

高等学校農業学習におけるテスト分析とその評価

— S-P 表分析法と林数量化 3 類に基づく小川の分析法との比較 —

山崎 貞登*・横田 正信**・荒川 幸夫***

(1991年10月15日 受理)

A Test Analysis and its Evaluation in Agricultural Course of Study at the Level of Upper Secondary Schools

— A Comparison of S-P Table Analysis with Ogawa's
Analysis Based on Hayashi's Theory of Quantification (Ⅲ)—

Sadato YAMAZAKI, Masanobu YOKOTA and Yukio ARAKAWA

1. 緒 言

受験競争の過熱化にともない、高等学校の定期テストの成績処理が平均点や得点の分布を表示し、生徒の集団内の順位や相対的位置（偏差値）を算出して、生徒間の序列をつけることに終始しがちである。むしろ、教師の日常の学習指導における関心は、各生徒の学習状況のモニタリングとともに、生徒自身の主体的な学習による自己実現力の育成や、生涯学習の基礎となる自己教育力の育成の援助である。

学習のフィードバック情報を得るために開発されたテスト評価法として、佐藤（1975, 1980）^{1,2)}による S-P 表分析法がある。S-P 表分析法では、生徒集団の平均的な難易度の分析をとらえて、それに一人一人の生徒の正答・誤答パターンを照合する。

一方、教授方略立案のための情報入手という観点から、小川（1984a, b）^{3,4)}は、林数量化 3 類を用いた分析法（以後、小川の分析法と記述）を提案している。小川の分析法は、児童生徒一人一人の正答・誤答反応を読みとる点において、S-P 表分析法と共通している。しかし、小川の分析法の

* 鹿児島大学教育学部技術科

** 筑波大学学校教育部

*** 筑波大学附属坂戸高等学校

特徴は、林数量化3類とクラスター分析の利用である。さらに、古谷田・小川(1989)⁵⁾は、実験を含む中学校理科学習におけるグループ分け指導の効果を、小川の分析法によって追試検証している。

しかし、小川の分析法とS-P表分析法を比較検討した先行研究はほとんど報告されていない。小川自身も、この問題は今後の重要な検討課題であると報告している^{3,4)}。

本稿では実際のテストデータを用いて、小川の分析法とS-P表による分析法を比較検討し、両分析法の特徴を明らかにすることを目的とする。

2. 研究対象および方法

2.1 研究対象

研究校：筑波大学附属坂戸高等学校（埼玉県坂戸市）

研究教科：農業科「栽培環境」（教科担任：山崎）の3学期期末試験

試験実施年月日：1990年3月9日

被験者：農業科2年次男子38名（学級担任：荒川）

2.2 供試問題

試験に出題した問題のうち、分析に供試する問題群の等質性をはかるために、植物病理分野から、植物病原菌類の分類についての問題計15問（表2-1）を一群とした。さらに、応用昆虫分野から、農業有害昆虫の種類とその防除法に関する計13問（表2-2）を一群とし、計2群を本研究に供試した。植物病原菌類の分類基準は、高等学校学習指導要領に準拠した上で、Hawksworthら

表2-1 「植物病原菌類の分類」のテスト問題

問題 植物病原菌類の種類について次の文を読み、(1)~(15)にあてはまる語句を下線部解答欄に記入しなさい。

- (1)変形菌類による重要病害として、(2)アブラナ科植物の根に寄生してこぶをつくる根こぶ病がある。(3)センチュウ病と間違いやすい。
- (4)べん毛菌類は、ピシウム菌による苗立枯病、ツユカビ菌による(5)べと病、フィトフソラ菌による(6)疫病などが重要である。
- (7)接合菌類である(8)リゾプス菌（クモノスカビ）は、サツマイモ、イチゴなどに軟腐病を引き起こす。
- (9)子のう菌類、ウドンコ菌によるうどんこ病がある。
- (10)担子菌類は、サビ菌によるさび病、クロホ菌によるくろほ病などが重要病害である。
- (11)不完全菌類は、地上菌としてピリキュラリア菌によるイネ(12)いもち病、ドレクスレラ菌によるイネごま葉枯病、ボトリシス菌による(13)灰色かび病、ペスタロチオプシス菌によるチャ輪班病等があり、土壌菌としては(14)フザリウム菌による萎黄（萎ちょう）病、(15)リゾクトニア菌によるイネ紋枯病などがある。

