

代数文章題立式の概念構造操作としての タスク化と支援システムの設計開発および実践運用

吉村 穰^{*1}, 犬丸 拓磨^{*2}, 青谷 章弘^{*3}, 林 雄介^{*1}, 平嶋 宗^{*1}

広島大学大学院工学研究科^{*1} 広島大学工学部^{*2} 広島大学附属東雲中学校³

System Design and Development and Practical Use of Making Tasks and Support for Formulation of Equations for Algebra Word Problems

Minoru YOSHIMURA^{*1}, Takuma INUMARU^{*2}, Akihiro AOTANI^{*3}, Yusuke HAYASHI^{*1},
Tsukasa HIRASHIMA^{*1}

^{*1} Graduate School of Engineering, Hiroshima University

^{*2} Faculty of Engineering, Hiroshima University

^{*3} Hiroshima University affiliated Shinonome Junior High School

算数文章題を対象とした問題構造の外化支援として三角ブロックモデルの提案とそのモデルに基づいた三角ブロック構造組立演習システム（三角ブロックシステム）の開発がすでに行われており、小学校での実践的利用を通してその有効性が確認されている。しかしながら、従来の三角ブロックシステムでは、代数を用いて解く問題を取り扱っていなかった。代数の文章題指導においては、わからない数を x とおいて考えるというような手続き的な指導よりも、読み替えの段階に力点を置く指導が必要とされている。そこで本研究では、代数文章題における立式支援を目標に三角ブロックシステムを代数文章題への適用を行い、中学校での実践的利用を行った。そこから得られた課題より「中間数量推定演習」と「式の組み換え演習」といった演習の設計・開発を行った。またこれらを加えたシステムも中学校での実践的利用を行い、その結果について分析したので報告する。

キーワード：代数文章題，三角ブロックモデル，方程式立式支援，中間数量概念，式の組み換え

1 はじめに

中学校の代数文章題において、方程式を代数的に処理して解を導くことができるにも関わらず、文章題から方程式を立てる過程で躓く学習者が多くいる。この文章題から方程式を立てる段階を支援する方法として、言語的表現を数量関係の表現に変換するための中間表現の可視化・計算可能化中間表現として提案されている三角ブロックの適用を試みたのが本研究である。三角ブロックは算数文章題においては実践的な適用が行われているが、代数文章題に対してはこれまで適用されていなかった。算数では、文章題における問題解決は理解過程と解決過程の2つの過程に分けられ、さらに、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分かれている。変換過程は、問題文の構成要素一文

毎の意味を理解する過程である。統合過程は、変換過程で得た様々な事柄を統合し、意味のある問題表象を構成する過程である。プラン化過程は、統合過程で得られた問題表象から正解を得るための演算式を導く過程である。実行過程とは、プラン化過程で得られた演算式を実際に適用して答えを得る過程である。この中で統合過程が最も困難であると言われている⁽¹⁾。この統合過程の外化支援として、三角ブロックが提案されている。さらに、三角ブロックのモデルに基づいた三角ブロック演習システムの開発がすでに行われており、小学校での実践的利用を通してその有効性が確認されている⁽²⁾。

本研究では、算数と代数とでは、立式後の解き方は異なるが、立式するまでの過程は同様のモデルで支援できると考え、三角ブロックを代数文章題へ適用し、三年間に渡って中学校での実践的利用を行った。実践的利用の

結果を分析しシステム改良を行うことで、初学者の立式支援から「中間数量概念の推定演習」、「式の組み換え」といった発展的な演習まで同一の三角ブロックモデルによる支援システム的设计・開発をしたので、その詳細について述べていく。

2 統合過程の外化支援モデル

統合過程は学習者の頭の中で行われているため、最も困難であるとされている。そこでこの統合過程を支援するための三角ブロックモデルについて述べる。

2.1 三角ブロック

統合過程の外化モデルとして言葉の式表現を用いた単一の二項演算を基本とした三つ組構造（以下では算数三角ブロック、もしくは単に三角ブロックと呼ぶ）が提案されている⁽²⁾⁽³⁾。単一の三角ブロックは底辺に和差乗除いずれかの演算子を持っており、底辺の両端の数量とその演算子によって、底辺の対頂点にある数量が導くことができる。（図 1）複数の二項演算も複数の三角ブロックを階層的に用いることで表現することができる。（図 2）

