

教育情報処理の一例

野坂 弥蔵*

Yazo NOZAKA

An Example of Educational Data Processing

Abstract: The learning activities consisting of a learning program and demonstrated experiments with the teaching material made of a bicycle lasted 100 minutes in several public junior high schools in Shimane Prefecture. An analysis is presented of the data of the pre- and post-test dealing with force and torque transmission in a bicycle. The methods of analysis are due to the information theory and the principal component analysis.

1. ま え が き

自転車における力の伝導について、50分のプログラム学習を連続2回行い、その前後にテストを実施し学習効果を判定しようとした⁽¹⁾⁽²⁾。これらのテスト成績の中から、できるだけ多くの情報を得て次回の授業に役立てるため二、三の方法を試みた結果について述べる。

2. テスト問題と採点

事前、事後とも10問で所要時間は約40分であった。10問の中、次の4問は共通にし、事前と事後の比較のための資料とした。（ただしこの4問も事前と事後では表現や数値が変えてある）

〔問2〕自転車では大ギヤとフリーギヤにはチェーンがかけてある。大ギヤの歯数が48、フリーギヤの歯数が16ならば大ギヤが1回転するとフリーギヤは何回転するか。また大ギヤの直径が24cmあるとフリーギヤの直径は何cmか。 □□回転 □□cm

〔問4〕スパナでナットをしめつけるのにナットの中心Aから12cm離れた点Bを握って5kgの力を加えると、ナットは $5 \times 12 = 60 \text{ kg cm}$ の回転力でしめつけられる。Aから12cm離れた点Cを握ると同じ大きさの回転力でしめつけるには $x \text{ kg}$ の力を加えなければならない。 x についての式をつくり x を求めよ。

$$x \times \square = \square \quad \therefore x = \square$$

〔問5〕自転車のペダルをふむとクランクが回転し、クランクとくっついた大ギヤも回転し大ギヤにかけてあるチェーンがフリーギヤを引張って回転させる。クランクの長さ15cmのときペダルを12kgの力でふむとクランクは $\square \times \square = \square \text{ kg cm}$ の回転力で回されるので、大ギヤの半径が12cmならばチェーンは $x \text{ kg}$ の力でフリーギヤを引張ることになる。

$$x \times \square = \square \quad \therefore x = \square$$

〔問6〕自転車のフリーギヤと後車輪はくっついているので、フリーギヤに加えられた回転力は後車輪に伝わる。このためタイヤが地面をけり、車輪は回転し自転車は進む。フリーギヤの半径が4cmならばチェーンが15kgの力でフリーギヤを引張るとフリーギヤには $\square \times 4 = \square \text{ kg cm}$ の回転力が加わる。この回転力で後車輪も回転させられるので、後車輪のタイヤの半径が30cmならばタイヤが地面をける力 $y \text{ kg}$ は

