

コンピュータ利用マルチメディア環境 授業の研究 (3)

— 中学数学：立体の切断面 —

佐伯 卓也 (岩手大学教育学部)

協力者：木村賢一・篠崎 進・西村弘之
(平成4年度岩手大学教育学部4年次学生)

教育現場へのマルチメディアの導入が問題になっているが、既にコンピュータが導入されている学校ではマルチメディアと言われても対応する機械を導入することは難しい。一方教師教育ではマルチメディアに対応できる教師の育成をしなければならない。このような要求から附属中学の現有システムを利用して学生にマルチメディアの考え方を植え付ける教育を試みた研究の一つである。指導の要点は、コンピュータソフトの開発訓練と、それを利用した授業のマルチメディアもどきの展開の訓練になる。本研究では立体、特に立方体とそれに穴を開けた立体の切断面のソフト開発と授業実践に焦点化された。

[キーワード] 中学校数学, コンピュータの教育利用, 教師教育,
立体の切断面, マルチメディア環境授業

1 はしがき

立体の平面による切り口、特に立方体の平面による切り口の形の教材は以前からよく取り上げられて来た。時には、オープンエンド (島田, 1977) の授業教材としても取り上げられて来た。現行の中学校学習指導要領では前回同様1年でB図形(2)のウで「空間図形の切断、投影及び展開」として出ている。

筆者の研究室でのこの課題への取り組みは過去3回あり、本研究が4度目である。第1回 (以後「第1研究」として引用する) は1983 (S58) 年である (これは論文化していない)。内容は立方体を平面で切った切り口が、3, 4, 5, 6角形になるとき、切り口の形と面と交わった数がいくつになるかを纏めさせる、パソコンソフトを作成し、それをを用いた授業実践である。第2回は1989 (H1) 年度で論文化している (佐伯, 1991) (第2研究)。ここではパソコン教材としては立方体を平面で切った切り口の画面を、その法線方向から見るように、3D回転の技術を利用している。しかし、この方法は回転が思ったよりスムーズにいかないこと、法線方向をキー操作で探りだすことが以外に時間がかかる、等の解決されるべき問題が残った。第3研究は第2研究とは少し方向を変えて、立方体に制限せずに、円柱、円錐等の平面による切り口の形にかかわるパソコン教材を扱った。立方体も含まれているが、第2研究の問題は解決されなかった (佐伯, 1992a)。第2研究の問題を解決するためには1年待たなければならなかった。第4

研究に至り、立方体を平面で切る（キー操作でいろいろな角度で連続的に可能）時の切り口の形を、画面右側に座標の方眼を作り、そこに同時に正しい形で表現されるようにした。この方法だと学習者は常に切り口を法線方向から見下ろしているようになる。これで、第2研究の際に発生した問題は一応解決した（佐伯，1992b）。本研究（第5研究）は第4研究を、コンピュータソフトの面、授業技術の面で、さらに改善する方向の研究と位置付けで取り組んだ。以下、これについて記述する。

2 本研究の概要

本研究は、前年度に引き続き、コンピュータソフト開発とコンピュータ利用の授業を目標とした教師教育もかねている。単元は平成元年指導要領に従えば〔第1学年〕B 図形（2）のウ 空間図形の切断、投影及び展開（昭和53年指導要領では1年C図形ウで同じ内容がある）の内容である立方体の平面による切り口の形に焦点化した。扱い方では操作や実験を通して論理的考察の基礎づけをすること、コンピュータの利用と模型（実験を含む）の利用を考えた。応用問題としては、立方体の各面を突き抜ける正方形の四角柱でくりぬいた穴空き立方体を平面で斜めに切ると切り口が三菱のマークになる教材を、模型とパソコンソフトで準備したのが今回の特筆すべき点である。

