

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 4 月 14 日現在

機関番号：17601

研究種目：基盤研究(B)(一般)

研究期間：2008～2011

課題番号：20300260

研究課題名（和文）

証拠に基づく推論力と判断力を育成する教育課程の実証的分析と展望の明確化

研究課題名（英文）

Analyses and clearing the perspective of curricula that promotes the competency of reasoning and decision making based on evidence

研究代表者

中山 迅 (NAKAYAMA HAYASHI)

宮崎大学・大学院教育学研究科・教授

研究者番号：90237470

研究成果の概要（和文）：

研究の目的は、日本の児童・生徒の推論の特徴や、理科教科書として顕在化している標準的な授業の流れを明らかにし、それらに基づいた理科授業モデルを提示するであった。TIMSS理科の論述式課題の回答分析や理科教科書の記述分析を行い、教科書の記述には「なぜ」のような科学の根源的な問いは少なく、観察や実験の結果から結論が決まりやすい問いが多いといった特徴が明らかになった。これらの知見に基づいて、児童・生徒が自ら結論を導きやすい問いの設定を中心とした理科の授業モデルを提示し、実践事例を示した。

研究成果の概要（英文）：

The purpose of the research is to clarify the standard flow of Japanese science lessons presented in science textbooks in Japan and to present a model of the science lessons. We conducted analyses of the responses to the essay type task of TIMSS-Science and description analysis of science textbooks and found the feature that description of a textbook has few "why" questions and many questions it is easily decided from the result of observation or an experiment that conclusions will be is became clear. Based on such findings, we developed and presented a practice model of the science lessons

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	4,400,000	1,320,000	5,720,000
2009年度	3,700,000	1,110,000	4,810,000
2010年度	2,900,000	870,000	3,770,000
2011年度	3,300,000	990,000	4,290,000
年度			
総計	14,300,000	4,290,000	18,590,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学、科学教育

キーワード：理科教科書，TIMSS，推論，論述式回答，記述内容

1. 研究開始当初の背景

日本は、国際教育到達度学会(IEA)が実施

する 1970 年の第 1 回国際理科教育調査 (FISS)，1983 年の第 2 回国際理科教育調査

(SISS)で、算数・数学、理科で非常に優れた成績をおさめてきたことから、高いレベルの教育立国として国際的に認められてきた。ところが、1995年の第3回国際数学理科教育調査(TIMSS)では、中学生の成績がトップのシンガポールに引き離されるとともに論述式課題の成績が良くないことが指摘された。さらに、2003年にOECDによって実施されたPISA調査で読解リテラシーの育成が十分でないことが指摘されてから、教育課程の問題として注目されるようになり、学習指導要領の改訂作業に取り組む中央教育審議会の審議の中間まとめやその後の会議資料にもOECDのDeSeCo委員会の提唱するキーコンピテンシーや、それに基づくPISA型読解力、そして、PISAで定義されている科学的リテラシーの育成を強く意識する内容が盛り込まれるようになった。

科学教育との関連では、キーコンピテンシーの「言語、シンボル、テキストを相互作用的に用いる能力」が重要視され、それに関連するPISA型読解力の「書かれたテキストを理解し、利用し、熟考する能力」の育成が問われるようになった。ここで「書かれたテキスト」には、図、表、グラフ、地図などが含まれるため、観察事実に基づいて推論し熟考することが理科授業で重視される流れができた。また、PISA型の科学的リテラシーでは「証拠に基づいた結論を導き出すための知識とその活用」が求められ、観察や実験から得られた事実を証拠として結論を導き、それをもとに判断する能力の育成が科学教育の重要課題と見なされるようになった。

一方、日本の理科教育では、伝統的に観察・実験が重視されているものの、そこから得られた証拠に基づいて結論を下したり、理論的なモデルと結びつけて考察したりする教育が十分に行われてきたとはいえず難しかった。そのため、証拠に基づく推論と判断能力の育成にどういった取り組みが行われ、今後、何をどう改善すべきであるのかが明らかではなかった。

2. 研究の目的

本計画では、次のことを目的とした。

- (1) TIMSS・理科の結果や回答に表れた、日本の児童・生徒の推論の問題点や特徴を明らかにする。
- (2) 小中学校の教科書の記述として顕在化している日本の小中学校理科授業において標準的な流れの特徴を明らかにする。
- (3) 児童・生徒の望ましい推論に基づく論述を実現する理科の授業モデルを提示する。

