

令和 4 年 6 月 8 日現在

機関番号：62601

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2021

課題番号：17K04599

研究課題名（和文）カリキュラムと学校、学級及び家庭環境の影響を多面的に捉えるTIMSS理科の研究

研究課題名（英文）Studies on the effects of curriculum, school, class, and home environment on TIMSS science results of Japan

研究代表者

萩原 康仁 (Hagiwara, Yasuhito)

国立教育政策研究所・教育課程研究センター基礎研究部・総括研究官

研究者番号：30373187

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では主に、TIMSS 2015の二次分析によって、日本の理科の教育到達度に学級規模が及ぼす影響を検討し、また、どのような理科の問題が解きにくいのかについて検討した。本研究の結果からそれぞれ以下のことが主に示された。1点目については、家庭の学習資源が少ない児童の場合、学級規模が大きくなることの小学校第4学年理科到達度へのマイナスの効果が見られ、特に履修していない項目群でこのことが見られた。2点目については、平均的に、履修している項目群の方が解きやすく、生物領域における「人間の健康」の項目群は「生き物の特徴と成長」、「生活環、生殖、遺伝」及び「生態系」の項目群より解きやすいことが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

「研究成果の概要」の1点目の研究では、学級規模の理科到達度への効果を、家庭の学習資源の多寡によって児童を分け、各学校の重み因子の変数及び各学校が単学級かのダミー変数を操作変数として用いて分析した。2点目の研究では、項目（調査問題）側の特性である識別力や困難度に関する閾値の分散を、履修状況やトピックといった項目の属性で説明する項目反応モデルを構成して分析した。このような分析上の工夫をした上で得られた結果は、こうしたことをしなかった場合の結果と比べても妥当であり、意義があるものと考えられる。

研究成果の概要（英文）：We mainly investigated the effects of class size on pupils' science achievement in Japan and examined what kinds of achievement items were easy or difficult for pupils in Japan by the secondary analysis of TIMSS 2015. With respect to the first point, the results showed that increasing class size had a negative effect on the achievement of the fourth-grade students having few home resources for learning. This effect was particularly observed when the items were not included in the curriculum. Regarding the second point, the results showed that, on average, the items included in the curriculum were easier. The results also indicated that the items in the topic area of "Human health" were easier than those of "Characteristics and life processes of organisms," "Life cycles, reproduction, and heredity," and "Ecosystems" in the content domain of life science.

研究分野：教育評価，教育心理学

キーワード：教育評価 教育学 学力論 学級規模

1. 研究開始当初の背景

国際的な学力調査の結果に対する主たる関心は、テスト得点の国別の順位にあることは報道等からも明らかである。この情報以外に、日本では2011年3月に実施された国際教育到達度評価学会(IEA)の国際数学・理科教育動向調査(TIMSS)の2011年調査(TIMSS 2011)を例に挙げれば、テスト得点の高低の要因を分析するために、学校や学級の環境等に関する様々な背景変数に対する各回答状況の割合とそれに対応したテスト得点の平均値を国/地域別に集計した表が国際報告書に掲載されている(e.g., Martin et al., 2012)。また、国内報告書(国立教育政策研究所, 2013)においてもこうした集計表のうち幾つかが取り上げられている。ただし、こうした個々の集計表では、このような背景変数のうちある1種類の回答状況とテスト得点の関係のみが表され、背景変数がどのように関連してテスト得点に影響を及ぼすのかについては分かりにくいのではないかと背景があった。

TIMSSの特徴の一つとして、小学校第4学年及び中学校第2学年における算数・数学及び理科の教育到達度を国際的な尺度によって測定していることが挙げられる(例えば、国立教育政策研究所, 2013)。したがって、個々の項目で問われた事項がその国/地域の調査実施学年までのカリキュラムに含まれているかどうかというカリキュラムの被覆状況(以下、履修状況、e.g., Foy et al., 2013)がTIMSSの結果に影響する要因であると考えerことは妥当である。その一方で、各国/地域における項目ごとの履修状況の分析結果は上述の国際報告書にはあるが付録の扱いにとどまっており、過去のTIMSSの分析結果でも、履修状況が及ぼす国の順位の変動への影響は小さい(Beaton, 1998)として重視されていない。しかしながら、筆者らによる近年の一連のTIMSS理科問題に関する研究(例えば、萩原・松原, 2014; 松原・萩原, 2014)によれば、TIMSS理科の教育到達度へのカリキュラムの影響を示唆している。このように、TIMSS理科の結果を分析・解釈する際にはカリキュラムの要因を考慮すべきであるにもかかわらず、余り取り上げられていないのではないかと背景もあった。

