

# 和差算数文章題の言語・数式・空間表現の相互変換における 数量の役割付けとしての自己説明演習の設計・開発

津高七海\*1, 岩井健吾\*1, 稲村健太\*1, 服部公祐\*2, 林雄介\*1, 平嶋宗\*1

\*1 広島大学工学研究科, \*2 広島大学工学部

## Design of Self-explanation Task as Role Assignment of Quantities in Process of Linguistic·Formula·Spatial Expression Mutual Conversion in Sum Difference Arithmetic Word Problem

Natsumi TSUDAKA\*1, Kengo IWAI\*1, Kenta INAMURA\*1, Kosuke HATTORI\*2,  
Yusuke HAYASHI\*1, Tsukasa HIRASHIMA\*1

\*1 Graduate School of Engineering, Hiroshima University,

\*2 Faculty of Engineering, Hiroshima University

小学生が学習する和差算数文章題は、問題文・全体部分図・数式のそれぞれに相互変換可能であり、この相互変換可能であることが学習者の理解を表す指標となっているとされている。本研究ではこの相互変換に対する自己説明の実現を目指し、各表現形式における各部分に対して、三文構成モデルに基づく「数量の役割」を対応付ける活動を行わせることで、相互変換の理由づけを行わせるタスクを設計・実装し、小学校での実践的利用を通して有効性を示す。

キーワード: 算数文章題, 全体部分図, 空間表現, 数量の役割, 自己説明活動

### 1. はじめに

算数文章題を解くということは、問題文という言語表現から数量関係を取り出し、それを数式表現で表すことを通じて、既知の数量から未知の数量を求めることであると考えられる<sup>(1)</sup>。しかし、子どもはしばしば問題の表層的な特徴に基づいて問題を解くために誤ってしまうということ、表層的ではなく構造的に理解することが必要であることが報告されている<sup>(1)</sup>。そして、文章題を構造的に理解するためには、図の利用が有効であることが示されている<sup>(3)</sup>。

筆者らはこれまで、単位算数文章題に関する三文構成モデル<sup>(4)</sup>に基づき、和差の算数文章題における、言語表見から数式表現への変換を図的な空間表現で媒介させ、即時的に正誤フィードバックを行うソフトウェ

アを設計・開発し、タブレット上で運営してきた<sup>(5)(6)</sup>。

本研究では、これを発展させ、各表現間での変換の理由付けとして「数量の役割」を整理し、表現の変換演習の後に、変換が行えた理由の自己説明として、各表現と「数量の役割」の対応付けを行う演習環境を設計・開発した。そして、そのシステムの効果を実際の学校での実践的利用を通じて検証する。

### 2. 研究背景

#### 2.1 算数文章題

算数文章題を解くということは、問題文という「言語表現」から数量関係を取り出し、それを「数式表現」で表して、未知の数量を求めることであると考えられる。

### 2.1.1 順思考問題と逆思考問題

二項演算の算数文章題は、大きく順思考問題と逆思考問題に分けることができる<sup>(4)</sup>。このことについて、具体的にどう違うのかを説明する。そのために、未知数を含む文章題に登場する数量を文章題に沿った形で関係づけられた式を、以降では”物語式”，文章題で求められている数量を求める式を”計算式”と呼ぶことにする。順思考問題とは、物語式と計算式が一致する問題であり、逆思考問題とは、それらが一致しない問題のことを言う。つまり、例として増加（ふえるといくつ）の問題では、加算を連想させるにもかかわらず、計算式が減算となるために、児童には困難であると考えられる。一般的に順思考問題に比べ、逆思考問題の方が困難であることが知られており、このことは、算数文章題の正答率からも示されている<sup>(4)</sup>。

### 2.1.2 全体部分図

算数文章題を解く際に、「言語表現」と「数式表現」の間の変換作業過程が困難であると一般的に言われている。そのため、小学校ではその変換過程を支援する方法として、テープ図や数直線等の「空間表現」を用いることによる視覚的な支援方法をとっている。

