

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 30 年 5 月 29 日現在

機関番号：14602

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K00919

研究課題名(和文) 理系女子教育のための数物教材と教育方法の開発

研究課題名(英文) Development of mathematics&amp;physics teaching materials and educational method for science learning girls education

研究代表者

吉田 信也 (YOSHIDA, Shinya)

奈良女子大学・その他部局等・教授

研究者番号：30740120

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：女子生徒が興味・関心を持つ理数教育方法と教材を開発した。その一部は、「女子生徒を意識した物理のアプローチ」をテーマに、附属中等教育学校の総合学習「コロキウム」において講座「つながる科学」等において実践した。この実践も含めて、本研究成果を『女性のための「物理教科書」研究』(2018, 敬文舎, 吉田信也・藤野智美)として発刊した。

研究成果の概要(英文)：In this study, I developed a method of teaching mathematics&physics and teaching materials that girls' students are interested in. A part of it was practiced in the lecture "Connection Science" etc. at the attached Secondary School with the theme of "Physical Approach Considering Girls Students". Including this practice, we published the results of this research as "Research on" Physics textbook for women "(2018, Keibunsha, Shinya Yoshida, Tomomi Fujino) .

研究分野：数学教育・科学教育

キーワード：理系女子 物理 数学 教科書 質問紙調査 インタビュー

### 1. 研究開始当初の背景

今後の日本においては、女性の理工系への進出の増大が大きな課題であり、この課題の克服なしでは日本社会は立ち行かなくなる。ところが、日本の中等教育における女子生徒の理科に対する興味・関心は、物理・化学・生物・地学の中でも物理に関しては際立って低い。物理と数学に関しては、次のようになっている(『進路選択に関する振り返り調査 - 大学生を対象として -』平成 17 年度経済産業省委託調査報告: ベネッセ, 平成 17 年 10 月)。

物理の履修率: 男子 63.1%, 女子 41.9% (生物では、男子 65.4%, 女子 86.0%)

物理の好きな割合: 男子 54.7%, 女子 33.7%

数学の好きな割合: 男子 62.6%, 女子 52.0%

このように、数学・物理に関しては男女で大きな差があり、これが大学進学および実社会への進路選択(特に理工系)に決定的な影響を与えている要因の 1 つである。したがって、中等教育において数学・物理に対する興味・関心を高め、理工学系への進学率をあげ、その後大学と連携した高等教育における教養課程での数学・物理教育の改革を行うことが喫緊の課題であると考えられる。

従来は、中等教育と高等教育との連携や、数学教育と物理教育の協働がスムーズには行われず、それぞれにおいて研究が進められてきた。この連携・協働を基盤に据えた研究開発が必要であるとの認識から、本研究を行うものである。

### 2. 研究の目的

「理科嫌い」「理科離れ」がおさまらないことについては、相変わらず様々な場面で語られている。確かに IEA(国際教育到達度評価学会)の TIMSS(国際数学・理科教育動向調査 2003)においては、理科が好きな生徒の割合は、国際平均との比較では大きく下回っている。しかし、国内の経年比較では、「大好き」「好き」と答えた割合が、前回、前々回よりも高くなっている。すなわち、小・中学校の理科好きは増加傾向であるが、高等学校の物理の履修率等の低さを見ると、理科が不得意な生徒(特に女子生徒)は多いままであると考える。そこで、数学と物理が連携して、中等教育において数学と物理が得意な生徒を増やし、高等教育への連携も視野に入れた数学・物理を学ぶためのテキストの作成と教育方法の研究を行う。

#### (1) 女子生徒が興味・関心を持つ理数教育方法の研究

女子生徒は、いま自分がいる位置を確認できないと、迷子になったように感じて、成績の良し悪しにかかわらず強い不安感を感じるようである。現在の数学教育・物理教育は、このような不安をもたせるものになっていると考える。そこで、「共感」や「全体の物

語の把握」を意識し、生活に密着した、具体的で文脈のある数物教育の実現を目指す教材を開発し、テキストを作成する。現在の日本の理数教育の状況を見ると、このような教育方法を研究することは、女子生徒のみならず男子生徒の教育にとっても非常に有効であると考えられる。

