

平成 21 年 4 月 21 日現在

研究種目：基盤研究(C)  
 研究期間：2005～2008  
 課題番号：17500675  
 研究課題名(和文) 数学教育を通じた認知能力向上の促進のための教育プログラムの開発に関する実証的研究

研究代表者  
 阿蘇 和寿  
 石川工業高等専門学校・一般教育科・教授  
 研究者番号 80110154

研究成果の概要： 本研究は、探究活動を授業に取り入れることにより、学生たちの認知能力の向上が促進される可能性を探る、というものであった。そのために高専1年生基礎数学のための教材集『数ナビで数学を探しにいこう』を作成し、その具体的な活用について T<sup>3</sup>Japan 年会において定期的に発表を行ってきた。また、研究成果のまとめとしてテクノロジーの活用に関するシンポジウム(2009年3月)を開き、今後の研究継続に関する提案を行った。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
平成 17 年度	1,000,000	0	1,000,000
平成 18 年度	800,000	0	800,000
平成 19 年度	500,000	150,000	650,000
平成 20 年度	600,000	180,000	780,000
年度			
総計	2,900,000	330,000	3,230,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学，教育工学

キーワード：数学教育，CASE，探究活動，テクノロジー

## 1. 研究開始当初の背景

ロンドン大学のフィリップ・アディ氏らによって 1982 年から開発されている教育プログラム「科学教育を通じた認知能力向上の促進(CASE (Cognitive Acceleration through Science Education))」は 11 歳から 14 歳の生徒を対象として、2 年間にわたって合計 30 回(1回は 70 分)の学習プログラムを実施することによって、生徒の認知能力の向上を促進しようというものである。日本では、本研究が始まる前年の 2004 年 2 月、国立教育政策研究所の小倉康氏の主催する「科学的探究能力育成のカリキュラムに関する講演会・フォーラム」において、アディ氏自身によって紹介されている。

## 2. 研究の目的

本研究では、この手法を高専の低学年(15歳～17歳)に取り入れるためのプログラムの開発、および、その結果として、学生の認知能力が向上するかどうかを、学習の意欲の伸長や抽象的思考力の発達状況によって検証しようとした。

## 3. 研究の方法

研究の方法は次の3段階とした。

- (1) 学習プログラムの開発
- (2) 学習プログラムの実施
- (3) 効果の検証

#### 4. 研究成果

本研究は、学生たちが自ら探求すべき課題を設定し、それを授業の取り入れることにより、学生たちの認知能力の向上が促進される可能性を探る、というものであった。

この研究期間中には、教育プログラムの作成とその実践は行ったが、認知能力の向上についての調査には至らなかった。その理由として、通常の教科書を使いながらの教育プログラムの実施は、進度調整が難しく、学生の学力の定着という面から見て、必ずしも効果的ではないのではないかと懸念されたこと、教育プログラムを授業に取り入れる以上、学生たちの活動の評価を行う必要があり、このためグループによる評価、学生自身による取り組みの評価などを試みたが、最終的に評価方法を確立することができなかったことが挙げられる。

研究期間の最終段階において「数学教育へのテクノロジーの活用に関するシンポジウム報告」(2009年3月、東京都品川区)において、これらの問題を解消するための提案を行い、そのためのテキスト「高専第2学年解析学Ⅰテキスト『微分と積分』」を紹介した。内容は次の通りである。

- 教育プログラムと授業進度が整合性を持つようなテキストを作成する。
- 教育プログラムは、年間数回のトピックスではなしに授業ごとに行うシステムとする。
- 学生の活動の評価は原則として、レポートの評価ではなく、定期試験などによって行う。
- このプログラムの実施による当該クラス全体の認知能力の向上の検証は難しいので、そのプログラムの実施過程で学生たちが何をどう考えたのか、という調査をもってこの教育プログラムの評価とする。

以上に述べたことは、現時点においてはまだ試案に過ぎず、本研究期間の最終段階において研究の方向が定まり、その成果が検証できるまでには少なくとも向後2カ年を要すると思われる。

以下に、具体的な成果について述べる。

##### (1) 数学教育へのテクノロジーの活用に関するシンポジウムの開催

平成21年3月14日(金)(東京都品川区)にて表題のシンポジウムを行った。これは、上述したいくつかの問題点「探究活動を授業カリキュラムと整合させ、授業の中でテクノロジーを自然に活用するにはどうしたらよいか」、「生徒の探究活動の成果をレポートとして提出させた場

合、これを処理する労力が、教師にとって過度の負担とならないか」、「探究活動で学んだことが学力として定着するか見えにくいのではないか」、「学生の探究活動をどのように評価するべきか」という問題点の解消に焦点を当てて開催したものである。シンポジウムではまず、本研究代表者の阿蘇がパネラーとして、JABEEに対応するための学力評価のあり方を主たるテーマとして、1つの提案を行った。それについてアドバイザーの公庄庸三氏(海陽中高等学校)から、パネラーが提案した学力の評価について「教師は、現在教えていることが10年後にどのように生かされるかを考えるべきであって、目先の成績によって評価しても何にもならない」という主旨のコメントがあった。同時に、公庄氏自身が行ってきたいくつかの評価方法を紹介しながら「レポートの処理などの労力は工夫次第で軽減できる」、「教師は、目先の効果にとらわれず学生の自発的な活動を引き出すことが大切である」と述べた。続いて参加者による討議が行われた。この討議の最後に、現在の高専の学力評価方法を支配しているJABEEについて「誰が入ってきてもこれだけのこどもになるというJABEEの理念が正しいかどうか、ということも誰も議論しない。議論しないうちにJABEEを受審するということが既定路線となってしまっている。JABEEの背後にある学習感を問題にしなければならぬのではないか」という意見があり、今後検討課題を残すことになった。

