

三角ブロックにおける情報不備課題の定義と演習化

清水拓海^{*1}, 尾坂隆児^{*1}, 守山映見里^{*2}, 山元翔^{*3}, 前田一誠^{*4}, 林雄介^{*1}, 平嶋宗^{*1}

^{*1} 広島大学大学院先進理工系科学研究科,

^{*2} 広島大学情報科学部,

^{*3} 近畿大学情報学部,

^{*4} 環太平洋大学次世代教育学部

Design of Exercise for Arithmetic Word Problems with Insufficient and/or Excess Information

Takumi Shimizu^{*1}, Ryuji Osaka^{*1}, Emiri Moriyama^{*1}, Sho Yamamoto^{*1}, Kazushige Maeda^{*1},
Yusuke Hayashi^{*1}, Tsukasa Hirashima^{*1}

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

^{*2} School of Informatics and Data Science, Hiroshima University,

^{*3} Faculty of Informatics, Kindai University,

^{*4} Faculty of Education for Future Generations, International Pacific University

算数文章題の統合過程における学習支援システムとして、算数三角ブロック組立演習が提案され、学習効果が確認されている。システムで演習化されているのは問題としては情報が全て揃ったもののみであり、学習者の思考は与えられた情報内に留まる。一方で、解くための情報を不備化させた問題においては、問題に含まれている情報を吟味し、情報不備の検出と対応が必要になるため、これまでの研究においても学習者における有用性が指摘されている。しかしながら、情報不備課題においては多様な正解が生じる場合が多く、このため答え合わせに困難が生じるため、具体的な実施事例はほとんど見当たらない。本研究では、算数文章題における情報不備課題を詳細に分類し、三角ブロックを用いて診断・フィードバックを伴った演習化・システムの構築をおこなった。本稿では、小学校教員らを対象とした利用実験の結果についても報告する。

キーワード: 学習科学, 算数文章題, 三角ブロックモデル, 情報不備課題, 完備化活動

1. 緒言

算数文章題の解決過程は、変換過程、統合過程、プラン化過程、実行過程の4つの下位過程に分けられるとされている⁽¹⁾。この4過程のうち、問題文から数量概念を抜き出し、問題表象に合った数量関係で結びつける過程である統合過程に、最も学習者の躓きが存在することが知られている⁽²⁾。また、中学生であっても、小学校で習うレベルの算数文章題において、演算子を適切に選択できない学習者が存在することも報告され

ている⁽³⁾。しかし、統合過程は学習者の頭の中で行われる思考活動であるため、第三者からの支援が難しい。

そこで、統合過程を支援するシステムとして、「さんすうさんかくブロックシステム」が開発されている⁽⁴⁾。このシステムは、統合過程を学習者がシステム上で操作可能な形で、算数文章題の解決を学習できるシステムである⁽⁵⁾⁽⁶⁾。

一方、これまでの算数三角ブロックシステムは、解決のために必要な情報が過不足なく揃った情報完備問題のみを扱っており、解決のために必要な情報に過不

足のある情報不備課題は対象としていなかった。情報不備課題では、問題文中で与えられる数量概念を吟味し、その過不足を検出・対応することで、情報完備な問題を取り出すことが必要となる。従って、学習者は対象の問題を解くために必要な知識を単に適用するだけではなく、それが適用可能な形であるかの確認も行う必要がある。

そのため、情報完備問題と比較して情報不備課題は、学習指導要領⁽⁷⁾に示されている「日常的・社会的な事象」とより適合していると考えられる。しかし、情報過剰問題、情報不足問題共に、情報完備問題よりも正解率が下がる傾向にあることが報告されている⁽⁸⁾⁽⁹⁾。また、情報不備課題の一種であり、力学の分野で提案されている、補完する情報によって異なる解法が考えられる問題⁽¹⁰⁾については、算数の分野では扱われておらず、こちらも解法とその適用条件について深く習得する必要があることから、演習化・支援する余地があると考えられる。

本研究は、先行研究である算数三角ブロックシステムを、情報不備課題に拡張する試みである。そのため、情報不備課題について分類し、それらを演習化したシステムである算数三角ブロック-webを開発した。本稿では、それらの分類と演習化方法を述べる。また、本システムについて実際の小学校教員を含めた方々に利用いただいたため、その評価についても報告する。

