

## 中学1年生のための線・面の移動により生成される 立体のパソコン教材の開発と授業の実践

佐伯卓也

(1991年12月5日受理)

Takuya SAKEI

Development of Personal Computerized Materials of Solid Bodies Generated by  
Moves of Lines and Planes for the 1st Graders of a Junior High School and Their  
Teaching Practice

一連のパソコン化教材開発とその授業の実践的研究の一環に位置づく研究であり、研究室配属の学生のコンピュータ・リテラシー教育の研究でもある。この授業実践は附属中学校のコンピュータ教室で、1クラスの生徒に対して正規の時間内に行った。目立った特徴は、I W A TによるP-Pグラフが新しいパターンとなったことである。このパターンは最も理想的な型であるので新しく“O型”と名付けることにした。

[キーワード] 中学校数学、コンピュータの教育利用、C A I、教材開発、授業評価、認知構造

### 1 はしがき

3次元空間内を線(曲線を含む)が動けば平面・曲面(中身がない)ができ、平面・曲面が動けば立体ができることはよく分かる。しかし、具体的に何がどう動けば何ができるかとなると明白でないものがある(例えば線織面等)。このような問題へのアプローチとしての、図を動的に表示するツールとしてのコンピュータ・グラフィックスの利用を考えることは意味がある。今回の研究は、この流れの上の一つの課題として捕らえ、実践した。

教材は一応、中学校指導要領内の「空間図形」の項目「いろいろな図形」に基づいて考え、その応用としては指導要領外の「ふくらまし教材」に及んでいる。パソコン利用水準は、はじめは提示用としての利用第一水準で行い、授業の後の方では利用第二水準、つまり生徒のキー操作を入れることにした。

授業の評価はI W A TによるC A T I法であるが、新しく重みつき内容構造をも取り入

44 中学生1年生のための線・面の移動により生成される立体のパソコン教材の開発と授業の実践

れた。特筆すべきことは、本文の中でも触れるが、P-Pグラフのパターンが、今までの研究では見られなかった全くの新しい型になったことである。しかもこの型は授業の成功度という観点からみれば、理想的なパターンである。このような結果が出た理由についても考察を加える。

2 授業設計と教材開発

まず指導案から記す。指導案は大枠は大体担当の学生（この場合はB班）が考え、それに筆者や附属教官の考えを取り入れるものである。






数学科学習指導案

指導者 吉田京子

共同研究者 岩本朋美

1. 日時 平成2年12月17日（月）第4校時 附属中学校コンピュータ室
2. 指導学級 岩手大学教育学部附属中学校1年D組（男子20名、女子20名、計40名）
3. 主 題 線と面の運動による舞う感図形の生成（教科書：p.155 ① 角柱、円柱 p.163 ① 回転体）
4. 本時の目標 立体が平面図形の運動によって構成されることを知り、空間図形に対する見方や捕らえ方を豊かにする。
5. 本時の展開

段階	指導事項	教師の活動	予想する生徒の活動	時間	留意点・教材教具
導入	復習 (シートⅡ)	・知っている立体をあげさせる。	・立方体、直方体 角柱(3, 4, ) 角すい(3, 4, )		板書 学習シートⅡ
	課題表示	立体はどんな図形をどのように動かしてできたものと考えられるか			5分
展開	円柱のでき方 (シートⅣ)	・円柱はどんな図形をどのように動かしてできるか考えさせる	・底面(円)が縦に動いてできる。 ・長方形を回転してできる。 ・円2個と長方形でできる。		画面1(パソコン) 画面2 画面3(回転軸について説明)

<p>展</p>	<p>底面の移動 (シート 図)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・円の立体の中で底面の移動によってできる立体をあげさせる。 (名前、見取図、底面)</li> <li>・底面がどのような移動してできるかを考えさせる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・直方体</li> <li>立方体</li> <li>角柱</li> <li>・平行移動</li> <li>・底面に対して垂直な方向に移動</li> </ul>		<p>画面 4 画面 5</p>
	<p>角柱や円柱は底面がそれと垂直な方向に動いてできた立体とも考えられる。</p>				
<p>開</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・回転体 (シート 図)</li> <li>・練習 (シート 図)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・□の立体の中回転によってできる立体をあげさせる。(名前、見取図、動く図形)</li> <li>・回転体の説明</li> <li>(1)  どのようにしてできるか</li> <li>(2)  どのようにしてできるか</li> <li>(3)(2)の側面だけの立体はどのようにしてできるか</li> <li>・曲線を使わず直線で作れないか</li> <li>・回転軸と平行でなく交わらない直線を回転させてできることを説明せよ</li> <li>・籐家具を例にとり直線だけで曲面を描いていることを身近に感じさせる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・円すい</li> <li>・球</li> <li>・  を回転する</li> <li>を垂直に移動</li> <li>・  を回転する</li> <li>・  を回転する</li> <li>?</li> </ul>	<p>30分</p>	<p>実物投影機 画面 6, 7, 8, 8'</p> <p>画面 9, 10, 10' 画面 11</p> <p>画面 12 (ヒント) 画面 13 「ねじれの位置」という用語は使わない</p>
	<p>演習のまとめ</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・座標の説明とキー操作</li> <li>・生徒キー</li> <li>・本時のまとめ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・座標の表し方を説明し、パソコン操作を実際に動かして説明する</li> <li>・机間巡視し、説明</li> <li>・2つの考え方をもう1度思い出させる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・好きな点をとって図形を描き、回転させる</li> </ul>	<p>10分</p>

