



RIETI Discussion Paper Series 17-J-052

自然科学を専攻した教員が中学生の理科の学力に与える影響について —日本の国際学力調査データを用いた分析—

井上 敦
政策研究大学院大学

田中 隆一
東京大学



Research Institute of Economy, Trade & Industry, IAA

独立行政法人経済産業研究所
<http://www.rieti.go.jp/jp/>

自然科学を専攻した教員が中学生の理科の学力に与える影響について -日本の国際学力調査データを用いた分析¹

井上敦（政策研究大学院大学）

田中隆一（東京大学）

要 旨

本研究の目的は教員属性のうち自然科学専攻に着目し、生徒の理科の学力との間の統計的関係を明らかにすることである。教員属性が生徒の学力に与える効果を推定する上では、教員と生徒のマッチングがランダムに行われていることが理想的である。本研究では、教員の学校配置転換が定期的に行われるため、生徒と教員のマッチングの内生性の影響が比較的弱いと考えられる日本の公立学校のデータを用いて回帰分析を行う。国際数学・理科教育調査（TIMSS）を用いて推定した結果、理科教員が自然科学を専攻していた場合はそうでない場合に比べて中学2年生の理科のテストスコアが統計的に有意に高いことが確認された。また、分位点回帰の結果、これらの関係は相対的に学力の低い生徒において強く見られることが確認された。さらに、その他の教員属性のうち、教歴は理科のテストスコアと統計的に有意な関係があることも確認された。

キーワード：学力、教員、自然科学

JEL classification: I21, I26

RIETI ディスカッション・ペーパーは、専門論文の形式でまとめられた研究成果を公開し、活発な議論を喚起することを目的としています。論文に述べられている見解は執筆者個人の責任で発表するものであり、所属する組織及び（独）経済産業研究所としての見解を示すものではありません。

¹本稿は、独立行政法人経済産業研究所におけるプロジェクト「日本の労働市場の転換—全員参加型の労働市場を目指して—（代表：川口大司 FF）」の成果の一部である。また、政策研究大学院大学科学技術イノベーション政策研究センター（SciREX センター）のプロジェクト研究「科学技術・イノベーションと社会に関する測定」の一環として行われた研究の一部である。本稿の原案に対して、大湾秀雄（東京大学）、川口大司（東京大学）、近藤絢子（東京大学）、北條雅一（新潟大学）の各先生から貴重なコメントをいただいた。ならびに経済産業研究所ディスカッション・ペーパー検討会の方々から多くの有益なコメントを頂いた。ここに記して、感謝の意を表したい。

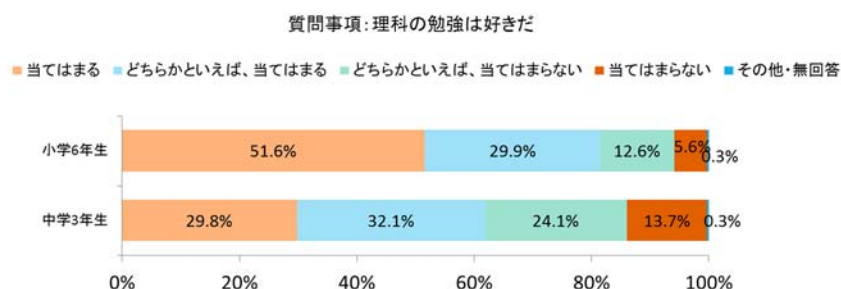
1. はじめに

少子高齢化・生産年齢人口の減少が進展し国際競争が激しくなるなかで、科学技術イノベーションによる生産性の向上や競争力強化に大きな期待が寄せられており、政府は科学技術イノベーション活動を担う人材の育成・確保のためさまざまな政策を検討・実施している。たとえば、第5期科学技術基本計画(政府 2016)では、義務教育段階の取組として児童生徒の科学技術や理科・数学に対する関心・素養を高めるために、課題解決的な学習や高度な専門的知識を有する人材等を活用した先進的な理数教育の充実等を図るとしており、理数教育の成果向上は重要な政策課題の一つとなっている。

学校教育の教育成果の向上を考えたとき、その中心的な担い手である教員の質に左右されるところが大きく(Hanushek and Rivkin 2010)、理科教育の成果向上においても同様であることが予想される。政府や各教育委員会は優秀な教員を確保するために教員の養成・採用・研修においてさまざまな取組を実施しているが、教員の質を向上させる上でどのような教員属性に着目するべきかについて十分なコンセンサスは得られておらず(Hanushek and Rivkin 2006)、実効性ある教員養成・採用・研修を実現する上で教員の質に関する実証研究の充実が不可欠といえる。

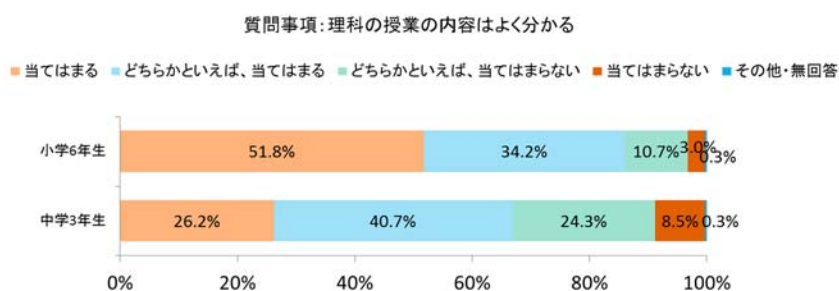
本研究の目的は次代の科学技術イノベーション活動を担う人材の育成・確保の観点から、中学校の理科教員に着目し、教員属性のうち専攻分野と理科の教育成果との間の統計的関係を明らかにすることである。中学校の理科教育に着目するのは、児童生徒の将来の専攻分野選択において自分自身に対する主観的期待は重要な決定要因の一つであるが(Altonji et al. 2016)、日本の児童生徒の理科に対する興味・関心度や主観的な内容理解度は小学生から中学生に移行する段階で大きく低下する傾向があり、科学技術イノベーション活動を担う人材を育成・確保をする上で中学校の理科教育の充実が一つの重要な政策課題と考えられるためである。図 1-1、1-2、1-3 は文部科学省が毎年実施している全国学力・学習状況調査を用いて、同一児童・生徒集団が小学 6 年生のときに回答した結果(2012 年度調査)と中学 3 年生のときに回答した結果(2015 年度調査)を比較したものであるが、理科の勉強に対する好み、理科に対する主観的な理解度、科学技術関連職への志望の度合いが小学生から中学生に移行する段階で低下していることが確認できる。また、教員属性のなかでも特に専攻分野に着目するのは、小学校から中学校に教育段階が移行し学習内容の専門性が高まるなかで、理科教員の理科に対する専門的知識や技術の程度の差が教育成果に影響を与えている可能性が予想されるためである。

図 1-1 理科の勉強に対する好み



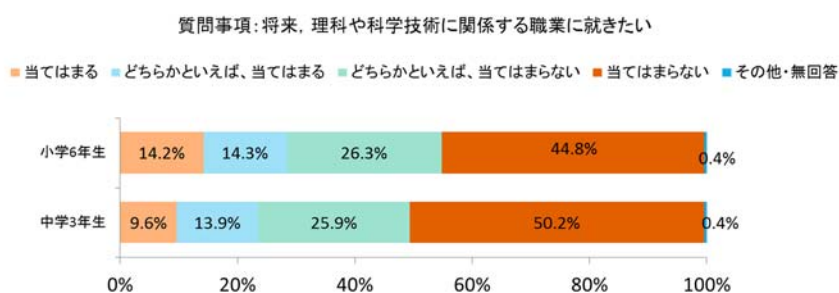
出典：2012 年度、2015 年度の全国学力・学習状況調査より筆者作成

図 1-2 理科に対する主観的な理解度



出典：2012年度、2015年度の全国学力・学習状況調査より筆者作成

図 1-3 科学技術関連職への志望の度合い



出典：2012年度、2015年度の全国学力・学習状況調査より筆者作成

教員属性が児童生徒の教育成果に与える効果を推定する上では、教員と児童生徒のマッチングがランダムに行われていることが理想的である。しかし、実際には教員や児童生徒が自ら学校を選択できる場合が多く、その場合、教員と児童生徒のマッチングにおける内生性の問題に対処する必要がある。そこで本研究では教員と児童生徒のマッチングにおける内生性の影響が比較的弱いと考えられる日本の公立学校のデータを用いて教員属性と生徒の教育成果の関係を推定する。日本の義務教育システムは学校選択制が導入されている一部の地域を除き、児童生徒は居住地をもとに市区町村教育委員会が指定した公立学校に通うことになっている(以下、「学区制」という)。また、学校選択制が導入されている地域においても入学時に学校を一度選択した後は特別な事情が認められない限り他の学校に転校することはないのが一般的である。また、学校内においても児童生徒が教員を選ぶことはできないのが一般的である。一方、公立学校の教員は数年おきに学校配置転換が行われる(以下、「教員の人事ローテーションシステム」という)²。そのため、日本の公教育システム上、児童生徒は教員を選ぶことが困難であり、教員も児童生徒を選ぶことが困難になっており、日本の