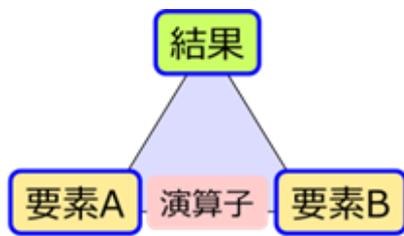


図 1 三角ブロックでの二項演算表現

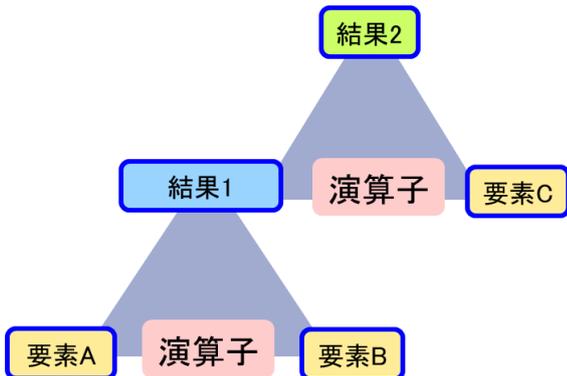


図 2 三角ブロックでの階層的表現

2.2 代数文章題における三角ブロック

算数と代数では、立式後の解法は異なるが、文章題を読んで立式するためには、代数文章題においても算数同様の問題の整理が行われていると考えられる。代数文章題における方程式の立式は、言語的統合を行うことで可能になり、言語的に整理された問題構造（図 3）の中か

ら未知数を作り、言語的な関係をそのまま数で表現することで方程式を立式することができる。三角ブロックシステム上では、三角ブロックの底辺から段階的に概念の数量をまとめ上げていくことで方程式が立式可能である。また、一つの三角ブロックを複数作成することでも、最終的につなげることで、立式可能である。ここで、結果 1 のような既知の概念の組み合わせで得られる概念を中間数量概念と呼ぶ。

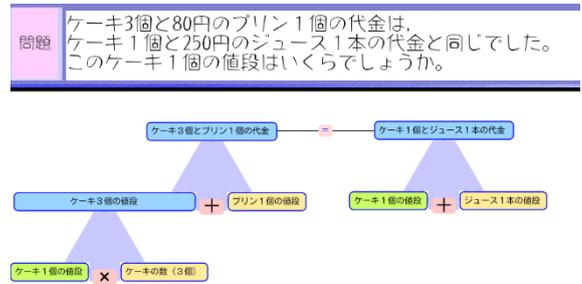


図 3 三角ブロックでの方程式表現（一部）

3 中学校での実践的利用

3.1 実践的利用 1 の概要

広島大学附属中学校の数学科教員に対して三角ブロックモデルを用いた方程式立式支援の考え方を説明したところ、賛同が得られ実践的利用を行うことができた。中学 1 年生 2 クラスのうち 1 クラス（40 名）には三角ブロックシステムを導入して方程式の授業を行ってもらい（実験群）、もう 1 クラス（37 名）には、システムを用いず三角ブロックモデルを用いた方程式の授業を行ってもらった（統制群）。両群とも 1 限（50 分）の授業を 3 回行った。実践的利用の目的は代数文章題に適用を行った三角ブロックシステムが(1)中学校での方程式の指導に利用可能かであるか、(2)方程式立式のための統合過程の支援になっているか、である。

実践手順としては、それぞれのクラスで授業を行い、その後、実験群は学習者（生徒）と指導を行った教員に対して 20 分間のシステムに関するアンケートを行い、17 分間の方程式に関するテストを行った。統制群は、同様のテストのみ行った。テストの内容は、方程式に対する概念的理解を測る記述テストであり、具体的な代数文章題についての方程式が与えられ、未知数や右辺、左辺がそれぞれ何を表しているか自由記述で回答するものになっている。本テストは事後のみで行われているが、両群とも数学の成績に差がないことは教師によって確認されている。