(2) 数学と物理を統合したテキストの作成  
中等教育において、物理では「単位あたり量」の理解が不可欠である。中学校の理科や、高等学校の「物理基礎」において数学と物理が協働して、「単位あたり量」の理解に焦点を絞った教材とテキストを作成し、指導方法や評価方法を研究する。また、「物理」の力学分野と、数学の微積分との連携カリキュラムを研究開発し、それに基づくテキストを作成する。このとき、実験・観察した現象を、言葉だけではなく数学で語ることにより、物理現象を納得すること、および自然科学としての数学の有用性を理解し感じることができるようになる。

#### (3) ICT を活用した数物教育の研究

理科教育にとって、実験・観察が重要であることは言うまでもない。しかしながら、思考を伴わない実験が行われているのでは、理科好きは育っても理科が得意な生徒は育たない。思考を伴う実験・観察および実験結果に関する考察を行う際には、道具としての ICT が有効であると考えられる。特に、実験室での作業や生徒の協働作業・思考を考えると、タブレット PC の活用が適切である。データの収集やその解析、実際に実験できない現象のシミュレーション等に ICT を活用する、数学・物理の教材を開発する。

### 3. 研究の方法

本研究は、中等教育における女子生徒の学びを中心にすえ、数学・物理教育を統合した教材および教育方法の開発を目指すものであり、数物教育のテキストの開発と、ICT を活用する教育方法の研究を、附属中等教育学校の教員と連携・協力して行う。そのための研究計画・方法の概要は、以下の通りである。

数学・物理方面に進む女子生徒の割合を高めるため、女子生徒の学びの特徴を調査し、それを基にして数学と物理を統合した数物教材を開発・実践し、その成果をテキストとして公開する。

物理における実験・観察中やその後 ICT を活用する教授方法を研究開発することで、直観的・俯瞰的な女子理系教育を実現する。

#### (1) 女子生徒が興味・関心を持つ数学・物理の調査研究

女子生徒の学びの特徴と男子生徒との違いを調査するために、アンケートを実施する。アンケートでは、学習方法および物理・数学に関するイメージ・好き嫌いとその理由、物

理・数学の簡単な知識，空間認識の差の有無を調査する。その際，認知心理学的な知見（『なぜ理系に進む女性は少ないのか？ トップ研究者による 15 の論争』ステイブン・J. セシ 他 西村書店 2013 等）を参考にし，調査を実施する。

その調査結果を分析し，女子生徒がどのような題材・場面に「共感」するのか，空間認識の差は数学・物理の学習に影響を与えるのか等を研究し，教材作成の一助とする。そして，生活に密着した，具体的で文脈のある数物教育の教材開発の方向を確定する。

(2) ICT を活用した数物教育の研究  
物理の実験中および実験後において，どのような場面で ICT(タブレット PC・電子黒板)を活用するのが有効であるかを調査・研究し，試行する。また数学においても，同様にして有効な場面の研究を行い試行する。

さらに，実際に実験・観察できない現象のシミュレーションとして適切な題材を探し，図形描画，関数グラフ描画，表計算，数式処理を行える強力なフリーウェア「GeoGebra」を活用して，教材を試作する。種々の数学的・統計的処理をこの 1 つで行える GeoGebra を活用することで，生徒と教員の ICT 活用における負担は，大幅に減少すると考えている。以上の研究を進めるために，タブレット，電子黒板(プロジェクタと違い，カーテンなしで鮮やかな画面を見せて操作することができる)を実験教室に設置し活用する。

#### 4. 研究成果

##### (1) 質問紙調査

###### 概要

アンケート「教科に関する意識調査」を実施した。その概要は次の通りである。

2016 年 6 月に，下記の 3 校の協力を得て実施した。3 校ともに高 1～高 3 のクラスを抽出し，3 校合わせて女子 585 名，男子 548 名，合計 1133 名の回答を得た。

	女子	男子	合計
国立A大学附属中等教育学校 (3学年×3クラス)	185名	174名	359名
奈良県立B高等学校 (3学年×4クラス)	265名	199名	464名
私立C高等学校 (3学年×3クラス)	135名	175名	310名
合計	585名	548名	1133名

