

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 16 日現在

機関番号：34504

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2022

課題番号：17K04876

研究課題名（和文）数学的学習具の発達段階に応じた特性に関する実践的研究

 研究課題名（英文）A Practical Study on the Characteristics of Mathematical Learning Tools
according to Their Developmental Stages

研究代表者

澁谷 久（SHIBUYA, Hisashi）

関西学院大学・教職教育研究センター・教授

研究者番号：90780461

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,500,000円

研究成果の概要（和文）：発達段階に応じた数学的学習具の特性が明らかになった。段階の対象を幼児教育から高等学校数学教育まで設定したことにより、特性と系統性により各発達段階の子どもたちに有効な教具・学習具の開発を行うことで、個人による現物実験を中心に据えた、学習者全員が参加できる授業が効果的に取り入れられることを促進できることが鮮明になった。

デジタル教材とアナログの学習具との比較において、形成されるイメージの質の違いが鮮明になった。対象範囲を広める必要性を捉え、高齢者もその対象として進めることができた。すべての年代の人に数学的学習具を媒体として、数学のイメージやシエマを形成することができることを示すことができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

単一の学校種に焦点を当てるのではなく、小学校、中学校、高等学校、さらに幼児教育、高齢者対象の数学教室における個人による現物実験の意義、それに伴う学習者の発達段階に応じた学習具の特性とその系統性を明確にし、それが実験の効果を高めることを実証的に示すことにより、日本の数学教育において、有効な学習具の開発が積極的に行われ、個人による現物実験を中心に据えた、学習者全員が参加できる授業が効果的に取り入れられることを促進できると考える。

研究成果の概要（英文）：The characteristics of mathematical learning tools according to the developmental stage were clarified. By setting the target of stages from early childhood education to high school mathematics education, it became clear that by developing effective teaching and learning tools for children at each developmental stage based on characteristics and systematicity, it was possible to promote the effective adoption of classes in which all learners can participate, centering on actual experiments by individuals.

The difference in the quality of the image formed became clear when comparing digital teaching materials with analog learning tools.

I grasped the need to further expand the scope of the study, and I was able to promote it to include the elderly. I was able to show that people of all ages can use mathematical learning tools as a medium to form mathematical images and schemas.

研究分野：数学教育学

 キーワード：算数・数学教育 教材開発 数学的学習具 個人による観察・実験 発達段階に応じた特性 イメージ
幼児教育の数量や図形 アナログ

1. 研究開始当初の背景

小学校、中学校、高等学校の算数・数学の授業において、数学的教具・学習具(以下「学習具」)が使用される場面をよく目にする。しかし、抽象の世界での具体は、児童・生徒の興味・関心を醸成し、理解を促す、すなわち、「学習具を使えばいい授業ができる」という教師の思い込みが背景にあり、使用する学習具と学習者との不適合が生じていることが往々にしてある。平林は、数学的教具の1つ「問題場面構成器」について、「それは、子どもを包みこむ環境であって、子どもはそのような人為的な環境のなかで、それとの『会話』を通して次々と数学的関係を意識し、構成し、追求していくことが期待されている。」と述べている。これが示すように、学習具自体が子どもにとってよい環境となる存在でなくてはならない。中学校の数学科担当教師を対象にした現物実験を取り入れる障害についての調査(2011)によると、実験において生じる誤差により数学をつくり上げることが容易でないこと、指導者の予想する操作を生徒ができないことをあげる教師が多い。この障害が、学習具を使ってみたいという気持ちが生じる、目標・見通しをもち到達点の意識化ができる、学習具による具体性から思考が高まる、自発的な取り組みを行う、流れを把握し自分のペースでの活動ができるなど、制御体験の基盤となるものをつくる現物実験の作用が稼働しない状況をつくる。

