

磯田正美, “グラフ電卓利用の研究成果とその将来 数学におけるテクノロジー利用の国際会議(A TCM2000)報告”, 中学校・高等学校数学科教育課程開発に関する研究(8)世界の教育課程改革の動向と歴史文化志向の数学教育—代数・幾何・微積 For All プロジェクトの新展開—, vol.8, pp.267-270, 2001, 筑波大学数学教育学研究室.

## グラフ電卓利用の研究成果とその将来

数学におけるテクノロジー利用の国際会議(ATCM2000)報告

礒田正美

第5回数学におけるテクノロジー利用の国際会議 ATCM2000 が、12月にタイで開催された。David Tall を初め著名研究者・開発関係者の全体講演の他、数学教育と数学におけるテクノロジー活用研究に関する研究発表・討議が交わされた；<http://www.runet.edu/~atcm/>。ここでは Susan Barton による1990年代のグラフ電卓利用研究成果の概観を取り上げ、21世紀初頭のテクノロジー利用の新動向を提言する。

### 1990年代のグラフ電卓利用研究の成果

Susan は、過去30年間の電卓等のテクノロジー活用効果・を概観した先行研究に1995年中盤まで4つの概観研究があることを指摘する。その上で、90年代にグラフ電卓が広範に広まり、それ以前とは異なる利用法が出現したとの認識から、インターネット上で検索できる1990年から2000年までのグラフ電卓・数式処理ツールなどのグラフィングツール利用に対する60件の研究を概観する。60件の内訳は、8件が学術誌であり、他52件の内、多数が博士論文、修士論文である。

まず、Susan は、達成度に対するグラフィングツールの効果を表1のように集約した。表1で実験群とは、グラフィングツールを利用した場合を指し、統制群とは、従来通りの紙と鉛筆による指導を指す。Susan は、米国の科目名で分類したが、ここでは日本で該当すると考えられる旧課程上の類似内容を基準に、その科目

名を表示した。表1から、Susan は、評価テストの質的相違、指導目標の相違、教師の違いなどを無視するならば、52 件の内 29 件はグラフィングツールないし数式処理システムを採用した場合に効果があると報告している。

表1.達成度へのテクノロジーの効果

科目名	該当件数	実験群に効果	有意差無し	統制群に効果	効果比較無し	機種と指導相関
中学校程度代数	9	6	3			
高校程度代数	18	9	3	1	2	3
高校程度基礎解析	14	10	4			
微分積分	11	4	3		4	
合計	52	29	13	1	6	3

表2.概念的知識・手続き的知識からみた効果

科目名	手続き的知識			概念的知識		
	実験群に効果	有意差無し	統制群に効果	実験群に効果	有意差無し	統制群に効果
中学程度代数	1,1,1	1,1,1		1,2,2,3,3,3		
高校程度代数	1,1	1,1,2,9	2	1,1,1,1,2,2, 2,3,4,10	1,1,13	2
高校程度基礎解析	2	1,1,1,3	2,2	1,1,1,1,1,1, 2,2,2,2,2	1	
微分積分	1,1	1,1,1,1,1,2, ,4	1,2	1, 1,1,1,5	1,1,2	
合計	9	33	9	66	20	2

表2は、意味理解に関わる概念的知識、やり方や計算に関わる手続き的知識の獲得に関わるテクノロジー利用の効果をまとめたものである。各欄内の数字は、例えば欄内に1, 2, 3, 3とあれば、その欄に該当する研究が併せて4つあり、そこに該当する内容を1件言及した研究が1つ、2件言及した研究が1つ、3件言及した研究が2つあることを表している。各研究において異なる質的議論を数え上げて対比することに全くの無理があるものの、表1同様に読むならば、数学を有意味なものとする上でグラフィングツールは効果があると結論付けられる。

表3. 研究終了時における数学、テクノロジーに対する態度への効果

科目名	数学への態度			テクノロジーへの態度		
	実験群に効果	有意差無し	統制群に効果	実験群に効果	有意差無し	統制群に効果
中学程度代数	1	4		1	1	
高校程度代数	6	5		4	2	1
高校程度基礎解析	1	1		2		
微分積分	1	2		2	1	
合計	9	12	0	9	3	1

表3は、数学、テクノロジー利用に対する生徒の態度が研究終了時によかったか否かを集約したものである。Susan は、該当する話題がある研究のみを数えている。数学への態度、テクノロジーに対する態度のいずれにも肯定的な傾向が認められたことは、生徒がグラフィングツールを数学学習の頼もしい伴侶と認めている傾向を示唆している。

Susan の論点で注目すべき点は、テクノロジー変数を、カリキュラム、教科書、宿題、試験、教師変数とは独立して取り上げた研究の大多数が、実験群と統制群の間に有意差のある結果を得ていないという点である。この指摘は、テクノロジーを活用すれば、数学の学習効果が上がるという安直な議論が全くの誤りであること示唆している。グラフィングツールを利用したカリキュラム・授業において、いかにカリキュラム、授業とテクノロジー利用とを総合することができたかが、それぞれの研究成果の相違に現れているのである。グラフィングツールを採用するならば、それに最適化した目標、内容、系統、方法を用意する必要がある。

グラフ電卓の次に来る波

テクノロジー開発の先端から、Benton Leong による「グラフ電卓は終わった」とする全体講演が、開発動向を反映した情報として共感を浴びた。電話でインターネット接続し、ペン入力するパームトップコンピュータの出現は、90年代初頭に基本設計され、過去5年間流行した数式処理電卓を過去のものにする(した)と言うのである。Mathematica, Maple, DERIVE は、数式計算代替目的に開発された。それを、数式能力を育てる中等教育へ転用した仕様は、紙と鉛筆で育てたい表現と隔たりがある。その弊害を各社とも承知しており、電卓会社によっては、中学校から高校への学校教育の系統によく配慮して、代数向けと微積向け

で、数式処理コマンドの入力メニューを変えた優れたものを発売したほどだ。パー  
ムトップコンピュータには、我々がノートをとる延長線上で言葉・記号・図形を手  
書き入力でき、そこから数式処理、グラフ表示でき、作図した図形をいじれる画  
面が内装される。そのような自然なインターフェイスを志向したパームトップコン  
ピュータはすでに市販されている。今後 10 年間、そのインターフェイスが数学  
向けに進化し低価格化すれば、現行の電卓仕様は過去のものとなる。すなわち、  
メーカー仕様の制約を受けた電卓の使い方を教育内容と勘違いして教える時  
代、特定メーカーの利益を「教育の革新」という言葉で代替して教師が支える時  
代は終わり、数学を学ぶ側、教える側にとって本質的なインターフェイスが使える  
時代がくるといふ彼の主張は、時代の必然を予感させた。

数学研究の先端からは Matthias Kowski が、10 年前に流行った視覚化とい  
う語用は、視覚表現が数学で当然に扱われる今日ではもはや過去の語用であ  
り、視覚表現が記号表現と同等に扱われる時代であれば、視覚表現も数学言  
語の一つに数えるべきとする思想的転換を求める講演を行った。視覚表現が  
記号表現と同格ともなれば 21 世紀初等、新型携帯用数学ツール、グラフ電卓  
の次世代機が、一層流行することは疑いない。