

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 26 日現在

機関番号：37603

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20H01689

研究課題名（和文）開発途上国における基本的な計算能力の育成に向けた包括的な数学教育開発研究

研究課題名（英文）Research of Mathematics Education for the Development of Basic Computational Skills in Developing Countries

研究代表者

渡邊 耕二（Watanabe, Koji）

宮崎国際大学・教育学部・教授

研究者番号：30736343

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,400,000円

研究成果の概要（和文）：SDGsにおいて、基礎的な計算能力の育成は、教育における国際社会の課題の一つとして謳われている。当然ながら、その育成には、その国の数学教育が担う役割は大きい。基礎的な計算能力の育成において、量概念の有無は、与えられた問題の文脈に沿った立式に関係するため、そこへの注目は不可避である。量概念と計算力を測定するテストを作成し、フィリピン、マラウイ、ザンビア、フィジーにて現地調査を行った。各国に共通する点として、具体物や半具体物で示された場合、正しい計算に至るが、数値の場合には、誤答が多くなる傾向が浮かび上がってきた。つまり、量と数の繋がりに課題があると示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

教育に関するSDGsにおいて、基礎的な計算能力の育成は、国際社会が抱える課題の一つとして謳われている。基礎的な計算能力の育成には、その国の数学教育が重大な役割を担う。したがって、学校教育の構成要素（教育目標、教師、教材、子ども）を踏まえた包括的なアプローチが求められる。特に量概念は、文章問題の文脈を踏まえた立式を適切にできるかに関係し、それへの着目は不可避である。数学教育が担うべき途上国の基礎的な計算能力の育成という国際社会の課題に応じるべく、子どもの「量概念」「文脈を踏まえた立式」「式の計算」を含む基礎的な計算能力の実態を明らかにし、効果的な教材と教育実践を開発し、それらの効果を評価する。

研究成果の概要（英文）：In the SDGs, the development of basic calculation skills is stated as one of the international community's tasks in education. Naturally, the role of a country's mathematics education in this development is significant. In the development of basic calculation skills, attention to the presence or absence of quantity concepts is inevitable, as it relates to the contextualisation of a given problem.

Tests measuring quantity concepts and computational skills were developed and field research was conducted in the Philippines, Malawi, Zambia and Fiji. A common feature that found out in each country was a tendency for students to arrive at correct calculations when presented with concrete or semi-concrete objects, but to give more incorrect answers when presented with numerical values. In other words, it was suggested that there is a problem with the connection between quantity and number.

研究分野：数学教育開発

キーワード：算数・数学教育 量概念 計算力

### 1. 研究開始当初の背景

基本的な計算能力の育成という課題に対しては、当然、その国の数学教育が担う役割は非常に大きい。そこで、数学教育研究に目を向けると、カリキュラム論、教材論、授業論、認知・理解、教師教育、評価など、様々な研究の視点がある。このことから分かるように、数学教育が担うべき「基本的な計算能力の育成」という国際社会の課題に対しては、多面的な視点からアプローチをしなければならない。

基本的な計算能力の育成を目指す場合、基本的な計算能力の定義に左右されて、包括的なアプローチの具体的な取り組みが定まってくる。例えば、計算能力を $8+7$ の繰り上がりのあるたし算や筆算といった計算アルゴリズムの習得と定義すれば、10進位取り記数法の原理を理解するためのアプローチが必要である。その一方で、同じ $8+7$ と立式される場合でも、「8本と7本の鉛筆があり、全部で何本あるか」「8mの紐があり、さらに7mを付け加えたら、何mになるか」のように、文脈が異なる場合がある。与えられた $8+7$ を正しく計算できても、文脈に合わせて適切に立式できなければ、やはり十分な計算能力を持つとは言い難い。つまり、基本的な計算能力は、与えられた式の計算だけでなく、文脈を踏まえた正しい立式を行う段階を含めて捉えるべきである。

文脈を踏まえた立式を考えると、物の個数や長さなど、単位を持つ「量」を含むことがほとんどである。「量」とは、測定の対象となり、比較可能なものをいう。また「測定」とは、量を数値化することである。例えば、単に8や7といった数を示すだけでなく、長さ8mと7m、重さ8kgや7kg、広さ $8\text{ m}^2$ や $7\text{ m}^2$ のように、数値化された量を含めることによって、現実的な文脈が生まれ、四則計算の立式が可能となる。このように、長さ・重さ・広さといった量概念の有無は、文脈を踏まえた立式に決定的であり、得られた計算結果の妥当性の判断にも繋がる。つまり、量概念の育成は、計算能力の育成に直結する。

