

## 中学校数学のコンピュータ利用の授業における 生徒の教材ソフト操作法の効果の事例研究

佐伯卓也\*

(1994年11月24日受理)

Takuya SAEKI

### Negative Effects of CAI on the Mathematics Class in Junior High School — Around the variation of Manipulating —

コンピュータ利用の授業の実践で、生徒にコンピュータ操作をさせる場面を考えた時、生徒がキーボードの文字キーやテンキーを操作して入力する方法、矢印キーやリターンキー等を操作して行う方法、そして、マウスを利用する方法がある。後者二つはビジュアルな方法と言われている。本稿ではこれらの生徒のキー操作がビジュアルになされるソフトか、ビジュアルなら、マウスかまたは矢印キー等の利用か、そして数値を使ってプログラムを進めるか、の3通りの方法で同じような内容の授業をし、その効果の違いを調べた結果の報告である。結論は、特にどの方法が良かったとはならなかった。従って、授業に効果をもたらす変数は生徒のキー操作より、むしろその授業を担当した教師の力量にあるように見えるという結果を得た。

(キーワード) コンピュータ利用の授業, 中学校数学, 教師教育, ビジュアルなソフト, 教材ソフト開発

#### 1. はしがき

パソコン利用の授業を取り上げたとき、第一に問題にしなければいけないのは対象が小学校か、中学校・高等学校かという分類である。どちらも、教師のコンピュータリテラシーを含めた教師の授業の力量が授業効果に影響することが大きいと考えられるが、要求されるコンピュータリテラシーの内容が小学校か中・高等学校かで異なることに注意しなければならない。ところで、一般の“コンピュータリテラシー”の概念の定義はコンピュータを主体とするハードウェアのシステムの発達とその操作性の発達につれて内容が時代とともに変わって来る (Hess, 1994) ので、数学の教師教育で考えるときも変わらざるを得ない。さらにマルチメディア (以下MMと略す) の概念が用いられ始めている。例

---

\* 岩手大学教育学部

えばハードウェア構成面から言うと①複数機器使用型MMシステム、②統合機器使用型MMシステム(芦葉, 1993)等があるが、筆者は伝統的な普通の授業も教科書、黒板、その他の教具を利用したりするのでやはりMM的授業であるとしている。しかし上に述べた統合機器使用型MMシステムに対し、マルチメディア環境授業としてくくることにしている(佐伯, 1993b)。

次に教師教育として、パソコン利用の授業に用いるソフトウェアの開発、それを利用しての授業実践を指導しているとき、授業の效果に影響する変数は何か問題になる。もちろんこのための変数は数多くあって、しかも互いに交絡しあって制御が難しい。教える内容を一定にして、生徒にパソコンを操作させる授業で、パソコンの操作方式を変数として動かして見るとき授業の效果に差がでるのか、の問題が起こる。この問題の手掛かりを得ようとして、この4年の間に、例えば、点を画面上にプロットするのに、①生徒はパソコンのテンキーで座標の数値を入力した場合(座標入力方式)と、②矢印キーで点のカーソルを動かしリターンキー等で位置を固定する場合(ビジュアル方式1)と、そして、③②と同じことをマウスカーソルで動かしてクリックして位置を固定する場合(ビジュアル方式2)の3種類の方式の授業を実践して授業の效果を評価した。結果は他の変数と交絡してどの方式が良いかの結論は出なかった。

## 2. 研究の目的

筆者が目指すプレサービス教師教育は、教師、特に“中・高等学校の数学の教師”のソフトウェア開発能力およびそのソフトウェアと周辺機器を用いて授業ができる能力をつけることに焦点化されている。ところで、筆者は1983年以来、現在ないしは近未来の教師の装備すべき材能(competence: 教師の能力(ability)が顕在化する前に、その教師が装備していると推測される潜在的能力の意味であり、今後は「材能」と言うことにする)、つまり教師の持つべき“コンピュータリテラシー”とコンピュータ中心のMM環境の授業能力を保証することを目的として一連の研究を続けている。以下このような教師の材能観で本稿を記述する。

