

テクノロジーを活用した数学的活動の教材開発と
その有効性に関する研究

2005年

兵庫教育大学大学院
連合学校教育学研究科
教科教育実践学専攻
(上越教育大学)

佐伯昭彦

目 次

第1章 序論

- 1. 1 高等学校における数学教育の現状と課題 1
- 1. 2 研究の目的と方法 1 1
- 1. 3 本論文の構成 2 1

第2章 テクノロジーを活用した数学的活動

- 2. 1 数学的活動とテクノロジー活用の意義 2 5
- 2. 2 グラフ電卓を活用した数学的活動 5 3
- 2. 3 ハンドヘルド・テクノロジーを活用した数学と実現象とのつながり 9 1

第3章 通常の数学授業における数学的活動とその実践

- 3. 1 単元の導入時における数学的活動 1 2 3
 - 極限の概念をインフォーマルに理解する数学的活動 -
- 3. 2 単元の展開中における数学的活動 1 3 9
 - 極座標における正葉曲線の数学的活動 -
- 3. 3 単元のまとめにおける数学的活動 1 5 3
 - 3次関数のグラフの種類を探究する数学的活動 -

第4章 数学と他教科とを関連づけた数学的活動とその実践

- 4. 1 数学と物理とを関連づけた総合学習「数物ハンズオン」の概要 1 8 9
- 4. 2 数学的モデルの有用性に関する生徒の意識変容 2 0 1
- 4. 3 数学的モデルの妥当性に関する生徒の検討方法 2 1 1
 - 回帰モデル機能を用いたより良いモデル化 -
- 4. 4 数学的モデルの解釈・評価・より良いモデル化 2 2 5
 - 「お湯の冷め方」実験における生徒の実データ解析方法 -

第5章 研究のまとめと今後の課題

- 5. 1 研究のまとめ 2 4 1
- 5. 2 今後の課題 2 4 7

謝辞 2 4 9

研究業績 2 5 1

巻末資料 2 5 5

第 1 章

序 論

1. 1 高等学校における数学教育の現状と課題

1. はじめに

戸瀬・西村（1999）が大学生を対象に実施した学力調査結果が発端となり「学力低下」, 「学力崩壊」, 「学びからの逃走」など, 現在の子どもたちを象徴する言葉が流行する昨今, 「学力低下」に関する議論がマスコミを含めて様々な形で展開されている(和田・西村・戸瀬, 1999; 岩川・汐見, 2001; 大野・上野, 2001; 中井, 2001; 戸瀬・西村, 2001; 市川, 2002).

ここでは, 高等学校における数学教育の現状と課題について, 国立教育政策研究所(2004a)が実施した平成14年度高等学校教育課程実施状況調査¹の調査結果を参考に, ①高校生の数学学力, ②数学学習における高校生の意識, ③教師の数学指導状況, の三つの観点について分析・考察する. さらに, 平成15年度に実施した新学習指導要領は, 高等学校における数学教育の現状に対して何を求めているのかについて考察する.

2. 高校生の数学学力

学力低下論争の発端となった戸瀬・西村（1999）の調査は, 計算技能に関する問題のみで, 彼らの調査結果から全体的・総合的に学力が低下したと言えるかどうかは疑問が残る. しかし, 調査問題には, 小学校で学習する四則演算や分数計算が含まれており, これらの計算が出来ない大学生がいたことは衝撃的な事実であった. この事実をもとに, 岡部他（1999）は著書「分数が出来ない大学生」で, 大学入試の科目数の削減と高等学校の「選択中心の教育課程」による弊害を示し, さらには, 新学習指導要領での学習時間と学習内容の削減による更なる学力低下を危惧した. 学力低下の実態を明確に示す長期的で体系的な調査は実施されていないが, 国際教育到達度評価学会（IEA: The International Association for the Evaluation of Educational Achievement）が実施したTIMSS（The Third International Mathematics and Science Study）調査や, 澤田（2002）が実施した学力調査結果から, 中学校の学力は僅かに下降傾向にあることが明らかになった. 一方, 高等学校の学力調査に関しては, 国立教育政策研究所（2004a）が実施した平成14年度高等学校教育課程実施状況調査の数学Iの結果から, 設定通過

¹ 国・公・私立高等学校（全日制課程）の第3学年を対象に平成14年11月12日に実施された. 数学Iの調査実施生徒数は, 問題A（15問）が15,770名, 問題B（15問）が15,693名であった.

率²と比較して上回るまたは同程度³と考えられる問題数の合計は、30問中6問であり、想定されていた学力よりも低いことが分かった。特に、二次関数では、関数の式とそのグラフとの関係の理解が不十分であること、さらに、三角比を扱う「図形と計量」については、無解答率が25%を超えた問題が6問中4問で高く、この主な要因として三角比の記号の意味が十分に定着していないことが明らかになった。

3. 数学学習における高校生の意識

佐藤（2000，2001）は、「学力低下」以上に深刻な現象として、学びから拒絶し学びから逃走する子どもたちの学習離れの現象を問題として取り上げている。佐藤は、この「学びからの逃走」の現象の裏づけとして、中学生を対象にしたTIMSSの調査結果から、校外の学習時間の減少と教科嫌いの2点を上げている。数学に関しては、校外の学習時間が平均0.8時間で国際平均（0.9時間）より低く、数学教科が「好き」と「大好き」と応えた生徒は53%でチェコに続いて2番目に低い結果であった。また、我が国は数学学習に対する態度⁴に関しても肯定的な割合が最も低い国であることが明らかになった。

この傾向は、OECD（経済協力開発機構）が2003年に実施した「生徒の学習到達度調査」（PISA :Programme for International Student Assessment）の結果も同様であった。特に、数学への興味・関心や楽しさに関する4つの質問項目、「数学についての本を読むのが好きである」、「数学の授業が楽しみである」、「数学を勉強しているのは楽しいからである」、「数学で学ぶ内容に興味がある」に対して、肯定的に回答した我が国の生徒の割合は、それぞれ13%、26%、26%、33%であり、いずれもOECD平均より少ないことが明らかになった。さらに、「学んだ数学を日常生活にどう応用できるかを考えている」、「数学を勉強するときは、数学と他の教科で習った事柄を関連付けようとしている」、「数学を勉強するときは、ここで学ぶのは何なのかをはっきりさせることから始める」に対して、肯定的に回答した我が国の生徒の割合は、それぞれ13%、15%、26%であり、いずれもOECD平均より極端に少ないことが明らかになった（国立教育政策研究所編，2004b）。

また、国立教育政策研究所（2004a）が実施した平成14年度高等学校教育課程実施

² 設定通過率とは、学習指導要領（平成元年告示）に示された内容について、標準的な時間をかけ、かつ、指導要領作成時に想定された学習活動が行われた場合、個々の問題ごとに正答、準正答数の割合の合計である通過率がどの程度になるかを想定した数値である。

³ 設定通過率を中心に上下それぞれ5%の幅に収まっているものを「設定通過率と同程度」、この幅を越えているものを「設定通過率を上回る」としている。

⁴ 数学に対する態度の結果は、「数学の勉強は楽しい：46%」「数学はたいくつだ：35%」「数学はやさしい教科だ：13%」「数学は生活で大切だ：71%」「数学を使う仕事をしたい：24%」で、何れの項目においても生徒の意識は国際的に低い結果であった。

状況調査の質問紙調査においても同様で、校外での学習を全く、または、ほとんどしないと回答した生徒は 42.7%を示した。さらに、「数学が好きだ」に対して肯定的な回答をした生徒は 37.3%、「数学の授業がどの程度わかりますか」に対しては 35.3%で、「数学を勉強すれば、ふだんの生活や社会生活の中で役立つ」に対しては 33.3%、「将来、数学の勉強を生かした仕事をしたい」に対しては 12.4%で、数学に対する好感度は何れの項目も低い結果であった。