- ・必要に応じ、生徒のプリントを画面に映し出すのに実物投影機を使う。
- ・授業を始める前に、生徒用のパソコンを作図する状態にしておいて、一斉送信にして、親機の画面が出るようにする。生徒のキー操作の時は一斉送信を解除する。

このほか実際の授業では学習シートも併用しているが略す。

次にパソコンの教材プログラムの概要を示す。このソフトはPC-9801RXで開発（言語は日本語BASIC）で、授業では附属中学校のコンピュータ室の機種にあわせPC-9801EX20セット親機1セット分の3.5インチのフロッピーディスクにコピーして利用した。これらのソフトの所在は筆者の研究室であり、筆者が1990年度学生作品として、他のA班、C班の2つのソフトと一緒にまとめて、親プログラムをランさせるとメニューで任意に選ぶことができるように接続してある。セーブはどれもアスキーセーブにしてあり、MS-DOSに直させるようになっている。

題名 [1~13] (括弧 [] 中の数字は行番号)

メニュー [20~100] (画面には出してないで“1~10?”のみ表示)

一時停止用サブルーチン [8,000~8,030] (INKEY\$)

1. 底面の移動による円柱 [1,000~1,440] 画面1
2. 回転移動による円柱 [3,000~3,400] 画面2, 3
3. 底面の移動による4角柱 [2,000~2,360] 画面4  
底面の移動の性質 [10,000~10,380] 画面5
4. 回転移動による円すい [4,000~4,400] 画面6, 7
5. 回転移動による球 [5,000~5,270] 画面8, 8'
6. 回転移動による円すい台 [6,000~6,390]
7. 回転と底面の移動によるロール [7,000~7,700] 画面9, 10, 11
8. 線の回転 [9,000~9,500] 画面12, 13
9. 作図 [11,000~12,800] 画面14
10. 終了 [13,000]

このプログラムでは、メニューにより、1~9の任意の文節プログラムをどのような順序でも実行させることができるように作ってある。したがって、授業の中では教師の意思により自由な順序で利用ができて、結果としては柔軟な授業（柔構造の授業）となるようにしてある。また、メニューを画面には出さずに、単に“1~10?”だけを画面に表示してある。これは生徒にとって不必要な情報を出来るだけ少なくする配慮からである。

### 3 授業の実際

授業は岩手大学教育附属中学校コンピュータ室で、平成2（1990）年12月17日（月）第4校時に行った。授業は協力者：吉田京子が担当した。コンピュータ室にはパソコンとしてPC-9801EXが20セットあり、ほかに親機1セット、それにテレビカメラが実物投影機としてあり、この画面が各生徒用の子機のディスプレイに表示されるようになっている。この時の生徒は男子20名、女子20名、合計40名であり、パソコン1セットあたり2名の配置となった。授業時には、附属中学校の数学科教官、筆者と筆者の研究室配属の学生全員が授業に出て、ビデオ収録（8ミリビデオ）をしたり授業の観察をした。収録したビデオテープは後にいわゆる鏡的利用等の研究からプロトコール作成用まで広く利用される。次にプロトコールの一部を示す。

起立 お願いします。着席

T：えっと、見たことあるかも知れませんが吉田です。今日1時間お願いします。

S：見た？ ない！

T：今日はパソコンを使って立体についてやりたいと思います。最後には皆さんにパソコンを使ってやってもらいますので楽しみにしてください。

ところで、皆さんはどんな立体を知っているかな？ 思いつく立体をプリントに書いてみてください。パソコンのキーはまだ使わないので上であげておいて下さい。

（机間巡視）

なんでもいいよ。立体だったら

T：はい、それではみんなにあげていってもらいます。

——中略——

（一葉双曲面を線織面として提示する部分とキー操作をさせる部分）

T：はい こういうふうな曲線（右図）を回せばいいんだという考えです。

曲線でなくて、直線じゃ作れないだろうか？ これはすごく難しい考えなので、一つ提示します。ヒントを与えます。

T：さっき円柱やったけど、側面だけの円柱っていうのは、こんなふうに（割り箸で説明）これが回転軸、これが回転する線だとすると、こういうふうに回せばよい。実は、（3）の図形は、これが回転軸、これが回転する線だとすると、平行じゃなくて、ちょっと見えるかな？ ねじれている形のときに（3）のような図形ができます。（パソコン）

