

非CAI的授業で効果のあがる中学数学の パソコン教材の事例

佐伯卓也*

(1992年6月11日受理)

1. は し が き

研究室所属学生の指導を兼ねたパソコン教材作成指導は、厳密には1980年頃まで逆上る。しかし当時のマシンはPC-8001等の8ビット16KBレベルであり、グラフィックスも利用できないので本格的な、しかも組織的な指導は、科学研究費補助金もいただきPC-8801のパソコンを1セット設置した1983年度から始まる。しかし当時は、このパソコンも研究室に1セットあとは教育工学センターにPC-8001が数セットあっただけなので、学生の訓練は班編成、しかもPC-8001パソコンの基礎的なプログラミングを、実際の授業実践用プログラム開発はPC-8801で班ごとに時間を割り当て、言わば一種のタイムシェアリング的に指導したのが始まりであり、とくに初めての年度は研究室配属学生数が15人、5班を編成して、1セットのパソコンで月曜から土曜まで一週間休みがなく、数か月のあいだパソコンが稼働していたものである(佐伯, 1985)。したがって当時の学生には大分窮屈な思いをさせたことを今でも反省している。

さて、コンピュータ利用の授業が、コンピュータを利用しない授業に対して有効なのか、という問いがある。この解答は極めて困難であると言わざるを得ない。東氏が指摘するように、厳密に制御された実験群と統制群をたてる自然科学の実験デザインのような場は作れないし、なまみの教師や生徒の実験動物化も不可能である。その上本研究は10年程前からのデータで考えるわけだが、前からこのような目的を立てて実行していないので、記録されたデータが利用できれば幸というレベルの研究にならざるを得ない。本研究では学生の卒論に残っているIWATのデータを手掛からに、まちまちの結果を計算のやり直し等で補足し、一応同じようなレベルに直し、IWATのP-Pグラフの型と内容構造と事後テストの認知構造との距離(佐伯, 1981a, b)の2つの観点から見ての授業の成功度ないしは有効さを、1983年以来1991年度までの33のパソコン利用のすべての授業の結果をまとめることができた。しかし難点は多くある。例えば同じ授業をコンピュータ無しで実施したらこのように有効ではないのか、という問いに対しては全く答えをもっていない。したがって本研究は、「条件を付して結果を記述する」というスタイルの事例研究と位置付ける。

* 岩手大学教育学部

2. 授業用パソコンソフトの実際と結果

まず、筆者の研究室で学生を指導しながら開発した中学1・2年用ソフトのリストから挙げる。これらはすべて学生先生による授業を通してというのが特徴である。また、右側にあるP-Pグラフ型と距離は授業の評価でIWATによる結果である。P-Pグラフ型は授業を受ける前と後の生徒の認知構造の変容を示すものである。その型は授業の成功度から、O型、II型、III型、I型、であり、IV型は大体は成功的だが特殊な処遇の結果である型である(佐伯, 1992)。また、距離とは内容構造と認知構造の距離Dの値である。小数点は省略してあり、***は「大変近い」、**は「近い」、*は「やや近い」という判定である。この意味は、学習が成り立つとは、教師と生徒の認知構造が一致すること、つまり、教師と生徒が教材内容を共有することである、という教育理論に基づいている。また、×はIWATを実施しなかったことを表している。

これらパソコン教材題目の内訳は、PC88シリーズが19例、PC98シリーズのうちマイクロティーチング形式の授業の題目が7例、CAI教室で中学校の普通サイズのクラスでしかも普通の時間内で実施した題目が7例であり、全部で33例になる。また、1991年D班(3年対象)を除き、全部中学1・2年用のソフトである。

次に第1表の中でIWATを実施した題目のうち、指導要領にある内容だけを拾った題目を第2表で、指導要領を越える内容、すなわち「ふくらまし教材」は第3表で示す。83-91の数値は該当年、計はその回数である。グラフ型と距離は前と同じである。

これらの題目のうち、P-PグラフがO型のもの、内容構造と認知構造の距離が*** (大変近い)のもの、II型でかつ距離が** (近い) 以下のもの、を少なくとも一回含んでいるものをとると次のようになる。

(指導要領内)

- ・線・面の移動と立体の生成
- ・体積(区分求積法)
- ・立方体の切断面(特に3D回転を含むもの)
- ・図形の移動
- ・円の面積(区分求積法)
- (ふくらまし教材)
- ・面積関係
- ・パスカルの定理
- ・パスカルの三角形(二項定理)
- ・3次・4次の関数