このように学習時間と数学に対する好感度の二つの観点において佐藤が指摘する「学びからの逃走」を裏づける調査結果が得られているが、本当に高校生達は「学びから逃走」したいと思っているのであろうか？次に、佐藤の指摘とは違った観点からこの疑問を考察してみることにする。

図 1-1-1 は、国立教育政策研究所（2004a）が調査した「勉強をしたい」と思う生徒の学ぶ意欲についての 7 項目の結果を示している⁵。これらの項目で生徒が肯定的に回答した項目は、「よい成績をとれるよう、勉強したい」に対して 60.5%、「入学試験や就職試験に役立つよう、勉強したい」に対して 71.2%、「自分の好きな仕事につけるよう、勉強したい」に対して 84.6%、「分からないことでも自分の力で答えを見つけられるよう、勉強したい」に対して 66.8%、「ふだんの生活や社会生活の中で役立つよう、勉強したい」に対して 68.2%であった。一方、否定的に回答した項目は、「父や母にほめられるよう、勉強したい」に対して 16.7%、「先生にほめられるよう、勉強したい」に対して 12.5%であった。これらの「勉強をしたい」という学ぶ意欲の調査結果から、高校生達は他人の為に勉強をするのではなく、自分の為に勉強をしたいと考えており、高校生達は学びから逃走しているとは言えないように思われる。

⁵ 図 1-1-1 に示す結果は、数学 I の対象者のみの結果である。

1. 1 高等学校における数学教育の現状と課題

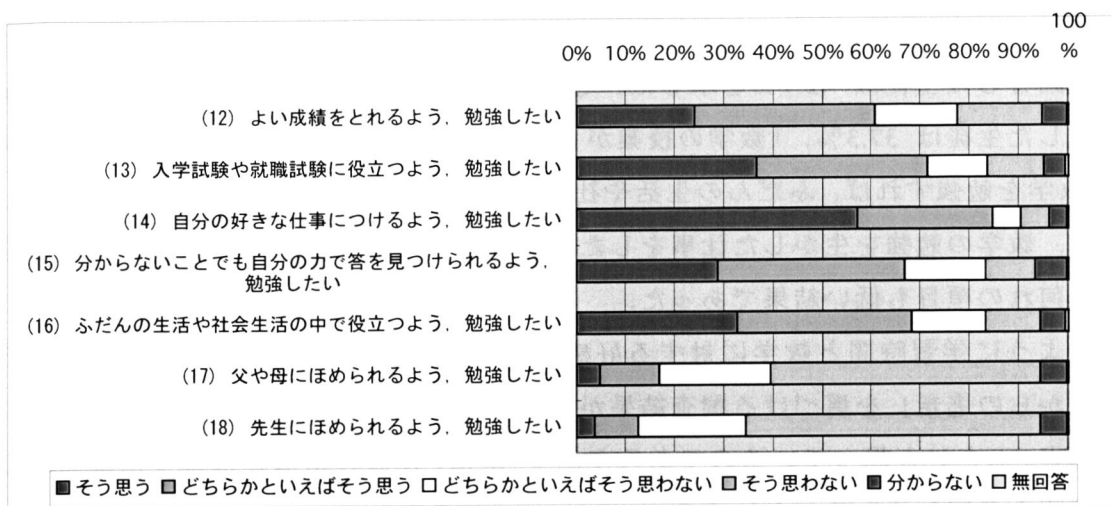


図 1-1-1. 「勉強したい」と思う生徒の学ぶ意欲の調査結果

次に、数学の問題を解くときの高校生の考え方について、図 1-1-2 に示す国立教育政策研究所（2004a）の調査結果をもとに考察する。これらの項目で生徒が肯定的に回答した項目は、「数学の問題を解くとき、前に解いた問題と似ているところや違うところがどこかなどを考えようとしていますか」に対して 62.4%、「数学の問題が解けなかったとき、自分がなぜ解けなかったかをふり返って考えようとしていますか」に対して 55.0%、「数学の問題の解き方が分からないとき、あきらめずにいろいろ考えようとしていますか」に対して 62.9%であった。これらの結果から、6割前後の高校生は、数学の問題を解くときは以前に解いた解法を参考にし、解けない場合はあきらめずに解けない原因をふり返って問題解決していることが分かり、この項目に関しても高校生たちは決して学びから逃走しているとは判断できないと思われる。一方、否定的に回答した項目は、「数学で新しい内容を勉強したとき、前に勉強したこととどのような関係があるかを考えようとしていますか」に対して 39.6%、「数学の問題が解けたとき、別な解き方を考えようとしていますか」に対して 19.9%、「数学で新しい内容や考えなどを勉強したら、自分の身のまわりの場面などで使ってみますか」に対して 9.7%であった。これらの項目に関しては、高校生の意識向上を図るには、教師の指導の工夫改善が望まれると考える。

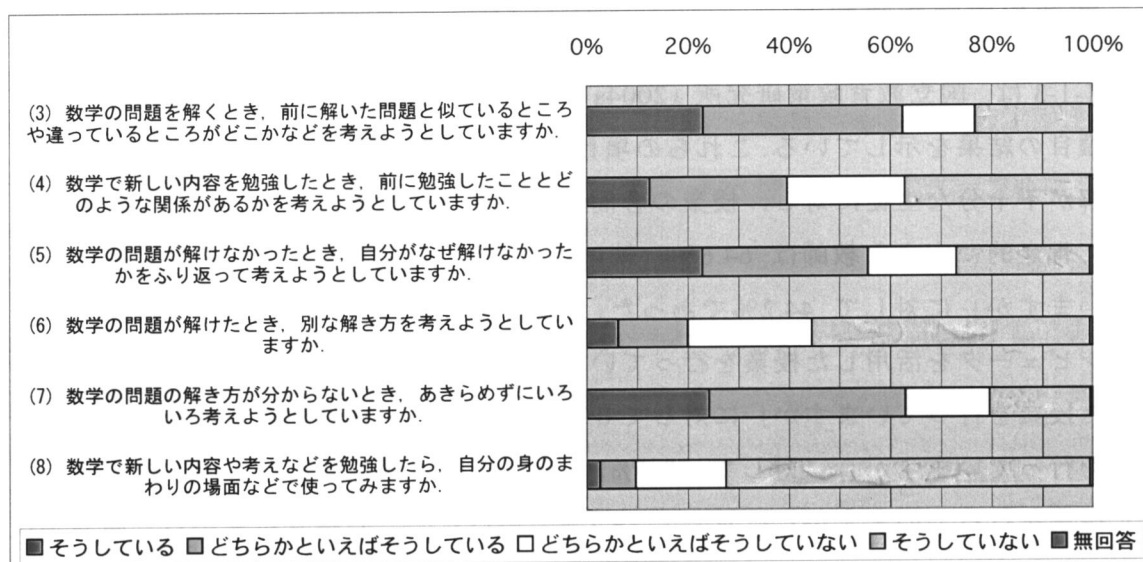


図 1-1-2. 数学の問題を解くときの生徒の考え

以上の結果から、現在の高校生は学校外での学習時間が少なく、数学に対する好感度が低い反面、自分のために「勉強をしたい」という学ぶ意欲を持ち、数学の問題を解くときは以前に解いた解法を参考にし、解けない場合はあきらめずに解けない原因をふり返って問題解決していることが分かった。このことに関して、「学びからの逃走」を指摘する佐藤（2000）は、「勉強」と「学び」とを区別し、子どもたちは強制的な勉強から逃走しているのであって、子どもたちは自分自身のための学びから逃走しているのではないことを次のように述べている。

「『学び』からの逃走を克服するためには、「勉強」から「学び」への転換をはかる必要があります。これまで『『学び』からの逃走』と呼んできましたが、「勉強からの逃走」といったほうがより正確でしょう。勉強を拒絶し嫌になっている子どもも、学びには飢えており、授業の改革によってひたむきに学びに向かう姿は多くの教室で見られる光景です。」(p.54).