2. 研究の目的

本研究では、国際的な学力調査であるTIMSS 2015の公開データの二次分析によって、1点目として、日本の理科の教育到達度や態度に学級や学校及び家庭の環境はどのような影響を与えているのかについて検討する。具体的には、主に学級規模と家庭の学習資源について取り上げる。2点目として、日本ではどのような理科の問題が解きにくい(あるいは解きやすい)のかについて、主にカリキュラムの要因と問題の内容や形式の要因から検討する。

3. 研究の方法

以下を見るに当たって、「研究の方法」と次の「研究成果」との間で、対応する研究には同じ項番を付していることに留意されたい。

(1) 教育到達度と態度との関連に関する予備的な分析(萩原, 2017に基づく)

まず、「研究の目的」の1点目に関連して、教育到達度と態度との間の関連の程度を検討する予備的な分析を行った。具体的には、態度を測定する質問紙調査において、各質問項目の内容によらず、端の回答カテゴリを選択しやすいか中程の回答カテゴリを選択しやすいかという回答傾向(例えば、田崎・申, 2017)の生徒の個人差を仮定し、態度そのものの個人差からこの回答傾向の個人差を統計的に分離するモデルを多次元項目反応理論に基づいて構成した(cf. Falk & Cai, 2016)。そして、この回答傾向の個人差を分離したモデルにおける態度と教育到達度との関連の程度と、これを分離しなかった(通常の)確認的な多次元項目反応モデルにおける態度と教育到達度との関連の程度を比較した。日本のTIMSS 2015中学校の公開データ(Foy, 2017)を用い、生徒の数学や理科に価値を置く程度(Martin et al., 2016; 国立教育政策研究所, 2017)を測定する項目群を態度の対象として上記のモデルを構成した。教育到達度と態度との間の相関係数を推定する際には、両モデルを再分析し、教育到達度の値として用いられていた推算値の分析で推奨されている方法(von Davier et al., 2009)を用いた。Mplus(Muthén & Muthén, 1998-2017)のversion 8を用いて分析した。

(2) 理科の教育到達度や理科に対する態度に及ぼす学級規模の効果について

「研究の目的」の1点目に対応するものとして、以下の三つの分析を行った。いずれも、日本のTIMSS 2015小学校の公開データ(Foy, 2017)を用いた、理科の教育到達度(以下、理科到達度)や理科に対する態度に及ぼす学級規模の効果についてである。

学級規模が及ぼす小学校第4学年理科到達度への効果(萩原ら, 2018に基づく)

学級規模が及ぼす小学校第4学年理科到達度への効果を、家庭の学習資源(Martin et al., 2016)の多寡によって三つの部分母集団に分けた上での分析により探索的に検討した。学年児童数から算出される上限40人で学級編制した場合の学級規模を操作変数として用いること(e.g., Angrist & Lavy, 1999)が当該公開データの性質上難しかったため、操作変数として、代わりに

各学校の重み因子の変数及び各学校が単学級かのダミー変数を用いた。共変量を含めたモデルと含めないモデルを構成した。それぞれのモデルについて、学校 ID のクラスタリングと各児童の標本の重み、部分母集団及び理科到達度の値として用いられていた推算値 (e.g., von Davier et al., 2009) を考慮する方法で推定した。分析の際、操作変数の確認には Stata (StataCorp, 2017) の version 15.1 を用い (及び でも同様) 他分析には Mplus (Muthén & Muthén, 1998-2017) の version 8 を用いた。

カリキュラムの要因も加味した学級規模が及ぼす小学校第 4 学年理科への効果 (萩原ら, 2019 に基づく)

とほぼ同様の分析枠組みに、「研究開始当初の背景」でカリキュラムの要因として述べた履修状況 (Foy, 2017; 国立教育政策研究所, 2017) の違いも加味して検討した。具体的には、と同様に家庭の学習資源の多寡によって児童を三つの集団に分け、学級規模の小学校第 4 学年理科への効果を多母集団モデルによって検討した。その際には、と同じ変数を操作変数として用いた。教科調査における項目群を算数・理科の教科別及び履修状況別に 4 因子に分けた確認的な多次元項目反応モデルを構成し、因子ごとに各児童の推算値 (e.g., von Davier et al., 2009) を算出し、このうち理科について履修状況別に算出した推算値を従属変数として用いた。また、と同様に、共変量を含めたモデルと含めないモデルを構成した。それぞれのモデルについて、学校 ID のクラスタリングと各児童の標本の重み、多母集団、及び推算値を考慮する方法で推定した。分析には、Mplus (Muthén & Muthén, 1998-2017) の version 8.1 を用いた。

