

「児童の問題づくりを個別に促進する文章題作成コンピュータソフト及びカリキュラムの研究開発 (VIII)

宮崎 理恵 佐伯 陽 平嶋 宗 林 雄介

1. はじめに

小学生低学年で学習する和差算数文章題は、順思考問題と逆思考問題の2つに大別することができ、そのうち、逆思考問題が解けない児童が多いことが知られている(栗山 2009)。逆思考問題の難しさは、問題文で示される物語から想定される演算と答えを求めるための演算が一致しない(増える物語で引き算をするなど)ことにあり、文章題に登場する数量の全体部分関係が理解できていないことが解けない原因と言われている(清野 2009; 合田 2015)。

また、算数文章題の理解を深める上では、文章題を作成することが有用であるとされている(横山 2006; Hirashima 2000; 山元 2013; Hirashima 2014)。執筆者らはこれまでに、作問学習を支援するコンピュータソフトウェアに関する研究を進めており、単文統合型作問学習支援システムを開発し、授業内での実践利用を進めている(前田 2013, 前田 2014)。本研究では、全体部分関係を理解させることを目的として、「問題文」と「式」を「全体部分関係」によって明示的につなぐことを具体的な操作として実現するシステムを新たに開発し、実践的に利用したので報告する。

2. 全体部分関係の理解

本章では、まず、従来の全体部分関係の取り扱いについて述べた後、本研究における全体部分関係のモデル化について述べる。

2.1 全体部分関係の図示化

本稿では、逆思考問題を学ぶ小学2年生に対しての全体部分関係の理解支援を目的としているが、従来の全体部分関係の取り扱いについて整理する。現在、逆思考問題を学習する小学2年時の算数指導には、「テープ図」が使用されている(清野 2009; 平井 2012; 田中 2014)。

「テープ図」の典型的な図を図1に示す。

「テープ図」には1本のテープが使用されており、同じテープ図でも、求める部分によって演算が異なり、加法・減法の関係を見つけることが期待できる。「テープ図」は、1年時に使用する「ブロック図」から3年時に使用する「線分図」への中間に位置づけられており、具体物から抽象物へ繋げるための大事な考え方であるとされている。

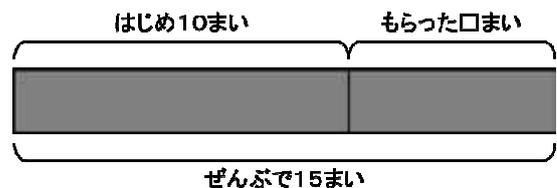


図1 テープ図の概念図

また、「テープ図」では算数文章題の未知数を含む数量関係を図示することが可能なため、未知数を含む数量関係を視覚的に把握することができる。そのため、逆思考問題のように答えを求める計算が難しい場合に使用されているのだが、次のような問題点もある。

まず、図1からも分かるが、テープ図で数量関係を表した場合、1つのテープ図から全体量と部分量を同時に見る、表すことが必要になる。さらに、テープ図を操作する際、操作途中でテープが部分と部分になってしまい、その合計が全体という関係を表すような時に、全体量と部分量の関係が見えなくなってしまう児童もいる。これらの事から、まだ物事を抽象的に考えることができない児童にとっては、「テープ図」の読み取りが困難であると考えられる。

その結果、全体部分関係を理解していない、つ

まり逆思考問題が出来ない児童に見られる傾向として、問題場面のテープ図から正しく立式できない、正しいテープ図を書けるのに立式ができない、といったような事が挙げられる（平井2012）。これらの問題を解決するために、本研究では次節で述べる全体部分スキーマを用いる。

2.2 全体部分スキーマ

二項演算の加減算において、全体と部分の関係を視覚的に表したのものとして、「全体部分スキーマ」がある(Wolters 1983)。「全体部分スキーマ」の概念図を図2に示す。

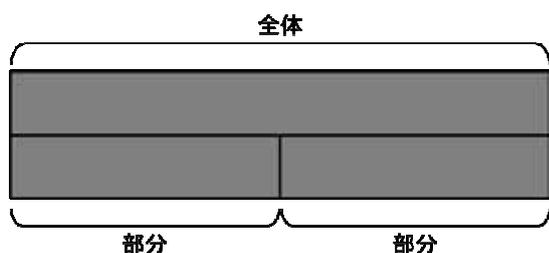


図2 全体部分スキーマの概念図

「全体部分スキーマ」とは、二項演算の加減算の関係を全体量と部分量に分け、視覚的に表したものであり、全体を表す1つの要素と、部分を表す2つの要素の、合計3つの構成要素から成り立つ。1本のテープから部分と全体を見なくてはならない「テープ図」に対して、「全体部分スキーマ」には全体、部分、部分をそれぞれ表すテープが存在するため、全体と部分の独立した操作が可能になる。そのため、物事を抽象的に考えることが困難な児童にとっても扱いやすいといえる。また、筆者らがこれまでに開発・実践してきた算数文章題の作問学習支援システム：モンサクンと同様に、算数文章題を構成する3つの数量を意味する単文カードを用いることで、算数文章題の数量関係を文章題のまま表現することができる。これを図3に示す。

