

令和 5 年 6 月 28 日現在

機関番号：31302

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2022

課題番号：18K02588

研究課題名(和文) 射影量の文章題に関する記述力・論述力を育成する教育課程の開発

研究課題名(英文) Development of a curriculum to improve writing and argumentation skills for complex quantity text questions.

研究代表者

加藤 卓 (KATO, Takashi)

東北学院大学・文学部・教授

研究者番号：10709140

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：日本の児童・生徒の割合などの文章問題に関する記述力・論述力の到達度は低い。原因は、教科書に具体的な記述・論述方法が記載されていないことである。そして、記述力・論述力の指導内容が各指導者に一任されているためである。そこで、算数科において児童・生徒の記述力・論述力を育成する具体的な教育計画・教育方法が必要になる。

本研究者は、記述力・論述力を育成する各学年での具体的な指導内容・指導計画を提案した。算数科で求められる論理的推論については、国語科で求められるものよりも2学年分を先行して学習する必要があることを明確にした。しかし、COVID-19が蔓延したため実証まで研究を進めることはできなかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日本の児童の割合などの文章問題に関する記述力・論述力の到達度は低く、改善していない。日本人が世界と対等に交流するためには、記述・論述力レベルの世界標準化が欠かせない。一方、欧米では、記述力・論述力を重視する伝統的文化がある。また、記述・論述を研究する修辞学やユークリッド幾何学など体系的な証明方法がある。そこで、欧米で行われている記述・論述方法を元に、基本的な記述・論述の内容と順序を明確にした。また、日本の算数教育での具体的な記述・論述内容、論理的な推論に関する具体的な指導内容・指導計画を作成した。

これらの成果は、日本の記述力・論述力を向上させる方略を示したという学術的意義・社会的意義を持つ。

研究成果の概要(英文)：The level of achievement of Japanese students in writing and argumentation skills related to writing problems, such as percentages, is low. The reason for this is that textbooks do not provide specific writing and argumentation methods. In addition, the content of instruction in writing and argumentation is left to the discretion of each instructor. Therefore, specific educational plans and methods are needed to develop students' writing and argumentation skills in mathematics.

The researchers proposed a specific teaching plan and content for each grade level to cultivate writing and argumentation skills. They clarified that the logical reasoning required in the arithmetic course needs to be studied two grades ahead of that required in the Japanese course. However, due to the prevalence of COVID-19, the study could not proceed to the demonstration.

研究分野：教科教育学および初等中等教育学関連

キーワード：射影量 割合 速さ 文章問題 記述力 論述力 教育課程 教育計画

1. 研究開始当初の背景

思考力と共に表現力を高める研究や実践は、これまでも多くなされてきた。しかしながら、記述力・論述力は未だに改善されていない。その証拠に、全国学力・学習状況調査の算数の B 問題では、記述式の到達度は低いままである。

そこで、本研究者は以下の「問い」を持つに至った。現在までの日本の教育は、そもそも数学的な記述力・論述力を育成する具体的教育内容を提供しておらず、かつ、日本の教育方法が的を射っていないのではないか。

欧米の教科書・問題集を調査したところ、基本問題では順序と内容を踏まえた的確な記述・論述方法が明確に示されている。つまり、欧米では、記述力・論述力の価値を認め、パターンに乗せた表現スキルを示し、繰り返し訓練することを通して育成する方法を伝統的に行っている。一方、日本の教科書には記述・論述についての具体的な記載は皆無に等しく、記述・論述方法は各指導者に一任されているのが実情であり、口述試験が行われることも少ない。

日本は、明治初期に西洋から数学の教育内容を輸入した。しかし、その際、初等から中等教育での数学的な記述力・論述力育成の教育計画・教育内容・教育方法に関してまでは輸入しなかったことが原因ではないかと推察する。西欧では古代より論理学・修辞学が成立し、現代の教育においても初等・中等教育から計画的に記述力・論述力を育成し、日本が苦手な分野で成果を挙げている。日本の児童・生徒の実態を受けて必要な教育内容・教育方法を洗い出し、問題解決力の向上と共に、記述力・論述力を高める教育課程を再構築することが必要であると考えに至った。