数学教育が担うべき「基本的な計算能力の育成」という国際社会の課題に対しては、現状を詳細に明らかにし、学校教育の構造モデルのように、多面的な視点を含むアプローチが必要である。具体的には、「量概念」「文脈を踏まえた立式」「式の計算」の3つを基本的な計算能力の要素と規定し、その育成に向けて、「教育実践」「教材開発」「主体的な学習活動」「教育評価」を包括的に行う必要がある。

### 2. 研究の目的

「量概念」「文脈を踏まえた立式」「式の計算」を基本的な計算能力の要素とし、途上国の子どもが持つ、計算能力の実態はどのようなものか、計算能力の育成に効果的な教材と教育実践はどのようなものか、開発した教材と教育実践はどの程度の効果を持つか、の3点について取り組む。

### 3. 研究の方法

対象は小学生である。また、長期的な取り組みを実現するために、5年間を研究期間とし、PISAやTIMSS及びSACMEQなどの国際的な学力調査で最下位層に位置する国であるザンビア、マラウイ、フィリピン、ニカラグア、フィジーを対象国とする。

まず、これまで応募者らが長く関わってきたザンビアに傾注し、本研究の基盤となる知見と方法論を確立する。ザンビアで得られた知見と方法論を生かして、他の4カ国に焦点を当てていく。ザンビアの子どもの計算能力に関する先行研究と「量」に関する数学教育研究を整理する。また、ザンビアの数学のカリキュラムと教科書を分析し、ザンビアにおける量概念と基本的な計算に関する指導過程を明確にする。それらを総括し、計算能力の現状把握をするためのテストを開発する。計算能力を育成する教材の開発と授業研究を主とする教育実践を思案し、現地調査にてそれらの実行可能性を確認する。開発した教材と教育実践を行い、事前事後比較によって、それら进行评估する。

### 4. 研究成果

まず、本研究の基盤となるザンビアに注目し、量概念と計算力を測定するテストを作成し、量概念と計算能力の実態把握を行った。その結果、具体物や半具体物で示された場合、正しい計算に至るが、数値の場合には、誤答が多くなる傾向が浮かび上がってきた。新型コロナウイルス感染症の感染拡大により、ザンビアでの調査が当初の計画通りに実施できなかったが、2種類のテストを作成し、実態把握を行った。そこで作成したテストを用いて、フィリピン、マラウイ、フィジーでも調査を行った。それらの国においても、同様の傾向にあるが浮かび上がりつつある。つまり、全体の傾向として、量と数の関連という点に課題があることが示唆される。

渡航が困難であった時期にテスト開発と並行して、日本の算数教育を中心に量概念の育成と量指導に関する先行研究を整理した。例えば、日本では、比較の段階と単位(任意単位・普遍単位)を設定する段階、量を数値化する段階と量に関する指導と測定に関する指導を区別する必要がある。この段階を踏まえて、日本の量指導について、算数と理科の指導内容に着目した考察を

行った。また、ザンビアの実態を幅広く捉えるために、研究分担者の過去の研究を整理し、負の数を含む加法と減法に関する誤答の実態について検討した。その結果、正答に至らずとも、何らかの計算アルゴリズムを基に計算していることを捉え、負の数の理解が乏しいことも示唆された。

これらの成果を踏まえ、具体的な教材と教育実践の検討に取り組んでいる。その効果の本格的な検証が今後課題である。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計23件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 15件）

