

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 元年 5 月 23 日現在

機関番号：13401

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2017～2018

課題番号：17H06716

研究課題名（和文）アフリカにおける理科と数学を関連付ける指導法の開発

研究課題名（英文）Developing teaching methods connecting mathematics and science in Africa

研究代表者

高阪 将人（KOSAKA, Masato）

福井大学・学術研究院教育・人文社会系部門（教員養成・院）・講師

研究者番号：50773016

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では理科と数学を関連付ける方法の一つである、理科と数学の考え方の相違点に着目した関連付けの調査法を明らかにし、生徒の実態把握調査及び国内外の先行事例から、理科と数学を関連付ける指導法を考察した。その結果、理科と数学を関連付ける指導法への示唆として、両教科の共通点と相違点を意識した授業開発と、発達段階に応じた理科と数学を関連付ける度合いの選択が必要であることが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまでの理科と数学の関連付けの研究では、目的・方法・調査法・指導法がそれぞれ個別に議論されており、その対応関係は着目されてこなかった。これに対して本研究は、それら内容を包括的に捉えることにより、目的・方法・調査法・指導法の一貫性に着目した。さらに本研究の成果は、アフリカにおける教育協力に対して直接的な示唆をもたらすと考える。

研究成果の概要（英文）：The objectives of this study are developing the evaluating methods for connecting mathematics and science by focusing on the differences and similarities in the perception of these two fields of studies, and improvising the teaching methods, which connect mathematics and science, by conducting surveys and analyzing previous relevant studies. The result showed that focusing on the similarities and differences between these two fields of studies is required when developing a lesson plan, and the degree of connection between mathematics and science should be selected based on student developmental stage.

研究分野：教科教育学

キーワード：理科と数学の関連付け アフリカ 理数科教育協力 STEM

## 様式 C-19, F-19-1, Z-19, CK-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

第5回アフリカ開発会議を踏まえた安倍イニシアティブでは、アフリカの成長を担う人材育成が注目されている(外務省, 2013)。人材育成を学校教育で捉えた場合、中等教育における理数科教育が果たす役割が大きい。事実、多くの開発途上国では、理科と数学の達成度の低さが科学技術立国を目指す上での課題であるとし、理数科教育の質的向上に取り組んでいる。そこでは、コンピテンシーに基づく教育改革の流れも受け、理科と数学の関連付けが重視されている。

ここで理科と数学の関連付けの研究に目を向けると、これまでの研究では主に理科と数学を関連付ける目的、理科と数学を関連付ける方法、生徒の実態把握及びその調査法、関連付けを促す指導法について議論されてきた。そこでは、それぞれの観点において個別に議論が行われており、その対応関係には着目されてこなかった。その結果、理科と数学の関連付けの共通認識不足による、実証的研究の不備や実践の困難性が指摘されている(e.g., Czerniak et al., 1999; Judson, 2013)。

そこで申請者は理科と数学を関連付ける方法を整理するとともに、目的と方法の対応関係を明らかにした。そこでは、関連付けの事柄として学習内容と考え方に、関連付けの捉え方として統合プロセスと比較プロセスに着目し、理科と数学を関連付ける4つの方法として、(1)学習内容の統合プロセス、(2)考え方の統合プロセス、(3)学習内容の比較プロセス、(4)考え方の比較プロセスを同定した。ここで、統合プロセスによる関連付けとは、理科と数学の相違点に着目して関連付けることであり、比較プロセスによる関連付けとは、理科と数学の共通点から関連付けることである。さらに、理科と数学の関連付けの調査法として、概念地図法と文脈依存性の調査に着目し、目的・方法・調査法の対応関係についても考察を行っている。その結果、理科と数学を関連付ける4つの方法のうち、(1)学習内容の統合プロセス、(3)学習内容の比較プロセス、(4)考え方の比較プロセスによる関連付けについて調査できることが浮かび上がった。

また、アフリカの中等学校の生徒を対象に、概念地図法及び文脈依存性の調査を行った結果、認知面で生徒は必ずしも両教科を関連付けることができていることや、理科と数学における出題の文脈の違いによって解答が異なることが浮き彫りとなった。さらに、これら生徒に対して、公式間の共通性を見出す働きかけや、両教科の文脈を同時に提示することが必要であるという示唆が得られた。

### 2. 研究の目的

これまでの研究から、目的・方法・調査法の対応関係及びアフリカにおける生徒の実態が明らかになりつつある。しかしながら、考え方の統合プロセスによる関連付けを調査する方法は依然明らかになっていない。また、アフリカの生徒が理科と数学を関連付けることができている点を考慮すると、理科と数学の関連付けを促す指導法を開発する必要がある。

上述の課題意識に基づき、本研究では考え方の統合プロセスによる関連付けの調査法を明らかにし、生徒の実態把握調査及び国内外の先行事例から、理科と数学を関連付ける指導法を明らかにする。この目的を達成するために、次の三点を実施する。

