

令和 2 年 5 月 27 日現在

機関番号：16301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K00978

研究課題名(和文)幾何教材としての和算・算額の次世代への継承

研究課題名(英文)Handing over Wasan and Sangaku as a teaching material for geometry to the next generation

研究代表者

平田 浩一(Hirata, Koichi)

愛媛大学・教育学部・教授

研究者番号：80173235

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：学習指導要領解説の中に「和算」や「算額」という言葉が加わったことで、学校現場でも和算を取り上げる機会が増えてきている。しかしながら、若い世代の教員までにはまだまだ浸透していない。

本研究では、和算を授業に取り込むために必要な基礎知識を提供する教員養成学部の教育教材を開発し、幾何教育カリキュラムの中に位置付けることを目指した。また、それら教材を現職教員研修の教材として発展させ、教育現場で和算や算額を効果的に授業に取り入れることを通して、生徒たちの数学および数学の歴史さらには科学技術への興味関心を引き出すことを狙っている。

研究成果の学術的意義や社会的意義

和算関係の書籍も数多く出版されるようになり、中学生や高校生を対象とした和算学習教材も充実してきている。しかし、これまで和算の教育を担っていた教育者が高齢化しているため、今後を背負う若い世代の教員に和算教育のノウハウを伝える活動が今後重要となる。

本研究は、数学教員を目指す教員養成学部の大学生向けの和算教材、現職教員の研修のための和算教材を開発し、これら教材が広く利用されることで、和算や算額を授業に導入する際に必要な教員の基礎知識を豊富にし、魅力ある数学の授業が展開しやすくなり、生徒たちの数学および数学の歴史さらには科学技術への興味関心を引き出すことを狙うところに特徴がある。

研究成果の概要(英文)：The words "Wasan" and "Sangaku" were added to the commentary to the curriculum guidelines. As a result, opportunities to take up Wasan in class are increasing. However, it has not yet spread to the younger generation of teachers.

In this study, we have developed teaching materials that provide the basic knowledge necessary for teaching Wasan for students of the Faculty of Education, and we placed it in geometry education curriculum. We also developed it as teaching materials for in-service teacher training. Thus, we aim to bring out students' interest in mathematics and the history of mathematics as well as science and technology by effectively incorporating Wasan into their lessons.

研究分野：幾何学、幾何教育、数学史、和算

キーワード：数学史 和算 算額 教材開発 現代解 アプリケーション

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

平成 20 年・21 年の中学校・高等学校の学習指導要領解説に和算や算額についての記述が加わったことを受け、私たちは平成 24 年度～平成 28 年度の科学研究費補助金 基盤研究(C)「幾何教材としての和算・算額の研究」において、(1) 中学生・高校生の教育課程にフィットする和算教材の開発、(2) 和算学習の数学的活動を支援する教材アプリケーションの開発、(3) マルチメディア和算教材を活用した中高生向けの和算・算額展示会の開催など、和算教材の研究・普及活動を行ってきた。

和算や算額についての研究活動は、日本数学史学会を中心に活発になされている。平成 17 年からは毎年 1 回全国和算研究大会が開催され、全国から研究者・教育者が集まり研究発表に加え算額や和算ゆかりの史跡見学のツアーなども行っている。本研究の研究代表者・分担者は、平成 28 年 8 月に愛媛県松山市で開催された「第 12 回全国和算研究(松山)大会」の大会の運営に当たった。

このように和算・算額を学校教育の授業の中で取りあげようとする機運が高まりつつあるが、しかしその一方で、和算の研究会に参加する研究者や教員が高齢化していて、今後を背負う若い世代の参加者が少ないことから、近い将来に和算を授業の中で取りあげる教員が減少してしまうのではないかが気になるところである。

そのため、本研究の代表者・分担者が教育学部で教員養成を行なっている立場から、和算に興味を持ち授業で和算を取り上げようとする意欲のある中学・高校の教員を育てるとともに、現職教員の再教育の機会も活用して次世代の若い教員に和算研究を継承していく活動をしたいと考えている。

### 2. 研究の目的

これまでに行ってきた研究では、中学生・高校生などの学習者に向けての教材開発、アプリケーション開発に力点を置いていた。しかし今後は若い教員に和算研究を継承していく視点から、中学・高校の教員を目指そうとしている学生と、学校現場での現職教員に向けた、いわゆる指導者のための教材やカリキュラムの開発を中心にして本研究を行う。

和算を授業に取り入れようとするとき、学習者向け教材は現在では割と簡単に手に入るもので、単発的な授業に取り入れることはそう難しいことはない。しかし、もう少し時間をかけ和算の探究活動を授業に取り込もうとするときには、指導者の力量が問われることが多い。

例えば、和算家にとっては常識的な公式が、今の中学校や高等学校の数学のカリキュラムでは全く扱われていない。そのため、和算における簡単な長さや面積の計算問題といっても、その背景にある和算の基礎的な知識・公式を知っていないと教員は狼狽することになってしまう。和算の基礎知識をどれだけ知っているかが、和算教材を授業に取り込む際の重要なポイントとなる。