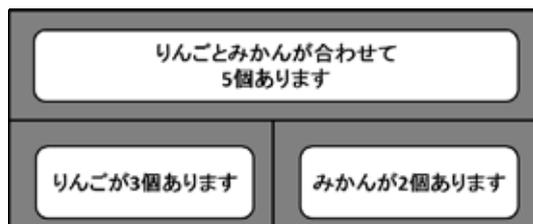


図3 全体部分スキーマと単文カード

2項演算で解決可能な文章題は、合併、増加、減少、比較(超過比較、不足比較)のどれかに属しており、各物語は数量を表す存在分と数量の関係を表す関係分のうち、存在分2つ関係分1つを合わせた3つの文によって成り立つとし、これを文章題の三文構成モデルと呼んでいる。

(Hirashima 2014, 神戸 2015) このモデルの構造を表1に示す。合併問題の3つの文を全体部分スキーマに当てはめると、合併関係文が全体量に当たり、ほかの存在文2つが部分量に当たる。増加問題については、変化後存在文が全体量に当たり、変化前存在文が部分量に当たる。ほかの減少、比較においても同様で、算数文章題はどの物語でも全体量、部分量1、部分量2の3つの要素を含んでいる。さらに、2つの部分の長さの合計が全体を表しているため、部分と部分を足すと全体になるという理解がしやすい。また、部分を求めたい場合は、全体から残りの部分を引いた量であることも視覚的に理解することができる。

表1 算数文章題における物語と三文構成

合併物語	部分存在文	部分存在文	合併関係文
増加物語	変化前存在文	増加関係文	変化後存在文
減少物語	変化前存在文	減少関係文	変化後存在文
比較物語(超過)	優量存在文	劣量存在文	超過比較関係文
比較物語(不足)	劣量存在文	優量存在文	不足比較関係文

以上の事から「全体部分スキーマ」からは次の3種類の式を得ることができる。

- ・全体量 - 部分量1 = 部分量2
- ・全体量 - 部分量2 = 部分量1
- ・部分量1 + 部分量2 = 全体量

ここで、単文カードによる数量関係の表現と、全体部分スキーマから得られる3つの式より、加減の二項演算における算数文章題は、どんな物語にも1つの加算式と2つの減算式が存在することが分かる。合田らは、この3つの式の間関係を1和2差関係と呼んでいる(合田2015)。

「全体部分スキーマ」は1和2差関係と同様の3種類の式を視覚的に得られるため、1和2差関係を表す図的表現として有用である。また、全体と部分が独立した要素として存在するため操作しやすく、求めたい未知数を表す式も視覚的にとらえることができる。以上の利点を踏まえて、我々は「全体部分スキーマ」を全体部分関係の理解支援に有用だと考え、これを利用したシステムの作成を行った。具体的なシステム

内容について次章で述べる。

3. 算数文章題の構造変換活動

3.1 構造変換活動の枠組み

本論文では、算数文章題に対する理解を深める活動として、(1) 三文構成言語表現、(2) 三文割り当て全体部分表現、(3) 関係式表現、(4) 計算式表現、の四つを相互に変換する活動を設計開発した。関係式とは、言語表現から得られる数量関係を表現した数式表現であり、未知数が含まれていない場合を、(3-1)物語式、未知数が含まれている場合を(3-2)問題式、と呼ぶ。物語式のもととなる言語表現は、答えを計算する必要がないため、通常問題とは言えないが、本研究のように、構造変換活動を行う場合には、その物語の構成要素をどのように全体部分関係に割り当てるか、あるいは数式表現に変換するか、といった活動が可能となるので、重要な要素となる。また、算数文章題の理解を構造変換として捉えると、言語表現から数量表現を取り出すためには、この物語としての解釈が不可欠であるため、物語としての理解は極めて重要であるといえ、したがって、本活動において基本的で不可欠の要素であるといえる。

問題式は、この物語において一つの値が未知である場合である。解くという活動は、この問題式に対して可能となる。計算式とは、問題式において未知である数量を求めるための計算を表す式である。ここで、物語式と問題式は、数量間の関係を表しているが、計算式は計算手順を表すことになる。この区別が算数文章題の理解において重要であり、この区別を構造変換活動を通して身に着けさせることが、本研究における重要な目標となる。

