

■ 原著 ■

パソコン教材としてのふくらまし教材の開発
とその授業の実践的研究(2)

—— 円の面積・区分求積法による展開 ——

佐伯卓也*

(1987年1月20日受理)

Takuya SAEKI

A Development of Materials Enriched for the Computer and Practical
Research Concerning Personal Computers as Teaching Aids (2nd Report)
—Area of Circles—A Development by Mensuration by Parts—

ふくらまし教材として、「円の面積」を区分求積法で求め、 π の近似値へのアプローチを中学校1年の生徒に、パソコンの助けによる指導で実践した。授業は一応成功であったことが、P-Pグラフ分析等により確かめられ、未来教師のコンピュータリテラシー教育の方法の確認にもなった。

[キーワード]教材開発, 数学教育, 教師教育, 中学生, パーソナルコンピュータ

0. はじめに

本稿は1986年日本教育工学会第2回大会(愛知教育大)における発表の後半(佐伯, 1986a)と、岩手大学教育学部研究年報に掲載された拙論(佐伯, 1986b)の一部、「円の面積」(P.172)の詳報である。なお「円の面積」は第68回日数教総会のポスター・セッションでも公表していることを付け加えておく(佐伯, 1986c)。

一般に「ふくらまし教材」(enriched material)について何度も述べているので、くわしい記述は略すが、簡単に触れておく。一応暫定的に

「わが国の学習指導要領にでてくる諸項目を強化し、ふくらまし、内容を豊かにするために、そのままの形では当該児童生徒の理解を越えている水準の教材を、何らかの方法(パソコンを利用するなど)で理解できる水準にアレンジして利用する教材」と定義しておく。(これについての理論的な背景は拙論(佐伯, 1985; 1986a)を参照されたい)

本研究では中学1年生を対象に、円の面積を区分求積法で求めること、円の面積の公式との比較、 π の近似値を求めることをパソコン化教材を通し

*岩手大学教育学部数学科

てアプローチを試みた。授業の評価はI W A TによるP-Pグラフ分析その他で行なった。さらにパソコンへの態度を見るためPCSD-Uによりテストした。このほか2, 3の用具をも用いて評価した。

パソコン化教材の開発は筆者の指導により、小野寺咲子、佐藤洋子、佐藤ユミの学生があたり、授業実践は佐藤洋子が行なった。また、データの大部分の処理は筆者が担当した。

1. パソコン化教材の作成

区分求積法で円の面積を求める方法に主なるものは2種類ある。その中で、円に内接または外接する正多角形を考え、各頂点を中心に結び、多くの三角形に分割し、一つ一つの三角形の面積を求め、それらを加えて円の面積の近似とする方法がある。この方法は三角形の面積の求積問題となるので生徒にわかりやすいし、その上、 $n \rightarrow \infty$ の処理がより生徒にわかりやすいと判断したのでこの方法を選んだ。

次にこの方法を簡単に説明する。図1は正16角

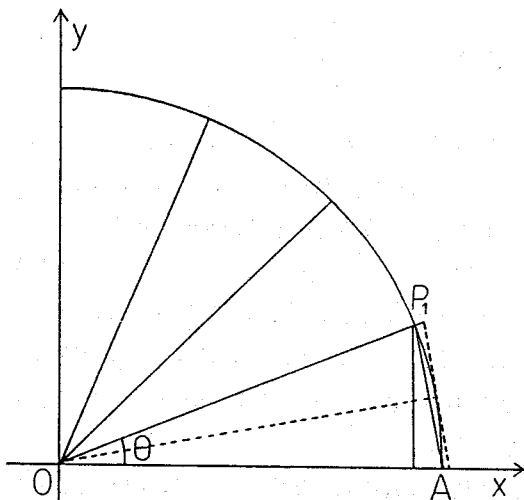


図1 区分求積法説明図

形の内接および外接正多角形の第1象限部分を拡大した図である。一般にn角形のときは $\theta = 2\pi/n$ で、点 P_1 の座標は $(r \cos \theta, r \sin \theta)$ である、た