² 公立学校の教員異動の目的は各学校への適切な教員配置、教員の育成等とされていることが多く、例えば、東京都の教員異動方針では、「異動の目的は、適材を適所に配置し、学校における望ましい教員構成を確保することで教育活動の活性化を図ること及び教員に多様な経験を積ませ、教員の資質能力の向上と人材育成を図ることにある。」(東京都教育委員会 2015)と明記されている。また、教員異動のタイミングは自治体ごとの教員異動方針によって異なるが、現任校に3年以上配置された教員が異動対象となり、6年以上配置された場合は積極的な異動対象となるのが一般的である。東京都の例では、原則として「現任校に3年以上勤務する者を異動の対象とし、6年に達した者を必異動とする。」(東京都教育委員会 2015)とされている。また、異動時の学校配置にあたっては、諸般の事情が総合的に考慮されて決定されており、本人の希望だけで決定されることはないのが一般的である。

公立学校のデータを用いた分析は、日本の私立・国立学校や学校選択が日常的に行われている諸外国の学校のデータを用いた分析よりも、教員と生徒のマッチングにおける内生性の影響は比較的弱いと考えられる。

2003年、2007年、2011年に実施された国際数学・理科教育調査（TIMSS）の生徒別結果をプールしたデータセットを用いて推定した結果、理科教員が自然科学を専攻していた場合はそうでない場合に比べて理科のテストスコアが統計的に有意に高いことが確認された。また、理科教員の教職年数と理科のテストスコアとの間に統計的に有意な関係があることも確認された。また、自然科学専攻と理科のテストスコアの正の関係性が生徒の学力水準によって異なるかを確認するため分位点回帰を行った結果、相対的に学力下位層の生徒においてこの関係が強く見られることが確認された。さらに、自然科学を専攻した教員とそうではない教員との間で指導方法に差があるかをt検定により確認したところ、自然科学を専攻した教員は「生徒が理科で学んだことを日常生活に結びつける指導」を実施している割合が統計的に有意に大きいことが確認されたことから、自然科学専攻と理科のテストスコアの正の統計的関係の背景には、理科教員の理科の専門的知識や技術の程度の差が指導方法の違いとして現れている可能性が示唆された。

本稿は以下の6節より構成されている。第2節では教員の質に関する先行研究を取り上げる。第3節では本研究の推定モデルについて説明する。第4節では本研究に用いるデータ及び推定結果について報告する。第5節では推定結果の背景として推察されることを述べ、第6節では本研究の結果をまとめ、政策的含意について述べる。

2. 先行研究

1966年にコールマン・レポート(Coleman et al. 1966)が報告されて以降、教育成果の決定要因分析研究は欧米を中心に数多く蓄積されてきた。そのなかで教員の質に関する実証研究は、観測可能な教員属性の効果を推定する研究と、教員の質を教員固有効果としてアウトカムベースで推定する研究に大別することができる。前者は初期のころから行われてきた研究であり、先行研究をレビューした [Hanushek and Rivkin \(2006\)](#) は学位や免許状の種類の違いなど観測可能な教員属性が教育成果に与える効果は、教職経験を除き結果が一貫しておらず³、どのような教員属性が教育成果に対して効果的かについてコンセンサスが得られていないと指摘している。後者はパネル・データの整備が進むことで可能となった研究である。[Rockoff\(2004\)](#) など教員固定効果の推定を行った研究をレビューした [Hanushek and Rivkin \(2010\)](#) は教員固定効果の影響は大きく、担当教員によって学力の伸びが大きく異なることを指摘している。こうした先行研究の結果を受け、現在の教員の質に関する実証研究では、教員の質に影響を及ぼす観測可能な教員属性の特定が重要なテーマの一つとなっている。

教員属性の影響を推定する上では、教員と生徒のマッチングによる内生性への対処が中心的な問題となる。一般的に教員と生徒の学校配置はランダムではないため、教員属性と観測できていないが教育成果に影響を与える生徒属性が関連している場合、教育成果の違いが教員属性によるものなのか、それとも生徒属性によるものなのか、識別が困難になる。そのため近年では一般的には観測できない生徒の能力などの影響を考慮したモデルの推定結果が報告されている。[Harris and Sass \(2011\)](#) は生徒固定効果を制御した上で教員属性の効果を推定した結果、教員が大学生のときに履修した教育課程のコース選択、専攻分野、修士号の保有の効果については基本的には確認されないと報告している⁴。[Kukla-Acevedo \(2009\)](#) は生徒固定効果の影響を制御したモデルを推定した結果、教員の大学生時代のGPA、数学と数学教育の履修時間が小学5年生の算数に対して正の効果があると報告している。また、教員と生徒のマッチングがランダムである実験を用いた研究も報告されており、[Krueger \(1999\)](#) は幼稚園から小学3年生まで教員と児童をランダムに配置した Tennessee's Student Teacher Achievement Ratio (STAR) project のデータを用いて推定した結果、教歴、人種、修士号の保有など観測可能な教員属性はほとんど効果が確認されなかったと報告している。

次に国内研究を紹介する。日本は米国と比べると研究者がアクセス可能な教育データが十分に整備されていないこともあり、クロスセクションデータを用いた最小二乗法による重回帰分析が中心となっている。[Hojo \(2012\)](#)、[Hojo and Oshio \(2012\)](#) は2007年のTIMSSデータを用いた結果、女性教員は中学2年生の数学のテストスコアに対して正で統計的に有意な関係があることを確認している。[二木\(2012\)](#) は2003年のTIMSSデータを用いた結果、女性教員は中学2年生の理科の非認知能力に対して正で統計的に有意な関係がある一方、中学2年生の数学の非認知能力に対して負で統計的に有意な関係があることを確認している。[篠崎\(2008\)](#) は全国学力・学習状況調査の千葉県公立小中学校別データを用いた結果、教員平均年齢が小学校の算数、中学校の国語、数学の平均正答率に対し

³[Hanushek and Rivkin \(2006\)](#) は教職経験については他の教員属性に比べると教育成果との関係が正である傾向があると報告している。近年では、[Rockoff \(2004\)](#)、[Rivkin et al. \(2005\)](#)、[Papay and Kraft \(2015\)](#)、[Wiswall \(2013\)](#) が教職年数の教育成果に対する正の効果も報告している。

⁴ 専攻分野については学部での学位が教育学の場合は高校生の読解のスコアが有意に高いが、教員の大学入学試験のスコアを制御すると統計的有意性は消失すると報告している。また、修士号の保有は中学校の数学を除き効果は確認されなかったと報告している。

て統計的に有意な関係があることを確認している。

これらの先行研究と本研究の違いは、第一に、科学技術イノベーション活動を担う人材の確保の観点から、数学や読解の教育成果に比べるとあまり分析対象とされてこなかった理科の教育成果に着目する点である。第二に、生徒と教員のマッチングにおける内生性の影響が比較的弱いと考えられる日本の公立学校のデータを用いて、教員属性のうち国内の先行研究では報告がない専攻分野に着目する点である。

3. 推定モデル

本研究では自然科学専攻と理科のテストスコアとの統計的関係を推定式(I)によって推定する。また、推定式(II)により、いくつかの分位点 q に着目した分位点回帰を行う。

$$Y_{ijkt} = TMajor_{ijkt} \beta_1 + X_{ijkt} \gamma + \varepsilon_{ijkt} \quad (\text{I})$$

$$Y_{ijkt} = TMajor_{ijkt} \beta_1^q + X_{ijkt} \gamma^q + \varepsilon_{ijkt} \quad (\text{II})$$

ここで、 i は日本の公立中学校の生徒、 j は学級、 k は学校、 t は年度を表す。 Y は理科のテストスコアである。 $TMajor$ は教員の専攻分野ダミーである。 X は共変量であり、生徒属性、家庭属性、教員属性、学校属性に関する変数および欠損値ダミーが含まれている。具体的には、生徒属性変数として性別ダミー、生月ダミー、家庭属性変数として蔵書数ダミー、父母の最終学歴ダミー、教員属性変数として修士号保有ダミー、性別ダミー、教員の教職年数(一乗項、二乗項)、生徒に対する試験の頻度ダミー、学校属性変数として学年生徒数(一乗項、二乗項、三乗項)、学級生徒数(一乗項、二乗項、三乗項)、経済的に恵まれない生徒の割合ダミー、学校所在地自治体人口ダミーが含まれている。また、学校質問紙、教員質問紙、生徒質問紙の回答が欠損していた場合にそれぞれ「1」をとる3種類の欠損値ダミーを用いる。 ε は誤差項であり、他の説明変数とは独立であることを仮定している。

4. 実証分析

4.1. データ

本研究で使用するデータは、2003年、2007年、2011年に実施されたTIMSS調査の日本の公立中学校生徒別結果である。日本の私立・国立の学校や諸外国のデータは教員と児童生徒のマッチングの内生性の影響が大きいと考えられるため除外する。

TIMSS調査は国際教育達成度評価学会(IEA)が実施している調査であり、算数・数学教育及び理科教育を世界的な規模で改善するために各国の児童生徒の成績の動向を測定し各国の教育制度の差異を研究する目的で計画されている。日本では全国の小学4年生と中学2年生に対して4年おきに実施されている。実施時期は2月から3月である。調査対象生徒の抽出は学校基本調査をもとにした層化二段階抽出法がとられており、第一段階で地域類型別、学校種別に層化して学校が無作為に抽出され、第二段階で各学校から学級が無作為抽出されている。

