

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 27 日現在

機関番号：53301

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2009～2013

課題番号：21500851

研究課題名(和文) 選択式問題による高専生の数学の学力保証とその教授方略に関する研究

研究課題名(英文) Assessment of mathematical academic ability of students in technical college by multiple-choice problems

研究代表者

阿蘇 和寿 (ASO, Kazutoshi)

石川工業高等専門学校・その他部局等・教授

研究者番号：80110154

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円、(間接経費) 1,020,000円

研究成果の概要(和文)：この研究は、数学教育における選択式問題の有効性について検証することである。このために、まず、340題の選択式問題とその詳解を作成した。研究期間5年間に、いくつかのクラスで、これらの問題を用いた試験を数多く重ねてきた。この結果、次の2つのことがわかった。第一に、多くの学生にとっては、選択式問題は単なる計算問題よりもずっと難しいということである。これは、選択式問題を解くためには理解力と判断力を要求されるからであろう。第二に、類似した選択式問題による試験を繰り返すことにより、数学の基本的な事項が身につく。これは、たくさんの数学の文章を読む機会が増えるからであろう。

研究成果の概要(英文)：The aim of this research study was to verify the effectiveness of multiple-choice problems in mathematics education. For this purpose, first, we created 340 multiple-choice problems and gave full commentary for each problem. During the five-year study period, we have conducted many examinations using these problems in various mathematics classes at technical college A. As a result, the following two things have become clear. First, for many students, multiple-choice problems are more difficult than normal computational problems. The reason is perhaps that to solve multiple-choice problems both understanding and judgment are required. Second, by taking many examinations with similar multiple-choice problems, students gain basic mathematical knowledge, because, when taking an examination, students read many mathematical texts.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：自然科学教育

キーワード：選択式問題

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 研究開始当初は JABEE（日本技術者教育認定機構による評価）や認証評価（文部科学大臣から認証を受けた評価機関による評価）などによって、高専や大学の卒業生が、準学士・学士に相当する学力を備えているかどうか問われるようになった時期である。また、平成 18 年度からは独立行政法人国立高等専門学校機構による、すべての国立高等専門学校（以下、高専という）第 3 学年の学生全員を対象とした「学習到達度試験（数学）」が開始され、平成 19 年度からは物理も実施されるなど、学力の評価が、学内の教員だけではなく、外部の団体によって行われるようになった。今後はさらにその傾向を強めていくことは、想像に難くないことから、高専・大学は自ら卒業生の学力を保証する体制の構築が急務であった。

(2) 学力の保証は多くの学生を対象とし、その採点は短期間で正確かつ公平に行われなければならないので、選択式の問題はその有力な方法となる。実際、JABEE 認定を受けた大学の卒業生が免除となる技術士補の試験や、高専機構が行う学習到達度試験、さらには各種の検定試験の多くも選択式の問題によって行われている。しかし、選択式問題によって学力の保証をすることが妥当なのか、目指す学力の保証のためにどのような問題が適するのか、といった研究が立ち後れていた。

(3) 当然のことながら、要求されたレベルの試験問題に、ほとんどすべての学生が一定の得点を挙げなければならない、それを可能にする教授方略を確立することが必要であった。

## 2. 研究の目的

(1) 高専卒業生に求められる数学の必要最低限の学力を修得したことを検定するための、選択式問題による試験問題（以下、学士力検定問題（数学）という）を作成する。

(2) 上記の学士力検定問題（数学）において、ほとんどすべての高専生が 60 % 以上の得点を挙げることを目指す教授方略を確立する。

(3) 一定の数学力を身につけるために、選択式問題が有効な方策であることを検証する。

同時に、工学基礎としての高専の数学教育で身につけることが望まれる学力（到達目標）を定め、その中で選択式問題によって評価することができる範囲（選択式問題の限界）についての研究を行う。

## 3. 研究の方法

(1) 研究を開始した平成 21 年度に、高専の第 1 学年から第 3 学年で学ぶ数学の全範囲を 32 の節に分け、それぞれ 10 題ずつの選択式問題、計 320 題およびその詳解集を作成した。この問題集は、全研究期間を通じて活用された。

(2) 平成 21 年度は、初年度の取り組みとして、研究代表者および研究分担者の所属する高専において、同時に選択式問題の試験を実施した。試験の時期、対象学年、実施高専数および受験者数は次の通りである。