3. 研究の方法

目的に向けて、以下のような取り組みを実施した。

- (1) TIMSSの論述式課題の回答分析
 - ① テキストマイニングソフトによる分析
 - ② 回答の再分類
 - ③ 自己組織化マップ分析
- (2) 理科教科書の記述分析
 - ① 問題解決の流れの分析
 - ② 「問い」の種類分析
- (3) 児童・生徒の論述力を育成する授業モデルの提案
 - ① 児童・生徒の問題意識を明確にする「問い」の設定の検討
 - ② 児童・生徒自身が自らの言葉で結論を導くことのできる授業モデルの提案

4. 研究成果

- (1) TIMSS及びPISAの結果の全体的分析

新しい学習指導要領において重視されている思考力・判断力・表現力の実態を探るために、TIMSS(国際数学・理科教育動向調査)やPISA(生徒の学習到達度調査)のデータを詳しく分析した。その結果、TIMSSの論述形式問題に対する児童・生徒の解答データの経年比較から、日本の小学生は論述形式問題で若干の低下傾向が示されたが、無答率の点からすれば改善が見られることが分かった。日本の中学生は論述形式問題の正答率だけでなく、無答率の点からも改善が見られた。論述形式問題の認知的領域別平均正答率の分析を行ったところ、日本の小学生は推論領域の平均正答率が知識領域及び応用領域に比べて低かった。国際平均値でも同様の傾向が見られるが、知識領域、応用領域、推論領域の順に、日本との差が大きくなっていく傾向にあり、国際的に見ると、日本の小学生の推論能力は高いことが示唆される。日本の中学生は、推論を行うことによって得られる問題の答えが予め選択肢として用意されているか、あるいは事象の原因や理由を説明したり自分の考えを書いたりしなければならぬかで正答率が大きく異なり、後者が低いことから、中学生は自分で推論を行い表現することが苦手であると示唆された。

PISA調査の分析からは、読解力と同様に科学的リテラシーにおいても成績が低下する傾向にあるが、「科学的な証拠を用いること」はフィンランドに次いで2番目であり、観察・実験などから得られた事実やデータを活用する能力が備わっていることが分かる。一方、「科学的な疑問を認識すること」や「現象を科学的に説明すること」については、全体の平均得点を下回っており、思考力や表現力の面で懸念される事態にあることが示唆された。

また、主要国の理科関係教科目のカリキュラムに大きな影響を与えているTIMSSやPISAにおける「科学的論述力」の位置付けについて検討を行った。IEAが1970年から2007年

まで約 40 年にわたって過去 6 回実施した理科教育の国際比較調査においては、論理的思考に関わる記述や定義は見られるものの、科学的表現について明示されていない。ただし、1995 年の TIMSS からは、それまでの「知識、理解、応用」という認知的目標の形式から、「問題解決、分析、科学的方法の使用、自然界の探究」といった行動的目標へ、さらには最新の 2007 年の TIMSS では「知ること、応用すること、推論すること」という論理的思考に基づいて、「情報を解釈する」、「科学的説明をする」、「証拠から結論を導くための推論をする」という新たな行動的目標の形式へと変化してきていることが明らかとなった。2000 年から開始された OECD の PISA においては、科学的リテラシーを「周囲の環境と積極的に相互作用を行うリテラシーやスキル」と規定し、問題解決のプロセスとして具体的に明示している。そこでは、科学的な疑問を認識し、科学的証拠を用いて、「現象を科学的に説明すること」を主要なプロセスと位置付けており、PISA の科学的リテラシーにおいては、義務教育を通して習得した「科学的表現」を行う能力を測定することが中心的な課題であることが明らかとなった。

(2) 自己組織化マップによる分析

子どもの科学的な推論活動の実態について、TIMSS2003 および TIMSS2007 の自由記述問題を対象に、科学的な根拠を中心とした子どもの記述内容から明らかにすることを目的とした。子どもの回答について、自己組織化マップにより語句の関連を分析し、推論活動の基盤となる知識の関連や知識の構成について分析を行った。その結果、次の点が明らかになった。