表2-2 「農業有害昆虫の種類とその防除法」のテスト問題

問1. フェロモンとは何か。	
〈答例〉 同じ種類の生物どうしが、化学的なコミュニケーション (情報のやりとり) を行うために、体外に放出し、他の個体に微量で作用して、強い生理作用を起こさせる物質。	
問2. フェロモンの利用方法を3つ答えなさい。	
〈答例〉 ①モニター用の誘引剤…侵入昆虫のチェックや発生密度の調査、発生予察のために、捕獲器に付設する誘引剤として使う利用法。②大量誘殺…一定地域内の雄を誘引捕獲して除去し、雌の交尾産卵率を低下させる利用法。③交信かく乱…天然の雌が発散するフェロモンの空中濃度以上にフェロモンを充満させることにより、あるいはフェロモンの一構成成分や類縁化合物を大量に投与することで、雌のフェロモン情報をかく乱させる方法。	
問3. フェロモンを利用した防除の長所・短所を答えなさい。	
〈答例〉 有機合成農薬と異なり、抵抗性は発達しない。しかし、農業有害昆虫の加害時期は幼虫であり、フェロモンの有効な成虫期ではないために、加害時期の防除は期待できない。	
問4. アレロケミカルとは何か。	
〈答例〉 異なる種類どうしの化学的コミュニケーションの手段となる物質。	
問5. カイロモンとは何か。	
〈答例〉 アレロケミカル (他感作用物質) のうち、受け取る側が利益を得る場合の物質。	
問6. BT 剤とは何か。	
〈答例〉 蚕の天敵微生物細菌の毒素を合成した農薬で、人体毒性がないといわれている。リン翅目以外には効果はなく、コナガ・ヨトウガ等の専門薬である。幼虫時期しか効かない。	
問7. リサージェンスとは何か。	
〈答例〉 殺虫剤によって天敵が死滅し、薬剤耐性をもった害虫の密度が増加して、農薬散布後に、その害虫の増殖が促進されること。	
問8. 展着剤とは何か。	
〈答例〉 主目的に使う薬剤の物理性を改善して、その効力を増進させる補助的薬剤。薬剤が目的物によく付着し効力を長く持続させる作用や、薬剤が均一に水に溶けて、むらなく散布できるようにする性質などをそなえたもの。	
問9. ヨトウガ・コナガ・ニカメイガは昆虫分類学上、何目に分類されるか。	答 リン翅目
問10. アブラムシ・コナジラミ・ツマグロヨコバイは何目に分類されるか。	答 半翅目
問11. アザミウマ類 (スリップス) は何目に分類されるか。	答 総翅目
問12. コガネムシ・キスジノミハムシは何目に分類されるか。	答 ショウ翅目
問13. ハエ・カ・アブ類は何目に分類されるか。	答 双翅目

(1983)⁶⁾の分類と飯田ら (1982)⁷⁾に、農業有害昆虫の分類は、安松ら (1982)⁸⁾の分類に従った。供試問題は偶然正答を防ぐために、完全記述問題あるいは適語補充記述問題とした。なお、誤字・脱字は誤答とした。採点の非一貫性とハロー効果を防ぐために、各問題ごとに全生徒の答案を採点した。また、被験者の個人データを供試することに留意し、生徒番号と出席番号順を一致させないために、被験者全員をランダムに配列した後、各被験者に生徒番号を与えて供試した。

2.3 分析方法

2.3.1 S-P表分析法

本研究で用いたS-P表分析は、佐藤(1975)¹⁾の方法に従った。最初に差異係数Dを求め、一連のデータを1つのS-P表に統合する妥当性を確認した。さらに、問題(カテゴリー)と生徒(サンプル)の各注意係数を計算した。

