

# 算数文章題を対象とした数量関係的統合過程 外化支援システムのための教師用オーサリングツール

## Authoring Tool for Externalization Support System in Integration Process in Solving of Arithmetical Word Problems

古久保 和仁<sup>\*1</sup>, 竹内 俊貴<sup>\*2</sup>, 山元 翔<sup>\*2</sup>, 林 雄介<sup>\*2</sup>, 平嶋 宗<sup>\*2</sup>

Kazuhito FURUKUBO<sup>\*1</sup>, Toshiki TAKEUCHI<sup>\*2</sup>, Sho YAMAMOTO<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> 広島大学工学部工学研究科

<sup>\*2</sup> Graduate School of Engineering, Hiroshima University

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

**あらまし:** 算数文章題を対象とした数量関係的統合過程の外化支援モデルとして算数三角ブロックが提案された。それに基づいたシステムが開発され、実践を通して実用可能性が確認された。このシステムを用いた授業には、授業の進度及び教授内容に則した問題が必要であり、それを教師が作れることで意図通りの授業を行うことができると考えられる。そこで本研究では、教師が自ら問題を作成するためのシステムの設計・開発を行い、評価を行う。

**キーワード:** 算数文章題, オーサリングツール, 数量関係的統合過程, 算数三角ブロック

### 1. はじめに

算数文章題の問題解決過程は、変換、統合、プラン化、実行の四つの過程であると言われており、統合過程が最も困難であると言われている<sup>(1)</sup>。統合過程は頭の中で行う作業であるため、理解の外化活動<sup>(2)</sup>により、外部から支援が可能になると考えられる。

また、複数の演算の組み合わせにより解決されるある程度複雑な問題の統合過程には、言語的な統合だけでなく、数量関係まで意識した数量関係的統合過程が存在すると考えられる<sup>(3)</sup>。

数量関係的統合過程の外化モデルとして、算数三角ブロックが提案され、それに基づいた学習システムが開発された。このシステムを用いた授業には、授業の進度や教授内容に則した問題が必要であるため、本研究では、教師が自ら問題を作成できる教師用オーサリングツールの開発を行い、評価を行う。

### 2. 算数三角ブロック

数量関係的統合の段階では、概念同士を演算関係で関係づける。それを実現するための枠組みとして、言葉の式表現<sup>(2)</sup>を用いた単一の二項演算を基本単位とした三つ組み構造(以下、算数三角ブロック、または単に三角ブロック)が提案された。単一の三角ブロックは和差乗除のいずれかの演算子を持っており、任意の三つの概念の演算関係を表現する。一致する概念を介して三角ブロック同士をつなぐことが可能であり、階層的に演算を表現できる。

### 3. 数量関係的統合過程の外化表現

#### 3.1 特徴的な構造記述

三角ブロックを用いた数量関係的統合には特徴的

三つの構造記述が存在すると考えられる。(i)物語形、(ii)求答形、(iii)積和標準形であり、物語形は、問題文の流れに則った形である。求答形は、答えを得るための計算順序に則った形であり、積和標準形は+と×の演算関係のみで構成された形である<sup>(3)</sup>。

#### 3.2 構造記述の妥当性の検証

数量関係的統合過程が存在し、この過程が数量を表す概念間の二項演算の連結で表現できることを検証する。また、特徴的な構造記述が存在することを確認し、三角ブロックを用いた外化表現が妥当なものであることも検証する。

#### 3.3 小学生を対象とした実践

広島大学付属小学校の6年生75名を対象に実践が行われた。演習80分、アンケート10分を行った。

演習は三角ブロックを基に開発された学習システムを用いた。問題文と必要な概念が与えられ、学習者はこれらの概念と+、-、×、÷の演算子を持つ三角ブロックを使って数量関係的統合を行う。

演習の結果、全9問中平均正解率が7.5問、また全問達成者が39名となっており、大半の児童が学習システムの演習をよく行っていたことがわかる。また、アンケートでは「問題の意味を知るのに役に立ったか」「これまでの算数の文章題を解くときにもやっていることだと思うか」を問う設問も用意しており、それらのどの設問においても7割以上の児童らが肯定的な回答を示している。よって、構造の作成に違和感はなく、学習システムの演習によって児童らの考えを外化できていることがわかる。また、児童らが作成した構造は三つの特徴的な構造が主に現れていることから、三角ブロックを用いた外化表現が妥当なものであることが確認された<sup>(3)</sup>。

