

[原著論文]

数学学習経験・信念・動機づけとの関連性について ——数学検定受検者の特性——

高平小百合・富永順一

要 約

大学内数学検定受検者を対象に、準1級受検者（工学部の数学教師志望）と準2級受検者（教育学部の幼保・小学校・中学校（社会・体育教師志望））の間で、算数・数学についての学習経験・数学信念・数学成績に対する自己評価の原因帰属がどのように異なるかを検証した。数学の「有用性」と「論理性」を認識しているのは、数学教師志望の方が小中学校（社会・体育）教師志望者よりも有意に高いことがあきらかとなった。また、算数・数学の好き度は、数学教師志望者は小学校から中学校にかけて上がり高校にかけて多少下がっていたが、小学校と高校では差がなかった。一方、幼保・小中学校（社会・体育）教師志望者は、小・中・高にかけて有意に減少していることがわかった。また、小学校での算数成績に対する原因帰属の割合について数学教師志望者と小中学校（社会・体育）教師志望者との間で違いはなかった。しかしながら中・高における数学成績に対する自己評価の原因帰属については、数学教師志望者と幼保・小中学校（社会・体育）教師志望者との間で「能力」帰属と「努力」帰属の答え方の割合が異なっていることが明らかとなった。

キーワード：算数・数学、学習経験、学習信念、学習意欲、数学検定、大学生

問題と目的

初等学校教員を目指す学生の中には、数学に苦手意識を持つ学生が多くみられることが報告されている（今井, 2016）。しかしながら、初等教育においては、算数を含む全科が指導対象であり、算数・数学に対する苦手意識を持つことは教師を目指す学生にとっては、将来算数を教えるべき児童のためにも克服すべき課題であろうかと思われる。一方、数学に面白さを感じ理系学部に進む学生の中には中学校・高等学校での数学教師を志望する学生もいる。これらの数学に対する感じ方の違いは、いつごろからうまれるのであろうか？

数学に対する考え方を問う数学信念や数学学習に関する考え方を問う学習観に関する分野ではこれまでに多くの研究がなされてきた（犬塚, 2016；犬塚, 2013；今井, 2007；廣瀬, 2012；梅本・中西, 2010；植木, 2002）。

犬塚（2016）は、複数大学のデータを基に、大学初年次の数学信念の因子構造が4因子「有用性・思考プロセス・固定性・困難性」を有することを明らかにし、共分散構造分析から学力や学習経験との関連を見出した。数学得意度は、すべての数学信念構造と関連し、有用性と思考プロセスの高さとは正の関係が、固定性や困難性とは負の関係があると結論した。同様に、学習経験の長い対象者は思考プロセス評定が高く固定性や困難性評定が低かったと結論している。また、理系専攻であることが思考プロセス評定の高さと関係しており、理系の数学に対する考え方の影響を示唆していると述べている。

同一大学における理系学部と文系学部の学生の算数・数学に対する意識を調査した今井（2007）は、小学校から高等学校にかけて文系・理系とも算数・数学に対する「好き」の割合が減少することを確認しており、これはPISAやTIMSSなどの国際比較調査の国内データとも一致している（文科省、TIMSS2015）。過去に今井（2005）が行った小学校教師免許取得志望学生への同様の研究では、小学校から中学校にかけてかなりの低下がみられたと述べているが、%での比較のみであった。また、理系文系の減少の割合に差があるかどうかなどは分析されていないため、厳密な統計分析の必要性があると思われる。

学習に関する考え方（学習観や信念）についての研究では、池田&三沢（2012）が失敗に対する捉え方や価値観を図るための尺度を作成し、その因子構造を明らかにしている。彼らは、失敗観として4つの因子（ネガティブ感情価・学習可能性・回避欲求・発生可能性）を抽出した。また、大学生を対象に失敗観とその後の学修行動の関係を分析した結果、どのような失敗観を持つかによって、失敗に対する原因帰属や対処行動が規定されることを明らかにしている。

これらの学習行動に影響を及ぼすであろう要因（学習信念・学習観・原因帰属など）についての研究は、様々な年齢段階を対象としており、文系理系の比較を行ったものはあまり多くない。そこで本研究では、大学生を対象に数学教師志望学生と小中（社会・体育）学校教師志望学生の間で、算数・数学に対する考え方の違いがいつごろから生まれ、それが、その後の数学に対する信念や動機づけ、また数学学習経験の選択にどのように関係しているのかを検証する。

