

令和元年6月20日現在

機関番号：10102

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2018

課題番号：16K01003

研究課題名（和文）「理数教育の充実」をはかる理科と数学を関連付けた指導プログラムの開発と実践

研究課題名（英文）The development of a teaching program, focusing on the importance of connection between science and mathematics teaching

研究代表者

安藤 秀俊（ANDOH, Hidetoshi）

北海道教育大学・教育学部・教授

研究者番号：70432820

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,600,000円

研究成果の概要（和文）：文部科学省は次期学習指導要領で高等学校に理科と数学を統合した「理数探究」の選択科目を設定し、今まで以上に理科と数学が密接に連携することと、両教科の関連性を実感できるような横断的、クロスカリキュラム的な教材の開発と指導を行うことを求めた。そこで、本研究は、理科と数学の関連性を実感できる教材や実験方法を考案し、授業の指導プログラムを作成し、高校で授業実践を行い、その教育的効果を検証した。その結果、科学的な探究、自然事象と数学との関わりに対する生徒の興味・関心、一つの事象を多角的な視点で捉える力などにおいて、教育的な効果が有意に認められ、本研究で実践された内容の有効性が認められた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

理科と数学は互いに関わりを持ち、他の教科間よりも密接な関係にある教科である。しかし、これら2教科は互いに関わりが深いにも拘らず、わが国の学校教育のカリキュラムでは単独の教科として学び、それらを融合させた横断的、クロスカリキュラム的な授業はあまり行われていなかった。そこで、本研究では、高等学校で新科目として設定される「理数探究」を念頭に、理科と数学を関連付けた指導プログラムを考案し、その教育的な効果を検証した。その結果、アンケート調査等により、興味・関心などの情意面のみならず、科学的な探究態度や多面的に捉える力などの観点で効果が認められ、本研究の意義が確認できた。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this research was to develop a teaching program between science and mathematics teaching, and to investigate its effectiveness. A lesson plan was prepared for high school students, in order to apply Fibonacci sequence and golden angle. Through this lesson, the students seemed to understand the importance of the relationship between science and mathematics, and we would like to conclude that this type of teaching program has an educational effect.

研究分野：科学教育

キーワード：理数教育 理科 数学 理数探究 カリキュラム

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

現行の学習指導要領では「理数の力」の充実が掲げられ、また2015年8月には文部科学省が次期学習指導要領で高等学校に理科と数学を統合した「数理探求」を新設することを発表し、今まで以上に理科と数学が密接に連携すること、両教科の関連性を実感できるような横断的、クロスカリキュラム的な教材の開発と指導を行うことが求められた。その後、2017年3月に次期学習指導要領が正式に告示されると、「数理探求」は、「理数探究」と名称を改められたが、新たな教科として新設されることが決定された。このような教科横断的な統合科目は、欧米をはじめとする諸外国ではいくつかの例が見られるが、日本においては過去に例がなく、この「理数探究」は当初、SSH（スーパー・サイエンスハイスクール）などを念頭に置いているものの、その実施については、今後、困難が伴うと予想される。そこで、本研究では、高等学校で2022年から本格的に「理数探究」が実施されるのに先駆けて、理科と数学の関連性を重視した教材の開発と学習プログラムを考案し、その教育的な効果を検証する必要があると考えた。

2. 研究の目的

上記の背景をもとに、本研究の目的は、以下の3点とした。

- (1) 理科と数学の関連性を重視し、「理数の力」の充実を目指した教育の普及を図る。
- (2) 理科と数学の関連性を実感できる教材や実験方法を考案し、授業の指導プログラムを作成する。
- (3) 作成した指導プログラムを使用して中学や高校で授業実践を行い、その教育的効果を検証する。

3. 研究の方法

(1) 教材の検討と開発

①理科と数学を関連付けた学習可能な内容の検討

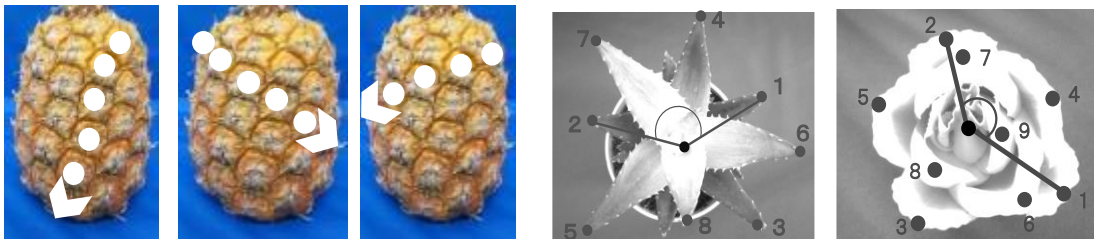
まず国内外の理科と数学に関する学術雑誌から、理科と数学の関連性についての文献調査を行うとともに、現場教師の協力を得ながら、わが国の中学校理科教科書(5社)、数学教科書(4社)、高等学校理科教科書(6社)、高等学校数学教科書(5社)の内容を精査し、演繹、帰納、思考力など理科と数学に関連する場面の単元内容や実験を検討し、本研究の中心である教材の開発を行う。

