

「絵を描く」方略により教科を越えたコンピテンシーを身につける学習教材の開発

後藤崇志¹, 後藤大樹², 田切佳穂², 吉田元樹²

¹滋賀県立大学人間文化学部

²みずからまなぶ株式会社

Corresponding concerning this article should be sent to Takayuki Goto, School of Human Cultures, University of Shiga Prefecture, 2500 Hassaka-cho, Hikone, 522-8533, Japan
(E-mail: goto.t@shc.usp.ac.jp)

要約

本研究では「絵を描く」方略に注目した小学生向け算数学習教材「あとび」を開発し、「あとび」利用者を含む小学生 40 名の動機づけや問題解決能力の変化について分析し、その有効性について教科を超えたコンピテンシーの獲得をも身につけられるかという観点から検討を行った。「あとび」を利用することは、必ずしも問題を解く際に自発的に「絵を描く」方略を使用するようになることにはつながらなかった。しかし、「あとび」を使う際に、問題文中の数量を視覚的に表現したり、数量の関係を抽象化させたりしていた学習者では、文章題の誤読や数量概念の誤理解に起因するような誤答が少なくなっていた。また、あとびを利用した学習者は学年を通じて自己効力が低下しにくくなっていた。以上より、「あとび」を通じて「絵を描く」方略を習慣的に行うことが、算数・数学の問題解決や自己効力のような教科を超えたコンピテンシーの獲得を促す可能性が示唆された。以上の研究成果を踏まえ、小学校 6 年分の算数の単元と対応させた「あとび」の改訂版を作成した。

キーワード: 「絵を描く」学習方略, 教材開発, 動機づけ, 自己効力

平成 29 年に改訂された学習指導要領においては、「主体的・対話的で深い学び」により、教科を超えた資質・能力として「知識及び技能」「思考力、判断力、表現力等」「学びに向かう力、人間性等」を身につけることが目指されている(文部科学省, 2017). これらの資質・能力は、絶えず新しいものが生まれ、変化し続ける社会の中で、自ら解決すべき課題を設定し、身につけた知識や技能を活用し、他者と協働しながら解決するために必要なものとされる. このように教育の中で教科に関わる知識や考え方だけではなく、教科を超えた学習の態度や特性をも育むことは、OECD-DeSeCo のキー・コンピテンシーをはじめとして国際的にも推し進められている(松下, 2010). 本研究は、小学校の算数の問題解決に注目しながらも、教科を超えたコンピテンシーの獲得をも身につけられるような学習教材を開発することを目的とした. 具体的には、問題解決の際に「絵を描く」という方略を用いることに注目した教材を開発し、実際に小学生に使用してもらうことで、その有効性についても検討を行った.

算数の問題解決における「絵を描く」方略

改訂された学習指導要領(文部科学省, 2017)において、算数科では数学的な見方・考え方の育成が重要視されている. 算数科における数学的な見方・考え方は「事象を数量や図形及びそれらの関係などに着目して捉え、根拠を基に筋道を立てて考え、統合的・発展的に考えること」と定義される. 数学的な見方・考え方を身に着けることは、知識や技能を習得・活用して創造的な学習を進め、日常の事象を数理的に捉えて問題解決を図るために重要であるとされている.

「絵を描く」という方略は文章の理解や問題の解決を補助する働きを持つと考えられている. メタ分析の結果などからも、「絵を描く」という方略は学習において一定のポジティブ

な効果をもたらすと推定されている(Cromley et al., 2020; van Meter & Garner, 2005). 算数の文章問題において描かれる絵は, 状況描画(situational drawing: 文章に書かれていることを視覚的に表現する)と数学描画(mathematical drawing: 問題状況の中から問題を解くために必要な情報とその関係性だけを抽象化して表現する)の大きく2つに分けることができる. つまり, 問題解決時に「絵を描く」ことには, 問題状況を理解することを助ける側面と, 問題を解決するために情報を操作して思考を整理することを助ける側面がある. 正確に「絵を描く」ことは, 文章題を正しく解くことにつながることも示されている(e.g., Rallensmann et al., 2017).