つまり、三角ブロックを用いた数量関係的統合が妥当であり、学習システムでの演習が可能であることが確認できた。

#### 4. 教師用オーサリングツール

##### 4.1 オーサリングツールの必要性

学習システムで用いる問題データは、データベースで管理しており、演習を行う際ネットワーク通信を行うことで取得している。学習システムで用いる問題データは、問題タイトル、問題文、ノード情報、構造情報を含む。ノード情報には、言葉、数量、問題文との対応付け、属性情報が含まれ、構造情報は任意の三つのノード間の演算関係の情報である。オーサリングツールがなければ、問題データを作成する際、データベースの決まった場所に直接記述する必要があり、データベースの知識など、問題を作成する上で必要ない知識が必要である。また、演習内容を考えながらデータベースに記述することが難しいため、あらかじめどのような問題データになるか考えておく必要がある。本研究で作成したオーサリングツールを用いることで、データベースの知識が不要になる上、問題を考えながら問題データを作成することが可能になり、問題データの作成による負担が軽減されると考えられる。

##### 4.2 問題作成の方法

開発したオーサリングツールを用いた問題データの作成法を述べる。システム状態として問題編集、構造編集、関係編集、未編集の状態があり、それらを遷移させながら問題データを作成していく。

問題編集状態で、問題タイトル、問題文を記述する。次に構造編集状態に移行し、ノード追加ボタンをクリックすることでノードを生成する。生成したノードをクリックすると、図1のようなノード編集ツールチップが表示され、ノード情報を定義できる。最後に関係編集状態に移行し、+、-、×、÷のボタンをクリックすることで、その演算子を持つ三角ブロックを生成する。生成したノード、三角ブロックをドラッグし三角ブロックの各頂点に近づけることで、三角ブロックを組み立て、図2のように構造情報の定義を行う。

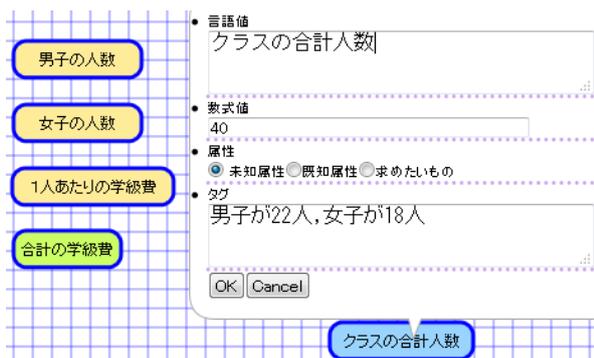


図1 ノード情報定義

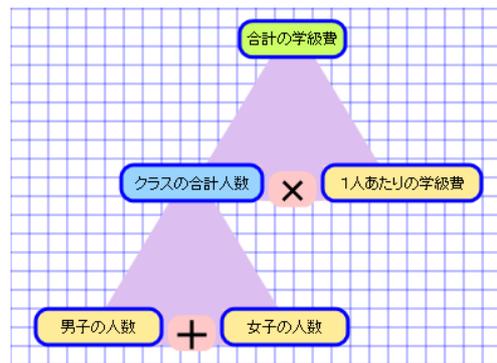


図2 構造情報定義

#### 5. 評価実験

##### 5.1 実験目的

本研究で開発した教師用オーサリングツールを用いて、実際に問題作成を行うことができるかどうかを検証した。情報工学系大学生、大学院生4名に本システムを用いて問題作成を行ってもらった。手順としては、まず本システムでの問題作成の方法を説明し、次に実際に問題作成を行ってもらった。

##### 5.2 実験結果

実験の結果、すべての被験者が問題作成を行うことが出来た。よって、本システムでの問題作成は可能であることがわかる。また、システムを使って、「使いやすかった」「問題作成にストレスを感じなかった」との声を頂いた。このことから、本システムを用いた問題作成は負担が少ないものであると考えられる。

#### 6. まとめ

本研究では、算数文章題の問題解決過程における統合過程の活動の支援を目的とし、数量関係的統合過程の外化支援システムでの演習に使用する問題を作成するための教師用オーサリングツールを開発し、評価を行った。今後の課題として、評価実験の際に頂いた意見の反映を行う。そして本システムの対象者である小学校算数教諭に本システムを用いた問題作成を行ってもらい、本システムを用いた問題作成に合意を得られるかを確認する。また、学習システムの演習で児童の作成した構造や、演習状況を即座に教師に提示することで授業中に状況を反映した指導が行えると考えられる。そのための教師用モニタリングツールの開発も今後の課題である。

##### 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) 中川 和之，平嶋 宗，舟生 日出男：「言葉の式」の階層的な外化による算数・数学の文章題に対する立式支援，人工知能学会研究会資料，先進的学習科学と工学研究会 58，73-78，2010
- (3) 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