2. 三角ブロックモデル

算数文章題の最小単位は、3つの数量概念とそれらをつなぐ1つの数量関係であるとされている⁽¹¹⁾。この関係は、通常以下の方程式で表される。

$$[数量1][計算記号][数量2] = [結果]$$

この式と等価な図式表現が、図1に示す三角ブロックモデルである。各数量をノードと呼ぶ。また、算数文章題は、次に示す式のように複数の式で構成されるものもあり、本モデルは図2の形式で扱っている。

$$[数量1][計算記号][数量2] = [結果1]$$

$$[結果1][計算記号][数量3] = [結果2]$$

なお、結果1のように三角ブロックの中間に存在する数量概念を、中間数量概念と呼ぶ。

本モデルは、数量概念とその関係を「言葉の式」と

して表しており、各々の数量概念は、文章題中の数量概念と対応している。このように、文章題中の数量概念を三角ブロックの形式で接続させることにより、統合過程が外在化されている。よって、学習者は自身の思考について可視化された形で振り返ることが可能になる。また、本モデルは「言葉の式」として表現されていることから、次の過程であるプラン化過程での立式活動にも、シームレスに移行することが可能になる。

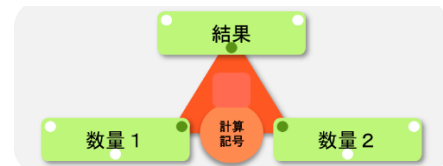


図1：単三角ブロックの定義

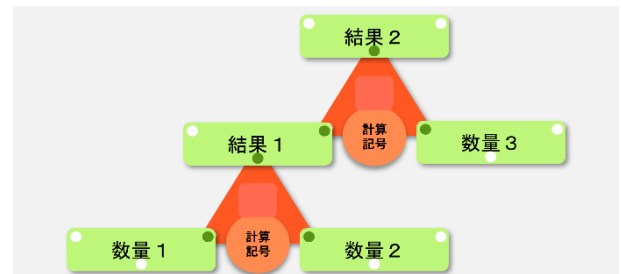


図2：複合三角ブロックの定義

3. 情報不備課題の定義と問題の分類

3.1 情報完備問題と不備化・完備化

情報不備課題のうち、数量概念の数を増大させる不備化を行った問題を情報過剰問題、数量概念の数を欠落させる不備化を行った問題を情報不足問題と呼ぶ。

学習者が情報不備課題を解く際は、不備となっている点を修正して情報完備問題を作問し、解くことになる。この修正活動を完備化活動と呼ぶことにする。情報過剰問題であれば情報の取捨選択が、情報不足問題であれば情報の補完が、それぞれ完備化活動にあたる。また、情報過剰問題の場合はどの情報を過剰と判定するか、情報不足問題の場合はどの情報を補完するかによって、異なる解法を用いる問題となる場合がある。

3.2 情報完備問題の分類

本研究における情報完備問題の分類を、図3に示す。

まず、情報完備問題は、その問題における解が、1回の演算で求められるのか、2回以上の演算で求められるのかで分けられる。1回の演算で求められる問題は

単一三角ブロックの形式が、2 回以上の演算で求められる問題は複合三角の形式が、それぞれ問題表象を表す図式表現となる。

次に 3 段目では、中間数量概念の形式について分類している。ここで、「空白化」とは、中間数量概念が文章の形で提供されないものを指す。算数文章題において中間数量概念は、文章中で言及された 2 つの数量概念から推論的に導かれる新しい数量概念である。よってその量が何であるかを思考させる活動が必要であるため、本分類項目を設定している。なお、図中(※1)の点は、単一演算では中間数量概念が存在しないため、分類項目を設定していない。

4 段目は、数量概念がノードの形式で予めシステムから与えられるかどうかで分類される。「ノードは与えられない」の項目の問題では、ノードはシステムから与えられない。その問題を解くとき学習者は、問題文章中の数量概念から、必要な概念を抽出して入力することにより、ノードを作成する必要がある。この活動のことを、分節化と呼称する。