3.2 結果と考察

アンケート内容と結果をそれぞれ表 1, 図 4 に示す。システムアンケートの結果から三角ブロックを用いて方程式を立式することに対する肯定的な意見を得ることができた。「これまでしていたか。」は低く出ているため学習者たちに新しい考え方を提供したことがわかる。「役に立つか。」という項目は他より低く出ているため、改善が必要である。具体的な内容は次節で述べる。テストの結果、概念的理解度はどちらのクラスも同程度の成績であった。教員に対するアンケートでは、三角ブロックを用いたことで自分の指導法が改善されたという意見が得られた。この際、統制群の授業においても三角ブロックのように段階的に数量関係を繋いでいくといった立式までの過程に対する考え方を取り入れており、今回の授業は昨年までに比べて非常にうまく言ったとのコメントを得ている。また、統制群の授業は三角ブロックの考え方を取り入れることにより従来に比べて改善されたが、三角ブロックシステムを用いた授業は、教師としてシステムの使い方に不慣れであったため、不満の残る結果であったとのことであった。さらに、三角ブロックを用いた授業をさらに改善することができると考えており、来年度の同様な対象について再度利用したいとのコメントを得ている。これらの結果から、現時点においても三角ブロックシステムは有効性があるものであるとともに、更に効果的な活用の可能性が示されたといえる。

表 1 システムアンケート内容

質問 1	三角ブロックから方程式を作ることは、簡単だった
質問 2	三角ブロックを作ることは、立式の助けになった
質問 3	三角ブロックのように関係で考えることを自分はこれまでもしていた
質問 4	三角ブロックは自分にとって役に立つ考え方だ

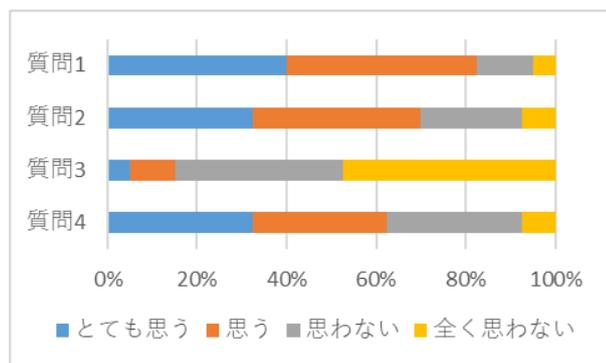


図 4 システムアンケート結果 1

3.3 実践的利用 1 からの課題

実践的利用 1 の結果から立式できる生徒は多くなったが、式の説明ができていない学習者が多かった。文章題指導においては、わからない数を x とおいて考えるというような手続き的な指導よりも、読み替えの段階に力点を置く指導が必要とされている。⁽⁴⁾現在のシステムでは、必要な概念（ノード）を予め用意しており、それらを全て使うことで演習を行っている。そのため、問題文に現れない概念についても提供していた。しかし、一般的に文章中に現れない概念を補完する問題は難しいとされている。また補完する概念のほとんどが中間数量概念である。立式の過程を説明することは方程式の立式に必要な中間数量概念を答えることである。したがって中間数量概念が何であるか考えさせる活動は、立式の過程を説明させる上で役立つと考えられる。そこで、発展課題として文章中に現れない概念を空白ノードとして提供し、空白にどのような概念が入るか考えさせる演習（中間数量概念推定演習）を追加する。これにより、学習者が既知の概念の組み合わせからどのような概念が表れるか、また、立式のためにはどのような概念が必要であるか、ということを考えさせることができる。今までの演習では与えられた部品を見るだけでも組み立てることができ、成績上位群は問題を読まずに組み立てることができた。しかし、この演習を加えることによって、きちんと文章を読み、関係を見つけなければ三角ブロックを組み立てることが困難となり、今までより文章から関係を見つけることを意識させている。実際に「中間数量概念推定演習」のシステム画面を図 5 に示す。

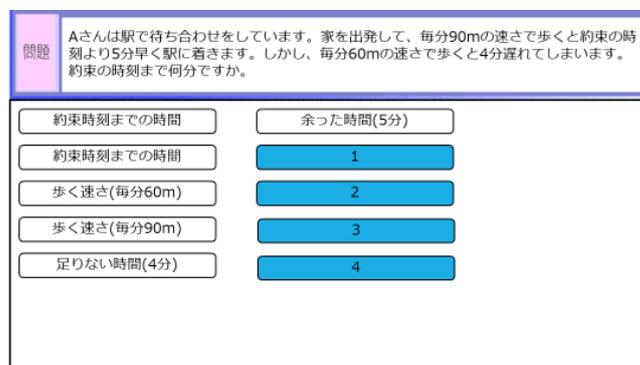


図 5 「中間数量概念推定演習」のシステム画面

4 実践的利用 2

実践的利用 1 と同様の中学校 1 年生の生徒 78 名を対象に、実践的利用を行ったので、以下よりその詳細について述べる。

4.1 実践的利用 2 の概要

実施的利用 1 と同様の中学校で中学 1 年生 2 クラス計 78 名に対して、実践的利用を行った。また今回は、実践的利用 1 より高い効果を得る方法を探るため、新しく実装した中間数量推定演習の利用可能性を示すため、実験群統制群の区別をせず、1 限 (50 分) の授業を 3 回行った。ただし、最終日については少し異なる部分がある。1 組は、システムを使わず、紙による演習を行った。2 組は、式の組み換えの時間を多く取った点である。