だし円の半径をrとする。

$$\triangle OP_1 A = \frac{r^2}{2} \sin \frac{2\pi}{n}$$

だから、内接多角形の面積をSとすると

$$S = n \times \frac{r^2}{2} \sin \frac{2\pi}{n}$$

で与えられる。外接多角形の場合も同じようにし

て、その面積 S' は

$$S' = n \times \frac{r^2}{1 + \cos \theta} \sin \frac{2\pi}{n}$$

$$= \frac{nr^2}{1 + \cos \frac{2\pi}{n}} \sin \frac{2\pi}{n}$$

で与えられる。これらSと S' で $n \rightarrow \infty$ にし、はさみうちで円の面積を得ようというものである。

次に実際のパソコンのプログラム(パソコンのディスプレイで表示された教材ということでパソコン化教材(personal computerized material = PCM)ということにする)の概略を示そう。括弧内は対応する行番号である。また、以下考える多角形はすべて正多角形なので「正」の字は略すことにする。

(1) 導入部 [20, 2500 ~ 2850]

特にタイトルは作らず、その代りにデモ用のプログラムを作った。これは小さな円が音とともにじゅずのようにつながり、大きさを増しながらうず巻状に描くものである。うず巻がとまると次はパレットローテーションにより色を、あたかも、中心に向かってうず巻が動くようにして見せる。

(2) 円の提示 [80 ~ 380]

半径10cm(実際には画面で文字により「10cm」と書き込む)の円を示し黄色でぬりつぶす。

「次の面積を求めよう」を示す。さらに、すでに示してある円に内接多角形と外接多角形(ここでは6角形)を描く。

(3) 内接多角形からの近似 [390 ~ 410, 3000 ~ 3420]

新しい円を示し、「何角形にしますか」と表示し、任意の数を入力させる。例えば「12」を入れるとすぐに内接12角形を描くようになっている。カーソルに「2」を入れると、何度もこれをくり

返す。このループから抜けるときは「1」を入れて、外接多角形のプログラムにジャンプする。また、「3」を入れると拡大図にジャンプするさらに内接多角形を描いたあとに「1」を入れると、円と内接多角形の上に重ねて外接多角形が描かれる。

(4) 拡大図〔460～990〕

12角形は12個の三角形に等分され、その1つに色をぬり、そこで面積を求めるため、底辺の長さ、高さを示し面積を計算する。12角形と24角形的面積を求めさせ、2つの値を比較し、24角形の方の

面積が大きくなったことを示す。

(5) 外接多角形〔920, 4000～4380〕

(3), (4)を外接多角形に変えて同じように示すプログラムである。「1」「2」「3」のメニューの選択も同じである。

(6) 円の面積を多角形的面積から求める〔1270～1990〕

内接12角形、24角形、外接12角形等の値は計算し易い値で生徒の前に示すが、実際は誤差がないように倍精度で計算するようになっている。


段階	学習内容	学習活動	時間	指導上の留意点	教材															
導入	<ul style="list-style-type: none"> 円に関する用語 円の面積を求める公式 課題把握 	<ol style="list-style-type: none"> 円について習ったことの想起 公式以外で円の面積を求めることが可能かどうか考え課題「円の面積を求めよう」を知る。 	10分	<ul style="list-style-type: none"> 円の面積を求める公式を明確に把握させる。 問題を提示して実際に面積を計算させた後で課題を提示する。 	パソコン 板書															
展開	<ul style="list-style-type: none"> 求めかたのいろいろな方法 内接多角形 外接多角形の近似による円の面積の求め方 	<ol style="list-style-type: none"> 円の面積を求める。 <ol style="list-style-type: none"> どんな方法で求められるか話し合う。 <ol style="list-style-type: none">  を利用 方眼に分ける 多角形近似 内接・外接多角形からのほさみうちから求めることを理解させる。 多角形的面積を計算で求める。 内接・外接正12角形、内接正24角形 多角形的面積の表を完成させる。 <table border="1" data-bbox="480 1284 637 1362"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>.....</td> </tr> <tr> <td>内接</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>.....</td> </tr> <tr> <td>外接</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>.....</td> </tr> </table> 円の面積を求める 					内接				外接				30分	<ul style="list-style-type: none"> いろいろな予想が出ると思うがここでは多角形近似による方法で求めている。 正n角形で考える。 パソコンを活用して視覚的にとらえさせる。 全員に答えを発表させる。 表の空欄に好きな数を入れさせパソコンの計算代行によって値を求めていき表を完成させる。 最終的に内接と外接の値が一致した所で円の面積が求められたとする。 円周率とπと3.14と近似値の関係を明確にする。 	パソコン 板書
																			