②自然界に見られるフィボナッチ数や黄金角を題材とした理数教材の開発

フィボナッチ数は12世紀のイタリアの数学者Leonardo Fibonacciにちなんで名づけられ、0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144・・・と続き、以後どの項もその前の2つの項の和となる数列である。この数列に現れる数は、自然界に多く存在することが知られている。例えば、パイナップルの表皮節の螺旋は、左巻きに5本と13本、右巻きに8本であり、アカマツ、カラマツ、ドイツトウヒ等の松かさの螺旋にも3, 5, 8, 13等の数列が現れ、オウムガイのアルキメデス螺旋にも関係する。本研究では、まず自然界にどのようなフィボナッチ数の事例があるかを確認し、数学的なフィボナッチ数の性質について学ばせる教材の開発を行う。また、フィボナッチ数列の隣り合う数の比を求めると1.6180339・・・に近づき、この比率は黄金比と言われ、古代ギリシャから自然界で最も美しい値とされていることを、自然界の中の題材をもとに教材化する。また、円周360度を1:1.618に分けた角度(137.5°)を黄金角というが、これもアロエの葉序など身近な例を取り上げ教材として開発する。

(2) 授業および調査の対象

神奈川県内の公立高校の生徒を対象とし、数学の授業中に上記の内容に関連した教材を利用した授業実践を複数回実施した。実践の前後でアンケートを実施し、その教育的な効果を検証した。調査対象とした高校は上級学校への進学率が8割程度であり、基礎的な学力を有することが推測される学校である。授業の事前・事後のアンケートは、30の設問で構成され(表1)、回答が肯定的か否定的かの傾向、また実践の前後での差をそれぞれ統計的に分析した。



左図 パイナップルの螺旋の本数(左:時計回り,中央:反時計回り,右:角度の浅い時計回り)

右図 アロエ(左)とチンゲン菜(右)の葉序

4. 研究成果

事前調査30問の回答から生徒の意識の肯定的、否定的偏りを検討したところ、問3, 5, 7~12, 14~17, 19~28, 30において有意差が認められた(表2)。問3と問5では肯定的に有意差が認められたことから、調査対象の生徒は、すでに理科の学習に数学の知識が必要と考えてはいるが、数学の学習に理科の知識が必要と考えている生徒は少ないこと、理科に興味は持つ

ているが、数学に興味を持っている生徒は少ないことが分かった。また、問7～11, 14～16では肯定的に、問12, 17では否定的に有意差が認められたことから、自然に対して肯定的に考えてはいるものの、自分の力で自然の法則を見つけてみたいなど、自然に積極的に関わる姿勢は備わっていないことや、数学と自然界の関わりについての意識が低いことが考えられる。数学と理科の社会生活との関わりについての意識では、問21, 22では肯定的に有意差が認められたものの、問23～25では否定的に有意差が認められたことから、両教科の学習が社会生活に役立つと考えているものの、自ら学習しようという意欲が低いことが考えられる。また、問27は否定的に、問28は肯定的に有意差が認められたことから、数学と理科を関連させた授業は受けたことはないものの、そのような授業を肯定的に捉えていることが分かった。

質問紙において同一の29の質問項目については、Wilcoxonの符号付順位検定を用いて事前事後の意識の差を比較したところ、問4, 12, 13, 15, 17, 19, 20, 25, 26, 28～30に有意差が認められた。問4「数学の学習に理科の知識は必要だと思う」と問12「数学を勉強することで、自然界のことが分かるようになる」については、どちらも1%水準で有意差が認められ、平均点も上昇した。回答が肯定的か否定的かの傾向は、直接確率計算で分析したが、その結果とあわせても、調査対象の生徒は、理科や自然界における数学の有用性を実践前は認識していなかったが、本実践を通して、数学の知識が自然界の事象を考察することに役立つことが理解できたと考えられた。また、問15「自然界にはある決まった法則があると思う」、問17「自分の力で自然の法則を見つけたいと思う」でも、1%水準で有意差が認められ、平均点も上昇したことから、本実践の内容を理解し、自ら法則を発見したいという意欲につながったものと考えられる。さらに、問29「数学を学習すると科学的思考が養われると思う」、問30「理科を学習すると数学的思考が養われると思う」でも1%水準で有意差が認められ、平均点も上昇したことから、数学や理科の考え方についても関わりを認識したことが考えられる。