また、研究代表者による「小学校と中学校の図形学習における汎用性を備える数学的学習具に関する考察」において、同一の学習具を使用した小学校算数科(第5学年)と中学校数学科(第2学年)を対象に授業実践を行った結果、帰納的に考えることの積み上げから、一般化や体系的な整理が伴う演繹的な推論の意識及びその能力を高めることを示すことができた。しかしながら、同一の学習具を小学校第3学年、高等学校第2学年で使用した際、学習具を使用する意義を見いだすことができず、さらに小学校第3学年においては、同一内容で他の学習具にその有効性がみられた。この点から、児童・生徒の発達段階に応じた学習具のあり方、すなわちその特性を考慮して現物実験を設定する必要があると推測される。

2. 研究の目的

数学的教具・学習具(以下「学習具」)と学習者との不適合が生じていることが往々にしてある。研究代表者の研究成果から、中学校の数学教育における個人による現物実験は、自己効力感をはじめとする能力の高揚に有意にはたらくこと、実験を形成する学習具の特性が操作の価値を左右することが明らかになった。本研究では、単一の学校種に焦点を当てるのではなく、小学校、中学校、高等学校における個人による現物実験の意義、それに伴う学習者の発達段階に応じた学習具の特性とその系統性を明確にし、それが実験の効果を高めることを実証的に示す。それにより、日本の数学教育において、有効な学習具の開発が積極的に行われ、個人による現物実験を中心に据えた、学習者全員が参加できる授業が効果的に取り入れられることを促進できると考える。

3. 研究の方法

本研究の目的を達成するために、数学教育における実験、教具・学習具に関する実態把握を行い、それを基盤にし、発達段階及び領域に応じた数学教育における現物実験の意義を考察し、発達段階に応じた数学的教具・学習具の特性を考察、整理する。それを踏まえ、実験授業を策定し、実践し、個人による現物実験の意義の表出と学習具の特性の関係を観点とする分析を行う。その際、トライアウトを強化して学習具を開発する。また、幼児教育まで対象範囲を広げ、幼児教育の数量や図形にかかわる活動におけるエデュテインメントのためのアナログ学習具開発に関する考察をし、デジタル時代の流れの中で揚力を発生させる学びの道具としてのすごろくを開発する。さらに、高齢者まで対象範囲を広げ、「見て・触れて・楽しくなる 心が元気になるおもしろさ 大人の数学教室」を策定、実践し、データを収集する。研究成果を数学的学習具写真集としてまとめ、現物実験普及のために上記のすごろくとともに教育関係機関(調査等の協力者、関係教育機関等)に配布する。

4. 研究成果

調査活動として、日本教材学会研究発表大会(平成29年10月、千葉県松戸市)に参加し、教具・学習具についての調査・資料収集活動を行い、最近の研究成果にも触れることができた。その際、本研究にかかわるテーマ「数学教育における自己を導く道具としてのノート学習具に関する一考察」(日本教材学会第29回研究発表大会研究発表要旨集, pp.108-109)で発表し、以後の研究における示唆を得た。

また、本研究を進める上で、「学習具」における研究の整理を行うため、以下の研究論文を作成し、発表した。研究代表者は中学校の学習具についての研究が中心であったため、「発達段階に応じた」とする本研究の観点から、小学校の学習具「算数セット」に着目し、研究の質を高めることを目的としたものが後者である。「構造的なイメージを形成する数学的学習具の特性に関する考察」(稚内北星学園大学紀要第18号, pp.19-32, 平成30年2月)、「小学校「算数セット」

の拡張性に関する考察 ex sion(ten, pan)の空欄を前者とする質の強調を通して」(稚内北星学園大学紀要第19号,平成30年5月)

さらに,実態把握予備調査を行った。内容は数学教育における実験,学習具に関するもので,対象は小学校,中学校数学科,高等学校数学科の教員である。データは少ないが,本調査に向けて,調査項目及びその内容を検討することができた。さらに,予備調査を受けて,数学的学習具の開発を行った。トライアウトを経て,実験授業に使用するものとしていく。