S：なるほど！ ああ！ おう！

T：みんな籐家具って知ってる？ あの、こういう色のやつが編みであるやつだよ。籐家具の中に、画面の右側の形のものがあるんだけど画面のように、直接をいくつも並べてこういう曲線を作っています。

T：おまちかね、みんなにキー操作をしてもらいます。それで、その前に私が例をやります。みんな座標っていうの聞いたことないと思うけど、座標っていうのは点の位置を示すものです。

これをx軸、これをy軸とすると、この青い点は（2，4）と表します。



T: それではまず、どの図形を動かすかということで三角形を動かしてみます。

例えば、適当に入れます。(1, 2) (5, 3) リターンキーを押して(4, -5) リターンキーを押して・・・リターンキーってこれね。それでまたリターンキーを押します。するとこういうふうな図形ができます。

S: おおっ! すてきだなこれ、やいやい!

T: はい、これからみんなにやってもらいます。わからないことがあったら、質問してね。

S: おおー スゲー ギャハ、ギャハ

この後は、生徒にパソコンのキー操作をさせる部分になる。机間巡視と個別指導になるので、プロトコールは作れない。

T: じゃ、キー操作やめてくれる? 今日のまとめをします。

今日は立体が底面の移動と、図形の回転によってできるという考えかたを学びました。

以上がプロトコールの一部である。特に後半が、「ふくらまし教材」線織面の一例として一葉双曲面を提示した部分である。ここでは特に一葉双曲面は全く深入りをしないで図を示したにとどまる。図は、よく模型にあるのだが、2枚の円盤の縁にたくさんの糸を張らせたもので、その円盤を互いにねじって横から見ると、いろいろの一葉双曲面が見られるという模型と同じ考えで作った。そのやり方は、軸に対し傾けた線分を回転させ(その図を残して)一周させると生徒の目の前で一葉双曲面ができるという取り扱いである。この授業の流れとしては、すぐ前ではこの曲面が、曲線の移動でできることを示した後に、今度は直線の移動でも曲面ができることの意外性、驚きをねらった。またこれは幾人かの生徒が後に大学で二次曲面を学習したときの、あのときの図がこれだな、分かってくればよいという竹之内脩氏の唱える「後々の洞察のために」のレベルの教材でもある。

#### 4 授業の評価

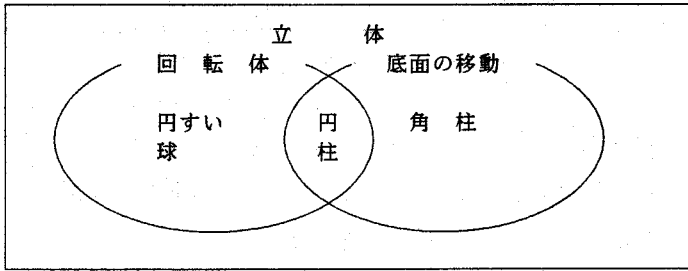
1 単位時間だけの授業の評価であるから、用具としては学習者の認知構造変容測定のためのIWATとパソコンへの態度を測定する。SDの一種、PCSD-Sを用いた。

##### (4. 1) IWATの処理——認知構造と個人別得点

キーワードの採取は教科書(東書)の「平面図形の運動による空間図形の構成」に関する部分から数学の用語の出現回数の多い順に並べたもの(アメリカ式)を参考にして、それに授業のねらいを加味して(日本式)次の7個を選んだ。

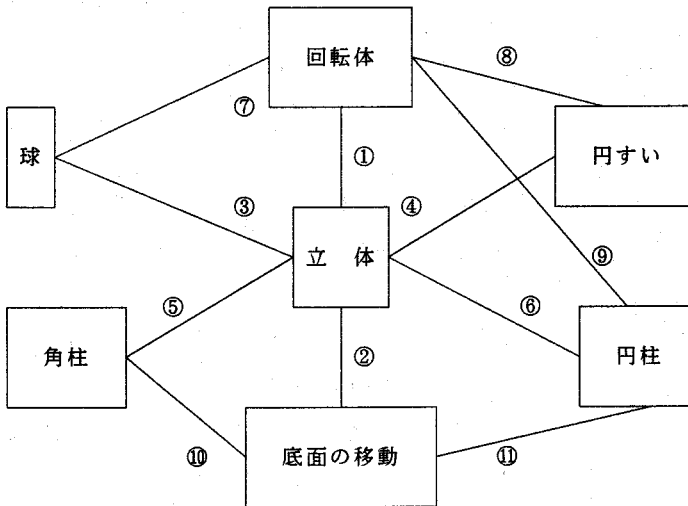
①立体、②回転体、③底面の移動、④球、⑤円すい、⑥角柱、⑦円柱 である。IWAT用具は様式2を用いた。

