

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 4 月 20 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26282036

研究課題名(和文) トランス・サイエンス問題の解決能力を育成する知識共創型アーギュメンテーション教育

研究課題名(英文) Fostering decision-making skills for trans-science problems through knowledge collaborative argumentation

研究代表者

坂本 美紀 (Sakamoto, Miki)

神戸大学・人間発達環境学研究科・教授

研究者番号：90293729

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 9,100,000円

研究成果の概要(和文)：トランス・サイエンス問題の解決能力について、科学的探究能力の育成、科学的アーギュメンテーションの理解、科学技術を扱うトランス・サイエンス問題に対する思考の評価、の3点から取り組んだ。思考の評価については、科学技術の社会問題を取り上げ、先進的な指導事例や、解決能力の測定課題と評価法に関する実証的知見を蓄積し、指導法と評価法の体系的理論化をはかった。検討結果を元に作成した測定課題を用いて調査を実施し、トランス・サイエンス問題に対する大学生の思考の特徴を明らかにするとともに、評価用のルーブリックを精緻化した。また、発話分析から、科学的アーギュメンテーションの認識論的理解の獲得過程を解明した。

研究成果の概要(英文)：This study focuses on three aspects of teaching trans-science problem-solving skills. First, we focused on students' inquiry skills of science and technology contents. We conducted experimental lessons that aimed to nurture the skills of generating well-defined scientific questions and so on. Second, we elucidated the acquisition process of epistemic understanding from an analysis of learners' discourse during peer critique. Third, we collected examples of socio-scientific issues-based instruction as well as empirical findings on measurement tasks and evaluation methods from the literature, and attempted to theorize the instruction and evaluation methods systematically. We made a Japanese version of the measurement task and conducted a survey of Japanese college students. Having analyzed the survey results, we determined the characteristics of college students' decision-making on trans-science problems and elaborated the rubrics.

研究分野：科学教育

キーワード：トランス・サイエンス問題 アーギュメンテーション

1. 研究開始当初の背景

現代社会が直面している環境問題には、科学技術と社会、資源や食糧とエネルギーといった、種々のトレードオフを包含し、多様なステークホルダー（利害関係者）間のコンフリクトが解決の妨げになっている課題が、少なからず存在する。このようなトランス・サイエンス問題を解決するには、トレードオフ関係を踏まえて、異なる利害関係者の合意を形成する必要がある。より具体的には、科学者の他、利害関係者や市民も参画する公共的な討議により、社会的判断としての合意を形成することが望まれる。このような場で建設的な意思決定をするためには、市民の積極的な科学関与に加え、科学者の側も、市民らに理解可能な形で専門的知識を伝達するスキルを発揮する必要がある。

科学教育は、これらの要請に十分応えているのだろうか。欧米では、中学校、高校などで、トランス・サイエンス問題を導入した教育実践が行われている。しかし研究知見はまだ十分とは言えず、体系的な指導法や成果の評価法を提供するには至っていない。さらに日本国内では、これに類する実践や研究がわずかしか存在しなかった。

2. 研究の目的

トランス・サイエンス（科学技術と社会的意思決定政策が交わる領域）で生じる問題への市民参加が課題になって久しい。アーギュメンテーションすなわちサイエンス・トーキングとサイエンス・ライティングの教育は、科学関与を可能にする能力を持った市民、および、専門性を背景に多様な関係者とコミュニケーションするスキルを持った科学者の育成に貢献できる。指導法と評価法の体系的理論化をはかる。本研究は、トランス・サイエンス問題の解決能力について、(1)科学的な探究や推論の能力の育成、(2)科学的アーギュメンテーションの理解、(3)科学技術を扱うトランス・サイエンス問題に対する思考の評価の3点からアプローチした。

3. 研究の方法

研究目的の1点目、(1)科学的な探究や推論の能力の育成については、科学や科学技術が関わる内容について探究する能力に焦点を当て、協調的な探究活動の中で、良定義の科学的問いを生成する力や、理論と適合する証拠を選び出す力の育成を目指した実験授業を実施し、その成果を検証した。(2)科学的アーギュメンテーションの理解については、ライティングのアーギュメンテーションに焦点化し、作成したアーギュメンテーションを学習者同士が相互に評価する場面での発話の分析から、認識論的理解の獲得プロセスを解明した。(3)科学技術を扱うトランス・サイエンス問題に対する思考の評価については、科学技術の社会問題を取り上げ、科学教育及び関連領域の学術論文と関連書籍