このように, 問われている状況についての「絵を描く」ことは算数・数学的な問題解決をも助けることが知られている一方で, 必ずしも学習者は自発的に「絵を描く」という方略を使用するとは限らない傾向にある(Uesaka & Manalo, 2018). 自発的な使用を妨げている要因の一つに方略のコスト感がある. 「絵を描く」方略は学習を助ける効果を持つ反面, 認知的コストが負担であると感じられることは学習を妨げることも示されている(Leutner et al., 2009). 特に状況描画のようなイラストに比べ, 数学描画で用いられることのあるグラフや表のような抽象的な図は理解にも大きな認知的コストが求められる(van Leeuwen et al., 2015). 一般に, 適切な学習方略の使用が見られない要因は複数のものが考えられているが, 「絵を描く」方略においては使用に伴うコスト感とその使用を妨げている可能性がある.

しかし, 実は「絵を描く」方略が学習に有効である理由は, 「絵を描く」という活動自体にあるとは限らないという論もある. 例えば Schmidgall et al. (2019)は化学テキストの記憶・理解を題材に, 「絵を描く」活動は生成・視覚化・具現化の3つの特徴を持つことに注目し, どの特徴が学習を促進しているのかを実験的に検討した. その結果, 視覚化と具現化が学習を促すことを示す結果は得られたが, 生成の優位性は示されなかった. また, Wammes et

al. (2017)は「絵を描く」際には文章を深く処理するために記憶の符号化を促すのではないかと主張している。実際に彼らの行った実験では、「絵を描く」方略は単純なテキストの書き写しよりも効果的だった一方で、パラフレージングとの間では学習成績に大きな差は見られなかった。このようにコストをかけて「絵を描く」活動を必ずしもしなくても、「絵を描く」という活動の間にある何らかの過程が学習を促しているという可能性も指摘されている。

開発した教材

実際の問題解決に際して「絵を描く」ことが必須かは議論の余地があるものの、解法が未知の問題に対して「絵を描く」ことの指導は、いくつかの面で好ましい効果をもたらすのではないかと考えられる。第一に、「絵を描く」ことを習慣づけることにより、自発的に「絵を描く」方略の使用が増える可能性が考えられる。第二に、「絵を描く」方略の使用は増えなくとも、その活動の過程にある心理処理(e.g., パラフレージング)が使われるようになり、問題解決能力が養われる可能性も考えられる。このような直接的な学習効果に加えて、第三に、問題解決を図る際の思考過程を顕在化させ、児童と教授者がその習得状況を評価できるようになるという効果もありえるだろう。これにより、児童は自身の問題解決の過程を振り返ることが容易になるとともに、教授者も児童のつまづきに着目した適切な指導を行いやすくなる可能性もある。本研究では、指導の過程において「絵を描く」という活動を取り入れることは以上のような利点を持つと考え、コスト感への対処も考慮しながら教材の開発を行なった。

本研究で開発したのは、「絵を描く」活動を中心に据えた小学生向けの算数学習教材「あとび」である。「あとび」は、文章の内容を絵に表現することで出題内容の理解を目指す A 問題と、描いた絵を操作しながら立式に繋げて問題解決を目指す B 問題の 2 つのステップで構成されている(図 1)。あたえられた情報をどのように操作・計算して解に至るのか

を A 問題を通じて思考した後に、実際にその解法を適用する B 問題を解くという流れになっていた。

図 1. 「あとび」の中で同じ系統の問題を扱った A 問題と B 問題の例

調査の概要

分析対象者

学習塾に通う小学生のうち、研究参加への同意が得られた者の中で、ベースラインとなる質問紙調査&算数の問題解決能力に関するテスト(T1: 質問紙調査は 2020 年 4 月～11 月、テストは 2020 年 8 月)と、指導後の効果検証のための質問紙調査&算数の問題解決能力に関するテスト(T2: 質問紙調査・テスト共に 2021 年 1 月)の両方に回答した 40 名(あとび利用群 28 名、あとび非利用群 12 名)のデータについて分析を行った。