4 月、	2 年、	17 高専、	712 名
10 月、	1 年、	10 高専、	1232 名
”	2 年、	11 高専、	1129 名
”	3 年、	7 高専、	717 名

10 月の試験については各試験 20 題を基本としたが、1 年は範囲が狭いため、半分の 10 題とした。2 年は 4 月の試験との比較も意識し、10 題については類題を再度出題した。3 年は 20 題全てを平成 20 年度の学習到達度試験で正答率の低い問題の類題とした。翌 22 年度は、これらの選択式問題による試験の結果分析を行い、その成果を日本数学教育学会の高専大学部会で発表した。

この分析は引き続いて行われ、最終的なまとめは平成 23 年 12 月に『選択式問題による試験から見える高専生の現状と課題』として、日本数学教育学会高専・大学部会論文誌に発表した。

(3) 平成 22 年度は、研究代表者の属する高専第 3 学年のうち 1 クラスを対象に、選択式問題の効果を確認した。これに用いた問題集と詳解集は 3.(1) に述べたものであり、次のように行った。

- ① 4 月に問題集と詳解集をクラスの学生全員に配布した。
- ② 問題集 34 節のうち 24 節を選び、2 週間に 1 度、年間 12 回、2 節ずつのレポー

ト提出を義務づけた。提出する課題は「与えられた範囲の選択式問題を解き、解答を読み、とくにわからなかった、あるいは難しかった問題について感想を述べる」というものである。

- ③ 年4回の定期試験で、該当の範囲から類似問題を出題するというので、モチベーションを高めた。

この方法による学力の定着を期待したが、「選択式試験問題が学生にとってレベルが高すぎたこと」、「選択式問題は“引っかけ問題”のような印象を与え、学生がこれを嫌ったらしいこと」、「レポートの回数が多く、表面的な感想に留まるものが多くなったこと」などから、期待した効果は得られなかった。定期試験問題はすでに取り組んだ問題と類似問題であるにも関わらず、得点もよいとはいえなかった。

(4) 平成22年度は、3.(3)で述べた取り組みのほか、1年間を通して、石川高専の第1学年を対象として定期試験に選択式試験を出題し、その結果の分析を行った。この結果は、平成23年度の北陸四県数学教育研究(七尾)大会にて、研究分担者の森田健二氏によって『選択式問題と学生の理解の関係について』、服部多恵氏によって『クリッカーを用いた双方向型授業について』が発表された。

後者の発表のために、大学コンソーシアム石川から1クラス分のクリッカーを借り受け、双方向授業の実践も行った。しかし、クリッカーの利用については、ハードウェアの面での問題があり、今後の研究の継続は難しいと判断している。

(5) 平成23年度は第2学年の2クラスを対象に、基礎数学で学んだ事項の復習のために選択式問題を利用した。また、平成24年度の後期には、3年生の解析学IIの2クラス、3年生の総合数学の1クラスでは、その教材として選択式問題を扱った。解析学IIの2クラスについては、年4回の定期試験の前に、基礎数学の重要な事項の選択問題を与え、そのための開設時間を設けた上で、定期試験の中でその定着の度合いを検証した。総合数学はとくに低学年で学んだことの復習のための科目(後期のみ)であり、授業と選択式問題の試験とをほぼ同じ比重で行った。これらの結果

としては、当初の予想とは逆の、定着は非常に悪いという結果となった。この定着の悪さはどこに起因するかというのは別の意味で研究課題となると思われるが、本研究の範囲ではない。おそらく、3年生では、基礎的な事項の習得に対するモチベーションが低いのではないかと思われる。

(6) 平成24年度の後期、1年基礎数学Aの1クラスにおいて、継続的に関数とグラフの分野の選択式問題による試験を実施した。ここでは、全員が25%以上の得点を挙げるまで追試験を行う、という方法を採用した。さらに、平成25年度は、この方法が効果的であるかどうかの検証を行うために、新たに80題の関数とグラフ分野の選択式問題を作成し、春休みの課題とした(以下、単に「課題」とかく)。平成25年4月12日に、「課題」の範囲から40題の試験を実施した。受験者は43名である。40題のうち、正解率が75%以上の問題は11題、合格点(40点満点で30点以上)に達した学生は11名であった。