式の組み換えとは、未知数 x の位置を変えたときに他のノードにどのような文字式が当てはまるかである。先ほどの図 3 を使って説明すると、「ケーキ 1 個の値段」を x とすると「ケーキ 3 個の値段」は $3x$ となる。しかし、「ケーキ 3 個の値段」を x とすると、「ケーキ 1 個の値段」は $x/3$ となる。このように、 x の位置を変えることで、他のノードの文字式がどのように変わるかの問いかけの授業を行った。実際の式の組み換えを図 6 で示す。

実践的利用の目的は代数文章題に適用を行った三角ブロックシステムが (1) 中学校での方程式の指導に利用可能かであるか、(2) 方程式立式のための統合過程の支援になっているか、(3) 「中間数量推定演習」が方程式立式過程の説明に役立つかである。

実践手順は、以下のとおりである。

*3 日目まで 1, 2 組共通内容

1 日目：操作説明、システム利用 (2 問)

2 日目：式の説明の確認、システム利用 (2 問)

3 日目：1 組

システム利用 (2 問、うち空白ノード：1 問)

紙による三角ブロック演習

2 組

システム利用 (2 問、うち空白ノード：1 問)

式の組み換え演習

(三角ブロックを用いて黒板での授業)

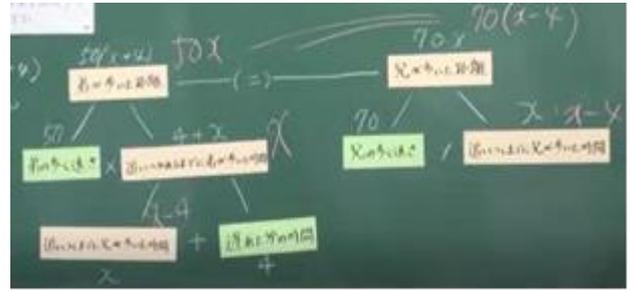


図 6 実際の黒板の様子

4.2 アンケートの結果と考察

アンケート内容と結果をそれぞれ表 2、図 7 に示す。図 7 から前回同様に三角ブロックを用いて方程式を立式することに対して肯定的な意見を得ることができた。特に「式の説明をする上で役に立つ。」についても多くの肯定的意見を得ることができた。「簡単であった」については「中間数量概念推定演習」という発展的演習の追加を行ったので少し下がった。さらに、図 4 の前回のアンケート結果と比べて「三角ブロックは自分にとって役に立つ考え方だ」については、8 割を超える高い評価があり、前回の実践よりもうまくいき、生徒たちにより受け入れられたことがわかる。

また、数学の自己申告による得意群と苦手群に分けての分析も行った。全体的には差が見られなかったが、クラス別に集計を行うと、質問 4 「三角ブロック演習は、方程式を直接立てるよりも、問題の意味を考えやすくなった」について、1 組では、苦手群の評価が高く、得意群の評価が低いのにに対し、2 組では、苦手群よりも得意群の方が高い傾向がみられた。これは、4.1 で述べた「式の組み換え」の有無によるものであると考えられる。1 組と 2 組の授業の違いとして、2 組は最後に未知数の位置を変える組み換えの時間を多く取ったというところがある。1 組の授業は苦手群にとって、三角ブロックは立式支援になったのに対し、得意群にとっては面倒に感じられる部分があった。この傾向は、前回の実践でもみられ、1 つの課題でもあった。しかし、2 組の授業は「式の組み換え」という普段の授業では行いにくい高度な学習を行ったので、得意群も方程式について新しい発見ができ満足できたのではないかと考えられる。しかしながら、苦手群には高度であったので、ついていけない学習者が低い評価としたようだ。