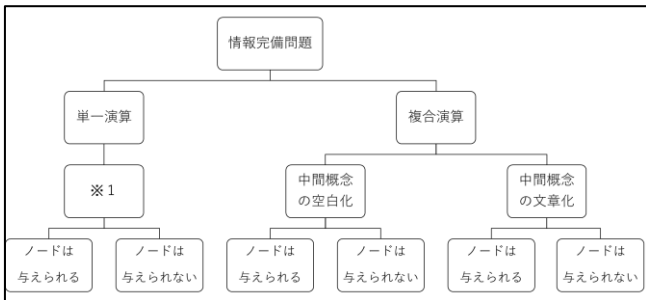


図 3：情報完備問題の分類

3.3 情報不備課題の分類

3.2 節に示した情報完備問題と同様、情報不備課題においても、単一演算で解ける問題と、複合演算で解ける問題に分類できる。複合演算で解ける情報不備課題の分類は、図 4 に示す単一演算の情報不備課題の分類と、図 3 に示す情報完備問題の分類を合わせたものになる。よって、本節では単一演算で解ける情報不備課題の分類のみを示す。

図 4 の 2 段目の分類は、その問題における情報不備の対象である。「所与ノード不備」とは、問題文章が完備問題であるもののシステムからの所与ノードに過剰・不足がある問題を指す。「問題情報の不備」とは、問題文章そのものが過剰問題・不足問題であるものを

指す。後者は純粋な情報不備課題であるが、前者においては、問題文章と所与ノードが部分的に対応していない問題となっている。前者は、純粋な情報不備課題の前段階として、注意深く問題文章と所与ノードを観察させる演習として設定している。

3 段目の分類は、「完備化過程で複数解法が存在するか」である。情報過剰問題であれば、どの数量概念を選ぶか、情報不足問題であれば、どの数量概念を補完するかで、組立可能な三角ブロック構造が異なる問題と同一になる問題を分類している。「複数の問題がある」問題の例として、情報不足問題を図 5 に示す。図 5 中央部に示すノードがシステムから与えられた場合、学習者が「ボートの川を上る速さ」を補完することで図上部の構造が組み立てられるが、「ボートの川を下る速さ」を補完すると図下部の構造のようになり、別の構造が完成する。

なお、4 段目の分類は、3.2 節で述べたものと同義である。

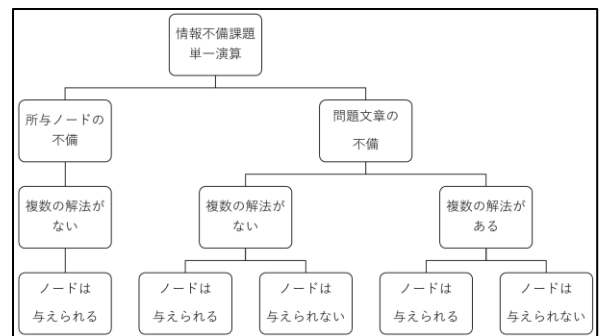


図 4：単一演算における情報不備課題の定義

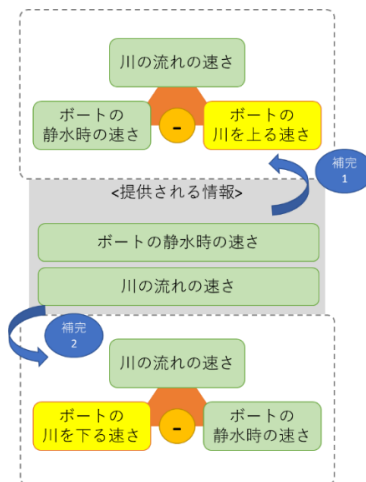


図 5：解法が異なる問題とその解法

4. 算数三角ブロック-web

本研究では、3 章で分類した問題を取り扱う学習支

援システムとして、「算数三角ブロック-web」を開発した。本システムは、学習者の持つOSの形態を問わないよう、Webアプリケーションとして開発している。

本システムの演習の流れは、(a)三角ブロック構造組立フェーズ、(b)作問・組立結果見直しフェーズ、(c)計算入力フェーズの、3つのフェーズで構成される。

(a)の三角ブロック構造組立フェーズの画面イメージを、図6に示す。本フェーズにおいて、学習者は三角ブロック構造の組み立てを行う。なお3章で述べた、分節化が必要な問題や、取捨選択・補完が必要な問題については、このフェーズで入力による分節化・補完と、取捨選択活動を行う。なお、このフェーズでは、学習者が組み立てた三角ブロック構造に対してシステムによる自動診断とフィードバックを可能としている。

