

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 27 日現在

機関番号：32614

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25282047

研究課題名(和文) 国際比較の観点からみた論理的思考力や科学的表現力に関する分析的研究

研究課題名(英文) Analytic Study on Expression Based on the Scientific and Logical

研究代表者

猿田 祐嗣 (SARUTA, YUJI)

國學院大學・人間開発学部・教授

研究者番号：70178820

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 10,600,000円

研究成果の概要(和文)：学習指導要領において重視されている思考力や表現力の実態を探るために、TIMSSのデータを詳しく分析した。共通問題の正答率の経年変化を調べたところ、2011年時点での日本の小学生・中学生ともに推論領域問題の平均正答率が知識領域及び応用領域に比べて高く、また4年前の調査よりも得点が高くなっていることが明らかとなった。

さらに、過去5回のTIMSSにおける各国の理科問題成績データを二次分析したところ、義務教育段階における我が国の学力の学校間格差は非常に小さく、1990年代以降、その傾向は一貫して継続していることが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：In order to explore the actual condition of the ability to think and express oneself which are important in the course of study, the data of TIMSS was analyzed in detail. The average percentage of correct answers of the reasoning domain problems among Japanese elementary and lower secondary school students became high compared with the knowledge domain and application domain, and it was cleared that the score was high rather than four years ago from the data analysis of TIMSS2011.

Based on the analysis of academic achievement in TIMSS science score among the participating countries, it was found that Japanese elementary and lower secondary schools maintain a small academic gap. Therefore, minor disparities in Japanese schools continued to prevail since 1990s.

研究分野：科学教育，理科教育

キーワード：論理的思考力 科学的表現力 国際比較 PISA TIMSS 小学生 中学生

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 国際教育到達度評価学会(略称: IEA)が1994年度の学年末(わが国は平成7年2月)に46か国・地域で実施した「第3回国際数学・理科教育調査」(略称: TIMSS, 調査対象は小学校第3・4学年および中学校第1・2学年)では、わが国の小・中学生の理科の到達度は国際的にみて高い水準にあることが明らかとなった。しかしながら、わが国の中学生の問題出題形式別得点の結果から、選択肢形式問題の正答率は国際的に高いのに比べて、論述形式問題の正答率は相対的に低いという問題点が指摘された。また、IEAはTIMSSの追調査として、「第3回国際数学・理科教育調査の第2段階調査」(略称: TIMSS-R, 調査対象は中学校第2学年)を1998年度の学年末に38か国・地域で実施した。4年前のTIMSSとの共通問題等と比較した結果、中学生の理科の到達度は国際的に高い水準を維持している一方で、論述形式問題の正答率が相対的に低いという4年前と同様の結果が得られた。IEAでは参加各国・地域においてTIMSSおよびTIMSS-Rの結果が教育政策に与える影響が大きいことを再認識し、さらに4年おきに従来と同じ規模・手法による調査(調査対象は小学校第4学年および中学校第2学年)を実施する計画を立て、名称もそれまでの「第3回国際数学・理科教育調査」から「国際数学・理科教育動向調査」と改め(略称もTIMSSに実施年を付加)、従来よりも短い間隔で理科教育の動向を探ることになった。

(2) わが国の学力低下が持ち直す傾向があるとして話題となったTIMSS2011は、従来の調査と同様、国立教育政策研究所が中心となって、全国の小・中学校から各150校を層化無作為抽出した約5,000名ずつの小・中学生を対象に平成23年3月に調査を実施し、平成24年12月に国際比較結果が公表された。その結果、小学校の理科の成績は回復傾向にあったが、中学校の理科の成績は過去4回とほぼ同じであった。また、児童・生徒質問紙による結果では、「理科の勉強が楽しい」と思う小・中学生の割合が過去の調査よりも増えたが、依然、国際的には低い水準にとどまっていた。

(3) 一方、平成22年12月に国際比較結果が公表されたOECD(経済協力開発機構)の「生徒の学習到達度調査(PISA)」によると、高等学校1年生の読解力の成績が依然としてOECD加盟国平均並のままであったことが報告されている(研究業績欄の文献番号18)。また、一連のTIMSSによると、TIMSS2007までの過去4回の調査において、論述形式で出題された理科問題の正答率が国際的にみて相対的に低い水準にあったわが国の中学生