$$y \times \square = \square \quad \therefore y = \square \text{ となる。}$$

〔問7〕自転車ではペダルをふむ足の力が次々と伝って、結局、後車輪を回転させている。力の伝わる径路を書くと次のようになる。

足→ペダル→□→□→□→□→後車輪

採点は次の2通りの方法で行った。

(a) □で表してある小問1つを1点とする。従って問2, 4, 5, 6はそれぞれ2, 3, 6, 5が満点である。問7は1を満点とした。

(b) 問2～7をすべて1点満点とする。このため小問の1つでも誤答すればその問題は0点となる。

3. 採点結果の処理

(1) 問題別正答率

結果の一例を図1と図2に示す。これから問2と7は問4, 5, 6に比べて易しいこと、および問5では小問EとFが難しいことが分る。

(2) 事後テスト正答率と事前テスト正答率の比

図3は一例である。比が1以上なら教育効果があったと考えられる。問4は特に向上しているが、問6はクラスによっては低下している。

(3) S-P表

事前テストの問2～7（以下これを問2'～7'と'を

*島根大学教育学部技術研究室

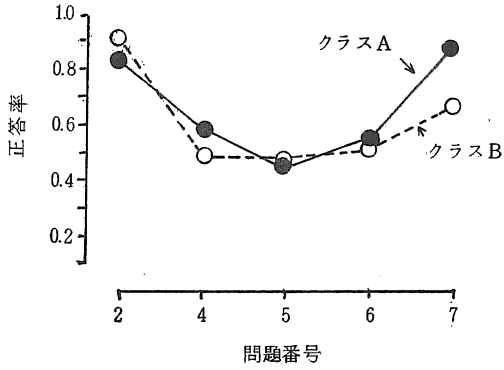


図 1

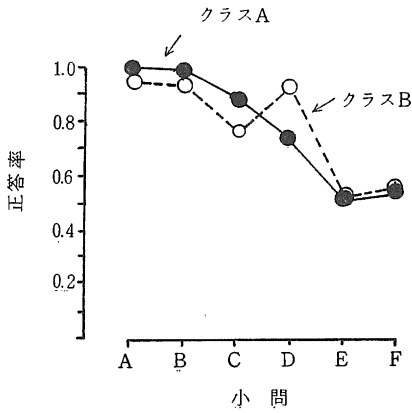


図 2

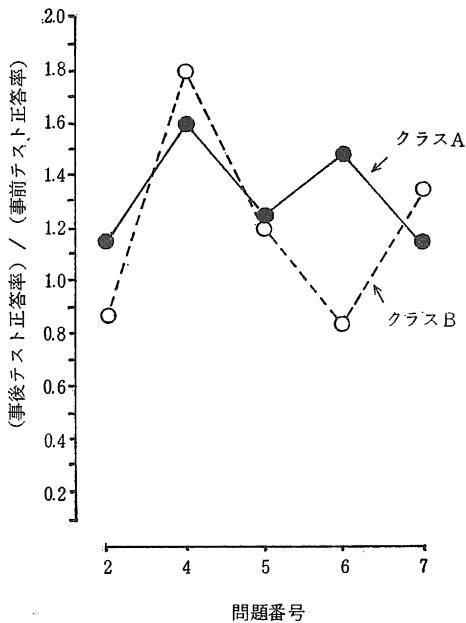


図 3

つけて表わす) と事後テストの間2~7を合せてS-P表を作ると各問題の難易度などよく分る。

(4) 二重クロス処理

[4-1] 事前と事後の結合確率

問4, 5, 6について, 事前, 事後とも誤答した者の割合を(00), 事前に誤答, 事後に正答した者の割合を(01)などと表して図示したのが図4である。これより, 問4程度の内容については学習効果が顕著であり, 問5, 6についてはクラスBは(01)が小さく(10)が大きいから学習効果が少なかったことが分る。

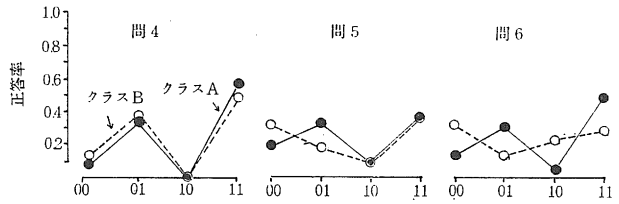


図 4

[4-2] 条件付確率

一般に問題Aに正答した者の中で問題Bにも正答した者の割合を(B|A)で表わすことにする。これは条件つき確率とよばれる量である。問4', 5, 6の間の条件付確率(4'|5), (5|6)などを求めた一例を図5に示す。これで見ると(5|6)と(6|5)がほぼ相等しい。これは問5と6の関係が深いことを示す。図6は問

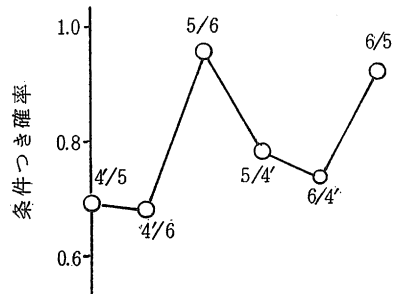


図 5

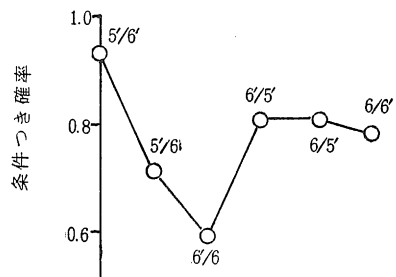


図 6

5', 6', 6 の間の条件付確率であるが (6|6') が大きく (6'|6) が小さい。これは教育効果があったことを示す。

[4-3] 平均相互情報量

一般に問題AとBの関係の深さを表わすのに平均相互情報量 $I(A|B)$ を使うことがある。A, Bのエントロピーをそれぞれ $H(A)$, $H(B)$ とし, AとBの結合確率のエントロピーを $H(A|B)$ とすると $I(A|B) = H(A) + H(B) - H(A|B)$ で計算できる。例として問4', 5, 6につき平均相互情報量を計算したら $I(56) = 0.3181$, $I(4'5) = 0.0117$, $I(4'6) = 0.0212$ を得た。これから問5と6は関係が深いことが分かるが, それは図5から得られた所見と一致する。

(5) 三重クロス処理

一般に問題A, B, CにつきAに正答, Bに誤答, Cに正答した者の人数をクラスの総人数で除した値を (\overline{ABC}) で表わすことにする。 (\overline{ABC}) とか $(\overline{A\overline{B}\overline{C}})$ とかも同様に定義すると, これらは結合確率の一種である。図7は問5', 6', 6の間のこの種の結合確率を示