ところで、授業で生徒に理解させたいキーワード間の概念の包含関係を第1図で示す。



第1図 キーワード関係図

また内容構造を第2図で示す。図中の○の中の番号は隣接箇所番号である。



第2図 内容構造図

次にIWATの結果、生徒の応答数を事前テストと事後テストの結果で示す(第1表)。

第1表 IWAT事前・事後テスト応答数

事後\事前	立体	回転体	底面の移動	球	円すい	角柱	円柱
立体	—	15 <sup>1</sup>	6 <sup>2</sup>	34 <sup>3</sup>	34 <sup>4</sup>	35 <sup>5</sup>	34 <sup>6</sup>
回転体	31 <sup>1</sup>	—	13	27 <sup>7</sup>	16 <sup>8</sup>	7	18 <sup>9</sup>
底面の移動	39 <sup>2</sup>	16	—	8	15	17 <sup>10</sup>	15 <sup>11</sup>
球	34 <sup>3</sup>	37 <sup>7</sup>	5	—	30	3	28
円すい	35 <sup>4</sup>	34 <sup>8</sup>	11	21	—	9	34
角柱	38 <sup>5</sup>	15	39 <sup>10</sup>	4	7	—	25
円柱	36 <sup>6</sup>	33 <sup>9</sup>	37 <sup>11</sup>	25	27	31	—

表中の数字は応答した生徒の実数、右上の少数字は隣接箇所番号、数字の下線は生徒集団の認知構造を決める隣接箇所を示す。これをもとにして内容構造と認知構造の、意味度の距離 $d$ と距離行列の距離 $D$ の変容が分かる( $d, D$ の定義および距離の判定は佐伯(1983a)参照)。それを第2表で示す。この表から授業による生徒の認知構造は極めて内容構造に近く変容したことが分かる。これはまた第1表で事後テストの認知構造と内容構造が1つを除きあと全部が一致していることから分かる。

第2表 内容構造と認知構造の距離

D \ d	内容構造	事前認知構造	事後認知構造
内容構造	—	.6071	.2020**
事前認知構造	.1579*	—	.6061
事後認知構造	.0476***	.1506*	—

距離判定 \*\*\* 大変近い \*\* 近い \* やや近い

40人の生徒の個人得点の平均を第3表で示す。得点はTAスコア、CAスコア、+スコアの3種類でとった(各スコアの定義は佐伯(1983a)参照)。このうち、内容構造の取り方にもよるが、ほぼCAスコア、+スコアは数学学力(achievement)を構造する4因子の中の推理因子(reasoning factor=R因子)に相関していることが知られている(佐伯、1983b、1984)ことに注意すると、CAと+の両スコアが事後で伸びていることは意味がある。つまり achievementの意味の学力もある程度伸びたといえるかも知れない。

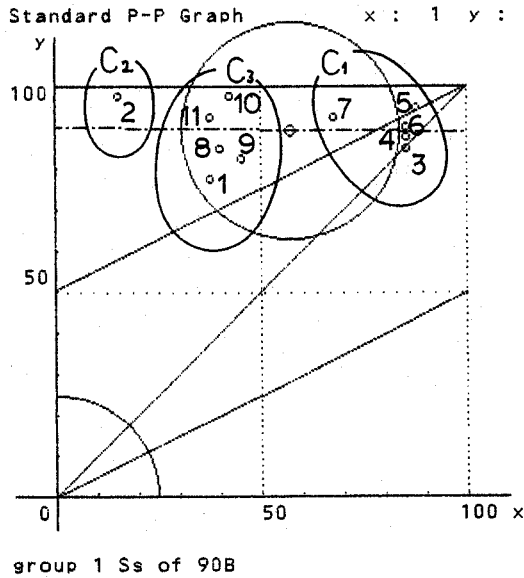
第3表 TA, CA, +スコアの平均

	事前テスト			事後テスト		
	TAスコア	CAスコア	+スコア	TAスコア	CAスコア	+スコア
(満点スコア)	21	11	21	21	11	11
男子平均	10.05	5.70	11.35	13.60	9.45	15.30
女子平均	11.05	6.80	12.55	14.00	10.15	16.30
クラス平均	10.55	6.25	11.95	13.80	9.80	15.80

#### (4.2) P-Pグラフと重みつき内容構造

IWATの中心的な処理はP-Pグラフパターン決定である。まず第3図にP-Pグラフを示す。図から分かるようにこのグラフのパターンは全く新しいものだった。それで最も理想的な授業に対応するグラフパターンという意味で、“O型”のパターンと名付けた。