生徒がコンピュータを操作する立場で、操作法を大別すると、マウスの利用等に見られる画面を見ながら操作するプログラムのビジュアル化と言われる方法と、キーボードにたよる方法とがある。例えば数学の教材を例にとるとき、点をパソコンの画面にプロットするとき、座標の数値を直接入力してプロットする場合がある。これはプログラムのビジュアル化とは言わない。これに対し、画面に点をプロットするときマウスのカーソルを画面を見ながら操作し希望する場所でクリックして点をプロットする方法と、同じく画面に点をプロットするときマウスでなく矢印キーとかテンキー等で、画面を見ながら点のカーソルを動かして操作する方法がある。これらを合わせてプログラムのビジュアル化と言われる(黒田, 1991)。

ソフトウェアの提供者から見るとプログラムのビジュアル化した方が、その操作性が画面を見ながら進められるので、優れていると言いたい。しかし実態はどうであるかを知ることが本稿の目的になる。今回の研究が4年にまたがってなされたことによる条件の制御が不完全で問題があるので、条件を記して結果を述べる、と言う事例研究と位置付ける。

### 3. 研究の方法

一連の研究は、すべて筆者の計画と指導のもとで研究室配属の学生が行った。ところで、中学生のクラス単位の授業で実施したのは、附属中学校にコンピュータが設置された1990年からであり、1993年まで14題目であった。それ以前は、マイクロクラスのマイクロティーチングであり26題目実施している。特に1990年以降、図形の移動（平行移動や回転）で立体図形を生成させる題目が6題目であり、これが今回の対象になった。

研究0（1983）：本研究はマイクロクラスのマイクロティーチングであったので例外扱いになる。内容は底面の移動と平面図形の回転による立体の生成で研究1の原型になる。ただし、このときは附属中学にC A I教室の設備がなくパソコン持ち込みのマイクロティーチングになった（佐伯他，1984）。生徒のパソコン操作は特になかった。教師用ソフトウェアの操作は座標をキーインする手法であった。この手法を“座標方式”ということにする。研究0は本研究は参考程度でデータには含めない。

研究1（1990）：教材ソフト開発，授業は女子学生2名の班。底面を動かして角柱，円柱を生成，長方形等を回転させて円柱等生成する教材であり，生徒のキー操作部分は最後の演習場面で，座標を数値でキーインし三角形等生徒の好きな図を描き，それを回転させて立体図形を得る内容である。場合は回転軸と平行な平面上の線分だが，少し傾けて回転し，線織面としての一葉双曲面を生成している。この部分は指導要領にないのでふくらまし教材である。また，生徒が動かそうとする画面の図形は，座標の数値でキーインしさらに移動の操作も座標方式であった（佐伯，1992a）。

研究2（1991）：教材ソフト開発，授業は男子学生2名の班。内容はほとんど研究1に同じで，異なるのは生徒がパソコンを操作する場面である。ここでは生徒の行う三角形の頂点の移動や点円の中心点と半径の決定はテンキーを押すことで進めた（キー4，6でx軸方向，キー8，2でy軸方向，生徒が移動を止めて位置を固定するのはキー5で行う）。このソフトでは，研究1とは異なり，一葉双曲面を生成することはしなかった。今回の図形の移動は座標を使用していない。画面を見ながらキーを操作して図形を動かす事になっている。つまりビジュアル化方式の移動であった（佐伯，1992b）。

研究3（1992）：教材ソフト開発，授業は女子学生2名の班。内容は三角形の平行移動，対称移動，回転移動，さらにそれらの組み合わせである。生徒のパソコン操作は矢印キー，リターンキー，ストップキーだけの操作である。今回のキー操作は研究2と異なり，テンキーを使ってないが，これらは混合して利用することもあるので，この時もビジュアル化方式の移動であった（佐伯，1993）。

研究4（1992）：教材ソフト開発，授業は女子学生3名の班。軸とそれを含む平面上に三角形等の図を描きそれを軸の回りに回転させられた立体図形の体積を計算させるのが主なる内容である。生徒のパソコン操作はビジュアル化方式である（佐伯，1994a）。

