

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 4 月 23 日現在

機関番号：34504

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2015

課題番号：24730749

研究課題名(和文) 数的理解の支援・深化につながる図表現に関する実証的研究

研究課題名(英文) Empirical study of pictorial representations that support mathematical understanding

研究代表者

金田 茂裕 (KINDA, Shigehiro)

関西学院大学・教育学部・准教授

研究者番号：30402093

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、国内外の算数教科書の「図表現」を分析し、数的理解を支援または深化させる目的でどのようなものがどういった場面で使用されているか、その特徴とバリエーションを明らかにした。また、教育心理学的調査・実験を実施し、多様な種類の図表現がどういった点で数的理解を支援しうるか、またその深化につながるかを実証的に検討した。以上の知見を総合した結果は、著書「数の物語表現と知識」にまとめた。教育実践現場における図表現を用いた数的理解の支援と深化の方法についても、そこで提案した。

研究成果の概要(英文)：The present study examined the characteristics of pictorial representations in Japanese and other countries' elementary school mathematics textbooks. Further, this study conducted several investigations and experiments to clarify what types of pictorial representation support children's and adults' deep mathematical understanding. Integrating the results of the examinations, the researcher published a book titled "Children's and adults' mathematical knowledge: a study using story-generation task." Educational implications are also discussed.

研究分野：教育心理学

キーワード：教科教育(算数)

1. 研究開始当初の背景

世界各国の幅広い人々の関心がOECDのPIISA調査に集まっている。なかでも数学的リテラシーの育成は、社会の大きな関心事の1つである。情報が複雑化・多様化した現代社会では、個別の「手続き」を覚えることも重要だが、その手続きを支える「概念」を深く理解することも重要とされ、総合的な数的理解の力を育成することが期待されている。

算数教科書には児童・生徒の数的理解の支援・深化をねらいとして「図表現」が数多く掲載されている。日本では歴史的には、尋常小学算術(緑表紙)より現在まで、世界各国の教科書で「図表現」は重要な役割を担っている。なお本研究では、風景や装飾、表情などを含んだ「絵」に近いものから、それらを除外し、数学的事項のみを空間的に表現した「図」に近いものまでを一括して「図表現」と呼ぶ。

日本や世界の指導要領やそれに相当するガイドラインには、教えるべき数学的手続きや概念は明記されるものの「図表現」に関しては「どういったものが望ましいか」が論じられていないことが多い。それゆえ次の2点に関することが不明であり、それらに応える学術的研究が求められていると言える。

第1は、同じ数学的手続きや概念を扱う場合でも、教科書により図表現が少しずつ異なる場合が多いという点である。第2は、そうした図表現が「子どもの数的理解の支援・深化にどうつながるか」について、教育的効果を実証的に調べた研究が少ないという点である。教育心理学者でアメリカの算数教科書Silver Burdett Ginnの編者であるGinsburgも、この点は指摘している。

2. 研究の目的

本研究では、以上の点を問題意識とし(1)国内外の算数教科書・指導書における「図表現」を分析し、数的理解を支援または深化させる目的で、どのようなものがどういった場面で使用されているか、その特徴とバリエーションを明らかにする。また、(2)教育心理学的調査・実験を実施し、多様な種類の図表現が、どういった点で数的理解を支援しうるか、また深化につながるか、その教育的効果を実証的に検討する。さらに、(3)以上の知見を総合し、教育実践の場における図表現を用いた数的理解の支援と深化の方法を提案する。

3. 研究の方法

研究1：挿絵のキャラクタとその効果

算数教科書の挿絵のキャラクタには、どのようなものがあるかを探るべく、求差の場面に焦点をあて、それを網羅的に調べたところ4つのタイプに分類することができた。そのうち2つのタイプをとりあげ、それが「子どもの物語作成に影響をもたらすか」を研究1

では検討した。

調査参加協力を得たのは、大阪府の公立小学校の3年107名(男61名、女46名：平均8.9歳)、4年110名(男57名、女53名：平均9.9歳)、6年119名(男66名、女53名：平均11.9歳)である。

課題として用意したのは「式」と「絵」を同時に与える、図1のような「場面作問」である。一つ目の課題は、式を6-2とし、それにタイプ(同階層、低経験頻度)の挿絵を添付した。二つ目は、式を7-4とし、それにタイプ(異階層、高経験頻度)の挿絵を添付した。

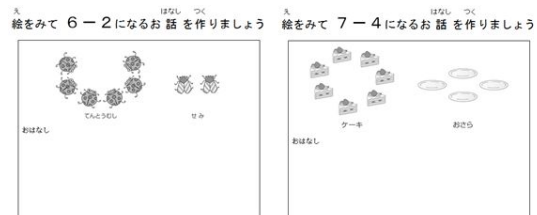


図1 研究1の課題

研究2：空間的配置のパターンとその影響

挿絵の空間的配置のパターンには、どのようなものがあるかを探るべく、減法の「求残、求補、求差」の場面に焦点をあて、それを網羅的に調べ、掲載数を集計した結果が、図2である。