学ぶ意欲を持ち、問題を解くために一生懸命に努力をしている高校生に対して、数学が分かる高校生を増やし、数学に対する好感度を向上させるために、我々教師はどのような指導の工夫改善を行えば良いのであろうか。次に教師の数学指導状況について考察してみる。

4. 教師の数学指導状況

図 1-1-3 は、国立教育政策研究所（2004a）が調査した教師の数学指導状況⁶についての 6 項目の結果を示している。これらの項目で教師が積極的に行っている指導項目は、「理解が不十分な生徒に対し、授業の合間や放課後などに更に指導していますか」に対して肯定的に答えた教師は 64.6%，続いて、「発展的な課題を取り入れた授業を行っていますか」に対して 44.2%であった。一方、積極的に行っていない指導項目は、「コンピュータを活用した授業を行っていますか」に対して 2.6%，「学校図書館を活用した授業を行っていますか」に対して 0.7%，「作業的・体験的な活動を取り入れた授業を行っていますか」に対して 20.4%，「実生活における様々な事象との関連を図った授業を行っていますか」に対して 29.7%であった。この調査結果から、高等学校の教師は、理解が不十分な生徒に対する指導は熱心であるが、教師がコンピュータを活用した授業、作業的・体験的な活動を取り入れた授業、さらに実現象との関連づけた授業が行われていないことが明らかになった。

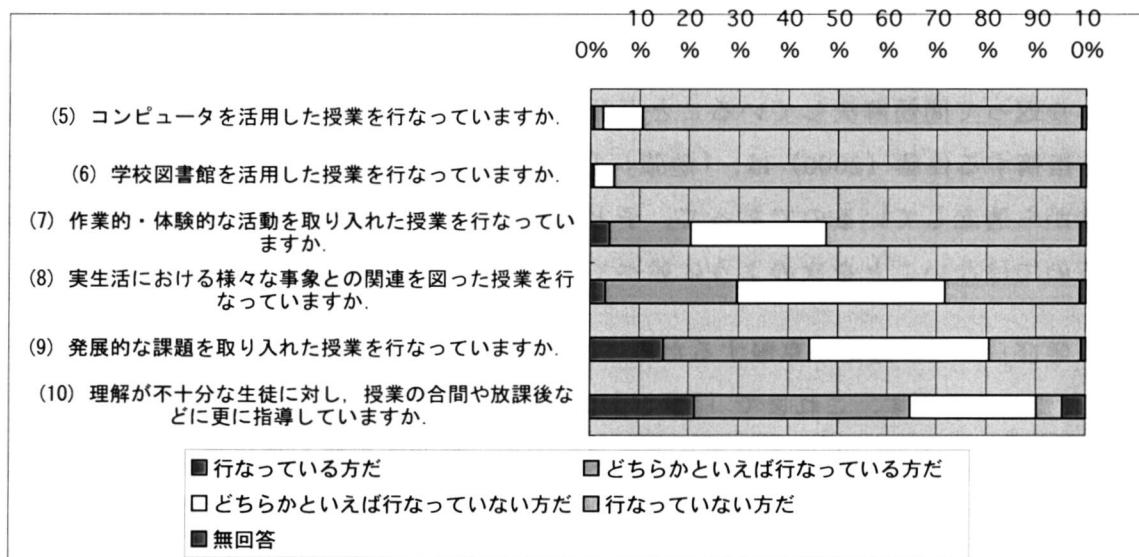


図 1-1-3. 教師の数学指導状況

特に教師のコンピュータ活用状況について、文部科学省（2001，2003，2004）がホームページで公開している「学校における情報教育の実態等に関する調査結果」を参照すると、表 1-1-1 に示すように、高等学校の数学教員で「コンピュータを操作でき

⁶ 数学の教師 897 名を対象に実施された。

る教員の割合⁷」と「コンピュータで指導できる教員の割合⁸」は、教員研修等により年々増加していることが分かる。しかし、表 1-1-1 に示す平成 14 年度の結果と、平成 14 年度に実施した国立教育政策研究所（2004a）の調査結果（図 1-1-3）とを総合的に考察すると、「コンピュータを操作できる教員」が 93.7%、「コンピュータで指導できる教員」が 50.3%に対して、「コンピュータを活用した授業を行っている教員」が僅かに 2.6%である矛盾が見えてくる。つまり、約半数の教員がコンピュータを活用して授業が出来るにも関わらず、実際にはコンピュータの授業を全く行っていない事実が明らかになった。この原因には、学校にあるコンピュータが授業で自由に使えない、学習用の教材が充実していない、教材開発のためのノウハウや時間がない等が考えられる。

表 1-1-1. 高等学校における数学教員のコンピュータ活用等の実態

	平成11年度	平成12年度	平成13年度	平成14年度	平成15年度
コンピュータを操作できる教員の割合	84.4	89.5	91.9	93.7	94.5
コンピュータで指導できる教員の割合	38.1	39.6	42.1	45.9	50.3
調査人数	23,540	23,061	22,749	22,645	-

この結果から、数学教師が行っている指導方法は、教科書と黒板とノートを使った座学中心の授業が行われていることが分かる。特に、生徒が数学と実現象とを関連づけることができない事実は、教師が授業に作業的・体験的な活動や実現象を取り扱っていないことに原因があると考えられる。さて、このような指導を行う教師が、現行の学習指導要領に掲げられている目標を達成するような授業を展開できるのであろうか。これについて現行の学習指導要領を参考に考察することにする。

⁷ 以下の操作例のうち、2つ以上の操作ができる場合に該当

- a) ファイル管理ができる
- b) ワードプロセッサで文書処理ができる
- c) 表計算ソフトウェアを使って集計処理ができる
- d) データベースソフトウェアを使ってデータ処理ができる
- e) インターネットにアクセスして必要な情報を検索し、利用することができる
- f) プレゼンテーションソフトとプロジェクタを使って、文字や画像情報等により概要説明ができる
- g) 電子メールの利用において、受信・送信、添付ファイルの送付、添付ファイルの圧縮・解凍等の操作ができる
- h) 学校のホームページの作成・変更等ができる
- i) 教育用ソフトウェアを使用してコンピュータを活用した授業等ができる
- j) 大型教材提示装置（プロジェクタ等）によってコンピュータ画面上のネットワーク提供型コンテンツや電子教材などを提示しながら授業等ができる

⁸ 教材ソフトウェア、インターネット等を使用してコンピュータを活用したり、大型教材提示装置（プロジェクタ）によってコンピュータ画面上のネットワーク提供型コンテンツや電子教材などを提示しながら授業等ができる場合に該当

5. 現行の学習指導要領

ここでは、平成11年に公表された現行の高等学校学習指導要領の中から、特徴的な「数学的活動」と「総合的な学習の時間」の2項目について、これらの項目を高等学校の実際の授業で実施する際に考えられる課題について考察する。

(a) 数学的活動

高等学校学習指導要領（数学）の目標は、「数学における基本的な概念や原理・法則の理解を深め、事象を数学的に考察し処理する能力を高め、数学的活動を通して創造性の基礎を培うとともに、数学的な見方や考え方のよさを認識し、それらを積極的に活用する態度を育てる」であり、これは従前（平成元年版）の目標に「数学的活動を通して創造性の基礎を培う」が付加されただけの変更である（文部省、1999a）。

高等学校学習指導要領解説-数学編 理数編-によると、数学的活動とは、観察、操作、実験・実習などの外的な活動と、直感、類推、帰納、演繹などの内的な活動の相互作用のことであり、テクノロジーの積極的な活用により、生徒の数学に対する興味・関心を喚起し、論理的思考力、想像力及び直観力などの創造性の基礎を培うことを求めている（文部省、1999b）。このことから、現行の学習指導要領では、完全学校週5日制の導入に伴って、学習時間と学習内容といった量的な削減が行われた反面、数学的活動を取り入れることで質的な学習の変換を目指していることが分かる。しかし、図1-1-3に示した教師の数学指導状況の調査結果から、「コンピュータを活用した授業を行っていますか」を肯定的に答えた教師が2.6%、「作業的・体験的な活動を取り入れた授業を行っていますか」に対しては20.4%である現状を考えると、高等学校数学科の目標として新しく掲げた数学的活動を実施することが困難であるように思われる。このため、数学的活動を行うための教材開発と実践評価を目的とした実践研究、および、教師教育を早急に取り組むべき大きな課題であると考えられる。