研究5（1993）：この年になり附属中学校のC A I教室のパソコンにマウスが接続され，マウスが使用可能になった。教材ソフト開発，授業は男子学生2名の班。内容は三角形，半円等を回転させた図形，それらの組み合わせた図形の回転体を作り，体積を計算させるものである。生徒のパソコン操作はビジュアル化方式であるマウスを使用するようにした。

そのためソフトはDOS-BASICで開発した(佐伯, 1994b)。

#### 4. 授業の評価法と結果

授業の評価は、学習者の認知構造を測定する岩手式言語連想テストI W A TによるP-Pグラフ分析とキーワード分析で行った(佐伯, 1981a, b; 1993c)。P-Pグラフ分析について簡単に説明する。この分析の基本的考え方は授業という処遇により生徒集団の認知構造がどのように変容するかのデータを、事前と事後にとり、それをグラフ化して視覚的にグラフパターンの型から授業の成功度を判定しようとしたものである。この方法はアメリカの数種類の言語連想テストを下敷きにし、岩手大学の学生、附属小・中学校の児童生徒の協力で追試的研究を繰り返し、さらに新しい手法も取り入れ、日本の風土に合い、現場教師にも簡単に利用できるテスト(岩手式言語連想テスト=I W A T)を開発し、その処理方法及び解釈方法を1981年以来公表して来た。I W A Tは様式1と様式2があり、様式1は認知心理学で言う命題的ネットワークに関係があり、人間の知識構造をモデル化したもので、ある種の“心理的実在”とされている(市川・伊東, 1992; 佐伯, 1993c)という理論的背景をもっていることに注意したい。

生徒集団の授業の前後でI W A Tを実施し、生徒の応答数を内容構造の隣接箇所について、事前はx座標、事後はy座標として点をプロットし、そのグラフパターンで授業の成功度を判断するのがP-Pグラフ分析である。グラフのパターンは成功度の高いものからO, II, III, I型の順である。

また、教科書や教師の有する認知構造(これを内容構造という)と生徒の認知構造と一種の距離を計算してその大小で授業の成功度を判定するのが距離法分析である。背景としては、授業の目標は生徒集団の認知構造を教師の認知構造に一致させること、ないしは、できるだけ近づけることと解されるからである。従って、この距離が小さいほど授業が成功したと見る。距離の判定の結果は\*, \*\*, \*\*\*で示す。これらは、それぞれ、やや近い、近い、大変近いという判定の結果である。

次に、キーワード分析(KWA)グラフは筆者の研究(佐伯, 1993c)にくわしく記しているのでここでは略すが、判定基準を示す。グラフが大変容とは隣接箇所・非隣接箇所も含めて50以上に点があるときであり、小変容とは0から50未満にあるときである。また、負の領域は考えない。これは、キーワード間の応答数が事後に大きく伸びたか否かを判定するためのものである。次にグラフが分離型とは、内容構造に関する隣接箇所がxの正の部分にのみある意味で、教師の予想通りの変容をしたことになる、一方混合型は負の部分にもあり教師の予想通りではなかったことになる。また、グラフがI型とは非隣接箇所に対応する点のy座標が $\geq 0$ であること、III型はy座標が $\leq 0$ であること、II型はy座標が正負混合していることである。

これらの基準で6回の授業の結果を示したのが表1である。表1から、授業の効果が高かった授業は1990年(座標方式)と1991年(ヒジュアル方式)であり、もっとも良くない授業は1992A(ビジュアル方式)である。また、マウスを用いた1993年の授業は1992Aの授業に次いで良くない授業であった。この結果、授業の成功度に影響する変数は生徒のパソコンの操作法ではなく、もっとほかの変数(例えば教師の授業の力量等)が働くように

見えてくる。

表1 P-Pグラフ、内容構造と認知構造の距離、キーワードグラフパターン

研究 (生徒の操作)	P-Pグラフ	内容構造からの距離		KWAの型
		認知事前	事後	
1983	II	.20	.00***	
1990 (座標)	O	.16*	.05***	大変容分離II
1991 (ビジュアル)	O	.11**	.00***	大変容分離II
1992A (ビジュアル)	II	.26	.23	小変容混合II
1992D (ビジュアル)	II	.12**	.07***	小変容混合II
1993 (ビジュアル・マウス)	II	.24	.11**	大変容混合II

