

## 三角ブロック組み立てプロセスの分析ツールの設計・開発

### Design and development of analysis tool for triangle block assembly process

山口 剛司<sup>\*1</sup>, 犬丸 拓磨<sup>\*2</sup>, 稲村 健太<sup>\*2</sup>, 岩井 健吾<sup>\*2</sup>, 林 雄介<sup>\*2</sup>, 平嶋 宗<sup>\*2</sup>  
 Tsuyoshi YAMAGUCHI<sup>\*1</sup>, Takuma INUMARU<sup>\*2</sup>, Kenta INAMURA<sup>\*2</sup>, Kengo IWAI<sup>\*2</sup>, Yusuke HAYASHI<sup>\*2</sup>,  
 Tsukasa HIRASHIMA<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup> 広島大学工学部

<sup>\*1</sup> Faculty of Engineering Hiroshima University

<sup>\*2</sup> 広島大学大学院工学研究科

<sup>\*2</sup> Graduate School of Engineering 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ため、把握することが困難であった。式の導出プロセスを知ることができれば、立式の間違ひについて学習者に合わせた支援が提供できる可能性がある。本研究では、式の導出プロセスを推定するための準備として、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を分析するツールの設計・開発を行った。

**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、理解過程と解決過程という二つの過程に区分でき、更に理解過程は変換過程と統合過程に、解決過程はプラン化過程と実行過程に区分できるとされている<sup>(1)</sup>。この四つに区分される過程の中で統合過程が最も困難であり、理解することが重要な過程であるとされている。統合過程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過程であるが、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<sup>(2)</sup>。

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式の導出プロセスを学習者が表出しながらか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。

本研究では、算数三角ブロックにおける学習プロセスを分析するツールの基本機能として、算数三角ブロック組み立てプロセスを集計して、分析を可能にする機能を設計・開発する。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も、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、三角ブロックを組み立てるプロセスの分析を行えるツールを提案する。

## 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<sup>(2)</sup>。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しばしばこのような形式に直して考えるという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<sup>(3)</sup>。

### 3. 組み立てプロセスの分析

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「1000円で、ボールペンを5本買おうと、おつりが55円でした。ボールペン1本の値段はいくらですか。」という問題を用いる。この問題における正解の構造は図2に示す四種類が考えられる。また、その正解の構造に含まれる単位三角ブロックとして妥当なものは図3の六種類であり、それぞれの三角ブロックにaからfのラベルを振った。図4左に正解にたどり着くために考えられる全てのパス、図4右に実際に学習者が辿ったパスを示す。正解までは八つのパスがあることが図4左から考えられる一方で、実際に現れたのは6種類のパスであることが図4右から分かる。このように算数三角ブロックシステムでは複数の正解が用意されているが、実際にそれぞれの正解が作成されること、同じ正解にたどり着いても異なるパスで作成されていることが分かる。

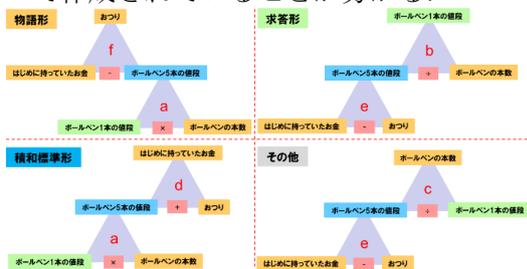


図2 例題の正解構造

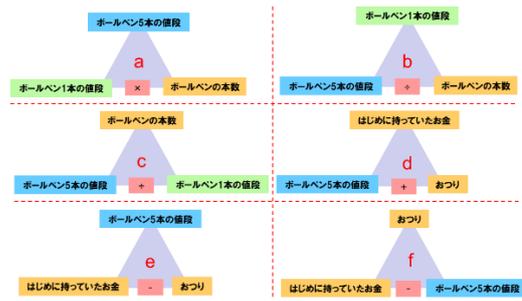


図3 正解に含まれる単位三角ブロック

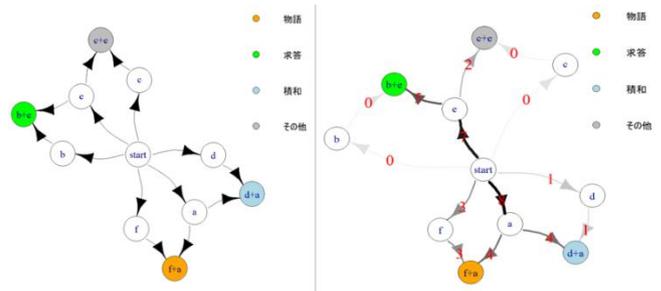


図4 正解までの状態遷移図

### 4. まとめ・今後の課題

本研究では、算数三角ブロックにおける組み立てプロセスを可視化し、学習者によって異なる正解にたどり着くこと、同じ正解にたどり着くまでの組み立てプロセスにも複数のパスが現れることを確認した。今後は、実際の組み立てプロセスのパスを分析することによって、組み立てプロセスの予測や組み立てプロセスからの学習者モデルの構築、そして、個々の学習者に対する適応的な支援などを検討することができる分析ツールとして発展させていきたい。

#### 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，pp157-167，1995
- (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”，2012年度 JSiSE 第6回研究会，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年度人工知能学会第29回全国大会(JSAI2013)