

礪田正美,中島浩明,山中和人,志水廣,“課題提示方報の違いによる思考過程の比較研究 ～映像と図からの変量抽出と定式化の過程の差異”,北海道教育大学紀要(教育科学), vol.41, no.1, pp.135-168, 1990

#### 参考文献

- 1)礪田正美,“コンピュータ制御 VTR を利用した思考過程の調査法の開発について”
- 2)文部省特定研究,“児童生徒のわかり方とそれらに基づく CAI 用教材開発に関する実践的研究”,平成元年3月筑波大学学校教育部
- 3)島田茂,“算数・数学化のオープンエンドアプローチ”,1977, みずうみ書房
- 4)能田信彦,“オープンアプローチによる指導の研究”,1983, 東洋館
- 5)岡田猛,“問題解決の過程の評価に関する発達研究”,教育心理学研究 vol.35, no.1
- 6)礪田正美,“関数の思考水準としての同定と特徴づけに関する一考察”,日本数学教育学会誌数学教育学論究, vol.49,50, 1988
- 7)礪田正美,“関数の活用の仕方と表現技能の発達に関する調査研究”,日本数学教育学会誌数学教育, vol.72, no.1, 1990
- 8)礪田正美,“コンピュータ活用の現在の方向性”,明治図書教育科学, 数学教育, no.380, 1990

## 研究ノート<sup>1)</sup>

# 課題提示方法の違いによる思考過程の比較研究

## ～映像と図からの変量抽出と定式化の過程の差異～

磯田 正美・中島 浩明・山中 和人・志水 廣

### 目 次

1. 報告のねらいと研究課題
2. 調査方法と課題の内容
3. 調査結果と解釈
  - (1) 調査1の結果と解釈
  - (2) 調査2の結果と解釈
4. 調査からの示唆と留意点  
注および参考文献  
資料

### 1. 報告のねらいと研究課題

情報化社会においては、情報抽出・整理・選択・活用力等が望まれる。教室でも、コンピュータをはじめ多様な機器が導入されつつある。それに伴い、既存の課題提示方法に加えて、実物投影、VTR、CG等による課題提示が可能かつ容易になり、提示方法の選択幅が広がってきた。選択幅の拡大は、学習指導に於いての効果的な選択・活用法の研究の必要を提起している。すなわち、教授メディアを効果的に活用するには、それぞれの提示法が「どのような特徴をもちいかなる問題点をふくむか」そして「どのような教材に対して、どのように作成・活用することが有効か」を明らかにしておくことが必要である。この問題に対する従来の数学教育における報告では、経験的な議論が多いのが実情であり、チュートリアル型CAIコースウェアの評価研究等の特定メディアについての研究を除けば、萌芽的な段階と言える<sup>2)</sup>。

このような背景から、本報告は「VTR映像を利用した場合と図を含む問題文による場合の2種類の課題提示をして、こどもの思考過程を調査比較し、課題提示に際してのメディア利用・選択に際して基本的示唆を得ること、そして利用に際して考慮すべき問題を明確化すること」を意図している。

特に、今日のメディアがもつ特徴の一つは動的な教材提示を容易にした点にある。算数数学科では、静止画とも考えられる図による提示法に加えて、実際に実験する代用としてシミュレーションの動画の活用が目立っている。ここでは、図と動画の比較に適した題材として、事象からの変量抽出と定式化で取り上げられる教材を選んだ。

報告の具体的課題は次の2点である。

- ① 映像と図という提示メディアの違いに応じて思考過程が異なることを明確化する。
- ② 学力や性別、学齢などの個人の特性と提示メディアから情報抽出力の関係を検討する。

## 2. 調査方法と課題の内容

思考過程の調査では問題解決過程の発話分析をすることが多い。発話分析を映像という線形順序的な提示形式に適用する場合では、こどもの問題解決過程に応じて映像の提示順序を制御する必要がある。そこで当初、MSX を利用したコンピュータ制御 VTR を利用して、自由頭出し機能を備えた提示システムの活用を検討し、制御プログラムを試作した<sup>3)</sup>。さらに予備調査として、映像について筑大附駒場中と東学大附竹早中の生徒 10 名に実施した。その結果、映像に対する思考過程の記述においては、「どのような知識を背景に何を見ているか」という見る側の視点が重要であることがわかった。実際、思考過程は、それぞれの視点で「見て意識したこと」の発話が中心であった。一方、ビデオテープの頭出しのために思考が中断することから、試作したシステムの利用による発話分析で思考過程を観察することは適当でないこともわかった。そこで、本調査は、線形順序的な映像の性格を前提に、以下の形式で映像や図をみてこどもが意識したことについて調査をすることにした。また、発話分析では調査人数が限定される為、記述式の調査にした。

課題は、資料に示すように、色水が半分入った立方体を傾ける作業から情報抽出させるものであり、算数・数学科では「変量抽出と定式化（関数の導入、問題解決）」と「立方体の切断」の場面では扱われる教材である<sup>4)</sup>。資料に示すように、映像や図は「変量抽出と定式化」に焦点を当てて作成されている。映像や図は、次の 4 つの場面からなる。

場面 1：目盛のなし立方体を傾ける。 場面 3：目盛に番号付き立方体を傾ける。

場面 2：目盛付きの立方体を傾ける。 場面 4：目盛番号と中央線付き立方体を傾ける。

提示方法は、

提示法①：図＋問題文    提示法②：VTR 映像＋問題文    提示法③：VTR 映像＋図＋問題文  
である。それぞれの問題文、図と VTR 映像は、最後に貼付した資料のようなものである。提示順序は、変量抽出と定式化に関する情報量の少ない順に場面 1 からである。逆に場面 1 から順に変量抽出と定式化に対するノイズ情報は少なくなっている。調査では図や映像から意識した事柄の量、質そしてその順序系列を調べる。この調査法の設定ゆえ、この報告で検討する思考過程とは、意識した事柄から想像される思考過程を意味する。その意味で、本来の思考過程とは異質であり、数学教育では必ずしも適切でないが、変数を制御して研究を進める心理学等ではめずらしくない<sup>5)</sup>。