なお、この活動の中心が全体部分スキーマの利用であり、このスキーマ表現を児童にも親しみやすいようにテープブロックを読んでいるので、本システム自体をモンサクン・テープブロックと呼ぶ。

3.2 構造変換活動の設計

構造変換活動を通して、全体部分関係の理解を促進できると考えている。なぜなら、この変換構造を理解するという事は、1つの物語から導かれる問題は3つであり、すべての問題の全体部分関係は等しいことを理解していると言えるからである。つまり、逆思考問題に対しても、

全体部分関係を導くことができるため、未知数を求めることができるのである。そもそも逆思考問題が出来ない児童は、全体部分関係を理解していないということも挙げられるが、逆思考問題とはどういった問題なのかを理解していないとも考えられる。児童らは、逆思考、順思考などと考えることはないと思われるが、逆思考問題が解けない児童は、順思考問題ですら、なぜ解けるのか理解していないと考えられる。そのため、文章題の変換構造に沿った演習をすることは、順思考、逆思考を直接的に意識しないにしても、未知数を求める根拠をもつ事にも効果的だと考えられる。以上の事から、変換構造に沿った演習は意味のあるものとする。以下に、簡単な演習の流れを示す。

(1) 物語式 → 物語 → テープブロック

物語式に合致する物語を三文構成で作成し、さらに、その三文をテープブロックに割り当てる活動

(2) 物語 → テープブロック → 1と2差関係の数式

与えられた物語(三文構成)の三文をテープブロックに割り当て、そこから1と2差の関係(三つの数式)を取り出す。

(3) 物語 → 1と2差関係の数式

物語から、直接1と2差関係を取り出す。

(4) 物語式 → テープブロック → 物語

物語式を構成する数値をテープブロックに割り当て、その割り当てに合致する物語を作成する。

(5) 物語 → 問題 → テープブロック → 問題式、計算式

物語に対して未知量を設定することで問題を作成し、その問題を構成する三文をテープブロックに割り当てる。

(6) 問題式 → テープブロック → 問題

問題式を構成する数量をテープブロックに割り当て、その割り当てに合致する問題を作成する。

(7) 計算式 → テープブロック → 問題

計算式を構成する数量をテープブロックに割

り当て,その割り当てに合致する問題を策する。

3.3 システム化の必要性

前節で構造変換活動について述べたが,これを学校の授業で行うとなると,少なくとも教師が黒板上で模範的にテープブロックを操作し,児童に説明する必要がある。あるいは,児童が自らノート上でテープブロックを作成し,操作を行う,といった方法が考えられる。しかし,前者は児童が直接テープブロックに触れる機会は少なく,児童自らテープブロックの正しい操作を行えるようになることは期待できない。後者は,児童が自らテープブロックを操作することはできるが,その操作や結果が正しいものであるかの評価を,児童全員に対して行うことは困難である。

ガリペリンの知的行為の多段階形成理論として,知的行為の形成とは次の1~5の段階で形成されるとしている。(駒林 1972)

1. 行為の説明や行い方を示す準備段階
2. 学習者の物質的行為段階
3. 行為の外言化の段階
4. 行為のつぶやきの段階
5. 知的行為の段階

これらの段階のうち,第2段階の”学習者の物質的行為段階”が最も重要であり,この段階を飛ばしてしまうと,知的行為の形成は困難になるとされている。この理論に従うと,児童自らが物質的行為にあたる,テープブロックや単文カードの操作が行え,その操作や結果に対してフィードバックが得られる環境が有用であると考えられる。システム化することにより,全体部分関係の抽象概念であるテープブロックを表現でき,タブレット上でのテープブロックや単文カードの操作が可能となる。さらにその操作やフィードバックを児童ごとに得ることができる。以上を踏まえて演習として実装した活動を次章で説明する。

4. 構造変換活動の演習としての実装

本章では,実装した9つの演習について説明する。

4.1 演習1: 物語の種類と全体部分関係

演習1では,3文構成モデルで取り上げた物語の種類を,数量の隠した単文カードから判断し,その単文カードをテープブロックにあては

めてもらう。これは,物語の種類に沿ったテープブロックの全体と部分への当てはめ演習になる。この演習により,物語の種類によって,テープブロックの全体,部分への当てはめが異なるが,同じ種類の物語の場合は同じであることを理解させる。物語の種類選択の段階を図5に示す。黒板にはすでに単文カードが当てはまっており,4種類の物語のうち1つの物語を構成している。学習者は右に並んでいる4つのカードから,黒板にあっている種類のカードを選択する必要がある。ここでは,「あわせていくつ」の物語が選ばれている。カード選択後,決定ボタンを押すと,システムは正誤判定を行う。この段階では,フィードバックは簡単なものしかしなが,ほかの演習では具体的なフィードバックを返す。正解だった場合,次の段階へと進む。次の段階では,黒板の単文カードが操作可能となり,テープブロックへ当てはめることができる。単文カードのテープブロックへの当てはめの段階を図5に示す。テープブロックへすべてのカードを当てはめたのち,決定ボタンを押すと正誤判定となる。

