

## 中学校数学のパソコン教材の 開発と授業研究 —— 相似三角形の移動 ——

佐伯卓也 (岩手大学)

協力者：林 由貴 (平成元年度数学科4年次学生)

[要約] 一連の非C A I的授業の実践的研究の一環として、本研究は、主として三角形の移動 (平行・回転・相似等) に関する、ゲーム的要素を加味したパソコン化授業を試みた。その報告をする。

[キーワード] 教科教育学、カリキュラム開発、数学教育、中学校数学、パソコンゲーム利用の授業

### 1 はしがき

最近になりにはわかに教科教育学が議論されるようになって来た。1990年10月秋田で開催された第16回日本教科教育学会全国大会の時もそうであった。東洋氏の言葉を借りると、日本では文部省の学習指導要領があるため、教育研究はコンテンツフリー、つまりカリキュラムの内容にかかわる研究は避けて通り過ぎ、もっぱら授業の技術面の研究に集中していた、という。筆者は、数学教育の学を作るなら、内容にかかわるカリキュラムの開発研究は避けて通れない。すなわち、指導要領フリー、つまり、Course of Study-free な研究がなされなければ「学」になり得ないと考えるに至った。しかし、現在の指導要領の法的拘束を考えると、学校教育レベルでの数学教育の「学」の構築は望めない。

数学教育を考えると問題になるのはもう一つある。数学教育という枠組みをしても、子どもの側に立つと、全教科を学習するのだから、数学だけとか国語だけ、とか一つの教科に絞るのは不自然で、やはり全教科を射程内にいれたカリキュラムを研究するという学際的な教科教育学の発想が必要になるだろう。最近文部省の科研費の申請細目に892番の「教科教育学」が「教育学」の中でなく「複合領域」つまり、学際的な項目の中に「科学教育」の一つとして市民権を得た理由が分かる気がする。

筆者は、1983年以来指導要領フリーな教材開発とその授業の研究 (「ふくらまし教材」と称してきた) を、パソコンというツールを利用して、中学生に理解可能な形に翻案して、授業を実践してきている。この立場はまさしく教科教育学の立場に立つ研究であった。本稿も、考えた教材が指導要領の範囲と重なってはいるが、この立場に立っていて、従来の研究と同じ線上にある。

### 2 授業計画

この研究は、平面上の図形の移動をパソコン教材化して中学1年の生徒に実施しようとする、試験的授業である。

学習指導案から示す。

日時 平成元年12月19日(火) 16時～

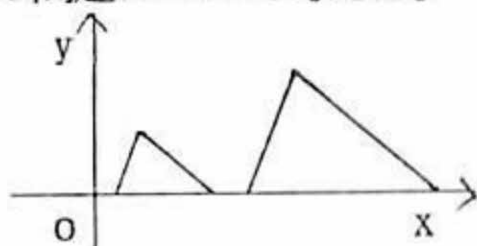
指導者 林 由貴

1、単元名 図形の移動 —— 三角形

2、ねらい 平行移動・対称移動・回転移動の意味、またそれらと合同・相似の関連がわかり、与えられた図に対して利用することができる。

3、展開

段階	学習内容	時間	留意事項	教具
導入	・移動について話し合う。 どんな移動を知っているか。	3		
展開	・三角形の移動を行う。 (ずらし・折り返し) ・移動後の図を見て、どの移動があったのか考える。 ・Eの問題について考える。		・プリントは1から3まで(定規などは使用させない) ・問A～D (パソコンの操作にも触れる) ・問E 拡大すれば合同になることに気付かせる。	学習プリント パソコン (A)
閉	・プリントの4をする。 ・問題を解く 2、3人のグループで記録しながら行う。	40	・パソコンの操作を説明する	プリント パソコン (B) プリント
終結	・チャレンジの結果を報告し合う。	7	・早ければ良いわけではない	



学習プリントは省略する(林、1990)。

### 3 教材開発

パソコン教材が主たるものである。本パソコンソフトは、筆者の1983年作成の「T2 1:平面上のユークリッド変換のドリル」(未発表)という高校生の幾何のドリルのため開発したソフトを改変して作成した。元のプログラムは点、線(線分)、円、三角形、四角形の5種類の図形を、オプションで平行移動(ずらし)、点・線対称移動(折り返し)、回転(まわし)の数値を入れると元の図形と動いた先の図形を同時に表示するものであった。筆者はこれをゲーム化して大学生が被験者となり実際に試みたことがある。

中学生のためには、三角形だけを取り上げた。上の移動の中で点対称だけは複雑になるので取りやめ、残りはそのままだけに用いることにした。さらにこれらに「倍にする」という相似変換を加えた。結果的には、ずらし、折り返し、まわし、倍にする、の4種類の移動(変換)になった。