表 2 アンケートの内容

質問 1	三角ブロックの演習は、簡単だった
質問 2	三角ブロックを作ることは、立式の助けになった
質問 3	直接立てるより、問題を理解しやすい
質問 4	立式の過程を説明するのに役に立つ
質問 5	三角ブロックは役に立つ考え方だ

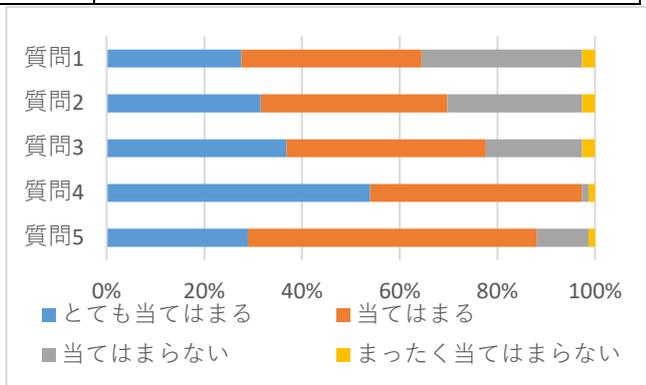


図 7 アンケートの結果 2

4.3 実践的利用 2 からの課題

実践的利用 2 の結果から大きく 2 つのシステム改良が必要であることがわかった。1 つ目は、フィードバックの改良である。具体的には、ケアレスミスから不正解のループに陥る学習者が多かった。これを防ぐために、「未使用・未接続」部品がある旨を伝えるフィードバックを追加する。2 つ目は「式の組み換え」演習機能の追加である。これに関しては次の節で詳しく説明する。

4.4 文字式入力による「式の組み換え演習」

三角ブロックの特徴として、構造を可視化・操作可能化がある。また、方程式には図 8 のような 1 つの文章題から複数の方程式を得ることができるという特徴がある。実際の問題に対して三角ブロックを組み立てた様子を図 9 に示す。実践的利用 1 では、三角ブロックのつなぎ方を変えることで他の三角ブロックを作らせる活動を行っていたが、実際にどう変化したかわかりにくく、またそれをする理由がなく、上位群には物足りないものとなっていた。そこで、三角ブロックの文字式入力機能を追加し、「式の組み換え」という発展的な学習に対して三角ブロックシステムを使うことで学習しやすくする。具体的な活動としては、まず、問題から三角ブロックを組み立てる。その後、文字式入力の画面に移り文字式入力作業を行う。入力を完了すると図 9 のようにノードの下に表示される。これを繰り返すことによって、すべてのノードに文字式を入力する。フィードバ

ックとしては正誤判定を返す。この時に「正解です(1/4)」とし、括弧内の数は残りどれだけの位置を変えることができるかを示している。この残りの数を示すことで学習者はゴールが明確になり、達成しようと試行錯誤を繰り返すと考えられる。また、すべての「式の組み換え」を行わなくても、次の問題へ進むことができる。

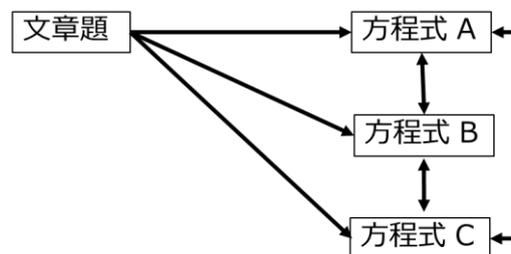


図 8 文章題から複数の方程式が得られる様子

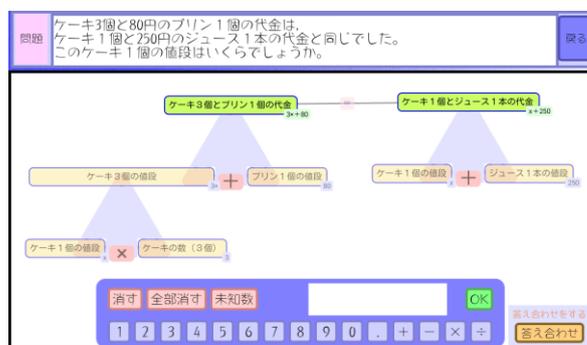


図 9 実際に数値を当てはめた例 (システム画面)