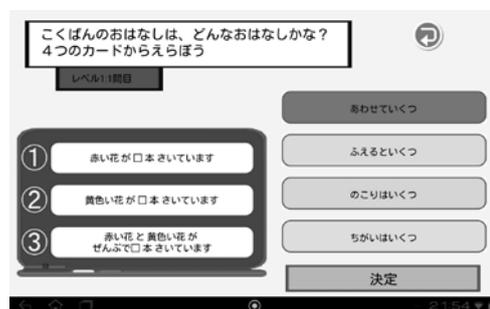


図4 演習1におけるお話の選択

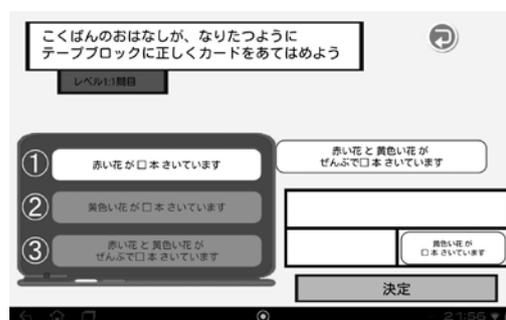


図5 演習1における全体部分への割当

4.2 演習2: 物語の作成と全体部分への割当

演習2では,数量を隠した単文カードによる物語作成活動と,作成した物語のテープブロックへの当てはめを行ってもらう。物語作成活動

の段階を図6に示す。最初の問題では、単文は3枚しか出てこないが、問題が進むにつれてダミーカードが登場し、カードの取捨選択が必要となる。黒板にカードを3つ当てはめ、決定ボタンを押すと正誤判定を行い、正解の場合のみ次の段階に進む。テープブロックへの当てはめは演習1と同じである。

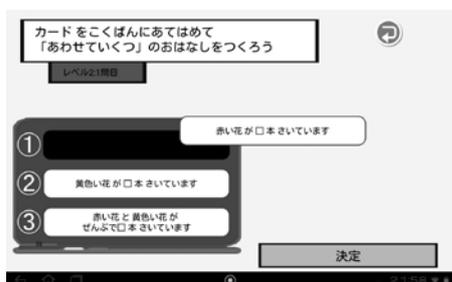


図6 演習2における物語作成

4.3 演習3：物語と全体部分関係

演習3では、数量を含んだ物語の作成と、作成した物語のテープブロックへの当てはめを行う。演習2とは異なり、今回は数量も物語の種類と一緒に考えなくてはならない。間違いのフィードバックは、作成した文章題は成立するか、課題の式に沿った文章題になっているか、テープブロックへの当てはめは正しいか、ということ返す。

4.4 演習4：全体部分と1和2差

演習4では、テープブロック上での物語作成と、1和2差関係を表す3つの式を選択を行う。この演習では最初からテープブロックへのカードの当てはめを行う。この段階を図7に示す。



図7 演習4における全体部分への割当

テープブロックへの当てはめを正解すると、次の段階で数式が現れる。学習者はこの数式の中から、テープブロックから成り立つ1和2差関係の数式を3つ選択することになる。しかし、課題文には「テープブロックから作れる正しい

式をすべてえらぼう」となっており、具体的にいくつ選ばばいいかは分からない。そのため、この演習を通して1つのテープブロックから3つの式を導くことができることを理解させることが期待できる。この段階を図8に示す。数式選択は、数式に触ることで選択・非選択を切り替えることができ、いくつでも選択することができる。選択したのちのフィードバックは、選択した数式が正しいかどうかを返す。例えば、正しい式を1つもしくは2つ選択していると、他にも正しい式が存在することを教えるが、あといくつ正しい式があるかは教えない。もし、1つでも間違った式を選択していると、間違いであることを指摘する。

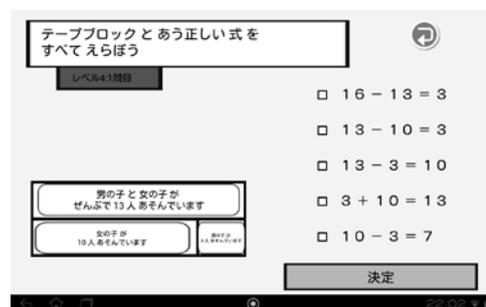


図8 演習4における1和2差関係の割当

4.5 演習5：物語と1和2差関係

演習5では、物語作成活動と、1和2差関係の数式選択を行う。まず、物語作成を行わせ、それが正解した場合、その文章題から導くことができる1和2差関係の式を求めさせる。演習4では1つのテープブロックから3つの式を選択させたが、ここでは1つの物語からも3つの式が成り立つことを理解させる。式選択の段階を図9に示す。