研究方法

対象者

都内私立大学における11月数学検定受検者184名（男子102名・女子82名）を対象に調査を行った（平均年齢19.3歳、標準偏差0.94）。数学検定受検者は、工学部（中・高数学教師志望）及び教育学部（幼保および小学校教師志望者または中高（社会・体育専攻）教師志望）学生がほとんどであるが、わずかに同学園併設高校生も受検している。数学教師志望学生は合計78名（男子57名・女子21名）、幼保・小学校教師志望者または中高（社会・体育専攻）教師志望者は合計97名（男子38名・女子59名）であった。残り9名が高校生受検者であったが、今回

の分析からは除外した。受検者のほとんどは、教職課程継続条件を満たすために数学教師志望学生は数学検定準1級を、幼保・小学校教師志望学生及び中高（社会・体育専攻）教師志望者は数学検定準2級を受検している。

質問紙

質問紙は、受検者の数学的経験の背景を調査するための質問項目・小中高の数学評価・その評価に対する原因帰属・数学信念尺度など主に3つの領域から作成された。

表紙は、学部学科・学年・性別・年齢を記入してもらい、個人の自由意思で答えることと、無記名かつ内容はすべてコード化されるために個人が特定されることは一切ないことを明記した。

数学経験

高校での数学履修年とその成績の自己評価（5段階評定）及び数学成績の原因帰属（能力・困難度・努力・運）について（択一式）と、高校での数学履修科目名、小学校の算数、中学と高校での数学の好き嫌い（5段階評定）について問うた。

数学信念尺度

数学信念とは、各学生が持っているであろう「数学とはこういうものだ」という数学に対する考え方を問うたものである。犬塚（2016）論文によって作成された「数学信念質問紙」の25項目を用いた。

手続き

都内私立大学において数学検定試験が2016年11月19日に実施された。その際、検定試験終了後にアンケート調査を実施した。

結果と考察

尺度の因子構造

数学信念尺度：25項目の数学信念尺度について、因子分析（主因子法・プロマックス回転）を行ったところ、7因子が抽出された。しかしながら、7番目の因子は因子負荷量が0.4以上になる項目が1つしかなかったため、尺度から除外した。また、2つの項目において、どの因子の因子負荷量も0.4以上ではなかったために尺度から除外した。これら3項目を除外した22項目において、再度の因子分析（主因子法・プロマックス回転）を行った結果、6因子（固有値：5.77；3.89；1.85；1.40；1.24；1.13）が抽出された（Table 1）。第1因子は6項目からなり、「数学的な能力や考え方は生きていくうえで役に立つ」「数学を使うと、実際にありえない抽象的

な世界についても考えることができる」「数学を使うことで、ものごとをうまく一般化して捉えられる」などが高い因子負荷量を示しており「有用性」と命名した。第2因子は、3項目抽出され「数学は複雑だ」「数学は難しい」「数学が苦手な人は多い」など、数学の難しさについ

Table1 数学信念の因子

	因子1	因子2	因子3	因子4	因子5	因子6
数学的な能力や考え方は生きていくうえで役に立つ	.829	.006	.043	-.106	-.016	.044
数学を使うと、実際にありえない抽象的な世界についても考えることができる	.822	.084	-.089	.304	-.008	-.160
数学を使うことで、ものごとをうまく一般化して捉えられる	.807	-.025	.061	.126	.037	-.113
数学は役に立つ	.795	.022	-.041	-.148	-.053	.064
数学を学ぶことで自分が高められる	.641	-.066	.112	-.045	.070	.051
仕事をするうえで、数学的な考え方は必要だ	.634	-.011	.157	-.157	.045	.233
数学は複雑だ	.021	1.024	-.050	-.026	-.028	.011
数学は難しい	.026	.958	-.073	.056	-.020	.004
数学が苦手な人は多い	-.089	.492	.251	-.049	.138	.071
数学で大切なのは論理性だ	-.004	-.025	.887	.127	-.148	-.074
数学では、筋道だてた考え方が大切だ	.085	.055	.834	-.019	.021	-.081
数学では、矛盾なく答えを組み立てることが大切だ	.110	-.088	.649	.133	.092	-.034
解き方を暗記すれば数学ができるようになる	.176	-.015	-.096	.751	-.049	.027
数学では決められた手順を覚えることが大切だ	-.176	-.141	.140	.662	.066	.209
数学ができるかどうかはセンスで決まる	-.131	.133	.174	.471	.081	.091
数学では、答えがあっているかどうかが一番大切だ	-.054	.123	.220	.446	-.075	-.058
生活の中で数学が必要になることはほとんどない	.095	-.067	-.128	.023	.925	-.023
数学ができなくても生きていける	-.067	.122	.085	-.047	.706	-.024
数学では、何が正しいかはっきりしている	-.032	.037	-.072	.091	-.018	.935
数学では、答えが一つに決まる	.089	.009	-.181	.335	-.004	.542
数学では、答えを導き出すまでのプロセスが重要だ	.137	.008	.354	-.105	-.065	.446
因子間相関	因子1	因子2	因子3	因子4	因子5	因子6
因子1	1.000	-.096	.374	.055	-.156	.264
因子2	-.096	1.000	.370	.228	.345	.338
因子3	.374	.370	1.000	.274	.184	.552
因子4	.055	.228	.274	1.000	.157	.233
因子5	-.156	.345	.184	.157	1.000	.276
因子6	.264	.338	.552	.233	.276	1.000