(b) 総合的な学習の時間

現行の学習指導要領におけるもう一つの大きな改訂点は、「総合的な学習の時間」が新しく創設されたことである。この「総合的な学習の時間」は、地域や学校、生徒の実態に応じて、既存の教科の枠を超えた横断的・総合的な学習や生徒の興味・関心等に基づく学習など創意工夫を生かした教育活動を行なうものとされている（文部省、1999a）。さらに「総合的な学習の時間」の具体的な学習目標及び学習内容や学習活動等については、各学校に委ねられている。つまり、数学と他教科との枠を超えた横断的・総合的な学習により、社会や実現象における数学の有用性を感得させる授業を行なう機会が数学教員に与えられた訳である。しかし、国立教育政策研究所（2003）が

報告した「総合的な学習の時間実践事例集（高等学校編）」によると、移行期間中（平成13年度から14年度）に積極的に推進した7つの高等学校では、数学に関連した内容は殆ど実践されていないことが明らかである。さらに、図1-1-3に示した教師の数学指導状況の調査結果から、「実生活における様々な事象との関連を図った授業を行っていますか」を肯定的に答えた教師が29.7%である現状を考えると、数学授業で学習した内容を「総合的な学習の時間」で取り扱われる可能性は薄いと考える。このため、「総合的な学習の時間」で数学を取り扱うための教材開発と実践評価を目的とした実践研究、および、教師教育を早急に取り組むべき課題であると考えられる。

6. まとめ

ここでは、高等学校における数学教育の現状と課題について、国立教育政策研究所（2004a）が実施した平成14年度高等学校教育課程実施状況調査の調査結果を参考に、①高校生の数学学力、②数学学習における高校生の意識、③教師の数学指導状況、の三つの観点で考察した。

その結果、現在の高校生の数学に関する学力は低下の傾向にあり、学校外での学習時間が少なく、数学に対する好感度が低い傾向にあることが明らかになった。しかし、その反面、高校生は自分のために「勉強をしたい」という学ぶ意欲を持ち、数学の問題を解くときは以前に解いた解法を参考にし、解けない場合はあきらめずに解けない原因をふり返って問題解決していることが分かった。次に、教師の数学指導状況は、理解が不十分な生徒に対する指導は熱心であるが、教師が作業的・体験的な活動を取り入れた授業、コンピュータを活用した授業、さらに実現象と関連づけた授業が行われていないことが分かった。

一方、現行の学習指導要領は、「数学的活動」や「総合的な学習の時間」を取り入れることにより、生徒が自ら学び自ら考える力や創造性の基礎となる力を育成する教育の質的な変換を図っている。つまり、この質的な変換により、生徒の数学学習に対する興味・関心をもたせ、さらには学習への意欲を高める指導を我々数学教師に期待している訳である。しかし、教師の数学指導状況の現状を考えると、「数学的活動」や「総合的な学習の時間」を実施するためには、作業的・体験的な活動を取り入れた授業、コンピュータ等のテクノロジーを活用した授業、さらには実現象と関連づけた授業に関する教材開発と評価を目的とする実践的研究を行なうことが今後の大きな課題であると筆者は考える。

引用文献・参考文献

- 1) 市川伸一 (2002). 学力低下論争. ちくま新書.
- 2) 岩川直樹, 汐見稔幸 (2001). 「学力」を問う -だれにとっての だれが語る「学力」か. 草土文化.
- 3) 国立教育研究所 (1997). 中学校の数学教育・理科教育の国際比較 -第3回国際数学・理科教育調査報告書-. 東洋館出版社.
- 4) 国立教育政策研究所 (2003). 総合的な学習の時間実践事例集 (高等学校編). ぎょうせい.
- 5) 国立教育政策研究所 (2004a). 平成14年度高等学校教育課程実施状況調査. http://www.nier.go.jp/kaihatsu/katei_h14/index.htm.
- 6) 国立教育政策研究所編 (2004b). 生きるための知識と技能2 -OECD生徒の学習到達度調査 (PISA) 2003年調査国際結果報告書-. ぎょうせい.
- 7) 中井浩一 (2001). 論争・学力崩壊. 中公新書ラクレ.
- 8) 岡部恒治, 戸瀬信之, 西村和雄 (1999). 分数ができない大学生. 東洋経済新報社.
- 9) 大野晋, 上野健爾 (2001). 学力があぶない. 岩波新書.
- 10) 文部科学省 (2001). 学校における情報教育の実態等に関する調査結果. http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/13/09/010911.htm.
- 11) 文部科学省 (2003). 学校における情報教育の実態等に関する調査結果. http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/15/07/03070501.htm.
- 12) 文部科学省 (2004). 学校における情報教育の実態等に関する調査結果. http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/16/07/04072101.htm.
- 13) 文部省 (1999a). 高等学校学習指導要領.
- 14) 文部省 (1999b). 高等学校学習指導要領解説 -数学編理数編-. 実教出版.
- 15) 佐藤学 (2000). 「学び」から逃走する子どもたち. 岩波ブックレット No.524.
- 16) 佐藤学 (2001). 「子どもたちは何故「学び」から逃走するか」. 中井浩一著「論争・学力崩壊」. 中公新書ラクレ. pp.173-190.
- 17) 澤田利夫 (2002). 学力は低下しているか -学力調査報告書-. 平成12~13年度科学研究費補助金 (基盤研究 (C)(1): 課題番号 12680190. 代表: 澤田利夫) 研究報告書.
- 18) 戸瀬信之, 西村和雄(1999). 「日本の大学生の数学力 -学力調査-」. 岡部恒治他編著「分数ができない大学生」. 東洋経済新報社. pp.249-264.
- 19) 戸瀬信之, 西村和雄(2001). 大学生の学力を診断する. 岩波新書.
- 20) 和田秀樹, 西村和雄, 戸瀬信之 (1999). 算数軽視が学力を崩壊させる. 講談社.

1. 2 研究の目的と方法

1. 研究の目的

1. 1節では、高等学校における数学教育の現状に対して、作業的・体験的な活動を取り入れた授業、コンピュータ等のテクノロジーを活用した授業、さらには実現象と関連づけた授業を実施する必要がある、このための教材の開発と評価に関する実践的研究を行なうことが今後の大きな課題であると筆者は主張した。

我が国の高等学校学習指導要領に初めてコンピュータ等のテクノロジーが登場したのは、平成元年の改訂であり、第2章第4節第3款の内容の取扱いで「各科目を通して、コンピュータ等の教育機器を活用して指導の効果を高めるようにすること。」と明記された（文部省，1989a）。数学教育におけるコンピュータ活用は、伝統的な練習・演習様式の CAI 教材、シミュレーション、数学教育用ソフト¹など、その活用は学習内容と指導方法によって様々である（清水，1997）。これに対して、平成元年の高等学校学習指導要領解説が意図するコンピュータ活用は、コンピュータを教え込み指導の補助的な活用、または、効率化を図るための CAI 教材的な活用ではなく、生徒が探究的思考や発見的考察行う知的活動の教具として活用することを次のように述べている（文部省，1989b）。

「情報化社会に必要な数学的な資質を養うには、コンピュータを有効に活用することが必要となる。コンピュータを活用した学習は、探究的思考や発見的考察を通して、生徒の数学的な経験を豊かにすることができる。ところで、コンピュータを活用した数学の学習は、情報処理の手ほどきを目的とするのではなく、コンピュータを知的活動の教具として活用することを目指すものである。そのため、コンピュータの活用は、生徒が数学を楽しく学習することができるよう、新たな指導方法や教材の開発につながるものでなくてはならない。」（p.13）

さらに、文部省（1992）が出版した「高等学校 数学 指導資料 指導計画の作成と学習指導の工夫」では、コンピュータを活用することの意義として(1)コンピュータの必