（2. 1）学習指導案 まず、学習指導案から示す。

数学科学習指導案

指導者 篠崎 進 研究協力者 木村賢一・西村弘之

1. 日 時 平成4年12月3日（木）第3校時（教室 岩大附属中 CAI教室）
2. 指導学級 岩手大学教育学部附属中学校 1年C組（男子20名、女子18名、計38名）
3. 主 題 立体図形の切断（空間図形）
4. 本時の目標 立体を平面で切断したときの切断面が予想できるようになる（切断面の決定条件）。
 - ①立体図形の切断による考察を通して空間的な直感力や想像力を養う。
 - ②切断面が何によって決定するか法則性に気づかせる。
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	以上の留意・教材
導入	物の切断	1. 立体の切断の仕方について問う。立体模型の切断面を見せる。 CTスキャンの話題	・3点が決まると平面が決まることがわかる。	5分	・立体模型 ・問題は立方体の3点を通る平面で切った場合のみ。
	課題把握	2. 学習シートの問題を解かせる。	・学習シート問題[1]を解く。		
展開	課題提示	3. 課題提示 立方体の切り方によって切断面がどう変化するか	・切断面をイメージ化して、学習問題を解く。		・学習シート

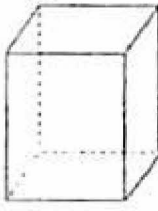
開	課題解決	4. 課題解決	・2で行った学習シートの予想をパソコンを使って実際と比べる。	35分	・パソコン ・法則性にはこだわらない ・必要があれば模型使用。
終	まとめ	5. 規則性を導く. 6. 特殊な立体の切断.	・規則性は誘導的にこちらから働きかけ(切った面の数と切断面の辺の数との一致)を纏める ・中空の立方体を切断した切断面を予想させる。		・パソコン, 学習シート ・一斉送信
結		7. 確認.	・パソコン画面, 立体模型で確認	10分	

(2. 2) 学習シート 学習シートは次のようなものであった。

学習シート

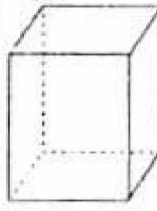
[1] 次の3点を通る平面で切った切り口の形を
考えてみよう。

①



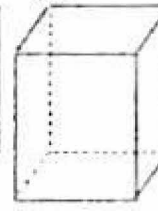
()

②



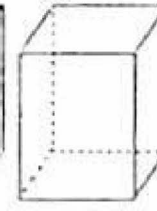
()

③



()

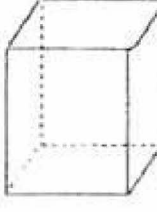
④



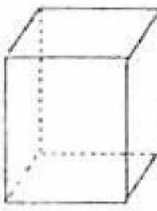
()

課題

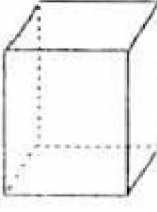
③四角形



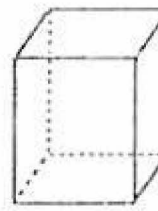
・二等辺三角形



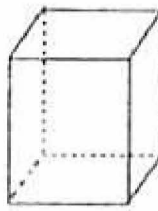
④三角形



・ひし形



・正六角形



* まとめ

おまけ

最後に予想
してみよう!

予想欄 ⇨

(2. 3) 教材パソコンソフトの概要。 パソコンソフトはBASICで8ブロックより成る。

1. タイトル [1-820] タイトル画面である。“新訂 新しい数学I 巖佐伯書房”と書いてある開いた本の画面がでるようにしてある。リターンキーでメニューに進む。
2. メニュー1 [1-2630] 固定した立方体を5個提示し、2点を固定した平面による切り口画面5種類の選択画面である。テンキー(1~4)入力で、フロッピーディスクからのロード、ランを自動的に行う。
3. PACHI [100-1850]

4. KAMA [1-1850]

5. SUSU [100-1850]

6. KIMU [100-1850]

以上メニュー画面で選択できる切断面である。←→で選択画面を選ぶ。ストップキーでメニュー画面に戻る。

7. NISHI [1-20000] 立方体の中を抜いた特殊な形の切断面である。左側には切断前、右側には切断後が表示される。どのキーでも押すことによって紙芝居的に切り変わる。教師側専用のプログラムである。

8. ENDING [1-4070] エンディング画面。

(2. 4) 模型。本研究では立体模型を作成し利用した。コンピュータ画面だけでは、立方体の切断をイメージしにくと考えて作成した。

立体模型は、切断面が台形、正方形、長方形、ひし形、五角形、正六角形、三角形となるものである。このほか、おまけとして、立方体を3方向からくりぬいたものを作成した。これは正三角形になる方向で決まった点で切ると、ちょうど三菱のマークになる。また、切断面はすべて赤と青の色をつけて、提示したとき目立つようにした。