内接																			
外接																			
終結	<ul style="list-style-type: none"> 公式によって求めた値と比較 近似値、π 	<ol style="list-style-type: none"> 公式にもどり3の(5)で求めた値とくらべて気付いたことを発表する。 <ol style="list-style-type: none"> 数が同じ 数が細かい 3.14と似ている。 教師の説明を聞き近似値πを知る。 本時の学習の内容をふりかえる。 	10分	<ul style="list-style-type: none"> プリントにまとめを書かせ価値づけ方向づけをする。 																

図2 指導案

2. 実際の授業

本時の目標は、多角形の近似による円の面積がわかる。である。授業は1985年12月17日、岩手大学教育学部附属中学校で行なった。生徒は男子8名、女子5名、計13名の選ばれた第1学年の生徒である。生徒の選びかたは附属教官により偏りのないようにされた。授業者は佐藤洋子である。次に指導案の概要を示す(図2)。

本時の授業はVTRに収録された(ビデオテープと本PCMのディスクットの所在は筆者の研究室である)。

次にプロトコールの一部を記しておこう。(T:教師, S:生徒)

T: そうね。で、さっき方眼でやればいいと言ったんだけど方眼というのは、実はもう小学校でやっているでしょうね。いいんだけれども、今日は、これ、みんなまだH君以外の人やったことあるかな。多角形の面積……。

S: Hもやったこと、ねんでね。

T: やったことないかな。みたことあるって、やったことないけどみたことある?

T: それじゃ、今日はね、この多角形に区切る方法でやってみたいと思います。ちょっとこっち見て下さい。今度ね……(パソコン操作)

「ピーッ」

S: 314シタックス エラー(ザワザワ) [授業の始まる前に生徒がパソコンをいじったらしく、関係のない数値が入っていて、このシタックスエラーがでた]

T: もう一回、ちょっと待ってね。(パソコン操作)

「ピーッ」

S: ハハハ……

T: ちょっと待ってね。今がんばってるから、今のとは違うのがでてくるから……。

T: ちょっと違うね。今これは6角形ですね。円の中に6角形とそれから円の外に6角形があるのが見えますか。正6角形なだけど見える。中と外にあるのね。

T: それで今、この円の中にくっついて入っているこの多角形を内接多角形といいます。中にくっついているから内接多角形といいます。それから、この黄色い円の外に、こういうふうにくっついているから、外接ね。外接多角形といいます。いいですか。

T: それで今、内接多角形と外接多角形を説明したんだけど、内接多角形の面積とこの黄色い円の面積と

外接多角形の面積、今ね、これみてね、これだけ見てね。これ6角形の面積と外の6角形の面積ね。どれが大きい順番にね。ちょっとこれを渡しますから(プリント配布)、1番の(1)のところね、1番の(1)、ここを埋めて見て下さい。(机間巡視)……

T: …… そうね。円の中に入っている多角形の、多角形の面積が一番小さくて、次に円の面積があって、それよりもこの外にある外接多角形の面積が今一番大きいですね。だから、これでいいと思います。それで多角形の面積は求められるね。みんな求めたことあるかな。多角形の面積、求めたことが?

わかりますか。はい、じゃいいです。多角形の面積が求められるから、今わからないのは円の面積でしょ。外接多角形の面積と内接多角形の面積から円の面積を求めてみたいんですけども。

S: えーなんで……。

T: あの……、面積というのはさあ、この中の多角形が、形がね、だんだん円に近づいていけば、面積も同じようになるでしょ。

この外の多角形、外接多角形の形、これをどんどんどうにかして円の形に近づけていけば、この外の多角形も外の多角形の面積も、円の面積に近づくとね……

T: ちょっとむずかしいかな(机間巡視)。

T: 6角形にこだわらなくていいから、はい、じゃあ顔をあげて下さい。どうやったら円の形に近づくかわかった人、発表して下さい。書いてたっけね。みんな……じゃあNくん発表して下さい。(略)

T: あとで…… ちょっと時間がない。

S: なあーん。

T: じゃ50くらいね。

S: 55

T: 55? じゃ55にする[パソコン]

T: ほとんど円に近づいたでしょ。はい、ずいぶん円に近づいたでしょ。さっきみたいに、こんなに隙間がみえないでしょ。だからこのことから多角形の面積、円の面積は求められるそうですね。それじゃ1つ1つ見ていくことにしましょう。中の多角形からだけ。じゃあね、ここ誰か押してもらおうか。数字だけ、うん、H君、大きいと時間がなくなっちゃうよ。いくつにしたの。

S: 79 [パソコン]

T: じゃあもう1つもっと少ない数でやってみようか。女の子…… Sさんやる?