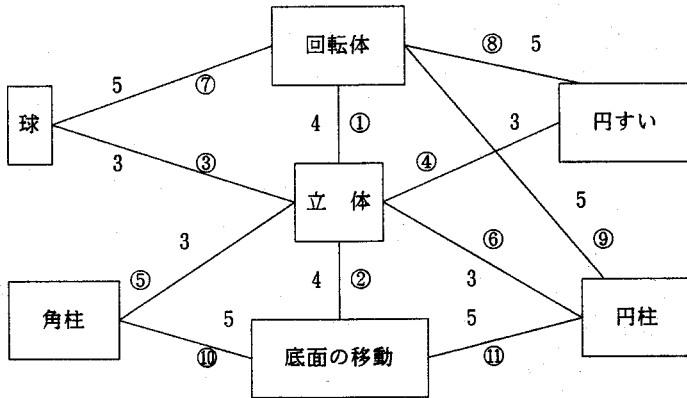




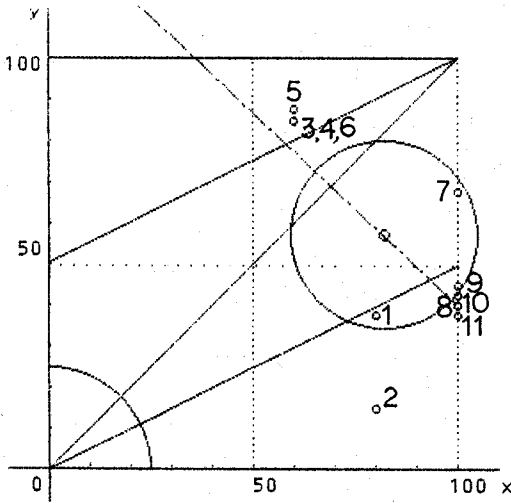
第3図 P-Pグラフ (O型)

このO型のP-Pグラフは事後のスコアが殆ど内容構造と一致していることを示している  
 ので授業は成功的であると判定される。

今回の研究から新しく取り入れた方法の重みつき内容構造がある。これについては別稿  
 で触れるので(佐伯, 1991)ここではくわしく述べないで結果のみを記す。まず、第4図  
 は本研究の重みつき内容構造である。図の中に○に入っていない数字は「重み」、○に入っ  
 ている数字は、隣接箇所番号である。重み $w$ を $x = (40/5)w = 8w$ で変換してP-Pグラ  
 フの $x$ の値にした。ただし、40はSsの人数、5は重みの最大値とする。変換後の重みを

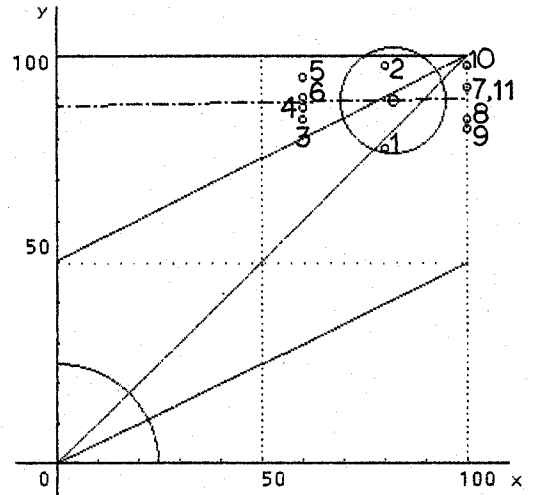


第4図 重みつき内容構造



group 1 Ss of 908Wpre

第5図 Wpreグラフ



group 1 Ss of 908Wpost

第6図 Wpostグラフ

x、事前テスト（事後テスト）の応答数をyの値としてP-Pグラフ類似のグラフができるが、このグラフをWpreグラフ（Wpostグラフ）という。第5図でWpreグラフ、第6図でWpostグラフを示す。

Wpreでは相関係数 $r$ が負の値となり、回帰直線も右さがりであったが、Wpostでは、 $r$ が正になり回帰直線が僅かに右が高くなっている。この事前から事後への変容は自然なことで、教師の意図が重みにあるので、事前では処遇前だから重みづけの方が高くなり、このグラフパターンになり、事後は処遇後だからその処遇の効果がでて、全体が $y=100$ の線に近付いたと理解される。