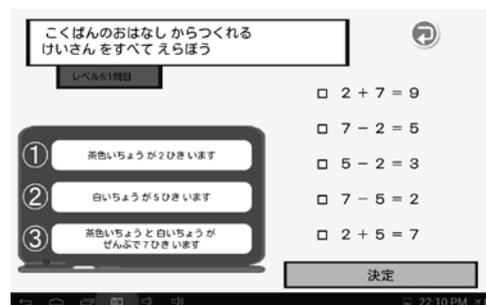


図9 演習5における式選択場面

4.6 演習6：物語式と全体部分関係

演習6以降では、数字のみが書かれた数字カードも利用する。数字カードとは、書かれた数字

の数量のみを意味するカードである。ここでは、数字カードのテープブロックへの当てはめと、単文カードのテープブロックへの当てはめを行う。この段階を図 1 0 に示す。

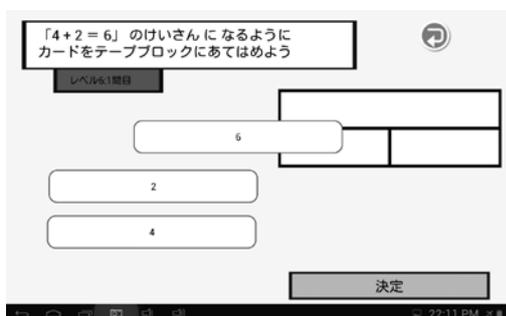


図 1 0 数量の全体部分への割当

次に、数字カードのみで作成したテープブロックと一致するように、新しく現れたテープブロックへ単文カードを当てはめる。これは、演習 2 のテープブロックへの作問活動に似ているが、数字のみで構成されたテープブロックを先に作ることで、テープブロックの作問活動をより簡単に理解させる目的がある。この段階を図 1 1 に示す。テープブロックへの当てはめのフィードバックは、テープブロック上の数量関係が正しいかどうかを返す。

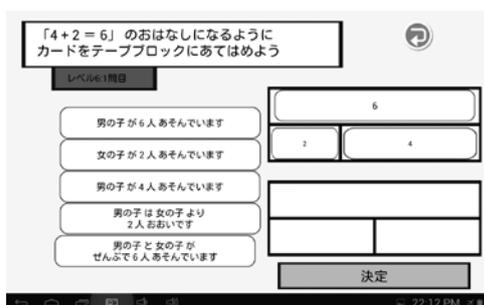


図 1 1 演習 6 における物語の全体部分割当

4.7 演習 7 : 物語からの問題作成と計算式・物語式の対応づけ

演習 7 では、1 つの物語から 3 つの問題を作成し、それに伴う計算式と問題式の変化について演習する。そのため、1 つの問題に対して 3 回演習を行わせる。まず、黒板上ですでに成り立っている物語を構成する 3 つのカードの中から、1 つのカードを選択し、選択したカードの数量を未知数へ変化させる。この段階を図 1 2 , 1 3 に示す。1 つの問題に対して 3 回演習を行うため、全ての未知数を作らせることが出来る。

2 回目以降の演習では、選択済みの未知数はもう選択ができないようになっている。

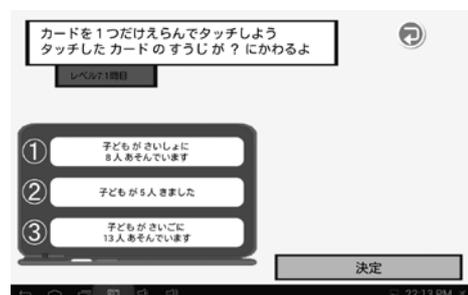


図 1 2 演習 7 における問題作成

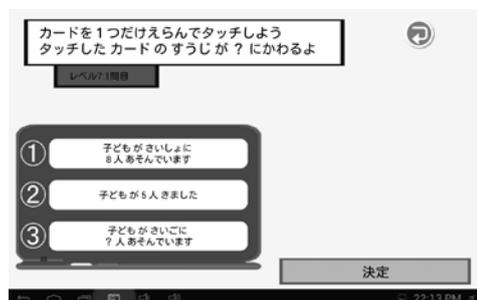


図 1 3 作成された問題

次に、自分で作成した問題をテープブロックへ当てはめさせる。これは、3 つのカードのどの数量を未知数に変化しても全体部分関係は変化しないことを理解させる目的がメインであり、後に求める問題式、計算式を考えやすくさせるための目的もある。