S: え?

T: 数字押すだけだから。

S: 「1」!

T: 1はできるかな…… 3以上。

S : 1!..... 10 [パソコン] (略)

T : これの外接多角形 346.41 cm^2 ね。次に24 角形にいけます。順番にね。315.966, 313.263, はい, 次の48 角形, 314.609 (略)

次は1000 角形, 314.153 で外接は314.159, だんだん近づいて来たね。じゃ10000 角形です。314.159, 314.159

S : 10 万?

T : 10 万? じゃ10 万入れてみる。同じ, じゃあね, ここまだ残っているから, 入れたい数言ってみて, 早いもの勝ちだから。

S : 1 億, 300

T : 300 でいいの, あとは

S : 1 億, はいるかな? 9999 とか,

T : 入るだけ9 で?

S : 入るだけ9 で! [パソコン]

T : 多角形から求めた円の面積, 同じ円の面積求めただけけれども, 314.159 cm^2 になりました。(略)..... これを見て何か気づくことない? 何でもいいです, 気がついたことないですか。おかしくない? おかしくないの?

S : (ささやく)

T : 何か言っているね。じゃあA 君。

S : えっと, ケタが違うけど.....

T : 桁が違うね。こっちの方が多い? それもそうだね。あとほか気がつくことないですか。

いろいろ見ておかしいと思うところあると思うね。

(略)..... 実はこれは, 今なんかさっき何か言ってただけけれども, いままで円周率っていうのは3.14 でやっていたでしょ。円周率は..... この公式, 半径 \times 半径 \times 3.14 でやったよね。これ円周率3.14 でやってきたんだけど, 本当の円周率の値っていうのは, 実は3.14 じゃないんですよ。聞いたことあるかな? 3.14 の後に数が増えていくって。

S : 3.14159265358979

T : 何桁まで言えるのかな。

S : 3.141592653589793238

T : 38 までね, フーン! かなり言えるね。そうね。かなり続くのね。これどこまで続くか知っているH 君。

S : 無限

T : 無限に続くのね。これずっと今もって言うてくれたんだけど円周率っていうのは3.14 でなくてこういうふう無限に続く数なのね。(略)..... 何個かなあ100 万桁以上計算されているのね。世界で。このままでは計算できないから, これをギリシャ語の「周り」という意味の単語の頭文字をとって π といいます。これが, つま

り正しい円周率です。

3. 授業 (PCT) の評価 - 結果

3.1 手順と被験者 (Ss)

実施デザインは図3 の通りである。事前・事後

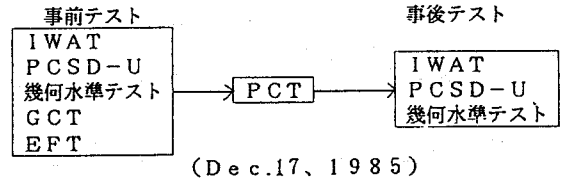


図3 研究デザイン

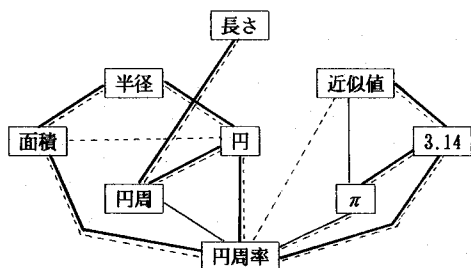
テストはPCTの前後に行なった。PCTは1985年12月17日16時30分より1単位時間(50分)である。IWATは様式1(佐伯, 1985b)として実施した。PCSD-Uは大学生用に, 1984年開発したコンセプト「パーソナルコンピュータ」とするSD, vH-水準テストは, ファン・ヒーレ幾何水準テスト, GCT (gestalt completion test) は概念把握テスト, EFT (embedded figures test) は認知スタイルテストの一種である。なお, テストデータは用具によって人数が異なっている (Ssの数が少ないので, 結果はあまり期待できない。むしろ, 教師教育として実施されている)。授業は一応男子8人女子5人計13人が受けた。学年は中学1年である。