そこで本研究では、学校現場において和算を授業の中に取り込むに当たって、指導者としての教員が知っておかなければならない基礎的な和算の知識は何なのか。その基礎知識を学習するための教材を開発することにより、指導者のための和算教育カリキュラムを確立することを目的とする。

この目的のため、本研究では研究期間内に具体的には以下の 3 つの研究を実施する。

- (1) 教員志望の大学生に向けた和算学習教材の開発
- (2) 現職教員研修に向けた和算学習教材、および e ラーニング教材の開発
- (3) 和算学習の数学的活動を支援する教材アプリケーションの設計・開発

### 3. 研究の方法

研究(1)「教員志望の大学生に向けた和算学習教材の開発」については、日本数学史学会に所属する多くの研究者と緊密に連絡を取り合いながら、和算資料の研究を通して教材開発を進める。その中で、西洋を起源とする数学と江戸時代の和算との相違点を注意深く取りあげる。和算では、六斜術や傍斜術に代表されるように、長さや面積・体積に関連する図形的性質を重視している反面、角の大小や三角比についてのアイデアをもっていない。そのことに起因する図形問題への取組み方の違い、例えば和算における角度を用いないで記述される円周角の定理・正弦定理・余弦定理などの公式についても取り上げる。

このような計画のもとに「和算公式を紹介する教材」、「和算公式を活用する演習問題」などを開発する。また「和算・算額の図形問題を理解する教材」としては、これまでの愛媛県内の算額研究の成果などを含め教材開発する。現在の学校教育ではあまり扱われない空間図形の問題が和算には豊富にあり、またその問題解法にも和算独特の知恵が含まれていることも紹介する。

研究(2)「現職教員研修に向けた和算学習教材、およびeラーニング教材の開発」については、研究(1)で作成した大学生用教材をもとにし、教員研修講座や教員免許更新講習などで活用できるように現職教員向けに教材の改良を行う。このような講座・講習だけでは対象が県内の教員という狭い範囲に限定されてしまうため、eラーニング教材も併せて開発し、四国の国立5大学が連携して行なっている共同事業「知プラe」の中での配信や、オープンコースウェアとしての配信を行う。また、作成した教材は、和算の教材化に取り組んでいる中学・高校の先生方が組織している愛媛和算研究会を通じて、各学校に配布する。

研究(3)「和算学習の数学的活動を支援する教材アプリケーションの設計・開発」については、和算教材アプリケーションとしては、前期研究でFlashやJava AppletによるWeb教材、iPhoneやiPad用にiOSアプリ教材を開発している。これらアプリのさらなるバージョンアップを行い充実を図る。

#### 4. 研究成果

研究(1)「教員志望の大学生に向けた和算学習教材の開発」としては、愛媛大学教育学部1回生対象の授業科目「幾何学概論」において、授業時間の約4分の1を和算学習に当てることにし、平成29年度からその取り組みを行い、3年をかけて教材の拡充・充実を行った。最終的に30分授業12回分の教材とレポート問題ができ上がった。その12回の内容は、1. 和算の歴史(1)、2. 和算の歴史(2)、3. 油分け算、4. ひろいもの、5. 和算の公式(1)、6. 和算の公式(2)、7. 和算の公式(3)、8. 和算の公式(4)、9. 算額の問題(1)、10. 算額の問題(2)、11. 算額の問題(3)、12. 算額の問題(4)である。

また、卒業研究などのゼミにおいても学生と和算の問題の研究を毎年行い、年2回開催される愛媛和算研究会において学生が毎回研究発表を行った。この3年間にゼミで取り上げた和算書は、藤田貞資著『精要算法』、大西佐兵衛著『雑題』、坂部廣胖著『算法点竄指南録』であった。そういった学生との研究活動が論文へと発展したものがあり、主な発表論文等に記載した「池田の定理の拡張について(平田浩一・四宮雅士)」と「『精要算法』の数列問題に関する解法の解析と一般化(原本博史・平田浩一・桑田公太)」はそのような学生との共同研究の成果である。

研究(2)「現職教員研修に向けた和算学習教材、およびeラーニング教材の開発」としては、平成29年度に四国地区5国立大学連携による共同実施科目である「知プラ科目」の一つとして「和算の世界」の教材開発をすることが決まり、平成30年度前期にeラーニング教材の開発を行なった。そして平成30年度後期に16時間1単位科目として、研究代表者と分担者の1人の河村氏と連名でeラーニング授業を実施した。8回分の講義内容は、1. 和算とは、2. 和算の歴史、3. 油分け算/ひろいもの、4. 算木を使った計算(1)、5. 算木を使った計算(2)、6. 関孝和、7. 和算の図形公式、8. 算額の問題、からなっている。平成30年度後期は四国4県から105名の学生が受講した。また平成31年度後期は67名が受講した。