調査内容は第4学年と第8学年の児童生徒の算数・数学及び理科の「問題」、「児童生徒質問紙」、担当教員を対象とした「教師質問紙」、及び、校長を対象とした「学校質問紙」から構成されており、これらの調査結果は児童生徒を最小単位として連結可能である。本研究で着目する中学校の理科教員の専攻分野については、理科担当教員に対する教師質問紙のなかで「高等学校卒業後の教育機関での、あなたの専攻あるいは専門は何でしたか」との質問に対して、「生物学」、「物理学」、「化学」、「地学」、「理科教育」、「数学」、「数学教育」、「教育学」、「その他」の項目が設けられており、それぞれに対して「はい」、「いいえ」のいずれかで回答する形式になっている。各専攻分野の項目ごとに対して回答する形式になっており、専攻分野を複数選択することも可能になっている。

本研究では被説明変数として実施年度に関わらず生徒間で比較可能な学力の推定値であるPlausible Values(PVs)を用いる。TIMSS調査の問題は調査すべき学習領域を偏りなく出題するため10数種類の問題冊子が用意され、生徒ごとに1種類が割り当てられる。その結果は項目反応理論(IRT)を用いることでPVsとして与えられる。PVsは1995年に実施されたTIMSS調査の国際平均500、標準偏差100とした分布モデルにおける推定値であり、1人の生徒に対して5つのPVsが与えられている。本研究ではTIMSSの実施機関であるIEAが推奨する推定方法に従い、各統計量を各PVの組ごとに推定しそれらの統計量を平均した統計量について報告する⁵([TIMSS & PIRLS International Study Center, 2012](#))。

次に本研究で用いるデータセットの留意点について述べる。本研究では1学級を複数教員が担当している場合、以下の方法に従い、一部の教員データを除外し1学級に対して1人の教員が割り当てられるように調整した。第一に、授業時数が異なる場合は主担当の教員が残るように授業時数が少ない教員を削除した。第二に、授業時数が等しい場合は一方を無作為に削除した。なお、本研究に用いる公立中学校399学級中13学級で複数教員が1学級を担当しているケースが確認された。また、本研究では欠損値補正を行っている。具体的には、教員の性別ダミー、生徒に対する試験の頻度ダミー、経済的に恵まれない生徒の割合ダミー、蔵書数ダミーが欠損している場合は、欠損データの調査年度における中央値で補正した。教職年数、学年生徒数、学級生徒数が欠損している場合は欠損データの調査年度における平均値で補正した。両親の最終学歴が欠損している場合は、生徒が両親の学歴を知らなかったと仮定し、選択肢の1つである「わからない」というカテゴリーに

⁵ 推定には [Macdonald \(2014\)](#) によって書かれた Stata の “pv” コマンドを用いた。

入れてダミー変数で処理をした。なお、本研究で着目している専攻分野ダミーについては、以下の例外を除き欠損していても補正していない。例外として、専攻分野に関する質問の一部に回答しているにもかかわらず他の部分の回答が欠損している場合(例えば、生物学を専攻したと回答しているにもかかわらず、生物学以外の専攻に関する問いが未回答の場合)、未回答の分野は専攻していないと仮定し欠損値を0に置き換えた。

表 4-1、4-2、4-3 は理科教員属性、学校属性、生徒・家庭属性の記述統計量である。表 4-1 の理科教員属性のうち「自然科学専攻」の教員とは専攻分野に関する質問に対して、生物学、物理学、化学、地学のいずれかを選択した教員を指しており、その割合は 89.7%であることが確認できる。

表 4-1 記述統計量 (理科教員)

	サンプル サイズ	平均値	標準偏差	最小値	最大値
自然科学専攻	399	0.897	0.304	0	1
修士号の保有	399	0.113	0.317	0	1
女性	399	0.180	0.385	0	1
教職年数	399	17.45	10.08	1	41
理科のテストの実施					
週に1回くらい	399	0.035	0.184	0	1
月に2回くらい	399	0.093	0.290	0	1
月に1回くらい	399	0.321	0.467	0	1
年に数回	399	0.549	0.498	0	1

表 4-2 記述統計量 (学校)

	サンプル サイズ	平均値	標準偏差	最小値	最大値
学年生徒数	388	161.20	72.91	4	384
クラス生徒数	388	34.312	4.798	4	41
経済的に恵まれない家庭 の生徒の割合					
0-10%	388	0.554	0.498	0	1
11-25%	388	0.343	0.475	0	1
26-50%	388	0.090	0.287	0	1
50%以上	388	0.013	0.113	0	1
学校所在自治体の人口					
500,001人以上	388	0.229	0.421	0	1
100,001-500,000人	388	0.397	0.490	0	1
50,001-100,000人	388	0.152	0.360	0	1
15,001-50,000人	388	0.157	0.364	0	1
3,001-15,000人	388	0.059	0.236	0	1
3,000人以下	388	0.005	0.072	0	1

表 4-3 記述統計量 (生徒・家庭)

	サンプル サイズ	平均値	標準偏差	最小値	最大値
女子	12047	0.493	0.500	0	1
生月					
4月-6月	12047	0.255	0.436	0	1
7月-9月	12047	0.261	0.439	0	1
10月-12月	12047	0.251	0.433	0	1
1月-3月	12047	0.234	0.423	0	1
家庭の蔵書数					
0-10冊	12047	0.145	0.352	0	1
11-25冊	12047	0.226	0.418	0	1
26-100冊	12047	0.321	0.467	0	1
101-200冊	12047	0.161	0.367	0	1
200冊以上	12047	0.148	0.355	0	1
母親の最終学歴					
中学校	12047	0.027	0.163	0	1
高等学校	12047	0.333	0.471	0	1
専門学校、高専、短期大学	12047	0.198	0.398	0	1
大学校	12047	0.001	0.029	0	1
大学	12047	0.148	0.355	0	1
大学院	12047	0.005	0.070	0	1
わからない	12047	0.286	0.452	0	1
父親の最終学歴					
中学校	12047	0.041	0.197	0	1
高等学校	12047	0.271	0.445	0	1
専門学校、高専、短期大学	12047	0.066	0.248	0	1
大学校	12047	0.003	0.055	0	1
大学	12047	0.258	0.437	0	1
大学院	12047	0.013	0.111	0	1
わからない	12047	0.348	0.476	0	1

4.2. 自然科学を専攻した理科教員の学校配置傾向

ここでは自然科学を専攻した理科教員の学校配置と関係している諸要因を確認する。教員の学校配置は各教育委員会でさまざまな事項が考慮された上で判断されていると考えられるが、それらの考慮事項は生徒の学力形成に影響を与える可能性がある。そのため自然科学専攻の理科教員の学校配置と生徒の学力形成の両者に影響を及ぼす諸要因を共変量として制御しなければ、推定結果にバイアスが生じることになる。そこで以下では、自然科学を専攻した理科教員の学校配置に関係している諸要因を確認する。

表 4-4—列(1)は自然科学専攻ダミーを観測可能な主な学校属性変数に回帰した結果であるが、人口規模 3,001-15,000 人および人口規模 3,000 以下の自治体に所在する学校は、人口規模 10-50 万人の自治体に所在する学校と比べて自然科学を専攻した理科教員の割合が小さく、10%有意水準以下で統計的に有意であることが確認できる。図 4-1、4-2 は自然科学を専攻した理科教員とそうではない理科教員の学校所在自治体の人口規模に対する分布であるが、人口規模 10 万-50 万の自治体に所在する学校に配置している理科教員に占める自然科学専攻教員の割合は 160 名中 145 名 (90.6%) に対し、人口規模 3,001-15,000 人、3,000 以下の自治体に所在する学校における同割合はそれぞれ 23 名中 18 名 (78.3%)、2 名中 1 名 (50%) であり、小規模自治体では理科教員に占める自然科学専攻教員の割合が相対的に小さいことが確認できる。人口規模 3,000 以下の自治体に所在する

学校についてはサンプルが極めて少なく偶然の可能性を排除できない点には留意する必要があるが、この結果の背景には一部の小規模自治体では理科教員の確保が困難な状況があり、免許外教科担任制度等を用いて他教科の教員が理科を教えている可能性などが考えられる。

次に学校所在自治体の人口規模 15,000 人以下のサンプルを除外した場合に、自然科学専攻の理科教員の学校配置と関係している要因があるかを同様の方法で確認する。表 4-4—列(2)はその結果を示したものであるが、自然科学専攻と統計的に有意な関係にある要因は確認されなかった。

以上の結果からは、学校所在自治体の人口規模は自然科学専攻の理科教員配置と生徒の学力形成の両者に関係している可能性があるため、理科教員の自然科学専攻と理科のテストスコアとの統計的関係を推定する際には、学校所在自治体の人口規模を共変量として用いる必要性が示唆された。一方、学校所在自治体の人口規模以外の観測可能な学校属性変数と自然科学専攻との間には統計的に有意な関係は確認されなかったことから、理科教員の学校配置については少なくとも学校規模、学級規模、学校所在地域の社会的経済的要因とは関係していないことが示唆された。