VTR 映像の長さはそれぞれの場面ごと 2 分弱で、図との違いは実際に傾けた映像を示す点にある。学力との比較を考慮して、場面 4 のあと、図形と関数にかかわる知識技能、考え方を評価する問題を数題出題した。

調査は、次の 2 つの形式で行なった。

- [調査 1]：北教大附札幌中の 1 年生 2 クラスを対象に、一方のクラスは提示法①、他方のクラスは、提示法②というようにして 50 分で行なった。映像の提示は、視聴覚教室の大画面モニター 2 台で行なった。
- [調査 2]：岩見沢市立美園小 6 年生 3 クラスを対象に、提示法①、提示法②、提示法③(①+②)というようにして 40 分で行なった。小学生では解答に時間を要するため場面 2 を除いた。映像の提示は、教室既設のモニター 1 台を利用した。

映像と図を比較する必要上、それぞれの場面ごとの実質解答時間をそろえるように配慮した。解答は映像提示後進めさせたが、その間、モニターは傾きの異なる5つの立方体を示したそれぞれの場面の最終カットを静止状態にして映しておいた。

### 3. 調査結果と解釈

調査結果の比較分析とその解釈に際して、同じ学校の同学年の異クラスは等質集団であると仮定する。実際、後述の学力テストについて母平均の差の検定を行なったところ、クラス間に有為な差は認められなかった。

#### (1) 調査1の結果と解釈

図による①と映像による②を比較する調査1について、記述内容の量的比較、記述の順序性からの変量抽出と定式化の思考過程、学力との関連について述べる。


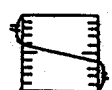
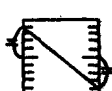
##### (1)-1 場面ごとの記述内容

それぞれの場面毎に、解答された内容の種類を量的に比較する。表1は場面1に対する解答の比較である。数字は人数で括弧内はクラスの人数に対する百分率である(以下同じ)。図による提示①と映像による提示②を比較すると、場面を静止した状態で観察してえられる解答アエオカクの内、②と比較して①はアエクが多い傾向にある。逆に①と比較して②はウキが多い。キの状態は、映像には含まれ図には含まれないので当然の結果であるが、ウが多いのは、動的な状態で観察される映

表1 場面1で気がついたこと

解 答 \ 提示法	提示法① 問題文 +図	提示法② 映像 +問題文
ア) 水面は床と平行、水平	30 (66)	20 (43)
イ) 体積・水量は変わらない	17 (37)	12 (26)
ウ) 形が変わる	5 (11)	17 (37)
エ) 面積変わらず	8 (18)	5 (11)
オ) 上の図形と下の図形が合同・点対象	10 (22)	9 (20)
カ) 水面の高さの変化	5 (11)	6 (13)
キ) 二等辺三角形ができる	2 (4)	9 (20)
ク) その他	10 (22)	2 (4)
・角変化	4 (9)	0 (0)
・距離一定	4 (9)	0 (0)

表2 場面2で気がついたこと

解 答 \ 提示法	提示法① 問題文 +図	提示法② 映像 +問題文
ケ) 和が10 	11 (24)	3 (7)
コ) 	8 (18)	4 (9)
サ) 	2 (4)	1 (2)
オ) 上の図形と下の図形が点対象・合同	3 (7)	0 (0)
エ) 面積変わらず	4 (9)	1 (2)
シ) 目盛の位置変化; 例えば右増1、左減1	6 (13)	19 (41)
イ) 体積不変	3 (7)	6 (13)
ア) 水面と床は平行、水平	1 (2)	6 (13)
ス) その他	4 (9)	4 (9)

像による方が、変化を意識しやすいことを物語っている。その一方で映像②は図①と比較して解答のバリエーションに乏しく、全体的な変化の把握に留まっている。実際、クに見られるような変化の詳細な分析は、映像②ではほとんど認められない。さらに、②の解答には表1には書き出せないような情景そのものの描写（水が移動するなど）やすでにわかっていることの再確認（水が半分入っているなど）のための記述が非常に多い。このような情景描写は図ではほとんど見られないのである。このような映像の情景描写傾向は、続く場面でも認められた。

表2は場面2に対する解答比率である。傾向は、表1と類似である。①では静的観察を前提とした詳細な分析が必要なケコサオが多い。②では運動にかかわるカが多い。①でケコサオ+シの人数割合と、②でケコサオ+シの人数割合が約6割と同等であることから、解答の違いが静的な観察をするか動的な観察をするかという点に依存する部分が大いだと察せられる。②のイアは①より割合が多いが、図の課題提示では場面1ですでに出てしまっている内容が映像では場面2で遅れて意識されたと解釈できよう。

表3は場面3に対する解答比較である。②の提示でも分析的傾向は高まり①②とも4割前後が「和が10」ケに気付いている。セの内容も①②とも類似である。②の方が記述した人数割合が少ないが、ケセの類型に入らない情景描写がなされるためである。

表4は場面4に対する解答比較である。傾向はこれまでの場面と変らない。タチナを除いて①の方が解答人数が多い。チの交点が不動点であることは映像による②の方が実際にその一点が止まっているので意識しやすい。①の方が多いソツサケは、静的な分析を要する課題である。