を収集し、先進的な指導事例や、解決能力の測定課題と評価法に関する実証的知見を蓄積し、指導法と評価法の体系的理論化をはかった。評価法に関する検討結果を元に、測定課題の日本語版を作成し、日本の大学生を対象にした調査を実施した。調査結果の分析から、トランス・サイエンス問題に対する大学生の思考の特徴を明らかにするとともに、採取したデータを元に、策定したループリックを修正・精緻化した。

4. 研究成果

(1)科学や科学技術が関わる内容について探究する能力

科学的な推論や探究の力は、トランス・サイエンス問題の解決能力の構成要素のひとつである。科学的探究の基本プロセスは、仮説の生成、観察・実験の計画と遂行、証拠の評価の3つに大別され、様々な探究スキルや科学的推論が必要である。理科教育では、学習者を科学的探究に従事させる実践がスタンダードになりつつあるが、科学的探究の指導方法に関する実証研究は十分ではない。我々は、小学校高学年を対象に、協調的な探究学習の中で、科学的推論とその表現を育成する介入研究を実施した。5年生の授業では、科学的探究のうち、証拠の評価に焦点を当て、理論と適合する証拠を選び出す力の育成とその評価を行った。その結果、複数の証拠を利用するよう動機づけられた学習者においても、証拠の持つ特性が選択に影響し、理論と適合する証拠の全てを抽出できるわけではないことが明らかになった。6年生の授業では、探究の出発点である「問いの生成」に焦点を当て、科学的知識の活用を重視した探究活動を通して科学的原理・法則に基づく思考を活性化させる介入研究、探究活動に質問生成への介入を組み込んだ介入研究を実施した。授業の成果を評価するにあたり、授業とは異なる題材で問いを生成させる課題を、事前、事後ならびに授業中の3回実施した。生成された問いをテスト間で比較した結果、どちらの介入でも、授業後に問いのレベルが向上し、科学的原理・法則が持つ性質を理解することにより、原理・法則に基づく科学的思考が促進され、科学的な問いを生成できるようになることが示された。また、探究活動に質問生成への介入を組み込んだ介入での向上が、探究活動のみの介入を上回ったことから、質問生成に対するより直接的な支援を付加することで、介入の効果がさらに高まることが明らかになった。

(2)科学的アーギュメンテーションの理解

科学的アーギュメントに関する認識論的理解に焦点を当てた研究も行われ始めている。我々は、この認識論的理解を、適切な科学的アーギュメントが有する特徴の理解と定義し、科学的アーギュメントを構成する力の獲得を目指した実験授業において、学習者

が認識論的理解を獲得するプロセスを検討した。実験授業では、実験を通して水溶液の性質を明らかにする探究活動と、実験結果を科学的アーギュメントとして記述する練習を反復した。作成したアーギュメンテーションを学習者同士が相互に評価する場面での発話を分析し、教授された認識論的理解が反映された発話を抽出し、発話カテゴリーごとの出現率や出現したカテゴリーの数を算出した。相互評価場面間の比較を通し、デザインした実験授業により、学習者が構成する科学的アーギュメントの質が向上しただけでなく、科学的アーギュメントに関する認識論的理解を深められていたことが明らかになった。あわせて、構成した科学的アーギュメントの変化と、認識論的理解の変化とを関連づけた事例的検討も実施した。

(3) 科学技術を扱うトランス・サイエンス問題に対する思考の評価

文献の収集を通し、先進的な指導事例や、解決能力の測定課題と評価法に関する実証的知見を蓄積し、指導法と評価法の体系的理論化をはかった。科学技術を扱うトランス・サイエンス問題に対する思考の評価方法について、主要な先行研究で用いられた評価方法の紹介、ならびに先行研究で採用された評価方法の比較検討結果を、それぞれ学術論文として公表した。後者の論文は、トランス・サイエンス問題に対する思考、具体的には、意思決定や推論、議論を対象にし、かつ評価フレームワークを明示した研究論文計 14 編を対象に文献レビューを行った。用いられた評価課題の他、思考を評価するフレームワークすなわち観点、指標、ループリックについて整理し、当該研究領域における現在までの到達点と今後の課題を考察したもので、科学教育研究に掲載された。

続いて、先行研究のレビュー結果を元に、トランス・サイエンス問題に対する解決策の創出を測定する課題の日本語版を作成し、日本の大学生を対象にした調査を実施した。調査で取り上げたトランス・サイエンス問題は、遺伝子治療、ヒトのクローニングであり、具体的な個別状況を描写したシナリオを問題領域ごとに各 3 本ずつ、計 6 本用意し、技術利用への賛否やその理由などについて質問した。回答の音声を記録してトランスクリプトを作成し、分析を行った。日本科学教育学会では、大学生の思考の特徴を、推論パターンの観点から分析し、先行研究の知見と比較した結果を、日本教育心理学会では、2 本の問題シナリオに焦点化し、思考に影響する要因とその差異を検討した結果を、それぞれ発表した。

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 4 件)

坂本美紀・山口悦司・西垣順子・益川弘如・稲垣成哲 (2015) 「科学技術の社会問題に関する思考の評価フレームワーク」『日本科学教育学会研究会研究報告』, 30(3), p77-82.