3 授業の実際

まず、MM環境を記述する。

1) 岩手大学教育学部附属中学校CAI教室を使用した。ここにはPC98シリーズパソコン(PC9801EX)生徒用20台(生徒2人に1台)、教師用1台、それらはPCゼミで接続されている。これにはさらに、実物投影機としてのビデオカメラ、ビデオデッキが接続されている。

2) ソフトは親機から、生徒用子機のディスプレイに提示するためのプログラム(BASIC)を準備した。生徒にキー操作をさせる部分は、子機の数だけプログラムの入ったフロッピイを準備した。

3) 場所は岩手大学教育学部附属中学校CAI教室、生徒は同校1年C組、男子20名、女子18名、計38名である。授業実施の日時は1982(平成4)年12月3日(木)第3校時で、指導者は、B班の学生 篠崎 進 助手役は同班 木村賢一・西村弘之の2名である。

4) 授業の形態は、伝統的な方法で学習シート主体にパソコン・模型・紙板書を必要に応じて利用し、生徒が板書する代わりに実物投影機を利用するスタイルであった。B班の助手の二人は授業中パソコンを見て回り、生徒のパソコンの誤操作等によるトラブルに対処した(この授業は筆者の研究室配属の学生全員が見学していて、彼らも時に応じ生徒用パソコンのトラブルに対処していた)。

5) 授業の記録と評価 記録はVTRで行われ(後にテープ起こしをしプロトコールを作成し授業分析に供する)評価はIWATによるCATI法のうち、P-Pグラフ、距離法分析、キーワードグラフ分析をした。

6) 授業の流れの概略 おおむね指導案通りに進行した。まず、立体の断面のイメージ化させるため、具体物として大根の切断面についての問いから入った。次いで大根の切断

面の形は切り方により形が変わることに触れた。

次いで、学習シートの簡単な問題から入る。次いで、中程度の問題に入り、机間巡視をする。ここから生徒は個々のパソコンで答えの確認をして行く。この机間巡視は少し長めの時間をとった。

次に、二等辺三角形、正六角形などのできる切り方の予想に入る。ここで教師側からの一斉送信で確認する。また、模型の提示による補足を行う。

次いで、本授業のメインの部分に入って行く。

最後に立方体の中をくりぬいた形の立体の切断に入るが、ここからは一斉送信で行う。切断面が三菱になるところの生徒の反応は、期待と異なり、寂しい反応であった。

4 授業の評価

評価はCATI法（佐伯，1992c）で行うために、キーワードの抽出を行った。キーワードは授業の目標を勘案して10個選んだ。すなわち、①立体、②平面、③空間図形、④切り口、⑤立方体、⑥三角形、⑦四角形、⑧五角形、⑨六角形、⑩三点、である。これをもとに内容構造（これは生徒の応答数の表で示す）を作成し、次いでIWATを作成し、それをを用いて授業の前後に事前・事後テストを行った。表1に各隣接箇所の生徒の応答数

表1 IWAT隣接箇所応答数

事前 事後	① 立体	② 平面	③ 空間 図形	④ 切り 口	⑤ 立方 体	⑥ 三角 形	⑦ 四角 形	⑧ 五角 形	⑨ 六角 形	⑩ 三点	意味 度
立 体		3	¹ 19 ₁	5	² 37 ₂	4	4	2	2	2	2
平 面	7		1	³ 6	2	29 ₃	34 ₄	27 ₅	28 ₆	⁴ 4	2
空間図形	¹ 18	2		11	18 ₇	5	1	0	0	2	1
切り口	20 ₁	³ 17	12		11	⁵ 15 ₈	⁶ 12	⁷ 13 ₉	⁸ 8	⁹ 4	6
立方体	² 33 ₂	7	20 ₇	16		¹⁰ 11	¹¹ 19 ₁₀	¹² 6	¹³ 7	1	5
三角形	11	33 ₃	9	⁵ 29 ₈	¹⁰ 15		11	10	10	27 ₁₁	2
四角形	10	35 ₄	10	⁶ 29 ₉	¹¹ 25 ₁₂	13		15 ₁₂	12	0	2
五角形	10	30 ₅	7	⁷ 28 ₁₀	¹² 16	9	12		17 ₁₃	3	2
六角形	10	32 ₆	7	⁸ 28 ₁₁	¹³ 18	8	14	11		7	2
三 点	7	⁴ 9	7	⁹ 18	11	29 ₁₃	10	10	13		2