調査の材料

質問紙調査では、学習者の動機づけや学習アプローチの個人差を測定する心理尺度を用いた。後藤・石橋・後藤(2021)と同じ質問紙を用いて達成目標、学習アプローチを測定した他、伊藤・神藤(2003)の項目を用いて自己効力を測定した。ま

た、学習者の算数の問題解決能力の変化を捉えるために、学年ごとに独自に作成したテストを用いた。T1 と T2 では全く同じ内容のテストを解いてもらっていた。

調査の結果

質問紙調査の分析

動機づけや学習アプローチの変化を比較するため、変数ごとに、群(あとび利用群・あとび非利用群)と時点 (T1・T2) の2 要因混合計画の分散分析を行なった。なお、それぞれの変数の群・時点ごとの平均値と標準誤差は図2 に報告している。その結果、自己効力のみで群×時点の交互作用が有意であった($F(1,37) = 8.89, p < .05$)。下位検定の結果、あとび非利用群では自己効力が T1 から T2 にかけて低下している一方で、あとび利用群では T1 と T2 の間に有意な差は見られなかった。方略指導は自己効力を育むとも考えられており (Pressley & Harris, 2006)、あとびを利用した学習者は学習内容が難化していくなかでも自己効力を低下させずに済んでいた可能性が考えられる。

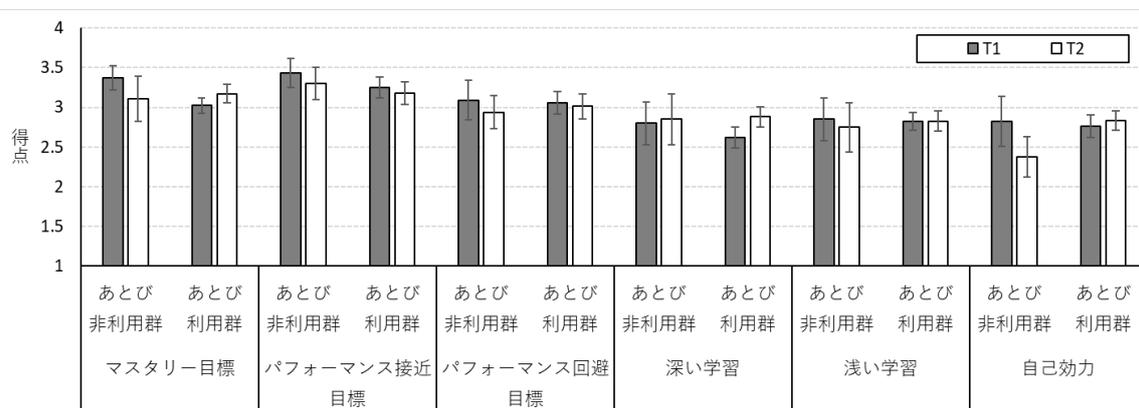


図2. 群・時点ごとの達成目標、学習アプローチ、自己効力の平均値 (エラーバーは標準誤差)

テストの分析

テストを解く際に「絵を描く」という方略を使用していた学習者の割合の変化を群ごとに比較した。あとび利用群（0%から 16.7%）・あとび非利用群（14.3%から 25.0%）のどちらも絵図を利用して問題解決に繋げていた学習者は T1 から T2 にかけて増えていた。従って、「あとび」の利用は必ずしも「絵を描く」方略の自発的な使用を促すとは限らないようである。

続いて、T1 から T2 にかけての解答の変化に注目して分析を行なった。学年ごとにテストの内容が異なっており、学年ごとの学習者の人数も少ないことから、定量的な比較ではなく、答案の質的な変化に注目した分析を行った。その結果、あとび利用群の学習者の中でテストの正答率が T1 から T2 にかけて大きく向上したものは、問題文の誤読や、数量概念の誤理解に起因すると見られる誤答が減っている傾向が見られた。例えば、小学 5 年生のテストでは次の問題を出題した

あきらさんのお兄さんが持っているシールのまい数は 24 まいで、これはあきらさんのまい数の 4 倍です。また、あきらさんのまい数は、妹のまい数の 3 倍です。妹はシールを何まい持っていますか。