ここで、情報不足問題における補完には、キーワード検索結果選択法を適用している。学習者はまず図6の組み立て画面で補完したい情報を確認したのち、図7の入力画面で、その情報についてのキーワードを入力する。システムはそのキーワードを受け取り、そのキーワードを含む数量概念をリストとして提示する。このときシステムは、問題ごとに提示する情報をリストとして保持しており、そのリストから、入力された文字列を含むものが抽出されて画面に提示される。その提示されたリストの中から、学習者が必要な数量概念を選択したのち、数量がシステムから自動的に追加されたものがノードとしてマップに出現する。

ここで、システムに保持されている、提示する数量概念のリストは、そのリスト中の全ての量が問題文章中の言葉を含んでいる。また、補完可能なノードに関しても問題ごとに保持していることから、補完できない量に関してはシステムによるフィードバックが可能である。そのため、学習者との対話的な補完が可能であることから、この手法は妥当であると考えている。

加えて、補完画面では、学習者が入力するまでは選択できるリストが提示されない。そのため、学習者に対し、能動的に所与情報を吟味して補完する活動を演習化できていると考えている。

(a)の正解判定後、(b)の作問・組立結果見直しフェーズを設定している。情報不備課題では、完備化活動を行うことにより、情報不備課題から情報完備問題を作問することになる。よって、その結果を本フェーズで

示すことにより、学習者のリフレクションを支援できると考える。

また、(c)の計算入力フェーズでは、学習者に対して未知数ノードに数値を入力させる。この画面を図8に示す。ここで、このフェーズで表示される三角ブロック構造については(a)で組み立てた構造である。なお、未知数については、問題文章中に示された求めるべき数量概念だけでなく、複合三角ブロックにおける中間数量概念も計算入力の対象としている。加えて、このフェーズでも、学習者から入力された結果について、システムからの診断とフィードバックが可能である。

以上のように、フェーズ(a)と(b)では、頭の中で行われる統合過程を外在化させることによって、統合過程の操作対象化とリフレクションを可能にした。また、フェーズ(c)では、構造化した問題について計算させる。よって、統合過程からプラン化過程へのシームレスな移行を可能にしている。

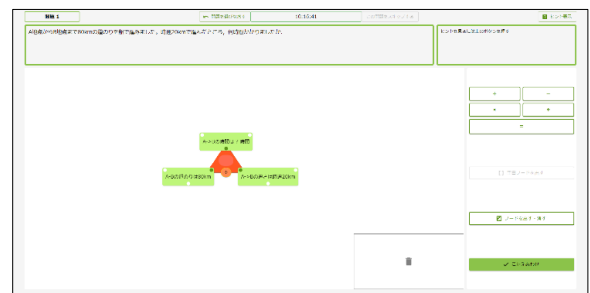


図6：三角ブロック構造組立フェーズの画面



図7：補完におけるキーワード検索画面



図8：計算入力画面

5. 本システムの評価

本システムの予備的評価として、(1)小学校教員による利用実験、(2)教職大学院生(5名の現職教員を含む)による利用実験を行ったので、その結果を報告する。

5.1 小学校教員を対象とした利用実験

公立小学校の教員 11 名に対し、システムを使用してもらい、アンケート調査を行った。なお、本システムについては、単文統合型作問学習支援システムであるモンサクン⁽¹²⁾、モンサクン・三角ブロック接続教材と関連していることから、まず 10 分で全体像を消化した後、(1)モンサクンの利用(和差・乗除)、(2)本システムの情報完備問題、(3)モンサクン・三角ブロック接続教材、(4)本システムの情報不備課題、(5)アンケートの順に利用していただいた。それぞれにおいて、システムの使い方を説明し(約 5 分)、その後自由に利用していただいた(約 15 分)。自由利用においては、筆者らへの質疑や、教員同士の意見交換が活発に行われていた。その後、アンケートへの紙面での回答をお願いした。アンケートの項目を表 1 に示す。本アンケート項目は、上記システム(1)~(4)のシステムごとに設定しており、それぞれに回答していただいている。