算数文章題における全体部分数量関係とは、算数文章題に現れる少なくとも3つの数量(数量1, 数量2, 数量3)が”部分(数量1) + 部分(数量2) = 全体(数量3)”という関係になることを言い、問題中に現れる数量間の関係の把握が出来ていなければ導くことは出来ない。その概念図である全体部分図と合わせると、図1のような関係を得ることができる。本研究では、空間表現として、この全体部分図を用いる。全体部分図は、全体と部分がそれぞれ大きさを持ったテープとして表されており、全体1つと部分2つの計3つのテープから成り立っている。この全体部分図を用いることで、視覚的にも全体部分関係を捉えやすく、システムにすることで全体量と部分量を操作が可能となる<sup>(6)</sup>。

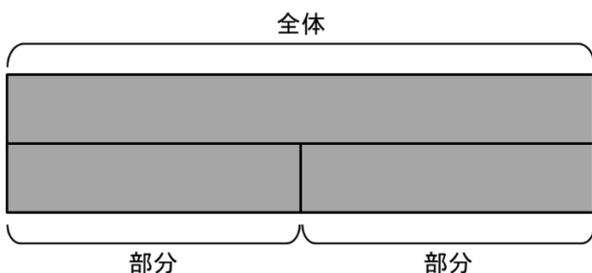


図1 全体部分スキーマの概念図(全体部分図)

## 3. 先行研究

### 3.1 単文統合型作問学習支援環境「モンサクン」

#### 3.1.1 三文構成モデル

算数文章題には、問題のベースとなっている「物語」（問題場面）が存在し、その物語が示唆する演算によって、大きく「加算、減算、乗算、除算」の4種類の物語に分類できる。これらの二項演算の物語は、3つの数量の間に成り立つ数量関係を表したものであるため、それぞれ1つの数量を表す3つの文章に分けて考えることができるとされている。これを三文構成モデル<sup>(4)</sup>と呼び、二項演算の物語は、ある数量の存在を表す文（存在文）2つと、その2つの数量の関係を表す文（関係文）の3つの文（単文）で構成されることができると考えられる。単文とは、「みかん」「男の子」といった対象（オブジェクト）、「5個」「8人」といった数量、「あります」「います」といった述語によって構成される文章である。

#### 3.1.2 「モンサクン」

算数文章題の構造的理解を深めるために、問題を解くよりも問題を作ることが有効であることが示されており、教科書などにも取り入れられているが学習者、教授者共に時間がかかり、すぐにフィードバックを返せないために十分な時間を使って実施することができていないのが現状である。このように実施が難しい作問の演習を可能にするための学習支援システムとして「モンサクン」が開発されている<sup>(8)</sup>。モンサクンの演習は三文構成モデルを用いたものとなっている。三文構成モデルでは、単文はオブジェクト、数量、述語から構成されているとし、さらに単文の種類をオブジェクトの存在を示す「存在文」とオブジェクトの関係を表す「関係文」に定義することで、2項演算で計算可能な算数文章題を存在文2つと関係文1つで作成可能としている。このモデルを用いて単文カードの組み合わせによる作問演習を構成している。このシステムの有効性は、小学校での授業での実践利用を通じて示されているが、このシステムで明示的に学習者が行うことは数量関係である「数式表現」から「言語表現」への変換であり、その変換の中で考えることを期待する数量関係は暗黙的に学習者の頭の中でのみ行われている。

### 3.2 3 表現の相互変換課題演習環境「モンサクン・テープブロック」

#### 3.2.1 モンサクン・テープブロック

本研究では「言語表現」と「数式表現」をつなぐ数量関係を明示的に考える演習を提案する。数量関係を表すものとして、「空間表現」である「全体部分図」を導入している。これを「言語表現」と「数式表現」の間に介在する数量関係の「空間表現」として利用するタスクを定義することで、「言語表現」と「数式表現」の相互変換関係が成立することを明示的に思考することができる。さらに、この変換構造において双方向の変換作業ができるようになることが重要であると考え、その変換作業を実際に演習化したシステムが「モンサクン・テープブロック」<sup>⑥</sup>である。このシステムは、小学校において実践的利用を行っており、プレテスト、ポストテストでの評価で児童の成績が向上したことから、児童へのシステムについてのアンケートにより、有用性が示された。