この項目であるため、「困難性」と命名した。第3因子は、「数学で大切なのは論理性だ」「数学では、筋道だてた考え方が大切だ」「数学では、矛盾なく答えを組み立てることが大切だ」の3項目であった。これらは、数学の論理的側面についての問いであるため「論理性」と命名した。第4因子は4項目抽出され、「解き方を暗記すれば数学ができるようになる」「数学では決められた手順を覚えることが大切だ」などが高い負荷量を示した。また「数学では、答えがあるかどうかが一番大切だ」「数学ができるかどうかはセンスで決まる」などの項目も含まれていたため先行研究（犬塚，2016）では「固定性」と命名されていた。しかしながら、本分析では犬塚(2016)における固定性の7項目が2つの因子(第4因子4項目と第6因子3項目)に分かれたため、第4因子は高い負荷量を示した「暗記」「覚える」と言葉を含む項目であったため「暗記性」とした。また、第6因子は、「数学では、何が正しいかはっきりしている」が最も高い負荷量(0.9)で、次いで「数学では、答えが一つに決まる」(0.542)「数学では、答えを導き出すまでのプロセスが重要だ」(0.446)であったため、「固定性」と命名した。第5因子は、2項目のみで「生活の中で数学が必要になることはほとんどない」「数学ができなくても生きていける」など数学の生活における必要性を否定する内容であったため、「生活乖離性」と命名した。各因子について信頼係数(α)を計算したところ、第1因子($\alpha = .903$)第2因子($\alpha = .879$)第3因子($\alpha = .832$)第4因子($\alpha = .730$)第5因子($\alpha = .736$)第6因子($\alpha = .746$)となり、第4、第5、第6因子は第1因子～第3因子に比べ多少低いが、十分な信頼性が確保できているといえる。また、各因子の寄与率は、第1因子から、25.8%、17.07%、6.96%、5.30%、4.60%、3.76%となり、6因子の合計は63.50%であった。

各因子を変数としたときの記述統計(度数・平均値・標準偏差)をTable2に示す。

Table2 数学信念の記述統計

	度数	平均値	標準偏差
有用性	163	3.8644	1.02243
困難性	163	4.8957	.97747
論理性	163	4.2004	.88156
暗記性	163	3.7025	.96310
生活乖離性	163	4.5726	.91325
固定性	163	3.6626	1.14245

数学教師志望者と幼保・小中学校教師志望者との数学の学習信念の違い

数学教師志望者と小・中(社会・体育)学校教師志望者の間で2要因において有意な差が見られた。「数学的な能力や考え方は生きていくうえで役に立つ」など数学が自分にとって有用であることを認識したうえで学んでいる「有用性」得点は数学教師志望者の方が幼保・小中学校教師志望者より有意に高かった($t = -8.212$, $df = 161$, $p < 0.001$)。また、「数学で大切なのは論理性だ」などの数学の論理的思考を重視する考えについても、数学教師志望者の方が有

意に高かった ($t = -2.529$, $df = 161$, $p < 0.05$)。小・中学校 (社会・体育) 学校教師志望者は、数学がどれほど役に立つかということや、数学を学ぶ上で論理的に考えることの重要性をあまり認識していないことが明らかとなった。それら以外の4要因 (困難性・暗記性・生活乖離性) についての有意差は見られなかった (Table3参照)。

Table3 幼保・小中学校教師志望者と数学教師志望者における数学の学習信念の違い (t 分析)