2.3.2 小川の分析法

林数量化3類によるテストの内容分析は、小川(1984a, b)^{3,4)}が開発した方法を用いた。問題群「植物病原菌類の分類」のテスト分析では、生徒番号17, 24, 26の15カテゴリーに対する反応がすべて0であったので、サンプルから除外し、計算対象の件数を15カテゴリー×35サンプルとした。0-1行列で作成した原データは、林数量化3類によって固有値問題を解いた。反復回数は101回、収束精度は 10^{-5} とした。次に、固有値1.0を除き、最大値より3個の固有値により、それぞれに対応する固有ベクトルの要素を求め、3次元の数量を与えた。また、各点間の類似性を視覚化する方法は、重みつきユークリッド距離(3次元)行列によるクラスター分析(ウォード法)を用いた。

3. 結果および考察

3.1 植物病原菌類の分類

3.1.1 S-P表分析

3.1.1.1 差異係数

S-P表分析結果を図3-1に示した。各生徒のテスト得点の度数分布であるS曲線と、各問題についての正答者数の分布を表すS曲線の差異係数D1を求めると、

S, P両曲線間の1と0の数は32、生徒数 $N=38$ 、問題数 $n=15$ であるから、 $\sqrt{N \times n} \doteq 23.87$ となる。 $\sqrt{N \times n}$ の小数点1桁を四捨五入した値、すなわち、 $M = [\sqrt{N \times n} + 0.5] \doteq [23.87 + 0.5] \doteq 24$ である。

$M=24$ のとき $D_b(24)=0.341$ が算出される。平均正答率 $p=0.714$ であるから

$$D1 = \frac{32}{4 \times 38 \times 15 \times 0.714(1-0.714) \times 0.341} \doteq 0.222$$

差異係数Dの値は一般に0.5前後が標準的であり、供試結果の差異係数の値から、生徒たちの学習反応の密着性が高いといえる。しかし、生徒達成率の高い生徒と低い生徒の両極端に分かれたことに留意する必要がある。また、差異係数の結果によって、計15問からなる問題を一つのS-P表に結合したことは妥当であると考えられる。

		問題 NO													問題数	計	生徒達成率	注意係数	
		2	3	6	11	1	5	12	10	9	7	13	4	8	14	15	15		
生徒 NO	19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	1.00	0.00
	36	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	1.00	0.00
	21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	1.00	0.00
	35	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	1.00	0.00
	32	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	1.00	0.00
	27	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	1.00	0.00
	16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	1.00	0.00
	7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	1.00	0.00
	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	1.00	0.00
	29	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	1.00	0.00
	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	1.00	0.00
	38	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14	0.93	1.44
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	14	0.93	0.00
	37	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	14	0.93	0.00
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	14	0.93	0.63
	14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	14	0.93	0.00
	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	14	0.93	0.00
	33	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	14	0.93	0.00
	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	14	0.93	0.00
	25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	14	0.93	0.90
	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	13	0.87	0.72
	13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	13	0.87	0.00
	23	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	13	0.87	1.05
	8	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	11	0.73	0.65
	5	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	11	0.73	0.22
	12	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	11	0.73	0.22
	10	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	9	0.60	0.48
	28	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	9	0.60	0.53
	22	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	7	0.47	0.19
	20	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0.33	0.12
	34	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4	0.27	0.28
	30	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0.27	0.07
	18	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0.27	0.07
31	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.07	0.00	
15	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.07	0.41	
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1			
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
正答者数		32	31	30	30	30	29	29	27	27	26	26	26	25	23	16	407		
問題正答率		0.84	0.82	0.79	0.79	0.79	0.76	0.76	0.71	0.71	0.68	0.68	0.68	0.66	0.61	0.42			
注意係数		0.31	0.18	0.07	0.06	0.06	0.05	0.28	0.05	0.02	0.08	0.08	0.09	0.00	0.11	0.03			
生徒数		38																	

図 3-1 S-P 表 (植物病原菌の分類)