次に、問題式を含む数式が 3 つ現れる。その中から、問題式を選択させる。この段階を図 1 4 に示す。問題式とは、これは黒板上で作成した未知数の場所に対応して物語式の未知数が変化しているだけであることを理解させる目的がある。

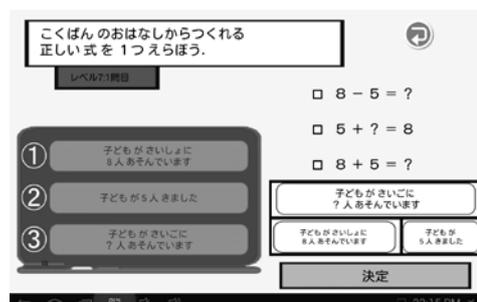


図 1 4 問題式の選択

最後に、計算式を含む数式が 3 つ現れる。そ

の中から計算式を選択させる。この段階を図15に示す。計算式とは、1章で説明したように、未知数を求めるための計算のことを言う。課題文上では、問題式と計算式をそれぞれ「おはなしから作れる式」、「?を求める式」と表記しているが、これらの違いについて理解させることがこの演習としては大きな目的がある。そのため、演習正解後のフィードバックでは、自分の作成した問題と、問題式と計算式を表記しており、再度確認することが出来るようにしている。また、作成した問題が逆思考問題であった場合、問題式と計算式が異なることをフィードバックで表示するようにしている。

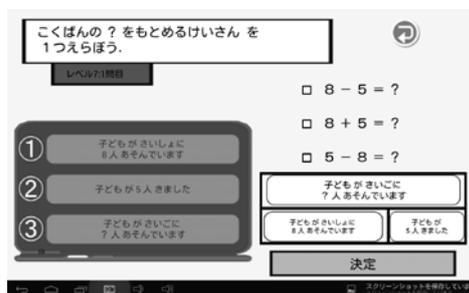


図15 計算式を選択

4.8 演習8：テープブロックと1和2差

演習8では、演習7での計算式を求めた後に、テープブロック上で、1和2差関係の計算を表す演算子の選択をする段階が付け加えられている。この段階を図16に示す。これは、テープブロックの中に含まれている1和2差関係を可視化し、計算式を選択した根拠をテープブロックから見つけさせ、おはなしとテープブロックとを関連付ける目的がある。

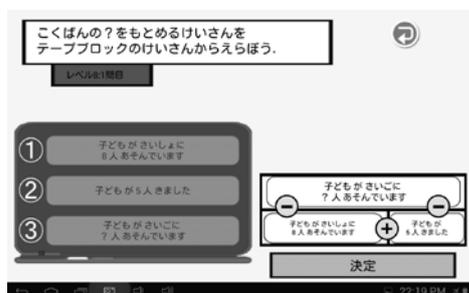


図16 テープブロック中の1和2差関係

4.9 演習9：問題式からの活動

演習9では、問題式が先に提示された状態から、その問題式に沿った問題を作る演習を行う。

まず、未知数を含む問題式を構成する数字カードをテープブロックへ当てはめる。これは演習6と同様の作業であり、未知数を含む問題式から読み取ることのできる全体部分関係を求めさせる目的がある。この段階を図17に示す。

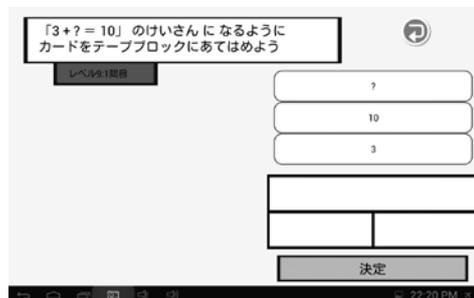


図17 問題式と全体部分関係

次に、数量が隠れた単文カードによる作問活動を行う。この作業は演習2と同様の作業であり、モンサクンの数量を考えない演習である。この段階を図18に示す。最後に、最初に作成したテープブロックの数字カードを、黒板に作成した数量の隠された問題へ当てはめさせる。この段階を図19に示す。この時、テープブロックの数字カードの当てはめにより、単文カードの隠されていた数量は数字カードの数量に変化する。モンサクンでは、文章と数量がすでに組み合わせられていたが、この演習では、その組み合わせも自分で考えることで、提示された問題式を意識しながら作問することが出来る。