### 5. 考 察

本研究の一連の授業の内容は図形の移動という似た内容であるが、4年間続いた研究であり、しかも1年に1度の授業なので、授業者と生徒の制御に欠陥があることを指摘したい。

表1に示した5回の授業に用いたソフトウェアは、研究年1983, 1990, 1991が殆ど同じ、IWA Tは同一問題であった。また1992Dと1993もかなり似ているが、IWA Tは少し異なる程度である。また、1992Aのソフトウェアは少し異なる。特に1993年のマウスによる操作の授業が良くなかったことは、IWA Tと授業内容の関係が適切でなかったこともあるが、意外な結果であった。これらを考慮に入れても、結果は生徒のパソコン操作の方法と授業の成功度は殆ど関係がないといわざるを得ない。しかし、1度だけの結果ではこれ以上何とも言えない。今後のもっと制御を確実にした上での追試が必要であろう。また1990年の座標方式のソフトウェアも授業効果の上からは捨て難い方法と言えるかも知れない。これも今後の追試が必要であると言える。

### 参考文献

- 1) 相原 彰「マルチメディアで科学の学習」, (『教育と情報』9月号), 36-39, 1992
- 2) 芦葉浪久「マルチメディアシステムと感性情報処理」, (『日本教育情報学会第9回年会論文集』), 152-157, 1993
- 3) Hess, C. A. 'Computer literacy : An evolving concept', ("School Sci. and Math".94), 208-214, 1994
- 4) 市川伸一・伊東裕司編著, 『認知心理学を知る〈第2版〉』, (ブレーン出版, 東京), 1992
- 5) 飯島康之「コンピュータで作図に関わる活動がどうかわるか —— 作図ツールに関する文献の紹介」, (『新しい算数教育』, 1月号), 59-62, 1992
- 6) 黒田康太『実用MS-DOS & BASIC ビジュアル化とマウスの利用』, (東京電機大学出版局, 東京), 1991

- 7) 中原 紀『巨大マーケットの牽引役マルチメディアパソコンの世界』, (工業調査会, 東京), 1993
- 8) 佐伯卓也『『数学的構造の学習』の評価法』, (『日数教会誌・数学教育』, 35巻, 1号), 31-36, 1981a
- 9) 佐伯卓也『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巻, 3号), 195-199, 1981b
- 10) 佐伯卓也『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』, (『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』, 2巻), 43-58, 1992a
- 11) 佐伯卓也『中学校数学のパソコン利用の授業 (2) —— 線面の移動により生成される立体』, (『東北・北陸数学教育基礎的研究報告』, 20号), 9-16, 1992b
- 12) 佐伯卓也『コンピュータ利用マルチメディア環境授業 (1) —— 中学数学: 平面図形の移動』, (『東北・北陸数学教育基礎的研究報告』, 21号), 1-9, 1993a
- 13) 佐伯卓也『中学校数学におけるマルチメディア環境』, (『東北・北陸数学教育基礎研報告』, 21号), 22-28, 1993b
- 14) 佐伯卓也『キーワード分析グラフの方法と解釈 —— 中学数学の授業の場合』, (『東北数学教育学会年報』, 24号), 23-30, 1993c
- 15) 佐伯卓也『コンピュータ利用マルチメディア環境授業 (4) —— 中学数学: 回転体と体積』, (『東北数学教育学会年報』, 25号), 21-29, 1994a
- 16) 佐伯卓也『コンピュータ利用マルチメディア環境授業 (5) —— 中学数学: 立体の生成』, (『東北・北陸数学教育基礎的研究報告』, 22号), 1-14, 1994b
- 17) 佐伯卓也・佐々木猛・時枝直樹・戸来良治『パソコン化授業の実践的研究 (2) —— 認知構造の変容』, (『東北・北陸数学教育基礎的研究報告』, 12号), 1-16, 1984