表 1：小学校教員向け実験アンケート項目

(1)	算数に役立つ課題であったと思いますか？
(2)	どの学年に利用できそうですか？
(3)	アプリが無くても同様な授業を実施できそうですか？
(4)	アプリを使った授業をしてみたいですか？
(5)	将来的に利用できる可能性があると思いますか？
(6)	改善すべき点、感想などをお書きください。

アンケート調査結果を、図 9 から図 13 に示す。図 9 と図 13 から、本システムが算数の教材として受け入れられていることが確認できた。ただし、図 12 については半数程度の肯定意見しか得られなかった。この原因として、組立フェーズにおいて、組立とノードの分節化・取捨選択・補完が別画面で構成されており、認知負荷が高いことが原因として考えられた。よって実験後、組立フェーズを扱う画面を 1 画面に集約するようシステムを改善しており、次節の利用実験では改

善後のシステムが用いられている。

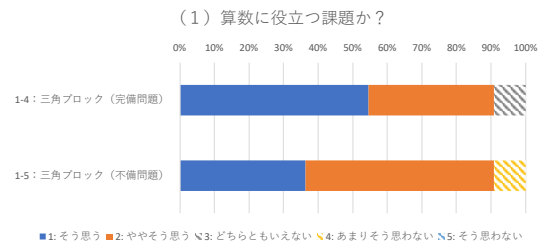


図 9：設問(1)の結果

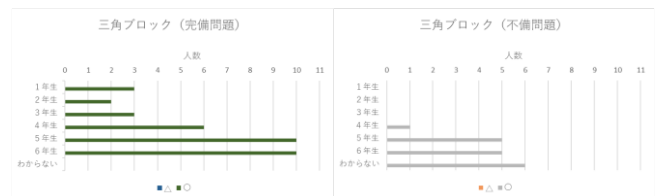


図 10：設問(2)の結果

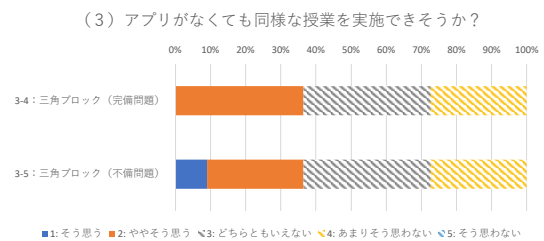


図 11：設問(3)の結果

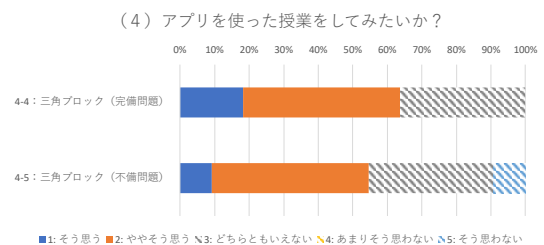


図 12：設問(4)の結果

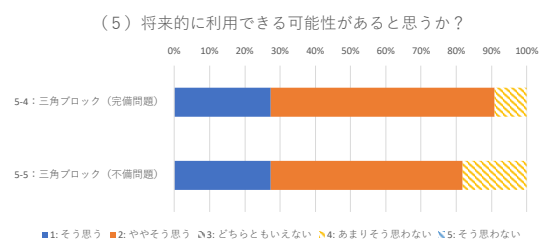


図 13：設問(5)の結果

5.2 教職大学院生を対象とした利用実験

本節では、前節の指摘を踏まえて改善したシステムについて、教職大学院生 13 名(全員教員免許保持、うち 5 名が現職教員)に対し、システムを使ってもらい、アンケート調査を行った。今回の調査では、5.1 節同様、本システムと関連しているモンサクン・三角プロ

ック接続教材、および、三数量関係づけアプリと同時に実験を行った。アンケート調査では、5.1 節の項目に加えて、教授者向けの教材分析に利用可能であるか、児童の取り組みを評価するツールとして有用かなどの項目を追加している。また、表 1 項目 (2) については、「中学生以上」の項目も追加している。実験は 3 日間に分けて行い、それぞれの日程で、各システムについて(1)利用説明、(2)システム利用、(3)アンケート回答を、30 分ずつ行った。本システムについては、(1)の利用説明の時間に情報不備課題について説明を行い、その後(2)の利用時間に表 2 の問題を解いてもらった。