質問票の主な内容とその結果・分析

##### [3] 選択している学科やコースの調査

文系中心の学科やコース  
理系中心の学科やコース  
その他の学科やコース  
学科やコースは分かれていない

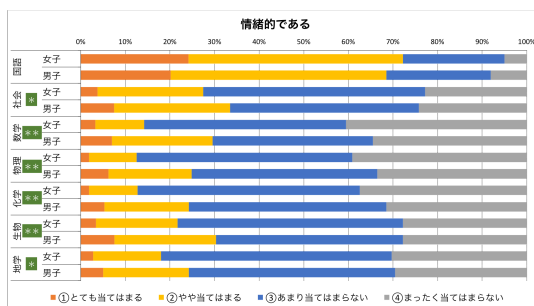
	女子	男子	合計
①	36%	27%	31%
②	29%	43%	36%
③	1%	1%	1%
④	33%	30%	32%

##### C. 教科(国語，社会，数学，物理，化学，生物，地学)のイメージについての四択調査

とても当てはまる  
やや当てはまる  
あまり当てはまらない  
まったく当てはまらない

- [8] 実生活に役立つ
- [9] 各教科・学問の基盤である
- [10] 知識・技能が習得できる
- [11] 思考力が育成される
- [12] 論理的な力が育成される
- [13] 情緒的である
- [14] 冷ややかに感じる
- [15] 機械的である
- [16] 学習するのは易しい
- [17] 理解するのは易しい

この調査結果から，従来からの「定説」である，数学・物理は男子に比べて女子に「人気」がないことが確認できた。その上で，女子生徒と男子生徒のイメージと学びたい内容の違いは何かを，その教科に「情緒」を感じるかどうかを 1 つの視点として考察したところ，男女に差が見られた。例えば，数学や理科が嫌いな生徒のうち，数学や理科を情緒的であると感じる生徒の割合は男子の方が多い傾向がある。



上記の“\*\*”、“\*”は，<sup>2</sup>検定において，それぞれ 1%水準，5%水準で有意差があることを示す(以下，同様)。

##### 学んでみたい物理の内容

下記の質問から，女子生徒を物理の学びに導く可能性のある内容の一端(化粧品，衣類，食事や食物など)が明らかになってきた。

##### J. 学習してみたいと思う「物理」の内容を四択で回答

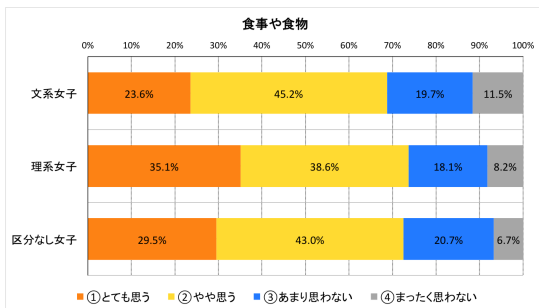
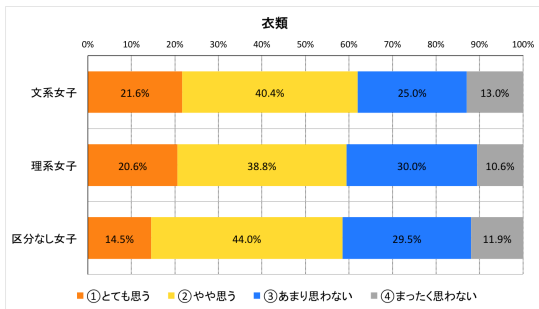
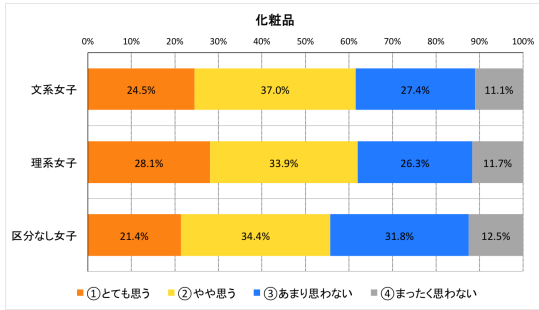
とても思う  
やや思う  
あまり思わない  
まったく思わない

- [78] 電化器具 [79] 交通手段
- [80] 工学(金属・材料など) [81] 化粧品
- [82] 衣類 [83] 食事や食物 [84] 住居
- [85] 生命 [86] 環境 [87] 化学
- [88] 生物学 [89] 天文学 [90] 医学

