

令和元年5月15日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K01020

研究課題名(和文) 理科における高次思考スキルとしての科学的推論に関する理論的・実践的研究

研究課題名(英文) Research on scientific reasoning as higher order thinking skill in science

研究代表者

松浦 拓也 (Matsuura, Takuya)

広島大学・教育学研究科・准教授

研究者番号：40379863

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、理科の学びにおける高次思考スキルとしての科学的推論に着目し、問題解決の一連の教授-学習過程を通して児童生徒の科学的推論の能力を育成するための理論的・実証的研究に取り組んだ。具体的には、科学哲学や理科教育の文脈における科学的推論の特徴を明らかにすると共に、高次思考スキルに含まれるメタ認知やクリティカル・シンキング等との関係性を現代的視座に基づいて整理し、理科の問題解決における科学的推論を高次思考スキルの観点から具体化・精緻化した。また、学習者の科学的推論の実態を横断的に評価した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現代における世界的潮流として、学校教育においては知識や技能のみでなく能力を育成することが重視されている。本研究では、科学的に探究を進める能力や思考の核として科学的推論という視点から研究に取り組んだ。本研究を通して児童生徒の科学的推論の発達や課題を明らかにすることにより、理科教育における今後の指導やカリキュラム改革に向けての基礎的な資料になると考える。

研究成果の概要(英文)：Paying attention to the scientific reasoning as higher order thinking skill in learning of science, we proceeded this research for fostering the ability of a learner's scientific reasoning through the teaching-learning processes of problem solving. While clarifying the characteristic of scientific philosophy or the scientific reasoning in the context of science education, we arranged relationship with meta-cognition, critical thinking, etc. which are included in higher order thinking skill, and, specifically, elaborated the scientific reasoning in scientific problem solving from a viewpoint of high order thinking skill. In addition, we estimated the actual condition of a learner's scientific reasoning from the results of cross-sectional research.

研究分野：科学教育

キーワード：科学的推論 クリティカル・シンキング 理科教育

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

近年、思考力を中心とした高次の能力の育成がこれまで以上に求められている。2008年1月の中央教育審議会答申においても、OECD/PISAなどの影響を受け、科学的リテラシーなどのように獲得した知識や技能を有意に司る高次の思考能力の育成を求めている<sup>1)</sup>。一方で、これまでもにおいても、メタ認知や科学的推論、クリティカル・シンキング、アーギュメントなど、高次の思考スキルに関する研究は国内外において多数実施されてきている。これら高次の思考スキルは、それぞれ特徴を有するものの、問題解決における言わばドライビング・フォースとしての役割を果たしており、相互に関連を持っていると考えられる<sup>2)</sup>。しかし、基本的にこれらの研究は個別に実施されることが多いため、得られた知見を通常の理科の授業に導入する際には、いずれかの思考力・スキルに限定されてしまうという課題がある。このため、本研究では、高次思考スキルにおける具体的な要素として科学的推論を設定すると共に、科学的推論という思考過程に関する児童・生徒のメタ理解の促進において、メタ認知やクリティカル・シンキングを統合化して取り扱うことで、上述の課題が克服できるのではないかと考えた。

また、申請者は、理科の学習におけるメタ認知について様々な視点から研究を行ってきた<sup>3)4)</sup>。その結果、理科における問題解決過程において「ふり返り」を促すことの重要性や、協同的な学習においてメタ認知が活性化されるメカニズムについて明らかにしてきている。さらに、2008年度及び、2012年度を研究の最終年度とする科学研究費補助金『若手研究(B)』において、実験レポートなど言語力を基盤とした科学的な思考力の育成に関する研究を行っている。これらの研究を通して明らかになってきた課題の1つとして、児童・生徒は自立的・主体的に結果や考察を記述する能力が不足しているという実態が挙げられる。これは、「何を、どのように書くのか」という書き方に関する直接的な理解をする事は容易であっても、「何を、どのように考えるのか」という理科の学びにおける思考に関する能力やメタ的な理解が不足していることに起因すると考える。

一方、認知心理学の枠組みにおいては、高次思考スキルの概念的枠組みや評価手法などの研究において一定の成果が示されている。しかし、用いられている課題は研究のための課題が多いため、実際の教室における学習に適用するためには、これまでの研究成果を理科の学習の文脈からとらえ直し、メタ認知やクリティカル・シンキングなどと統合的に取り扱う必要があると考える。