現職教員向けの教材も開発し、平成31年度夏に開催された愛媛県教職員レベルアップセミナーと松山市教科サマーセミナーにおいて小学校・中学校・高等学校教員19名を対象に講座を実施した。内容としては「裁ち合わせ」、「一刀切り」、「鴛鴦」を取り上げた。

研究(3)「和算学習の数学的活動を支援する教材アプリケーションの設計・開発」としては、これまでに作成していた「油分け算」と「ひろいもの」のiOSアプリが、iOSのバージョンアップにより利用不可となっていたので、平成29年度の情報系の卒業研究学生の協力を得て、両アプリのバージョンアップを行った。その後教員養成学部からゼロ免課程が廃止されたことにより、教材アプリケーション開発の協力者が得られなくなりその後の進展は特になかった。

研究(1)(2)(3)以外の研究としては、10年来蓄積してきた愛媛県内に奉納された算額すべてについての現代解研究が平成29年度夏に著書『愛媛の算額研究～現代解法を通して～(平田浩一・谷本賢治)』としてようやくまとめ上げることができ、出版となったことを最初に報告する。

また、法道寺善著『観新考算変』における算変法の不変式は厳密には不変式ではなく取り扱い上注意が必要なことについてまとめた論文「法道寺型と非法道寺型の反転不変式について（田部井勝稲・平田浩一・松本登志雄）」を発表した。和算の体積公式の研究が引き金となり多数の等高重心立体の発見につながった論文「錐体の体積公式と等高重心立体に関する考察（平田浩一）」を発表した。学生との共同研究で生まれた池田の定理の拡張に関する研究はその後さらに発展があり、論文「池田の定理の一般化と重心の役割について（平田浩一）」にまとめ発表した。

学会発表で研究のあらましを紹介した「算法不変式の定義と応用について（平田浩一）」と「多項式の因数分解とピタゴラス数について（平田浩一）」は、研究内容をさらに発展させ論文投稿に向け現在準備中である。

以上のように、この 3 年間の取り組みにより当初の計画通りの研究成果が得られたものと思っている。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 3件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 原本博史、平田浩一、桑田公太	4. 巻 26-1
2. 論文標題 「精要算法」の数列問題に関する解法の解析と一般化	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本数学教育学会高専・大学部会論文誌	6. 最初と最後の頁 1--10
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 平田浩一	4. 巻 25-1
2. 論文標題 池田の定理の一般化と重心の役割について	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本数学教育学会高専・大学部会論文誌	6. 最初と最後の頁 9--20
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 平田浩一・四宮雅士	4. 巻 第65巻
2. 論文標題 池田の定理の拡張について	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 愛媛大学教育学部紀要	6. 最初と最後の頁 137--142
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 平田浩一	4. 巻 第24巻
2. 論文標題 錐体の体積公式と等高重心立体に関する考察	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本数学教育学会高専・大学部会論文誌	6. 最初と最後の頁 1--14
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 田部井勝稲・平田浩一・松本登志雄	4. 巻 No.2
2. 論文標題 法道寺型と非法道寺型の反転不変式について	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 和算ジャーナル	6. 最初と最後の頁 66--72
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計9件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 平田浩一
2. 発表標題 多項式の因数分解とピタゴラス数について
3. 学会等名 第26回数学史研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 平田浩一
2. 発表標題 多項式の因数分解とピタゴラス数について
3. 学会等名 第101回全国算数・数学教育研究(沖縄)大会 高専・大学部会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 平田浩一
2. 発表標題 和算のアイデアから生まれた等高重心立体
3. 学会等名 第58回日本数学史学会総会・年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 平田浩一、内田ひかり、西岡香奈、民部晃司、森信駿
2. 発表標題 『雑題』一巻～三巻を読む
3. 学会等名 第42回愛媛和算研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 平田浩一
2. 発表標題 算変法不変式の定義と応用について
3. 学会等名 第25回数学史研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 平田浩一
2. 発表標題 池田の定理について
3. 学会等名 第14回全国和算研究大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 平田浩一
2. 発表標題 池田の定理について
3. 学会等名 第100回全国算数・数学教育研究(東京)大会 高専・大学部会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 平田浩一
2. 発表標題 錐体の体積公式と等高重心立体
3. 学会等名 第99回全国算数・数学教育研究(和歌山)大会 高専・大学部会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 平田浩一
2. 発表標題 等高重心立体と展開図
3. 学会等名 第23回折り紙の科学・数学・教育研究集会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 平田浩一・谷本賢治	4. 発行年 2017年
2. 出版社 愛媛和算研究会	5. 総ページ数 190
3. 書名 愛媛の算額研究 ~現代解法を通して~	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	吉村 直道  (Yoshimura Naomichi)  (90452698)	愛媛大学・教育学部・教授    (16301)	

## 6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	河村 泰之 (Kawamura Yasuyuki)  (80369967)	愛媛大学・教育学部・准教授  (16301)	
研究 分担者	原本 博史 (Haramoto Hiroshi)  (40511324)	愛媛大学・教育学部・准教授  (16301)	