#### 3.2.2 表現変換における難しさの分析

モンサクン・テープブロックでの回答状況を分析することで「言語表現」→「空間表現」(図2)と「数式表現」→「空間表現」(図3)の演習のどちらが学習者にとって難しいのかを調査した。

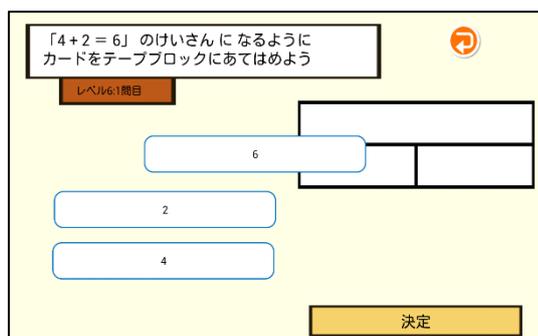


図2 「数式表現」→「空間表現」の課題

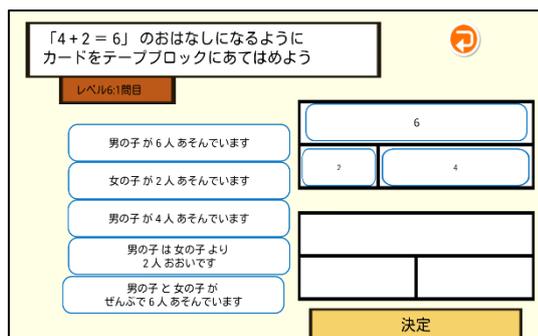


図3 「言語表現」→「空間表現」の課題

この二つの課題の正解数と不正解数を表1に示す。この結果をフィッシャーの正確確率検定で比較すると「数式表現」→「空間表現」より「言語表現」→「空間表現」が不正解の割合が多く難しいことが分かる。さらに「言語表現」→「空間表現」においてどのような間違いが多いのかを正確二項検定で調べると、表2に示すように数字の位置は合っているが、意味的に違う文を当てはめている回答が多くなっている。この結果から、なぜその単文を全体部分図に当てはめたのかということを学習者は考えられていないと考えられる。

表1 正解数の比較

数式表現→空間表現	言語表現→空間表現	p値
882	86	<.01

表2 「言語表現」→「空間表現」での誤答

数字位置はあっている	数字位置も間違っている	p値
579	41	<.01

## 4. 自己説明としての「数量の役割」の対応付け

### 4.1 自己説明活動

自己説明とは、自分自身の行った内的な活動について言語的に記述したり説明したりする行為であり、問題解決における自己説明は、学習者はあらかじめ問題を解いておき、その問題の解法を、他の学習者や教師に向かって説明することである<sup>⑨⑩</sup>。

### 4.2 3表現に対する「数量の役割」

本研究では、学習者に理解してもらいたいこととして、「数量の役割」を定義する。例えば、「問題文(物語)」→「全体部分図」の変換について説明する。増加(ふえるといくつ)に関する物語(問題)であれば、その物語に現れる各数量に「初期量」「増加量」「結果量」といった「数量の役割」がある。そして、それは増加に関する物語の全体部分図においても同じように各部分に「初期量」「増加量」「結果量」といった役割が共通して存在する。このため、単文を全体部分図へ当てはめることができるということが出来る。このことが理解できていないと、「問題文(物語)」→「全体部分図」の変換はできないといえる。また、数式についても、物語の種類がわかれば、各数値に対してそれぞれ役割が存在するということがいえる。した

がって、この「数量の役割」を「空間表現」である「全体部分図」と「言語表現」である「問題文」、「数式表現」である「式」をそれぞれ対応づけたときに各要素に当てはめさせることによる自己説明活動のタスク化を提案する。

## 5. 「数量の役割」の対応付け演習

### 5.1 追加演習概要

#### 5.1.1 「言語表現」 → 「数式表現」

「言語表現」である「問題文」から「数式表現」である「式」への変換は、「問題文」から作ることのできる3つの「式」を5つの「式」の中から選択する。その後その物語に合った「役割カード」を学習者に提供し、「問題文」、「式」の各要素にラベル付けさせることで実現する。その役割当てはめの様子を図4に示す。