を記す。表中各セルの数字は応答数、左肩の番号は内容構造の隣接箇所番号、右下の番号は事前テストと事後テストの認知構造の隣接箇所番号を表す。右端は内容構造の意味度である。図1では事前の認知構造図、図2では事後の認知構造図を示す。図中太い結線は30以上の応答のあった隣接箇所、細い結線は30未満の応答のあった隣接箇所、また点線はいずれも内容構造の隣接箇所を示す。

これらを元にして、意味度と距離行列の距離d、Dの数値を表2に示す。表中*、**、

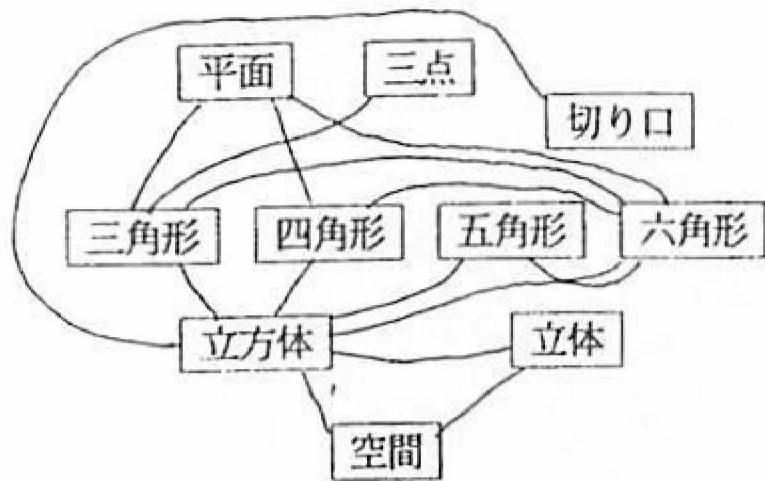


図1 事前認知構造

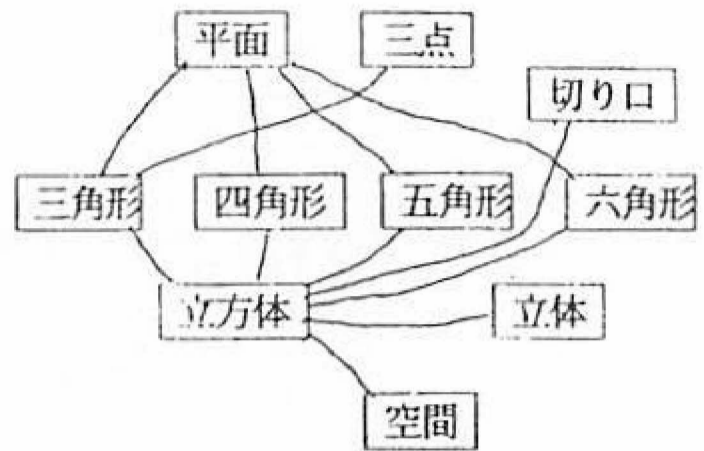


図2 事後認知構造

表2 意味度と距離行列の距離

d		内容構造	事前テスト	事後テスト
D				
内容構造		—	0.57	0.35*
事前テスト		0.13**	—	0.37*
事後テスト		0.08***	0.08***	—