表 4-4 自然科学を専攻した教員の学校配置傾向

被説明変数: 自然科学専攻ダミー	(1)	(2)
	(N=399)	(N=374)
学年生徒数	-0.002 (0.003)	-0.001 (0.003)
学年生徒数の2乗 / 10,000	0.114 (0.143)	0.068 (0.148)
学年生徒数の3乗 / 10,000,000	-2.102 (2.527)	-1.310 (2.567)
学級生徒数	0.038 (0.058)	0.049 (0.060)
学級生徒数の2乗 / 100	-0.214 (0.243)	-0.249 (0.242)
学級生徒数の3乗 / 10,000	0.317 (0.313)	0.349 (0.310)
経済的に恵まれない家庭の生徒の割合 (reference: 0-10%)		
11-25%	0.002 (0.034)	-0.005 (0.034)
26-50%	0.059 (0.057)	0.048 (0.056)
50%以上	0.106 (0.146)	0.066 (0.157)
家庭の蔵書数の学校別平均 (reference: 26-100冊)		
0-10冊	-0.023 (0.224)	-0.009 (0.227)
11-25冊	-0.137 (0.231)	-0.243 (0.231)
101-200冊	-0.075 (0.257)	-0.146 (0.252)
200冊以上	0.180 (0.237)	0.001 (0.239)
学校が所在する自治体の人口 (reference: 100,001-500,000人)		
500,001人以上	-0.036 (0.041)	-0.035 (0.039)
50,001-100,000人	0.014 (0.048)	0.014 (0.047)
15,001-50,000人	0.016 (0.047)	0.013 (0.046)
3,001-15,000人	-0.135* (0.075)	
3,000人以下	-0.583** (0.242)	
定数項	0.926** (0.446)	0.857* (0.475)
自由度調整済み決定係数	-0.007	-0.026

注1) 括弧内は標準誤差

注2) *p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.01

図 4-1 自然科学を専攻した教員の学校所在自治体の人口規模に対する分布

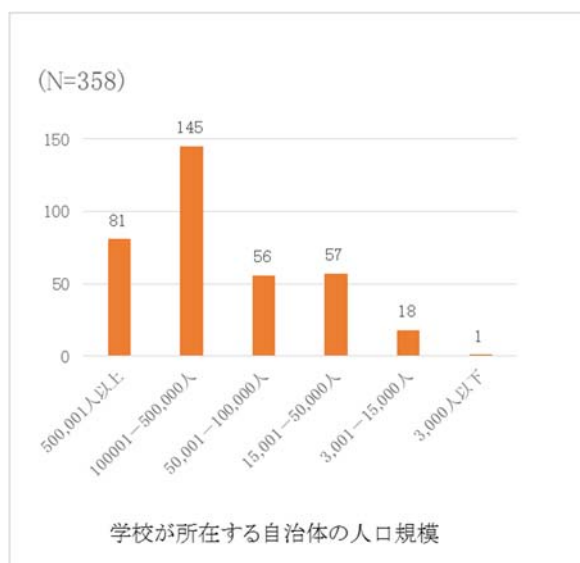
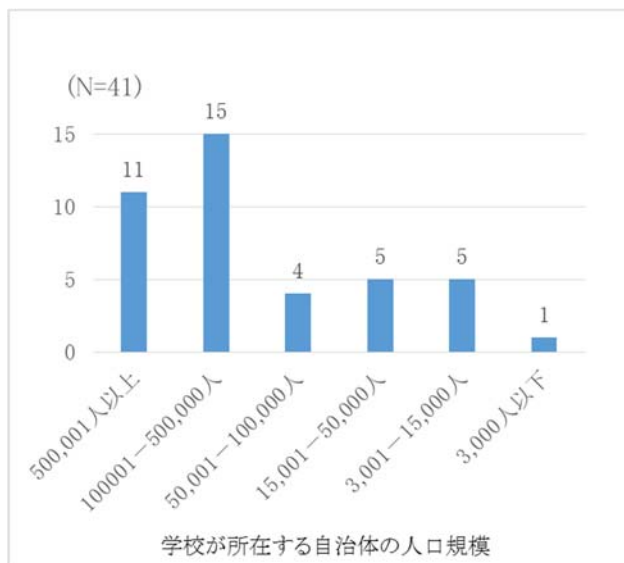


図 4-2 自然科学を専攻していない教員の学校所在自治体の人口規模に対する分布



4.3. 自然科学専攻と理科のテストスコアとの統計的関係の推定結果 (OLS 分析)

ここでは推定式 (I) による理科教員の自然科学専攻と理科のテストスコアとの統計的関係の推定結果について報告する⁶。なお、推定値の検定には学級内での誤差項の相関を許したクラスタリングを考慮している。

表 4-5—列 (1) は全サンプルを用いて推定式 (I) による推定結果をまとめたものである。自然科学専攻ダミーに着目すると、理科教員が自然科学を専攻していた場合はそうでない場合に比べて理科のテストスコアが平均的に 5.275 ポイント高く、その差は 10% 有意水準で統計的に有意であることが確認できる。なお、この 5.275 ポイントは教職年数の推定値をもとに換算すると 7.9 年分に相当する。また、教職年数に着目すると、理科のテストスコアに対して一次項が正、二次項が負であり、有意水準 5% 以下で統計的に有意であることが確認できる。推定結果をもとに教職年数の限界効果を算出すると、教職年数が 17 年までは正、それ以降は負になることがわかった。表 4-5—列 (2) は学校所在自治体の人口規模 15,000 人以下のサンプルを除外した上で推定式 (I) による推定結果をまとめたものであるが、自然科学専攻ダミーの推定結果は列 (1) と同様の結果となった。

⁶ 教育生産関数に投入したすべての変数の推定値は付表 1 を参照。

表 4-5 自然科学専攻と理科のテストスコアの統計的関係の推定結果(OLS 分析)

被説明変数:	(1)	(2)
science plausible values	N=12,407	N=11,328
教員属性		
自然科学専攻	5.275 * (2.885)	5.631 * (3.081)
修士号の保有	-3.409 (3.492)	-2.895 (3.469)
女性教員	2.218 (2.532)	2.238 (2.620)
教職年数		
一次項	0.865 ** (0.345)	0.709 ** (0.358)
二次項	-0.025 *** (0.009)	-0.020 ** (0.010)
生徒に対する試験の頻度 (reference: 1週間に1回程度)		
2週間に1回程度	-9.411 (5.994)	-12.054 ** (5.563)
1か月に1回程度	-7.543 (4.877)	-11.610 *** (4.246)
1年に数回	-6.708 (4.676)	-9.520 ** (4.001)

注1) 括弧内は学級内で誤差項の相関を許すようにクラスターリングを考慮した標準誤差。

注2) 共変量として、表1-1、1-2、1-3の教員属性変数、学校属性変数、生徒・家庭属性変数を投入。

注3) 年度固定効果を制御。

注4) 欠損値ダミー(学校、教員、生徒の3種類)を投入。

注5) * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

4.4. 頑健性の確認

推定式 (I) による推定結果より、自然科学専攻と理科のテストスコアと間には正の統計的関係が確認されたが、TIMSS の教師質問紙の形式上、教員の専攻分野については複数分野を選択することが可能になっている。そのため自然科学を専攻したと回答した教員の一部は他分野も専攻したと回答しており、自然科学専攻と理科のテストスコアとの正の統計的関係には他分野専攻の影響も混在している。そこで以下では、自然科学専攻と理科のテストスコアの正の統計的関係の頑健性を確認する。

まず専攻分野に関する回答状況を整理すると表 4-6 の通りになる。自然科学を専攻した教員は全体の 89.7%、理科教育を専攻した教員は 35.8%、教育学を専攻した教員は 18.3%、その他を専攻した教員は 14.0%であり、各専攻分野ダミーの平均値の総和が 1 を超えており、複数分野を専攻した教員が一定程度存在することが確認できる。次に回答類型を整理すると表 4-7 の通りになる。「自然科学」のみを専攻したと回答した教員は全体の 52.9%、「理科教育」のみを専攻したと回答した教員は 3.5%、「教育学またはその他」のみを専攻したと回答した教員は 5.5%であり、残りの 38%の教員は複数分野を専攻したと回答している。

自然科学専攻と理科のテストスコアの正の統計的関係の頑健性を確認する第一のアプローチとして、表 4-7 の専攻分野の回答類型に基づき、教員を以下の 3 つのグループに分類した上で、専攻分野と理科のテストスコアとの統計的関係を推定する。具体的には、(a) 自然科学&理科教育専攻(表

3-3の「自然科学と理科教育」、「自然科学と理科教育と教育学・その他」と回答した教員)、(b)自然科学&非理科教育専攻(表4-7の「自然科学のみ」、「自然科学と教育学・その他」と回答した教員)、(c)非自然科学専攻(表4-7の「理科教育のみ」、「教育学・その他のみ」、「理科教育と教育学・その他」と回答した教員)に分類する。表4-8はこれらの3つのグループの記述統計を示したものであるが、自然科学&理科教育専攻は31.1%、自然科学&非理科教育専攻は58.6%、非自然科学専攻は10.3%であり、その総和が1となっていることから各教員が過不足なくいずれかのグループに属していることが確認できる。

表4-9は表4-8に示した専攻分野ダミーを用いて推定式(I)による推定結果をまとめたものである。結果を確認すると、自然科学&理科教育専攻の教員グループは非自然科学専攻の教員グループと比べて理科のテストスコアが平均的に5.633ポイント高く、その差は10%有意水準で統計的に有意であることが確認できる。同様に、自然科学&非理科教育専攻の教員グループは非自然科学専攻の教員グループと比べて理科のテストスコアが平均的に5.081ポイント高く、その差は10%有意水準で統計的に有意であることが確認できる。以上の結果は、自然科学専攻が含まれているグループは含まれていないグループよりも理科のテストスコアが統計的に有意に高いことが確認できるため、表4-5で確認された自然科学専攻と理科のテストスコアとの正の統計的関係を支持するものといえる。