### 2. 研究の目的

本研究は、理科の学びにおける高次思考スキルとしての科学的推論に着目し、問題解決の一連の教授 - 学習過程を通して児童生徒の科学的推論の能力を育成するための理論的・実証的研究に取り組み、次のような成果を目指す。まず、科学哲学や理科教育の文脈における科学的推論の特徴を明らかにすると共に、高次思考スキルに含まれるメタ認知やクリティカル・シンキング等との関係性を現代的視座に基づいて整理し、理科の問題解決における科学的推論を高次思考スキルの観点から具体化・精緻化する。また、児童・生徒の科学的推論の実態を横断的に評価し、基礎的・実証的データを収集するとともに、児童・生徒の科学的推論の能力を育成するための教授 - 学習プログラムを実践的見地から構築することを目指す。

### 3. 研究の方法

本研究は、各種文献に基づく理論的研究、児童・生徒を対象とした調査研究、および研究成果に基づく分析および教授 - 学習プログラムの構築・検証という3つの主要な要素で構成する。では、科学的推論を中心に高次思考スキルに含まれる能力に関する先行研究を収集・分析し、理科の問題解決における科学的推論を高次思考スキルの観点から具体化・精緻化する。では、で具体化・精緻化した科学的推論を中心に実態調査を横断的に実施すると共に、学習内容への依存性についても事例的な調査を実施する。では、およびの研究成果を分析・統合し、児童・生徒の科学的推論の能力を育成するための教授 - 学習プログラムを構築し、実践的研究を通してその成果を検証する。なお、実際の研究においては、横断的な調査の実施およびその分析に時間を要したため、教授 - 学習プログラムの構築、効果検証については今後の課題となった。

### 4. 研究成果

理論的研究においては、主に、クリティカル・シンキングと推論の関係について再考した。クリティカル・シンキングの理論的定義においては、多くの文献で引用されているEnnisによる「何を信じ、何をするか決定することに焦点化した合理的で反省的な思考」という概括的定義のみでなく、能力(skill)と態度(disposition)という下位カテゴリについても整理した。その結果、Ennis(1987)においては、能力として「初歩的な明確化」「推論の基盤に関する能力」「推論に関する能力」「高度な明確化」「方略や方策」という5つの能力が示されていた<sup>5)</sup>。また、Facione(1990)においては、能力として「解釈」「分析」「推測」「評価」「解釈/説明」「自己調整」という6つの能力が示されていた<sup>6)</sup>。これらのうち、Ennisが示した「推論に関する能力」には「演繹的推論を行い、判断する」や「帰納的推論を行い、判断する」といった具体が含まれていた。また、Facioneが示した「推測」には「帰納的または演繹的推論を用いて結論を導出する」というサブ・スキルが含まれていた。これらのことから、推測や判断の段階にお

いて推論が重要な役割を果たしている」と判断できる。推論に関する理論的枠組についても多様な研究がしめされているものの、本研究においては高次思考スキルとして包括的に取り扱うこと、および具体的な調査問題の作成を考慮し、上述のような、帰納や演繹といった推論形式に着目することにした。

主な調査としては、理科の問題解決に着目した質的調査および量的調査を実施した。

質的調査においては、仮説設定場面における思考過程に焦点化して面接調査を実施し、思考過程を合理性という観点で得点化した結果、変数の同定過程においては複数の変数の吟味が、因果関係の認識過程においては因果関係の慎重な検討が合理性に正の影響を及ぼすことなどが明らかになった。

量的調査においては、主に類推に焦点化した調査および異なる推論過程におけるクリティカル・シンキングの機能の違いについて調査を実施した。まず、前者においては、中学生 743 名、高校生 262 名、大学生 175 名、合計 1180 名を対象に調査を実施した結果、類推能力は校種が上がるにつれて得点が増える傾向にあることから、発達・学校段階に応じて類推能力も向上する傾向にあることが明らかとなった。また、誤答分析の結果より、ベースを選択する際に、ターゲットとベースに共通する要素には着目できるものの、その要素と問題を関連付けることに課題があることが明らかとなった。また、後者においては、中学生 985 名、高校生 667 名、大学生（理系）123 名、合計 1775 名を対象に調査を実施した結果、いずれの学年においても通過率が低かったのは、科学的に間違った暗黙の前提が含まれる演繹的推論場面において推論の誤りを指摘する問題であった。また、必要条件に誤りが含まれる演繹的推論や過度の一般化を行っている帰納的推論の問題においては、学年の上昇に伴って通過率も上昇する傾向が見られた。

なお、調査問題の内容や構造、時間的制約を考慮した結果、現段階では児童を対象とした調査については十分なデータを得ることができていない。この点については、本補助金を受ける前から取り組んでいた調査から得られたデータによって横断的分析の補完をした。これらの調査結果より、理科における問題解決過程の教授 - 学習過程における科学的推論の育成の留意点を導出した。しかし、調査に時間を要した影響から、科学的推論の能力を育成するための教授 - 学習プログラムの試行については実施することができなため、今後の課題となった。