2. 研究の目的

(1) 中学・高校での射影量の文章題に関する日欧の教育課程、教育内容・方法を精査する。

(2) 小学～中学・高校での射影量の文章題に関する教育課程、教育内容・方法を開発する。

3. 研究の方法

平成 30 年度前半は、射影量に関する文章題の演算構造によって、児童・生徒の解決過程に現れる難易度の実態調査を行うために、演算構造によって分類した調査問題を作成した。また、旧東ドイツの数学・物理の教科書を所有する図書館において、2 度の調査を行った。また、数量関係図に文字を使用し第 1 用法で立式する指導方法の成果と課題についてまとめた。平成 30 年度後半は、訪独してバーデン・ヴュルテンベルク州の実科学校を訪問し、射影量に関連する授業を参観し、指導の実際について調査を行った。さらに、教育資料の収集については、教科書改訂が G6 まで進んでいる Klett の教科書の情報を収集した。

平成 31 年度前半は、射影量に関する文章題の演算構造によって、児童・生徒の解決過程に現れる難易度の実態調査を行った。方法は、演算構造によって分類した作成済みの調査問題を用い、山形県内の A・B 小学校と C 中学校の協力を得て、解決方略と正答率の分析を行った。調査結果から、児童・生徒の解決方略がバラバラで到達度が低いこと。文章題の文脈が児童の経験の有無に左右されることは否めないが、演算構造による難易度の実態では、単線型 < 単線型 + 加工・換算 < 複線型 < 複線型 + 加工・換算 < 連鎖型 < 連鎖型 + 加工・換算の順に難易度が高いという傾向を明らかにした。平成 31 年度後半、ドイツの教育調査、資料収集と GDM2020 (ヴュルツブルク大学)での学会発表を行うために訪独した。しかし、バーデン・ヴュルテンベルク州での教科書等の教育資料の収集後、ドイツ国内での COVID-19 の感染の急速な感染拡大により、予定していた学校訪問は中止になった。また、GDM2020 学会は延期となったため、計画を中断して帰国せざるを得なかった。

その後、令和 2 年度～令和 4 年度までは、COVID-19 の蔓延により国内の学校への訪問と協力依頼には応じてもらえない状況が続いた。また、指定された圏外への出張も制約を受けることになった。国外渡航出張は禁止されたために、国内外問わず研究計画の実行が困難になった。ドイツの研究協力者を招聘する計画により、航空券や宿泊施設などの予約を進めていたが、入国自体が困難になったため計画を中止せざるを得なかった。

令和 2 年度は、教育現場での研究協力や渡航しての調査を実施できないため、国内にあるドイツと日本の教科書等の文献調査を中心に研究を進めた。

令和 3 年度は、国内の研究では、学内の規定により出張の制限と出張後に自宅待機しなければならないという制約が生じ、他県での文献調査が実施できなくなった。そのため、国内の国語等の教科書についての論理的推論について、文献調査を行った。

令和 4 年度も、学内の規定により出張に制約があり、県外や国外での調査が実施できなくなった。そのため、国内の国語と算数・数学の教科書の論理的推論を比較する文献調査を行った。