#### (1)-2 変量抽出と定式化

本事例の意図するところの変量抽出と定式化に至る過程について分析するため、ケの「和が10」（「水の入った台形部分の上底と下底の和が立方体の一辺に一致」を含む）を解答した生徒が、どのような過程を経て意識するに至ったか比較する。表5は「和が10」ケを意識した生徒の解答過程を示している。場面1ではアが目立ち、場面2ではシが目立つ。ア、シともに目盛への着目に関わることから、ここではアとシを視点に表5を読む。

場面1でアを意識していたのは、提示法①ではケを意識した29名のうち20名である。それに対して提示法②では19名中14名であり、両者とも7割前後で同等と言える。そのうち場面2までにケが意識できたのは、①では20名中9名であるのに対して、②では14名中2名にすぎない。このことから、図では場面1で水面と床が平行というアの意識がケの意識化に関わると考えられるのに対して、映像ではアの意識がケの意識化にはあまり関係ないと言える。

場面2でシを意識した者であるが、①では場面2以降でケを意識した者19名中5名であるのに対して、②では18名中10名である。すなわち、映像による②では場面2で「一方の目盛が増えると他方の目盛が減る」というシの意識がケの意識化に関わると考えられる。一方①では表2にみられるように、シを意識したものの自体6名と少なく、ともなうて変る意識が図からは起りにくいことを物語っている。

以上の分析に認められた傾向より、①と②の変量抽出と定式化の仕方の違いについて述べる。図による①はともなうて変る量を意識するというより、図の水面（ア）に着目して目盛を読むことから定式化（ケ）をしていく傾向がある。それに対して、映像による②はともなうて変る量（シ）を意識してから定式化（ケ）をしていく傾向がある。

#### (1)-3 解答個数と学力・性差の関係

ここで解答個数とは、それぞれの生徒の情景描写を除く数学的に有意義な記述の種類数である。学力とは、場面4の後に出題した図形もしくは関数の問題（資料）に対する正答個数を意味する。

表3 場面3で気がついたこと

	提示法	提示法① 問題文 +図	提示法② 映像 +問題文
解 答			
ケ) 和が10		20 (44)	17 (37)
セ) その他		12 (27)	10 (22)

表4 場面4で気がついたこと








提示法 解 答	提示法① 問題文 + 図	提示法② 映像 + 問題文
ソ) 三角形合同 点対象 	11 (24)	3 (7)
タ) すべて合同 点対象 	3 (7)	5 (11)
チ) 交点不変 	5 (11)	9 (20)
ツ) $\angle a = \angle b$ 	10 (22)	3 (7)
サ) $a = b$ 	5 (11)	2 (4)
テ) 角変化 	3 (7)	3 (7)
ト) 三角形変化 	4 (9)	0 (0)
ケ) 和は10	2 (4)	0 (0)
ナ) その他	9 (20)	11 (24)

表5 和が10を意識するまでの過程

生徒番号／		場面1	場面2	場面3	場面4
男	1	イエキ	☒		
	2	ア	☒		
	3	ア	☒		
	7	ア	☒		
	8	アイウク	☒		
提示法①	9	アキク	☒		
	10	ー	☒		
	11	アイ	アイ	☒	
	12	アエ	シ	☒	
	13	ア	カイ	☒	
問題文＋図	14	ア	☒	☒	
	17	ア	☒		
	18	ー	シ	☒	
	19	アカ	シ	☒	
	21	イエオ☒			
	22	イ	ー	☒	
女	41	ア	コ	☒	
	44	アオ	サ	☒	
	45	ア	エ	☒	
	46	アイ	シ	☒	
	47	ウ	シ	☒	
	49	ア	☒		
	53	アイ☒			
	54	ア	☒		
	57	イオ	コ	☒	
	59	ア	オス	ー	☒
	58	アエウ	ス	☒	
	61	イウエ	☒		
	62	イウ☒			
男	2	アウキ	シ	☒	
	7	ア	ス	☒	
提示法②	10	ア	コ	☒	
	11	ア	シ	☒	
	13	アカ	エ	☒	
	14	ア	シ	☒	
	15	ア	☒		
	16	アオク	シ	☒	
	18	イキ☒			
	19	アカ	シ	☒	
	21	アカ	シ	☒	
女	41	イエオ	☒	☒	
	42	エアク	サシ	☒	
映像＋問題文	43	オ	シ	☒	
	48	アウ	イシ	☒	
	54	イ	イ	☒	
	55	ア	イ	☒	
	59	イ	ア	☒	
	61	アウ	アシ☒		

注：☒が意識されて以降の場面は空欄にした。

以下では、解答の種類である解答個数に対する、図形の学力である図形得点、関数の学力である関数得点、図形と関数をあわせた総合得点、それぞれについて相関を調べる。

解答個数とそれぞれの学力との間の相関係数は表6の通りである。

表6 性別ごとの解答個数と学力との相関係数

	提示法①：図と問題文			提示法②：映像と問題文			注：調査人数
	図形得点	関数得点	合計得点	図形得点	関数得点	総合得点	
男子	-0.122	-0.026	-0.089	0.196	0.437*	0.382	①男子22名
女子	0.355	0.252	0.380	0.262	0.174	0.271	①女子23名
男女	0.188	0.146	0.207	0.235	0.333**	0.342*	②男子23名 ②女子23名

(有意水準 \*\*1%、\*5%)