5 中学校での実践的利用 3

2018 年度も実践的利用 1, 2 と同様の中学校で本システムの実践的利用を行うことができたので、その詳細について述べていく。

5.1 実践的利用 3 の概要

中学 1 年生 2 クラスを対象にした、本システムの実践的利用を行った。なお生徒たちは方程式の前の単元である関係式において三角ブロックを使用しており、方程式については現在学習中である。実践の目的は本システムが(1)中学校での方程式の指導に利用可能かであるか、(2)方程式立式のための統合過程の支援になっているか、(3)文字式入力演習により式の組み換えの理解に役立つか、(4)空白ノード演習により中間数量概念の理解に役立つかである。

実践手順としては、

1 日目：事前ペーパーテスト(15 分)、

システム利用(35分)

2日目：システム利用(50分)

3日目：システム利用(50分)

4日目：事後ペーパーテスト(15分)・アンケート(5分)・インタビューテスト(1人5分)

といった内容で行った。また1日目のシステム利用は問題1・問題2について必須課題とし、2日目のシステム利用では問題3について必須課題とし、3日目のシステム利用では問題4(空白ノードを含む問題)を必須課題とした。

5.2 アンケート結果と考察

アンケート内容と結果をそれぞれ表3、図10に示す。質問1の「文字式入力」機能に対して高い評価であることから追加機能に対してこちらの意図通りに生徒たちが取り組めたことがわかる。質問4は実践的利用2よりも低くなっているが十分高い水準であると言える。それ以外は前回、前々回の実践的利用の結果より高い評価であることから、生徒たちにシステムが受け入れられ、実践的利用が上手くいったと言える。また、質問3の「直接立てるよりも問題を理解しやすい」に対して前回まではどうしても成績上位群が低く出ている。今回は「文字式入力」機能を追加することで成績上位群にも新しい発見があり、問題の意味を考える上で成績下位群だけでなく成績上位群にも役に立ったことがわかる。

表3 システムアンケート内容

質問1	文字式入力によって、様々な方程式を立てられることがわかった
質問2	三角ブロックを作ることは、立式の助けになった
質問3	直接立てるより、問題を理解しやすい
質問4	式の過程を説明するのに役に立つ
質問5	三角ブロックは役に立つ考え方だ

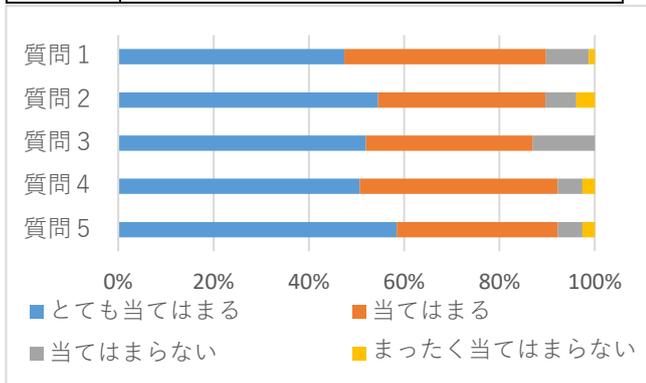


図10 アンケートの結果3

5.3 事前・事後のペーパーテスト

この実践的利用で実施した、事前テスト・事後テスト(各7点満点)の結果を表4に示す。テスト内容は、

- ①1次方程式の解を求める計算問題(2題)
- ②方程式の立式までの文章問題(2題:代金, 速さ)
- ③文章問題から得られた式の間接数量概念を問う問題(2題)
- ④③の問題から式の組み換えを問う問題(1題)

であり、これらを1題1点で採点を行った。事前テストは平均3.93点、標準偏差は1.70となり、事後テストは平均5.09点、標準偏差は1.52となった。各テスト結果から事前テストは正規性があったが、事後テストでは満点の生徒が多く正規性は認められなかったため、ノンパラメトリック検定であるWilcoxonの符号付順位和検定を用いて、テスト間に差があるのか検定を行った。