3.1.1.2 問題の注意係数と正答率

横軸に問題注意係数, 縦軸に問題正答率として, 各問題の分析結果を平面上にプロットした (図 3-2)。一般に, 注意係数 ≥ 0.3 の問題は検討を要し, 注意係数 ≥ 0.5 の場合は, 問題に異質な要素が含まれている可能性があるといわれる。

供試問題のうち問題 2 の正答率は 0.84 と高率であるが, 注意係数が 0.31 とやや高い値を示した。問題 2 以外が菌類の綱レベルの分類や, 病原体の属レベルの学名または和名に関する出題であるのに対し, 問題 2 は宿主植物名を質問していることに起因すると思われる。

問題正答率 > 0.5 の供試問題は問 15 の 1 問のみで, 問 15 の正答率は 0.42 であった。なお, イネ紋枯病菌のアナモルフである *Rhizoctonia solani* (テレオモルフは *Pellicularia sasakii*) の病原菌の形態は, 同一学期に当該科目の実験実習において, 人口培養によるコロニーの形状, その分生子および菌糸

の形態観察を行っている。実験実習で本菌を供試しているにもかかわらず、テストの正答率が低い理由として、1) 被験校では稲作栽培を実施していない、2) 実習農場における本菌による被害が軽微であることなどが考えられる。

3.1.1.2 生徒の注意係数と達成率

図3-3において、横軸に生徒注意係数、縦軸を生徒達成率として、各生徒を平面上にプロットした。横方向の注意係数は0.5で、縦方向は0.45および0.8で各々分類した。

1) 生徒達成率 ≥ 0.8 で、生徒注意係数 < 0.5 の生徒

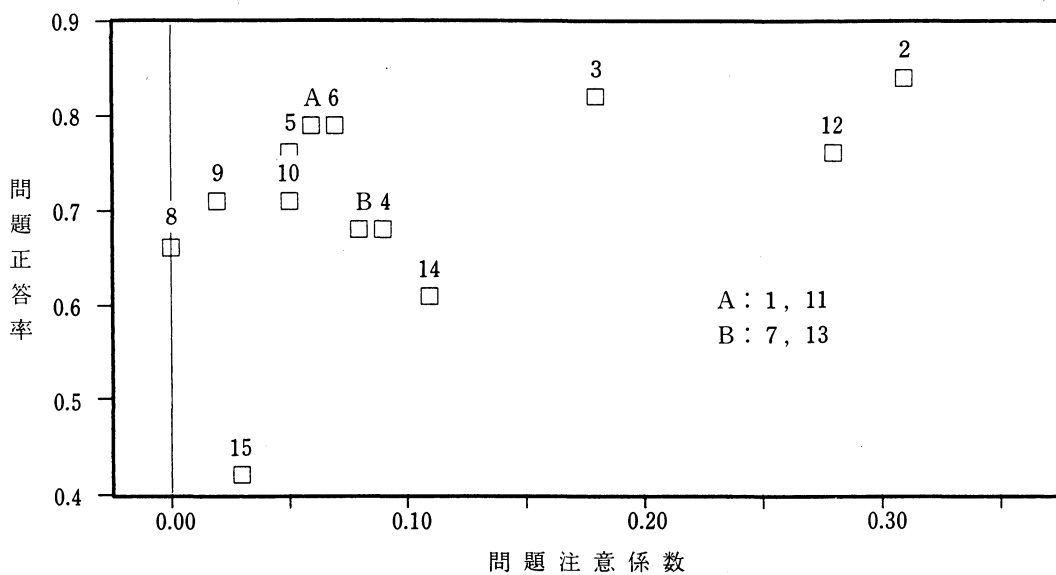


図3-2 問題の注意係数分析 (植物病原菌類の分類)