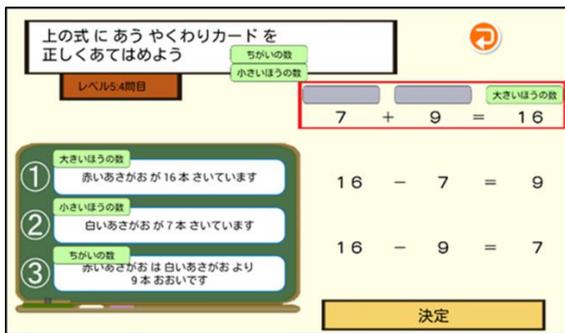


図4 「言語表現」⇔「数式表現」 役割付け演習

#### 5.1.2 「言語表現」 → 「空間表現」

「言語表現」である「問題文」から、「空間表現」である「全体部分図」への変換は、「問題文」から「全体部分図」への当てはめを行い、その後その物語に合った「役割カード」を学習者に提供し、「全体部分図」の各要素にラベル付けさせることで実現する。その役割当てはめの様子を図5に示す。

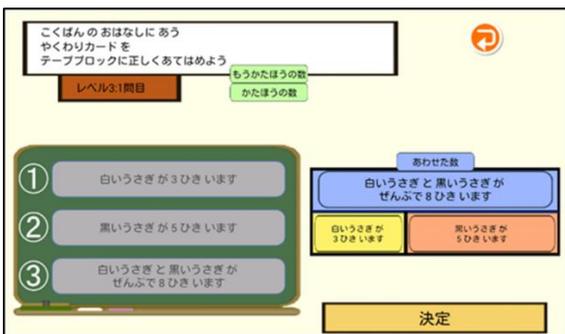


図5 「言語表現」⇔「空間表現」 役割付け演習

#### 5.1.3 「数式表現」 → 「空間表現」

「数式表現」である「式」から「空間表現」である「全体部分図」への変換は、「式」と「物語種類」から提供された3枚の数値のみが書かれたカードを「全体部分図」へ当てはめる。その後その物語に合った「役割カード」を学習者に提供し、「全体部分図」の各要素にラベル付けさせることで実現する。その役割当てはめの様子を図6に示す。

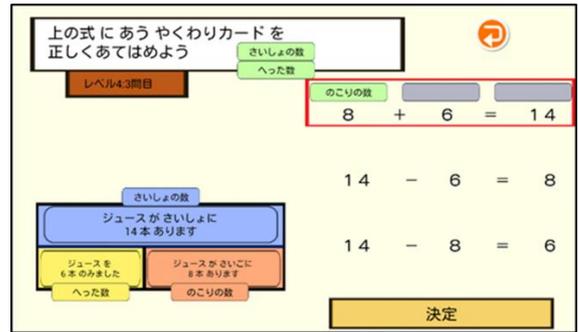


図6 「数式表現」⇔「空間表現」 役割付け演習

これらの追加した「数量の役割」を対応付けさせる変換演習は、表現変換演習が「数式表現」→「空間表現」→「言語表現」のようにになっている部分もあり、表現の変換課題が個別では存在しない表現変換も存在するが、元の「モンサクン・テープブロック」を基にして実装しているため、「言語表現」・「数式表現」・「空間表現」の3表現の表現変換に対する「数量の役割」を対応付けはすべて網羅しているといえる。また、「数量の役割」の対応付けは、変換する表現の前後両方について行うため、追加演習概要を載せていない他の表現変換に関しても、順番は異なるが同じ演習の図となる。

## 6. システムの実践的利用とその評価

### 6.1 実践的利用1

提案したタスクが学習者に利用可能であるかどうか検証するために実践的利用を行った。本実践のシステムの利用については、役割の当てはめタスクの追加されていない、元の「モンサクン・テープブロック」を行い、その後、本研究の提案タスクが実装されたシステムである「数量の役割」の対応付けが追加された「モンサクン・テープブロック」を行うという流れで行った。この実践において、本研究で設計・開発したシステムのみを用いなかったのは、担当教諭が最初から本

システムの利用を行うと、作業量が多く学習者がついていけないが、元の「モンサクン・テープブロック」の課題演習の確認という位置づけでなら本システムが利用可能であると判断したためである。