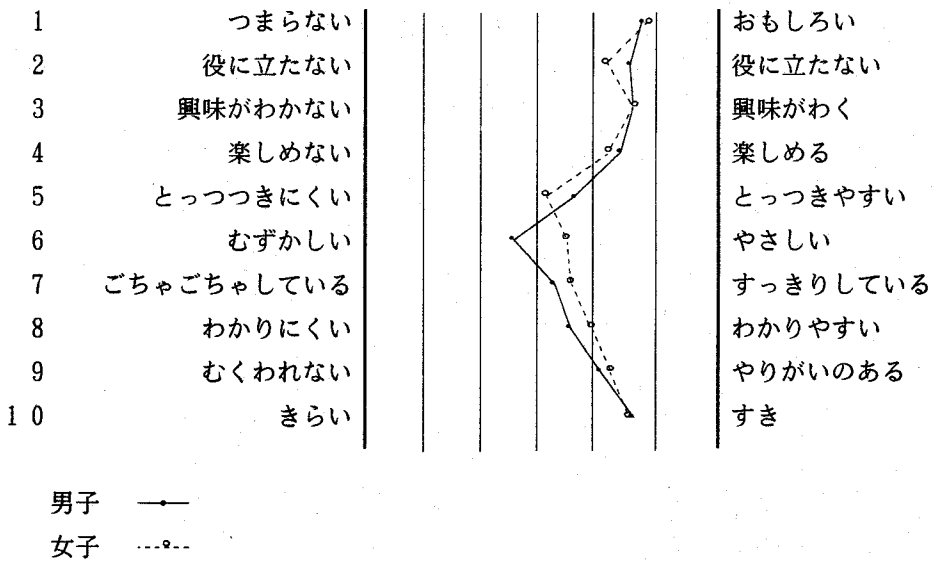
#### (4, 3) PCSD-Sの処理

用具PCSD-Sはコンセプト“パーソナルコンピュータ”に対する態度を測定するために開発したSD尺度で、中学校、高等学校の生徒を対象にしている（佐伯、1985）。これも事前事後と2回テストをした。男子、女子、全体で各尺度ごとの平均と標準偏差をとった。第4表で各尺度の平均のみ示す（個人データは岩本（1991）にある）。

次に、これらをもとにしてSDプロフィールを描いている。SDプロフィールは男子、女子、全体と3種類作った。PCSD-S尺度の2極形容詞対と事後テストの男子と女子のSDプロフィールを第7図で示す。

第4表 PCSD-C各尺度平均値

尺度	男子		女子		全体	
	事前	事後	事前	事後	事前	事後
1	5.65	5.85	5.70	5.90	5.68	5.88
2	5.40	5.60	5.05	5.20	5.23	5.40
3	5.20	5.70	5.40	5.70	5.30	5.70
4	5.45	5.55	5.20	5.30	5.33	5.43
5	4.15	4.65	4.55	4.15	4.35	4.40
6	2.85	3.60	3.50	4.60	3.18	4.10
7	3.70	4.35	4.15	4.70	3.93	4.53
8	3.80	4.65	4.35	4.95	4.08	4.80
9	4.25	5.10	4.85	5.30	4.55	5.20
10	5.55	5.70	4.95	5.60	5.25	5.65



第7図 事後テスト男子・女子のSDプロフィール

これらの中で目立った特徴を幾つか指摘し考察する。

- (1) 全体的には事後が好意的に変容している。

(2) 女子が第5尺度(とっつきにくい—とっつきやすい)が非好意的方向に変容している。

この原因は、生徒にキーボードを操作させているが、操作方法が少し難しかったことからきていると考えられる。実際の授業場面でもパソコン操作は男子生徒にまかせパソコンに触らない女子生徒が幾人かいたことから分かる。これが、第5尺度で女子が最低得点になったのに対して、第6尺度で男子が最低得点になった理由かもしれない。この事実は生徒へのキーボード操作、特に今回はデジタル方式であった座標の表示のアナログ方式にするとか、機械に対して苦手意識の強い女子生徒への配慮をいかにするか等が、反省点として浮かんで来た。

(3) 第6・第7尺度で好意的方向への変容が見られた。

これはパソコンソフト(画面等)の工夫からの反応と考えられる。

以上が、SDプロフィール関連の結果と考察であるが、今回はSsが40名であったので、ここしばらくSsの不足から中断していたSD尺度の因子分析を試みている。対角線要素は最大相関係数にとり、固有値と累積寄与率をみて2因子を残してバリマックス回転をした。結果を第5表で示す。因子はIは評価因子(E因子)、因子IIは親近性因子(F因子)と見られる。この結果で指摘できることは、尺度の因子所属を先行研究(佐伯、1985)

第5表 PSCD-S因子負荷量と共通性(少数点省略)

尺度番号	事前テスト			事後テスト		
	I	II	$h^2$	I	II	$h^2$
1	73*	21	58	74*	43	75
2	50*	14	28	39	81*	83
3	81*	17	69	76*	45	78
4	78*	07	62	80*	08	64
5	45*	45*	41	56*	34	43
6	25	48*	29	27*	25	14
7	07	85*	73	33	51*	37
8	17	85*	76	13	80*	66
9	62*	45	59	74*	38	69
10	64*	21	45	65	67*	87

(\*印は尺度の所属因子を示す)

に比べると、事前テストは高校2年生(半年のパソコン経験)と大学生(教育学部と人社会学部でパソコン経験は不明だがあまりないと考えられる)に似ている。一方事後テストは