1. 著者名 Watanabe, K.	4. 巻 4
2. 論文標題 Answer Patterns of Japanese Secondary School Students in TIMSS 2015 Mathematics Survey	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Proceedings of the 46th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education	6. 最初と最後の頁 323 ~ 330
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 Watanabe Koji	4. 巻 40
2. 論文標題 Fostering fundamental computational skills, a global challenge	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Open Access Government	6. 最初と最後の頁 274 ~ 275
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.56367/OAG-040-10986	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 Sudo, S., Watanabe, K., and Chileya, G.	4. 巻
2. 論文標題 Addition and Subtraction Proficiency Involving Negative Integers in Zambia	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Proceedings of the 47th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education	6. 最初と最後の頁 in press
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 Arai Mitsue, Baba Takuya	4. 巻 46
2. 論文標題 Practitioner Knowledge Generation in Reflection: A Case Study on Teaching Multiplication Tables in Japan	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Science and Mathematics Education in Southeast Asia	6. 最初と最後の頁 217 ~ 244
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 Sudo Shun, Chiley George, Kume Akiko, Fujino Yuichi	4. 巻
2. 論文標題 Estimating Number Line as a Cause of Low Mathematics Performance in Zambia	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 2022 7th International STEM Education Conference (iSTEM-Ed)	6. 最初と最後の頁 1~4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/istem-ed55321.2022.9920818	査読の有無 有
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 Sudo Shun, Kume Akiko, Bagenda Dominic, Fujino Yuichi	4. 巻
2. 論文標題 Causes of Low Mathematics Achievement in Uganda and Exploiting ICT -based Tools in Response	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 2022 7th International STEM Education Conference (iSTEM-Ed)	6. 最初と最後の頁 1~4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/istem-ed55321.2022.9920900	査読の有無 有
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 Natan,A. & Ishii,H.	4. 巻 73(1)
2. 論文標題 Structured Problem-Solving and Extensive Discussion (Neriage) Approach in Teaching Mathematics: A Case Study on Hokkaido University Education 's Attached Schools	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Hokkaido University of Education (Education)	6. 最初と最後の頁 189~201
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 Natan,A. & Ishii,H.	4. 巻 72(2)
2. 論文標題 Comparative Study of Mathematics Education in the Philippines and Japan	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Hokkaido University of Education (Education)	6. 最初と最後の頁 173~187
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 Helena,M, & Ishii,H.	4. 巻 72(1)
2. 論文標題 Analyzing Strategies and Methodologies of Teaching Mathematics in Japan and Namibia	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Hokkaido University of Education (Education)	6. 最初と最後の頁 247 ~ 261
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 Helena,M, & Ishii,H.	4. 巻 71(2)
2. 論文標題 Comparative Study of Mathematics Education between Namibia and Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Hokkaido University of Education (Education)	6. 最初と最後の頁 111 ~ 118
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 Dorji,N. & Ishii,H.	4. 巻 73(1)
2. 論文標題 Integration of Information and Communication Technology in Japanese Mathematics Lessons: Observations and Teachers' Perspectives	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Hokkaido University of Education (Education)	6. 最初と最後の頁 215 ~ 230
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 Dorji,N. & Ishii,H.	4. 巻 72(2)
2. 論文標題 Comparative Study of Mathematics Education in Bhutan and Japan	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Hokkaido University of Education (Education)	6. 最初と最後の頁 199 ~ 214
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 Deepak,D. & Ishii,H.	4. 巻 73(1)
2. 論文標題 Implementing the Japanese Mathematics Education System in Fiji	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Hokkaido University of Education (Education)	6. 最初と最後の頁 203 ~ 214
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 Deepak,D. & Ishii,H.	4. 巻 72(2)
2. 論文標題 Comparative Study of Mathematics Education in Fiji and Japan	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Hokkaido University of Education (Education)	6. 最初と最後の頁 189 ~ 198
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 石井洋	4. 巻 29(1)
2. 論文標題 開発途上国教師が捉える日本の算数教育の特徴 - 教員研修留学生5名の成果論文をもとに -	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 数学教育学研究	6. 最初と最後の頁 119 ~ 129
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 高阪将人、丸山ちさと	4. 巻 16
2. 論文標題 マラウイ共和国における教師の専門職学習コミュニティネットワークの構築過程：ナリクレ教員養成大学との協働実践過程に着目して	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 教師教育研究	6. 最初と最後の頁 219 ~ 224
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 -

1. 著者名 Nakawa Nagisa, Uegatani Yusuke, Otani Hiroki, Fukuda Hiroto	4. 巻
2. 論文標題 Young Japanese Children's Subjectification and Objectification Through the Lens of Joint Labor in a Mathematical Activity at a Preschool: A Case Study	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Early Childhood Education Journal	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10643-023-01493-9	査読の有無 有
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 Kosaka Masato, Nakawa Nagisa	4. 巻 28
2. 論文標題 Life Story Analysis of the Longer-term Effects of Kenya's Strengthening of the Mathematics and Science in Secondary Education Project on the Attitudinal and Behavioural Changes of Former Secondary Students	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education	6. 最初と最後の頁 1~12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/18117295.2024.2318539	査読の有無 有
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 Watanabe Koji	4. 巻 2023
2. 論文標題 Comprehensive mathematics education development research for the development of basic computational skills in developing countries	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Impact	6. 最初と最後の頁 35~37
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.21820/23987073.2023.1.35	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 渡邊耕二	4. 巻 28
2. 論文標題 TIMSS2019小学校4年生の算数学力と情意面の関連—社会経済的地位 (SES) の階層性に注目して—	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 全国数学教育学会誌 『数学教育学研究』	6. 最初と最後の頁 69~76
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 渡邊耕二・高阪将人	4. 巻 8
2. 論文標題 PISA数学的リテラシー と科学的リテラシーの関連性 に関する研究 「数学的な内容」の 4 つの領域に着目した PISA2012 の二次分析からー	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 宮崎国際大学教育学部紀要『教育科学論集』	6. 最初と最後の頁 124-135
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 -