3.2 IWATの結果

一応教科書(東書)からキーワードを先行研究に従って選んだが, 多少修正して次の9個とした。①円②半径③面積④円周⑤円周率⑥ π ⑦3.14⑧近似値⑨長さ, である。IWATのSsは全員(13名)である。表1で事前テスト, 事後テストの応答数を示す。キーワード番号は上の番号通りである。まず目の中の下線部分は隣接箇所, 左肩の番号は隣接箇所番号である。

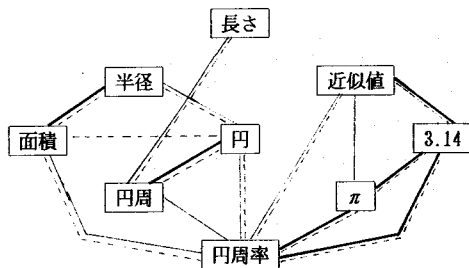
次に認知構造の変容を視覚的に見るため図4, 図5を示しておく。どちらもN=13である。

図4がS_sの事前I W A Tによる認知構造, 図5は事後のそれである。事前・事後ともに π ~近似



----- 内容構造 ———— 12以上 ———— 12未満

図4 事前I W A T認知構造図



----- 内容構造 ———— 12以上 ———— 12未満

図5 事後I W A T認知構造図

値が結線になっているのが問題となろうし, 内容構造で円~面積の結線を期待したが実際には実現しなかった。授業の結果, 円周率~近似値の結線が事後にでてきたのが認められる。また参考までに内容構造, 認知構造(事前, 事後)間の2つの距離, つまり意味度の距離dと距離行列の距離Dを表2で示しておく¹⁾。いずれも近いのが印象的である。

図6は, このときの標準P-Pグラフである。クラスターパターン(佐伯, 1985 b)はIV型であると考えられる。クラスターC³は(2)つまり「円~面積」の隣接応答数である。このためにIV型となったのである。授業の進め方で, 後半の方で, π や円周率が中心となったので, 円と面積の結びつきが少なくなったものと評価される。

対応する数値で, $r = .76$, 回帰直線の方程式は

$$y = .78x + 12.59$$

であり, 変容係数はそれぞれ $\beta_1 = .126$, $\beta_2 = .573$ であり小さくなっている。また, 注意円の中心の座標は(86.54, 80.13), 半径は59.17,

表1 事前・事後I W A T応答数と意味度

後\前	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	意味度
①		¹ 13	² 6	³ 13	⁴ 12	1	0	0	0	4
②	¹ 11		⁵ 13	6	5	2	2	0	9	2
③	² 2	⁵ 12		0	⁶ 12	6	3	1	1	3
④	³ 12	1	0		11	1	5	0	⁷ 12	2
⑤	⁴ 10	2	⁶ 10	8		⁸ 11	⁹ 13	¹⁰ 5	0	5
⑥	2	0	7	0	⁸ 12		¹¹ 12	10	1	2
⑦	0	0	3	0	⁹ 12	¹¹ 12		¹² 13	0	3
⑧	0	0	1	1	¹⁰ 9	8	¹² 12		4	2
⑨	0	7	0	⁷ 11	2	0	0	0		1

表2 内容構造と認知構造間の距離

D\ d	内容構造	事前認知構造	事後認知構造
内容構造	-	.222	.272
事前認知構造	.083	-	.157
事後認知構造	.088	.083	-

1) dとDの定義は, 例えば拙稿, 佐伯(1981)「数学的構造の学習」の評価法, 日数教会誌(数学教育35-1)pp. 31~36, または佐伯(1985 b)を見るとよい。

注意円外の点は(2)だけである。

図7は、このキーワードグラフ(佐伯, 1986)である。これはあるキーワードに対して、事後の他のキーワードが事前に対してどれだけ結びつきが変容するかを示すグラフである。この結果、増

加した隣接箇所はわずかに8(円周率 $\sim\pi$)と10(円周率 \sim 近似値)の2箇所だけであった。ここでは、8はよいとして、10は問題となる。なぜなら、生徒は円周率は近似値である、という連想の関係を持つことになったからである。