パソコン教材(A:教師が操作)は一斉授業で提示する教材(勿論非CAI的授業)、パソコン教材(B:チャレンジ)は一人ひとりパソコンのキーボードを操作して生徒が移動させる教材である。内容は、元の図形と目的の図形を示しておき、もとの図形に上の4種類の移動(変換)を次々に施して、目的の図に重ねる教材になっている。途中失敗しても経過した図形は残るようになっていて、成功すればBでは“やったね!”と表示し、同時にBEEP音がでるようになっている。さらに生徒に「やる気」をおこさせるため、ゲーム化して、TIMESで時間を競わせるようにしてある。

次に、パソコンソフトの要点を示す。

#### I 三角形の移動A —— 提示

(1) 初期設定【10-100】

(2) メインプログラム【1000-1630】 三角形を描く。

(3) サブルーチン【4000-5280】 座標を描く、三角形を描く、平行移動、線対称、回転、相似図形等のサブルーチン。

(4) Ending【10000-10060】 条件設定。

```

2840 '-----
3000 LOCATE 45,6:COLOR 2:PRINT"やったね!":LOCATE 0,0
3010 LOCATE 43,6:COLOR 5:PRINT"♣"
3020 LOCATE 55,6:COLOR 5:PRINT"♣":LOCATE 0,0:COLOR 5
3030 FOR I=0 TO 100:BEEP 1:BEEP 0:NEXT I
3040 FOR I=0 TO 500:NEXT I
3050 FOR I=0 TO 100:BEEP 1:BEEP 0:NEXT I
3060 FOR I=0 TO 500:NEXT I
3070 FOR I=0 TO 100:BEEP 1:BEEP 0:NEXT I
3080 FOR I=0 TO 500:NEXT I
3090 FOR I=0 TO 100:BEEP 1:BEEP 0:NEXT I
3100 FOR I=0 TO 800:BEEP 0:NEXT I
3110 FOR I=0 TO 100:BEEP 1:BEEP 0:NEXT I
3120 FOR I=0 TO 500:NEXT I
3130 FOR I=0 TO 70:BEEP 1:FOR N=0 TO 2:NEXT N:BEEP 0:NEXT I
3500 GOTO 140
4000 '*****終了*****
4010 CLS 3:LOCATE 35,12:COLOR 5:PRINT"終了"
4020 LOCATE 25,14:COLOR 4:PRINT"ただ今の時間は———":TIMES
4030 LOCATE 30,18:COLOR 5:INPUT"STARTしますか : (Y/N)";MS
4040 IF MS="Y" OR MS="y" THEN 110 ELSE 5000
5000 '***** Ending *****
5010 SCREEN 0,3:CLS 3:SCREEN 0,0:WIDTH 80,25
5020 LOCATE 35,10:PRINT "E N D"
5030 LOCATE 30,13:COLOR 2:PRINT"♥"
5040 LOCATE 32,13:COLOR 5:PRINT"ごころうさま"
5050 LOCATE 45,13:COLOR 2:PRINT"♥":COLOR 7:LOCATE 0,0
5060 END

```

図1 プログラムBの最後の部分

## II 三角形の移動B —— ゲーム

- (1) 初期設定【10-110】特に 110 行はTIME \$ の設定。
- (2) メインプログラム【120-652】問題A、問題B、問題C、問題D、問題Eの提示とその解決のゲーム。
- (3) サブルーチン【4000-5280】座標を描く、三角形を描く、平行移動、線対称、回転、相似図形等のサブルーチン。
- (4) Ending【10000-10060】条件設定。

プログラムの最後の部分、プログラムBの3000-を図1（前ページ）に示しておく。TIME \$のまとめの部分である。

### 4 授業の結果

被験者は岩手大学教育学部附属中学校第1学年のランダムに選んだ生徒、男子5名、女子1名、合計6名の生徒であった。パソコンはPC98シリーズ2セットで1セットのパソコンに3名を配した。授業はVTRに収録し、後にプロトコールを作成した。まず、プロトコールの初めの部分と、パソコン利用の(B)の部分を示す。

段階	時間	教師の言動	生徒の言動	教具など
導 入		<ul style="list-style-type: none"> <li>・はじめます。よろしくお願ひします。</li> <li>今日は、図形の移動、ことがテーマになつてゐるんだけど、小学校の時に、図形に関して勉強したのを思い出さぶって人いるかな。図形を移動することとか。</li> <li>・うん 算数ね。線対称、言葉きいたことある?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・(ゴソゴソ) 数学じゃなによな。算数……</li> <li>・うん ある。ある</li> </ul>	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>・Bは? こっちから? うん。</li> <li>・C!</li> <li>・いい勝負だな。Dは?</li> <li>・E.</li> <li>・おいしい!! 1回か2回の差だね。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・2回</li> <li>・4回</li> <li>・6回!! ははは……</li> <li>・4回</li> <li>・3回</li> <li>・3回</li> <li>・4回</li> <li>・2回</li> <li>・誰かが6回やったもんな。ははは……</li> </ul>	
	60 (59)			