データに不備のあった項目を除くアンケート調査の結果について、5 件法で調査した項目を図 14 に示す。このうち、現職教員 5 名を抜き出したグラフを、図 15 に示す。また、どの学年に利用可能であるかについて全員を対象に集計したグラフを、図 16 に示す。

表 2：教職大学院生向け利用実験の問題

問題種類	複数解法
完備／複合／中間ノードが文章	無
不足／複合／中間ノードが文章	無
不足／単一	有
不足／複合／中間ノードが文章	有

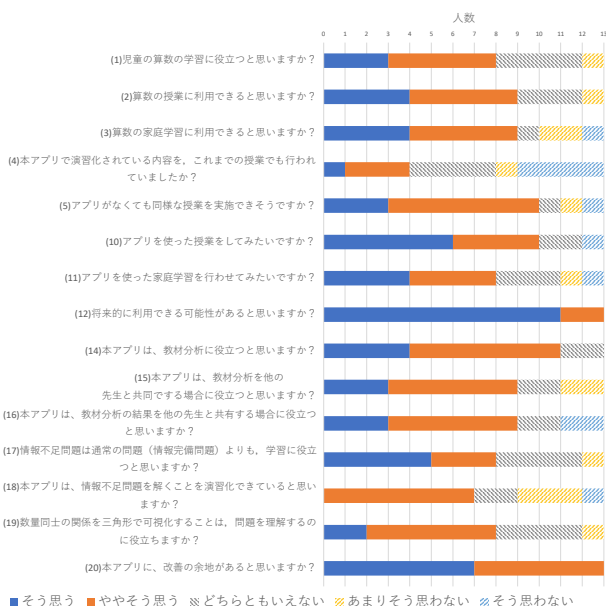


図 14：教職大学院生向け予備的実験の結果(1)

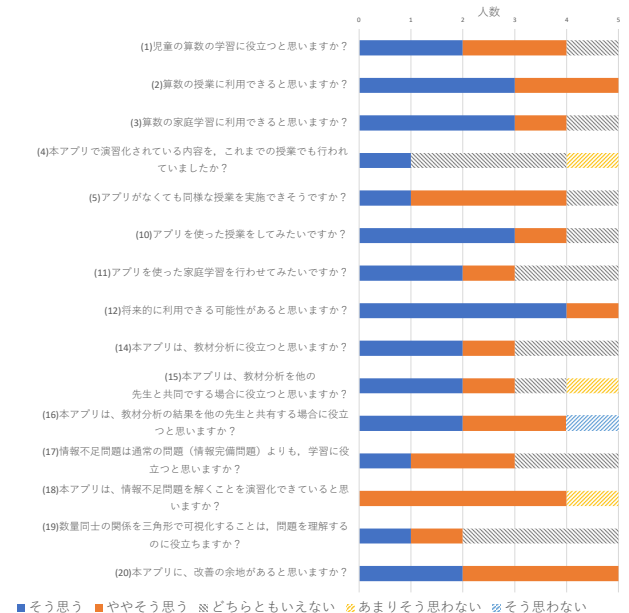


図 15：現職教員のみでの予備的実験の結果

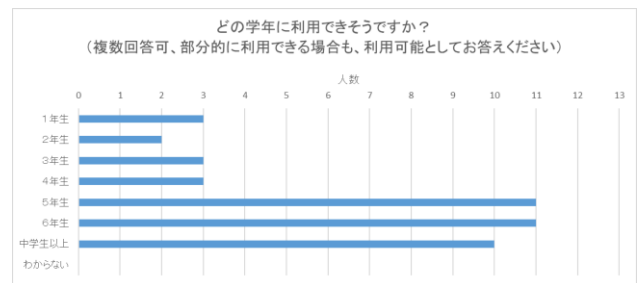


図 16：教職大学院生向け予備的実験の結果(2)

項目 1 の児童の算数の学習に役立つこと、項目 2 の算数の授業に利用することについては、半数以上の肯定意見が得られ、否定意見は 1 名であった。かつ、図 15 より、両方の項目で現職教員からの否定意見はなかった。項目 19 の三角ブロックを用いた可視化についても、半数程度の肯定意見が得られた。これらのことにより、本システムの問題を児童に取り組みさせることに関して多くの教員が肯定的であることが示された。三角ブロックの可視化については、さらにシステムのユーザビリティを改善することによって、より多くの教員に受け入れられると考えている。