また、III型であったが、他のところがII型であり、距離の近いものに

- ・傾き関数(微分)

がある。一応、これら10の題目はパソコンを利用して授業をした場合有効であるという結果になる。このほかIWATは実施しなかったが、授業として盛り上がったものに

- ・円の加法(ベクトルの加法)

がある。しかし授業が単に盛り上がるということだけからは、必ずしも授業が有効であったとは言えないが、生徒にはかなりのインパクトを与え、認知構造にはそれ相当の変容をもたらしたであろう、と想像できるので、これを加えて11の題目を挙げておく。しかし、指導要領の範

第 1 表 筆者の研究室開発非 CAI 的授業用パソコンソフトと P-P グラフ型と距離

班 (学生群)	ソフトの内容	P-P グラフ型	距離
1983 (S58) 年度 (PC88 シリーズ)			
A 班 (女子 3 名)	三平方の定理の図形的証明	×	
B 班 (女子 3 名)	関数のグラフ ($y=x^2$, $y=Ax^2$ の PCT)	×	
C 班 (男子 2 名)	立方体の平面による切断で生じるいろいろの多角形	×	
D 班 (男子 3 名)	回転体 (線・面の運動による立体の生成)	II	00***
E 班 (女子 4 名)	三角錐の体積	II	28
1984 (S59) 年度			
A 班 (男子 2 名女子 1 名)	確率・統計	II	21
B 班 (男子 2 名)	資料の整理	II	15*
1985 (S60) 年度			
A 班 (男子 2 名)	傾き関係 (微分に相当)	III	30
B 班 (女子 3 名)	面積関係 (積分に相当)	II	09***
C 班 (女子 3 名)	円の面積と π	IV	09***
D 班 (男子 2 名)	円の加法 (ベクトルの合成)	×	
1986 (S61) 年度			
A 班 (女子 4 名)	円・外接正多角形による円周率 π へのアプローチ	II	14**
B 班 (男子 3 名)	2 次関数から高次関数 (3 次・4 次) への発展	II	10**
C 班 (男子 3 名)	面積関数・区分求積法による積分へのアプローチ	II	25
D 班 (男子 2 名)	円錐の体積・区分求積法によるアプローチ	II	28
1987 (S62) 年度			
A 班 (男子 3 名)	最大の体積を考えよう! (関数の極大)	II	28
B 班 (男子 2 名)	円の加法 (一方を楕円として)	×	
C 班 (女子 3 名)	サイクロイド曲線・内サイクロイド曲線	I	15*
D 班 (女子 3 名)	等差数列	II	17*
1988 (S63) 年度 (以下 PC98 シリーズ)			
A 班 (男子 3 名)	パスカルの定理 (平面図形)	II	13**
B 班 (男子 2 名)	球の体積と表面積	II	09***
C 班 (女子 2 名)	パスカルの三角形 (2 項定理) ¹⁾	O	00***
D 班 (女子 3 名)	回転体の体積	II	19*
1989 (H1) 年度			
A 班 (女子 1 名)	図形の移動 (ゲームを含む)	II	12**
B 班 (男子 2 名)	π の計算 (モンテカルロ法)	II	37
C 班 (男子 2 名)	立方体の断面図 (3D 回転を含む)	II	07***
1990 (H2) 年度 (以下附属中 CAI 教室使用)			
A 班 (男子 2 名)	モンテカルロ法によるさまざまな立体の体積計算	II	37
B 班 (女子 2 名)	線と面の移動により生成される立体	O	05***
C 班 (女子 2 名)	立体の平面による切断で生じるいろいろな図形	I	44
1991 年 (H3) 年度			
A 班 (男子 2 名)	立体図形の切断 (立方体の平面による切り口の形)	II	21
B 班 (男子 2 名)	立体の生成 (線・面の移動による)	O	00***
C 班 (女子 2 名)	区分求積法による球の体積	IV	27
D 班 (女子 2 名)	傾き関数からの微分へのアプローチ (中 3 用)	III	14**

¹⁾ 事後の IWAT の応用が多くのセルで満点になり認知講造が作れなかったが、便宜上このように扱った。

第2表 指導要領内のパソコン教材題目(21例)