- (1) 考え方の統合プロセスによる関連付けの調査法を開発する。
- (2) アフリカの生徒の実態把握調査を実施し、生徒の困難性を浮き彫りとする。
- (3) 上記結果及び国内外の事例から、理科と数学を関連付ける指導法を明らかにする。

### 3. 研究の方法

#### (1) 考え方の統合プロセスによる関連付けの調査法の開発

理科と数学の考え方の統合プロセスによる関連付けとは、理科と数学の考え方の相違点に着目して関連付けることである。そこでは、理科と数学の考え方を総合的に用いて考察する力の育成が目指される。そこで、「真正の評価」に着目し、パフォーマンス課題及びルーブリックを用いて評価することにした。パフォーマンス課題の開発においては、理科と数学の関連付けに着目した教材やSTEM教育における教材などを参考に、理科と数学の考え方を総合的に用いる課題を作成した。

#### (2) アフリカの生徒の実態把握調査

文脈依存性の調査では、出題の文脈は理科と数学で異なるが、数値と解法は同一の問題を2種類作成した。その際、共通する内容として関数領域に着目した。同じ生徒に対して2種類テストを行なう場合、前に実施したテストの影響を受ける可能性があることから、両テストの間隔を空けて実施した。

分析手順として、対応のあるカイ二乗検定の結果から、分析対象とする問題を選定した。次に解答分析を行い、生徒の困難性を浮き彫りとした。

#### (3) 理科と数学を関連付ける指導法の明確化

(2)の実態把握調査の結果及び、国内外の事例として国民学校理数科や国際バカロレアでの議論を参考とし、理科と数学の関連付けを促す指導法への示唆を得た。

国民学校理数科については、奈良女子高等師範学校附属小学校の機関誌である『学習研究』に着目し、理科と数学を関連付ける際の論点を明らかにした。また、国際バカロレアについては、「知の理論」(TOK)における「知識の枠組み」に着目し、理科と数学の共通点及び相違点について整理した。

#### 4. 研究成果

##### (1) 考え方の統合プロセスによる関連付けの調査法の開発

これまでの理科と数学の関連付けに着目した教材やSTEM教育における教材では、ハイブリットカーを扱ったものや、リニアモーターカーを題材としたものなど、アフリカの文脈に適していないものも多く見受けられた。そのため、これら教材を参考にしながら、アフリカの教育関係者と協議し、アフリカの状況に応じたパフォーマンス課題を検討した。

その結果、考え方の統合プロセスによる関連付けの調査法として、アフリカで多く見受けられる未舗装の道路を題材としたもの、調理のために用いられる木炭と森林伐採を題材としたもの、主要農作物であるトウモロコシと大豆の栽培を題材としたパフォーマンス課題を開発した。

##### (2) アフリカの生徒の実態把握調査

各テストの記述統計量を表1に示す。理科の正答率は45.6%で、数学の正答率は43.8%であり、両教科で明確な差は見られなかった。また、テストの信頼性を評価する指標であるクロンバックの $\alpha$ 係数は、理科テストでは.71で数学テストでは.76と理科テストにおいてやや低めであった。

表1 各テストの記述統計量

	理科	数学
正答率	45.6%	43.8%
標準偏差	2.75	3.22
最大値	16	15
最小値	0	0

次に、理科テスト及び数学テストの各問いでの正誤のタイプ別生徒数を表2に示す。また、対応のあるカイ二乗検定の結果、理科・数学と正答・誤答との間に5%水準で有意差が見られたものには、「\*」と表記した。

表2 各問における正誤のタイプ別生徒数

問題	両方正答	理科のみ正答	数学のみ正答	両方誤答	問題	両方正答	理科のみ正答	数学のみ正答	両方誤答
1a(i)	60	12	11	8	2d*	9	6	27	49
1a(ii)	61	11	11	8	2e*	12	15	36	28
1b	68	10	4	9	3a(i)*	37	24	8	22
1c*	45	24	4	18	3a(ii)	0	1	3	87
2a(i)*	39	29	11	12	3b(i)	17	24	16	34
2a(ii)*	6	5	21	59	3b(ii)	4	11	11	65
2b	57	13	8	13	3c*	5	9	2	75
2c	23	22	15	31	3d	1	4	6	80

\* < .05

対応のあるカイ二乗検定の結果、16問中7問において有意差が見られた。1c, 2a(i), 3a(i), 3cでは理科のみ正答した生徒が多く、2a(ii), 2d, 2eでは数学のみ正答した生徒が多かった。2aは表から気づくことを書く問題で、3aはグラフから気づくことを書く問題であり、各問において(i)は横の関係に気付いたかどうか、(ii)は縦の関係に気付いたかどうかである。各問において理科ではより多くの生徒が横の関係に気づき、数学ではより多くの生徒が縦の関係に気付いた。その要因として、理科の表やグラフでは場面を想起することができ、現象から関係性を捉えることが、数学の表やグラフではその抽象性ゆえに、数のパターンから関係性を捉えることが浮かび上がった。