の結果が、TIMSS2011では過去の調査と同様、論述形式問題の正答率が落ち込む傾向は国際的にみて同程度の水準であることが明らかとなった。

## 2. 研究の目的

(1) 文部科学省は、TIMSS、PISAや「教育課程実施状況調査」の結果を受けて、改訂された学習指導要領においては、自らの考えで答えを導き出す論述力や表現力の向上を目指すこととした。そこで、本研究ではTIMSSの一連の調査で明らかとなったわが国の児童・生徒の論述形式問題の正答率が、TIMSS2011までの期間にどのような推移をたどったかを明らかにすることを目的とする。このことは、学習指導要領が目指す科学的思考・論理的思考や自分の意見・考え方を説明する表現力がどの程度身につけているかを確かめるためにも重要である。

(2) TIMSS調査では、参加国・地域間の理科の成績や質問紙項目に関するデータが公表されるが、数値データにもとづく第一次集計結果の公表にとどまり、理科の論述形式問題の詳細な結果についての分析は含まれない。そこでまず、本研究においては、わが国の児童・生徒の論述形式問題のすべての解答の文章等を入力した過去のTIMSSのデータベースを利用することにした。そして、国際比較結果の公表と同時に利用可能となる各国の素データやわが国で新たに入力する解答の文章等のデータベースを利用して、国際本部から公表される国際比較報告書では扱わない、わが国独自の項目分析を行う。

## 3. 研究の方法

(1) 研究代表者および研究分担者が中心となり、必要に応じて大学教官、教育委員会の指導主事、小・中学校の教師から、研究計画・方法に対する助言を得たり、分析作業を行ったりするなど、研究プロジェクト方式で研究を推進した。

(2) TIMSS2011調査では、1995年に実施されたTIMSS1995での小学校4年と8年後のTIMSS2003、12年後のTIMSS2007、さらに16年後のTIMSS2011のそれぞれ小学校4年という4つの時点での同学年の比較、そしてTIMSS1995の中学校2年と4年後のTIMSS1999、8年後のTIMSS2003、12年後のTIMSS2007、さらに16年後のTIMSS2011のそれぞれ中学校2年という4年おき5つの時点での同学年の比較を、参加各国・地域のデータを用いて行うことによって、理科における論理的表現力の経年変化を国際的な視点から分析した。

(3) 従来の研究から論述形式問題の解答を分析する際の視点としては、解答の文章等において児童・生徒が用いる語句（用語）、文章の論理的構造、説明に用いる絵や図などが挙げられるが、研究を進める中で、これらの視点をさらに検討した。

#### 4. 研究成果

研究代表者・研究分担者が中心となって、分析の視点に関する吟味を行うとともに、小・中学生の解答データの分析結果について検討し、分析結果について、学会発表や論文発表を行った。

また、最終年度の平成 28 年には、平成 27 年に実施された TIMSS2015 における児童・生徒の自由記述解答画像データベースを作成し、今後の分析に生かそうとした。

次に、具体的な研究成果の主なものについて紹介する。

(1) 平成 20 年度告示の学習指導要領において重視されている思考力や表現力の実態を探るために、TIMSS2011 の理科問題枠組の「知識」、「応用」及び「推論」別に日本の結果をさらに分析した。日本の小学校 4 年生及び中学校 2 年生は、「推論」に関する問題の得点が「知識」や「応用」に比べて高いことが明らかになった。さらに、TIMSS2011 のデータを用いて TIMSS2007 との理科同一問題の平均正答率や平均無答率を算出し、経年変化を調べた。小学生は特に論述形式問題で正答率が大幅に増加したが、中学生はほとんど変化がみられなかった。また、TIMSS2011 で出題された標準的な理科の能力や高い水準の理科の能力を必要とする理科問題を分析したところ、小学校の理科授業において「思考力・判断力・表現力」を育成・充実させるためには、学習した事項を身の回りの事象に結び付けて考えることや、科学的な概念や用語が不十分であっても学習した事項を用いて科学的な説明を行えることが必要であることが分かった。

(2) 新しい学習指導要領「理科」で重視されている探究活動における「問い」について分析を行った。TIMSS2011 の中学校 2 年生対象の理科論述形式問題がどのような「問い」を発しているか調べたところ、科学的知識や概念を用いて説明したり、観察や実験を行うことで予想される結果を推論したりする能力とともに、観察・実験方法を立案する能力が多く見られることが分かった。さらに、TIMSS2011 データを二次分析したところ、義務教育段階における我が国の学力の学校間格差は非常に小さく、1990 年代以降、その傾向は一貫して継続していることが明らかとなった。