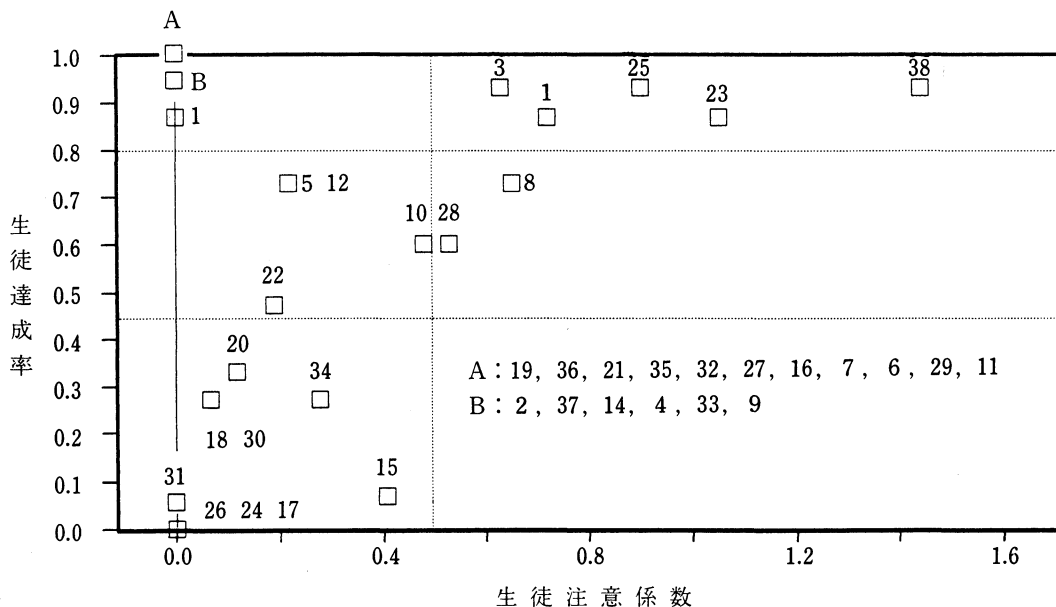


図3-3 生徒の注意係数分析 (植物病原菌類の分類)

生徒番号19, 36, 21, 35, 32, 27, 16, 7, 6, 29, 11は達成率1であった。達成率0.93は生徒番号2, 37, 14, 4, 33, 9で, 生徒番号13は達成率0.83であった。

2) 生徒達成率 ≥ 0.8 で, 生徒注意係数 ≥ 0.5 の生徒

生徒番号38 (達成率0.93, 注意係数1.44) は, 問題2において正解が「アブラナ」の問題を「アブラムシ」と答えたが, これはケアレスミスと推測される。生徒番号23 (達成率0.87, 注意係数1.05) は, 問題4を「ベト毛」(正答は「べん毛」), 問12は「もち」(正答は「いもち」), 生徒番号25 (注意係数0.90) は問題13, 生徒番号1 (達成率0.87, 注意係数0.72) は問題10で漢字表記ミス, 問題14はカタカナ表記のミスで, これらはすべてケアレスミスと思われる。なお, 生徒番号3 (達成率0.93, 注意係数0.63) は「バーチシリウム」(正答は「フザリウム」)の誤答であった。バーチシリウムは, フザリウムと同じ不完全菌類に分類され, 例えば, *Verticillium dahliae* (半身萎ちょう病菌)は土壌伝染性であり, フザリウムの綱レベルの分類学的位置が同一群で, 病原体の生理的性質が類似している。このため, 両病原体を混同させないように指導方法を改善する必要がある。

3) $0.45 \leq$ 生徒達成率 < 0.8 で, 生徒注意係数 < 0.5 の生徒

生徒番号10 (達成率0.6) は, 注意係数が0.48と高い値であった。問題4は「接合」(正答は「べん毛」), 問題5は「リゾプス」(正解は「べと」)と答え, べん毛菌類と接合菌類を混同していた。誤答の要因としては, 両綱がともに無隔菌糸体のグループであることが考えられる。

4) $0.45 \leq$ 生徒達成率 < 0.8 で, 生徒注意係数 ≥ 0.5 の生徒

生徒番号28 (達成率0.6, 注意係数0.52) は問題2において「イネ」, 問題3は「べと」と誤答であった。問題2は前述で考察したように, 宿主植物名の解答を求めたことに留意する必要がある。生徒番号8 (達成率0.83, 注意係数0.65) は, 問題4で「センチュウべん毛」, 問12では「もち」と誤答した。これはケアレスミスと思われる。