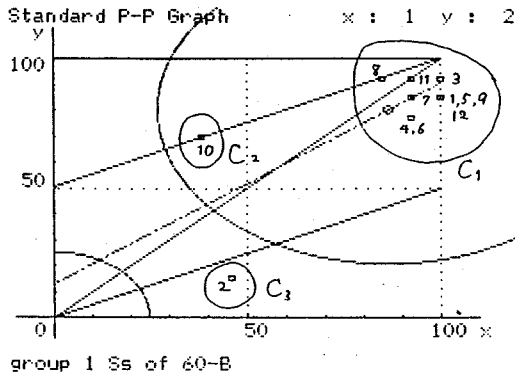


図6 標準P・Pグラフ

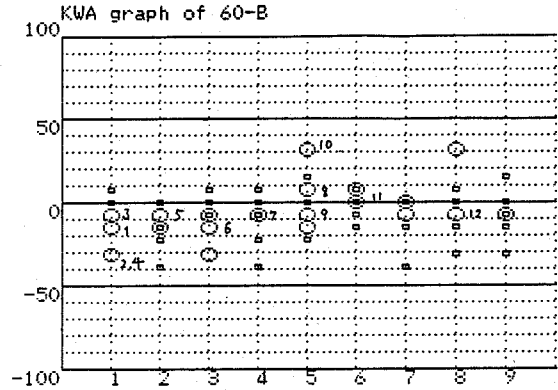


図7 キーワードグラフ

パーソナルコンピュータ(マイコン)は

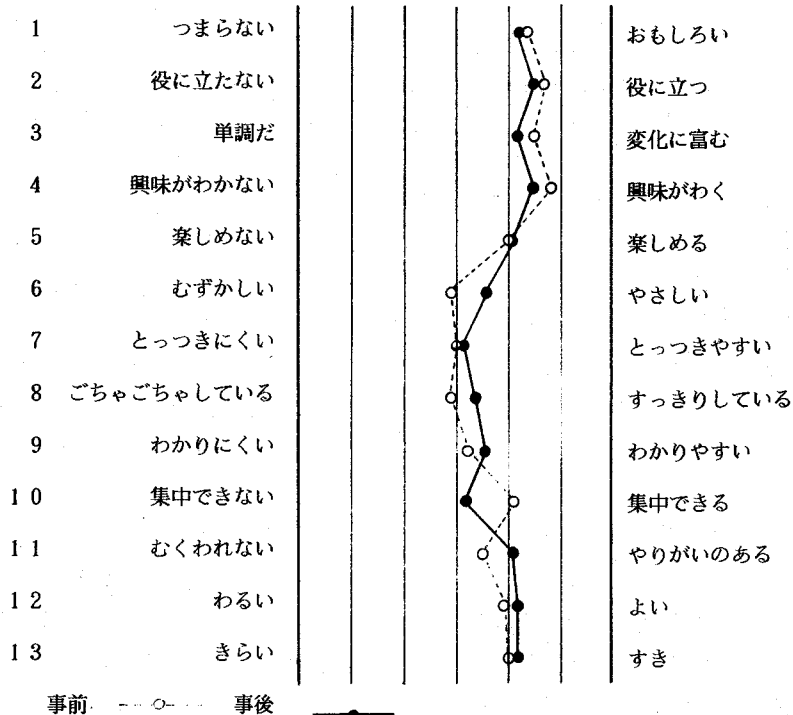


図8 SDプロフィール(PCSD-U)

3・3 PCSD-Uの結果

PCSD-Uは1984年パソコン未経験の大学生用に開発したコンセプト「パーソナルコンピュータ（マイコン）」なるSD尺度である（佐伯，1984）パソコン未経験ということで，中学生に転用したものである。

まずSDプロフィールを図8で示す。SDプロフィールは男子，女子，全サンプルで調べたが，サンプル数が少ないので会サンプルのみを図6で示してある。このSDプロフィールについてはここではくわしく触れないが，このSD尺度を開発したとき利用した岩手大学人文社会科学部第1学年の学生集団

のSDプロフィールに似ていることを指摘しておくのにとどめたい（人文社会科学部学生のSDプロフィールは拙稿（佐伯，1984）に示してあるので比較されたい）。

次にSD尺度値の因子分析結果を示す。因子分析は対角線要素はSMC（重相関係数の平方），バリマックス回転を用いている。事前事後とも累積寄与率（事前：82.76%，事後：85.86%）から第2因子までとってバリマックス回転をした。表3で因子負荷量と共通性（ h^2 ）を示す。*印は因子負荷量の高い値を示している。この結果，第I因子は評価性（E），第II因子は親近性（F）次