以上から、本実践は、数学と理科の関連性を生徒に気付かせることに有効であること、数学の有用性を認識させることに有効であること、また、調査対象の生徒は、授業の中で実験や観察などの体験活動を好み、数学と理科を関連させた授業に好意的であることが確認できた。

また、本研究で明らかになったことは、理科と数学を関連付けるとは、理科で用いられる比較や分類といった思考技法や帰納・演繹的な考え方と、数学で用いられるデータを客観的に処理したり、図表化する力などを、教科の枠を超えて共有・活用するということであり、そこには学習者を引きつける不思議さや神秘性を持つ「共通の文脈」を有する「場面性」を設定し、自然界に見られる現象を数学的に表現する活動を行うことが重要ということである。更に、こうした活動により、学習指導要領で示された思考力、判断力、表現力などが涵養され理数教育の充実につながると思われる。本指導事例では、このような内容を数学的に探究する活動を通して、生徒に自然界の神秘性や不思議さを体感させることで、数学と理科を関連させた学習に興味を持たせ、両教科の関連性や有用性に係る意識を高められたと結論できる。

表1 調査の質問項目

問	質問項目
1	理科は好きである
2	数学は好きである
3	理科の学習に数学の知識は必要だと思う
4	数学の学習に理科の知識は必要だと思う
5	理科の学習に興味がある
6	数学の学習に興味がある
7	自然は美しいと思う
8	自然の美しさに感動したことがある
9	自然を大切にしたいと思う
10	人間にとって自然はなくてはならないものだと思う
11	理科を勉強することで、自然界のことが分かるようになる
12	数学を勉強することで、自然界のことが分かるようになる
13	自然の法則について興味がある
14	自然の神秘性を感じたことがある
15	自然界にはある決まった法則があると思う
16	自然界の法則を見つけることは大変だと思う
17	自分の力で自然の法則を見つけたいと思う
18	自然の不思議について考えたことがある
19	人間も自然の一部だと思う
20	理科と数学は互いに関わりがある教科である
21	理科で学ぶ内容は、社会生活の中で役立つと思う
22	数学で学ぶ内容は、社会生活の中で役立つと思う
23	身のまわりの現象を科学で解き明かしてみたい
24	数学の学習は自分がやりたいから勉強します
25	理科の学習は自分がやりたいから勉強します
26	高校の授業で実験をたくさんした方が良いと思う
27	数学と理科を融合した授業をもっと受けてみたい
28	数学と理科を融合した授業は良いと思う
29	数学を学習すると科学的思考が養われると思う
30	理科を学習すると数学的思考が養われると思う