4. 研究成果

(1) 研究の主な成果

国際教育比較に関する成果

西欧の歴史的な記述・論述方法と教科書の違いについて、具体的に提示することができた。

教育実践に関する成果

射影量に関する文章題の解決方法は、小学生・中学生とも多様な方略を用いている。また、問題の難易度は、問題が内包する演算構造によっても影響されることを明らかにした。

教育課程・教育内容・教育方法の提案

西欧の歴史的な研究成果である論理的・修辭的論述・記述方法を明確にし、各学年の算数科4領域での具体的な論述・記述内容を提案した(表1)。

表1 「C測定・変化と関係」領域での各学年の目標とする具体的記述・論述例

1年	<p>どちらがながい (長さを任意単位で表記 大小の認識 差の認識)</p> <p>【宣言】 -</p> <p>【条件】か は 10ますぶんの長さです。く は 8ますぶんの長さです。</p> <p>【理由】どちらがながいかをくらべるときは、大きいから小さいかをひきます。10は8より大きいです。10ひく8は2です。</p> <p>【結言】かのほうがくより2ますぶんながいです。</p>
2年	<p>長いものの長さのたんい (単一単位 複数単位による表記)</p> <p>【宣言】120cmが1m20cmであることをせつめいします。</p> <p>【条件】120cmは、100cmと20cmです。</p> <p>【理由】100cmは1mなので、120cmは1mと20cmです。</p> <p>【結言】だから、120cmは1m20cmです。</p>
3年	<p>時こくと時間のもとめ方 (時間 分間 秒間への変換)</p> <p>【宣言】1時間は3600秒間であることをせつ明します。</p> <p>【条件】1時間は、60分間です。1分間は、60秒間です。</p> <p>【理由】60分間の中に60秒間ずつあるので、60と60をかけて3600となります。</p> <p>【結言】だから、1時間は3600秒間です。</p>
4年	<p>変わり方調べ (回数と個数を表に整理 回数と個数の関係の認識 式に表記)</p> <p>【宣言】ひもを切る回数とひもの本数の関係を説明します。</p> <p>【条件】ひもを1回切ると2本になります。ひもを2回切ると3本になります。</p> <p>【理由】切る回数とひもの本数を表にします。表の「切る回数」と「ひもの本数」を横やたての関係で見ると、切る回数に1を足すとひもの本数になっています。</p> <p>【結言】したがって、切る回数+1 = ひもの本数 という関係があります。</p>
5年	<p>割合 (条件の整理 4量の関係の理解 第二用法で立式 式変形 計算 答)</p> <p>【宣言】定価の90%が180円である牛乳について、定価の求め方を説明します。</p> <p>【条件】定価の割合は1で、円とします。90%は割合では0.9で、180円です。</p> <p>【理由】1倍が円するとき、0.9倍は180円です。だから、$\text{定価} \times 0.9 = 180$となります。式変形をして、$\text{定価} = 180 \div 0.9 = 200$</p> <p>【結言】したがって、定価の90%が180円である牛乳の定価は、200円です。</p>
6年	<p>比例と反比例 (重さx 条件整理 4量の関係理解 第二用法で立式 式変形計算)</p> <p>【宣言】10枚が92gである画用紙を、300枚用意する方法を説明します。</p> <p>【条件】画用紙1枚をxgとします。10枚は92gです。</p> <p>【理由】1枚がxgのとき、10枚は92gです。だから、$x \times 10 = 92$となります。式変形をして、$x = 92 \div 10 = 9.2$</p> <p>画用紙1枚が9.2gなので、画用紙300枚の重さは、$9.2 \times 300 = 2760$</p> <p>【結言】従って、画用紙を300枚用意するには、画用紙を2760g測ればよい。</p>

また、中・高等学校の数学科では、割合に関する指導は行われておらず、特に、射影量の問題解決力と論述・記述力を保持させるためには、今後、スパイラルでの学習に教育課程・教育内容を改訂することも考慮する必要があると考える。

しかしながら、COVID-19の蔓延により、実証を通した検証までには到達できなかった。

(2) 得られた成果の国内外における位置づけとインパクト

各学年の教材における論述力・記述力を向上させるための的確で具体的な論述・記述内容を明示することができた。提示された具体的な論述・記述内容を指導者が理解し目標が明確

