

算数文章題における式の導出過程の 三角ブロック組み立てプロセスとしての可視化

Visualization of formula derivation process in arithmetic sentences as triangle block assembly process

山口 剛司^{*1}, 犬丸 拓磨^{*1}, 岩井 健吾^{*1}, 林 雄介^{*1}, 平嶋 宗^{*1}
Tsuyoshi YAMAGUCHI^{*1}, Takuma INUMARU^{*1}, Kengo IWAI^{*1}, Yusuke HAYASHI^{*1}, Tsukasa HIRASHIMA^{*1}

^{*1} 広島大学大学院先進理工系科学研究科

^{*1} Graduate School of Advanced Science and Technology Hiroshima University

Email: yamaguti@lel.hiroshima-u.ac.jp

あらまし：従来の算数文章題の演習での指導の困難さの要因の一つとして、解答として示されるものは式と計算結果のみであり、式を導き出す過程は頭の中で行われることが挙げられる。結果だけではなく、その導出プロセスを知ることができれば、学習者の間違いに合わせた支援が提供できる可能性がある。本研究では、式の導出プロセスの可視化として、算数三角ブロックを利用した数量関係の再構成型課題における組み立てプロセスの可視化と学習者が問題を解いたデータの集計を行った。

キーワード：算数文章題，算数三角ブロック，組み立てプロセス，分析ツール

1. はじめに

算数文章題の問題解決過程は、変換過程と統合過程から成る理解過程とプラン化過程と実行過程から成る解決過程に区分できるとされている⁽¹⁾。この四つに区分される過程の中で統合過程が理解することが重要な過程であると同時に、最も困難であるとされている。統合過程では、理解過程で文章から理解したことを言語的に、また数量関係的に統合し、問題表象を構成する。この過程の外化表現として算数三角ブロックモデルが提案されている。そのモデルを用いた学習支援システムである算数三角ブロックシステムの開発が行われ、小学校での実践利用により有効性が示されている⁽²⁾。

算数三角ブロックシステムの特徴は、従来の学習環境で学習者が表出する式と計算結果に加えて、問題文から理解したことを数量関係に統合し、式を導出するという頭の中で行われる統合過程を学習者が表出しながら進めていけることである。統合過程を算数文章題に含まれる数量概念を演算子に対応する算数三角ブロックで連結して、数量関係構造を組み立てていくことと定義することで、統合過程で学習者が行うべきタスクを明確に示すことができる。そして、算数三角ブロックによる数量概念の連結をインタラクティブに実行できる環境を提供することで、学習者がそのプロセスを1ステップずつ確認しながら実行できる。

算数文章題における立式では、導くことができる数式は一つだけではなく、数量関係の捉え方によって複数の立式が可能となる。算数三角ブロックで可能な数量関係構造を記述することで、学習者が作成した構造が妥当であるかの判定をすることができると共に、もし学習者が作った構造が妥当では無い場合には、近い構造からの差分から修正のためのフィードバックができる。さらに導出プロセスの途中で、どのような構造を目指しているかが分かれば、

それに誘導する支援ができると考えられる。そこで、本研究では、三角ブロックにおいて正解にたどり着くまでの組み立てプロセスを可視化し、それを基に学習者が問題を解いたデータの集計を行うことで、組み立てプロセスを推測するための基盤を用意する。

2. 統合過程の外化支援システム

2.1 算数三角ブロック

数量関係的統合の段階で、数量概念同士を演算関係で関連付けるための枠組みとして、単一の二項演算を基本単位とした三つ組み構造が算数三角ブロックとして提案されている⁽²⁾。単一の三角ブロックは底辺に持つ演算子によって、任意の三つの概念についての二項演算を表現することができる。また、一致する数量概念を二つの三角ブロックで共有することで複数の二項演算も階層的に表現することができる。図1では一致する数量概念である結果Aを共有することで二つの三角ブロックを繋げている。

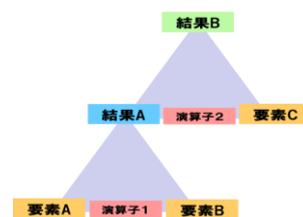


図1 算数三角ブロックによる表現

2.2 構造記述の三つのタイプ

三角ブロックにおいて主に表れる構造として(a)物語形、(b)求答形、(c)積和標準形が想定される。物語形とは、問題文の流れ通りに組み立てられた構造であり、構造としては最も基本的とされている。求答形とは、問題文の答えにあたる概念が組み立てられたブロックの一番上にくる構造で、より計算式に近い構造といえる。積和標準形とは積と和の演算子だけを用いて組み立てられた構造であり、算数教育においてもこのような形式に直して考えることが行

われている。本システムの実践利用によって、一貫して積和標準形で組み立て続けた学習者や様々な構造形を用いて組み立てることのできた学習者の算数の成績が良いことや、一貫して求答形で組み立てた学習者よりも、難易度の低い問題では求答形で組み立てていたが、難易度が上がると物語形で組み立てるようになった学習者の成績の方が良いことなど、算数成績と構造記述の関連性が示されている⁽³⁾。