*** はそれぞれ距離が、やや近い、近い、大変近いを表している。

次に、P-Pグラフを図3に、キーワード分析グラフを図4に示す。P-Pグラフパタ

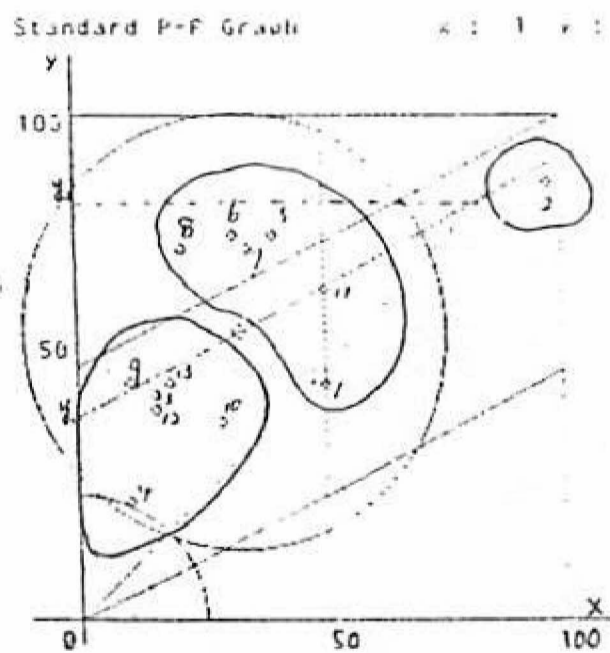


図3 P-Pグラフ

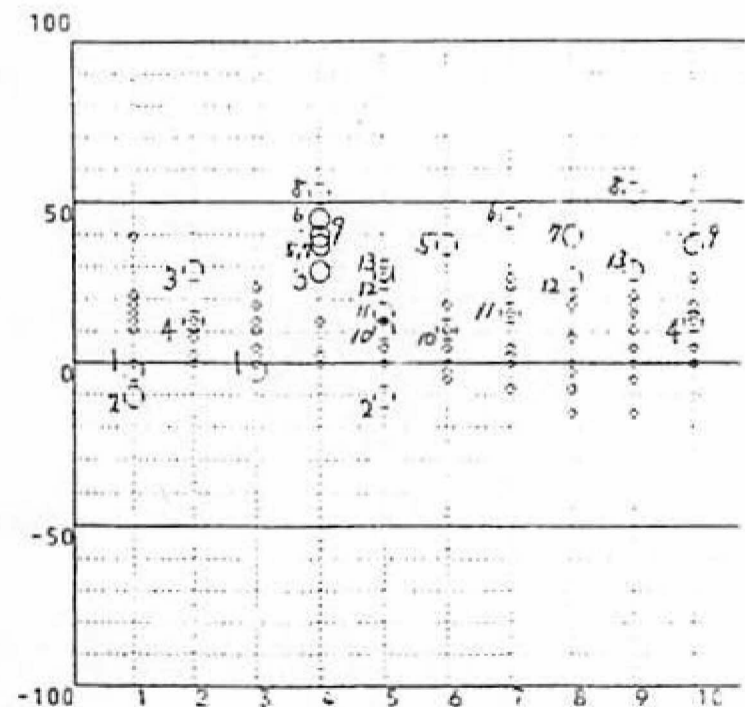


図4 キーワード分析グラフ

ーンはⅢ型と判定できる。一方キーワード分析グラフ（佐伯, 1993）は、隣接箇所番号8が50を越えたのでかろうじての大変容、隣接箇所番号1, 2が負の変容になったので混合型、非隣接箇所が正負にわたって存在するのでⅡ型と判定できる。このことから、キーワードの取り方、内容構造の作成の仕方に多少妥当性の欠くものが存在する、と結論づけられる。

5 考察

筆者は、中学数学と言ってもつねに数学的な意味を見失わないようにと心掛けている。初等数学でも高等な立場で考え、開いた教材として意味付けをするクラインの考え方である。まず、授業をトータルとして見るため、距離法分析とP-Pグラフを検討する。距離法では、内容構造に対しdもDも事前テストより事後テストの方が近づいている点は評価される。P-PグラフパターンはⅢ型であったこと、変容係数が $\beta_1 = .405$, $\beta_2 = .835$ であること、注意円の中心が $y = x$ より上に来たこと、等から授業はとくに成功したわけではないが、失敗したわけでもない。しかし、距離法では事後の認知構造が内容構造に大変近く変容したこともあり、総合的に判断すると授業はかなり成功的であったと評価される。

