

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 11 日現在

機関番号：14201

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2017

課題番号：15K12378

研究課題名（和文）「科学の考え方」に着目した科学教育プログラム開発

研究課題名（英文）Development of a science education program fostering scientific mindsets

研究代表者

加納 圭（Kano, Kei）

滋賀大学・教育学部・准教授

研究者番号：30555636

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,500,000円

研究成果の概要（和文）：「科学の考え方」を習得できる科学教育プログラム群として、NHK Eテレ『考えるクラス』および『カガクノミカタ』連動プログラムを開発した。事後アンケート結果等を踏まえ、複数の「科学の考え方」を評価するルーブリックを作成した。また、開発教育プログラム群の普及展開にも努めた。高校生による小学生を対象とした教育プログラム実施などがなされた。

研究成果の概要（英文）：We have developed educational programs using TV programs: “Think Like a Crow -Scientific Method-” and “Viewpoint Science: Make it and See!” broadcasted by NHK, in order to foster the scientific mindsets and viewpoints of students and their parents. From the viewpoint of science communication research, we have focused on assessing scientific mindsets and viewpoint, using a rubric, one of the evaluation methods.

研究分野：科学コミュニケーション

キーワード：科学の考え方

1. 研究開始当初の背景

OECD・PISA 調査では「科学的知識」を「科学の知識」と「科学についての知識」の2種類の知識から構成されるものとしている。前者は、物化生地や技術の領域にまたがる自然界の知識を指し、後者は、科学の方法(科学的探究)と目標(科学的説明)の知識を指す。学校教育では前者と後者のバランスがうまく取れておらず、前者に偏っていることが指摘されている(加納 2010)。

本研究グループはこれまで「科学についての知識」に注目した教育プログラム開発を進めてきた。その一つが2009年から高校生向けに年1回実施してきた「幹細胞研究やってみよう!」である(加納ら 2012)。本プログラムでは、山中伸弥研究室で実際に取り組まれている、答えが分かっていない研究課題を取り上げるのが特徴で、高校生たちが観察・仮説・実験・考察に取り組む様子が見られてきた。

ノーベル物理学賞受賞者のファインマンも指摘するように、科学の方法の実践のためには「何を始めるにも前もって答えを知っているはならない」(ファインマン著『聞かせてよ、ファインマンさん』より)。これらの状況を踏まえ、本研究では課題の答えを知らない前提で観察、仮説、実験、考察を行うやり方を「科学の考え方」と定義し、「科学の考え方」が習得できる初等中等教育向けの科学教育プログラムを開発する。新学習指導要領でも科学的な考え方の育成に向けた学習指導の充実が求められている。また、「幹細胞研究体験を通じた幹細胞知識と科学の考え方の普及啓発」が2014年文部科学大臣表彰科学技術賞(理解増進部門)を授賞(受賞者:中辻、加納、水町ら)NHK理科教育番組『考えるカラス～科学の考え方～』(小3～)(制作:NHK 竹内ら、番組委員:加納、水町ら)が2013年放映開始等、「科学の考え方」教育には近年注目が集まっている。

また、本研究グループはこれまでNHK番組『考えるカラス～科学の考え方～』連動プログラムを試験的に開発してきた(加納ら 2013)。

「お盆の上に風船を乗せて落とすと、お盆と風船は一緒に落ちる」ことを題材にし、小学校3～6年生の全学年、高等学校等において20回以上試行してきた。また、同試験プログラムは大津市科学館や日本科学未来館でも試験的に導入され始めている。その際、児童生徒が科学的思考・試行をしている様子が観察できた。しかしながら、学校教育が伝統的に「科学の知識」をより重視してきたためか、「科学の知識」の評価手法に比べて「科学の考え方」の評価手法は発展途上にある。そのため、同試験プログラム実施下においては、踏み込んだ児童生徒の評価を行うことができなかった。本研究のチャレンジ性の一つは、このような現状下で、「科学の考え方」の教育プログラムを開発するだけでなく、そ

の質的な評価指標(ルーブリック)を作成する点にある。

また、本研究グループは「科学の考え方」に関する科学者の暗黙知を言語化・顕在化させた「考えるヒント」(「くらべる」「はかる」「例を集める」など)を10以上作成してきた(加納ら 2014)。

本研究ではこれら「考えるヒント」を引き続き作成するだけでなく、児童生徒でも実行可能なレベルに具体化する予定である。本研究のもう一つのチャレンジ性は、「考えるヒント」という具体的に言語化された行動指標と前述のルーブリックを組み合わせることで、科学教育プログラムを体系化し、発達段階・習熟段階に合わせた科学教育プログラムを提供する点にある。

このように「科学の考え方」に明確に焦点を絞った科学教育プログラムを開発するだけでなく、科学者の暗黙知を言語化・顕在化することで「考えるヒント」や評価指標(ルーブリック)をも作成し、さらに教育プログラムの体系化を目指すところに、本研究の斬新性がある。