次に、IWA Tの処理を示す。キーワードは教科書に同じ単元から8個選び、内容構造も教科書の例文から作った。次にキーワードと内容構造を図2で示す。これをもとにIW

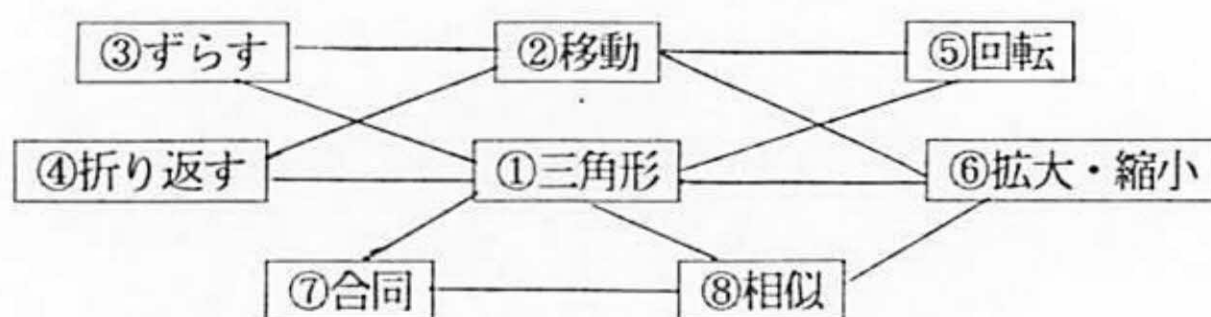


図2 キーワードと内容構造

A Tを作成した。IWA Tは様式2である。事前・事後テストを実施し、パソコン化授業の処遇による変容を見た。

#### (1) 距離の変容

IWA Tから得られる内容構造と事前・事後の生徒集団の認知構造の距離、意味度の距

表1 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	—	0.7288	0.4330
事前認知構造	0.3694	—	0.7071
事後認知構造	0.1237*	0.3728	—

離dと距離行列の距離Dの変容を表1で示す（この定義は何度も紹介しているので略す）。表中の\*は「やや近い」という判定を示す。つまり、内容構造と認知構造はDにおいて、事前は近さの判定にかからなかったが、事後では「やや近い」状態に変容したことを意味する。

#### (2) P-Pグラフ

隣接箇所が12個あるのでP-Pグラフの点も12個である。図3でP-Pグラフを示す。この隣接箇所の点の集合にユークリッド距離によるクラスター分析（重心法）をし、クラスターが3個になったところで止めて、判断するわけだが、この場合はII型と判定されるパターンであった。前の、距離法の判定と併せて、本授業は「成功的」とであると判定される。

このほか、個人別スコアも調べているが、略す。また、コンセプト「パーソナルコンピュータ」に対する中学生・高校生対象のSD尺度PCSD-Sを用いて、Ssの態度の変容とSDフルフィールドの変容も調べた。標本が少ないので略す。筆者はこの授業を観察しているが、後半の(B)のゲームのところでは予想以上に盛り上がりを見せたことは特筆すべき事だったと思う。