一部一致しないが、高校3年生（パソコン経験1年半）に似ている。特に第9尺度「むくわれない—やりがいのある」が共に評価性次元（I）になったことは興味深い（高校生では2年生がII、今回の結果も事前がIIである）。パソコン経験が次元の変更をもたらすか否かは分からないが、今後の研究で課題になろう。

5 重みつきの妥当性および内容構造の妥当性の検討

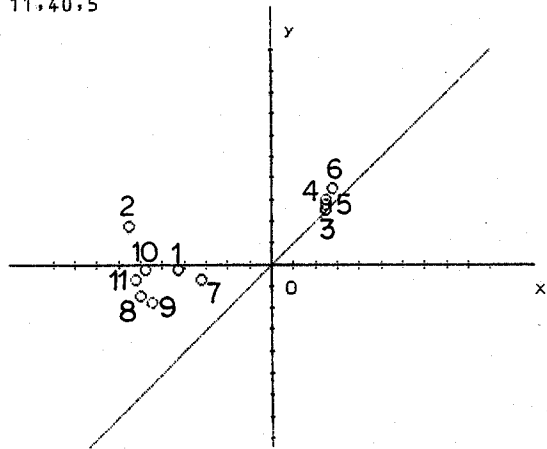
その後になって、明内（1991）の卒論にあったアイデアを発展させ、パソコンプログラムも作成し「EGグラフ分析」を開発した。この分析は重みつき内容構造のある種の妥当性の判定に役立つことが分かって来た（佐伯、1991）。これを用いてB班の授業を評価してみよう。

(1) 重みつき内容構造の妥当性の検討 — EGグラフ分析

第8図でEGグラフを示す。数値は左から隣接箇所番号、重み、Wpreグラフからの階

隣接箇所点の数、人数、最大重み？ 11,40,5

1	4	-42.500	-2.500
2	4	-65.000	17.500
3	3	25.000	25.000
4	3	25.000	27.500
5	3	27.500	35.000
6	3	25.000	30.000
7	5	-32.500	-7.500
8	5	-60.000	-15.000
9	5	-55.000	-17.500
10	5	-57.500	-2.500
11	5	-62.500	-7.500



第8図 EGグラフと各点の座標

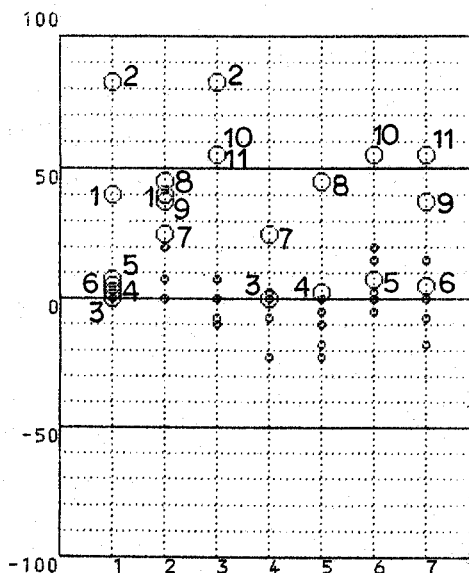
差P-Pグラフのx座標、Wpostグラフのそれである。斜めの直線は $y = x$ である。事後に伸びた点程この直線から左上に離れるのは、P-Pグラフと同じである。重みつけをするのは教師であるから、大きな重みはそれだけ重要な隣接箇所と考えてのことであり、それだけ生徒にも伸びて欲しいと期待してる箇所である。

第8図のグラフからの所見は、重さ5に対する点は、事前は大きく負の値であったが、事後ではかなり伸びたのが読み取れる。重さ3に対応する点は、事前では正であったが伸びは小さい。一番大きく伸びたのは番号2の点で、82.5も伸びている。このグラフからの重みつけの判定は、暫定的でかつ恣意的であるが、伸びという観点からは、重み5とか4

の点は比較的良好に伸びた、つまり教師の期待通りに変容したことになるので、ほぼ妥当な重みづけと言える。

### (2) 内容構造の妥当性の検討

内容構造の妥当性の検討は本文ではしてなかったので、ここでキーワード分析グラフ（KWAグラフ）（佐伯、1986）を作成して行う。まず、第9図に本授業のKWAグラフを示す。



第9図 キーワード分析グラフ

ここでおおきな○は隣接箇所、小さな●はそうでない箇所である。図からわかることは○はほぼ事後に伸びているのがわかる。ただ、隣接箇所ではなかったが、キーワード②と⑥（回転体一角柱）、⑥と⑦（角柱—円柱）が伸びているのがわかる。前者の応答数は多くはないのであまり問題ではない（論理的にもあわない）が、後者は応答数も多く事前でも事後でも生徒集団の認知構造の隣接箇所になっている上、論理的にも妥当なので、内容構造で隣接箇所になってもよかったかもしれない。あとはだいたい妥当と判定できる。