学級規模が及ぼす小学校第 4 学年の理科に対する態度への効果

及び とほぼ同様の分析枠組みを用いて、学級規模の、小学校第 4 学年の理科に対する態度への効果を、家庭の学習資源の多寡による多母集団の分析によって探索的に検討した。従属変数となる理科に対する態度については、理科が好きな程度における尺度の得点と理科への自信の程度における尺度の得点 (Martin et al., 2016; 国立教育政策研究所, 2017) を用いた。及び と同じ変数を操作変数として用い、共変量を含めたモデルと含めないモデルを同様に構成した。それぞれのモデルについて、学校 ID のクラスタリングと各児童の標本の重み及び多母集団を考慮する方法で推定した。分析には、Mplus (Muthén & Muthén, 1998-2017) の version 8.6 を用いた。

(3) TIMSS 2015 の小学校第 4 学年理科の項目分析 (萩原・松原, 2020 に基づく)

「研究の目的」の 2 点目に対応するものとして、日本の TIMSS 2015 小学校理科の公開データ (Foy, 2017) を用いた以下の分析を行った。調査対象者である児童側の理科到達度に係る特性値が標準正規分布に従うとし、項目側の特性である閾値と識別力も 2 変量正規分布に従うとして扱う項目反応モデル (cf. Fox, 2010) を構成し、閾値と識別力の分散を履修状況や各項目の内容及び形式等で説明したものである。具体的には、履修状況の変数と選択式か記述式を示す出題形式についての変数 (Foy, 2017; 国立教育政策研究所, 2017) 及び生物の内容領域では五つ、物理・化学の内容領域では三つ、地学の内容領域では三つのうちどれに当てはまるかを示すトピックについての変数と知識・応用・推論の 3 種類のうちどれに当てはまるかを示す認知的領域についての変数 (cf. Jones et al., 2013) を説明変数として項目ごとに設定した。配点が 2 点の項目は 1 点以上を正答とした 2 値化を行った。分析には、Mplus (Muthén & Muthén, 1998-2017) の version 8.2 を用いてベイズ推定した。

4. 研究成果

(1) 各質問項目の内容によらず、端の回答カテゴリを選択しやすいか中程の回答カテゴリを選択しやすいかという生徒の回答傾向の個人差を態度そのものの個人差から分離するモデルの方が、これを分離しないモデルよりも相対的に適合度が高かった。一方で、この回答傾向の個人差を分離しないモデルでの態度と教育到達度との間の相関とこれを分離したモデルでの態度と教育到達度との間の相関を比べると、数学についても理科についても後者の方が高かったものの、その差はいずれも 0.02 程度と大きくは変わらないものであった。

(2) 操作変数として用いた変数は弱相関でないことが確認され、共変量ありのモデルとなしのモデルのいずれについてもモデルの適合度はおおむね良かった。また、どちらのモデルの推定結果でも、各部分母集団における学級規模の係数の推定値は、Holm 法による多重検定の調整後、家庭の学習資源が少ない児童について負に有意であった。

この結果は、本研究で用いた操作変数を通じた学級規模増の小学校第 4 学年理科到達度への平均的な効果が、特に家庭の学習資源が少ない児童にとってはマイナスであることを示唆するものである。

(2) と同様に、操作変数として用いた変数は弱相関でないことが確認され、共変量ありのモデルとなしのモデルのいずれについてもモデルの適合度はおおむね良かった。また、履修している項目群の因子を対象とした場合は、Holm 法による多重検定の調整後、家庭の学習資源の多寡

による学級規模増の効果の群間差は見られなかった。その一方で、履修していない項目群の因子を対象とした場合は、と同様に、家庭の学習資源が少ない児童について負に有意であった。

この結果は、本研究で用いた操作変数を通じた学級規模増の小学校第4学年理科への平均的な効果は、特に履修していない項目群を対象とした場合に、家庭の学習資源が少ない児童にとってはマイナスであることを示唆するものである。