また、項目 3 の算数の家庭学習に利用できそうか、ということについても、全体での調査では否定意見があるものの、現職教員からの否定意見はなかった。本システムは 4 章でも述べた通り、学習者の使用端末を問わない Web アプリケーションとして開発している。このことから、システムをさらに改善することにより、授業・家庭学習問わず利用できる可能性が示唆された。

項目 4 については、実験前は否定を予想していたが、

半数以上の8名が否定していなかった。情報不備課題の重要性は先述したように多くの文献で述べられているが、具体的な実践報告はほとんど見当たらず、本システムのように同一の情報不備課題について異なる完備化を考えさせる活動を診断・フィードバックを用いて実現している例は存在しない。従って、項目4の結果については、被験者がこのような情報不備課題の重要性を認識しており、一部を取り入れた授業を行っているとは推定される。

項目5についても肯定の意見が見られるが、これについても、本システムの内容を、黒板を用いた通常の授業形態でも実施可能であると判断されたものと思われる。関連するモンサクンや三角ブロックについての先行研究でも、モデルに基づいて、教員による黒板を用いての作問の仕組みの指導や、三角ブロックの組み立ての指導が行われ、その後システムを用いて学習者個々が演習する形をとっていた。よって、本システムの評価において、システムなしでの授業実施の可能性と、演習を含めた場合のシステムの必要性は対立するものではないと判断できる。特に、演習を含めた場合、本システムを利用することで学習者個々への診断・フィードバックが可能であることから、本システムの有用性は向上すると考える。また、本システムを改善し、解決途中のログを収集しリアルタイムに教授者に提示することができれば、本システムの有用性は向上すると考える。この点については、今後の課題である。

加えて、項目14の本システムを教材分析に有用かについても、11名の肯定意見が得られ、否定意見は見られなかった。本実験では、システム利用中にしばしば問題内容について意見交換する光景が見られていたことから、本システムが教材分析のツールとして有用である可能性が裏付けられると考える。

しかし、項目18の情報不足問題を演習化できているかについては、肯定意見が7名と半数をやや上回る程度であり、否定も4名いた。これについては、情報不備課題の重要性は指摘があるものの、どのような活動をすれば情報不備課題を取り扱ったことになるかは研究レベルでも定式化されたものがなく、本研究がその活動を具体化した最初の例になっていることから、何をもって演習化と呼ぶかに関しての合意がなかったことが1つの要因であると考えている。また、項目20

の本システムに改良の余地があるかについても13名全員が肯定しているように、システムの完成度が必ずしも高くなかったことが影響していると考えている。本研究が情報不備課題における完備化活動の具体的な定式化を行い、診断・フィードバック機能を実現したうえで、教員による利用を可能にした最初の例であることを考えれば、半数が演習化として肯定的な判断をしたことは十分な成果であると判断している。

上記のアンケート結果は、項目4, 5, 18にあるように、全面的に本システムの必要性を肯定するものとはならなかったが、それぞれ本システムの価値を損ねるものではないとの解釈が可能である。他の項目は、多くの教員らが本システムを利用価値のあるものとして受け入れていることを示している。このことから、本システムをさらに改良し、児童に向けた実践利用に進む上での十分な評価結果を得られたことが本研究の成果であると判断している。

また、アンケートの最後の自由記述では、平均224文字の記入が見られた。必須項目とは指定していなかったにもかかわらず、多くの記入が見られたことはアンケートで示された本システムへの興味を裏付けるものと判断している。内容としては、具体的なシステムの改良点や、適用学年・適用学習者についての指摘が多かった。例えば、不正解だった場合の学習者に対してのフォローや、用意されているノードについて、図などを用いて視覚的に表現する機能などを追加する要望があった。特に前者については、図16に示すように多くの教員が小学校高学年以上で使えると判断してはいるものの、学力の低い児童には難しいとの指摘もあった。特にそのような学習者に対しては、継続的な学習を支援するために、誤りの回数に応じて段階的にフィードバックを用意するなどの対応が必要であると考える。