¹ 数学教育用ソフトとは、以下の3つのタイプの数学用ソフトのことである。(1)Reduce, Derive, Mathematica, Mapleなどの数式処理システム。(2)Function Grapher, Grapesなどのグラフィックツール。(3)Geometer's Sketchpad, Cabri Geometry, Geometric Constructorなどの作図ツール。

1. 2 研究の目的と方法

要性と(2)数学の実験的性格の2点を以下のように述べている。

「(1)コンピュータの必要性

コンピュータを教えることがねらいではない

近年におけるコンピュータの発展と普及は、これまでの予想をはるかに上回っている。特に、コンピュータは教育の強力な道具として、もはや無視することができない対象ともなっている。(中略) 目的とするところは、生徒の学習への関心を高め、理解を助け、思考力を鍛え、創造性を発揮させることにある。そのためには、指導形態の工夫改善をも含めて考えていかなければならない。

(2)数学の実験的性格

操作・実験により納得できるように

数学では、伝統的に理論構成の体系化が重視されてきた。その重要性を否定するものではないが、高等学校段階の教育では、おのずから専門の数学とは違った態度が必要な場合がある。指導にあたっては、定理の証明よりも、まず、操作・実験により具体例を通して事実そのものを納得させることが大切である。具体的な数値などに関する実験・実習を通して、初めて定理の意味が理解できる場合も多い。このような目的には、コンピュータは有用な機器である。なお、ここでコンピュータというときは、単にパソコンだけでなく各種の電卓も併せて考えている。

数学の理論の発見や発展はどのようになされたか

数学は論証の学問であると言われる。そのこと自体は正しいのであるが、数学の定理の発見や発展は必ずしも論理のみによるものではない。歴史を調べると、まず具体的な実例による「実験」を通じた深い洞察により、結果の予測が行われ、その後、厳密な証明が与えられるという形で、数学の理論が作られた場合が多い。

(中略) 特に、教育の場においては、具体例に対する実験事実から、次第に一般化して公式や定理に至る経過を実習するという進め方が、真の理解を深めるためには不可欠となってきた。

以前は、数学の研究や教育に当たって、そのような実験自体が極めて限られた場合にしか可能でなかった。しかし、現在では、コンピュータを活用することにより、ある種の実験は容易になり、短時間に多くのデータを集めることが可能に

なった。そのようなデータから法則を帰納していく教育が、コンピュータを活用する数学教育の一つの有力な形態として期待されている。」(pp.91-92)

ここで述べているコンピュータ等の活用の意義では、実験・観察・操作・実習などの外的な数学的活動を通して数学の法則や規則を帰納的に発見し、かつ、それを一般化や論証と言った内的な数学的活動によって公式や定理を作り上げるといった創造性を発揮する新たな学習形態を期待していたと考えられる。つまり、今次の学習指導要領の目標に掲げた「数学的活動を通して創造性の基礎を培う」教育が、従前の学習指導要領で既に求められていたのである。

実際に、数学教育用ソフトの開発・普及、インターネットの発達、さらに、グラフ電卓やデータ収集機などの登場により、テクノロジーを活用した数学的活動の実践・研究が行われるようになった(竹之内, 1985; 岡森, 1987; 寺田他, 1989; 磯田他, 1992; 一松, 1995; 寺田他, 1995; 能田他, 1996; B. ケリー, 1997; 飯島, 1997; 守屋他, 1997; 佐伯他, 1997; 清水他, 1999; 足利, 2000; 村上, 2000)。しかしながら、指導の効果が高まった報告は多くあるが、1. 1節の高等学校における数学教育の現状と課題で述べたように、実際の教育現場ではテクノロジーを活用した数学的活動はあまり行われていないのが現状である。

この原因には、教師教育、テクノロジー導入の財政、現場での教材研究の時間不足などが考えられる。しかし、普及されない原因を研究サイドから考察すると、これまでの研究報告は、テクノロジーを活用することにより、どんな教育が展開できるかについての事例や、トピック的な授業や少人数を対象とした授業での成果報告が多く、以下の項目に関する実践的な研究報告が少ないことが考えられる。

- ・実際の授業での効果的なテクノロジー活用:

カリキュラムに位置づけられた実際の授業において、テクノロジーを活用した主体的な数学的活動がどのように効果的に活用・展開できるかについての実践的な研究

- ・生徒の数学的活動における学習行動に関する報告:

テクノロジーを活用した数学的活動において、個々の生徒がどのようにテクノロジーと関わることにより、従来の紙と鉛筆 (paper and pencil) の学習と違った学習行動が行えるのかについての実証的な研究

つまり、実際の授業において、テクノロジーをどのように活用すれば従来と違った生徒主体による数学的活動が行え、その結果、どのように生徒が創造性を発揮する効果的な授業が展開できるかについての実践的な研究が必要であると考えられる。

筆者は、高等専門学校の数学授業で、生徒の主体的な数学的活動を支援するパート

1. 2 研究の目的と方法

ナーとしてグラフ電卓とデータ収集機等のハンドヘルド・テクノロジーを積極的に活用してきた。このパートナーは、決して自分から生徒に働きかけはしないが、生徒がハンドヘルド・テクノロジーに主体的かつ積極的に働きかけることにより、生徒とハンドヘルド・テクノロジーとの間により良いパートナーシップが生じる。この関係により、規則や性質を発見しようとする数学的活動の萌芽が生徒に起こり、規則や性質の数学化、仮説の検証・修正、数学的考察・処理、数学的結果の検証など、全ての数学的活動がハンドヘルド・テクノロジーとの「対話」によって行われるものと考えた。このように、生徒とハンドヘルド・テクノロジーとの間により良いパートナーシップを築くことにより、生徒自らの力で既習事項を関連づけながら数学を発展的に創り出す創造的な授業が展開できると考えた。

上記の考えを実際の授業で明らかにするため、本研究では以下の2点を研究の目的とした。

- (1) ハンドヘルド・テクノロジーを活用した数学的活動において、生徒が発見した多様な規則や考え方を授業に積極的に活用し、既習の数学的知識・技能・考え方と関連づけることによって、授業がより発展的に展開できることを実証的に明らかにする。
- (2) 個々の生徒がどのようにハンドヘルド・テクノロジーと対話をしながら数学的活動を行っているのかについて、生徒が記述したレポートを基に明らかにする。

2. 研究の方法

本研究の目的を達成するために以下の方法で行った。

(1) 授業に基づいた実践的な研究

本研究では、以下の二つのタイプにおける数学的活動の教材を開発し、実際の授業での生徒の活動・反応や生徒が記述したレポート内容を分析することで教材の有効性を明らかにする。

◆タイプ1：通常の数学授業を補完する数学的活動

金沢工業高等専門学校²の2年生²と3年生³を対象に、通常の数学授業を補完する数

² 「微分積分学Ⅰ」の授業を週3時間(45分)行っている。内容は、一学期に数列、二学期に極限、微分係数、導関数(基本的な関数[整関数・有理関数、]、積・商の導関数、合成関数の導関数)、三学期に指数関数・対数関数・三角関数・逆三角関数の導関数、微分の応用(増減表、関数の最大・最小、接線と法線、速度と加速度)を学習する。

³ 一・二学期に「数学Ⅲ」の授業を週6時間、三学期に「応用数学Ⅰ」の授業を週6時間行っている。内容は、一学期に行列式、不定積分、二学期に定積分、面積・体積高次導関数、変曲点、三学期に媒介変数や極方程式を使った面積・体積、第二次導関数と曲線の凹凸、媒介変数・極座標と曲線、平均値の定理と応用、テイラーの定理を学習する。

学的活動の授業を行った。実施した教材の内容は、「極限」、「極方程式のグラフ」、「3次関数のグラフの種類」である。「極限」の実践は単元の導入時に行った数学的活動で、「極方程式のグラフ」は単元の授業中に学習している内容をより深く理解するための数学的活動である。さらに、「3次関数のグラフの種類」は、単元のまとめや発展的な学習としての数学的活動である⁴。