表6から次のことが言えよう。

- ア) 男子では、図による提示をした場合、解答個数はいずれの学力とも相関がない。映像による提示をした場合、関数得点と解答個数の相関はあると言え、図による提示と比べてかなり違いがある。すなわち、図による提示法①では学力と解答個数は関係がないのに対して、映像による提示法②は関数の学力と解答個数の関係が深い。
- イ) 女子では、図による①、映像による②ともに図形得点と解答個数の相関がややあり、中でも①の図形得点との相関が比較的高く、図・映像ともに図形得点との相関は関数より高い傾向がある。提示法②の図形得点との相関以外は、男子とかなり差異がある。
- ウ) クラス全体としては、図による提示では学力と解答個数の間の相関は乏しいのに対して、映像では関数得点・図形得点ともに相関がやや認められる。
- このことから、図や映像からの情報抽出力と学力、性差の関係について次の事が言える。
- ア') 男子では、図による①では学力に関わり無く考察が深まる傾向があるのに対して、映像による②では関数の学力が高くないと考察が深められない(情報抽出できない)傾向が強い。
- イ') 女子では、図映像ともに図形の学力が高い者ほど、考察を深める(情報抽出する)傾向がある。
- ウ') 図による①では学力が低い者でもかなり考察が深まるのに対して、映像による②では学力が高くない限り考察が深まらない(情報抽出できない)傾向がある。
- このような解答個数と性差、関数や図形の学力の関連は、それぞれの生徒の解答記述とも関連する。例えば、表5にみるように、関数的な見方が必要となる「変量抽出と定式化」ができたのは、映像でも図でも、男子10とすると女子は7～8というような割合になり、この調査の場合、関数的な見方は男子が優位な傾向があることが推察される。

## (2) 調査2の結果と解釈

図による①と映像による②、図+映像による③を比較する調査2について、記述内容の量的比較、記述の順序性からの変量抽出と定式化の思考過程、学力との関連について述べる。

### (2)-1 場面ごとの記述内容

(1)-1と同様な量的比較をしたのが表7～9である。小6(調査2)と中1(調査1)を比べて顕著な違いは、表に数字として表れない「水がかたよっていく」というのうな前数学的な情景描写が、図による①でも映像による②と同程度目立つ点である。全体としても①～③を通して情景描写が多く、調査1の中1と大きく異なっている。そのため、中1の表と対応する小6の数字は中1と比較して少なくなっている。このような傾向は、中1と比較して小6が、数学的情報抽出およびそ

の表現に未熟なこと、図と問題文だけでも「そこに水があり、傾いてゆく」という動的な実態的イメージを持つことなどを示している。逆に、中1の場合、図を数学的対象とみなし実態を想起せずに考えていることが再度強調される。

表7（場面1）では、図による①と映像による②では調査2（小6）の場合も調査1（中1）と同じような傾向が認められる。図+映像による提示法③では、①と②傾向を合わせたようにアとウが多い傾向にある。

表8（場面3）では、図+映像による③がケシを意識する傾向が高く、図と映像という2種類の情報が、それぞれ単独の場合より情報抽出や思考が進めやすかったことを示唆している。そのため、③では、①や②のような情景描写が少ない。

表9（場面4）では、中1ほどまとまった傾向が認められない。

## (2)-2 変量抽出と定式化

変量抽出と定式化の過程は、情景描写に留る情報抽出・表現の未熟さと、後述の学力不足、時間的制約で場面2を欠いたこと等から、図による①と映像による②ではほとんど達せられていない。情報量の多い図+映像の③では、ケカシどちらかを意識した者がいても、両方意識した者はほとんどいない。ここでは③でケカシを意識するまでの過程を示す表10について検討することにする。

男子の場合、場面1でアウが多く、水面や形の変化に着目した者がケヤシを記述する傾向にある。すなわち【(1)-2で述べた中1の映像による②と同じように、図+映像による③でも変化の意識化が定式化に先行する傾向が男子に認められる。女子の場合、場面1では情景描写が多く、場面3でケシを何から意識したか分析できない。

場面1で、女子が情景描写に留り、男子が変化に着目した記述ができたことは、関数的な見方もしくはその表現力が男子優位と推察できる。表11は、それぞれの提示法において、全体を通してアウシケを書いた人数とその割合である。①と②を比較すると変化（ウ）の意識化は、映像が優位である。さらに、③ではウを意識したのは男子のみであり、図+映像で変化を意識しやすいのはやはり男子である。これらは調査1の分析結果と整合的である。ただし、表10で、ケシの記述人数は男子より女子が多いので、男子の方が関数的な見方が優位という推察は提示法や対象生徒に応じて異なる可能性も残される。

## (2)-3 解答個数と学力、性差の関係

解答個数と学力、性差の相関係数をまとめたのが表12である。

表12を調査1の表6と比較すると、調査2の解答個数と諸学力との相関は全般的に高いという結果になっている。すなわち、学力の高いほど記述個数が多いという極く一般的な構図が認められる。情景描写が多く数学用語が適切に利用できないなどの小6の特徴に加えて、低学力生徒が少数の附属学校と比較して幅広い学力のこどもがいる公立学校を調査したこと等が、その背景と考えられる。その意味で自然なデータであるが、逆に諸学力と映像や図からの情報抽出力との関係は見えにくい。そこで、表12で相関の強さの違いを相対的に読めば、次のことが言える。

- ア) 男子の場合、①③で関数との相関が高く図形との相関は低いのにに対して、②で図形・関数ともに同じ程度の相関がある。
- イ) 女子では、①と②での図形・関数との相関と比較して③で図形・関数との相関は低い。
- ウ) クラス全体では、①と③で図形より関数との相関が高く、②では図形・関数ともに相関が高い。いずれにしても、図形より関数との相関が高い。合計点で記述個数と学力との相関を比較すると③、①、②の順で高くなる。



表7 場面1で気がついたこと

	提示法① 図 +問題文	提示法② 映像 +問題文	提示法③ 映像+図 +問題文
ア) 面床平行	17 (44)	11 (27)	10 (24)
イ) 水量不変	8 (21)	1 (2)	2 (5)
ウ) 形変化	2 (5)	18 (44)	8 (19)
エ) 面積不変		1 (2)	
オ) 合同対称		3 (7)	2 (5)
カ) 高さ変化	6 (15)		
キ) 二等辺三		1 (2)	
ク) その他	2 (5)	3 (7)	4 (10)