この結果を受けて、これらの「課題」の理解度を達成するために、次の①、②の方略に沿って繰り返し追試験を行った。この方法は基礎学力の定着の面で効果を挙げたと考えている。

- ① 75%以上の正解率であった問題を除いていき、すべての問題の正解率が75%以上に達するまで受験生全員を対象として追試験を行う。この場合は、試験ごとに試験問題数が減っていくことになる。この追試験を4回繰り返したが、7題の問題が75%以上の正解率に達することがなかった。
- ② 30点以上の得点を挙げた学生を除いていき、すべての学生が30点以上に達するまで追試験を行う。この場合は試験ごとに受験生が減っていくことになる

#### 4. 研究成果

研究の方法の項で述べたように、さまざまな方法によって試験や解説を繰り返したが、最後の項目以外はあまりよい結果とはならなかったといわざるを得ない。

ここで、本研究の申請時点において、期待される研究成果とした課題について、達成さ

れたもの4項目((1)~(3)), 達成されなかったもの2項目((4),(5))を挙げる。

(1) 選択式問題の収集・精選とその教材化は実現できた。研究を開始した平成21年度に340題の問題集とその詳解集を作成した。また、平成24年度2月に第1学年の関数とグラフ分野の問題80題を作成し、その解説は平成25年度の5月に作成された。その他、数多くの試験を行ったため、それに使われた問題は、正解率とともに教材化されている。この成果はWeb Class上の試験問題として活用するなどの活用方法を検討している。

(2) 研究の方法の項で述べたように、基本的に何回も試験を繰り返すという手法を採り、試験およびその問題ごとに、誰がどの選択肢を選んだかに関するすべてのデータを残したため「定期的な試験の実施および基礎的データの収集」は達成したといえる。この「結果の分析」は、雑誌論文と学会発表で行われた。

試験を重ねるごとに、得点が伸びない種類の問題があることがわかってきた。しかし、それらの問題に共通する要素の分析およびそのような種類の問題はなぜ学生ができないかについての考察は、遂にまとめることができなかつた。今後の研究対象となり得るものと考えている。

(3) 選択式問題のための教授方略については、ある試験について「全員75%以上の得点を挙げるまで、類似問題を用いて繰り返し追試験を行う方法」が効果があるといえる。この方法は、関数とグラフの分野であれば、今後の学習に必要な事項、たとえば「底が1より大きい対数関数は単調増加である」などの性質は、繰り返し目にするこゝとなり、関数に性質に対する“ある種の抵抗”はかなり減少した。また、ほぼ9ヶ月にわたって継続的に選択式問題による試験とその追試験を行ったクラスで行った、最終的なアンケートの結果の抜粋を述べておく。(実際には四択であるが、効果がある、やや効果があるなどの結果を合計して、結果を簡略化してある)

Q1 選択式問題は何回もやりましたが、基礎学力の定着に効果がありましたか。

- (1) 効果があった 96%
- (2) 効果がなかった 5%

Q2 最後の2回は選択式問題ではなく記述式でしたが、どちらが効果があると思いますか。

- (1) 選択式問題 24%
- (2) 記述式問題 77%

Q3 何回か試験をしていると「やったことがある問題」のようなものが多いです。そういうとき、どのように感じる人が多いですか。

- (1) 今回はたぶんできると思う 91%
- (2) 今回もたぶんできると思う 9%

Q4 全員が75%できるまで追試験をする方式は、学力を定着する上で、この方法は効果があると思いますか。

- (1) 効果がある 79%
- (2) 効果がない 21%

Q5 全問75%の正解率になるまで追試験をする方式は、学力を定着する上で、この方法は効果があると思いますか。

- (1) 効果がある 82%
- (2) 効果がない 18%

Q6 全員75%以上も、全問75%以上も、基本的には「できるまで追試験をする」という方式です。何回か試験を受けているとどう感じるようになりますか。

- (1) 毎回勉強する 60%
- (2) 勉強しなくなっていく 40%

Q7 これからも選択式問題の小試験をした方がよいと思いますか。

- (1) した方がよい 82%
- (2) しない方がよい 18%

(4) 選択式問題の正解率は全員が75%以上の正解率を達成するというに至ったが、これは数回の試験を繰り返してのことであり、JABEEなどの外部評価に対して数学力を保証できるというレベルには達しなかつた。当初は、選択式問題を数多く解かせることによって、選択肢を選ぶ判断方法が容易に身につくと考えていた。しかし、この点については研究代表者の予想が大きく外れたといわざるを得ない。全体として、選択式問題の正解率は、どの場合でも予想より低くなつた。