配置	求残	求補	求差
A 1	34	2	—
A 2	13	—	1
A 3	—	—	—
B 1	—	4	14
B 2	—	1	26
B 3	—	—	3

図2 研究2の集計結果

キャラクタが1種類の場合が、A1~A3である。一方、2種類の場合がB1~B3である。例えば「赤の金魚、黒の金魚」のように、色が異なる場合は、B1~3に分類している。

空間的配置に関して、A1、B1はキャラクタが「直線上に並ぶ」か「空間内に散らばる」ものである。A2、B2は「小集団に分かれる」ものである。なおそれに「受け皿」や「枠」が付く場合もある。一方、A3、B3は「対応関係を明示」するものであり、求差の場面に限って見られる。

研究2では「挿絵の空間的配置のパターンは大人の物語作成に影響をもたらすか」を検討した。参加協力を得たのは、東京都の大学生85名(男38名、女47名：年齢範囲18-20歳)である。図3は、課題として用意した挿絵である。参加者には「それぞれにふさわしいと思う、減法の問題を自由に作成する」よ

う求めた。

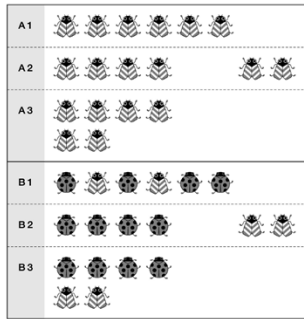


図3 研究2の課題

研究3：デザインの多様性は何をもたらすか
フィンランドのWSOY社の教科書である、ラスクタイト(Laskutaito)の内容をもとに、挿絵のデザインの多様性は何をもたらすかを研究3では検討した。1年の減法、加法の場面に焦点を絞り、検討を行った。同国は、学力の国際比較調査PIISAにて数学的リテラシーの平均得点が安定して上位にあり、そのため注目した。

なおラスクタイトは、フィンランド語版に加え英語版も出版されているが、研究代表者が入手した資料は、教師用の指導書でありフィンランド語で書かれている。日本の教科書と大きく異なるのは、加法、減法などの演算の知識を「個別に学び、順に積み上げていく」のではなく、それらを「同時進行で学び、演算間の関連を意識しながら、理解を深める」ことができるよう構成されている点である。

4. 研究成果

研究1：挿絵のキャラクタとその効果

タイプ の挿絵の場面作問の結果をまとめたものが、図4である。タイプ (同階層、低経験頻度)よりタイプ (異階層、高経験頻度)の挿絵の方が、6年にとり「求差の場面として把握しやすい」ことが判明した。さらに、それと近い傾向は、3年、4年、6年が作成した物語の比率の変化にも認めることができた。

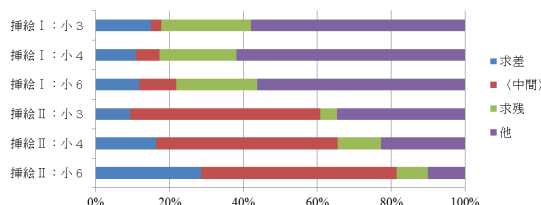


図4 研究1の結果

全体として「挿絵のキャラクタは、子どもの物語作成に影響する」と言えるが、今後はそれに関連する要因を絞り込んでいかなくはならない。例えば、タイプ の挿絵(同階層、高経験頻度)や、実際は教科書には存在しないが、タイプ の挿絵(異階層、低経

験頻度)との比較を行うこと、また大人を対象とする調査を行うことが、そのためには必要である。

研究2：空間的配置のパターンとその影響

6種類の挿絵に対し、作成された物語を分類、集計した結果が、表1である。A1、A2、A3に対しては、物語の大半に相当する95%、84%、76%が「求残」であった。この結果は「A1～3のようにキャラクタが1種類の場合、空間的配置の違いによらず、求残の場面として解釈されやすい」ことを示している。

表1 研究2の結果

配置	求補	(中間1)	求残	(中間2)	求差	他
A1	5(4)	0(0)	95(81)	0(0)	0(0)	0(0)
A2	1(1)	1(1)	84(71)	5(4)	7(6)	2(2)
A3	6(5)	2(2)	76(65)	1(1)	12(10)	2(2)
B1	14(12)	42(36)	27(23)	1(1)	11(9)	5(4)
B2	2(2)	24(20)	47(40)	4(3)	20(17)	4(3)
B3	7(6)	19(16)	35(30)	6(5)	26(22)	7(6)
	6(30)	15(75)	61(310)	3(14)	13(64)	3(17)

B1、B2、B3に対しても「求残」の物語は27%、47%、35%の比率で見られた。またそれに近い 中間1 の比率も高く、それも合計すると、全体で71%、71%、54%となった。このことは「B1～3のようにキャラクタが2種類の場合も、空間的配置の違いによらず、求残かそれに近い場面として解釈される傾向がある」ことを示している。