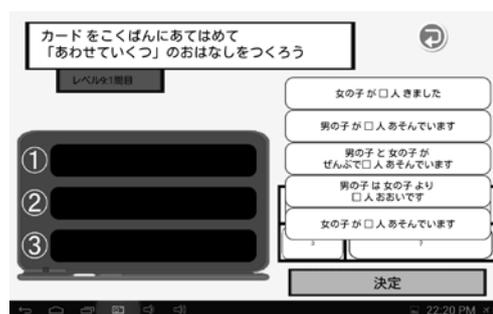


図18 演習9における物語作成

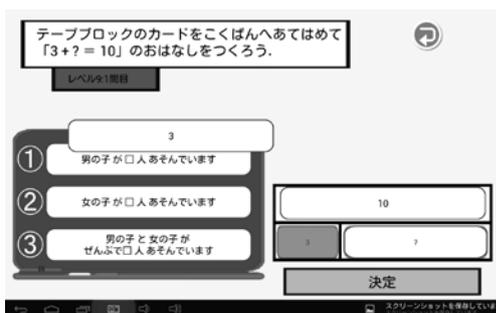


図 19 全体部分からの数量の割当

4.10 演習 10：計算式からの活動

演習 10 では、計算式が先に提示された状態から、その計算式に沿った問題を作る演習を行う。演習の流れは演習 9 とほとんど同じであり、演習 9 と異なる点は、最初に提示される式が問題式であるか計算式であるかの違いだけである。ほとんど同じ演習内容であるにも関わらず、演習 9 と 10 に分けた事には理由は、問題式と計算式、それぞれから作れる問題の自由度に違いがあるからである。計算式からの作問と、問題式からの作問とでは、計算式の方が自由度が高い。なぜなら、問題式から作問する場合には、問題式の演算子によってその問題の種類がほとんど決まってしまうからである。例えば、「 $3+?=5$ 」が問題式となる問題を作ろうとした場合、減少、比較の問題を作ろうとしても、おはなしの順序の中で数量関係が減少してしまうため作れないのである。(ここでは、比較の問題について、超過、不足のどちらにしても問題式を作る場合は、減少になると定義している。逆に「 $5-?=3$ 」が問題式となる問題を作ろうとした場合、増加、合併の問題は作ることが出来なくなってしまふ。つまり、おはなしの種類と演算子が結びついてしまう問題しか作れないのである。

一方、計算式からの作問の場合、演算子によって問題の種類が限定されてしまうわけではないため、「 $5-?=3$ 」の計算式からでも合併、増加の問題がつくることができる。計算式からの作問では、おはなしの種類と演算子が結びつかない問題も作れるのである。つまり、問題式、計算式、どちらからでも逆思考問題となる作問は出題が可能であるが、計算式からの場合、モンサクンのレベル 5 に出てくる「 $5-3$ 」でけいさんできる、あわせていくつのおはなし”のような、おはなしの種類と演算子が一般的に結び付きにくい逆思考問題を自分で作問することが

出来るのである。演習 9, 10, を 2 つの演習として分けることによって、問題式と計算式、それぞれの違いについて理解させることが期待できる。

4.11 実装した問題

実装した問題は和差の文章題を対象としたモンサクンで用いたものをそのまま使った。「モンサクン」で使用されている単文カードのオブジェクトや文言はすべて教科書から引用されているものであり、子どもたちが分からないオブジェクトや表現にならないためである。また、使用している漢字は、主に小学校 2 年生が読み書きできるものにし、課題文で使用する文言も、できるだけ「モンサクン」で使用されている言い回しにしている。また、ダミーカードに関しても「モンサクン」で使用されているものに統一している。

5. 実践と評価

5.1 実践対象と実験手順

本システムを広島大学附属小学校の 2 年生 1 クラス(31 名)、3 年生 2 クラス(各 32 名)において実践的に利用した。本システム「モンサクン・テープブロック」を使用する前には、本システムで使用されている全体部分関係の概念図「モンサクン・テープブロック」を使用した授業が行われた。本システムはレベルが多く存在するため、実践日がいくつかに分けられて行われた。また、実践先である小学校の都合もあるため、システムの利用間隔はそれぞれ異なり、3 クラスそれぞれに対して行われた。本実践では、「モンサクン」、「モンサクン・テープブロック」、いずれのシステム利用時においても、ログイン後のログデータを残すことが可能である。2 年生 1 クラスは、4 時限、3 年生 2 クラスは 7 時限、の利用であった。また、システム利用に関しては、回によってばらつきがあるが、2 年生、3 年生ともに総計 140 分であった。

5.2 実践結果

本実践での評価対象は、「モンサクン」のレベル 5 (最も難しい計算式からの作問課題) の達成課題数が「モンサクン・テープブロック」システムの利用前後で変化しているかどうかである。今回の実践では、計 3 クラスでのシステム利用を行ったが、プレテストとポストテスト

の比較条件が揃わなかった3年1クラスについては本実践の比較対象にはならないため報告は省く。

5.2.1 2年生の結果

レベル5の達成課題数(満点12)は、事前で8.2(標準偏差:4.4)、事後で10.4(2.5)であり、t検定した結果、 $p=0.0003<0.05$ で、有意差有との結果が出た。効果量 d は **medium**($0.4<d=0.65<0.75$)となった。課題12問すべて達成できた児童は、プレテストが14人、ポストテストが21人であり、統計的にも天井効果が見られる状態での結果であり、全体部分関係を用いた授業と演習が、レベル5の作問課題に対して大きな効果を持ったことが示唆された。