あとびを利用し、成績の向上したある学習者は、T1 では「 $24 \times 4 \times 3 = 288$ まい」と誤答していたが、T2 では「 $24 \div 4 \div 3 = 2$ まい」と正答できるようになっていた。「あとび」の利用は、文章題を丁寧に読み解く習慣を促す可能性があるのではないかと考えられた。

あとびS4-7 B問題

1個300円のケーキと、ジュース1本を買ると、セット割引で50円安くなります。セットを3つ買ると、代金は1200円でした。では、ジュース1本の値段はいくらでしょう。

成績が上がった学習者の例



成績が変わらなかった学習者の例

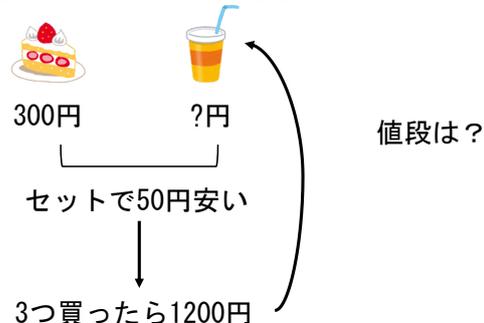


図3. 「あとび」に解答する中での数量の視覚化例
(実際のノートの描写をもとに再現したイメージ)

あとびN6-2 B問題

24Lで22kgの()を手に入れました。今日は12L使い、残りを明日使います。明日使うのは何kgになりますか。

*注: ()の中には回答者がイメージしやすいものを自由に設定する

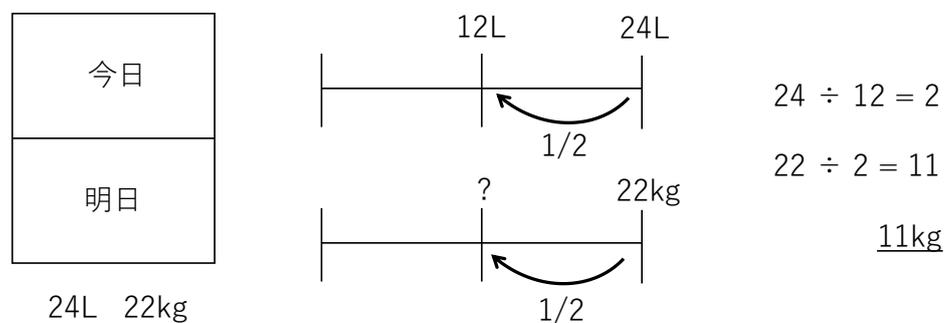


図4. 「あとび」に解答する中での数量の対応関係の視覚化例
(実際のノートの描写をもとに再現したイメージ)

「あとび」の使い方の分析

あとび利用群の中で正答率が T1 から T2 にかけて大きく向上した学習者と、正答率が T1 と T2 のどちらも低かった学習者とに着目し、両者のあとびの使い方

違いが見られるかも検討した。その結果、教材を効果的に利用できていた児童・生徒では①問題文中で描かれている数量を視覚的に表現する(図3は一例)、②数直線やグラフなどで数量の対応関係を表す(図4は一例)、③思考・計算の過程を追いやすいように整理して余白を使う、といった特徴が見られていた。

調査の考察

本研究では「絵を描く」方略に注目した学習教材「あとび」を開発し、その有効性について調査を行った。学習塾に通う児童を対象にした調査からは、「あとび」を利用することは、必ずしも問題を解く際に自発的に「絵を描く」方略を使用するようになることにつながるとは限らないことが明らかになった。しかし、「あとび」を使う際に、問題文中の数量を視覚的に表現したり、数量の関係を抽象化させたりしていた学習者では、文章題の誤読や数量概念の誤理解に起因するような誤答が少なくなっていた。また、あとびを利用した学習者は学年を通じて自己効力が低下しにくくなることも示された。以上より、「あとび」を通じて「絵を描く」方略を習慣的に行うことは、間接的な形で算数・数学の問題解決を促す可能性が示唆された。ただし、本研究では調査の分析対象者が少なかったことや、事前事後の問題解決能力の比較に標準化されたテストを用いていないこと、算数以外のなどが限界点として挙げられる。開発された教材の有効性を検討するためには、さらなる検討を蓄積していく必要があるだろう。