及びの結果は、家庭の学習資源が少ない小学校第4学年の児童にとって、学級規模が大きくなるのが理科到達度にマイナスに影響し、特に履修していない項目群を対象にした場合にこのことが見られるということを示すものである。このことから、授業でカリキュラムの内容を学習する以外に児童が理科にアクセスできる機会が少ないことが想定される場合、そのマイナスの影響は、大規模学級に在籍する家庭の学習資源が少ない児童に特に見られやすいということが考えられる。ただし、別のデータセットで同様の結果が得られるかについては検証される必要があるだろう。

(2) 及びと同様に、操作変数が弱相関でないことは確認され、いずれの従属変数の場合でも、どちらのモデルの適合度もおおむね良かった。ただし、いずれのモデルにおいても、各母集団における学級規模の従属変数への係数の推定値やこの推定値の集団間の差は有意ではなかった。

この結果からは、本研究で用いた操作変数を通じた学級規模増減の、小学校第4学年の児童における理科が好きな程度や理科への自信の程度への平均的な効果は、学習資源の多寡によって分けられたいずれの集団においても見られるということとは言えず、また、学習資源の多寡による集団間でその効果に違いが見られるということも言えないことが示唆された。

(3) トピックについては各内容領域(物理・化学、生物、地学)内で比較した結果を示す。まず、閾値について、生物領域の「生き物の特徴と成長」、「生活環、生殖、遺伝」及び「生態系」のトピックと「人間の健康」のトピックとの差がゼロではないと判断された。また、履修状況の違いによる差がゼロではないと判断された。加えて、識別力については、物理・化学領域の「力と運動」のトピックと「様々なエネルギーとエネルギー変換」のトピックとの差がゼロではないと判断された。

この結果から、平均的に、履修している項目群の方が解きやすく、生物領域において、「人間の健康」のトピックに含まれる項目群は、「生き物の特徴と成長」、「生活環、生殖、遺伝」あるいは「生態系」のトピックに含まれる項目群より解きやすいことが示唆された。また、物理・化学領域において、「力と運動」のトピックに含まれる項目群は、「様々なエネルギーとエネルギー変換」に含まれる項目群より識別力が高いことが示唆された。

この結果のうち、履修している項目群の方が解きやすいことがTIMSS 2011の中学校理科の公開問題の分析で示され(萩原・松原, 2016)、日本の小学校理科における「人間の健康」の項目群の通過率が国際平均に比べて高いことがTIMSS 2011のカリキュラムに関する質問調査を含めた分析で示されている(Matsubara et al., 2016)。このように、データセットや分析方法が異なっても再現された結果からの証拠はより強固であると言える。

<引用文献>

- Angrist, J. D., & Lavy, V. (1999). Using Maimonides' rule to estimate the effect of class size on scholastic achievement. *The Quarterly Journal of Economics*, *114*, 533-575.
- Beaton, A. E. (1998). Comparing cross-national student performance on TIMSS using different test items. *International Journal of Educational Research*, *29*, 529-542.
- Falk, C. F., & Cai, L. (2016). A flexible full-information approach to the modeling of response styles. *Psychological Methods*, *21*, 328-347.
- Fox, J.-P. (2010). *Bayesian item response modeling: Theory and applications*. New York: Springer.
- Foy, P. (2017). *TIMSS 2015 user guide for the international database*. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College and International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA).
- Foy, P., Arora, A., & Stanco, G. M. (Eds.) (2013). *TIMSS 2011 user guide for the international database*. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College and International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA).
- 萩原康仁 (2017). 多次元項目反応モデルに基づいたTIMSS2015の質問紙調査における日本の中学生の回答バイアスの分析 日本教育心理学会第59回総会発表論文集, 431.
- 萩原康仁・松原憲治 (2014). オーストラリア, イングランド, シンガポールを対象としたTIMSS2011調査の第8学年物理・化学領域におけるカリキュラムの被覆状況を関連付けたIRT