次に,実態把握調査を行った。内容は算数・数学教育における道具を使用する授業に関する調査である。当初の対象は,小学校,中学校数学科,高等学校数学科の教員であったが,研究を進めていく上で,幼児教育における幼児の経験も重要と考え,幼稚園・保育所・幼保連携認定こども園の教員を加えた。それにより,幼児・児童・生徒の発達段階に応じた現物実験の意義,それに伴う学習具の特性をマトリックスとしてまとめた(表1)。

複数の数学的学習具の開発,トライアウトを行うことができた。『見てふれて,納得!中学校数学 おもしろ教材&授業アイデア』(単著,2019.2,明治図書)という形で発表を行った。また,上記の「小学校「算数セット」の拡張性に関する考察 ex sion(ten, pan)の空欄を前者とする質の強調を通して」(単著,2018.5,稚内北星学園大学紀要第19号)を基盤に小学校の教員から算数教育における学習具の情報を得ることができた。

さらに,実験授業の1つを,北海道の中学校で実施し,データの収集,その分析により,関数領域における現物実験の意義,学習具のあり方を検証することができた。また,数学教育実践研究会兼夏季セミナー講演会「生徒全員が活躍できる授業づくり」「教具・学習具」からのアプローチ」に講師として参加し,高等学校の数学科教員から研究テーマに関する情報を得ることができた。

追加の実態把握を行った。内容は算数・数学教育における道具を使用する授業に関する調査である。特に,調査数が少なかった幼稚園・保育所・幼保連携認定こども園の教員,並びに,高等学校数学科の教育を対象にしたものである。既に採集したデータを加え,幼児・児童・生徒の発達段階に応じた現物実験の意義,それに伴う学習具の特性を示すマトリックスの修正を行った。その集計・分析により,発達段階に応じた学習具の特性が明らかになった。発達段階の対象を幼児教育から高等学校数学教育まで設定したことにより,特性を吟味し,各発達段階の子どもたちに有効な教具・学習具の開発を行うことで,個人による現物実験を中心に据えた,学習者全員が参加できる授業が効果的に取り入れられることを促進できることが鮮明になった。また,数学的教具・学習具の特性の各発達段階における必要性を対象としたが,特性の疎外性の存在も確認できた。ここまでの研究の成果を「算数・数学教育における発達段階に応じた道具の特性に関する考察 幼児教育から高等学校数学教育まで」(単著,2020.3,稚内北星学園大学紀要第21号)として発表した。また,複数の数学的学習具の開発,トライアウトを行うことができた。「ボタンが円形を理由を学びの道すじに沿って考えよう!」(単著,2019.4,明治図書,教育科学/数学教育),「使って体感!「教具・アイテム」ネタ」(単著,2019.8,明治図書,教育科学/数学教育),「見てふれて,主体的に数学をつくり,納得する「学習具」で学ぶ授業の風景」(単著,2019.8,明治図書,教育科学/数学教育)という形での発表も行った。

ここまでの研究の成果,及び,小学校,中学校,高等学校における個人による現物実験の意義を踏まえ,派生した実践にかかわる「数学の視覚的及び触覚的体験の場設定に関する実践的研究「マス・フェア」と「移動式数学博物館」の取り組みを通して」(関西学院大学教職教育研究センター紀要『教職教育研究』第26号,令和3年3月)を発表した。また,さらに複数の数学的学習具の開発,予備トライアウトを行うことができた。特に,幼稚園対象の「坂道ころりん」,小学校対象の「回る比例のグラフ」,中学校対象の「傾きリーダー」,高等学校対象の「微分係数読み取り器」は,発達段階に応じた学習具の特性を基にした「グラフの傾き」についての縦断的な学習具の開発により,学習者の発達段階に応じた学習具の特性とその系統性が実験の効果を高めることを明確にすることができた。これらは上記の幼児・児童・生徒の発達段階に応じた数学的学習具の特性を示すマトリックスを基にしている。考察対象を小学校,中学校,高等学校に加え幼稚園・保育所・幼保連携認定こども園にしたことにより,数学教育における実験を有効にするための学習具の特性が発達段階により変わることを,そこに系統性があるという仮説を検証