TIMSS の推論問題の回答から、子どもに構成されている知識は、比較的科学的に妥当であるものが多い。ただし、問題に関した日常経験が豊かであると推論が容易になると予想されるが、実際は問題とは関係ない日常生活で得た知識を活用してしまい、かえって不適切な推論になる場合がみられた。たとえば、生態系に関する同じ形式の問題において、「ネコ」よりも「ヤギ」の問題のほうが適切な推論を行っており、「ネコ」については、問題の意味とは異なる自分の経験などで回答する場合がみられた。また、すでに学習した内容で、日本における一般的な問題の文脈と TIMSS の問題の文脈とが異なる場合、日本の問題の文脈で答えて誤る場合がみられた。たとえば、日本では実験の意味より実験の結果について問われることが多いため、実験の意味について問われているのにもかかわらず、実験結果についての知識を用いて推論し、回答を誤る場合がみられた。さらに、構成された知識は正しく推論もある程度適切と思われるが、知識の一部だけを用いて説明不足

になる場合がみられた。科学的な根拠に関する表現形式としては、「から」と「ので」の助詞を用いると、科学的な根拠について適切に記述されている場合が多いことが明らかになった。そして、「から」に比べて「ので」のほうが、より具体的で妥当な知識の関連がみられた。

以上の推論活動の結果として表れる科学的な表現活動の実態から、指導上の留意点として次の点が指摘できた。

- ・いろいろな状況の中で知識を活用することによって、その知識の適用範囲について考えさせていく必要がある。また、たとえば実験結果だけでなく実験の意味などを考えさせるような学習展開や文脈を考える必要がある。
- ・説明を省くことなく、順序良く論理を組み立てて説明するように指導することが必要である。
- ・科学的な推論や説明において、たとえば「から」や「ので」の語句を用いた表現形式を意識して指導することも必要である。

(3) 教科書の記述分析

小中学校の理科教科書における記述や疑問文、理科授業中の教師による発問としての疑問文について、オリジナルな 5 種類の分類モデルを開発し、分析を行った。また平成 23 年度は、新たに全面実施となった小学校理科教科書及び国語教科書の疑問文を研究することにより、「科学の問い」の特徴について検討を行った。

まず、小学校、中学校理科教科書から、生物分野を中心に、観察実験に関わる記述について、そこで求められる基礎知識や推論という観点から分析を行った。その結果、体験活動の取り扱いにおいて観察実験における一連の思考・表現の論理展開に飛躍を伴うような部分が見いだされた。

次に、日米の小中学校理科教科書より疑問文を抽出し、その基本構造に関する分析を行った。その結果、日本の小学校理科教科書に「Why」型の疑問文が非常に少ないことが明らかにされると共に、動詞に特徴があることが推察された。科学的な思考力や推論力、判断力に関する先行文献を整理しながら、分析の枠組みを精緻化し、より詳細にその表現形式について分析を行ったところ、1) 学年や内容区分による偏りが大きいこと、2) 学年進行に伴い疑問文数が増加するというのではなく小学 4 年生の理科教科書に最も多くの疑問文が含まれていること、3) 名詞としての科学用語に関わる疑問文数は学年進行に伴って増えるが、副詞・形容詞を問う疑問文の割合は学年に伴いあまり変化しないことが明らかになった。

次に、別の分類観点を開発し、中学校理科教科書における疑問文を分析した。中学校理

科教科書から、511 の疑問文を抽出してデータベース化し、「短答式」「論述式」「選択式」といった解答形式、「科学用語」「計算」「現象説明」「理由説明」「図・グラフ」といった内容形式の観点から分析した。その結果、次の2点が明らかとなった。1) 第一分野及び第二分野共に解答形式「論述式」、内容形式「理由説明」の問いかけが少ない傾向があった。2) 内容形式「現象説明」「科学用語」で教科書全体の問いかけの約60%を占めていた。その結果について、高校入試理科問題の疑問文と比較し、多くの共通傾向が見られることがわかった。また、中学校理科授業場面における教師の発問に含まれる疑問文についても分析を行った。そこでは、場面に応じた複合的な疑問文の分析に利用可能な分析モデルを開発し、TIMSS1999 ビデオにおける日本や米国の中学校理科授業中の教師による496の疑問文について分析を行った。ウィンドウモデルと名付けられたこの分析モデルは、複雑な教師の疑問文を可視化できる可能性を持っており、日米の理科授業中の教師の発言に含まれる疑問文についてさらに比較分析中を進めている。