その結果を表4に示す。この結果から、事前・事後のテスト間に有意に差があり学習者にとって意味のある活動であったと言える。また詳しい分析を行うために、ペーパーテストの各分野別の平均点の推移を、検定結果を表5に示す。この結果から計算問題は事前テストから平均点が高く事後テストでも維持している。また文章問題で平均点が大きく上昇していることがわかる。システムでは立式の支援を行っているため、予想通りの良い結果と言える。中でも、速さの問題について出来なかった生徒ができるようになっており、システムを使うことで「速さ」「距離」「時間」をきちんと関係的に理解できた(整理できた)からだと言える。さらに事前テストの5点以上獲得者を成績上位群とし、3点以下の生徒を成績下位群とし、この時の各群の点数に差があるか検定を行い表5に示す。表5は成績群の別の平均点の推移を表しており、成績下位群が大きく成績が上昇していることがわかる。また上位群は事前テストの時点で満点の生徒もいるため少し下がっているがここには有意差がなく上位群は成績を維持できていることがわかる。本来ならば、実験群(システムを使った授業)と統制群(通常授業)と分け効果比較を行わなければならないが、事前・事後テストの成績上昇から、三角ブロックは方程式を整理する活動・立式を支援する活動として、特に下位群においては意味があった活動と言える。また最後の問題である④「他の方程式で解くとしたらどのような式がありますか」という問いに対して上位群下位群の点数の変化

についての検定結果を表 6 に示す。この結果から分野別検定結果からは有意差がなかったが成績別にみると、成績下位群には有意差がなく、成績上位群には有意に差があった。これは、成績上位群は三角ブロックの組み立てが速く、多くの文字式入力を行っていたからである。また、下位群は三角ブロックを作るだけで精一杯の生徒が多く、「式の組み換え」を十分に行えていないため、上昇しなかったと考えられる。したがって、文字式の入力による「式の組み換え」演習を追加したことで、普段は「式の組み換え」は難しい活動であるが三角ブロックの特徴である“思考の外在化”により取り組む道具を与え、普段の授業では取り組むことのできない活動に取り組むことができた。その結果、上位群は「ただ問題を解く」だけでは得られない発展的な演習に取り組むことができ、その結果が表 6 に現れていると言える。

表 4 合計点の検定結果と分野別の検定結果(平均点)

	事前	事後	検定結果
合計	3.935	5.091	p=5.607E-06
①	1.429	1.623	p=0.04
②	1.013	1.474	p=0.0000155
③	1.041	1.438	p=0.000787
④	0.429	0.600	p=0.07

表 5 成績別の検定結果(平均点)

	事前	事後	検定結果
上位	6.158	5.947	p=0.207
下位	1.467	3.933	p=0.00208

表 6 ④複数の方程式作成問題への検定結果(平均点)

	事前	事後	検定結果
上位	0.563	0.879	p=0.005
下位	0.091	0.091	p=1.000

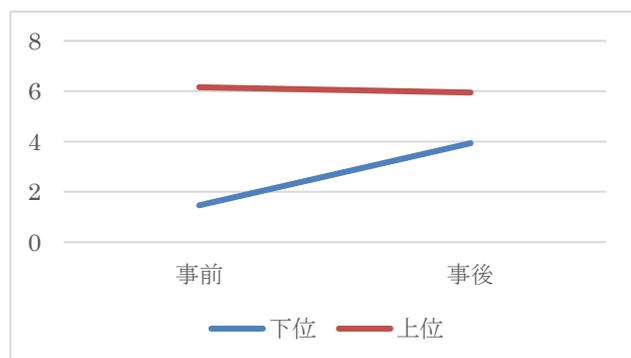


図 11 成績別平均点の推移

5.4 インタビューテストの結果

ペーパーテストに追加して、システム利用を行った生徒に対してインタビューテストを行った。内容は生徒にシステムで用いた問題の三角ブロックが組み上げられた状態の紙を一枚裏表に印刷し、表 7 の内容の質問を行った。その結果を表 8 に示す。なお、正解の判定は担当の教員の基準で行った。また成績上位群、下位群はペーパーテストによるものである。三角ブロックを使いながらのテストではあるが、正答率は 84.4% であり、事後テストの類題(速さの問題)の 62.8% よりも高かった。また質問 2 に対して 6 割を超える生徒が自分の言葉で説明できており、6 割程度ではあるが、昨年度の同様の問いかけには 3 割も答えることができていなかったため、十分高い数字と言える。

また、回答内訳を表 9 に示す。この結果からほとんどの生徒が自分の言葉で説明しようとしていたことがわかる。間違いとした中で最も多かったのは「三角ブロックの底辺をxとした方が楽」という回答である。これは文字式入力演習の中で生徒が未知数xの位置を様々な場所へ試行錯誤していく中で経験的に実感したものであると考えられる。また「既知のもの」を組み合わせることで「未知のもの」を導き出す中で、三角形の性質的に底辺のものを既知とし、頂点を未知とした方が考えやすいからである。内訳では最も少ないが、三角ブロックシステムの授業を行わなかったら、「求めるものだから」という回答が一番多かったと予想する。