2. 研究の目的

研究目的は下記3点である。

「科学の考え方」を習得できる科学教育プログラムを複数開発する。

「科学の考え方」を習得できたかを評価する質的な評価指標(ルーブリック)を作成する。「科学の考え方」は「科学の知識」に比べて評価が難しいとされてきたが、本研究において挑戦する。

作成したルーブリックを用いたプログラムを体系化し、学校教育や科学館等へ普及展開する。

3. 研究の方法

本研究の目的1～3を達成するための各年度における研究計画・方法は以下の通りである。

- 2015年度:「科学の考え方」習得のための科学教育プログラム(45分程度)を複数(10程度)開発(先述の目的1の達成に向けて)
- 2016年度:「科学の考え方」習熟度評価のためのルーブリック作成(目的2達成に向けて)
- 2017年度:ルーブリックを用いた教育プログラムの体系化と学校教育や科学館等への普及展開(目的3達成に向けて)

具体的には、以下の6項目を実施した。

- A) NHK Eテレ『考えるカラス～科学の考え方～』連動プログラムの開発と実施
- B) 独自の教育プログラム開発と実施
- C) 開発プログラム受講児童生徒、及び評価者としての先生からの質的データ収集
- D) 評価指標(ルーブリック)の作成
- E) ルーブリックに合わせた開発教育プロ

グラムの改善

F) 改善プログラムの学校教育や科学館等への普及展開

4. 研究成果

(2015年度)

「科学の考え方」を習得できる科学教育プログラム群として、NHK E テレ『考えるカラス～科学の考え方～』連動プログラムを2つ、NHK E テレ『カガクノミカタ』連動プログラムを2つ開発し終えた。その他、NHK E テレ『考えるカラス～科学の考え方～』連動プログラムを複数開発し始めた。また、次年度のループリック開発に向けて、どのプログラムでどのような科学の考え方をういたのかについての調査も始め、プログラム受講生から予備的データを収集した。

(2016年度)

「科学の考え方」を習得できる科学教育プログラム群として、NHK E テレ『考えるカラス～科学の考え方～』連動プログラムを1つ、NHK E テレ『カガクノミカタ』連動プログラムを3つ開発し終えた。連動プログラムを複数開発中である。また、どのプログラムでどのような科学的な見方をういたのかについての調査を引き続き実施してきた。調査結果に基づき、比べてみるといった一部の科学の考え方に対するループリック草案もできあがった。

(2017年度)

「科学の考え方」を習得できる科学教育プログラム群として、NHK E テレ『カガクノミカタ』連動プログラムを3つ開発し終えた。また、どのプログラムでどのような科学的な見方をういたのかについての調査・分析を引き続き実施した。

例えば、万能ねぎと九条ねぎを「比べてみる」ワークショップにおける事後アンケート調査からは以下のことが明らかになった。

- 主として身につけてもらいたい「比べてみる」の使用率が100%（たくさんした、少ししたの合計）であること。
- 言われたことだけするといった受動的な学修に関する項目に対して否定的にこたえる傾向があり、能動的な学修がなされた傾向が見られた。

続いて、プログラム中に万能ねぎと九条ねぎについて気づいたことを書き記していたメモを分析した結果、児童らは五感を使って比べていることが分かった（右図）。

事後アンケートでの使用率の高さ、実際に比べることでたくさんの気づきを得たことなどから、本教育プログラムを通して参加児童らが「比べてみる」スキルを習得もしくは発揮できたのだと考えられた。

これまでの調査結果を踏まえ、昨年度に草案を作成したループリックを完成させた。また、これら教育プログラム群の普及展開にも努めた。高校生による小学生を対象とした教育プログラム実施などがなされた。

五感	九条ねぎ	万能ねぎ
味覚	<ul style="list-style-type: none"> ・生で噛むと苦い。 ・齧めるとからい。 ・万能ねぎよりからい。 ・横に切って食べる方があまい。 ・先の方がからい。 ・後味があまい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・生で噛むと万能ねぎほど苦くない。 ・マイルド。
嗅覚	<ul style="list-style-type: none"> ・マヨネーズみたいなおい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ツンとするにおい。
触覚	<ul style="list-style-type: none"> ・やぶりやすい。 ・九条ねぎの方が中はぬるぬる。 ・がさがさ。 ・かたくて折れない。 ・根に近い方がぬるぬる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・くちゅくちゅしたらわかめみたいになる。 ・九条ねぎほどではないが少しぬるぬる。 ・つるつる。 ・かたくなくてやわらかい。
視覚	<ul style="list-style-type: none"> ・太い。 ・根が長く長い。 ・根の白い部分が万能ねぎに比べて長い。 ・根と上の方は色が違う(根:白、上:緑)。 ・白いところから結まっている。 ・切るで殻が出てきた。 ・中はさきみたい。 ・白いところの中身が二重みみたい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・細い。 ・根が細く短い。 ・根の白い部分が九条ねぎに比べて短い。 ・根と上の方は色が違う(根:白、上:緑)。 ・中身は尖がっぱいあるみみたい。
聴覚	<ul style="list-style-type: none"> ・シャキシャキ音がする、万能ねぎより音が大きい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・シャキシャキ音がするが、九条ねぎより音が小さい。 ・押すとぶちぶちいう。 ・さくさくしてゐる。