さらに、平成23年度より全面実施となった新小学校3年生の理科教科書の疑問文と国語教科書の疑問文とを比較し、「科学的な問い」の特徴について分析を行った。そこでは、新小学校理科教科書は、体験に基づき、自分の言葉で記述することを求める特徴があることが明らかになった。最終年度には、これまでの分析を踏まえながら、「科学的問い」の特徴について理論的・実証的に精緻化し、成果を出版・公表した。

(4) 理科授業モデルの提案

教科書の記述内容分析から、日本の小中学校理科の教科書は、基本的に問題解決、あるいは探究の過程を中心に書かれていることが確認された。つまり、何らかの「問い」を設定し、それを解き明かすために観察や実験の計画を立て、その結果を根拠にして結論を下して得た知識を学んでいくという流れが基調となった構成である。

そこで、児童・生徒自身が行う観察・実験の結果として得た事実を根拠にして自らの言葉で結論を述べるができるような授業を行うためには、最初に設定する「問い」を科学的に検証可能な具体的なものとして設定することが鍵となるとの考えに至った。

その考えに基づいて、小学校及び中学校で理科を教える協力者の教師たちが、それぞれ理科授業を行って授業の記録を発表した。そこでは、児童や生徒が、授業で設定された「問い」に対して自らの言葉でノートに結論を論述することができるようになっており、一つの授業モデルとして成立すると考えた。

TIMSSの結果分析の概要、教科書の問いの

分析から得られる示唆、そして、それらの知見に基づいて実施された小中学校の理科授業の実施事例を、小・中学校教員や教育委員会指導主事向けの『思考と表現を一体化させる理科授業』（東洋館出版社、2011）として刊行することによって、研究成果を公開した。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計8件）

①野村法雄，山元恵理，中山迅，猿田祐嗣，中学校理科教科書における問いの分析 -物理領域と化学領域における問いの特徴と傾向-，宮崎大学教育文化学部附属教育実践総合センター研究紀要，査読無，20号，2012年，pp.169-183.

②山元恵理，野村法雄，中山迅，猿田祐嗣 中学校理科教科書における問いの分析 -生物領域と地学領域の問題における問いの特徴と傾向-，宮崎大学教育文化学部附属教育実践総合センター研究紀要，査読無，20号，2012，pp.185-197

③田代見二，阿部直人，徳永悟，小石紀博，横倉康浩，火宮一功，渡木秀明，小林博典，山本智一，中山迅，児童・生徒の科学的記述力を育成するための学習指導法開発(6)，宮崎大学教育文化学部附属教育実践総合センター研究紀要，査読無，20号，2012，pp.13-25.

④中山迅，古家明子，飯干さや香，小学校教員養成の理科の教職科目への心肺蘇生実習導入の試み：生物に関する知識と生命尊重を結びつける態度育成の観点から，臨床教科教育学会誌，査読有，11(2)，2012，，pp.49-55.

⑤横山あゆみ・米村彰・中山迅・猿田祐嗣，TIMSS2003 理科の論述式課題における児童・生徒の回答分析-「日光の必要性」課題に対する児童の考え-，宮崎大学教育文化学部附属教育実践総合センター研究紀要，査読なし，18号，2010年，pp.93-108.

⑥米村彰・横山あゆみ・中山迅・猿田祐嗣，理科教科書の記述における問題解決の流れの分析-小学校5年生「生物とその環境」を事例として-宮崎大学教育文化学部附属教育実践総合センター研究紀要，査読なし，18号，2010年，pp.109-117.