### 6.1.1 検証内容

実践的利用の検証内容は、以下の3つである。

1：システムが学習者にとって受け入れ可能なものであるか

2：システムの演習（数量の役割付け）が妥当なものであるか

3：システムの利用により学習効果が得られるか

### 6.1.2 構造把握テスト

プレテストとポストテストについては、構造把握テストと呼ばれる構造把握テスト<sup>(11)</sup>を用いた。このテストは、物語を与えられたときに文章題が成立するかどうかを「はい」「いいえ」の2択で選択させ、その正答率と回答速度を測る課題である。物語の成立を問う課題となっているため、単純に出てくる数値に演習を行うだけでなく、どのような物語が構成されているかも考慮する必要がある。よってこのテストにおいて実践参加者は問題の成立条件、つまり問題構造について把握していなければ正確かつ早く回答することができず、学習者の文章題の持つ物語の構造の洗練度を問う課題となっている。この構造把握テストの演習例を図7に示す。したがって、プレテストとポストテストの結果から、システム利用における問題構造の理解度の上昇を図れるのではないかと考えた。

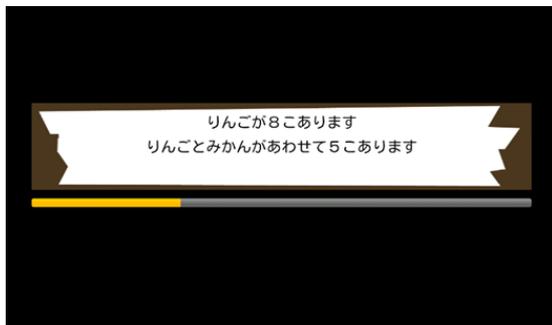


図 7 構造把握テスト

### 6.1.3 実践概要

実践の対象者は広島市内の公立小学校3年生3クラス73名であり、1クラス4時限を2日間に分けて合計180分の実践を行った。実践の流れとしては、1日目は初めにプレテスト（構造把握テスト）を15分で行い、

その後システムの利用を75分行った。このシステムの利用は、まず元の「モンサクン・テープブロック」のレベル1～6までを使用し、解き終わった学習者から本システムのレベル1～6までを行った。2日目は、初めに小学校の先生の授業を40分で行い、その後システム利用を25分行った。このシステム利用は、まず元の「モンサクン・テープブロック」のレベル7～10までを使用し、終わった学習者から本システムのレベル7～10までを行った。その後ポストテスト（構造把握テスト）を15分、アンケートを5分という内訳で行った。用いたアンケートの内容は、図8に示す。

### 6.1.4 実践結果

アンケートの集計結果を図9に示す。アンケート内容の1～8は元の「モンサクン・テープブロック」について、9～11は本システムについての質問となっている。9～11の質問について未回答者が多いのは、授業のシステム利用において時間的に元の「モンサクン・テープブロック」までしか取り組むことができず、本システムまでたどり着かなかった学習者が存在しているためである。このアンケート結果より、本システムを含めた、テープブロックのシステムが好意的に受け止められているということが出来る。したがって、本システムに取り組んだ学習者にとって受け入れ可能なものであったといえる。