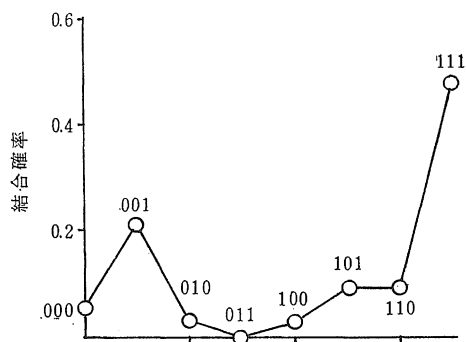


図 7

す。(5', 6', 6) が大きいことは教育効果があったことを示す。

この他に二重クロスの場合と同様に条件付確率や平均相互情報量も計算される。

(6) 主成分分析

一般に, ある方法で実験授業を行い, その方法の効果判定するため別の方法で授業した対照クラスと成績の比較をする場合, 両クラスの等質性が問題になる。従来よく行われるのは, 両クラスの知能指数の平均値に有意差がなければ等質と見なすというやり方であるが, その根拠は明らかでない。そこで次のような主成分分析を行ってみた。ある生徒の知能指数と, 技術, 理科, 数学の学期成績 (100点満点) をそれぞれ x_1' , x_2' , x_3' , x_4' とし, 前述の事前テストを17点満点で評価したときの得点を x_5' とする。これらの得点を平均0, 分散1とな

るように基準化した値をそれぞれ x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 とし, その相関行列を求めた一例が表1である。この行列の固有値を計算し大きい方から順に並べると2.2151, 1.1286, 0.8624, 0.6609, 0.1330 となり, それに対応した固有ベクトルは表2のようになる。また主成分を第一主成分から順に z_1, z_2, z_3, z_4, z_5 で表わすと, その累積寄与率が0.4430, 0.6687, 0.8412, 0.9734, 1.000 となるので, 第三主成分 z_3 までとれば, 失われる情報は約16%ですむ。よって,

$$z_1 = 0.0636x_1 + 0.4647x_2 + 0.5809x_3 + 0.5643x_4 + 0.3522x_5$$

$$z_2 = 0.8967x_1 - 0.2476x_2 - 0.1778x_3 + 0.3170x_4 - 0.0499x_5$$

$$z_3 = -0.0698x_1 - 0.2120x_2 - 0.3520x_3 - 0.0223x_4 + 0.9087x_5$$

を得る。また z_1, \dots, z_5 に対する x_1, \dots, x_5 の相関の程度を示す因子負荷量は表3のようになる。これから z_1 は学業成績, z_2 は知能, z_3 は事前テストの成績を表わす因子であることが分かる。表1から見ると, x_5 との相関の大きいのは, x_4 (数学), x_2 (技術), x_3 (理科) であって, x_1 (知能) はあまり関係ない。更に表3から x_5 に対する z_1, z_2, z_3 の寄与率を計算すると, それぞれ0.2748, 0.0028, 0.7122 となり, 知能因子 z_2 は x_5 に殆んど影響しないことが分かる。一方 z_3 に対する x_5 の因子負荷量は表3から0.8439 であるから z_3 を x_5 で代用してもよいであろう。すると, クラスの等質性を検定するには学業成績因子 z_1 を計算しその平均値の有意性を調べればよいことになる。

表1. CORRELATION MATRIX

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
x_1	1.0000	-0.0159	-0.1120	0.2838	-0.0295
x_2	-0.0159	1.0000	0.5431	0.2884	0.2483
x_3	-0.1120	0.5431	1.0000	0.6985	0.1886
x_4	0.2838	0.2884	0.6985	1.0000	0.3630
x_5	-0.0295	0.2483	0.1886	0.3630	1.0000

表2. Eigen Vector

	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5
x_1	0.0636	0.8967	-0.0698	0.3213	0.2895
x_2	0.4647	-0.2476	-0.2120	0.7828	-0.2550
x_3	0.5809	-0.1778	-0.3520	-0.2837	0.6531
x_4	0.5643	0.3170	-0.0223	-0.4428	-0.6200
x_5	0.3522	-0.0499	0.9087	0.0865	0.2008

表3. FACTOR LOADING

	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5
x_1	0.0947	0.9526	-0.0648	0.2612	0.1056
x_2	0.6917	-0.2630	-0.1969	0.6364	-0.0930
x_3	0.8646	-0.1889	-0.3269	-0.2306	0.2382
x_5	0.8399	0.3368	-0.0208	-0.3600	-0.2262
x_4	0.5242	-0.0531	0.8439	0.0703	0.0731

4. 結 び

前項で述べた処理法の中、(6)以外は評価を1か0にしないと処理できないので、問題作成時にそのような採点ができるように配慮しなければならない。いずれにしても、このような処理には電子計算機が必要であるが、最近各県に計算センターが設置される傾向にあるから、

プログラムさえできれば処理は簡単である。旨くやれば一回のテスト結果からも有用な情報を引出すことができるであろう。

実験授業を担当された出雲市立河南中の園山雄一郎教諭と島大の勝部只史教生ならびに実験授業や事前テストを実施させていただいた島大付中、出雲二中、松江二中、松江三中、安来三中の担当の先生方に厚くお礼申し上げます。なお本研究は昭和48、49年度の文部省科学研究費によって行われたものであることを付記して感謝の意を表します。

参 考 文 献

- (1) 中学校理科の学習内容の構造と学習効果との関係解析 昭和49年度特定研究 盛政班
- (2) 日本産業技術教育学会誌 第18号 (1975)