(5) 研究を開始する時点では、選択式問題で

扱うに不適当な分野や問題に関する調査を行うという計画であったが、研究開始直後から、このテーマの設定自体が意味がないように思われるに至った。これは、前項に述べた「選択式問題は、学生にとって、教師が予測する以上に難しい」ということに関連する。むしろ、選択式問題は採点が容易かつ公平であるなどという観点よりも、どのような選択式問題がよい問題か、ということの考察は意味があるように思われる。しかし、研究期間内にこれを手がけることはできなかった。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計1件)

① 富山正人, 高田功, 長岡耕一, 柳井忠, 阿蘇和寿, 梅野善雄, 小原康博, 川本正治, 小中澤聖二, 小林茂樹, 馬淵雅生, 向山一男, 森田健二, 山本孝司『選択式問題による試験から見える高専生の現状と課題』, 日本数学教育学会高専・大学部会論文誌, vol.18, no.1, December 2011

[学会発表] (計4件)

① 阿蘇和寿『選択式問題と基礎学力の定着』, 日本数学教育研究(山梨)大会高専大学部会, 2013.8.4

② 森田健二『選択式問題と学生の理解の関係について』, 北陸四県数学教育研究(七尾)大会高等専門学校部会, 2011.10.21

③ 服部多恵『クリッカーを用いた双方向型授業について』, 北陸四県数学教育研究(七尾)大会高等専門学校部会, 2011.10.21

④ 高田功, 柳井忠, 長岡耕一, 富山正人『数学選択式問題の実施とその分析』, 日本数学教育研究(新潟)大会高専大学部会, 2010.8.2

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

阿蘇 和寿 (ASO, Kazutoshi)  
石川工業高等専門学校・その他の部局・教授  
研究者番号: 80110154

### (2) 研究分担者

梅野 善雄 (UMENO, Yoshio)

一関工業高等専門学校・その他の部局・特任教授

研究者番号: 30042211

小原 康博 (OHARA, Yasuhiro)  
熊本高等専門学校・その他の部局・教授  
研究者番号: 10106106

川本 正治 (KAWAMOTO, Masaharu)  
鈴鹿工業高等専門学校・その他の部局・准教授  
研究者番号: 00311035

小中澤 聖二 (KONAKAZAWA, Seiji)  
東京工業高等専門学校・その他の部局・教授  
研究者番号: 60259827

小林 茂樹 (KOBAYASHI, Shigeki)  
長野工業高等専門学校・その他の部局・教授  
研究者番号: 40321434

高田 功 (TAKADA, Isao)  
明石工業高等専門学校・その他の部局・教授  
研究者番号: 30178389

富山 正人 (TOMIYAMA, Masato)  
石川工業高等専門学校・その他の部局・准教授  
研究者番号: 70311016

長岡 耕一 (NAGAOKA, Koichi)  
旭川工業高等専門学校・その他の部局・教授  
研究者番号: 20280315

服部 多恵 (HATTORI, Tae)  
石川工業高等専門学校・その他の部局・講師  
研究者番号: 40569365  
(平成23年度より研究分担者)

馬淵 雅生 (Mabuchi, Masao)  
八戸工業高等専門学校・その他の部局・准教授  
研究者番号: 90239145

森田 健二 (MORITA, Kenji)  
石川工業高等専門学校・その他の部局・准教授  
研究者番号: 60312196

柳井 忠 (YANAI, Tadashi)

新居浜工業高等専門学校・その他の部局・教授

研究者番号：50220174

山本 孝司 (YAMAMOTO, Takashi)  
サレジオ工業高等専門学校・その他の部局・  
准教授

研究者番号：30450133

向山 一男 (MUKOUYAMA, Kazuo)  
東京都立産業技術高等専門学校・ものづくり  
工学科・教授

研究者番号：60219847

(平成23年度まで研究分担者)