表8 場面3で気がついたこと

	提示法① 図 +問題文	提示法② 映像 +問題文	提示法③ 映像+図 +問題文
ア) 面床平行	5 (13)	3 (7)	1 (2)
イ) 水量不変	3 (8)	2 (5)	7 (17)
ウ) 形変化	1 (3)	5 (12)	
オ) 合同対称		3 (7)	
カ) 高さ変化	3 (8)		1 (2)
ケ) 和が10	5 (13)	4 (10)	12 (29)
シ) 伴う変量	4 (10)	3 (5)	17 (40)
セ) その他		1 (2)	

表9 場面4で気がついたこと

	提示法① 図 +問題文	提示法② 映像 +問題文	提示法③ 映像+図 +問題文
ア) 面床平行	3 (8)		
イ) 水量不変	1 (3)	1 (2)	4 (10)
ウ) 形変化		1 (2)	
オ) 合同対称		1 (2)	1 (2)
ケ) 和が10	1 (3)		
サ) 中央等長	3 (8)	1 (2)	5 (12)
シ) 伴う変量	2 (5)		
ソ) 三角合同			1 (2)
タ) 全合同	1 (3)		
チ) 交点不変	4 (10)	2 (5)	4 (10)
ツ) 等角		1 (2)	4 (10)
テ) 角変化	3 (8)		1 (2)
ナ) その他	3 (8)	4 (10)	14 (33)

表10 ケシを意識するまでの過程

生徒番号／	場面1	場面3	場面4
男 1		ケ	
2	ウ	ケ	シ
3	ウ	シ	シ
4	ク	シ	
5	ア	シ	
提 7		シ	
9	ウ	シ	
示 12	ウ	シ	
14	ア	シ	
法 15		ケ	
18	アオ	ケ	
③ 19	ア	ケ	シ
20			シ
図 21	ウク	シ	
女 1	ア	シ	
2		シ	
3		シ	
映 4		シ	
6		ケ	シ
像 7		シ	
8		ケ	
10		シ	
11		ケ	
問 12	イク	ケ	
13		シ	シ
題 14		シ	シ
15	ク	シ	シ
文 16			シ
17		ケ	
18		シ	
19		シ	
20	ア	シ	
21	オ	ケ	

注：ケシが意識される以前の空欄は  
情景描写の場合が多い。

表11 場面1～4全体でのアウシケ比較

		ア	ウ	シ	ケ
①	男 (20名)	9(45)	1( 5)	4(20)	4(20)
図	女 (19名)	11(58)	1( 5)	1( 5)	1( 5)
②	男 (20名)	7(35)	7(35)	3(15)	3(15)
映	女 (21名)	6(29)	9(43)	1( 5)	1( 5)
③	男 (21名)	6(29)	8(38)	8(38)	6(38)
図	女 (21名)	5(24)	0( 0)	12(57)	7(33)

注：一人が同じ内容を繰り返し記述する場合、1つと数えた。

表12 解答個数と学力との相関係数

	①：図と問題文			②：映像と問題文			③：図+映像と問題文		
	図形点	関数点	合計点	図形点	関数点	合計点	図形点	関数点	合計点
男子	0.206	0.554	0.366	0.322	0.384*	0.379	0.297	0.472*	0.266
女子	0.332	0.378	0.359	0.332	0.378	0.359	0.119	0.228	0.162
男女	0.249	0.357*	0.315*	0.416	0.477**	0.494**	0.210	0.375	0.213

(\*は有意水準5%、\*\*は1%)

学力の意味を考慮してア～ウを解釈すると、次のことが示唆される。

- ア) 男子の場合、図を関数的な見方で読む力があるものが①③からの情報抽出に成功している。  
 イ) 女子の場合、①②より情報量が多く考えやすい③のような情報抽出なら低学力でも考えられる。  
 ウ) 全体では、関数的に考える能力が情報抽出に寄与している。また、③①②の順で情報抽出しにくい提示法であると言える。

#### 4. 調査からの示唆

3で述べたことはこの課題提示に対する個有な結果であるが、一方で、本稿での調査は、静止画(図)と動画(映像)との課題提示法の比較として位置付けることができる。3の調査結果から、メディア利用・選択に際しての基本的示唆を得るとともに、利用に際して考慮すべき問題を明確化する。

##### (1) メディア利用に関する示唆

調査1からの次のことが示唆される。

- A) 図は静的に観察しやすい対象であり、動画は動的な観察対象である。場面が同じであっても、そこから生じる思考過程は全く異質である。

実際、図による①では、図の静的な観察から意識される解答が多かった。また、②では変量抽出と定式化過程が認められるのに、①ではそのままでは実現されにくい。

- B) 動画からの情報抽出は全体的な動きに意識が奪われがちで、図より困難である。

実際、映像による②では、動的な観察から得られる解答の中でも、特に、全体的な動きを意識する傾向が強かった。そのため、①では目盛だけの場面2で多くが和が10を意識できたのに対して、②では数字付き目盛の場面3にならないと多くが意識することができなかった。すなわち、全体的な

動きが意識されやすい動画では細部の観察は図以上に難しく、動画で細部の観察を進めるにはその細部が意識できるような情報が必要と言える。例えば、場面4の不動点が①より②の方が意識しやすかったことは、それ以外がすべて動いているのと対照的だからである。