表1 発達段階に応じた数学的教具・学習具の特性 (数は割合(%)を表す)

表中において各段階で最も多い項目には「」,次に多い項目には「」,10%以上の項目には「」を付している。

	幼稚園	小学校 低学年	小学校 中学年	小学校 高学年	中学校	高等学校
一人一人が使用できる	11	21	20	10	19	8
組み立て(作成)しやすい	5	11	12	11	11	10
構造が簡単である	11	10	6	10	14	8
具体的な場面の状況が含まれている	0	9	12	10	19	25
いろいろな場面で使える	0	8	12	20	11	6
形態の工夫や色などがついている (数などに対応するだけでなく, 子供を感覚的に引き寄せる)	16	13	12	6	8	20
正確である	0	6	8	8	3	6
丈夫である	16	4	2	6	3	4
安全である	21	12	4	6	3	0
パズル・ゲームの要素が含まれる	21	5	12	14	11	12
その他	0	0	0	0	0	2

できたと考える。

さらに、幼児教育にかかわる内容が乏しいことから、そこに重点をおいて、数量や図形にかかわる学習具を開発した。幼児教育担当の教員が開発した学習具を基盤にし、開発した学習具に対するトライアウトとして、幼児教育担当の教員に対するインタビュー調査を実施した。さらに改良した学習具に対しても同様な調査を行った。また、本研究の目的を踏まえ、中学校の学習具についても同様に調査等を実施した。その結果、発達段階に応じた数学的教具・学習具の特性をまとめるためのデータが整ったと考える。学校種の違いによる教員による教具・学習具に対する視点の比較は、本研究の成果を形成するものである。

それをまとめ、「幼児教育の数量や図形にかかわる活動及び中学校数学科におけるエデュテインメントのためのアナログ学習具開発に関する一考察 デジタル時代の流れの中で揚力を発生させる学びの道具としてのすごろくの作成を通して」(単著, 2022. 3, 関西学院大学教職教育研究センター紀要『教職教育研究』第 27 号)という形で研究成果の発表を行った。

さらに、アナログの学習具の有効性を考察するために、デジタル機器や教材を使用した授業を参観し、指導者に対するインタビュー調査を実施した。ICT を取り入れる授業との比較・考察をするデータの収集である。場所は北海道の中学校である。デジタル教材においてもその特性を考察対象とする必要があるが、アナログの学習具との比較において、形成されるイメージの質の違いが鮮明になった。

本研究の目的は、単一の学校種に焦点を当てるのではなく、イメージ及びシエマの観点から、小学校、中学校、高等学校における個人による現物実験の意義、それに伴う学習者の発達段階に応じた数学的学習具の特性とその系統性を明確にし、それが実験の効果を高めることを実証的に示すことである。その多くは、論文を中心に示すことができたが、研究を進めるなかで、さらに対象範囲を広める必要性を捉え、幼児教育について 2021 年度で深め、2022 年度は高齢者を中心の対象として進めることができた。すべての年代の人に数学的学習具を媒体として、数学のイメージやシエマを形成することができることを示すことができた。日本の数学教育において、有効な学習具の開発が積極的に行われ、個人による現物実験を中心に据えた、学習者全員が参加できる授業が効果的に取り入れられることを促進するために、『全員が見てふれて動かして学ぶ中学校数学的学習具写真集 101』(単著 2023.1)及び『まちのたんけんすごろく』(単著 2023.1)を製本、印刷し、本研究に協力いただいた教育関係機関に配付した。対象配付機関は、実験授業実施校、数学教育における現物実験の実施状況に関する調査の対象者等である。また、「アナログ質の数学とのふれあいによるケアストレスに関する実践的研究 シニア世代を対象としたフット・イン・ザ・ドア法を取り入れた数学教室の取り組みを通して」(関西学院大学教職教育研究センター紀要『教職教育研究』第 28 号)という形で研究成果の発表を行った。