(3) 国のカリキュラムにおいて OECD のキ

ー・コンピテンシーの影響を受け、また PISA で比較的上位の結果を残してきたニュージーランドに着目し、近年のカリキュラムの動向と理科の学力の関係について、TIMSS の結果を用いて考察したところ、第 4 学年で理科の特に知識に関する学力が低下しており、ニュージーランドではコンピテンシーを重視したカリキュラムの導入が理科の教科内容の特に知識に関して相対的に負の影響を与えている可能性があることが分かった。

(4) 理科授業における子どもの論理的思考力や科学的表現力に関する分析的研究を行うにあたり、問題解決過程での仮説とその根拠及び結論を導く際の考察に注目した。子どものノートの記述内容から子どもの論理的思考や科学的表現を見取ることができた。また、学童期の考えと根拠の関係を探るために、学童期の自然体験との関係に着目した。これらの分析結果と TIMSS の結果を検討した。その結果、過去の結果と比べ、子どもは考えと根拠を明確に語るようになってきている傾向がつかめた。

(5) 小学校教師を目指す大学生が持っている科学の特性や科学的思考についての認識、すなわち科学観の実態を明らかにするために、アンケート調査を実施した。その結果、科学の法則・理論・概念が人間の創造の産物であるかどうかや、科学の法則・理論・概念が可能な限り簡潔に表現されているかどうかの判断に迷っている状況が明らかになり、科学的な知識や概念の成り立ちや科学理論の統一についての知識を身に付けさせる必要があることが示唆された。

(6) 日本の小学校理科カリキュラムについて、TIMSS2011 のカリキュラム質問紙のデータを用いて国際的な比較を行った際に、どの学習内容（単元）が相対的に扱われていないかを統計的な分析で明らかにしようとした。加えて、分析結果から明らかになった相対的に扱われていない学習内容について、国際比較上の児童の学習到達度を示すことで、小学校理科で環境に関する内容を扱うことは考慮する価値が一定程度あることなど、カリキュラム改訂への示唆を得ることができた。

(7) グローバル化する社会における科学教育のあり方を、これからの社会で求められる資質や能力、特にいわゆる 21 世紀型学力を抜きにして議論できないことを日本科学教育学会第 40 回年会シンポジウムにおいて招待シンポジストとして提言した。特に今回の学習指導要領改訂にあたっては、21 世紀を生き抜く資質・能力として基礎力・思考力・実践力を位置付け、さらに理科において育成すべき資質・能力に PISA の科学的リテラシーなど国際的に通用する新たな能力を導入しようとしていることについて述べた。

(8) PISAにおける科学的リテラシーの特に知識と能力に関して、それらの変遷を整理し、日本における理科の資質・能力の議論に資するための基礎資料を提供するとともに、両者の関連について部分的に考察した。理科の「知識及び技能」として「科学的探究についての理解」が示されており、PISA2015で意識された科学の認識論的知識との関連を指摘した。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計10件)

猿田祐嗣・草場稚菜，作文課題からみた大学生の思考表現スタイル，國學院大學人間開発学研究，査読無し，8，209-215，2017

Kenji MATSUBARA，Yasuhito HAGIWARA，Yuji SARUTA，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，査読有り，4(1)，1-18，2016

猿田祐嗣，小学校教師を目指す大学生の科学観について，國學院大學人間開発学研究，査読有り，7，15-30，2016

石井雅幸・角屋重樹，中学生の「科学的暫定性理解」の実態，日本教科教育学会誌，査読有り，39，13-20，2016

石井雅幸・木村かおる・田代亜希，子ども向け野外キャンプ活動の取り組みとその成果，こども臨床研究，査読有り，3，31-39，2016

猿田祐嗣，コア・コンピテンシーとしての「論理的科学的思考能力」及び「自己表現力」に関する一考察，國學院大學人間開発学研究，査読有り，6，1-10，2015

中山 迅・猿田祐嗣，小学校理科教科書における「問い」の現状と理科授業への示唆，理科教育学研究，査読有り，56(1)，47-58，2015

石井雅幸・角屋重樹，学習指導要領の改訂による小学生の科学的暫定性の理解の影響，日本教科教育学会誌，査読有り，37，1-9，2015

石井雅幸・佐藤美幸・木村かおる，自然体験と道徳的な意義に関する基礎的な研究，大妻女子大学家政系紀要，査読無し，51，65-72，2015

猿田祐嗣，思考力・判断力・表現力を育むための言語活動 - 理科の学力をどのように捉え、授業に生かせばよいか - ，初等理科教育，査読無し，583，10-13，2013