自然科学専攻と理科のテストスコアの正の統計的関係の頑健性を確認する第二のアプローチとして、複数分野を専攻したと回答した教員のデータを削除し、自然科学専攻のみ、理科教育専攻のみ、教育学・その他専攻のみのサンプルに限定して推定式(I)による推定を行う。表4-10は専攻分野が複数ある教員データを削除したときの専攻分野に関する記述統計であり、表4-11は表4-10の専攻分野ダミーを用いた推定式(I)による推定結果をまとめたものである。表4-11より、理科の教員が自然科学のみを専攻した場合は理科教育のみ及び教育学・その他のみを専攻した場合に比べて理科のテストスコアが平均的に5.975ポイント高く、その差は10%有意水準で統計的に有意であることが確認できる。以上の結果は、表4-5で確認された理科教員の自然科学専攻と理科のテストスコアとの正の統計的関係を支持するものといえる。

表4-6 理科教員の専攻分野に関する記述統計

専攻分野ダミー	サンプル サイズ	平均値	標準偏差	最小値	最大値
自然科学専攻	399	0.897	0.304	0	1
理科教育専攻	399	0.358	0.480	0	1
教育学専攻	399	0.183	0.387	0	1
その他の専攻	399	0.140	0.348	0	1

表 4-7 専攻分野に関する回答類型別の記述統計

専攻分野ダミー	サンプル サイズ	平均値	標準偏差	最小値	最大値
自然科学のみ	399	0.529	0.500	0	1
理科教育のみ	399	0.035	0.184	0	1
教育学・その他のみ	399	0.055	0.229	0	1
自然科学と理科教育	399	0.153	0.360	0	1
自然科学と教育学・その他	399	0.058	0.233	0	1
理科教育と教育学・その他	399	0.013	0.111	0	1
自然科学と理科教育と教育学・その他	399	0.158	0.365	0	1

表 4-8 専攻分野による教員の分類とその記述統計

専攻分野ダミー	サンプル サイズ	平均値	標準偏差	最小値	最大値
自然科学&理科教育専攻 ('自然科学と理科教育'、 '自然科学と理科教育と教 育学・その他')	399	0.311	0.463	0	1
自然科学&非理科教育専攻 ('自然科学のみ'、'自然科 学と教育学・その他')	399	0.586	0.493	0	1
非自然科学専攻 ('理科教育のみ'、'教育 学・その他のみ'、'理科教 育と教育学・その他')	399	0.103	0.304	0	1

表 4-9 頑健性の確認① (OLS 分析)

被説明変数: science plausible values	N=12,407
教員属性	
専攻分野 (reference: 非自然科学専攻)	
自然科学&理科教育専攻	5.633 * (3.166)
自然科学&非理科教育専攻	5.081 * (2.984)
修士号の保有	-3.582 (3.575)
女性教員	2.238 (2.538)
教職年数	
一次項	0.881 ** (0.351)
二次項	-0.025 *** (0.010)
生徒に対する試験の頻度 (reference: 1週間に1回程度)	
2週間に1回程度	-9.321 (6.022)
1ヵ月に1回程度	-7.481 (4.873)
1年に数回	-6.614 (4.663)

注1) 括弧内は学級内で誤差項の相関を許すようにクラスタリングを考慮した標準誤差。

注2) 共変量として、表1-1、1-2、1-3の教員属性変数、学校属性変数、生徒・家庭属性変数を投入。

注3) 年度固定効果を制御。

注4) 欠損値ダミー(学校、教員、生徒の3種類)を投入。

注5) *p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.01

表 4-10 専攻分野に関する記述統計(複数分野を専攻したと回答をした教員を除く)

専攻分野ダミー	サンプル サイズ	平均値	標準偏差	最大値	最小値
自然科学のみ	247	0.854	0.354	0	1
理科教育のみ	247	0.057	0.232	0	1
教育学・その他のみ	247	0.089	0.285	0	1

表 4-11 頑健性の確認② (OLS 分析)

被説明変数: science plausible values	N=7,452
教員属性	
専攻分野	
自然科学のみ専攻	5.975 * (3.398)
修士号の保有	-1.648 (5.401)
女性教員	1.641 (3.378)
教職年数	
一次項	0.965 * (0.545)
二次項	-0.026 * (0.016)
生徒に対する試験の頻度 (reference: 1週間に1回程度)	
2週間に1回程度	-11.449 * (6.166)
1ヶ月に1回程度	-9.580 ** (4.718)
1年に数回	-7.889 * (4.515)

注1) 括弧内は学級内で誤差項の相関を許すようにクラスタリングを考慮した標準誤差。
 注2) 共変量として、表1-1、1-2、1-3の教員属性変数、学校属性変数、生徒・家庭属性変数を投入。
 注3) 年度固定効果を制御。
 注4) 欠損値ダミー(学校、教員、生徒の3種類)を投入。
 注5) *p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.01

4.5. 若手教員に限定した推定結果

本研究では日本の公立学校は学区制と教員の人事ローテーションシステムにより、生徒は教員を選ぶことが困難であり、教員も生徒を選ぶことが困難な状況になっていることを想定している。しかし教員の学校配置にあたっては、本人の希望が一定程度斟酌されている可能性も否定できず、その場合、教員と生徒のマッチングの内生性の影響が大きくなる可能性がある。そこで、教員の学校配置の際に本人の希望が斟酌されにくいサンプルを用いることで、自然科学専攻と理科のテストスコアとの正の統計的関係の頑健性について確認する。具体的には、学校配置転換を経験していない可能性が高く、現任校が本人の希望によらず決定されている可能性が高いと考えられる若手教員(教職年数が6年以内)にサンプルを限定して推定式(I)による推定を行う。

表 4-12 一列(a)は公立学校の理科教員(表 4-1 に同じ)、列(b)は公立学校の教職年数が6年以内の理科教員の記述統計であるが、両者の自然科学専攻率は同程度であることが確認できる。表 4-13 は表 4-12 に示した列(a)、(b)のサンプルを用いた推定式(I)による推定結果をまとめたものである。表 4-13 一列(b)より、教職年数が6年以内の教員にサンプルを限定した場合であっても、自然科学を専攻していた場合はそうでない場合に比べて理科のテストスコアが平均的に 10.848 ポイント高く、その差は 10%有意水準で統計的に有意であることが確認できる。また、その係数値は公立学校の理科教員全体のデータで推定した列(a)の係数値 5.275 よりも大きいことが確認できる。

表 4-12 理科教員(全体と教歴6年以内)の記述統計

	(a) 公立学校教員					(b) 公立学校教員(教歴6年以内)				
	サンプル サイズ	平均値	標準偏差	最大値	最小値	サンプル サイズ	平均値	標準偏差	最大値	最小値
自然科学専攻	399	0.897	0.304	0	1	93	0.882	0.325	0	1
修士号の保有	399	0.113	0.317	0	1	93	0.161	0.370	0	1
女性	399	0.180	0.385	0	1	93	0.333	0.474	0	1
教職年数	399	17.451	10.080	1	41	93	3.441	1.605	1	6
理科のテストの実施頻度										
週に1回くらい	399	0.035	0.184	0	1	93	0.065	0.247	0	1
月に2回くらい	399	0.093	0.290	0	1	93	0.054	0.227	0	1
月に1回くらい	399	0.321	0.467	0	1	93	0.312	0.466	0	1
年に数回	399	0.549	0.498	0	1	93	0.559	0.499	0	1

表 4-13 若手教員に限定した推定結果 (OLS 分析)

被説明変数: science plausible values	(a) 公立学校教員	(b) 公立学校教員 (教歴6年以内)
	N=12,407	N=2,787
教員属性		
自然科学専攻	5.275 * (2.885)	10.848 * (5.802)
修士号の保有	-3.409 (3.492)	-9.700 (7.454)
女性教員	2.218 (2.532)	0.487 (3.811)
教職年数		
一次項	0.865 ** (0.345)	-1.960 (7.102)
二次項	-0.025 *** (0.009)	-0.005 (0.961)
生徒に対する試験の頻度 (reference: 1週間に1回程度)		
2週間に1回程度	-9.411 (5.994)	-6.588 (9.638)
1か月に1回程度	-7.543 (4.877)	-9.700 (8.305)
1年に数回	-6.708 (4.676)	-3.965 (6.382)

注1) 括弧内は学級内で誤差項の相関を許すようにクラスターリングを考慮した標準誤差。

注2) 共変量として、表1-1、1-2、1-3の教員属性変数、学校属性変数、生徒・家庭属性変数を投入。

注3) 年度固定効果を制御。

注4) 欠損値ダミー(学校、教員、生徒の3種類)を投入。

注5) *p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.01

4.6. 分位点回帰分析による推定結果

推定式 (I) による推定結果からは、自然科学専攻と理科のテストスコアの間には正の統計的関係が確認されたが、その関係は生徒の学力水準によって異なる可能性が考えられる。たとえば、自然科学専攻の教員がそうではない教員よりも生徒の科学的興味や関心を高め学習意欲を向上させる指導方法を頻繁に行っていた場合、もともと学習意欲が高い生徒の割合が大きいと考えられる高学力層の生徒よりも、学習意欲が低い生徒の割合が大きいと考えられる低学力層の生徒に対する影響が相対的に大きくなるかもしれない。あるいは、自然科学専攻の教員がそうではない教員よりも

発展的な内容を頻繁に教えていた場合、低学力層の生徒よりも高学力層の生徒に対する影響が相対的に大きくなるかもしれない。そこで推定式(Ⅱ)に基づく分位点回帰分析により、いくつかの分位点において自然科学専攻と理科のテストスコアとの統計的関係について推定し、生徒の学力水準による違いについて確認した。表4-14は推定式(Ⅱ)による結果をまとめたのであるが⁷、自然科学専攻と理科のテストスコアの正の関係は分位点が高くなるについて小さくなる傾向があり、0.1分位点において統計的に有意な関係があることが確認できる。