## 6 考察

考察の幾つかは、前節の結果を記す中でも触れて来た。ここでは、そこで触れ得なかったこと、また、全体的なことを記したい。

まず、本研究は初めての附属中学校のパソコン教室（パソコン設置は1990年5月）を利用した1クラス単位の授業で、正規の時間内で行われた授業であることを言うておかなければ

ればならない。授業はパソコンはランシステムであり、このほか実物投影機をも利用したメディア・ミックスの授業であった。この教室レベルのシステムは今広く日本のあちこちの現場で見られる平均的なシステムである。このシステムを用いれば、CAIはもちろんのこと、筆者のいうパソコン利用の非CAI的授業、マイクロCAIの授業等たいていの形態のパソコン利用の授業が実現可能であるように見える。筆者はこのシステムを利用してパソコン利用の能力を身につけさせるという意味での教師教育という立場から学生を教師にして授業を試行したところに特徴がある。

従って、課題の選択、単元の決定、授業設計、パソコンプログラム開発、学習シート、テスト用具の開発はすべて学生であり、事後のプロトコール作成、テストデータ処理は学生が主体になって行った。もちろん途中で必要な指導を行っているが、なるべく学生の考えを中心に進めた。授業はパソコン利用の非CAI的授業であり、後半はふくらまし教材も利用している。

結果は授業者の能力のこともあり成功的で、P-Pグラフパターンは理想的なO型のパターンになったことは特筆すべきであり、前に触れた通りの意味があったと理解できる。さらに、新しい試みとしての重みつき内容構造によるWpre/WpostグラフにもO型の影響が示された。しかし、これらについては、まだデータ不足で今のところこれ以上何とも言えない。

これから新学習指導要領が1992年度の小学校を初めとして、次々に実施に移されていくに従い、文部省の財政的補助も増額されてきているので、今後パソコン教室は各地で急速に増加して行くであろう。このためのパソコン教室での授業の方法のノウハウの蓄積が当面の課題になるであろう。筆者のかかわっているアカデミックな学会でも授業の実践的研究が急速に増えてきている。本研究はこのためのデータの一つを提供することになるし、教師教育の見地からはパソコン教室で自由に授業を実践することができる教師、筆者の唱える“パソコン化授業リテラシー”(PCTリテラシー)を有する大量の教師の養成のためのノウハウの蓄積にも、一つの事例を加えたことの意味を見いだすであろう。

#### 参 考 文 献

- 岩本朋美(1991)立体の生成——線・面の移動・回転に関するパソコン教材、岩手大学教育学部平成2年度卒業論文
- 明内紀代子(1991)パソコンによる立体の切断面の授業実践、岩手大学教育学部平成2年度卒業論文
- 佐伯卓也(1981a)「数学的構造の学習」の評価法、日数教会誌・数学教育、35-1、31-36

- 佐伯卓也 (1981b) 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
- 佐伯卓也 (1983a) 学習者の数学的能力と認知構造の関係、日本教科教育学会誌、8、81-86
- 佐伯卓也 (1983b) 学習者の認知構造変容測定による教師の授業評価法と学習者個人別評価法の開発 —— I式WAテストによるCATI法、科学研究費(一般C)報告
- 佐伯卓也 (1984) 学習者の数学的能力と認知構造の関係(2)、日本教科教育学会誌、9、1-6
- 佐伯卓也 (1985) パーソナルコンピュータに対する態度を測定するSD尺度、PCSD-Sの開発、日本教科教育学会誌、10、73-78
- 佐伯卓也 (1986) 標準P-Pグラフ分析(3) —— 半階差P-Pグラフとキーワード分析、東北数学教育学会年報、17、27-38
- 佐伯卓也 (1990) 数学教育における学習者の認知構造測定用具IWA Tの応用、第23回数学教育論文発表会論文集、139-144
- 佐伯卓也 (1991a) 学習者の認知構造変容測定による教師の授業評価法と学習者個人別評価法の開発(2) —— IWA TによるP-Pグラフ分析(CATI法)のその後の展開——、岩手大学教育学部附属教育実践研究指導センター研究紀要、1、131-144
- 佐伯卓也 (1991b) 授業評価におけるP-Pグラフの型と重みつき内容構造、岩手大学教育学部研究年報、51 (No.1)、99-104
- 吉田京子 (1991) パソコンを利用した「線と面の移動により生成される立体」の教材研究、岩手大学教育学部平成2年度卒業論文

(謝辞)

本研究は文部省平成2年度科学研究費補助金(一般研究B)課題番号63450098の一部を利用させていただいたことに感謝の意を表す。

また、本研究を進めるに当たり、授業実践等で協力を得た岩手大学教育学部平成2年度4年次学生岩本朋美・吉田京子の両君と授業実践の場を提供し、また学生のために終始懇切なご指導を賜った岩手大学教育学部附属中学校数学科の各教官に、また学生の論文作成にあたり、授業についてのコメントをいただいた工藤保、今野吉章の両教官に感謝の意を表す。