表2 事前調査における直接確率計算結果

問	否定的		肯定的		p値	
	全く当てはまらない	あまり当てはまらない	少し当てはまる	とても当てはまる		
1	24 (18.3%)	34 (26.0%)	35 (26.7%)	10 (7.6%)	0.2369	n. s.
2	28 (21.4%)	31 (23.7%)	40 (30.5%)	13 (9.9%)	0.6368	n. s.
3	5 (3.8%)	4 (3.1%)	62 (47.3%)	39 (29.8%)	0.0000	**
4	9 (6.9%)	35 (26.7%)	33 (25.2%)	8 (6.1%)	0.8284	n. s.
5	16 (12.2%)	22 (16.8%)	45 (34.4%)	15 (11.5%)	0.0334	*
6	17 (13.0%)	30 (22.9%)	38 (29.0%)	11 (8.4%)	0.6188	n. s.
7	2 (1.5%)	4 (3.1%)	43 (32.8%)	72 (55.0%)	0.0000	**
8	3 (2.3%)	5 (3.8%)	51 (38.9%)	59 (45.0%)	0.0000	**
9	1 (0.8%)	0 (0.0%)	47 (35.9%)	74 (56.5%)	0.0000	**
10	1 (0.8%)	1 (0.8%)	32 (24.4%)	92 (70.2%)	0.0000	**
11	4 (3.1%)	11 (8.4%)	57 (43.5%)	41 (31.3%)	0.0000	**
12	20 (15.3%)	47 (35.9%)	15 (11.5%)	41 (31.3%)	0.0000	**
13	15 (11.5%)	23 (17.6%)	23 (17.6%)	7 (5.3%)	0.3961	n. s.
14	5 (3.8%)	17 (13.0%)	39 (29.8%)	18 (13.7%)	0.0001	**
15	3 (2.3%)	19 (14.5%)	44 (33.6%)	16 (12.2%)	0.0000	**
16	2 (1.5%)	7 (5.3%)	51 (38.9%)	39 (29.8%)	0.0000	**
17	26 (19.8%)	35 (26.7%)	20 (15.3%)	4 (3.1%)	0.0000	**
18	15 (11.5%)	33 (25.2%)	28 (21.4%)	7 (5.3%)	0.1875	n. s.
19	3 (2.3%)	8 (6.1%)	55 (42.0%)	31 (23.7%)	0.0000	**
20	3 (2.3%)	2 (1.5%)	67 (51.1%)	24 (18.3%)	0.0000	**
21	10 (7.6%)	17 (13.0%)	40 (30.5%)	10 (7.6%)	0.0117	*
22	8 (6.1%)	12 (9.2%)	55 (42.0%)	20 (15.3%)	0.0000	**
23	19 (14.5%)	30 (22.9%)	20 (15.3%)	9 (6.9%)	0.0308	*
24	28 (21.4%)	30 (22.9%)	23 (17.6%)	11 (8.4%)	0.0160	*
25	27 (20.6%)	28 (21.4%)	24 (18.3%)	6 (4.6%)	0.0088	**
26	5 (3.8%)	9 (6.9%)	37 (28.2%)	34 (26.0%)	0.0000	**
27	69 (52.7%)	27 (20.6%)	6 (4.6%)	2 (1.5%)	0.0000	**
28	10 (7.6%)	8 (6.1%)	40 (30.5%)	13 (9.9%)	0.0000	**
29	9 (6.9%)	20 (15.3%)	37 (28.2%)	9 (6.9%)	0.0639	n. s.
30	9 (6.9%)	18 (13.7%)	35 (26.7%)	12 (9.2%)	0.0265	*

** : 1%水準で有意差あり, * : 5%水準で有意差あり, n. s. : 有意差なし

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

- ①小原美枝, 中村孝之, 理数教育の充実に向けた数学と理科の関係性—高等学校の新科目「理数探究」への試行—, 日本学校教育実践ジャーナル, 査読有, Vol.1, 2018, pp.13-21

〔学会発表〕(計10件)

- ①久保良宏, 安藤秀俊, 数学教育と理科教育との関係についての一考察(5) —ベクトルの考え方」に着目して—, 日本科学教育学会第42回年会, 2018
- ②高阪 将人, 花井 涉, 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, 2018
- ③小原美枝, 安藤秀俊, 高等学校における数学と理科を関連させた探究活動の指導計画について, 日本科学教育学会第41回年会, 2017
- ④高阪将人, 渡邊耕二, 理科と数学の文脈依存性と学習方略との関連性—ザンビア共和国中等教育を事例として—, 日本科学教育学会第41回年会, 2017
- ⑤Mie OBARA, Takayuki NAKAMURA, Hidetoshi ANDOH, The Development of a Teaching Program, Focusing on the Importance of Connections between Science and Mathematics Teaching, Using a Maraldi's Angle, The Eight Pacific Rim Conference on Education, 2017
- ⑥小原怜, 安藤秀俊, 光の屈折を用いた理科と数学を関連付ける授業の実践, 日本理科教育学会北海道支部大会, 2017
- ⑦安藤秀俊, 理科と数学の関連はどうあるべきか? 日本科学教育学会第41回年会, 2016
- ⑧小原美枝, 高等学校における数学と理科にわたる探究活動の課題と方向性について, 日本科学教育学会第41回年会, 2016
- ⑨Takahito YAMADA, Mie OBARA, Masato KOSAKA, Hidetoshi ANDOH, Consciousness on the relationship between science and mathematics which focused on the unit, 2016 International Conference of East-Asian Association for Science Education, 2016
- ⑩二瓶皓太, 安藤秀俊, 理科と数学を関連付けた授業実践とその効果に関する調査—身近に潜む懸垂線などを利用して—, 日本理科教育学会北海道支部大会, 2016

6. 研究組織

(1) 研究協力者

研究協力者氏名: 高阪 将人 (福井大学)

ローマ字氏名: KOSAKA, masato

研究協力者氏名: 小原 美枝 (神奈川県教育委員会)

ローマ字氏名: OBARA, mie

研究協力者氏名: 山田 貴人 (北海道教育大学大学院)

ローマ字氏名: YAMADA, takahito