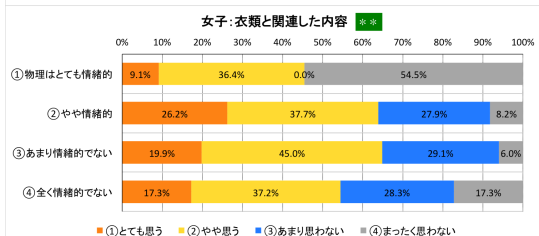
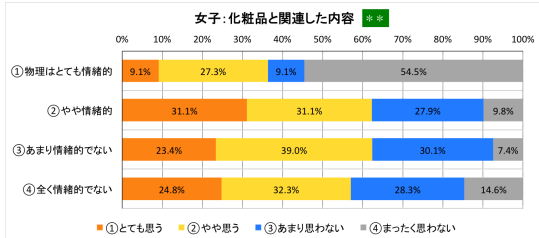
[91]科学の歴史や、法則・公式等が発見された過程

[92]先進的な科学技術

[93]最先端の物理学



また、化粧品、衣類、食事や食物、住居については、物理に対して「情緒」を感じるかどうかで有意差がある ( $\chi^2$  検定) ことが分かった。物理に「情緒」をあまり感じない層の方が、これらの内容を学習したいと思っている。



今回の質問紙調査において浮かんできた、女子を物理に誘うためのキーワードは、化粧品、衣類、食事・食物、住居、生命、天文学であることが分かった。これらは、いままでの物理の教材としてはあまり取り上げられてこ

なかったものである。つまり、従来の物理の内容・題材としては、男子が興味・関心を持つものが多く、女子が学ぶ気になるような切り口を持った教材が少なかったのである。

## (2) インタビュー調査

### 概要

2017年6月に、「教科における情緒」について、インタビュー調査を実施した。質問紙調査への協力校である国立A大学附属中等教育学校の5年生(高2)・6年生(高3)の24人を対象とした。

	5年	6年		5年	6年
女子	6人	6人	文系	6人	6人
男子	6人	6人	理系	6人	6人
合計	12人	12人	合計	12人	12人

### 質問内容

Q1. 理系か文系か?

Q2. 数学の好き・嫌い, 得意・不得意は?

(1) とても好き, 好き, どちらかというのと嫌い, 嫌い

(2) とても得意, 得意, どちらかというのと不得意, 不得意

Q3. 物理好き・嫌い, 得意・不得意は?

(1) とても好き, 好き, どちらかというのと嫌い, 嫌い

(2) とても得意, 得意, どちらかというのと不得意, 不得意

Q6. 数学・物理は「情緒的である」と感じるか?

(1) 数学: とても思う, 思う, あまり思わない, 思わない

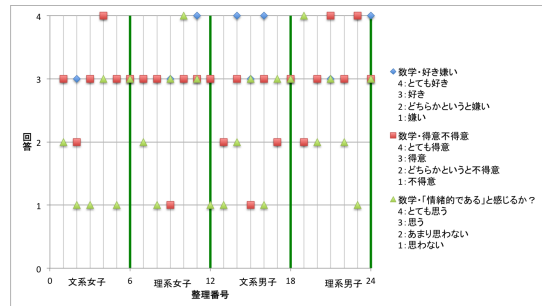
(2) 物理: とても思う, 思う, あまり思わない, 思わない

### 結果

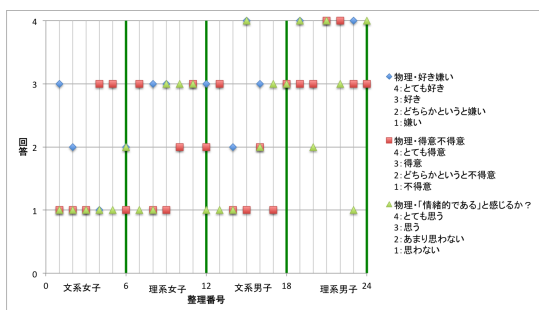
数学と物理の好き・嫌いと得意・不得意, 情緒に関する回答をプロットすると, 下記のようなになった。ここで, 整理番号の内訳は次のようである。