坂本美紀・山口悦司・村山功・中新沙紀子・山本智一・村津啓太・神山真一・稲垣成哲 (2016). 「科学的な問いの生成を支援する理科授業 - 原理・法則に基づく問いの理解に着目して - 」『教育心理学研究』64, 105-117.

山口悦司・坂本美紀・岩鼻春花・鷲見征哉・稲垣成哲 (2016) 「科学技術の社会問題に関する思考の調査 (1): 研究のフレームワーク」『日本科学教育学会研究会研究報告』, 30, 25-28.

坂本美紀・山口悦司・西垣順子・益川弘如・稲垣成哲 (2016) 科学技術の社会問題に関する学習者の思考の評価フレームワークの動向」『科学教育研究』40, 353-362.

〔学会発表〕(計 8 件)

坂本美紀・山口悦司・(5 名省略)・稲垣成哲 「科学的な問いの生成を支援する理科授業: 面接調査による問いの生成プロセスの分析」日本理科教育学会第 64 回全国大会, 2014 年 8 月, 愛媛大学.

Sakamoto, M., Yamaguchi, E., Nakashin, S., & Yamamoto, T., Murayama, I., Kamiyama, S., Muratsu, K., & Inagaki, S. Instructional Design for Asking Theory-Inspired Questions. Poster presented at the 2014 joint Special Interest Group Meeting of EARLI SIG 6 (Instructional Design) and SIG 7 (Learning and Instruction with Computers), 2014 年 8 月, Rotterdam, The Netherlands.

坂本美紀・山口悦司・(3 名省略)・稲垣成哲 「児童の科学的推論における理論と証拠の適合評価: 証拠の特性に着目して」日本発達心理学会第 26 回大会, 2015 年 3 月, 東京大学.

坂本美紀・山口悦司・西垣順子・益川弘如・稲垣成哲 「科学技術の社会問題を扱ったアーギュメントの評価枠組みの事例的検討」日本理科教育学会第 65 回全国大会, 2015 年 8 月, 京都教育大学.

西垣順子・坂本美紀・山口悦司・稲垣成哲 「議論力育成を組み込んだ理科授業に対する大学生の評価 2 - 賛同・慎重姿勢の理由記述の分析 - 」日本心理学会第 79 回大会, 2015 年 9 月, 名古屋国際会議場.

Sakamoto, M. & Yamaguchi, E. A design research to support elementary students' epistemic understanding of their scientific argument construction. the 12th International Conference of the Learning Sciences, 2016 年 6 月, Nanyang, Singapore.

坂本美紀・山口悦司・岩鼻春花・鷲見征哉・稲垣成哲 「科学技術の社会問題に関する思考の調査 (3): 推論パターンの観点から」日本科学教育学会第 40 回年会, 2016 年 8

月, ホルトホール大分.
坂本美紀・山口悦司「科学技術の社会問題に
関する思考の調査(2): 大学生の思考に影
響する要因の検討」日本教育心理学会第58
回総会, 2016年10月, かがわ国際会議場.

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 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 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

坂本美紀 (SAKAMOTO MIKI)
神戸大学・大学院人間発達環境学研究科・
教授
研究者番号: 90293729

(2) 研究分担者

稲垣成哲 (INAGAKI SHIGENORI)
神戸大学・大学院人間発達環境学研究科・
教授
研究者番号: 70176387

山口悦司 (ETSUJI YAMAGUCHI)
神戸大学・大学院人間発達環境学研究科・
准教授
研究者番号: 00324898

西垣順子 (NISHIGAKI JUNKO)
大阪市立大学・大学教育研究センター・准
教授
研究者番号: 00324898

益川弘如 (MASUKAWA HIROYUKI)
静岡大学・大学院教育学研究科・准教授
研究者番号: 0367661

(3) 連携研究者

なし

(4) 研究協力者

伊藤真之 (ITO MASAYUKI)
神戸大学・大学院人間発達環境学研究科・
教授

近江戸伸子 (OUMIDO NOBUKO)
神戸大学・大学院人間発達環境学研究科・
准教授

林創 (HAYASHI HAJIMU)
神戸大学・大学院人間発達環境学研究科・
准教授