数学学習信念	幼保・小中学校教師志望者 平均値		数学教師志望者 平均値		df	t 値	有意確率
有用性	3.3718		4.4870		161	- 8.212	.001**
困難性	4.9817		4.7870		161	1.265	.208
論理性	4.0476		4.3935		161	- 2.529	.012*
暗記性	3.7701		3.6169		161	1.009	.315
生活乖離性	4.4927		4.6736		161	- 1.258	.210
固定性	3.7033		3.6111		161	.510	.610

幼保・小中学校教師志望者と数学教師志望者における数学の好きさの違いについて

小中高等学校における数学好き度の平均値の変化を反復測定によって検証した結果、主効果である学校レベル (小・中・高) において、数学好き度に有意な差があることがわかった ($F = 13.26$, $df = 2,336$, $p < 0.001$)。また、小中高等学校レベルと志望教師 (数学教師志望と幼保・小中学校教師志望) との交互作用も有意であった ($F = 9.38$, $df = 2,336$, $p < 0.001$)。

数学教師志望者は小学生時と中学生時で数学好き度に変化はなかった ($p < 0.107$) が、中学生から高校生にかけて数学好き度にわずかな減少が見られた ($p < 0.049$)。一方、幼保・小中学校教師志望者は、小学校から中学にかけて ($p < 0.019$)、また中学から高校にかけて ($p < 0.001$) 数学好き度が有意に減少している。幼保・小中学校教師志望者の算数・数学に対する好き度の平均は、小学生の時には2.8と好きでも嫌いでもない「普通」という回答が多かったが、高校生になると、ほぼ2.0「どちらかといえば嫌い」という回答が多くを占めるようになる。一方、数学教師志望者は、小学校から中学にかけて数学好き度の平均値が上がっていることがわかる (Table4 & Figure1参照)。

Table4 算数・数学の好きさ

	幼保・小中学校教師志望者 N=93		数学教師志望者 N=77	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
小学校 算数好きさ	2.817	.140	3.961	.153
中学校 数学好きさ	2.495	.130	4.234	.143
高校 数学好きさ	1.968	.111	3.922	.122

数学学習経験・信念・動機づけとの関連性について

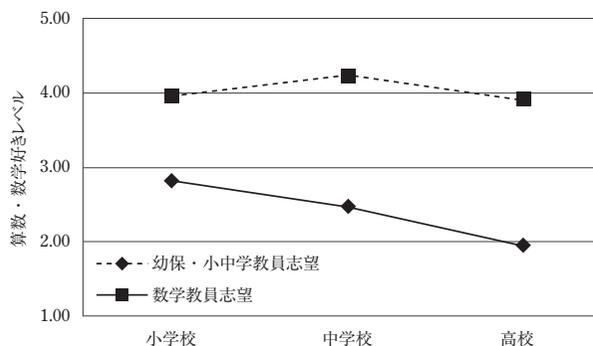


Figure1 幼保・小中学校教師志望者と数学教員志望者：
数学好きレベルの平均値の変化

幼保・小中学校教師志望者と数学教師志望者における小・中・高校時の算数・数学成績の評価の違い

幼保・小中学校教師志望者と数学教師志望者の小中高の数学成績自己評価の平均値を検証した結果、数学教師志望者は小中高と数学成績自己評価の平均値に差が見られなかった ($F=0.126$, $df=2,144$, $p<0.882$)。しかしながら、幼保・小中学校教師志望者は、小中高と数学成績自己評価レベルが低下 ($F=25.666$, $df=2,164$, $p<0.001$) していることが示唆された (Table5 & Figure 2参照)。

Table5 算数・数学成績の自己評価

	幼保・小中学校教師志望者 N = 83		数学教師志望者 N = 73	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
小学校成績	3.82	1.201	4.36	.872
中学校成績	3.34	1.319	4.33	.944
高校 数I成績	2.98	1.199	4.32	.896