5) 生徒達成率 < 0.45 で, 生徒注意係数 < 0.5 の生徒

生徒番号20 (達成率0.33, 注意係数0.12) の反応0のカテゴリー(問題)は, すべて無答であった。生徒番号18 (達成率0.27, 注意係数0.07) は問題1, 2, 3, 12と試験前半の問題に正答し, 11問中9問が無答であった。生徒番号30 (達成率0.27, 注意係数0.07), 生徒番号34 (達成率0.27, 注意係数0.28), 生徒番号31 (達成率0.07, 注意係数0) の0反応はすべて無答であった。これは, 指導時期とテスト時期の時間が約2ヶ月の差があったことと, 試験に対する生徒のモチベーションに起因すると考えられる。生徒番号15 (達成率0.07, 注意係数0.41) は植物病理分野に限らず無答が多く, 出題分野により達成率の変動が著しかった。

達成率の低い原因として, 試験のモチベーション, 忘却現象, 生徒のコンディション不良, 定期試験実施の在り方等の諸要因が考えられる。

3.1.2 小川の分析法

3.1.2.1 カテゴリースコア

表3-1はカテゴリー（問題）スコアの算出結果を示した。表3-1からカテゴリー間の距離行列を算出し、クラスター分析した結果が図3-4のデンドログラムである。

図3-4のデンドログラムと、図3-2のS-P表から得られたグラフを比較した。両分析法の結果は類似度が強いと思われる。しかし、問題2, 3, 11, 12の関係に相違点が見られた。S-P表では、問題2と12はプロットは近いが、小川の分析法から得られたデンドログラムでは、問題2と問題3は、最短距離2.07であった。題意では、問題2と3は変形菌とセンチュウについての比較であり、問題の等質性が強いといえる。

しかし、問題のグルーピングはあくまでも38人の生徒の各問題に対する反応パターンに基づいたグルーピングである。従って、各問題間の潜在的類似性について、一般化できるような結果を得るにはサンプルが少ないと思われる。

表3-1 カテゴリースコア
(植物病原菌類の分類)

カテゴリー	ベクトルの次元		
	1次元	2次元	3次元
1	-0.1937	-0.9393	-0.7478
2	-2.2618	-0.8775	-1.2628
3	-1.4274	-0.2017	0.5095
4	0.3883	0.8917	0.7400
5	0.0855	0.8544	0.8362
6	-0.4306	1.0034	1.1344
7	0.4660	-1.5110	-0.0822
8	0.8890	-0.7735	0.3137
9	0.8828	-0.2673	-0.2392
10	0.7441	-0.0488	-0.6442
11	0.7487	2.0116	-1.8366
12	-1.1841	1.1230	1.0361
13	0.8108	-0.0161	-0.4936
14	0.7858	-0.7364	-0.6045
15	1.0937	-1.4959	2.4433