であれば、指導者は計画的に指導方法の改善し、教育効果を高めることができる。

(3) 今後の展望

3年間以上に渡る COVID-19 の蔓延により、研究が著しく妨げられた。研究費助成の再延長は認められないため終了することになる。しかし、日本の記述力・論述力の向上は、国家の将来に関わる重大な案件である。そのため、研究助成が終了しても、提案した教育内容・教育計画をさらに充実させ、教育現場から協力を得て計画した研究計画の実証研究を続けていく。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 守屋誠司・加藤卓	4. 巻 22
2. 論文標題 割合の再学習における乗除数量関係図（ボックス図）利用の効果について	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 玉川大学教育学部紀要 第22号 2022	6. 最初と最後の頁 127-135
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 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 加藤 卓	4. 巻 1
2. 論文標題 Organized Session A 「割合」はなぜ難しいか？	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 2022年度 数学教育学会 秋季例会予稿集	6. 最初と最後の頁 31-33
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 Seiji MORIYA, Youichi TAN, Takashi KATO	4. 巻 1
2. 論文標題 Improvement of teaching methods and student learning status in teacher training course (2) - Topics in teaching proportion - "	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 unpublished	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） 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 加藤 卓	4. 巻 1
2. 論文標題 小学校の算数科における記述・論述力に関する具体的な教育内容・計画について	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 数学教育学会 2023年度 春季年会予稿集	6. 最初と最後の頁 144-146
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 加藤 卓	4. 巻 1
2. 論文標題 演算構造で分類した複雑な文章問題の小学生の解決方略と傾向	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 数学教育学会2020年度 秋期例会予稿集	6. 最初と最後の頁 62-64
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 Takashi KATO	4. 巻 1
2. 論文標題 Solving ratio sentence problems classified according to arithmetic structure	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Gesellschaft für Didaktik der Mathematik, Beiträge zum Mathematikunterricht 2020	6. 最初と最後の頁 481-484
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 加藤 卓	4. 巻 1
2. 論文標題 小・中学校の学習の連続性を保証する記述・論述力に関する教育計画について	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 数学教育学会 2021年度 春季年会予稿集	6. 最初と最後の頁 65-67
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 加藤 卓	4. 巻 1
2. 論文標題 演算構造で分類された複雑な文章問題での中学生の解決力について	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 2020年度 数学教育学会 春季年会予稿集	6. 最初と最後の頁 98-100
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 加藤卓, 守屋誠司	4. 巻 1
2. 論文標題 乗除数量関係(ボックス図)に文字を使用した速さの指導と問題解決力について	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 数学教育学会 2019年度 春季年会予稿集	6. 最初と最後の頁 41-43
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 1件)

1. 発表者名 加藤卓
2. 発表標題 小学校の算数科における記述・論述力に関する具体的な教育内容・計画について
3. 学会等名 数学教育学会 2023年度 春季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 加藤卓
2. 発表標題 Organized Session A 「割合」はなぜ難しいか?
3. 学会等名 数学教育学会 2022年度 秋季例会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Seiji MORIYA, Youichi TAN, Takashi KATO
2. 発表標題 Improvement of teaching methods and student learning status in teacher training course II - Topics in teaching Relative Value
3. 学会等名 Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik vom 29.8.2022 bis 2.9.2022 in Frankfurt
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 加藤 卓
2. 発表標題 演算構造で分類した複雑な文章問題の小学生の解決方略と傾向
3. 学会等名 数学教育学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takashi KATO
2. 発表標題 Solving ratio sentence problems classified according to arithmetic structure
3. 学会等名 Geschutzter Bereich der GDM-Onlinetagung 2020 (OITa) , (Online Participation)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 加藤 卓
2. 発表標題 小・中学校の学習の連続性を保証する記述・論述力に関する教育計画について
3. 学会等名 数学教育学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 加藤 卓
2. 発表標題 演算構造で分類された複雑な文章問題での中学生の解決力について
3. 学会等名 2020度 数学教育学会 春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 加藤卓, 守屋誠司
2. 発表標題 乗除数量関係 (ボックス図) に文字を使用した速さの指導と問題解決力について
3. 学会等名 数学教育学会 2019年度 春季年会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔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	守屋 誠司 (MORIYA Seiji) (00210196)	玉川大学・教育学部・教授 (32639)	

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