< 引用文献 >

平林 一榮, 数学教育の活動主義的展開, 東洋館, 1987, 357

澁谷 久, 算数・数学教育における発達段階に応じた道具の特性に関する考察 幼児教育から高等学校数学教育まで, 稚内北星学園大学紀要, 第 21 号, 2020, 36

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計23件（うち査読付論文 0件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 澁谷 久	4. 巻 27
2. 論文標題 幼児教育の数量や図形にかかわる活動及び中学校数学科におけるエデュテインメントのためのアナログ学習具開発に関する一考察 - デジタル時代の流れの中で揚力を発生させる学びの道具としてのすごろくの作成を通して -	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 関西学院大学教職教育研究センター紀要『教職教育研究』	6. 最初と最後の頁 27-39
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 澁谷 久	4. 巻 26
2. 論文標題 数学の視覚的及び触覚的体験の場設定に関する実践的研究 「マス・フェア」と「移動式数学博物館」の取り組みを通して	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 関西学院大学教職教育研究センター紀要『教職教育研究』	6. 最初と最後の頁 25-35
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 澁谷 久	4. 巻 21
2. 論文標題 算数・数学教育における発達段階に応じた道具の特性に関する考察 幼児教育から高等学校数学教育まで	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 稚内北星学園大学紀要	6. 最初と最後の頁 23-34
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 澁谷 久	4. 巻 19
2. 論文標題 小学校「算数セット」の拡張性に関する考察 ex sion(ten, pan)の空欄を前者とする質の強調を通して	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 稚内北星学園大学紀要	6. 最初と最後の頁 23-34
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 澁谷 久	4. 巻 18
2. 論文標題 構造的なイメージを形成する数学的学習具の特性に関する考察	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 稚内北星学園大学紀要	6. 最初と最後の頁 19-32
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 -

〔学会発表〕 計3件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 澁谷 久
2. 発表標題 数学教育における自己を導く道具としてのノート学習具に関する一考察
3. 学会等名 日本教材学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 澁谷 久
2. 発表標題 三層の教授 - 学習活 動で構成する「マス・ フェア」の実践的研究 - 数学教育から発信 する学びの伝播による地域活動の遂行 -
3. 学会等名 数学教育学会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計5件

1. 著者名 澁谷 久	4. 発行年 2019年
2. 出版社 明治図書	5. 総ページ数 128
3. 書名 見てふれて、納得！中学校数学 おもしろ教材&授業アイデア	

1. 著者名 澁谷 久(共著) 『数学教育』編集部(編集)	4. 発行年 2021年
2. 出版社 明治図書	5. 総ページ数 136
3. 書名 必ずうまくいく 新版中学校数学全単元の導入ネタ辞典	

1. 著者名 澁谷 久(共著) 『数学教育』編集部(編集)	4. 発行年 2018年
2. 出版社 明治図書	5. 総ページ数 151
3. 書名 必ずうまくいく 中学校数学全単元の導入ネタ辞典	

1. 著者名 澁谷 久	4. 発行年 2023年
2. 出版社 -	5. 総ページ数 106
3. 書名 全員が見てふれて動かして学ぶ 中学校数学的学習具写真集 101	

1. 著者名 澁谷 久	4. 発行年 2023年
2. 出版社 -	5. 総ページ数 1
3. 書名 まちのたんけんすごろく	

〔産業財産権〕

〔その他〕

算数・数学教育における発達段階に応じた道具の特性に関する考察 幼児教育から高等学校数学教育まで
<https://wakhok.repo.nii.ac.jp>
 稚内北星学園大学 学術リポジトリ
<https://wakhok.repo.nii.ac.jp>
 稚内北星学園大学 学術機関リポジトリ
<https://wakhok.repo.nii.ac.jp>

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
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------