表4-14 推定式(Ⅱ)による教員属性と理科のテストスコアとの統計的関係の推定結果(分位回帰分析)

被説明変数: science plausible values	N=12,407				
	(1) 分位点 (0.10)	(2) 分位点 (0.25)	(3) 分位点 (0.50)	(4) 分位点 (0.75)	(5) 分位点 (0.90)
教員属性					
自然科学専攻	7.740 * (4.451)	4.993 (4.020)	4.993 (3.027)	4.384 (3.092)	3.850 (3.452)
修士号の保有	-6.509 (5.586)	-4.137 (3.553)	-3.615 (2.671)	-1.467 (3.925)	-2.743 (3.822)
女性教員	5.349 (3.916)	3.872 (3.183)	0.900 (2.295)	-0.488 (3.046)	0.560 (3.830)
教職年数					
一次項	1.421 *** (0.451)	1.215 ** (0.475)	0.704 ** (0.324)	0.539 (0.353)	0.504 (0.374)
二次項	-0.043 *** (0.012)	-0.038 *** (0.012)	-0.020 ** (0.008)	-0.012 (0.010)	-0.011 (0.010)
生徒に対する試験の頻度 (reference)週間に1回程度)					
2週間に1回程度	-16.466 (9.903)	-13.537 ** (6.809)	-8.153 (5.466)	-7.398 (7.352)	-6.858 (6.486)
1ヵ月に1回程度	-16.018 ** (7.264)	-11.255 * (6.175)	-5.800 (4.514)	-4.211 (5.929)	-1.860 (5.586)
1年に数回	-16.457 ** (6.860)	-11.519 * (6.006)	-5.954 (4.460)	-3.272 (5.619)	-0.969 (5.776)

注1)括弧内は標準誤差。

注2)共変量として、表1-1、1-2、1-3の教員属性変数、学校属性変数、生徒・家庭属性変数を投入。

注3)年度固定効果を制御。

注4)欠損値ダミー(学校、教員、生徒の3種類)を投入。

注5) *p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.01

⁷ 教育生産関数に投入したすべての変数の推定値は付表2を参照。

5. ディスカッション

以上の結果から、理科教員の自然科学専攻と理科のテストスコアとの間には正の統計的關係があること、さらに、その關係は低学力層の生徒に強く見られることが確認された。ここではこのような關係性が確認された背景について考察する。

理科教員の専攻分野の違いは教員の理科に関する専門的知識や技術の程度の差につながっていると考えられ、その差が学校現場では学習指導の質の差として現れている可能性がある⁸。たとえば、専門的知識や技術が不足しているために、教える内容に誤りが多い、児童生徒の質問に正確に答えることができない、場当たりの授業を行う、実験を行う頻度が少ないなど、専門的知識や技術の程度の差が何らかの形で生徒に対する学習指導の違いとして現れているかもしれない。そこで学習指導方法に関して、自然科学を専攻した教員とそうではない教員との間にどのような違いがあるかを t 検定により確認した。

表 5 はその結果を示したものであるが、自然科学を専攻した教員はそうではない教員に比べて、「生徒が理科で学んだことを日常生活に結びつける指導」を半数以上の授業で実施している割合が大きく、その差は 5% 有意水準で統計的に有意であることが確認できる。この結果からは、自然科学専攻と理科のテストスコアとの正の統計的關係が確認された背景の一つとして、指導方法の違いが関係している可能性が考えられる。理科は身近なものや現象を観察・実験し、その過程や得られた結果について考察するなかで科学的な見方や考え方を育成するという特徴があるが、自然科学を専攻した教員は自身の専門性を活かして学習内容を生徒にとって身近な日常生活に結びつける指導を頻繁に行った結果、生徒の科学的関心や興味が効果的に高められ、理科の学力向上、特に学力下位層の生徒の学力向上に寄与した可能性が考えられる。

⁸ 自然科学専攻ダミーが理科の内容に対する専門性だけではなく、大学入試などを通じて本データでは観測できない教員の能力を反映しており、その差が学習指導の質の差につながっている可能性を完全に排除することはできない。しかしながら、TIMSS2011 の教員質問紙に設けられた教員の資質能力に関連しそうな項目に着目し t 検定を行ったところ、公立中学校の理科教員の自然科学専攻の有無と統計的に有意に関係している項目はほとんど確認されなかった（詳細は付表 3 参照）。なお、これらの質問項目は TIMSS2003、2007 には設けられていないため、TIMSS2011 のみのサンプルに限った分析を行っている。

表5 自然科学を専攻した教員と自然科学を専攻していない教員の指導方法の違い (t 検定)

項目	(a) 理科教員 全体 (N=397)		(b) 自然科学 非専攻教員 (N=41)		(c) 自然科学 専攻教員 (N=356)		(c) - (b)	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均差	標準誤差
<i>指導方法</i>								
生徒が理科で学んだことを日常生活に結びつける 半分くらい以上の授業で実施	0.544	(0.499)	0.366	(0.488)	0.565	(0.026)	0.199	(0.082) **
教師が実験や調査を行うところを見る 半分くらい以上の授業で実施	0.380	(0.486)	0.488	(0.506)	0.368	(0.483)	-0.120	(0.080)
実験や調査の設計や計画を行う 半分くらい以上の授業で実施	0.317	(0.466)	0.390	(0.494)	0.309	(0.463)	-0.081	(0.077)
実験や調査を行う 半分くらい以上の授業で実施	0.758	(0.429)	0.780	(0.419)	0.756	(0.430)	-0.025	(0.071)
<i>理科のテストの頻度</i>								
週に1回くらい	0.035	(0.184)	0.073	(0.264)	0.031	(0.173)	-0.042	(0.030)
月に2回くらい	0.093	(0.290)	0.049	(0.218)	0.098	(0.297)	0.049	(0.048)
月に1回くらい	0.321	(0.467)	0.293	(0.461)	0.324	(0.469)	0.031	(0.077)
年に数回	0.549	(0.498)	0.561	(0.502)	0.547	(0.498)	-0.013	(0.082)

注1) * p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.01

6. おわりに

本研究は次代の科学技術イノベーション活動を担う人材の育成・確保の観点から、義務教育段階における理科教員に着目し、理科教員属性のうち自然科学専攻と生徒の理科の教育成果との間の統計的関係を明らかにした。教員属性が教育成果に与える影響を推定する上では、教員と生徒のマッチングにおける内生性の問題に対処することが求められるが、本研究では日本の公教育システムである学区制及び教員の人事ローテーションシステムに着目し、生徒と教員のマッチングの内生性の影響が比較的弱いと考えられる日本の公立学校のデータを用いることで、自然科学専攻と中学2年生の理科のテストスコアとの統計的関係を推定した。

2003年、2007年、2011年に実施されたTIMSS調査の生徒別データをプールして推定した結果、教員が自然科学を専攻していた場合はそうでない場合と比べて理科のテストスコアが統計的に有意に高いことが確認された⁹。また、教歴は理科のテストスコアと統計的に有意な関係があることも確認された。次に、分位点回帰分析を行ったところ、自然科学専攻と理科のテストスコアの正の関係は学力下位層の生徒に対して相対的に強いことが確認された。さらに、自然科学を専攻した理科教員とそうではない理科教員の指導方法の違いについてt検定により確認したところ、自然科学を専攻した教員は「生徒が理科で学んだことを日常生活に結びつける指導」を半数以上の授業で実施している割合が統計的に有意に大きいことが確認された。そのため、自然科学専攻と理科のテストスコアの正の統計的関係の背景には、専門的知識や技術の程度の差が指導方法の違いとして現れている可能性が示唆された。

最後に本研究の政策的含意について述べる。本研究では自然科学を専攻した理科教員と生徒の理科の学力との間には正の統計的関係が確認されたが、自然科学を専攻した理科教員は理科教員全体のおよそ9割を占めていることから、この結果は残りの1割の自然科学非専攻の理科教員と生徒の理科のテストスコアとの間に負の統計的関係があることを意味している。そのため、中学生の理科の学力向上の観点からは、現職の中学校理科教員の理科に関する専門的知識や技術の程度を把握し、適切に学習指導を実施する上で専門性を有していない教員が確認された場合には、自然科学に対する専門性を深める機会を提供することが望ましい。特に、教職経験の浅い若手の理科教員が自然科学を専攻していなかった場合には理科のテストスコアとの負の統計的関係が大きかったことから、そのような教員には優先的に対応することが望ましいと考えられる。また、理科教員の採用プロセスにおいては、自然科学の専門的知識や技術を有した人材を採用できるように試験のあり方を検討することも有益であろう。また、人口規模が小さい自治体に所在する学校では、自然科学を専攻した理科教員の配置割合が他の自治体に比べて小さかったことから、小規模自治体の学校における自然科学の専門性を有した理科教員の確保は、その効率性にも配慮しつつ、教育機会の公平性という観点からも適切な対応がとられる必要があると考えられる。

今後、少子高齢化・生産年齢人口減少が進むなかで、政府では国民一人ひとりの労働生産性を高めるためのさまざまな施策が検討されているが、義務教育段階における理科教育の質の向上は科学技

⁹ なお、私立及び国立学校(本研究で用いたデータセットでは私立及び国立学校の理科教員は全サンプルが自然科学を専攻している)を含めたデータセットを用いて同様の推定を行った結果、公立学校のみデータセットを用いた場合よりも自然科学専攻と理科のテストスコアの正の統計的関係は強くなった。この結果は、私立及び国立学校のサンプルを含めると、入学試験等を通して高学力の生徒が自然科学専攻の理科教員が配置されている私立及び国立学校を選択することによるセレクションバイアスが働いている可能性を示唆している。