図 五感を使って「比べてみる」ことで得られた気づき

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2件)

渡邊雅之、塩瀬隆之(2017) 第三高等学校由来の光学機器と物理教育、大学の物理教育、23(1)、23-26、査読あり

塩谷政典、塩瀬隆之、青野通匡(2016) 人との協調型キャスト編成システムの開発、システム制御情報学会論文誌、29(9)、391-400、査読あり

〔学会発表〕(計16件)

塩瀬隆之、渡邊雅之、永平幸雄、岩倉正司、元木環・技術史資料の再現実験映像の共有手法に関する研究(2017) 第20回大学博物館等協議会・第12回博物科学学会

岩倉正司、塩瀬隆之、元木環(2017) 研究者の潜在的要求を反映する映像制作仕様の対話型生成—物理教育研究者との映像制作を事例に一、日本デザイン学会第64回春季研究発表大会

塩瀬隆之(2017) 子どもの学びを促進する教材・ヒューマンインタフェース学会WS3

後藤崇志、中西一雄、加納圭(2017) 児童の学習動機づけの観点からの科学イベントの教育的役割の評価、日本科学教育学会第41回年会

水町衣里、一方井祐子、加納圭(2017) 高校生を対象とした研究体験で獲得さ

れる科学的知識とその限界 - PISA の評価枠組みを活用した分析 -、日本科学教育学会第 41 回年会

加納圭、土井祐磨、後藤崇志、水町衣里、一方井祐子 (2017) 科学的なものの見方の習得に関する評価の試行 ~NHK E テレ「カガクノミカタ」連動ワークショップを事例に~、日本科学教育学会第 41 回年会

塩瀬隆之、水町衣里、加納圭 (2017) 教室におけるアクティブラーニング評価手法に関する教師の懸念、日本科学教育学会第 41 回年会

塩瀬隆之、木村亮介、近藤崇司、松浦真、小竹めぐみ、小笠原舞、辻邦浩 (2017) (ア) こどもがデータを使いこなすための模擬ワークプレイスのデザイン、第 79 回情報処理学会全国大会

塩瀬隆之、水町衣里、土井祐磨、竹内慎一、加納圭 (2016) 水族館における「くらべる」課題の実践：カガクノミカタの基盤のスキル、日本科学教育学会第 40 回年会

加納圭、水町衣里、塩瀬隆之、ハイチクパヴェル、岡本雅子、佐々木孝暢、西田賢仁、竹内慎一 (2016) 科学の考え方に注目したアクティブラーニング~NHK E テレ「考えるカラス」連動ワークショップを例に~、日本科学教育学会第 40 回年会

Kano, K., Mizumachi, E., Shiose T., Hecjick, P., Okamoto, M., Sasaki, T., Nishida, M., Takeuchi, S. (2016)、Science Active Learning using a Japanese educational TV program "Think Like a Crow: The Scientific Method"、The fifth International Conference of East-Asian Association for Science Education

Shiose, T., Mizumachi, E., Doi, Y., Takeuchi, S., Kano, K. (2016) A Joint Workshop for Children with a TV Science Program Focused on "Comparing" in an Aquarium、International Conference of East-Asian Association for Science Education

Shiose, T., Toda, K. (2016) Scientific and Technological Education in the

Early Years of Kyoto University、University Museum & ICOM-ICOFOM/ASPAC Joint Conference: The Triple Helix of Cultural Heritages of Sciences, Technology, and University

Shiose, T. (2016) Educational equipment for beginning stage of engineering and physics education at Kyoto University、International Symposium on Interactions of Human, Culture and Nature Explored with University Museum Collections

塩瀬隆之(2016)企画展示からはじまる産学連携プロジェクト、第 19 回大学博物館等協議会・第 11 回博物科学会

塩瀬隆之、宮原裕美、長谷川潤、熊谷香菜子、本田ともみ、遠藤幹子(2016)“おや?” っこひろばに埋め込まれた能動的な学びの仕掛け、第 30 回人工知能学会全国大会

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

加納圭 (Kei Kano)

滋賀大学教育学部・准教授

研究者番号：30555636

(2) 研究分担者

塩瀬隆之 (Takayuki Shiose)

京都大学総合博物館・准教授

研究者番号：90332759

水町衣里 (Eri Mizumachi)

大阪大学 CO デザインセンター・特任助教

研究者番号：30534424

元木環 (Tamaki Motoki)

京都大学学術情報メディアセンター・助教

研究者番号：80362424

(3) 連携研究者

なし

(4) 研究協力者

竹内慎一 (Shinichi Takeuchi)

NHK エデュケーショナル