- 分析 日本テスト学会誌, **10**, 95-113.
- 萩原康仁・松原憲治 (2016). TIMSS2011 中学校理科公開問題 (日本語版) の項目特性に文書ク
ラストとの関連度と履修状況が与える影響の分析 日本教育心理学会第 58 回総会発表論文
集, 302.
- 萩原康仁・松原憲治 (2020). TIMSS2015 の日本における小学校第 4 学年理科の項目分析 日本教
育心理学会第 62 回総会発表論文集, 384.
- 萩原康仁・山森光陽・松原憲治 (2018). 学級規模の TIMSS2015 小学校第 4 学年理科到達度への
効果 操作変数を用いた家庭の学習資源の多寡による部分母集団の分析 日本教育心理学
会第 60 回総会発表論文集, 490.
- 萩原康仁・山森光陽・松原憲治 (2019). 学級規模の TIMSS2015 小学校第 4 学年理科への効果
操作変数を用いた家庭の学習資源の多寡によるカリキュラムの被覆状況別の分析 日本教育
心理学会第 61 回総会発表論文集, 408.
- Jones, L. R., Wheeler, G., & Centurino, V. A. S. (2013). TIMSS 2015 science framework.
In I. V. S. Mullis & M. O. Martin (Eds.), *TIMSS 2015 assessment frameworks* (pp. 29-
59). Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of
Education, Boston College and International Association for the Evaluation of
Educational Achievement (IEA).
- 国立教育政策研究所 (編) (2013). TIMSS2011 理科教育の国際比較 国際数学・理科教育動
向調査の 2011 年調査報告書 明石書店
- 国立教育政策研究所 (編) (2017). TIMSS2015 算数・数学教育 / 理科教育の国際比較 国際
数学・理科教育動向調査の 2015 年調査報告書 明石書店
- Martin, M. O., Mullis, I. V. S., Foy, P., & Hooper, M. (2016). *TIMSS 2015 International
results in science*. Retrieved from Boston College, TIMSS & PIRLS International Study
Center
website: <http://timssandpirls.bc.edu/timss2015/international-results/>
- Martin, M. O., Mullis, I. V. S., Foy, P., & Stanco, G. M. (2012). *TIMSS 2011
International results in science*. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International
Study Center, Lynch School of Education, Boston College and International Association
for the Evaluation of Educational Achievement (IEA).
- 松原憲治・萩原康仁 (2014). 国際的な学力調査から見る日本の理科の学力とカリキュラムの変
化との関連 近年の TIMSS 調査における中学校第 2 学年生物領域の共通項目の変化に基づい
て 理科教育学研究, **55**, 69-80.
- Matsubara, K., Hagiwara, Y., & Saruta, Y. (2016). A statistical analysis of the
characteristics of the intended curriculum for Japanese primary science and its
relationship to the attained curriculum. *Large-scale Assessments in Education*, **4**, 13.
- Muthén, L. K. and Muthén, B. O. (1998-2017). *Mplus user's guide. Eighth edition*. Los
Angeles, CA: Muthén & Muthén.
- StataCorp. (2017). *Stata statistical software: Release 15*. College Station, TX:
StataCorp LLC.
- 田崎勝也・申知元 (2017). 日本人の回答バイアス レスポンス・スタイルの種別間・文化間比
較 心理学研究, **88**, 32-42.
- von Davier, M., Gonzalez, E., & Mislevy, R. J. (2009). What are plausible values and
why are they useful? *IERI Monograph Series*, **2**, 9-36.

付記：本研究課題を通じて、以下の公開データベースを用いた。記して謝辞とする。

SOURCE: TIMSS 2015 User Guide for the International Database. Copyright© 2017
International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA).
Publishers: TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston
College and International Association for the Evaluation of Educational Achievement
(IEA).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 萩原康仁・松原憲治
2. 発表標題 TIMSS2015の日本における小学校第4学年理科の項目分析
3. 学会等名 日本教育心理学会第62回総会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 萩原康仁・山森光陽・松原憲治
2. 発表標題 学級規模のTIMSS2015小学校第4学年理科への効果 操作変数を用いた家庭の学習資源の多寡によるカリキュラムの被覆状況別の分析
3. 学会等名 日本教育心理学会第61回総会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kenji Matsubara, Yasuhito Hagiwara, Yuji Saruta
2. 発表標題 DO SCIENTIFIC INQUIRY ACTIVITIES AT SUPER SCIENCE SCHOOLS IN JAPAN CONTRIBUTE TO STUDENTS' UNDERSTANDING OF THE NATURE OF SCIENCE?
3. 学会等名 ESERA 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 萩原康仁・山森光陽・松原憲治
2. 発表標題 学級規模のTIMSS2015小学校第4学年理科到達度への効果 操作変数を用いた家庭の学習資源の多寡による部分母集団の分析
3. 学会等名 日本教育心理学会第60回総会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 秋原康仁
2. 発表標題 多次元項目反応モデルに基づいたTIMSS2015の質問紙調査における日本の中学生の回答バイアスの分析
3. 学会等名 日本教育心理学会第59回総会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	松原 憲治 (Matsubara Kenji) (10549372)	国立教育政策研究所・教育課程研究センター基礎研究部・総括研究官 (62601)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	山森 光陽 (Yamamori Koyo)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------