「あとび」改訂版の作成

以上のように限界点を持ちながらも、本研究で作成した「絵を描く」方略に着目した算数の小学生向け学習教材「あとび」は、算数・数学の問題解決や、自己

効力のような教科を超えたコンピテンシーを促す可能性が示された。以上の成果を踏まえ、小学生への指導に広く活用できるように、小学校6年間の算数の単元に合わせて問題を作成した改訂版「あとび」を作成した。調査で用いたものは各学年のレベルに合わせた問題を10問ずつ作成していたが、改訂版では彦根市・長浜市で利用されている小学校算数の教科書の単元に合わせて各学年40～50問を作成した。作成された教材の利用を希望される方は、責任著者にまで問い合わせいただきたい。

付記

本報告書は日本科学教育学会第45回年会で報告する以下の発表原稿をもとに作成されたものである。

後藤崇志・後藤大樹・田切佳穂・吉田元樹 (2021.8.20-22) 「絵を描く」ことに注目した算数学習教材「あとび」の開発 日本科学教育学会第45回年会, 鹿児島 (オンライン開催)

引用文献

Cromley, J. G., Du, Y., & Dane, A. P. (2020). Drawing-to-learn: Does meta-analysis show differences between technology-based drawing and paper-and-pencil drawing? *Journal of Science Education and Technology*, 29, 216–229.

後藤崇志・石橋優也・後藤大樹 (2021) 親の学習観と子の学習への取り組みの関連の予備的検討 日本教育工学会論文誌, 44(Supp.), 125-128.

伊藤崇達・神藤貴昭 (2003) 自己効力感, 不安, 自己調整学習方略, 学習の持続性に関する因果モデルの検証—認知的側面と動機づけ的側面の自己調整学習方略に着目して 日本教育工学会論文誌, 24, 377-385.

Leutner, D., Leopold, C., & Sumfleth, E. (2009). Cognitive load and science text comprehension: Effects of drawing and mentally imagining text content. *Computers in Human Behavior*, 25, 284–289.

松下佳代 (2010). 〈新しい能力〉は教育を変えるか?—学力・リテラシー・コンピテンシー ミネルヴァ書房

文部科学省 (2017) 小学校学習指導要領 (平成 29 年告示) 解説 算数編

Pressley, M., & Harris, K. R. (2006). Cognitive strategies instruction: From basic research to classroom instruction. In P. A. Alexander & P. H. Winne (Eds.), *Handbook of Educational Psychology (2nd ed.)*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, pp. 265–286

Rellensmann, J., Schukajlow, S., & Leopold, C. (2017). Make a drawing. Effects of strategic knowledge, drawing accuracy, and type of drawing on students' mathematical modelling performance. *Educational Studies in Mathematics*, 95, 53-78.

Schmidgall, S. P., Eitel, A., & Scheiter, K. (2019). Why do learners who draw perform well? Investigating the role of visualization, generation and externalization in learner-generated drawing. *Learning and Instruction*, 60, 138–153.

Uesaka, Y. & Manalo, E. (2018) How to address students' lack of spontaneity in diagram use: Eliciting educational principles for the promotion of spontaneous learning strategy use in general. In Manalo, E., Uesaka, Y., & Chinn, C. A. (Eds.) *Promoting Spontaneous Use of Learning and Reasoning Strategies: Theory Research and Practice for Effective Transfer*. Routledge. pp.62-76.

- van Leeuwen, T. H., Manalo, E., & van der Meij, J. (2015) Electroencephalogram recordings indicate that more abstract diagrams need more mental resources to process. *Mind, Brain, and Education*, 9, 19-28.
- Van Meter, P., & Garner, J. (2005). The promise and practice of learner-generated drawing: Literature review and synthesis. *Educational Psychology Review*, 17, 285–325.
- Wammes, J. D., Meade, M. E., & Fernandes, M. A. (2016). The drawing effect: Evidence for reliable and robust memory benefits in free recall. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 69, 1752–1776.