次に、個々の目標の観点から見てみよう。この評価にはキーワード分析グラフの結果が利用される（佐伯, 1993）。授業の目標は一応指導案に書いてあるが、もっくわしく述べると、ありふれた事柄だが、①立方体を平面で切断したとき切断面の形が予想できること、②切断面を決定する要素は何か分かること（つまり、平面は3点によって決定する）、③この切断を通して得られる法則性（不変式とか不変量）を発見すること、（つまり、立方体で平面の通った面の数と切断面の辺の数は一致する、という性質）の3つを掲げている。②に関係するところは隣接箇所番号4（平面-三点）と9（切り口-三点）である。どちらも事後に増加しているが、力強さはない。授業の中での強調が不足した結果と考えられる。一方、切り口に対し、六角形、四角形、五角形が高くなったのもあることは、生徒には印象として残った結果であろう。負になった隣接箇所、1（立体-空間図形）と2（立体-立方体）は不適切であったと見られる。一方隣接箇所にしなかったが、高く変容した箇所に（立体-切り口）がある。これは生徒にとって印象が強かったせいかも知れない。また③については授業の中では強調する時間的な余裕がなかった。これは次時の問題になる。また、また切断面が三菱のマークになる模型とパソコン画像も時間的な余裕がなく、生徒の反応は低調であった。ここでも、授業は時間的にゆとりをもって立案すべきであることが分かる。

次に先行研究との関連を考える。本研究はこの種の研究としては5回目であることはすでに触れた。平面での切断面を真上から見た図をパソコン画面の右に示した手法は、第4研究の踏襲である。また本時の授業では十分触れることができなかったが、切り口の形と面と交わった数の法則は第1研究の踏襲である。その他のことについても筆者のかかわる研究は常に先行研究を踏まえて改善を加えて推進している。今回もやはりパソコンプログラムはもちろんのこと、教材研究や教材開発等すべてにわたり、先行研究の蓄積を利用し、積み重ねの研究になっていることをここに付け加えておく。

参 考 文 献

- 木村賢一 (1993) 中学校数学におけるコンピュータ利用授業の研究と考察 ～ 立体の切断面, 平成4年度 岩手大学教育学部卒業論文
- 西村弘之 (1993) 中学校数学におけるコンピュータ利用授業の研究 ～ 立体の切断面, 平成4年度 岩手大学教育学部卒業論文
- 佐伯卓也 (1991) 立方体の平面による切断面: 中学生対象の数学教材パソコンソフトの開発とその授業の実際, 東北数学教育学会年報, 22, 40-45
- 佐伯卓也 (1992a) 中学1年生のための立体図形の切断面のパソコン教材の開発と授業の実際, 東北数学教育学会年報, 23, 33-46
- 佐伯卓也 (1992b) 学校数学のパソコン利用の授業(1) —— 立方体の平面による切り口の形, 東北・北陸数学教育基礎的研究報告, 20, 9-16
- 佐伯卓也 (1992c) 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 (1993) 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, 23-30
- 篠崎 進 (1993) 中学校数学におけるコンピュータ利用授業の研究 ～ 立体の切断面, 平成4年度 岩手大学教育学部卒業論文
- 島田 茂編著 (1977) 算数・数学科のオープンエンドアプローチ —— 授業改革への新しい提案, みずうみ書房, 東京

A Research for Teaching with Computers in the Multimedia Environment
(The 3rd Report) —— A Junior High School Mathematics :
Sections of Solid Bodies

Takuya SAEKI

The Faculty of Education, Iwate University

(Abstracted)

This report is one of teachings with computers in multimedia environment performed in December of 1991. Essentially, the traditional teaching is a model of teachings called multimedia environment with black board, teaching sheet, OHP and so on. In the present report, the multimedia is not a teaching with the real multimedia system but also a teaching with multimedia environment notwithstanding existence of computers. The real multimedia system controlled by computers only, in multimedia environment, the real teacher controls all the teaching and aids, as a linker with all the medias.

In the present paper, we shall treat with sections of a cube and other solid bodies aided by computers.