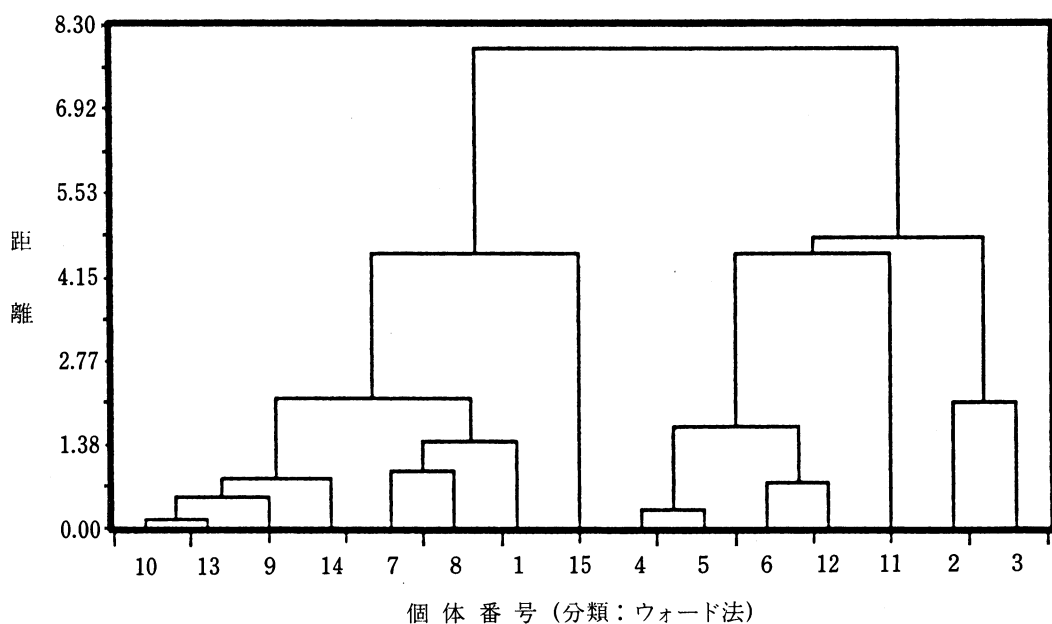


図3-4 カテゴリー（問題）のデンドログラム（植物病原菌類の分類）

3.1.2.2 サンプルスコア

3次元ベクトル値で与えられたサンプルスコアを表3-2に, その距離行列をクラスター分析した結果を図3-5に示した。図3-1のS-P表および図3-3のグラフと図3-3のデンドログラムを比較した。

図3-5において距離インデックス10.3でグルーピングした場合は, 計5グループに分類できる。小川の分析法によると, 生徒達成率が0.93, 生徒注意係数が0の生徒番号2, 4, 9, 14, 33, 37は, 生徒番号5, 13と結合して, 生徒達成率1.0の生徒とは別グループに属した。このように, 小川の分析法の特徴は, 生徒達成率が同一であっても, その反応パターンの類似性によって階層的に分類可能な点である。また, 佐藤(1975)¹⁾によるA'およびC'のグループ内の階層構造が, S-P表に比較して明瞭に表現されることにある。S-P表との併用によって, 生徒達成率の高低という一元的な指標にとられないグルーピングが可能になると考えられる。

3.2 農業有害昆虫の分類とその防除

3.2.1 S-P表分析

3.2.1.1 差異係数

「農業有害昆虫の分類とその防除」に関するテスト結果から得られたS-P表を, 図3-6に示した。S曲線とP曲線のズレを基準化した差異係数D2を求めると,

S-P両曲線間の1と0の数は50, 生徒数 $N=38$, 問題数 $n=13$ であるから, $\sqrt{N \times n} = 22.23$ となる。 $M = [22.23 + 0.5] \doteq 23$

$M=24$ のとき $D2(23) = 0.337$ が算出される。平均正答率 $p=0.806$ であるから,

$$D2 = \frac{50}{4 \times 38 \times 13 \times 0.806(1 - 0.806) \times 0.337} \doteq 0.480$$

標準学力テストや実力テストなどの場合には, Dの値が0.5前後が標準的である。供試した問題を一群にしたことは, 妥当であるといえる。

3.2.1.2 問題の注意係数と正答率

図3-6のS-P表から, 横軸を問題注意係数, 縦軸を問題正答率とし, 各問題をプロットした図を示した(図3-7)。問題正答率は全問ともに指標の0.6以上であり, 問題1と2の2問の注意係数が0.5以上であった。

注意係数が最も高い問題は, 問題の1の0.83であった。しかし, 問題1は問題正答率が0.89と全13問のうちでは最も高い値を示した。これは生徒番号34, 24, 17, 23が誤答ないしは無答であったにもかかわらず, 生徒番号8, 20, 28, 18, 22, 6, 12の生徒が全員正答していることに起因する。問題1を誤答した4人の答案分析を行うと, 生徒番号34は「同じ生物同士の化学的な」, 生徒番号