C) 生徒は動画からの数学的考察(数学的モデル作り)に慣れていない。

実際、図による①が数学的言語で表現された解答が多いのに対して、映像による②は日常用語を含んだ文章で解答する傾向がみられた。動きを数学的に表現することの難しさも手伝ってか、事象から数学的な対象を意識して数学的な言語で表現し、他を捨象することができないのである。例えば、②ではより数学的に説明しようとしたら図を描く必要があるが、図を描いたのは少数である、①が図からはじめれば良いのに対して、②は図を描かねばならない。図より動画による考察の方が、ステップが多いのである。生徒が動画からの考察が充分できるためには、数学的モデル作りに関する指導をしておくことが重要である。実際、(1)～3ウで述べた図による課題提示が学力との相関が低い傾向は図による提示では低学力の生徒でも負担無く考察が進められ、映像による提示で相関が高い傾向は高学力の生徒でないと考察が進めにくい状況があることを示唆している。その原因がステップの多さといえよう。

D) 教材の提示方法によって個別的な適性がある。

実際、(1)～3ア～ウで述べたことは、適性処遇交互作用の問題であり、同じ映像による課題提示であっても、男子では立方体の水の運動を関数的に把握し、女子では図形的に把握する可能性が高いことが示唆される。ウは、映像による課題提示においては図による課題提示以上に、学力の低いことにも対する配慮が必要なことを示唆している。

調査2から、A～Dに加えて、次のことが示唆される。

E) 認知構造の違いに応じて図や映像に対して、見えるものが違う。小6より中1の方が数学的な見方が豊かである。

実際、保持する知識の違いから認知構造の違いが予想される中1の調査1と小6の調査2を比較すると次のことがわかる。小6が図でも実態そのものの動的イメージを想起できるかわりに、適切な知識の不足から未熟な認知構造をもつため、漠然とした実態の記述に留る。中1は数学的見方で図や映像を解釈できることで豊かな情報抽出が行なえている。すなわち、上記A～Dで述べたようなことは、生徒のもつ知識や認知構造に応じて異なると考えられる。同じものをみても見えるものは違うのが普通であり、生徒に予想される認知構造とギャップが予想される課題の提示では、そのギャップを補う指導上の配慮が必要である。

F) 教授目標に応じた情報量が多いほど情報抽出が容易に進められる。

実際、③による提示法は①、②より多産である。

(2) メディア選択に際しての留意点

これまでの考察から、メディア選択に際して、次のような留意点を考慮する必要がある。

A) 教育的意図を実現するには、意図した思考過程が実現されるメディアを用意する必要がある。

例えば、上記の課題を関数領域の「変量抽出と定式化」の教材とするなら、①より②の提示が望ましい。というのは、①で提示した場合、実際のともななって変化する現象をまったくイメージすることなく、異質な定式化を進める可能性がある。それに対して、②は変量を新鮮に意識できて意図が反映される。

B) 教育的意図を実現するには、情報抽出しやすいメディアほど有効である。

調査2で言えば、②、①、③の順で、情報抽出しやすくなる。

A, Bは矛盾を含む選択要素である。教材や授業の目標にもよるが、過程重視の学習指導の立場から言えば、Aが優先要素である。本来の思考過程と異質な思考過程は、意味の理解を損なう可能性があり、思考力や学習した事柄の適用可能性を高めることに結びつかない。

C) 異質な思考過程となるメディア選択をする場合、適切な指導配慮が必要である。

異質の定式化の可能性を覚悟して①で提示せざるをえない場合、場面設定や解説に際して変化をイメージさせる工夫が、最低限必要である。

D) メディア選択をする場合、生徒のもつ認知構造や特性等に配慮しめ進める必要がある。

すべての生徒に特定メディアが、効果的であることはない。メディア選択に際して、どのような生徒に特に焦点を当てた選択をするのか。また、それ以外の生徒へはいかなる指導配慮をするのかなどを検討する必要がある。

E) 特定メディアを選択した場合でも情報抽出能力を高める配慮が必要である。

情報抽出しやすい提示法を常に選択すると、情報抽出力は伸張しない。情報抽出しにくい提示法でも、抽出できるような指導配慮が必要である。

### (3) まとめ

3での調査結果が、調査課題に特有か否かについて、検討すべき余地が多分に残されている。また、視点の設定、文脈の設立を生徒自身にゆだねた調査法であることから、目的をもった思考活動でない等、数学学習の実際とはかなり異質な調査となっている。情報抽出できなかった生徒でも、視点や文脈が与えられれば、情報抽出は容易になると考える<sup>6)</sup>。

理論的な価値からすれば、それをさらに個別検討するより、発達段階や既習知識に基づく認知構造およびその変容を検討することの方が、メディア選択利用に際しての配慮を知る上で興味深い<sup>7)</sup>。筆者は、関数領域における思考の構造と発達・変容について研究してきており、この調査はもととその一環として企画したものである。これまでの知見でも、小学生は事象そのものを分析記述する傾向が高く、中学生は事象を離れた形式的に考察をする傾向があることがわかっている<sup>8)</sup>。3で述べた小6、中1の違いは、そこから予想される結果である。

教育機器のパンフレットでは「よさ・可能性」ばかりが強調され、導入されればそれを追及するのが実践課題となるのが常であるが、先行すべきは教育目的である。例えば、チュートリアル型CAIが平成5年をめぐりに小中学校で普及すると予想されるが、知識・技能の細分化系列化を前提とするその性格から、知識・技能の理解・定着目的以外の利用効果は疑問視され、それにとらわれない多様な活用法が期待される<sup>9)</sup>。映像的な性格を備えたシミュレーション的活用はその一例であり、情報化社会で必要な情報抽出力を育成する上で、また数学的な情報抽出力を高める上で、興味深い。調査結果は、そこでの情報抽出力の育成の必要を提起している。現在、シミュレーションからの情報抽出について大久保和義等と検討中である。

調査に際して北教大札幌分校の大久保和義先生、北教大附札幌中の笠倉康弘、里谷 彰先生、岩見沢市立美園小の工藤 宏、赤間由美、吉田 宏先生にたいへんお世話になった。改めてお礼申し上げます。

[注および参考文献]