表 7 インタビュー内容

質問 1	方程式を作ってください
質問 2	どうしてそこをxとしましたか？
質問 3	他の方程式を立ててください

表 8 インタビューの結果

合計：77人	質問 1	質問 2	質問 3
全体	84.4%	62.3%	59.7%
成績上位	90.9%	72.7%	77.2%
成績下位	76.1%	42.8%	47.6%
テストの類題	62.8%		

表 9 質問 2 の回答内訳

正解	効率的になるから(正解)	36人
	すべての概念を表現できるから(正解)	17人
	上記両方回答者	4人
不正解	三角ブロックの底辺を x とした方が楽. 複雑にならない.	14人
	答えられない	3人
	求めるものだから	4人
	その他(大きく間違い)	7人

5.5 担当教員による授業分析

まず、今回の内容を通常授業で行うと同じ時間ではできないことが大きく2つある。1つ目が「どのように方程式を作ったか。」と立式の過程を説明させることができない。その理由として、説明に必要な道具がないからである。その道具とは、三角ブロックモデルでいうところの中間数量概念である。三角ブロックモデルには説明に必要な部品が揃っており、与えられた部品を使えば説明できる。そして2つ目が「どの数量を未知数として置くか」という問いに対しても「十分な用具がないため生徒たちに質問の意図が伝わらない可能性がある。そのためできる子しかできず、できない子はいいてくるのができない」とのことであった。このように三角ブロックでは説明の対象を可視化しているため、教師からの発問が可能となる。また、本システムの利用を保護者や生徒に対して責任を持つことができる根拠となっている。

さらに、「それでは黒板に三角ブロックの部品を貼り付け授業をすればよいのでは」という問いに対しても、確かにそうすることで今までできなかった授業ができる。しかし、やはり生徒たち一人ひとりが手を動かすことが大切で、また、そこに正誤判定があった方がよい。とのことであった。システム化による支援は必要であり、更なるシステム改良の必要性を感じた。また、「式の組み換え」機能については、方程式を立てる見通しになるかわからないが、方程式を立てる上で「式の組み換え」ができることは、選択肢が増え、他でも x と置くことができるということを知るだけでなく、他を x としてもできるのではという推測できるようになるとのことであった。「式の組み換え」演習は、文字式を変化させていく中で、1つの三角ブロックの関係がどのように変わっているか吟味し、理解する必要があるととても大切な活動であるとのことであった。

6 まとめと今後の課題

本研究では、三角ブロックモデルの代数文章題への適用を行った。中学校で3年間に渡って3度の実践的利用を行うことができた。また、公開授業において多くの現場教員からも賛同が得られたこと、および最終年度においてはテストスコアとして学習効果を測定できたことから、本システムの中学校数学代数文章題における有効性は示すことができたと判断している。

今後の課題としては、三角ブロックモデルについて意識していない通常授業と三角ブロックシステムを用いた授業との効果比較を行うことである。また、アンケートの結果から文章中からノードを自由に生成する分節化や部分的理解による段階的に方程式の立式を支援することが挙げられる。

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, 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”, 2012年度 JSiSE 第6回研究会, (2013).
- (3) T Hirashima, Y Hayashi, S Yamamoto, K Maeda (2015), Bridging model between problem and solution representations in arithmetic/mathematics word problem, Proc. of ICCE2015, pp. 9-18.
- (4) 柿田真紀: 方程式文章題の問題解決過程における生徒の理解特性の解析(1), 日本科学教育学会研究報告, 17-22, 1990.
- (5) 古久保和仁, 小田拳太, 室津光貴, 山元翔, 前田一誠, 林雄介, 平嶋宗, “算数文章題を対象とした問題構造の組み立て演習の実現”, 2015年度人工知能学会第29回全国大会(JSAI2015).
- (6) Tsukasa Hirashima, Kazutoshi Furukubo, Sho Yamamoto, Yusuke Hayashi and Kazushige Maeda : Practical Use of Triangle Block Model for Bridging between Problem and Solution in Arithmetic Word Problems, Proc. of ICCE2016, pp. 36-45(2016).
- (7) 吉村穰, 山本晏宏, 林 雄介, 平嶋宗: “代数文章問題を対象とした三角ブロックによる方程式立式支援”, 2016年度 JSiSE 学生発表会, (2016)