##### (3) 理科と数学を関連付ける指導法の明確化

奈良女子高等師範学校附属小学校の機関誌である『学習研究』を分析した結果、理科と数学を関連付ける際の観点として、①理数科の統合原理、②理数科の学習理念、③理数科の編成、④理数科の実践が浮き彫りとなった。また各観点において、そこでの議論と理科と数学の関連付けに関する研究との比較から、①理科と数学の共通性の中の差異、②育成すべき資質・能力を踏まえその過程に着目した、理科と数学を関連付ける学習理念、③児童の発達段階に応じた、理科と数学の位置づけ及びその編成、④共通点と相違点を意識した授業開発及び実践記録の蓄積を行う必要があることが浮かび上がった。

また、国際バカロレア「知の理論」(TOK)における「知識の枠組み」に着目し、理科と数学の共通点及び相違点について分析した結果、①範囲・応用については、対象とする「知識の領域」が異なる一方、文化への依存の度合いが共通していること、②概念・言語については、数学が自然現象を記述するための道具である点から共通性を見出すことができること、③方法論については、両教科に共通の過程として探究活動を捉えることができる一方、知識の発達過程及び「知るための方法」が異なること、④発展の歴史については、両教科が相互依存的に発展してきたこと、⑤「個人的な知識」とのつながりについては、各教科で育てる人間性が異なることが明らかとなった。

アフリカの生徒の実態及び国内外の事例から、理科と数学を関連付ける指導法への示唆として、次の2点が明らかとなった。①両教科の共通点として、探究活動や数学による自

然現象の記述を、相違点として、対象とする知識の領域や知るための方法を意識した授業開発、②発達段階に応じた理科と数学を関連付ける度合いの選択。

本研究の成果を踏まえ、今後は理科と数学を関連付ける教育プログラムを開発する必要がある。

#### <参考文献>

Czerniak, C. M., Weber, W. B., Jr., Sandmann, A. & Ahen, J. (1999). A Literature Review of Science and Mathematics Integration. *School Science and Mathematics*, 99(8), 421-430.

外務省(2016). TICAD VIにおける我が国取組. <http://www.mofa.go.jp/mofaj/files/000183834.pdf> (2019年5月17日取得)

Judson, E. (2013). Development of an Instrument to Assess and Deliberate on the Integration of Mathematics into Student-Centered Science Learning. *School Science and Mathematics*, 113(2), 56-68.

#### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 5 件)

1. 高阪将人・松原憲治 (2018). 「我が国の理数科教育協力の実践と理数科教育開発研究の動向: サブサハラ・アフリカを中心に」, 『科学教育学研究』, 42 巻 2 号, pp.100-111. 査読有
2. 高阪将人 (2018). 「理数探究カリキュラムに関する基礎的研究—奈良女子高等師範学校附属小学校機関誌「学習研究」における国民学校理数科に着目して—」, 『教師教育研究』, 11 巻, pp.133-139. 査読無
3. 倉見昇一・高阪将人・中村敏明・野尻友佳子 (2018). 「高等学校における探究的な学習とその評価について—県内の先行実施校への実態調査と評価学習会に着目して—」, 『教師教育研究』, 11 巻, pp.121-132. 査読無
4. 中村敏明・野尻友佳子・倉見昇一・高阪将人・吉川喜代江・佐野明彦 (2018). 「探究的な学習における資質・能力の育成と評価の在り方—県内の先行実施校の実態調査から見てきたもの—」, 『福井県教育総合研究所 研究紀要』, 123 巻, pp.137-153. 査読無
5. Kosaka, M. (2017). STEM education in the USA: a literature review, *Africa Educational Research Journal*, 8, 2-10. 査読無

[学会発表] (計 3 件)

1. Kosaka, M., Nakawa, N. & Watanabe, K. (2019). A Systematic Review and Meta-analysis of Mathematics Education Research in SAARMSTE: Implications for Further Research. 27th Annual Conference of the Southern African Association for Research in mathematics, Science and Technology Education.
2. 高阪将人・花井渉 (2018). 「理数探究カリキュラムに関する基礎的研究—国際バカロレアにおける「知の理論」(TOK)に着目して—」, 日本科学教育学会第42回年会.
3. Kosaka, M. (2018). Examining Secondary School Teachers' Perspective of Connection and Conceptual Connection Between Mathematics and Science in Zambia. 26th Annual Conference of the Southern African Association for Research in mathematics, Science and Technology Education.

#### 6. 研究組織

(1) 研究分担者

該当なし

(2) 研究協力者

該当なし

※科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。