〔学会発表〕（計30件）

①中山迅，野村法雄，猿田祐嗣，中学校理科教科書の記述における「問い」の類型 —物理領域に注目して—，日本理科教育学会台61回全国大会，2011年8月21日，島根大学松江キャンパス

②松原道男，理科における子どもの記述内容の分析(4)-TIMSS2007の理由や根拠に関わる語句の活用から-，日本科学教育学会第

35 回年会, 2011 年 8 月 24 日, 東京工業大学すずかけ台キャンパス

- ③Hayashi Nakayama, Yuji Saruta, and Manabu Sumida, Analysis on questioning terms in the Japanese Primary School Science Textbooks, ASERA2011(Australasian Science Education Research Association), 2011 年 6 月 30 日, University of South Australia ~ City West Campus, Adelaide, South Australia, Australia
- ④Sumida, M., Nakayama, H., and Saruta, Y., Linguistic Analysis on Japanese Elementary Science Textbooks, National Science Teachers Association 59th National Conference on Science Education, 2011 年 3 月 10 日, San Francisco Marriott Marquis Hotel, San Francisco, US
- ⑤山岡武邦・隅田学・中山迅, 中学校理科教科書における「問いかけ」に関する比較研究, 第 36 回日本教科教育学会全国大会, 2010 年 10 月 2 日, 弘前大学
- ⑥松原道男, 理科における子どもの記述内容の分析(3)–TIMSS2007 の地学領域における推論問題を例にして-, 日本科学教育学会第 34 回年会, 2010 年 9 月 12 日, 広島大学
- ⑦Sumida, M., Nakayama, H., and Faustino, J., Linguistic Analysis on Japanese Science Textbooks, 41st Annual Australasian Science Education Research Association, 2010 年 7 月 1 日, Shoal Bay Resort and Spa, Port Stephens, New South Wales, Australia.
- ⑧Hayashi Nakayama and Yuji Saruta, An Analysis of The Sequences of Problem Solving in the Japanese 6th Grade School Science Textbook: In the Contents Area of “Substances and Energy”, ASERA2010 (Australasian Science Education Research Association), 2010 年 7 月 2 日, Shoal Bay Resort and Spa, Port Stephens, New South Wales, Australia
- ⑨Manabu Sumida & Hayashi Nakayama, Embodiment of Elementary Science Textbooks in Japan, 2009 International Conference of East-Asian Science Education, 2009 年 10 月 22 日, Howard International House Taipei, Taipei
- ⑩松原道男, 理科における子どもの記述内容の分析(2)–TIMSS2007 の物理・化学領域における推論問題を例にして-, 日本科学教育学会第 33 回年会, 2009 年 8 月 26 日, 同志社女子大学.
- ⑪松原道男, 理科における子どもの記述内容の分析(1)–TIMSS2003 の生物に関する問題の回答を例にして-, 日本教科教育学会第 34 回全国大会, 2008 年 12 月 6 日, 宮崎観

光ホテル

⑫隅田学, 証拠に基づく推論力と判断力を育成する教育課程の現状分析と課題の明確化 (1) –小学 6 年「植物と日光の関係を調べよう」に関する理科教科書の分析-, 日本教科教育学会第 34 回全国大会, 2008 年 12 月 6 日, 宮崎観光ホテル

〔図書〕(計 1 件)

猿田祐嗣・中山 迅編著, 東洋出版社, 思考と表現を一体化させる理科授業—自らの言葉で問いを設定して結論を導く子どもを育てる—, 2011, 132 頁.

〔産業財産権〕

○出願状況(計 0 件)

○取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等
なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中山 迅 (NAKAYAMA HAYASHI)
宮崎大学・大学院教育学研究科・教授
研究者番号: 90237470

(2) 研究分担者

猿田 祐嗣 (SARUTA YUJI)
国立教育政策研究所・教育課程研究センター・総合研究官
研究者番号: 70178820

松原 道男 (MATSUBARA MICHIO)
金沢大学・学校教育系・教授
研究者番号: 80199843

隅田 学 (SUMIDA MANABU)
愛媛大学・教育学部・准教授
研究者番号: 50315347

(3) 連携研究者

山口 悦司 (YAMAGUCHI ETSUJI)
宮崎大学・教育文化学部・准教授(平成 20 年度~21 年度)
研究者番号: 00324898

衣笠 高広 (KINUGASA TAKAHIRO)
宮崎大学・大学院教育学研究科・准教授(平成 21 年度)
研究者番号: 90510751

山本 智一 (YAMAMOTO TOMOKAZU)
宮崎大学・教育文化学部・准教授
研究者番号: 70584572