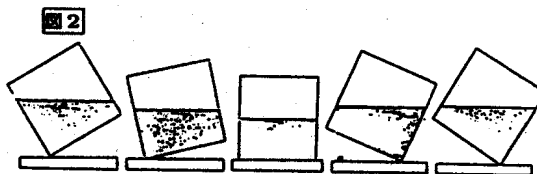
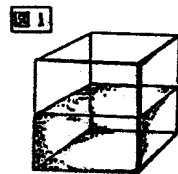
- 1) 萌芽的な研究であり、記述に際して理論的記述枠組みを設定・構築する以前の段階なので、研究ノートとした。1989年度の科学教育学会年会、教大協研究集会にて経過発表している。
- 2) 例えば、科学教育学会年会や科学教育研究会では、CAIの評価にかかわって、学力や性格等との適性処遇相互作用や授業との比較報告が多数なされている。本研究では、算数数学教育の立場から知識・技能の理解定着に向くチュートリアル型CAIも、教材提示メディアの一選択肢という考え方を採用し、コースウェアよりむしろ1フレームに着目している。
- 3) 拙稿「コンピュータ制御VTRを利用した思考過程の調査法の開発について」、文部省特定研究「児童生徒のわかり方とそれらに基づくCAI用教材開発に関する実践的研究」平成元年3月筑波大学学校教育部
- 4) 島田茂「算数・数学科のオープンエンドアプローチ」みずうみ書房1977、能田伸彦「オープンアプローチによる指導の研究」東洋館1983、現行東京書籍小4、教育出版中1等参考
- 5) 例えば、岡田 猛「問題解決過程の評価に関する発達研究」教育心理学研究 第35巻第1号
- 6) 拙稿「関数の水準の思考水準としての同定と特徴付けに関する一考察」日本数学教育学会誌数学教育学論究 vol. 49, 50, 1988
- 7) 近年の教育工学研究の動向でもこの方向性が含まれている。
- 8) 拙稿「関数の活用の仕方と表現技能の発達に関する調査研究」日本数学教育学会誌数学教育 第72巻第1号, 1990
- 9) 拙稿「コンピュータ活用の現在の方向性」明治図書教育科学 数学教育 No. 380, 1990

資料

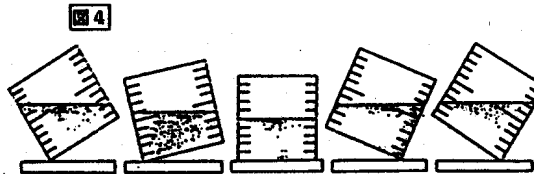
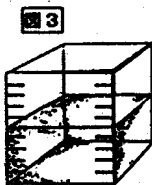
① 図+問題文の調査用紙は以下のようなものである。

問1～4は、場面1～4に対応する。

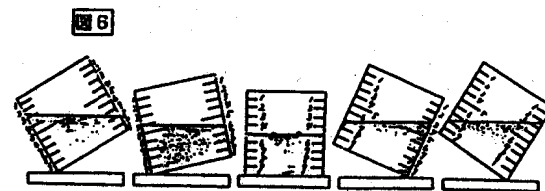
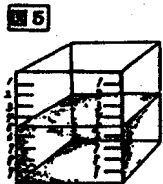
問1. 図1のように、水が半分入った立方体があります。この立方体を図2のように傾けていきます。気がついたこと、わかることをすべて書きなさい。



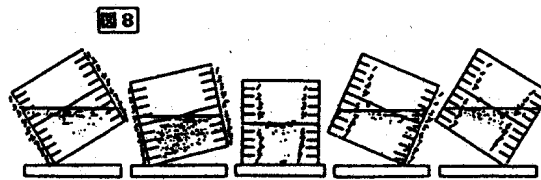
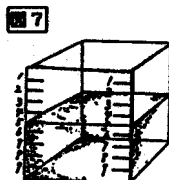
問2の図



問3の図



問4の図



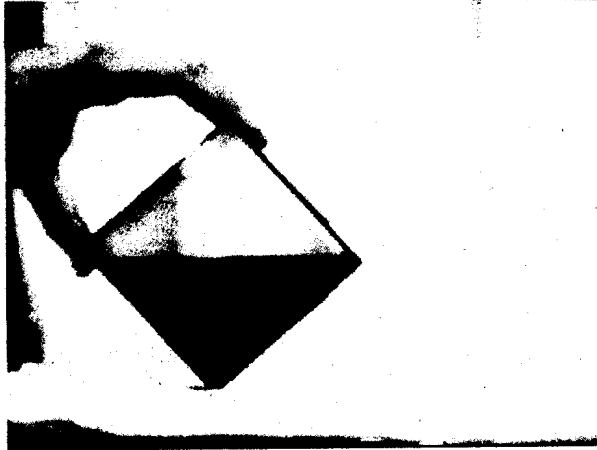
課題提示方法の違いによる思考過程の比較研究

② 映像+問題文は以下のようなものである。

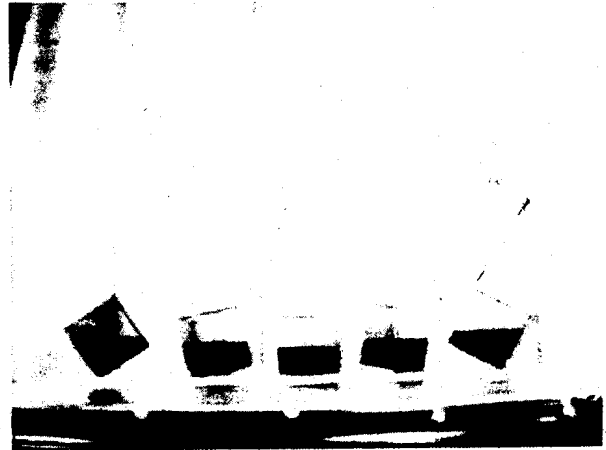
問1. 同じ映像を2回見ます。映像をみて気がついたこと、わかることをすべてかきなさい。