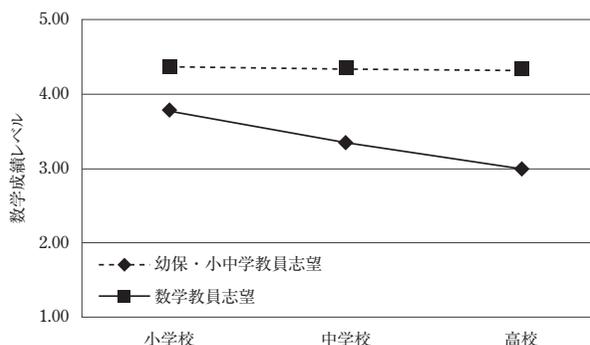


Figure2 幼保・小中学校教師志望者と数学教員志望者：
数学成績レベルの平均値の変化

数学教師志望者と幼保・小中学校教師志望者の過去の数学成績に対する原因帰属

数学教師志望者及び幼保・小中学校教師志望者について、小学校・中学校・高等学校の算数および数学成績の自己評価に対して、その原因をどのように考えているかを4つの原因帰属（能力・困難度・努力・運）要因から選択してもらい、その分布の割合に違いがあるかどうかを検証した。

小学校時の算数成績に対しての原因帰属は、幼保・小中学校教師志望者と数学教師志望者では違いがないことがわかった ($\chi^2=7.566$, $df=3$, $p<0.056$)。どちらも、能力帰属が一番多く、ついで努力帰属、困難度、運の順になっている。小学校での数学成績の自己評価に対しての原因帰属の割合は、幼保・小中学校教師志望者と数学教師志望者では有意な違いが見られた ($\chi^2=15.594$, $df=3$, $p<0.001$)。幼保・小中学校教師志望者は、数学成績の自己評価に対して能力が原因だと答えたのは約40%、努力と困難度は26%であったが、数学教師志望者は、能力帰属が格段に多く60%を超えていた。中学校になると、幼保・小学校教師志望者は、数学成績の原因として「運」以外の帰属原因（能力・努力・困難度）を理由として挙げるものがほぼ同じくらいの割合（約30%）であった。しかしながら、数学教師志望者は、能力に帰属する割合がわずか数%減少してはいるが60%近くではほぼ横ばい状態であった。困難度に帰属する割合が減少し、努力に帰属する割合が22%から35%に増加していた。高等学校における数学成績の原因帰属は、幼保・小中学校教師志望者では能力帰属が22%に減少していた。数学教師志望者も多少減少傾向ではあったが、約50%は能力帰属であった。このように、小・中学校教師志望者と数学教師志望者では、数学成績に対する原因帰属の割合がかなり異なることが明らかとなった。以下に両群の算数・数学成績自己評価に対する原因帰属のグラフを示す (Figure3 & Figure4 参照)。

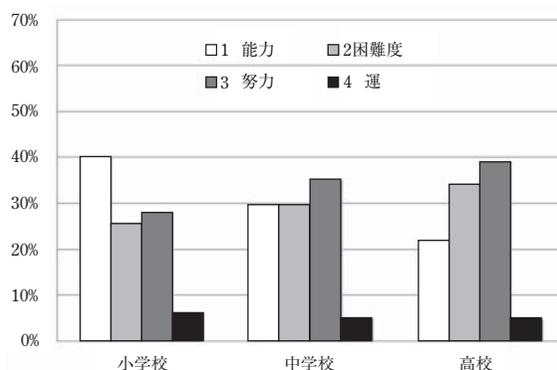


Figure3 幼保・小中学校教師志望者 算数・数学成績の自己評価 原因帰属：N=77

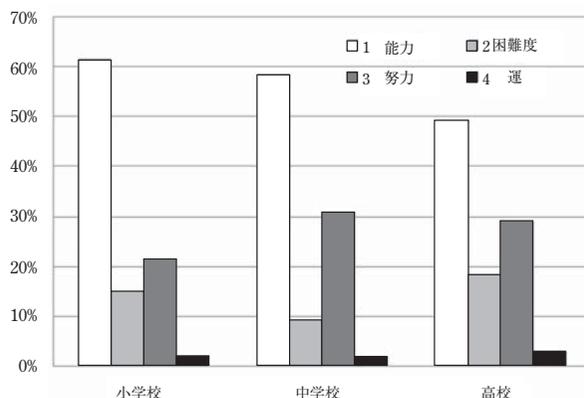


Figure4 数学教師志望者 算数・数学成績の自己評価
原因帰属：N = 65

まとめ

数学の有用性については、以前から算数・数学と日常生活での有用性が結びついていないことが示唆されていた（鈴木・豊田・川端，2008）。教育の方針として数学を日常の中で活用する能力を重視しているかどうかを検証した鈴木ら（2008）は、学習到達度調査（PISA2003）の結果から、日本の子どもは、日常生活に関連した課題を解くことが他の国の子どもたちに比べて弱いと結論づけている。今回の結果では、数学教師志望者は、日常生活での数学の有用性を認識していることが確認できたが、幼保・小中学校教師志望者は、日常生活での有用性とあまり結びついていないことが示唆されている。将来、小・中学校の教師となる学生たちが、数学の有用性をあまり認識できていないとすると、教えられる子供たちに対して日常生活に関連付けて算数・数学を教授することは困難であろうと思われる。算数・数学の好き嫌いに関しても、数学教師志望者と幼保・小中学校教師志望者では、小学校から高等学校にかけて大きな違いがあることが明らかになった。幼保・小中学校教師志望者は、小学校から高校にかけて算数・数学を好きと答える割合が非常に減少しており、それが高校での数学科目の選択に影響を与えていると思われる。