1~6: 文系女子 7~12: 理系女子

13~18: 文系男子 19~24: 理系男子







例えば、整理番号5の女子生徒は、物理が好きで得意と回答(3)しているが、情緒を全く感じていないと回答(1)している。物理が好き、得意な理由は、「公式さえ覚えて理解していれば点が取れて、解けたとき嬉しい」と回答している。「学校物理」において、テストで点は取れるが、物理の面白さや興味深さを感じるまでには達していない典型的な生徒であると思われる。この傾向は数学についても同様である。

まとめると、数学については、情緒を感じなくても、数学が好きな方である、得意な方である、と回答している女子生徒が多いのに対して、物理については、情緒を感じないと物理が嫌いな方、不得意な方であると回答している女子生徒が多いことが分かった。

どうすれば物理が好きになるか

Q9：どうすれば、数学・物理の学習に興味を持つようになるか？

という質問についての、女子生徒の主な回答は次のようになった。

- ・生活に使えるものがよく、ボール投げなどは、実生活から離れているのでダメ
- ・証明して、これでいいですねと納得させるのではなく、具体例で納得させる
- ・文化や現代的な音楽(音楽ホールの響き等)と絡めるなど、日常と関係することを扱う
- ・数式を出すときは、その応用例を出す、ざっくりと示す

情緒的に関係するものは

Q7. 次の事柄は、「情緒的である」と関係しているか？

- ・学習内容に共感できる
- ・学習内容が、この先どこにつながるか「全体の物語」として把握できる
- ・生活に密着している
- ・具体的でストーリーがある
- ・その他

この質問に対する女子生徒の回答から、具体的でストーリーがある、全体の物語として把握できる、ことへの肯定的回答が多く、学習内容に共感できることへの肯定が予想より少なかった。

(3) 質問紙調査、インタビュー調査から分かったこと

以上の調査から、女子生徒が興味を持つ物理を構成するためのポイントとして、次のことが分かった。

題材としては、化粧品、衣類、食事・食物、

住居、生命、天文学が好まれるようだ。内容としては、全体の物語として把握できる、具体的でストーリーがあることが求められる。また、教科のどこに情緒を感じるかについては、イメージができる、問題を解くだけではなく、何かを作り出す！、暖かみや感動が必要であり、問題を解くだけではだめ、興味を持つ内容であることが重要、人の気持ち・精神の変化・動きが見られるもの、という興味深い回答が得られた。

#### (4) 物理教科書の研究書

以上の結果を参考に、「女子生徒を意識した物理のアプローチ」をテーマに、附属中等教育学校の総合学習「コロキウム」において講座「つながる科学」が実践された。

この実践も含めて、本研究成果を『女性のための「物理教科書」研究』(2018, 敬文舎, 吉田信也・藤野智美)として発刊した。研究内容の詳細については、本書をご覧ください。

#### (5) ICTを活用した数物教育の研究

物理においては、iPad上でフリーウェアGeoGebraを活用するシミュレーションの教材開発を行い、授業で活用した。また、数学においても授業実践を行った。内容は、二次関数(探究活動に利用)、三角比(探究活動に利用)、二次曲線(例示・説明に利用)であり、生徒にも好評であった。

#### 5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計3件)

吉田信也, 「女子学生のための魅力ある理数教育の創造-質問紙調査の結果の考察と物理テキスト・副読本の提案-」, 日本科学教育学会(香川大会), 2017年8月31日, サンポート高松(香川県高松市)

吉田信也, 「自然は黄金比・フィボナッチ数列を知っているのか?」, 日本科学教育学会(大分大会), 2016年8月19日, ホルトホール大分(大分県大分市)

吉田信也, 「科学の言語としての数学-理系女性教育における1つの試み-」, 第98回全国算数・数学教育研究(岐阜)大会, 2016年8月3日, 岐阜大学教育学部附属小・中学校(岐阜県岐阜市)

〔図書〕(計1件)

吉田信也, 藤野智美『女性のための「物理教科書」研究』(2018年3月, 敬文舎)

#### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

吉田信也 (YOSHIDA, Shinya)

奈良女子大学 全学共通 教授

研究者番号: 30740120

(4) 研究協力者

米田隆恒 (KOMEDA, Takatsune)

藤野智美 (FUJINO, Tomomi)

川口慎二 (KAWAGUCHI, Shinji)