問1の映像

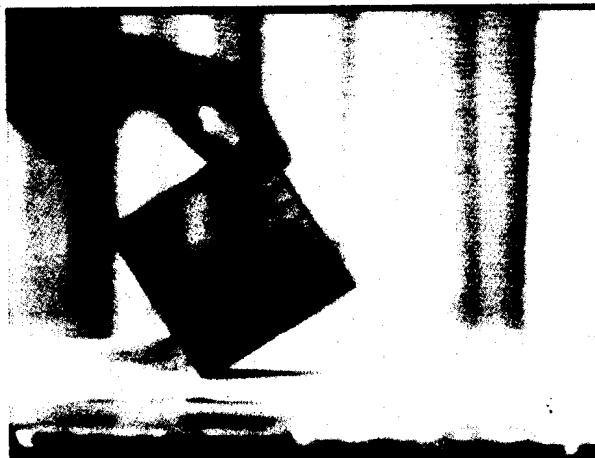
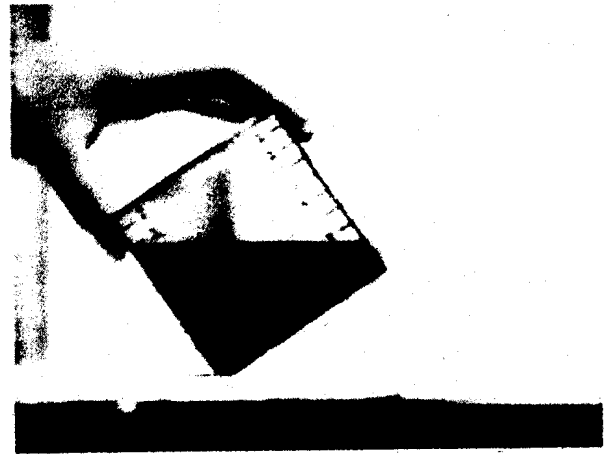
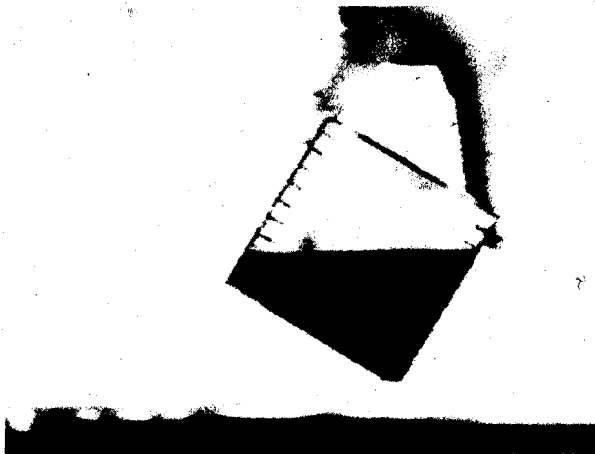
傾けている様子



最終カット



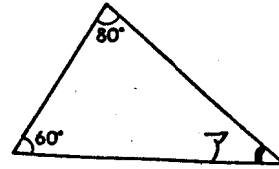
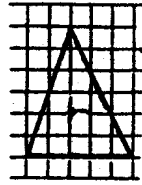
問2～4の傾けている様子を示す映像



## 中1学力調査問題（小6は、既習事項に応じて一部差し替えた）

問5. 次の問いに答えなさい。

- ① 右の方眼の1目を1 cm とするとき、  
図の三角形の面積を求めよ。  
また、角アは何度か。

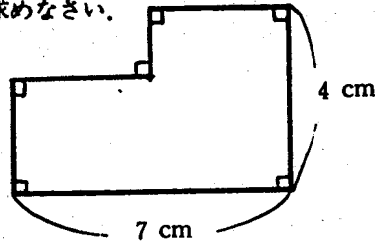


- ② 下の表は、 $x$ と $y$ が正比例する関係を表した表です。  
PとQの値は次のどれですか。○でかきなさい。

$x$	3	6	P
$y$	7	Q	35

- ア Pの値は、14、Qの値は31  
イ Pの値は10、Qの値は24  
ウ Pの値は10、Qの値は31  
エ Pの値は14、Qの値は15  
オ Pの値は15、Qの値は14

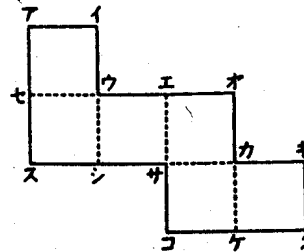
- ③ 右の図形の周の長さを求めなさい。



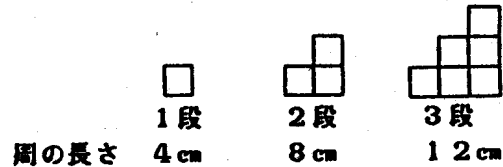
- ④ 次の表を見て気がついたことを書きなさい。

$x$	1	2	3	4
$y$	6	5	4	3

- ⑤ 右の図は立方体の展開図です。この展開図を組み立てたとき、セと重なる頂点を○で囲みなさい。



- ⑥ 1辺が1 cmの正方形のカードを図のように階段上に並べていく。  
段数が7段のときの、周の長さを求めなさい。



- ⑦ 次の図形のうち、線対象にも点対象にもなっているものを選び、○で囲みなさい。

正三角形    正方形    正五角形    正六角形    正八角形    円

磯田正美（本学講師 岩見沢分校）  
中島浩明（筑波大学大学院修士課程教育研究科）  
山中和人（東京学芸大学附属竹早中学校教諭）  
志水 廣（筑波大学附属小学校教諭）