1. 著者名 Watanabe, K and Watanabe, Y.	4. 巻 4
2. 論文標題 Answer Patterns of Japanese Primary School Students in TIMSS 2015 Mathematics Survey,	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the 44th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education	6. 最初と最後の頁 238-246
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 Nakawa Nagisa, Kusaka Satoshi, Kosaka Masato, Watanabe Koji, Baba Takuya	4. 巻 24
2. 論文標題 Primary School Children's Counting and Number Composition Processes from Two Pilot Studies in Urban Schools in Zambia	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education	6. 最初と最後の頁 361 ~ 374
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/18117295.2020.1851889	査読の有無 有
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10件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 Koji Watanabe, Nagisa Nakawa, Masato Kosaka, Satoshi Kusaka, Takuya Baba, Mungalu Arthur
2. 発表標題 Numeracy Skills in Primary School Education in Zambia: Secondary Analysis of JICA Numeracy Project Data
3. 学会等名 The Japan Academic Society of Mathematics Education (JASME) 59th Conference
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Nakawa, N. & Kosaka, M.
2. 発表標題 The Connection between Zambian children's informal play and mathematics.
3. 学会等名 アフリカ教育学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 渡邊耕二・堀友歌・高阪将人
2. 発表標題 算数と理科における「量」の指導内容の関連性
3. 学会等名 日本科学教育学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Koji WATANABE
2. 発表標題 Answer Pattern of Japanese Secondary School Students inTIMSS2015 Mathematics Survey
3. 学会等名 the 45th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 渡邊耕二
2. 発表標題 算数学力の階層差と情意面の関連性について - TIMSS2019のデータを用いて -
3. 学会等名 全国数学教育学会第55回研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 渡邊耕二
2. 発表標題 日本の小学生が持つ算数学力の実態に関する国際比較 - TIMSS 2015小学校4年生のデータを用いて -
3. 学会等名 日本数学教育心理学会令和3年度秋期研究集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高阪将人・渡邊耕二
2. 発表標題 日本の小学生が持つ算数と理科の情意面の特徴について：TIMSS2019小学校4年生調査の二次分析から
3. 学会等名 日本科学教育学会第45回年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 渡邊耕二・須藤絢
2. 発表標題 ザンビアとマラウイの子どもが持つ計算能力の特徴について 負の数を含む足し算と引き算に注目して
3. 学会等名 全国数学教育学会第53回研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高阪将人・渡邊耕二
2. 発表標題 我が国の生徒が持つ理科と数学の学力の関連性について PISA2012の二次分析による国際比較から
3. 学会等名 日本科学教育学会第44回年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Mitsue Arai, Daisuke Morita, and Shohei Tachikawa
2. 発表標題 Elementary School Teachers' Noticing of Mathematical Knowledge for Teaching in the Context of Planning, Instruction, and Reflection
3. 学会等名 Proceedings of 44th Psychology of Mathematics Education Conference (国際学会)
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 馬場卓也・内田豊海・中和渚・福田博人・服部裕一郎（編著）	4. 発行年 2022年
2. 出版社 学術研究出版	5. 総ページ数 198
3. 書名 グローバルな社会・時代における算数数学教育	

〔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	中和 渚  (Nakawa Nagisa)  (00610718)	関東学院大学・建築・環境学部・准教授   (32704)	
研究分担者	木根 主税  (Kinone Chikara)  (20557293)	宮崎大学・大学院教育学研究科・教授   (17601)	
研究分担者	石井 洋  (Ishii Hiroshi)  (50734034)	北海道教育大学・教育学部・教授   (10102)	

6. 研究組織（つづき）

	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	高阪 将人  (Kosaka Masato)  (50773016)	福井大学・学術研究院教育・人文社会系部門（教員養成）・准教授    (13401)	
研究分担者	新井 美津江  (Arai Mitsue)  (50866275)	立正大学・社会福祉学部・特任准教授    (32687)	
研究分担者	須藤 絢  (Sudo Shun)  (90780693)	函館工業高等専門学校・一般系・准教授    (50101)	

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