題目\年度	83	84	85	86	87	88	89	90	91	計
線面の移動と立体	II 00***							O 05***	O 00***	3
体積(区分求積法)	II 28			II 28	II 19*	II 09***			IV 27	5
体積(モンテカルロ法)								II 37		1
立方体の切断面	×						II 07***	I 44	II 21	4
確率・統計	I 21	II 15*								2
図形への移動							II 12**			1
円の面積(区分求積法)			IV 14**	II						2
円の面積(モンテカルロ法)		09***					II 37			1
二平方の定理	×									1
関数のグラフ	×									1

第3表 指導要領の範囲外, ふくらし教材としてのパソコン教材題目(12例)

題目\年度	83	84	85	86	87	88	89	90	91	計
傾き関数(微分)			II 30		II 28				III 14**	3
面積関数(積分)			II 09***	II 25						2
サイクロイド曲線					I 15*					1
パスカルの定理						II 13**				1
パスカルの三角形						O 00***				1
3次4次関数				II 10***						1
等差数列					II 17*					1
円の加法		×			×					2

囲内と限定すれば, 5 題目になる。

3. 考 察

中学校数学におけるコンピュータ利用による効果の上がる教材ないしは教授法の研究を進めているが, 1991年の報告(佐伯・今野, 1991)に引き続き2度目の報告である。前回の報告は, 専ら授業をした手ごたえとか感覚というような, 教師の主観にたよる方法で, 「関数のグラフ」「立体図形」と言う結論を報告したのに対し, 今回は約10年のスパンで, 実際に自主開発した教材を用いて授業を実践し, IWATという生徒の認知構造の変容を測定する用具を用いての研究であった。今回の報告の11(または5)題目の中に, 前回の2項目が含まれていることは, 前

回の結論も今回の用具による処理により確認されたことになる。

今回の研究は、効果量からアプローチしたわけではないが、錯綜した多量の研究結果から効果の上があった題目を選んだと言う意味で、今栄氏の唱えるメタ分析の一種とでも言える研究であった。しかし、パソコン教材の開発とその授業実践と言っても、あまり脈絡のない長いスパンで実施した題目であり、評価の方法も IWAT を用いているという共通点をもっているが、その時の条件、例えば IWAT 作成の元になるキーワードの抽出や内容構造の作成に恣意性があるので、定量的にはあまり意味がないかも知れない。しかし定性的にみると、一応有効な題目が抽出され、その中に教師の授業の手ごたえという観点から選んだ題目も含まれることは意味があると言えそうである。

また、本研究の限界は中学校数学のすべての教材題目にあたった研究ではなかったことである。ここで取り上げなかったけれどもパソコンで授業を進めると効果の上がる題目も多いと考えられる。例えば CAI ソフトでよく取り上げている「負の数の演算」のドリル教材等である。しかし、ここでは一応非 CAI 的授業という制限を設けていたので、CAI のドリルは含まれなかった。

本研究の位置付けとしては、指導要領の枠組みを越えてる研究になっていること、つまり指導要領にとらわれない、指導要領そのものを対象にしての研究と言う意味で、教科教育の研究と言えるであろう。筆者は「数学教育の研究」と言うときには、東氏の発言を借りてコンテンツフリー、つまり、指導内容の題目は最初から指導要領の範囲内と決まっているので、指導内容の題目そのものは研究対象から外す、という意味で使っている。それに対して「教科教育の研究」と言うときには、むしろコースオブスタディフリー、つまり、指導要領の制約を越えてもっと自由に指導内容の題目を選ぶと言う意味である。なお、筆者のところで、このような教科教育としての研究、つまりコースオブスタディフリーの研究を可能にしている理由は、附属中学校という教育委員会の監督外の機関の協力を得ているから出来ることを、一言付け加えておく。

(謝辞) 長い間本研究にご協力を賜った岩手大学教育学部附属中学校の歴代の教官並びに生徒諸君、更に本研究の推進期間の岩手大学教育学部数学科佐伯研所属の歴代の 82 名の学生諸君に感謝の意を表す。また、本研究の期間に 2 度(4 年間)科学研究費補助金を受けたことにも感謝の意を表す。

参 考 文 献

- 佐伯卓也 (1981a) 「数学的構造の学習」の評価法, 日教教会誌, 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 (1985) 教育学部におけるコンピュータ教育—岩手大学教育学部数学科の事例, 竹之内脩編, コンピュータと数学教育, 221-228
佐伯卓也 (1992) CATI 法 (P-P グラフ分析), 東北数学教育学会年報, 23, 3-12
佐伯卓也・今野吉章 (1991) 中学校数学におけるコンピュータの利用—効果の上がる教材と教授法, 教育情報研究, 7 (No. 2), 79-82