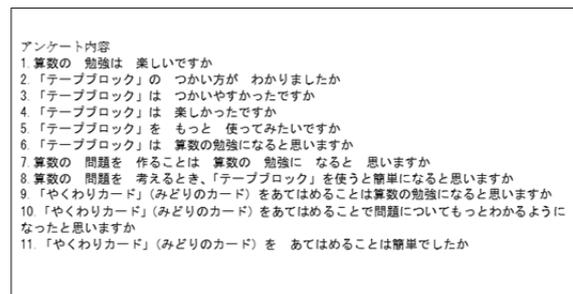


図 8 実践利用1 アンケート内容

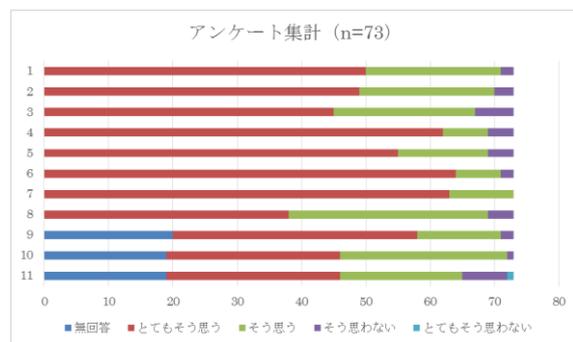


図 9 実践利用1 アンケート集計結果

本システムは前述した通り、元の「モンサクン・テ

ープブロック」を行った後に利用しているため、ある程度的人数が解ききっているのはレベル2までである。そのため、レベル2においてログデータの分析を行った。レベル2の「数量の役割」の当てはめとしては、「言語表現」である「問題文」から「空間表現」である「全体部分図」への表現変換過程への自己説明タスクとなっている。したがって、「全体部分図」への単文の当てはめの正解までのステップ数の中央値で上位群と下位群に分け、その後の役割当てはめの正解までのステップ数と比較した。その結果を表3に示す。

表3 役割当てはめでのステップ数の比較

単文当てはめでの群	人数	ステップ数	p 値
上位	18	1.38	0.023
下位	18	1.71	

検定方法は、Wilcoxon の順位和検定を用い、効果量小の有意な差があった。このことから、「全体部分図」への「単文」の当てはめがうまくできている学習者は、「数量の役割」の当てはめもうまくできているということが言える。したがって、「数量の役割」の当てはめができるようになれば、「全体部分図」もできるようになると考えられる。

また、プレテスト（構造把握テスト）の得点・ポストテスト（構造把握テスト）の得点・本システムのレベル2における数量の役割付けの正解までのステップ数の3つの相関についての分析を行った。ここで使用したデータは、本システムに取り組めた学習者(n=36)の中からさらにレベル2に十分に取り組むことができた(全12問中6問以上取り組んだ学習者)のものを用いている(n=28)。その結果を表4に示す。

表4 役割付け、プレ・ポストテスト相関

	役割付け	プレ	ポスト
役割付け		-0.47**	-0.19
プレ			0.39
ポスト			

その結果、数量の役割付けの正解までのステップ数とプレテスト（構造把握テスト）の得点の間のみ多重検定で有意な負の相関が現れた。プレテストの成績が高いということは構造の理解度が高いことを示しており、そのような学習者は適切に数量の役割付けができることを示している。

### 6.1.5 考察

アンケートや本システムのログデータ、事前事後の

構造把握テストの結果から、算数文章題の構造を理解している、テープブロックへの単文の割り当てができる学習者は数量の役割を理解していることが示唆され、本システムで提供する演習の妥当性を示すことができた。

## 6.2 実践的利用2

### 6.2.1 検証内容

前節におけるシステム利用の結果から、算数文章題の「数量の役割」を理解できている学習者は、問題構造を理解できているということがいうことができた。したがって学習者に「数量の役割」を理解させるため、本システムを用いた実践的利用を行った。前節におけるシステム利用では、本システム単体の利用が行えず、本システムを利用することができなかつた学習者も存在したため、実践的利用の検証内容として、前章と同じ以下の3つを挙げる。

- 1: システムが学習者にとって受け入れ可能なものであるか
- 2: システムの利用により学習効果が得られるか
- 3: システムの演習（数量の役割付け）が妥当なものであるか

### 6.2.2 構造把握テスト

本実践においてもシステムによる効果を測るために、プレテストとポストテストとして構造把握テストを実施した。

### 6.2.3 実践概要

実践の対象者は広島市内の公立小学校3年生3クラス95名であり、1クラス2時限、合計90分の実践を行った。実践の流れとしては、初めに担当教諭の授業を5分行い、プレテスト（構造把握テスト、物語式選択問題）を15分で行い、その後システムの利用を50分行った。その後ポストテスト（構造把握テスト、物語式選択問題）を15分、アンケートを5分という内訳で行った。用いたアンケートの内容は、表5に示す。

表5 実践利用2 アンケート内容

1. 算数の勉強は楽しいですか
2. 「テープブロック」は使いやすかったですか
3. 「テープブロック」は 楽しかったですか
4. 「テープブロック」で算数の問題を作ることは算数の勉強になると感じますか
5. 「テープブロック」で「役割カード」を当てはめることは算数の勉強に なると思いますか
6. 「役割カード」を当てはめることは簡単でしたか