◆タイプ2：数学と他教科を関連づけた総合的な学習の時間での数学的活動

金沢工業高等専門学校の「数物ハンズオン」⁵として1年生と2年生を対象に数学と物理とを関連づけた総合的な学習の時間（以下、総合学習と呼ぶ）のカリキュラムを構築し実践した。この授業における数学的活動では、物理現象のデータをハンドヘルド・テクノロジーで収集し、それを数学的に解析し、最終的には、解析した数学的モデルの物理的意味の解釈、さらに数学的モデルの検証・評価を行うことを目的としている。

(2) 本研究で活用するテクノロジー

本研究で活用するハンドヘルド・テクノロジーは、タイプ1の通常の授業ではグラフ電卓を活用し、タイプ2の総合的な学習の時間では、グラフ電卓とデータ収集機（CBL [Calculator-Based Laboratory]、各種センサー）⁶を活用した。このように本研究ではテクノロジーを限定したが、本研究で得られる知見は、他のテクノロジー活用にも示唆を与えると考える。

以下に、グラフ電卓とハンドヘルド・テクノロジーを採用した理由を示す。

(a) タイプ1におけるグラフ電卓

本研究のタイプ1の数学的活動では、主にグラフ電卓のグラフを表示する GRAPH 表示機能（図 1-2-1）と数表を表示する TABLE 機能（図 1-2-2）を活用した⁷。この他にも、グラフ電卓には多くの機能を有するが、本研究では、この二つの機能だけでも十分に有効な数学的活動が行えることを示す。また、本研究における数学的活動を支

⁴ 金沢工業高等専門学校では、幾何関係の授業を行っていないので、幾何学習における数学的活動は本研究の対象外とする。

⁵ 金沢工業高等専門学校では、平成8年4月より、ものづくりと工学的実験を5年間通じて行う授業「創造設計」を開設した。この授業は、下級生では工学への動機づけと基礎理論の定着、上級生では創造性・独創性をもった技術者の育成を目的としている。下級生で実施している「創造設計Ⅰ・Ⅱ」では、「数学・物理系」「電気工学系」「機械工学系」の三つの系統がローテーションで行われ、授業は必修である。筆者らは「数学・物理系」を担当しており、通称「数物ハンズオン」と呼んでいる。「数物ハンズオン」は、年間3～4のテーマ（1テーマは3週間 [45分×6時間]）で3人の教師がティーム・ティーチングで実施している。この授業の基本方針は、平成8年に中央教育審議会（1996）が「第1次答申」で提案した「生きる力」を育てるための横断的・総合的な学習と基本的に同じ考えである。詳しくは第4章を参照。

⁶ これ以降、グラフ電卓とデータ収集機及び各種センサーのことを「ハンドヘルド・テクノロジー」と呼ぶ。

⁷ 実際の授業では、TRACE機能やZOOM機能などの機能を活用した生徒もいた。

1. 2 研究の目的と方法

援する教具としてコンピュータ上で動作するグラフィング・ツール（Mathematica, Maple, Grapes など）の活用も考えられるが，①操作性が簡単である，②通常の教室で使える，③授業以外の宿題においても使える，④安価なので一人一台の使用が可能である，といった理由からグラフ電卓を本研究の教具として採用した。

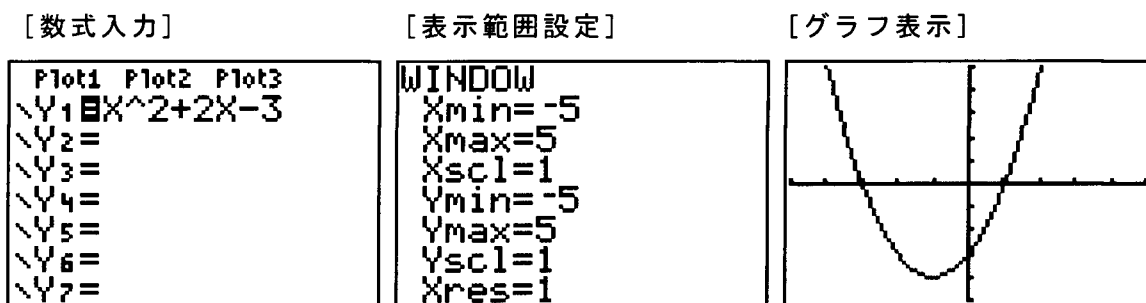


図 1-2-1. グラフ電卓のグラフ表示機能

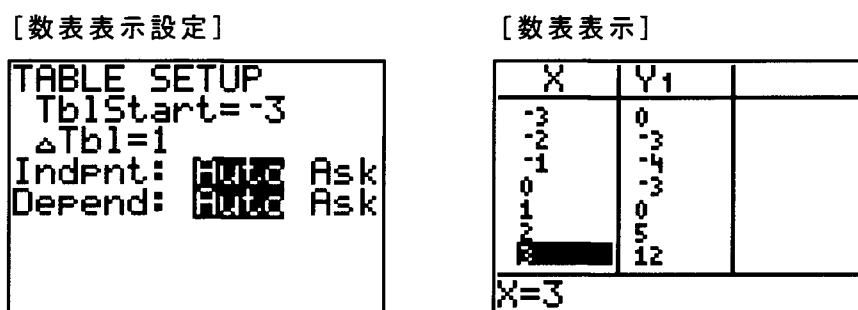


図 1-2-2. グラフ電卓の数表機能

(b) タイプ 2 におけるグラフ電卓とデータ収集機

図 1-2-3 に「数物ハンズオン」で使用した実験装置の一例を示す。データ収集機(CBL), グラフ電卓と各種センサー（距離，音，温度，電流・電圧など）は，手のひらサイズで持ち運びが容易であり，しかも，操作が簡単である。さらに，安価であるため，少人数のグループで 1 台ずつの実験環境を整えることができ，生徒主体による実験が可能である。図 1-2-3 に示すように，データ収集機とセンサーで得られた実験データは，グラフ電卓のリストに格納され時系列のグラフとして表示されるため，生徒は得られた実験データを加工して数学的に解析し，最終的には，解析した数学的モデルの物理的意味の解釈を行うことができる。これらのハンドヘルド・テクノロジーを活用することにより，実験データの収集から解析・考察までの一連の数学的活動が容易に行うことが可能となった。（佐伯他，1997；佐伯・氏家，1999；佐伯，2000；梅野，2002）。

筆者は、これらのハンドヘルド・テクノロジーが、①「数物ハンズオン」の目的を補助する道具として適している、② 実験操作が容易であることから実験の経験が少ない生徒にとって適している、といった理由で「数物ハンズオン」の実験装置として採用した。