〔学会発表〕(計14件)

松原憲治・猿田祐嗣，日本の理科における資質・能力の特徴 PISAの科学的リテラシーとの関連，日本科学教育学会第40回年会，2016.8.21，ホルトホール大分(大分県大分市)

猿田祐嗣，グローバル化する社会における科学教育を問う - 理科教育の立場から - ，日本科学教育学会第40回年会，2016.8.20，ホルトホール大分(大分県大分市)

小島章宏・高木正之・阪本秀典・石井雅幸，結論後の指導による児童の記述の変容，日本理科教育学会第66回全国大会，2016.8.6，信州大学(長野県長野市)

小林隼・阪本秀典・矢野博之・石井雅幸，考察場面における理論的思考力の変容をとらえるために，日本理科教育学会第66回全国大会，2016.8.6，信州大学(長野県長野市)

阪本秀典・小林隼・石井雅幸，小学校3年生の重さの概念獲得 算数科の学習の影響，日本理科教育学会第66回全国大会，2016.8.6，信州大学(長野県長野市)

小島章宏・高木正之・阪本秀典・石井雅幸，小学校理科における考察の指導と児童の変容について，日本教科教育学会第41回全国大会，2015.10.25，広島大学(広島県東広島市)

松原憲治・萩原康仁・猿田祐嗣，TIMSS2011の結果を用いた日本の小学校理科カリキュラムの分析 - カリキュラム質問紙のデータから - ，日本理科教育学会第65回全国大会，2015.8.1，京都教育大学(京都府京都市)

Kenji MATSUBARA，Yasuhito HAGIWARA，Yuji SARUTA，A Statistical Analysis of Characteristics of the National Curriculum of Japanese Primary Science Using TIMSS-2011 Grade 4 Curriculum Questionnaire，6th IEA International Research Conference (IRC-2015)，2015.6.25，University of Pretoria，South Africa

猿田祐嗣，TIMSS調査データからみた学力格差の変化，日本科学教育学会第38回年会，2014.9.13，大宮ソニックシティ(埼玉県大宮市)

猿田祐嗣・中山 迅，探究過程における科学的な「問い」について - TIMSS理科の論述形式問題に対する解答に見る日本の児童・生徒の特徴(15)，日本理科教育学会第64回全国大会，2014.8.23，愛媛大学(愛媛県松山市)

松原憲治・萩原康仁・猿田祐嗣，コンピテンシーの育成を重視したカリキュラムとTIMSS調査の結果に関する一考察 - ニュージーランドの事例から - ，日本理科教育学会第64回全国大会，2014.8.23，愛媛大学(愛媛県松山市)

小島章宏・直井淳也・渡邊弘樹・高木正

之・石井雅幸，小学校理科における考察の記述について - こどもの記録したノート  
の分析とアンケート結果から，日本理科教育学会第 63 回全国大会，2013.8.11，北海道大学（北海道札幌市）  
松原憲治・萩原康仁・猿田祐嗣・小倉康・五島政一・後藤顕一，TIMSS2011 調査（理科）の結果と分析（1） - 日本の調査結果の概要 - ，日本理科教育学会第 63 回全国大会，2013.8.10，北海道大学（北海道札幌市）  
猿田祐嗣・松原憲治，TIMSS2011 調査（理科）の結果と分析（3） - 正答率や無答率の分析による論述形式問題への取り組みの経年変化 - ，日本理科教育学会第 63 回全国大会，2013.8.10，北海道大学（北海道札幌市）

〔図書〕（計 1 件）

Manabu SUMIDA, Yuji SARUTA, Yumi INADA & Shu-Fen LIN, Higher Education Publishing, Taipei, Science Education Research and Practice in East Asia: Trends and Perspectives, 2016, 438 (191-215)

〔産業財産権〕

出願状況（計 0 件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況（計 0 件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

猿田 祐嗣 (SARUTA YUJI)  
國學院大學・人間開発学部・教授  
研究者番号：70178820

(2) 研究分担者

松原 憲治 (MATSUBARA KENJI)  
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：10549372

石井 雅幸 (ISHII MASAYUKI)  
大妻女子大学・家政学部・教授  
研究者番号：50453494

(3) 連携研究者  
なし

(4) 研究協力者  
なし