表3 PCSD-U因子負荷量と共通性

尺度番号	事前			事後		
	I	II	h^2	I	II	h^2
1	83*	50	94	93*	33	97
2	91*	19	86	82*	39	82
3	87*	16	76	88*	35	89
4	83*	25	76	80*	51	89
5	79*	41	79	87*	42	97
6	13	84*	72	44	73*	73
7	09	95*	90	14	96*	94
8	37	79*	76	52	69*	75
9	15	89*	81	29	82*	76
10	59	71*	85	58*	19	38
11	90*	09	81	91*	32	93
12	95*	04	91	95*	15	92
13	85*	36	86	89*	38	94

（小数点は省略している）

元と見られる。この因子構成は先行研究と整合性がある。特に事前の因子構造は，前に触れた人文社会科学部のSsのそれと全く一致しているし，事後は教育学部Ssのそれと1箇所（第5尺度）を除き一致している。このことは，大学生用として開発したSD尺度ではあったが中学生Ssにも利用してよいことを示唆しているのかも知れない。

中学生の結果が事前ではパソコン未経験であったが，これがパソコン未経験の人文社会科学部のSsに似て，さらに授業で少しパソコンに触れた後の事後の結果が，教育学部Ss（このSsも一部パソコン経験者）に似ているのが興味がある。

また，今回の結果の事前と事後を比べたとき，第10尺度の所属次元が入れかわっている。これを

図6のSDプロフィールに重ねて見ると、その尺度は、事後で左に目立ってずれているのが読みとれる。この事実と関係があるのかも知れないが、今の所何とも言えない。

3・4 その他の結果

まず幾何テストについて触れる。これは最初ファン・ヒーレ水準テストとして計画したが、途中で水準2の所でさしかえがあり、本来のファン・ヒーレ水準テストの意味を失ってしまった。従って今回は単に幾何レディネステストという位置づけで考えることになった。

次にEFT (embedded figures test) について触れる。これはRoberge と Flexer (1983) が学力と関係があるという報告をしているので、わが国で開発研究された沢 (1966) の用具を借りて試験的に実施した。ところが、沢の

論文にはGCT (gestalt completion test) があり、総合思考検査として位置づけられているので、この用具も借りて試験的に実施することにした。

以上の用具と、前に触れたIWATの3スコア、すなわち、TA、CA、プラスの3スコアの得点とあわせ、12変数、Ssは9名(男子6、女子3)として相関係数を計算した。その結果を表4で示す。検定は $H_0: r=0$ の無相関検定であり、番号は変数の番号である。この結果幾何テストとGCTはどこでも有意にならなかった。EFTはわずかに幾何テストと負の相関が1箇所だけ現われた程度で、Roberge et al. の追試にはならなかった。

4. 考察

授業(PCT)という処遇の結果、IWATの

表4 全変数の積率相関係数と無相関検定

	IWAT事前			IWAT事後			PCSD-U		幾何テスト		GCT	EFT
	TA	CA	プラス	TA	CA	プラス	事前	事後	事前	事後		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1.											
2	.85***	1.										
3	-.92***	.57	1.									
4	.79*	.60	-.78*	1.								
5	.18	.13	-.18	.57	1.							
6	-.48	-.37	.48	-.21	.69*	1.						
7	.54	.44	-.52	.54	-.11	-.60	1.					
8	.68*	.51	-.67*	.62	-.21	-.79*	.92***	1.				
9	-.09	.18	.27	-.42	-.11	.24	-.17	-.29	1.			
10	.16	.47	.11	-.03	.02	.06	.40	.18	.62	1.		
11	.38	.30	-.37	.41	.12	-.22	.31	.35	-.58	-.20	1.	
12	-.01	-.15	-.10	.07	-.17	-.26	.00	.08	-.58	-.68*	.68	1.