##### (2) 高専第2学年解析学Ⅰテキスト『微分と積分』の作成(2009.3)

上記のシンポジウムにおける提案を簡単に述べれば、授業の中で自然にテクノロジーが使えるように、本研究のテーマである教育プログラムを組み込んだテキストを作ろうというものである。そのために、高専第2学年で学ぶ解析学Ⅰを対象としたテキスト『微分と積分』(前期分)を作成した。これは、微分積分を学ぶために必要な計算力の強化と、基本的な問題の解決力の育成に十分配慮しつつ、授業の1/3程度の時間を、学生の自主性を引き出すための活動に当てようという考えに基づいたものである。(以下、実際に授業を行った上での意見を記す)

微分積分の授業では、様々な関数を微分、積分するための計算力を身につける訓練の比重が異常に大きい。計算は手段に過ぎないにもかかわらず、計算力を身につけるだけで精一杯の学生が多数を占

める。特に高専においては、あるレベルの計算力は専門科目の修得に必須である。必要な計算力とは何か、求められる計算力をどう強化するか、ということの解決は、授業の改善にとって不可欠なものである。

- (3) 高専第1学年基礎数学教材集『数ナビで数学を探しにいこう』の作成 (2006.3)

高専の第1学年の学生を対象に、基礎数学を学びながらさまざまな探究活動を行うことができることを目指し、数式処理電卓 TI-89 の使用法とともに、課題集として使えるようにしたものである。しかし、実際のところ、この教材をそのままでは授業で使うことは難しかった。そして、このことが、本研究の成果が十分なものにならなかった原因となった。通常の教科書を教えながらの課題学習は、授業時間の不足や、2種類のテキストを使うことによる学力の定着不足が懸念されたために、中途半端な活用に留まらざるを得なかった。これを活用するとすれば、これ以外の授業の部分もしっかりとした計画に基づいて構成されなければならず、この反省が前項に述べたテキスト『微分と積分』の作成に繋がったといえる。

- (4) 石川高専における関数グラフアートへの取り組み (2005年度～2008年度)

学生が数学を学ぶときの大きな障害のひとつが関数のグラフである、ということは確かであるように思われる。関数のグラフは問題解決のための有効な道具であるにもかかわらず、それができないために数学が不得意になっている、というような逆転現象がみられる。関数は変数の値の変化を可視化したものであるから、本来は障害となるべきものであるとは考えにくい。この原因は、(たとえば2次関数の標準形が作れないために)関数のグラフは難しいものという先入観による可能性もある。その先入観を払拭し、関数のグラフが自然と思いつくようになるためには、楽しみながら関数を描いてみる「関数グラフアートコンテスト」への参加は、非常に有効であると思われる。その詳細については、5に記載の「関数グラフアートへの取組」(T3 Japan 第11回年会, 2008.8.9, 東京女学館)を参照されたい。

なお、2008年度の全国関数グラフアートコンテストにおいて、石川高専から「マトリョウシカ人形」(優秀賞, 1年高

橋泰子)、「牛」(特別賞, 1年 萩澤さくら)が入賞を果たし、2009年3月13日に東京品川で行われた関数グラフアートカンファレンス(福井高専主催)で発表を行った。これらの作品は、校内で作成された102作品のうちから、生徒の投票によって全国大会への応募に決定した8作品のうちの2作品である。

- (5) 教材『関数グラフアートに向けて---円からの出発』の作成

関数グラフアートのために作成された教材である。この教材の目的は、「関数のグラフを作っている仕組みを考え、グラフを想像する力を養う」、「特に定着が難しい三角関数の周期や振幅を身につけさせる」、「馴染みの薄い媒介変数に慣れ、その便利さを知る」ことである。関数で絵を描く、という作業を通して、それらのことを自主的に学ぶようにするものとして関数グラフアートコンテストを捉え、その実現のためのテキストを作成した。このテキストの最後のテーマは「円からの出発」であり、円を思い通りに変形することによって、三角関数の意味や、グラフの変形の仕組みなどを修得させていくものである。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 1 件)

- (1) 阿蘇和寿, 富山正人, 森田健二ほか6名『TAMS Project 1 「関数とグラフの授業改革 - 2004年度の活動報告と今後の発展について - (日本数学教育学会高専・大学部会論文誌, Vol.12, No.1, pp.35 - 52, August, 2005)』

〔学会発表〕(計 3 件)

- (1) 阿蘇和寿「数式処理電卓TI-89 を使おう! 「微分積分」」, T3 Japan 第9回年会, 2005.8.17, 清風中学校・高等学校  
(2) 阿蘇和寿「数式処理電卓TI-89 を使おう! 「媒介変数と極座標」」, T3 Japan 第9回年会, 2005.8.18, 清風中学校・高等学校  
(3) 阿蘇和寿「関数グラフアートへの取組」, T3 Japan 第11回年会, 2008.8.9, 東京女学館

〔図書〕(計 1 件)

- 澤田 功『水平線までの距離は何キロか?』, 祥伝社, 2007年, 163頁, ISBN978-4-396-61296-2

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

阿蘇 和寿  
石川工業高等専門学校・一般教育科・教授  
80110154

### (2) 研究分担者

河合 秀泰  
石川工業高等専門学校・一般教育科・教授  
90186049

富山 正人  
石川工業高等専門学校・一般教育科・准教授  
70311016

森田 健二  
石川工業高等専門学校・一般教育科・准教授  
60312196

澤田 功  
高松工業高等専門学校・一般教育科・准教授  
90332014

笠松 健一  
近畿大学・理工学部理学科・講師  
92713857

### (3) 連携研究者