### 6.2.4 実践結果

本実践利用のアンケート結果を図10に示す。

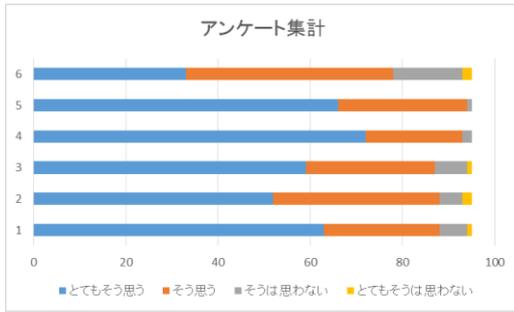


図 10 実践利用 2 アンケート集計結果

アンケートの評価は、概ね高評価であった。このことより、本システムが好意的に受け止められたといえる。したがって、本システムが学習者にとって受け入れ可能であることが示された。

プレテスト・ポストテスト（構造把握テスト）の結果を表 6 に示す。Wilcoxon の符号順位検定を行い、得点においては、多くの学習者が 13 点満点中 10 点以上と高得点を取っており、優位な差はなかった一方、時間においては、効果量小で有意な差があった。このことから、得点は変わらないが回答時間が有意に短くなっていることがわかり、本システムの利用により予測可能問題の回答をより予測することができるようになっている。したがって、本システムの利用により学習効果が得られたといえる。

表 6 構造把握テストの結果

	プレ	ポスト	p 値
点数	10.33 (2.32)	10.30 (2.16)	0.94
時間(秒)	5767.3 (3380.7)	4621.4 (2650.3)	0.00

本システムで提供する課題が妥当であるかを調べるために、構造把握テストのプレテスト・ポストテストの両方で得点も時間も良い学習者（構造を理解している学習者）とそれ以外の学習者において、本システムの課題毎の平均回答数を比較した結果を表 7 に示す。Wilcoxon の符号順位検定を行った結果、課題毎の平均回答数に有意な差が存在し、構造を理解している学習者はほとんど間違わないことが分かった。

表 7 2 群間の平均回答数の比較

群	平均回答数	p 値
理解している	4.46	0.00
それ以外	5.81	

さらに、システムの利用中の学習者の変化を調べる為に解答のログデータを分析した。対象としたのは学習者が取り組んだ最初のレベルであり、本システムを利用した学習者全員が解ききったレベルである。

このレベルの課題は全部で 12 問であり、「合併」、「増加」、「減少」、「比較」の 4 つの物語種類で 1 セットとして、3 セット分の課題を用意している。さらに各課題は 4 ステップに分かれており、ステップ 1 において数字のみが書かれた数字カードの全体部分図への当てはめを行い、ステップ 2 でその全体部分図に「数量の役割」の対応付けを行わせる。その後、ステップ 3 では単文カードのもう 1 つの全体部分図への当てはめを行い、ステップ 4 ではそのもう 1 つの全体部分図へ行く「数量の役割」の対応付けを行わせる演習となっている。

最初に、各セットでの各学習者の答え合わせ回数の平均を比較した。その結果を表 8 に示す。Holm の方法で補正して Wilcoxon の符号順位検で多重検定したところ、第 2 セットと第 3 セットで有意な差があった。このことからこのレベルの最初と終わりで答え合わせ回数が減少していることが分かる。

表 8 課題セット毎の平均解答数

課題セット	平均解答数
1	22.6
2	22.8
3	21.1

さらに、この減少に関してどのステップの変化が影響しているかを調べた。課題セット毎の各ステップの平均解答数を表 9 に示す。ステップ毎に課題セット間を多重比較したところ、ステップ 1 の課題セット 2, 3 間でのみ有意さがあった。また、課題セット毎にステップ間の多重比較としたところ、課題セット 1 では有意差は無かったが、第 2 セットでステップ 3 とそれ以外、第 3 セットでステップ 1, 4 とステップ 2, 3 間で有意さがあった。