(*: $0.05 \geq P > 0.01$, **: $0.01 \geq P > 0.001$, ***: $0.001 \geq P$ df = 7)

応答数が減少している。これは事前においては、ただ線を引けばよい(様式1のIWAT)というムードであったが、授業の結果意味がわかってきたので、事後では意味のある結線になったのであろうと考えられる。これはP-PグラフのパターンがN型であったこと、変容係数 β_1 ,

β_2 が低いことからわかる。筆者はこの授業を見ているが、ここに現われたP-Pグラフ分析の結果程悪い授業ではないと考えている。ただ、生徒の反応に問題があったのでないかと考えている。

また、授業の中で教師が、パソコンを生徒の前で使い、生徒から数値を聞き、取り上げようとし

たとき、「多角形は3以上……」と言っているのに、生徒は盛んに「いちっ、いちっ」とか「A」とかいい、無理にパソコンにエラーが出るのではないかと思ひ、それを確かめようとした点が注目される。一般に子どもが、パソコンにエラーを出させようとして、ソフト開発者に挑戦してくることがある。これを「メタゲーム」と言っている。この場合も子ども達は教師にメタゲームを挑んでいたと考えられる。従って、この種のパソコンソフトはメタゲーム対策も必要となるが、この場合あらかじめメタゲームを予想するソフトになっていたため、教師は落ちついて対応できた。

PCSD-Uでは女子が極端に低いのが目立つ。パソコンに対する女子生徒の関心を、いかに高めるかも今後の問題となろう。

今回試行的に実施したGCT, EFTは見るべき結果は得られなかった。これはテスト用具よりもむしろ、テスト方法に問題(時間とかインストラクション)があったようで、残された問題も多い。また幾何テストであるが、これは最初ファン・ヒーレ水準テストとして考えたが、前にも触れたように、水準2で不用意に変えてしまったので、本来の意味を失なったことは残念である。

参 考 文 献

- 1) 小野寺咲子(1986)パーソナルコンピュータによる数学教材開発とその実践的研究 - 円の面積 - 区分求積法による内接・外接多角形からのアプローチ, 岩手大学教育学部昭和60年度卒業論
- 2) Roberge, J. J. and Flexer, B. K. (1983) Cognitive style operativity, and mathematics achievement, J. R. M. E., 344 ~ 353
- 3) 佐伯卓也(1984)算数数学教師教育で用いるパーソナルコンピュータに対する態度測定用具の開発, 第16回東北数学教育学会年会資料
- 4) 佐伯卓也(1985a)算数数学のパソコン化授業におけるパソコン利用のガイドライン - ふくらまし教材, 数学教育学会研究紀要, 26 (No.1・2), 11 ~ 20
- 5) 佐伯卓也(1985b)ファン・ヒーレ水準テスト(代数)P-Pグラフ分析(1), 岩手大学教育学部研究年報, 45, 183 ~ 195
- 6) 佐伯卓也(1986a)中学生におけるパソコンによる区分求積法の指導例, 1986年日本教育工学会第2回大会論文集, 161 ~ 162
- 7) 佐伯卓也(1986b)パーソナルコンピュータによるプレサービス教師のコンピュータリテラシ教育 - 数学のパソコン化教材の開発法とパソコン化教材を用いた授業の指導の試み -, 岩手大学教育学部研究年報, 46 (No.1), 167 ~ 175
- 8) 佐伯卓也(1986c)中学生対象のパソコンふくらまし教材の試作とその授業実践の事例 - 傾き関数(微分)・円の面積・面積調数(積分)・円の合成 -, 日数教会誌, 68, 臨時刊第68回総会特集号, 376
- 9) 佐伯卓也・神林雅紀・平田裕司(1986)パソコン教材としてのふくらまし教材の開発とその授業の実践的研究(1) - 傾き関数・中学生の微分へのアプローチ, 東北北陸数学教育基礎研報告, 14, 19 ~ 36
- 10) 佐藤洋子(1986)パソコン化授業における数学教材開発とその実践的研究 - 円の面積 - 区分求積法における外接・内接近似からの接近, 岩手大学教育学部昭和60年度卒業論
- 11) 佐藤ユミ(1986)パソコン化授業による数学科学習指導の実践的研究とその展望 - 円の面積 - 区分求積法による内接及び外接多角形からの近似, 岩手大学教育学部昭和60年度卒業論
- 12) 沢 英久(1966)分析思考と総合思考, 長崎大学教育学部研究報告, 13, 1 ~ 16

(謝辞)本研究の遂行にあたり、本学部附属中学校数学科教官、吉川健次、樋口賢一、工藤保の3氏にお世話になったことを記し、感謝の意を表する。なお、協力者は数学科4年次学生、小野寺咲子、佐藤洋子、佐藤ユミである。