算数・数学の動機づけ要因として重要視される原因帰属の割合については、小学校時には幼保・小中学校教師志望者と数学教師志望者の間に違いは見られなかった。この時期は、両グループとも能力帰属が一番多く、また成績においてもそれほど大きな差は見られない。そのため、幼保・小中学校教師志望者も小学校時期は比較的算数の成績の良かった学生が多く、それほど努力を要さずとも算数ができたのかもしれない。しかしながら、中学校・高等学校の時期においては、数学成績の自己評価に対する原因帰属において明らかな差がみられる。数学教師志望者は中学校時期においても能力帰属が一番多く約60%を占め、次いで努力帰属がその約半分ほどで困難帰属は10%にも満たなかった。一方、幼保・小中学校教師志望者は、能力帰属が

中学・高校と約10%ずつ減少しており、困難帰属と努力帰属が増加傾向にある。幼保・小中学校教師志望者は、小学校時にはそれほど努力を要さなかった算数科目が、中学高校の数学では努力を要し、かつ困難と感じるようになってきていると思われる。今後、幼保・小中学校教師志望者を指導する上でも、このような違いを生み出す背景となる経験や要因を検証していく必要があると思われる。

参考文献

- 犬塚美輪「大学初年次生の数学信念の構造」『教育心理学研究』2016, 64, pp13-25
- 犬塚美輪「大学生の数学信念の構造」『日本応用学会第77回大会論文集』2013, 16教育, 2EV-125
- 廣瀬友介・中本敬子・蛭田政弘「数学学習における学習観と学習方略の関係—大学生を対象とした分析—」『文教大学 教育学部紀要』第46集, 2012, pp45-56
- 梅本貴豊・中西良文「CAMI (Control, Agency, and Means-Ends Interview) による期待信念と学習行動の関連」『教育心理学研究』2010, 58, pp313-324
- 植木理恵「高校生の学習観の構造」『教育心理学研究』2002, 50, pp301-310
- 今井敏博「小学校教員免許取得志望者の学校数学への意識に関する一考察」『同志社女子大学 総合文化研究所紀要』第22巻, 2005, pp227-238
- 今井敏博「理系の大学生と文系の大学生の学校数学に対する意識の比較」『同志社女子大学 総合文化研究所紀要』第24巻, 2007, pp150-161
- 池田 浩・三沢 良「失敗に関する価値観の構造—失敗観尺度の開発—」『教育心理学研究』2012, 60, pp367-379
- 鈴木由美・豊田秀樹・川端一光「我が国の数学教育は数学を日常の中で活用する能力を重視しているか—PISA2003年調査のDIFによる分析—」『教育心理学研究』2008, 56, pp206-217
- 文部科学省「国際数学・理科教育動向調査 (TIMSS2015) のポイント」HP http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2016/12/27/1379931_1_1.pdf
最終アクセス日5月29日

Relationships among Mathematics Experiences, Beliefs, and Motivation: Characteristics of the Examinees for Mathematics Licensing Examination

Sayuri TAKAHIRA, Junichi TOMINAGA

Abstract

This study examined relationships among mathematics experiences, beliefs, and motivation between science oriented students who want to be a mathematics teacher and education oriented students who want to be a primary or secondary school teacher. The students who want to be a mathematics teacher had better understanding in necessity of mathematics in their life and in importance of logical thinking than students who want to be a primary or secondary school teacher. Levels of liking mathematics differed between two groups. Levels of liking mathematics for students who want to be a mathematics teacher did not differ between when they were elementary school students and when they were high school students. However, the levels of liking mathematics of students who want to be a primary or secondary school teacher declined steeply from when they were elementary school students to when they were high school students. Moreover, those two groups had different causal attribution toward their mathematics achievements in their younger age.

Keywords: mathematics beliefs, mathematics learning experience, causal attributions