術イノベーション活動を担う人材の育成・確保の点で最も重要な施策の一つであろう。将来を担う人材である子どもたちの科学技術に対するリテラシーを向上させるために学校教育の果たす役割は大きい。本研究がその目的を効果的に達成するための一助となるのであれば我々の本望である。

参考文献

- Altonji, J. G., Arcidiacono, P., & Maurel, A. (2016). "The analysis of field choice in college and graduate school: Determinants and wage effects." *Handbook of the Economics of Education*, 5, 305-396.
- Coleman, James S., Ernst Q. Campbell, Carol J. Hobson, James McPartland, Alexander M. Mood, Frederic D. Weinfeld, and Robert L. York. (1966). *Equality of educational opportunity*. Washington, DC: U.S. Government Printing Office.
- Hanushek, E. A., & Rivkin, S. G. (2006). "Teacher quality." *Handbook of the Economics of Education*, 2, 1051-1078.
- Hanushek, E. A., & Rivkin, S. G. (2010). "Generalizations about using value-added measures of teacher quality." *The American Economic Review*, 100(2), 267-271.
- Harris, D. N., & Sass, T. R. (2011). "Teacher training, teacher quality and student achievement." *Journal of public economics*, 95(7), 798-812.
- Hojo, M. (2012). "Determinants of Academic Performance in Japan: An Economic Perspective." *Japanese Economy*, 39(3), 3-29.
- Hojo, M., & Oshio, T. (2012). "What factors determine student performance in East Asia? New evidence from the 2007 Trends in International Mathematics and Science Study." *Asian Economic Journal*, 26(4), 333-357.
- Kukla-Acevedo, S. (2009). "Do teacher characteristics matter? New results on the effects of teacher preparation on student achievement." *Economics of Education Review*, 28(1), 49-57.
- Krueger, A. B. (1999). "Experimental estimates of education production functions." *The quarterly journal of economics*, 114(2), 497-532.
- Macdonald, K. (2014). "PV: Stata module to perform estimation with plausible values." *Statistical Software Components*.
- Papay, J. P., & Kraft, M. A. (2015). "Productivity returns to experience in the teacher labor market: Methodological challenges and new evidence on long-term career improvement." *Journal of Public Economics*, 130, 105-119.
- Rivkin, S. G., Hanushek, E. A., & Kain, J. F. (2005). "Teachers, schools, and academic achievement." *Econometrica*, 73(2), 417-458.
- Rockoff, J. E. (2004). "The impact of individual teachers on student achievement: Evidence from panel data." *The American Economic Review*, 94(2), 247-252.
- TIMSS & PIRLS International Study Center. (2012). "TIMSS and PIRLS Achievement Scaling Methodology", Retrieved from http://timssandpirls.bc.edu/methods/pdf/TP11_Scaling_Methodology.pdf
- Wiswall, M. (2013). "The dynamics of teacher quality." *Journal of Public Economics*, 100, 61-78.
- 篠崎武久. (2008). 「教育資源と学力の関係」『平成 19 年度「全国学力・学習状況調査」分析報告書』, 千葉県検証改善委員会, 73-97.

政府. (2016). 「第 5 期科学技術基本計画」,

(引用元) <http://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/5honbun.pdf>

東京都教育委員会. (2015) 「東京都の教育 平成 27 年度版」,

(引用元) <http://www.kyoiku.metro.tokyo.jp/buka/soumu/tokyoto/zenbun.pdf>

二木美苗. (2012) 「学級規模と学力が学習参加に与える影響」, *経済分析*, 186, 30-49.

付表1 自然科学専攻と理科のテストスコアの統計的関係の推定結果(OLS分析)

被説明変数: science plausible values	(1) N=12,407	(2) N=11,328		
教員属性			学校属性	
自然科学専攻	5.275 * (2.885)	5.631 * (3.081)	学年生徒数	-0.103 (0.170) 0.043 (0.163)
修士号の保有	-3.409 (3.492)	-2.895 (3.469)	学年生徒数の2乗 / 10,000	3.453 (9.003) -3.265 (8.815)
女性教員	2.218 (2.532)	2.238 (2.620)	学年生徒数の3乗 / 10,000,000	-29.216 (146.928) 68.414 (145.543)
教職年数			学級生徒数	5.376 (4.495) 4.330 (5.414)
一次項	0.865 ** (0.345)	0.709 ** (0.358)	学級生徒数の2乗 / 100	-19.560 (18.018) -16.528 (19.750)
二次項	-0.025 *** (0.009)	-0.020 ** (0.010)	学級生徒数の3乗 / 10,000	22.675 (22.825) 19.033 (23.697)
生徒に対する試験の頻度 (reference: 1週間に1回程度)			学級生徒数の3乗 / 10,000	22.675 (22.825) 19.033 (23.697)
2週間に1回程度	-9.411 (5.994)	-12.054 ** (5.563)	経済的に恵まれない家庭の生徒 の割合 (reference: 0-10%)	
1ヵ月に1回程度	-7.543 (4.877)	-11.610 *** (4.246)	11-25%	-2.623 (2.138) -2.077 (2.185)
1年に数回	-6.708 (4.676)	-9.520 ** (4.001)	26-50%	-12.593 *** (3.550) -11.929 *** (3.559)
生徒・家庭属性			50%以上	-31.839 *** (10.598) -29.850 ** (13.378)
女子	-7.218 *** (1.337)	-7.248 *** (1.387)	学校が所在する自治体の人口 (reference: 100,001-500,000人)	
生月 (reference: 1月-3月)			500,001人以上	1.122 (2.257) 1.205 (2.279)
4月-6月	11.478 *** (1.882)	11.502 *** (1.984)	50,001-100,000人	-4.915 (3.265) -4.236 (3.274)
7月-9月	10.637 *** (2.065)	10.321 *** (2.237)	15,001-50,000人	-1.516 (2.632) -0.889 (2.592)
10月-12月	5.142 *** (1.888)	4.960 ** (1.958)	3,001-15,000人	4.726 (4.676) 9.923 (10.528)
蔵書数 (reference: 0-10冊)			3,000人以下	9.923 (10.528)
11-25冊	23.559 *** (2.463)	24.330 *** (2.616)	年度固定効果 (reference: 2003年)	
26-100冊	38.813 *** (2.435)	39.902 *** (2.558)	2011	9.037 *** (2.828) 7.866 *** (2.851)
101-200冊	48.854 *** (2.498)	50.267 *** (2.649)	2007	3.953 (2.510) 3.226 (2.603)
200冊以上	57.153 *** (2.796)	57.918 *** (2.994)	欠損値ダミー	
母親の最終学歴 (reference: 中学校または高等学校)			学校	-0.075 (6.310) 0.288 (7.145)
専門学校、高専、短期大学	14.219 *** (2.245)	13.758 *** (2.253)	教員	3.816 (3.417) 4.448 (3.823)
大学校	-38.605 (32.477)	-39.264 (32.510)	生徒	-25.685 *** (7.617) -25.846 *** (7.619)
大学	8.175 *** (2.602)	8.223 *** (2.792)	定数項	459.020 *** (36.534) 467.894 *** (50.460)
大学院	-22.322 * (11.680)	-26.483 ** (12.103)	決定係数	0.135 0.136
わからない	-1.588 (2.393)	-2.084 (2.491)	注1) 括弧内は学級内で誤差項の相関を許すようにクラスタリングを考慮した標準誤差。	
父親の最終学歴 (reference: 中学校または高等学校)			注2) *p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.01	
専門学校、高専、短期大学	10.060 *** (2.777)	11.087 *** (2.908)		
大学校	13.468 (15.380)	12.941 (15.702)		
大学	23.073 *** (2.160)	22.897 *** (2.187)		
大学院	43.135 *** (6.878)	45.187 *** (6.898)		
わからない	2.847 (2.196)	2.808 (2.247)		

付表2 推定式(Ⅱ)による教員属性と理科のテストスコアとの統計的関係の推定結果(分位回帰分析)