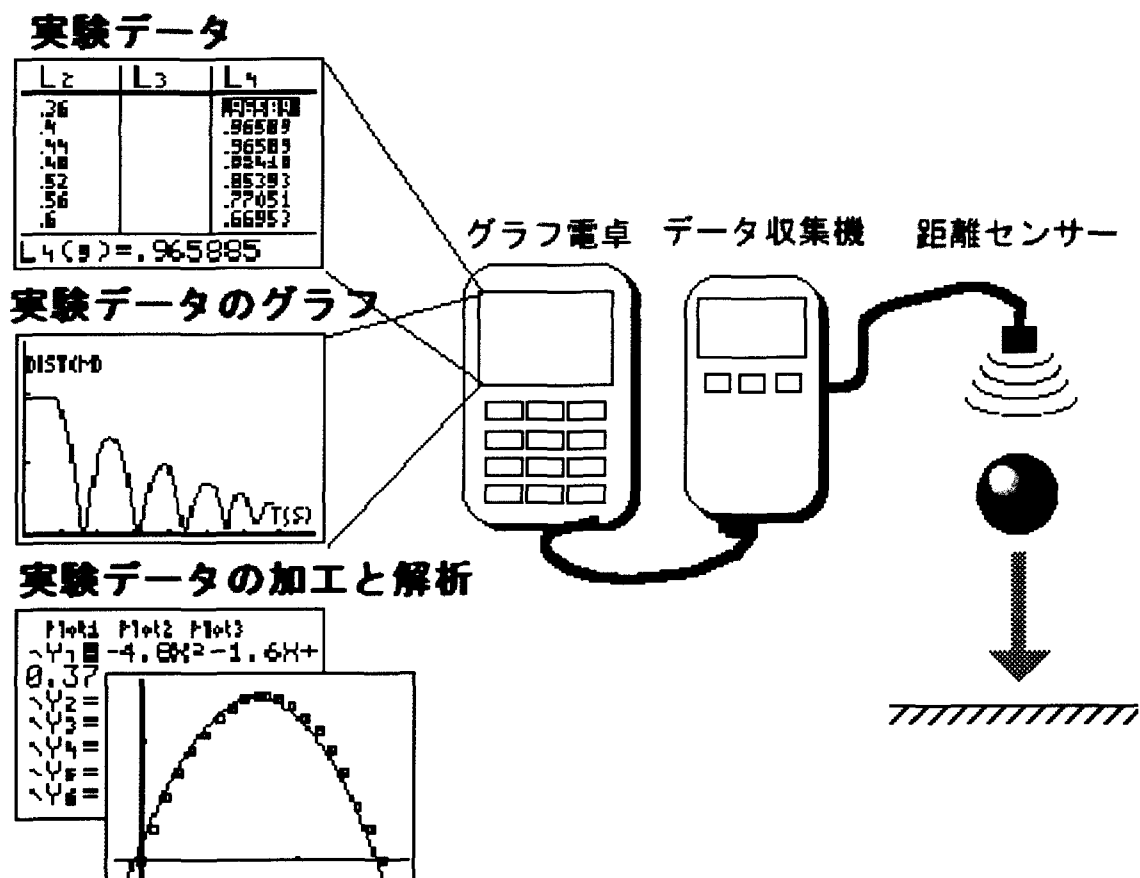


図 1-2-3. 実験装置例（ボールの実験）

(3) 本研究における評価方法

本研究での評価方法は、生徒がどのようにテクノロジーと対話をしながら主体的な数学的活動を行い数学的な規則や特徴を発見したのか、さらに、その結果をどのように考察したのかについて、生徒のレポート内容を分析することで数学的活動の有効性を明らかにする。

評価方法としては、①実験群と統制群による統計的比較、②授業前と授業後のアンケートによる生徒の態度の変容分析、③授業中における発話プロトコールの分析、④授業後のインタビューによる調査、などが考えられる。しかし、本研究では、生徒が発見した多様な規則や考え方を授業に積極的に活用することを目的とするため、①生

1. 2 研究の目的と方法

徒個々の反応を授業に反映させる必要性, ②生徒の反応を次の授業⁸で活用するために短時間で生徒の反応を評価する必要性, といったことから生徒のレポート内容を分析する手法を採用した⁹.

3. 研究の成果

本研究で行ったタイプ1の実践結果から, 通常の数学授業におけるグラフ電卓は生徒の主体的な数学的活動を支援する良いパートナーとして有効であることが明らかになった. 詳しくは第3章で紹介する. さらに, タイプ2の実践結果から, 数学と物理とを関連づけた総合学習「数物ハンズオン」においても同様に, ハンドヘルド・テクノロジーは生徒の主体的な数学的活動を支援する良いパートナーとして有効であることが明らかになった. 詳しくは第4章で紹介する.

以上のことから, テクノロジーを活用した数学的活動は, 生徒とテクノロジーとの間により良いパートナーシップを築くことにより, 生徒自らの力で既習事項を関連づけながら数学を発展的に創り出す創造的な授業が展開できたと結論づけた.

⁸ 少なくとも1週間以内に生徒の反応を分析し, 授業に活用することが大切であると考え.

⁹ 他の評価方法を否定しているのではなく, 幾つかの評価方法を組み合わせることにより, より多角的で有効な評価が行えると考え.

引用文献・参考文献

- 1) 足利裕人 (2000). グラフ電卓で楽しむプログラミングワールド. 大河出版.
- 2) B. ケリー (1997). グラフ電卓で探る数学の世界. 清水克彦監訳. 現代数学社.
- 3) 飯島康之編著 (1997). GCを活用した図形の指導. 明治図書.
- 4) 磯田正美, 大久保和義, 飯島康之 (1992). メディアを活用する数学科課題学習 - 場面からの問題作成による授業改善-. 明治図書.
- 5) 一松信 (1995). グラフ電卓を数学に -活用の意義と教材集-. 教育社.
- 6) 岡森博和編著 (1987). 数学教育とパソコン. 第一法規.
- 7) 文部省 (1989a). 高等学校学習指導要領.
- 8) 文部省 (1989b). 高等学校学習指導要領解説 -数学編理数編-. ぎょうせい.
- 9) 文部省 (1992). 高等学校 数学 指導資料 指導計画の作成と学習指導の工夫. 学校図書.
- 10) 守屋悦郎, 吉村啓編著 (1997) 数学教育とコンピュータ. 学文堂.
- 11) 村上温夫 (2000). IT でめざせ, 教育革命 -発見・探究の喜びをインフォメーションテクノロジーで!. 新曜社.
- 12) 能田伸彦, 中山和彦編著 (1996). 自ら学ぶ図形の世界 -先生・生徒・コンピュータが作る新しい授業-. 筑波出版会.
- 13) 佐伯昭彦, 磯田正美, 清水克彦編著 (1997). テクノロジーを活用した新しい数学教育 -実験・観察アプローチを取り入れた数学授業の改善-. 明治図書.
- 14) 佐伯昭彦, 氏家亮子(1999). 「数学と他教科とを関連づけたクロスカリキュラムの試み」. 日本数学教育学会編「算数・数学カリキュラムの改革へ」. 産業図書. pp.295-313.
- 15) 佐伯昭彦 (2000). 数学と物理とを関連づけた総合カリキュラムに関する実証的研究 -身近な自然現象を取り入れた実験・観察型授業-. 平成 10-11 年度文部省科学研究費補助金 (基盤研究 (C): 課題番号 10680298, 代表: 佐伯昭彦) 研究成果報告書.
- 16) 清水克彦 (1997). 「数学教育におけるテクノロジー活用の歴史的変遷」. 佐伯昭彦他編著「テクノロジーを活用した新しい数学教育 -実験・観察アプローチを取り入れた数学授業の改善-」. 明治図書. pp.5-21.
- 17) 清水克彦, 垣花京子編著 (1999). コンピュータで支援する生徒の活動 -数学科・図形分野での新しい展開-. 明治図書.
- 18) 竹之内脩 (1985). コンピュータと数学教育. 日本評論社.

1. 2 研究の目的と方法

- 19) 寺田文行, 吉村啓編 (1995). 数学教育とコンピュータ. 日本評論社.
- 20) 寺田文行, 卷久, 吉村啓編著 (1995). グラフ電卓で数学する. 共立出版.
- 21) 中央教育審議会 (1996). 21世紀を展望した我が国の教育の在り方について (第1次答申). http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/12/chuuou/toushin/960701.htm.
- 22) 梅野善雄 (2002). 「数式処理電卓の応数・応物での利用例案と予想される教育効果」. 工学教育. 50. 1. pp.22-27.