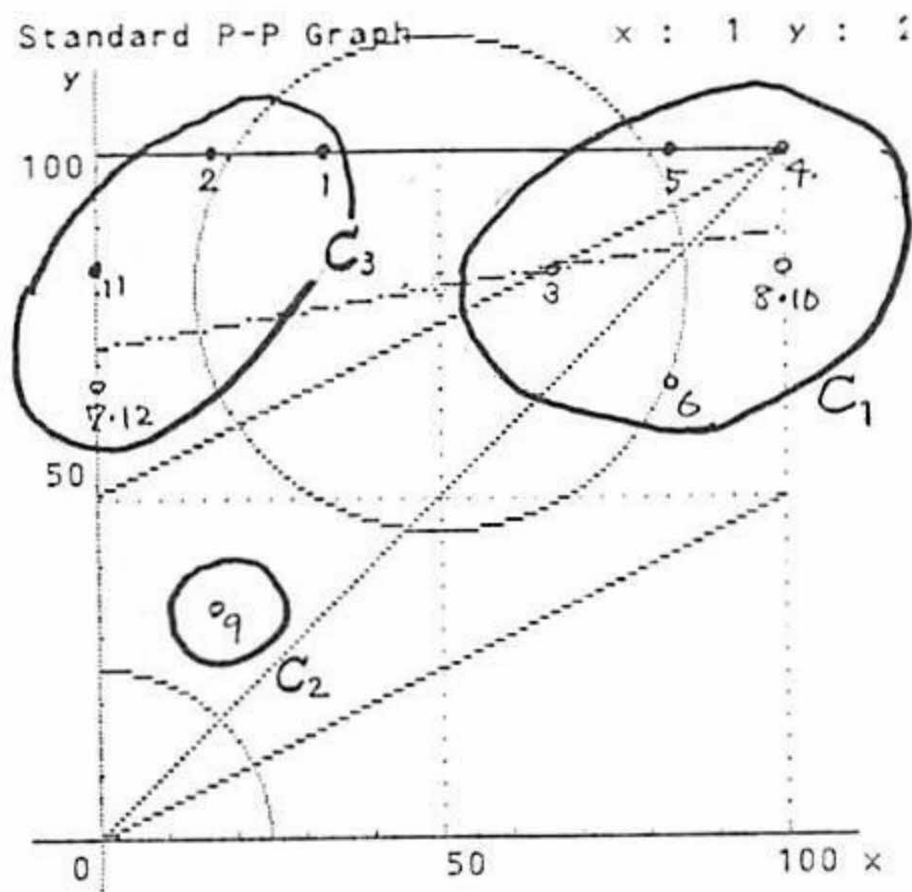


図3 P-Pグラフ

## 5 考察

この教材は現行の中学の教科書にある。したがって、純粹のふくらまし教材ではない。しかし、ここで扱ったように、始めに目的の図を与え、それに元の図が移動（変換）をどのようにすれば（どのように組み合わせれば）はやく重なるか、というようなゲームとしての扱いは、恐らくパソコンを用いなければ実現は難しいであろう。OHPをうまく使う手もあるが、デジタル的移動の量が数値として残らない難点がある。この点このような扱いは、まさしくパソコンの独壇場であろう。実際の授業ではこのゲーム的扱いは大変盛り上がるものである。従って、パソコン教材作成の時は「ゲーム」を意図的に入れて、授業の「やまば」を作ることはこれからも応用できる。しかも、これは中学生だけではない。

筆者はかつて大学生を被験者として、二次関数のグラフの問題で、最初に、ある座標軸を固定して、それに関する二次関数のグラフ（軸がy軸に平行な放物線）を見せて、それが  $y = ax^2 + bx + c$  が移動したとして、 $a$ ,  $b$ ,  $c$  の値を見付けよ、という問題をパソコンで課したことがあった。これもTIME \$が入っていてゲームの形であった。普通は式を与えてグラフを求めさせる問題であるが、これを逆にして座標軸を固定してグラフ

を与え、式を求めさせる問題にすると、難しくはなるが、パソコンを利用すると可能になり、そのとき、学生は異常に熱中して長時間挑んだ、という経験をもっている。つまり、これが授業だったら、盛り上がり結び付く場面であったことは、容易に想像できる。また、このとき得られた他の知見は、学生にとっては  $b$  の値の決定が  $a$ ,  $b$  に比べ特に難しいということであった（未発表）。今回の試行はこの経験に基づいているのは言うまでもない。

本研究例は、指導要領の範囲内の単元、教材を扱ってはいるが、その扱いは、まさしくパソコンでなければできない扱い方になっている。このような扱いはやはり一つの教科教育学としての扱いの例になるに違いない。

### 参 考 文 献

- 林由貴子（1990）相似な図形と変換 —— パソコンを利用による授業実践、岩手大学教育学部平成元年度卒論
- 佐伯卓也（1981a）「数学的構造」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（1983）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、文部省科研報告
- 佐伯卓也（1985a）算数数学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、教科教育学の研究、第二集、274-278
- 佐伯卓也（1985b）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（1987）パソコン化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、岩手大学教育学部附属教育学センター教育工学研究、9、1-10
- 佐伯卓也（1988）数学における非CAI的授業の実践的研究 —— 円錐の体積、岩手大学教育学部附属教育学センター教育工学研究、10、1-8
- 佐伯卓也（1990）モンテカルロ法による $\pi$ へのアプローチ：中学生対象の数学教材パソコンソフト開発とその授業の実際、東北・北陸数学教育基礎研報告、18、1-10

本研究は、平成元年度文部省科学研究費補助金（一般研究（B）課題番号 63450098）の一部を利用して戴いた。ここに研究費補助金に対し感謝の意を表す。

Development of Personal Computerized Materials and Teaching  
in Mathematics for Junior High School Students  
— Transformation of Similar Triangles —

Takuya SAEKI, Iwate University

(Abstracted)

We have studied personal computerized teachings of non-CAI mode. In the present study, parallel translation of triangles, rotation of a triangle and similar transformation of triangles have been dealt. Some of the materials were game-style materials.