被説明変数: science plausible values	N=12,407					父親の最終学歴 (reference: 中学校または高等学校)					
	(1) 分位点 (0.10)	(2) 分位点 (0.25)	(3) 分位点 (0.50)	(4) 分位点 (0.75)	(5) 分位点 (0.90)						
教員属性											
自然科学専攻	7.740 * (4.451)	4.993 (4.020)	4.993 (3.027)	4.384 (3.092)	3.850 (3.452)	専門学校、高専、短期大学	14.968 ** (6.507)	12.159 *** (4.534)	7.574 ** (3.585)	6.571 (4.456)	7.967 (5.439)
修士号の保有	-6.509 (5.586)	-4.137 (3.553)	-3.615 (2.671)	-1.467 (3.925)	-2.743 (3.822)	大学校	5.592 (24.147)	17.651 (26.051)	7.518 (15.917)	7.692 (19.654)	27.866 (22.682)
女性教員	5.349 (3.916)	3.872 (3.183)	0.900 (2.295)	-0.488 (3.046)	0.560 (3.830)	大学	28.754 *** (4.408)	25.519 *** (3.282)	22.077 *** (2.791)	19.906 *** (2.377)	17.916 *** (3.560)
教職年数						大学院	45.125 *** (12.255)	42.072 *** (12.253)	43.693 *** (8.807)	43.928 *** (9.096)	39.824 *** (10.747)
一次項	1.421 *** (0.451)	1.215 ** (0.475)	0.704 ** (0.324)	0.539 (0.353)	0.504 (0.374)	わからない	3.689 (4.434)	3.383 (3.315)	1.801 (2.264)	0.655 (2.578)	-0.207 (4.852)
二次項	-0.043 *** (0.012)	-0.038 *** (0.012)	-0.020 ** (0.008)	-0.012 (0.010)	-0.011 (0.010)	学校属性					
生徒に対する試験の頻度 (reference: 1週間に1回程度)						学年生徒数	-0.305 (0.330)	-0.266 (0.237)	-0.163 (0.163)	0.014 (0.136)	0.088 (0.180)
2週間に1回程度	-16.466 (9.903)	-13.537 ** (6.809)	-8.153 (5.466)	-7.398 (7.352)	-6.858 (6.486)	学年生徒数の2乗 / 10,000	11.867 (18.860)	11.362 (12.818)	6.855 (9.476)	-1.624 (7.795)	-4.628 (11.002)
1ヵ月に1回程度	-16.018 ** (7.264)	-11.255 * (6.175)	-5.800 (4.514)	-4.211 (5.929)	-1.860 (5.586)	学年生徒数の3乗 / 10,000,000	-140.300 (317.615)	-139.519 (212.185)	-86.428 (167.141)	31.004 (136.172)	72.440 (202.764)
1年に数回	-16.457 ** (6.860)	-11.519 * (6.006)	-5.954 (4.460)	-3.272 (5.619)	-0.969 (5.776)	学級生徒数	2.190 (8.893)	6.963 (7.116)	8.563 (6.233)	4.595 (7.356)	6.618 (6.218)
生徒・家庭属性						学級生徒数の2乗 / 100	-6.236 (36.004)	-26.313 (25.996)	-30.544 (23.245)	-15.027 (26.814)	-23.897 (23.159)
女子	3.062 (2.970)	-3.558 * (2.032)	-9.016 *** (1.520)	-12.321 *** (2.107)	-14.535 *** (2.277)	学級生徒数の3乗 / 10,000	6.748 (44.939)	31.383 (30.789)	34.545 (27.977)	15.842 (31.345)	27.795 (27.629)
生月 (reference: 1月-3月)						経済的に恵まれない家庭の生徒の割合 (reference: 0-10%)					
4月-6月	11.781 ** (4.348)	12.182 *** (3.347)	10.866 *** (2.291)	11.785 *** (2.929)	10.342 *** (3.514)	11-25%	-6.200 (4.299)	-2.830 (2.526)	-1.896 (1.856)	-1.057 (2.729)	-1.516 (2.768)
7月-9月	13.009 *** (3.715)	12.678 *** (3.218)	9.377 *** (3.067)	9.256 *** (2.484)	9.240 ** (3.461)	26-50%	-17.195 *** (4.908)	-14.017 *** (4.156)	-11.831 *** (3.070)	-9.773 *** (3.033)	-10.507 ** (4.302)
10月-12月	6.597 * (3.910)	7.340 ** (3.242)	4.539 * (2.502)	4.460 (2.872)	3.753 (2.970)	50%以上	-26.485 ** (12.992)	-33.138 *** (11.001)	-40.525 *** (10.530)	-35.586 *** (8.958)	-28.789 * (14.757)
蔵書数 (reference: 0-10冊)						学校が所在する自治体の人口 (reference: 100,001-500,000人)					
11-25冊	31.903 *** (4.077)	28.496 *** (3.739)	23.060 *** (3.545)	18.980 *** (2.864)	14.880 *** (3.836)	500,001人以上	2.574 (3.252)	2.669 (2.664)	-0.090 (2.226)	0.270 (2.348)	1.919 (3.450)
26-100冊	50.294 *** (4.400)	42.442 *** (3.457)	37.017 *** (3.460)	34.313 *** (3.334)	28.932 *** (3.993)	50,001-100,000人	-7.758 (4.656)	-4.984 (4.217)	-5.071 (3.479)	-2.557 (3.811)	-0.162 (4.088)
101-200冊	62.077 *** (5.139)	54.776 *** (4.350)	47.772 *** (3.277)	43.227 *** (3.784)	37.132 *** (4.699)	15,001-50,000人	1.684 (4.357)	-0.494 (3.263)	-3.530 (3.073)	-2.724 (2.559)	-0.202 (3.092)
200冊以上	68.197 *** (5.133)	62.200 *** (4.587)	55.649 *** (5.007)	52.436 *** (3.351)	47.871 *** (3.847)	3,001-15,000人	8.759 (7.007)	7.093 (6.032)	3.313 (4.067)	1.451 (5.749)	3.023 (4.942)
母親の最終学歴 (reference: 中学校または高等学校)						3,000人以下	9.121 (34.110)	0.637 (20.387)	11.892 (18.028)	22.028 (20.122)	15.753 (21.376)
専門学校、高専、短期大学	15.052 *** (4.121)	14.516 *** (3.263)	13.564 *** (2.634)	11.643 *** (2.372)	12.355 *** (4.052)	年度固定効果 (reference: 2003年)					
大学校	-38.105 (43.705)	-65.306 * (37.435)	-49.078 * (26.417)	-5.544 (36.300)	-13.454 (47.903)	2011	3.999 (4.529)	7.862 *** (2.941)	10.375 *** (2.257)	10.225 *** (2.669)	13.672 *** (3.883)
大学	5.155 (5.047)	8.432 ** (3.455)	8.500 ** (3.291)	7.772 * (4.159)	9.590 ** (3.866)	2007	0.524 (3.685)	4.103 (2.744)	4.899 ** (2.095)	4.589 * (2.654)	6.311 ** (3.550)
大学院	-41.019 * (22.110)	-25.005 (16.788)	-17.256 (11.722)	-15.996 (13.079)	-19.419 (15.423)	欠損値ダミー					
わからない	-4.693 (5.451)	-2.230 (3.385)	-0.341 (2.972)	0.806 (2.707)	1.528 (4.520)	学校	-4.364 (9.163)	0.159 (6.468)	-0.707 (5.199)	2.283 (5.405)	0.975 (6.484)
						教員	10.142 (7.716)	7.751 (7.295)	6.443 (5.578)	-1.545 (6.570)	-6.392 (6.124)
						生徒	-42.303 *** (14.032)	-34.930 ** (12.882)	-26.389 *** (7.248)	-16.610 ** (7.212)	-17.825 (12.302)
						定数項	392.417 *** (68.373)	410.047 *** (64.031)	441.424 *** (55.835)	506.321 *** (64.631)	524.797 *** (54.446)

注1) 括弧内は標準誤差。
注2) *p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.01

付表3 自然科学を専攻した教員と自然科学を専攻していない教員の違い (t 検定)

質問事項	(1)自然科学非専攻 (N=11)		(2)自然科学専攻 (N=112)		(3) t検定 (2)-(1)	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均差	標準誤差
I am content with my profession as a teacher						
Agree a lot	0.000	(0.000)	0.044	(0.207)	0.044	(0.066)
Agree a little	0.600	(0.516)	0.558	(0.499)	-0.042	(0.165)
Disagree a little	0.400	(0.516)	0.381	(0.488)	-0.019	(0.162)
Disagree a lot	0.000	(0.000)	0.018	(0.132)	0.018	(0.042)
I am satisfied with being a teacher at this school						
Agree a lot	0.000	(0.000)	0.053	(0.021)	0.053	(0.071)
Agree a little	0.700	(0.483)	0.549	(0.500)	-0.151	(0.165)
Disagree a little	0.300	(0.483)	0.389	(0.490)	0.089	(0.161)
Disagree a lot	0.000	(0.000)	0.009	(0.094)	0.009	(0.030)
I had more enthusiasm when I began teaching than I have now						
Agree a lot	0.000	(0.000)	0.044	(0.207)	0.044	(0.066)
Agree a little	0.400	(0.516)	0.628	(0.485)	0.228	(0.161)
Disagree a little	0.600	(0.516)	0.327	(0.471)	-0.273	(0.157) *
Disagree a lot	0.000	(0.000)	0.000	(0.000)	0.000	(0.000)
I do important work as a teacher						
Agree a lot	0.091	(0.302)	0.071	(0.259)	-0.019	(0.083)
Agree a little	0.545	(0.522)	0.482	(0.502)	-0.063	(0.159)
Disagree a little	0.273	(0.467)	0.384	(0.489)	0.111	(0.154)
Disagree a lot	0.091	(0.302)	0.063	(0.243)	-0.028	(0.079)
I plan to continue as a teacher for as long as I can						
Agree a lot	0.000	(0.000)	0.027	(0.162)	0.027	(0.049)
Agree a little	0.091	(0.302)	0.241	(0.430)	0.150	(0.133)
Disagree a little	0.636	(0.505)	0.500	(0.502)	-0.136	(0.159)
Disagree a lot	0.273	(0.467)	0.196	(0.399)	-0.076	(0.128)
I am frustrated as a teacher						
Agree a lot	0.000	(0.000)	0.027	(0.161)	0.027	(0.049)
Agree a little	0.455	(0.522)	0.292	(0.457)	-0.163	(0.146)
Disagree a little	0.364	(0.505)	0.478	(0.502)	0.114	(0.159)
Disagree a lot	0.091	(0.302)	0.168	(0.376)	0.077	(0.117)

注1) *は10%の有意水準で統計的に有意であることを示す。