1. 3 本論文の構成

本論文は、以下の5つの章から構成されている。

第1章では、我が国の高等学校の数学教育における現状と課題について、①高校生の数学学力、②数学学習における高校生の意識、③教師の数学指導状況、の三つの観点から分析・考察した。さらに、これらの考察に基づいて、本研究の目的と方法について述べた。

第2章では、テクノロジーを活用した数学的活動の特徴と課題について、先行研究をもとに分析・考察した。はじめに、数学的活動におけるテクノロジー活用の意義について、①数学的活動の捉え方、②数学活動を支援するテクノロジー活用方法の分類と我が国における実践的研究の活用事例、について明らかにした。次に、タイプ1の数学授業で活用するグラフ電卓の研究成果と課題について、①グラフ電卓の活用研究の変遷、②グラフ電卓活用の利点、③グラフ電卓の誤表示による誤認識の弊害と教育的利用、の三つの観点を明らかにした。さらに、タイプ2の総合学習で実践する数学的モデリングにおけるテクノロジー活用の研究成果と課題について、①数学的モデリングの捉え方、②数学的モデリングにおけるテクノロジー活用の意義と課題、③数学的モデリング研究におけるハンドヘルド・テクノロジーの活用方法、④我が国のハンドヘルド・テクノロジーを活用した数学的モデリングの実践研究、について明らかにした。

第3章では、タイプ1の数学的活動での授業内容とその成果について記述した。実際に実践した数学的活動は、①単元の導入時に行った数学的活動[極限の実践]、②単元の授業中に学習している内容をより深く理解するための数学的活動[極座標の実践]、③単元のまとめや発展的な学習としての数学的活動[3次関数の実践]、の3つの種類である。これらの実践について、グラフ電卓を活用した教材を開発し、実際に授業を行い、生徒のレポートを基に生徒の数学的活動を分析した結果、以下のことが明らかになった。

- (1) 授業の導入時での極限に関する数学的活動では、生徒が掴んだインフォーマルな概念・考え方を授業に活用し、数学的な定義と記号に置き換えながら授業を行うことができた。グラフ電卓活用による生徒のインフォーマルな理解とフォーマル

な数学の理解との数学的つながり (connections) は、NCTM (1989) のスタンダードで強調されているが、我が国で実証的に明らかにした実践は本研究が初めてである。

- (2) グラフ電卓を活用した主体的な数学的活動では、生徒は多様な規則を発見し、既習の知識・技能を総合的に活用しながら問題解決を行うことができた。さらに、発見した規則が成り立つ理由を生徒自らが数学的に考察するオープンエンドアプローチ的な授業を展開することができた。グラフ電卓を活用したオープンエンドアプローチ的な数学的活動の研究報告は、我が国では西村 (1996) の実践研究が特徴的である。西村の実践では、オープンエンドな課題から得られた多様な関数関係を解決する道具としてグラフ電卓が活用されたのに対して、本研究では、多様な規則を発見する段階から問題を解決する段階までの全ての段階において、グラフ電卓を活用したオープンエンドアプローチ的な数学的活動が展開できたと言える。
- (3) 発見した規則が成り立つ理由を生徒自らが考察し記述することにより、既習の知識・技能を総合的・発展的に活用する機会を生徒に与えることができた。
- (4) グラフ電卓の誤表示の原因を生徒自らが追究することで、生徒は誤表示によるグラフの誤認識を自らの力で回避することができた。これに関する実証的な研究は我が国におけるテクノロジー活用の研究では例がない。
- (5) 生徒の主体的な数学的活動では、生徒は数学的活動のパートナーであるグラフ電卓との対話を行うことで、外的な数学的活動と内的な数学的活動を相互に作用させながら、生徒が発見した数学的内容を創り上げる創造的な活動を行うことができた。生徒とグラフ電卓との対話の重要性を実証的に示した研究報告は、我が国では片岡 (1996) 以外には見られない。片岡の実践研究では、生徒が作成したグラフとグラフ電卓が表示したグラフが異なった場合、生徒に認知的葛藤が生じ、その結果、手計算とグラフ電卓との往復を繰り返すことで、生徒が問題解決の新しい視点を発見したことを報告している。これに対して、本研究では、多様な規則を発見する段階から問題を解決する段階までの全ての数学的活動において、生徒はグラフ電卓を数学的活動のパートナーとして、対話を繰り返しながら、自らの力で数学を高めていく創造的な数学的活動を行ったことが明らかになった。

第4章では、数学と物理とを関連づけた総合学習「数物ハンズオン」の概要と実践の成果について述べた。「数物ハンズオン」は、平成8年度に全国に先駆けて実施した

総合学習である¹。さらに、「数物ハンズオン」で取り扱っているテーマ群は、ハンドヘルド・テクノロジーを活用した数学的モデリング過程の能力の育成を考慮して構成されており、カリキュラムに位置づけられた数学的モデリングの授業は、我が国で初めての実践である。その結果、以下のことが明らかになった。

- (1) 2年間の「数物ハンズオン」を受講した生徒を対象に調査したアンケート結果から、実験結果を数式(数学的モデル)で表すことの有用性に関する生徒の意識は、3テーマ終了時に対して7テーマ終了時の方が向上していたことが分かった。特に、「数式から未来が予測できる」と「数式の物理的意味が分かる」といった内容を記述した生徒が増えていたことが分かった。これまでの実践研究では、1つの実践を行ったあとに調査した生徒の意識・態度から結論づけているのに対して、長期間の実践における生徒の数学に対する有用性の意識を調査した研究は、我が国では初めてである。
- (2) グラフ電卓の回帰モデル機能で算出した複数の数学的モデルの妥当性と、最適な数学的モデルを選択する数学的活動では、生徒たちは自らの考えで①妥当性の検討基準の設定、②現実場面との対比による検討、③二つの数学的モデルの併用、など多様な検討を行っていた。この数学的活動では、グラフ電卓をブラックボックスとして扱うのではなく、グラフ電卓に表示された数学的モデルを生徒自身の自由な発想で検討する道具として取り扱った。そのため、生徒達は自由な発想でグラフ電卓と対話をしながら、数学的モデルの妥当性の検討とより良いモデル化の検討を行っていたことが分かった。この結果、本教材での手法は、ハンドヘルド・テクノロジーの活用によるボタンプレッシングの危険性を解消する一つの教育的方法を示唆するものと考えられる。
- (3) 「お湯の冷め方」実験では、グラフ電卓の回帰モデル機能で得られた数学的モデルを現実場面と関連づけながら評価・解釈し、最終的には生徒自らの考えで数学的モデルを修正することができた。グラフ電卓の回帰モデル機能には制限²があるため、現実現象に適した数学的モデルが得られるとは限らない。しかし、生徒たちはグラフ電卓が算出した数学的モデルを鵜呑みにしないで、現実にお湯が冷める現象とグラフ電卓の結果を関連づけながら数学的モデルを修正した。グラフ電卓の回帰モデル機能が算出した数学的モデルを修正した事例は、Zbiek (1998) が

¹ 平成8年に中央教育審議会(1996)は、「第1次答申」で「生きる力」を育てるための横断的・総合的な学習を提案している。

² 例えば、グラフ電卓の指数回帰機能では、 $y = a \times b^x$ の数学的モデルを算出することができるが、室温C度まで冷めるお湯の変化を表す数学的モデル $y = a \times b^x + c$ はこの機能では求めることはできない。

1. 3 本論文の構成

教員志望の大学生を対象にした実践研究以外には報告されていない。しかし、本研究の成果により、高校生でもグラフ電卓が算出した数学的モデルと現実場面と関係づけながら数学的モデルの修正ができることが明らかになった。

第5章では、本研究における結論をまとめ、さらに、今後の課題について述べた。

引用文献・参考文献

- 1) 片岡啓 (1996). 「高校「微分法」におけるグラフ電卓の活用」. 日本数学教育学会誌. 数学教育. 第78巻. 第7号. pp.14-19.
- 2) NCTM (1989). Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics. NCTM.
- 3) 西村圭一 (1996). 「探究活動中心の授業に関する一考察 -テクノロジーを利用して-」. 日本数学教育学会誌. 数学教育. 第78巻. 第9号. pp.21-26.
- 4) 中央教育審議会 (1996). 21世紀を展望した我が国の教育の在り方について (第1次答申). http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/12/chuuou/toushin/960701.htm.
- 5) Zbiek, R. M. (1998). "Prospective Teachers' Use of Computing Tools to Develop and Validate Functions as Mathematical Models". Journal for Research in Mathematics Education. Vol.29. No.2. pp.184-201.