表 9 課題セット毎ステップ別平均回答数

課題セット \ ステップ	1	2	3	4
	1	1.27557	1.46307	1.59375
2	1.21023	1.32102	1.88352	1.28977
3	1.10796	1.39773	1.67046	1.14489

### 6.2.5 考察

実践的利用の結果から本システムの有効性および妥当性が示された。プレテスト・ポストテスト（構造把握テスト）において回答時間が減少していること、構造を理解している学習者はそうではない学習者より解

答回数平均が少ないこと、学習者全体で課題セット間の平均解答数の差に有意傾向があること、ステップ間の平均解答数のバランスが変化していることから、「数量の役割」の対応付けによる自己説明活動がスムーズに行えていることが挙げられる。

## 7. まとめと今後の課題

### 7.1 まとめ

本研究では、3表現の対応関係をより具体的に学習者に示させる演習を追加し、その理解を深めることを目指し「言語表現」・「数式表現」・「空間表現」の3表現の相互変換課題演習環境に「数量の役割」の対応付けを行う演習を追加し、学習者に相互変換の理由を自己説明させることでその理解を深めることを目指し、そのシステムの効果を実際の学校での実践的利用を通じて検証を行い、有用性を示した。

### 7.2 今後の課題

前章で述べたように、学習者が、本研究において設計・開発を行ったシステムでの演習をさらに重ねていくことができれば、次はステップ3の単文カードを全体部分図に当てはめる変換活動についてより考えることができるのではないかとすることができ、ひいては本システムの演習を積み重ねることにより、算数文章題における「数量の役割」をより意識した活動が見込めるのではないかと考える。したがって、本システムの更なる実践的利用を通じてシステム利用のプロセスについて分析し、学習者の回答の変化について考えていく必要があるのではないかと考える。

## 参考文献

- (1) R.E. Mayer, *Thinking, problem solving, cognition*. Second ed., pp.455-489, W.H. Freeman, New York, 1992.
- (2) 栗山和広：“小学校2年生の算数文章題における意味構造の影響”，愛知教育大研究報告 pp67-72 (2009)
- (3) 宮崎 仁志, 宮本 正一：“算数・数学の文章題解決における図の生成と提示の効果”，岐阜大学教育学部研究報告. 人文科学 61(2), pp. 153-162, 2013
- (4) T. Hirashima, Y. Hayashi, and S. Yamamoto, “Triplet structure, model of arithmetical word problems for

- learning by problem-posing,” Proc. HCII2014 (LNCS 8522), pp.42-50, 2014.
- (5) 山元翔, 神戸健寛, 吉田祐太, 前田一誠, 平嶋宗：“教室授業との融合を目的とした単文統合型作問学習支援システムモンサクン Touch の開発と実践利用”，電子情報通信学会論文誌 D, Vol.J96-D, No.10, pp. 2440-2451, 2013
- (6) 岩井健吾, 合田将治, 林雄介, 平嶋宗, 図的中間表現としての部分全体図を用いた和差の算数文章題演習環境の設計・開発とその試験的評価, Vol.J101-D, No.6, pp.1-11, Jun. 2018.
- (7) 清野佳子：“加法・減法の意味理解を深める図的表現の指導”，新潟大学教育学部数学教室, 「数学教育研究」, 第44巻, 第2号, 36-43, 2009
- (8) 山元翔, 神戸健寛, 吉田祐太, 前田一誠, 平嶋宗：“教室授業との融合を目的とした単文統合型作問学習支援システムモンサクン Touch の開発と実践利用”，電子情報通信学会論文誌 D, Vol.J96-D, No.10, pp. 2440-2451, 2013
- (9) 伊藤貴昭：“自己説明効果の理論と実践”，慶應義塾大学大学院社会学研究科紀要 (59), pp. 36 (2004)
- (10) 金西計英, 矢野米雄：“説明洗練による自己説明を用いた地理の知的学習環境の構築”，電子情報通信学会論文誌 A, 基礎・境界 J79-A(2), pp. 227-240 (1996)
- (11) 神戸健寛, 山元翔, 吉田祐太, 林雄介, 平嶋宗：“単文統合型作問学習支援システムの利用効果の問題構造把握の観点からの評価”，電子情報通信学会論文誌 D, J98-D No.1, pp.153-162(2015.1)