3. 組み立てプロセスの可視化と集計

3.1 組み立てプロセスの可視化

三角ブロックを組み立てる際、正解として考えられる構造は複数存在し、構造の中に含まれる三角ブロックを組み立てる順番も複数考えられるため、正解にたどり着くためには様々な組み立てプロセスが存在する。ただし、算数三角ブロックシステムでは学習者に数量概念が提供されるため、作成できる構造や通ることができる組み立てプロセスが限られており、全ての可能性の中で実際に作成された構造や起こったプロセスを分析することができる。本稿では、試験的に正解の構造のみをベースとして、実際に作成された構造やプロセスを分析対象とする。

例として、算数三角ブロックシステムに実装されている「よしお君は折り紙を 50 枚持っていて工作のために何枚か使いました。残った折り紙を 5 人で分けると 1 人分がちょうど 6 枚ずつになりました。工作のために使った折り紙は何枚ですか。」という問題を用いる。この問題において正解として考えられる構造は図 2 に示す 4 種類である。また、その正解構造を上と下の三角ブロックに分解すると、全部で 6 種類の三角ブロックから成り立っていることが分かる。その 6 種類の三角ブロックに a から f のラベルを振り、正解までの状態遷移図として可視化したものが図 3 である。この図から正解にたどり着くためには 8 つのパスが存在することが分かる。

3.2 組み立てプロセスの集計結果から考察

図 3 の状態遷移図を基に、実際に学習者が問題を解いたデータから実際に使用されたパスを集計し、その人数を数値として表示したものが図 4 である。集計結果から正解までは 8 つのパスが存在するが、よく使用されているパスやそうでないパスが存在することが分かる。三角ブロックの組み立て方を大きく分けると、階層構造の下の三角ブロックから組み立てていくボトムアップの形式と階層構造の上の方から組み立てていくトップダウンの形式に分けることができる。ここで示した例題では、ラベルの c または d を先に組み立てる組み立て方がボトムアップにあたり、図 4 ではそのパスをピンクの矢印で示している。よって、この問題ではボトムアップの組み立て方がよく使用されることが分かった。このように組み立てるプロセスを集計することで、その問題における学習者の組み立て方の傾向を知ることができ、学習者の組み立てプロセスを考察することや推

測できるようになると考えている。

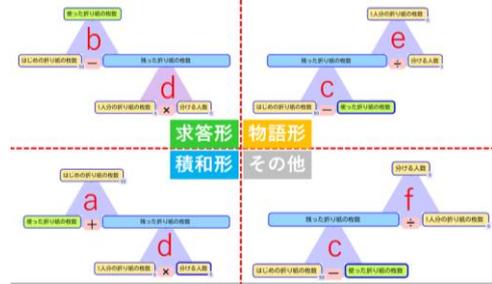


図 2 正解構造とラベル振り

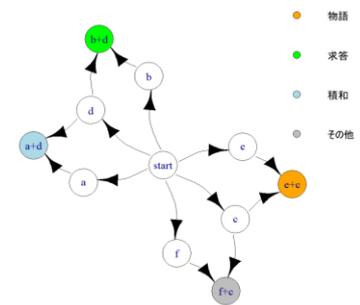


図 3 正解までの状態遷移図

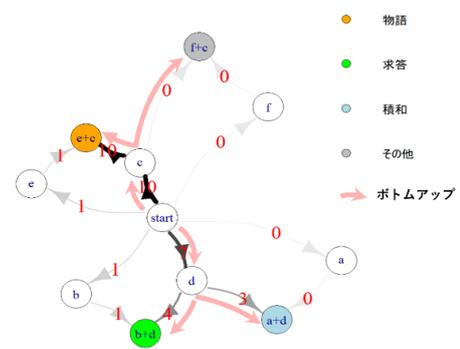


図 4 集計結果

4. まとめ・今後の課題

本研究では、算数三角ブロックシステムにおいて複数考えられる正解までの組み立てプロセスを可視化し、学習者が問題を解いたデータを用いて、正解にたどり着いた学習者がどのプロセスを使用しているかの確認を行った。このようにデータを集計することで、学習者の考え方をより細かく捉えることができるようになり、支援の形を増やすことに繋がると考えている。今後は学習者個人に絞ったプロセスの集計や正解にたどり着くことのできなかつた学習者のデータの集計を行い、実際に組み立てプロセスの推測を行っていきたい。

参考文献

- (1) 多鹿秀継：算数問題解決過程の分析，愛知教育大学研究報告，44，pp.157-167，1995
- (2) 尾土井 健太郎，山元 翔，平嶋 宗：“算数文章題の統合過程のモデル化とシステムによる外化支援の実現”，教育システム情報学会研究報告，27(6)，pp.89-96，2013.
- (3) 山元 翔，尾土井 健太郎，前田 一誠，林 雄介，平嶋 宗：“算数文章題における統合過程のモデル化と外化支援システムの実践利用”，2013 年度人工知能学会全国大会論文集，p.3D34in，2013.