6. 結言

本研究では、統合過程におけるさらなる支援のために、情報不備課題について詳細に定義し、分類したのち、三角ブロックを用いて演習化を行った。情報不備課題では、過剰な情報の判断や、情報の不足の発見・補完が必要となり、特に、不足情報の補完において、

複数の補完情報候補が存在し、どれを補完するかによって解き方が異なってくる場合があり、問題の意味的吟味が促進されることが期待できる。

情報不備課題を演習化したシステムを、小学校教員、および教職大学院生の計 24 名に利用してもらい、システムの有用性を評価した。多くの利用者が算数の課題として受け入れていることが確認され、また、教員同士の教材研究として利用できる可能性があること、また将来的にはあるが、授業等で利用できる可能性があることも確認された。

今後の課題としては、教員らによる利用を通して指摘された、学習に関係のない負荷を軽減するシステム改良があげられる。本演習が情報不備課題の解決課題となっていることはある程度の合意を得られたが、演習において学習者に考えさせたいこと以外で生じる負荷についての指摘もいくつかあった。たとえば、本システムで用いているキーワード検索結果選択法では、「全て」と「全部」など、類義語を検知できず、そのために入力による自由度が高くないために、学習者がシステムに合わせる必要があった。また、本演習活動のログを収集し、分析対象としたり、リアルタイムのモニタリングを実現したりすることが、本演習を実践可能にするために必要と考えている。たとえば、情報過剰問題の問題解決過程において、学習者の能力と情報の取捨選択活動の順序に関連があることが報告されており⁽¹³⁾、本システムでそれを踏まえた支援、および、検証・分析を行うことも今後の課題となっている。

参 考 文 献

- (1) 多鹿秀継: “算数問題解決過程の分析”, 愛知大学研究報告, 44(教育科学編), pp. 157-167 (1995)
- (2) 坂本美紀: “算数文章題の解決過程における誤りの研究”, 発達心理学研究, 第 4 巻, 第 2 号, pp. 117-125 (1993)
- (3) 植坂友理, 鈴木雅之, 清河幸子, 瀬尾美紀子, 市川伸一: “構成要素型テスト COMPASS に見る数学的基礎学力の実態—「基礎基本は良好, 活用に課題」は本当か—”, 日本教育工学会論文誌, 37(4), pp.397-417 (2014)
- (4) 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”, 人工知能学会全国大会論文集第 27 回 3D34in-3D34in (2013)
- (5) Hirashima, T., Furukubo, K., Yamamoto, et al. : "Practical use of triangle block model for bridging between problem and solution in arithmetic word problems," Proc. of International Conference on Computers in Education (ICCE2016), pp. 36-45 (2016)
- (6) Hirashima, T., Hayashi, Y., Yamamoto, S. et al. : "Bridging model between problem and solution representations in arithmetic/mathematics word problems," Proc. of International Conference on Computers in Education (ICCE2015), pp. 9-18 (2015)
- (7) 文部科学省: “小学校学習指導要領解説 (平成 29 年告示) 解説 算数編”, https://www.mext.go.jp/content/20211102-mxt_kyoiku02-100002607_04.pdf (2023 年 2 月 8 日確認)
- (8) 岡田猛: “児童の算数の課題解決に及ぼす過剰情報の効果”, 日本教育心理学会第 27 回総会発表論文集, pp. 380-381 (1985)
- (9) 竹綱誠一郎, 齋藤寿実子, 吉田美登利, 佐藤朗子, 瀧沢絵里, 小方涼子: “児童の作文学力と算数文章題学力との関係”, 人文, 10, pp. 85-92 (2012)
- (10) 中道孝之, 平嶋宗: “力学の情報不備問題を対象とした演習支援システム”, 教育システム情報学会誌, vol. 27, No. 2, pp. 155-163 (2010)
- (11) T. Hirashima, S. Yamamoto and Y. Hayashi: “Triplet structure model of arithmetical word problems for learning by problem-posing”, Proc. of HCII2014, pp. 42-50 (2014)
- (12) 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, vol. J96-D, No. 10, pp. 2440-2451 (2013)
- (13) 岡本真彦: “発達の要因としての知能及びメタ認知的知識が算数文章題の解決に及ぼす影響”, 発達心理学研究, 第 2 巻, 第 2 号, pp. 78-87 (1991)