG$ (図9) をみると、点Aは $t_1 \rightarrow t_2$ で -15, $t_2 \rightarrow t_3$ で -5 であるので傾きの変化は $(-5) - (-15) = 10$ (×座標), さらに $t_3 \rightarrow t_4$ で +5 であるので $t_2 \rightarrow t_4$ の傾きの変化は $5 - (-5) = 10$ (×座標) となりたがいに $\Delta^2 PPG$ の第I象限にくる。Bについても同じである。

PPGの例(左伯, 1982b) 7" あり.



4. 考察

また 2 でのべた S-P 表からの P 曲線パターン分析は、授業によって P 曲線パターンがどのように変容したか、異なる S-P 表の P 曲線間には d_E 等の距離を導入して、クラスターリング手法を導入し、類別するものである。これも同時的にそれは継続的な授業効果のデータを得る資料となると考えられる。

参 考 文 献

- 1 佐伯卓也 (1980) 数学教育における認知構造の測定法,
岩手大学教育学部研究年報, 40, 195~201
- 2 佐伯卓也 (1981a) 言語連想テスト (I 式) の処理 — WA テスト
P-P グラフ分析 —, 日本教科教育学会誌, 6, 195~199
- 3 佐伯卓也 (1981b) 学習者の認知構造測定テストの P-P グラフ
分析と DA 分析, 日本科学教育学会年会 (札幌) 論文集, 5,
145~146
- 4 佐伯卓也 (1981c) 学習者の認知構造の変容, 岩手大学教育学
部研究年報, 41, 229~236
- 5 佐伯卓也 (1982a) 標準 P-P グラフと P-P グラフ分析, 岩手
大学教育工学センター教育工学研究, 4, 印刷中
- 6 佐伯卓也 (1982b) P-P グラフ分析 — 階差 P-P グラフと
その応用 —, 第28回東北北陸数学教育基礎研究発表要項
- 7 佐伯卓也・倉島政治 (1981) I 式 WA テストの P-P グラフ分析
について, 信学技報, ET 81-6, 45~46
- 8 佐藤隆博 (1975) S-P 表の作成と解釈, 明治図書, 東京
- 9 渡正亮・峯学 (1982) 多変量解析プログラム (増訂版),
工学図書, 東京

On the Assessment of Teaching through I-WA Test

— CATI Method —

by

Takuya SAFKI

(The Faculty of Education, Iwate University)

(Abstracted)

The present article consists of comments about the CATI Method (Composite Assessment for Teaching through I-WA Test) which are procedures to assess a teaching (of mathematics) from the classroom point of view and from the student point as individual level.

- The main parts of the CATI Method consist of
- 1° the construction of a content structure diagram (distance matix),
 - 2° the construction of a cognitive structure diagram (distance matrix),
 - 3° the distances d and D of the "meaningfulness" and the distance matrices respectively,
 - 4° the consruction of the S-P Table (Student-Problem Table),
 - 5° the total adjacent coefficient (TAC) and the adjacent coefficient of content structure (AC) defined by d_A and d_p which are distances between P-Curves in the S-P Table,
 - 6° the construction of standard P-P graphs (PPG),
 - 7° the construction of difference P-P graphs (Δ PPG, Δ^2 PPG).

The remainder of the article consists of explanat-ions about 5°, 6° and 7° and discussions about them.