そうした傾向はあるものの、全体としてみると「挿絵の空間的配置のパターンは、大人の物語作成に影響している」と見ることができる。以上6種類の挿絵のうち、求残の物語を作成しやすいのはどれかという観点から言えば、それはA1である。同様に、求補の物語を作りやすいのは、B1である。求差はB2、B3である。

研究3：デザインの多様性は何をもたらすか

ここでは検討結果の一部を報告する。なお添付した挿絵は、すべてラスクタイトの挿絵を研究の目的に合わせ「作成しなおしたものである。細かい描写は大幅に簡略化し配色もカラーから白黒に変更している。ただしオリジナルに備わる「数学的、空間的特徴」や独特の雰囲気は、そのまま残すようにしている。

図5や6の挿絵は、日本ではあまり見かけないものである。ラスクタイトの特徴は、こうした多彩な挿絵が「算数1年という初歩的な段階の教科書」にも豊富に用意されている点にある。

図5の左上の挿絵では、2羽の鳥と3羽の鳥が対面しているが、その説明文は「4羽が飛び去った」となっている。つまり絵柄から連想される「2羽か3羽が飛び去る」という事象をあえて外している。チューリップ、南

瓜などの絵カードが重なる右上の挿絵も、説明文は「5枚、使った」となっており、同じ意図のものと言える。

図5の左下は、リンゴ3個、袋1つを描いたものであるが、質問文は「リンゴは8個ある、袋内は何個か」となっている。つまり挿絵は「 $8 - 3$ 」の被減数の「8」でなく、減数の「3」の方を表している。そうすることにより、挿絵がひと通りにならないよう工夫されている。図5の右下も、質問文は「最初は7枚あった、そのうち何枚使ったか」となっており、同じ意図のものと言える。

図6は、加法の挿絵の例である。教示文は「犬、猫の数を合計せよ」となっており、いずれも合併の場面である。しかしキャラクターの属性や姿勢、空間的配置は、どれも一様でないことが分かる。つまり「与えられた情報のうち、抽出すべき情報は何か」を判断することを重視する内容となっている。

こうした「挿絵のデザインの多様性」は計算の「意味」をめぐる視覚的、空間的イメージを豊かにし「減法、加法とは何か」という点や「それをどう計算するか」という点について深く考える機会をもたらす。そうした教育的機能、心理的效果について、実証的に検討することが、今後の課題となる。

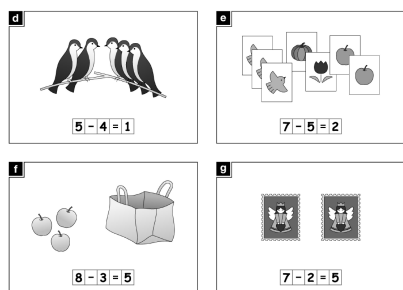


図5 ラスクタイトの挿絵(1)

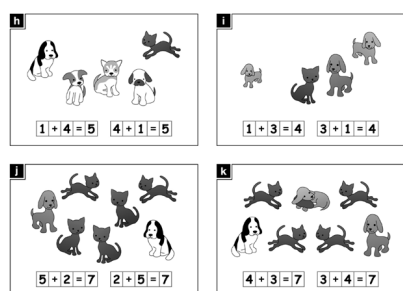


図6 ラスクタイトの挿絵(2)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計3件)

Kinda, S. (2013). Generating scenarios of division as sharing and grouping: A study of Japanese elementary and university students. *Mathematical Thinking and Learning*. 15(3), 190-200. DOI:10.1080/10986065.2013.794256 (査読有り)

Kinda, S. (2013). Generating scenarios of addition and subtraction: A study of Japanese university students. *The Journal of Mathematical Behavior*. 32(2), 243-250. DOI:10.1016/j.jmathb.2013.02.009 (査読有り)

金田茂裕 (2013). フィンランドの算数教科書の加減法のイラストレーション 東洋大学文学部紀要 教育学科編, 38, 17-23. (査読有り)

〔学会発表〕(計2件)

金田茂裕 (2014). 挿絵の効果：小学3-6年生の減法の理解 日本教育心理学会第56回総会 於：神戸国際会議場(兵庫県神戸市) (2014/11/8)

金田茂裕 (2013). 等分か包含か：小学3-6年生と大学生の除法の理解 日本教育心理学会第55回総会 於：法政大学(東京都千代田区) (2013/08/17)

〔図書〕(計2件)

金田茂裕 (2016). 子安増生・楠見孝・齊藤智・野村理朗(編著) 教育認知心理学の展望 ナカニシヤ出版 pp. 209-221. (総ページ数：312)

金田茂裕 (2016). 数の物語表現と知識 ナカニシヤ出版(総ページ数：144)

6. 研究組織

(1)研究代表者

金田茂裕(KINDA Shigehiro)

関西学院大学・教育学部・准教授

研究者番号：30402093