#### < 引用文献 >

- 1) 中央教育審議会答申(2008)『幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善について(答申)』2008年1月17日。
- 2) Schraw, G. & Robinson, D. R. (Eds.) (2011). *Assessment of higher order thinking skills*, North Carolina: IAP.
- 3) 松浦拓也・角屋重樹・岡田大爾・檜山芳之(2002)「観察・実験活動とメタ認知的技能の関係(2) - 電磁石作成課題の事例を通して - 」科学教育研究, 26(5)、pp.350-357.
- 4) 松浦拓也・柳江麻美(2009)「協同的な学習におけるメタ認知に関する事例的研究 - 中学校理科における話し合い場面を中心にして - 」理科教育学研究, 50(2)、107-119.
- 5) Ennis, R. H. (1987). A Taxonomy of critical thinking dispositions and abilities. In J. B. Baron & R. J. Sternberg (Ed.), *Teaching thinking skills: Theory and Practice* (pp. 9-26). New York: W. H. Freeman and Company.
- 6) Facione, A. (1990). *Critical Thinking: A Statement of Expert Consensus for Purposes of Educational Assessment and Instruction. Research Findings and Recommendations*. Prepared for the Committee on Pre-College Philosophy of the APA. ERIC ED 315 423.

#### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 2 件)

中村大輝・松浦拓也、理科における仮説設定の合理性に影響を及ぼす要因の検討、日本教科教育学会誌、査読有、Vol.41、No.3、2018、57-66。

DOI : 10.18993/jcrdajp.41.3\_57

中村大輝・松浦拓也、仮説設定における思考過程とその合理性に関する基礎的研究、理科教育学研究、査読有、Vol.58、No.3、2018、279-292。

DOI : 10.11639/sjst.17005

[学会発表](計 30 件)

T. Matsuura & N. Yamasaki、Relationship Between Scientific Reasoning and Critical Thinking Dispositions、EASE2018(台湾) 2018.

R. Imamura & T. Matsuura、An analysis of critical thinking in scientific reasoning: From the result of survey on Japanese university students、EASE2018(台湾) 2018.

T. Matsuura & H. Kinoshita、An Analysis of Teaching Methods in Science Lessons: Based on the Results of National Assessment of Academic Ability in Japan、ISEC2018(シンガポール) 2018.

小林誠・松浦拓也、科学的に検証可能な疑問の認識に関する一考察、日本教科教育学会第44回全国大会(東京) 2018.

雲財寛・松浦拓也、モデルベース推論の成否に関わる要因に関する研究、日本理科教育学会第 66 回全国大会（福岡）、2017.

中村大輝・松浦拓也、仮説設定における思考過程とその評価に関する基礎的研究、日本理科教育学会第 66 回全国大会（福岡）、2017.

山崎直人・松浦拓也、理科における類推能力の評価に関する一考察、日本理科教育学会第 66 回全国大会（福岡）、2017.

今村亮介・松浦拓也、科学的推論の過程における批判的思考に関する基礎的研究、日本理科教育学会第 66 回全国大会（福岡）、2017.

松浦拓也、IRT に基づく科学的推論の横断的分析 - 同時尺度調整法による等化 - 、日本教科教育学会第 43 回全国大会（北海道）、2017.

山崎直人・松浦拓也、理科における推論能力及び批判的思考の評価に関する理論的検討、日本教科教育学会第 43 回全国大会（北海道）、2017.

今村亮介・松浦拓也、科学的推論の過程における批判的思考に関する基礎的研究 推論形式の特徴に着目して、日本教科教育学会第 43 回全国大会（北海道）、2017.

松浦拓也、ベイズ統計学に基づくデータ分析に関する基礎的考察 - 科学的推論の横断的分析を事例として - 、日本科学教育学会第 40 回年会（大分）、2016.

T. Matsuura、Relationship between Scientific Reasoning and Critical Thinking by using Decision Tree model: the Theory of Buoyancy in Liquids、EASE2016（東京）、2016.

道園和季・松浦拓也、理科における批判的思考の育成に関する基礎的研究、日本理科教育学会第 66 回全国大会（長野）、2016.

（他 16 件）

〔図書〕（計 0 件）

〔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：  
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：  
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究分担者

研究分担者氏名：木下 博義

ローマ字氏名：(KINOSHITA, Hiroyoshi)

所属研究機関名：広島大学

部局名：大学院教育学研究科

職名：准教授

研究者番号（8 桁）：20556469

(2)研究協力者  
研究協力者氏名：  
ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。