また、プレテストの時点で満点の児童も多かったため、平均点以上、未満で上位群($n=17$)、下位群($n=14$)を作り、上位下位・プレポストについての2要因の分散分析を行った。このデータを表2にまとめている。上位下位要因、プレポスト要因ともに有意差があり($p<.001$)、交互作用も有意差があった($p<.001$)。単純主効果は、プレの上位下位、ポストの上位下位、下位のプレポストにおいて、有意差があり($p<.001$)、上位のプレポストにおいて有意差が見られなかった。下位のプレポストにおける効果量 d は、**huge**($d=1.87>1.45$)であった。これらの結果より、本授業・演習は、下位群に対して大きな効果があったことが示唆された。

表2 2年生の結果分析

	事前テスト (標準偏差)	事後テスト (標準偏差)	事前事後 効果量 d
全体(31)	8.2(4.4)	10.4(2.5)	0.65
上位群(17)	11.8(0.6)	11.8(0.9)	—
下位群(14)	3.8(2.6)	8.7(2.7)	1.87

システムの利用についてのアンケートを4件法で行ったところ、(1)楽しかった、(2)勉強になる、については、全員が肯定の回答であり、(3)続けて使いたい、に関しても、1件弱い否定があっただけであった。これは、主観的にもこのシステムを用いた演習が受け入れられていることを示唆している。

5.2.2 3年生の結果

レベル5の達成課題数(満点12)は、事前で8.9(標準偏差:3.0)、事後で11.4(1.6)であり、t検定した結果、有意差が見られた($p<0.001$)。有意差有との結果が出た。効果量 d は **large**($0.75<d=1.05<1.10$)となった。なお、分析対象は、プレ・ポストのスコアが揃った22名である。

3年生についても、平均点以上と未満で上位群(12名)、下位群(10名)に分けてさらに分析を行った。上位群、下位群のデータを表3にまとめている。上位下位・プレポストについての2要因の分散分析を行ったところ、上位下位要因、プレポスト要因ともに有意差があり($p<.001$)、交互作用も有意差があった($p<.001$)。単純主効果は、プレの上位下位、ポストの上位下位、下位のプレポストにおいて、有意差があり(それぞれ、 $p<.001$, $p<.05$, $p<.001$)、上位のプレポストにおいて有意差が見られなかった。下位のプレポストにおける効果量 d は、**huge**($d=2.7>1.45$)であった。これらの結果より、本授業・演習が、下位群に対して大きな効果があったことが示唆された。

表3 3年生の結果分析

	事前テスト (標準偏差)	事後テスト (標準偏差)	事前事後 効果量 d
全体(22)	8.9(3.0)	11.4(1.6)	1.1
上位群(12)	11.4(0.8)	12.0(0.0)	—
下位群(10)	5.9(2.6)	10.7(2.2)	2.7

システムの利用についてのアンケートを4件法で行ったところ、(1)楽しかった、(2)勉強になる、(3)続けて使いたい、については全員が肯定の回答であった。これは、主観的にもこのシステムを用いた演習が受け入れられていることを示唆している。

6. まとめ

本研究では、和差の算数文章題における全体部分関係の理解支援を目的として、算数文章題の変換構造の分析に伴い、変換構造に沿った演習を行うためのシステムの、開発・実践・評価を行った。結果として、本システムの利用が全体部分関係の理解支援を含む算数文章題に対して効果的である結果が出た。

今後の課題としては、本システムの複数回利用に伴う全体部分関係の理解の変化の分析が必要である。また、モンサクンによる評価だけでなく、逆思考問題を解いてもらうテストを用意する、という改善点も考えられる。また、正解率に関しては変化が見られなかったが、間違いの種類が「モンサクン・テープブロック」の利用前後で異なるものであるかどうかの分析も必要である。

参考文献

- (栗山 2009) 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
- (清野 2009) 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
- (駒林 1972) 駒林邦男：「知的行為の多段階形成理論」研究覚書，岩手大学教育学部研究年報(31)，1-86
- (合田 2015) 合田将治，林雄介，平嶋宗：算数文章題の構造的理解を指向した問題文と全体部分関係の対話的組立環境の設計・開発，信学技報 114(513)，107-112
- (平井 2012) 平井安久：加法・減法の逆思考問題についての一考察 ～テープ図からの演算決定の難しさ～，岡山大学教師教育開発センター紀要，第2号(2012)，pp.102-111
- (Hirashima 2000) T Hirashima, A Nakano, A Takeuchi : A diagnosis function of arithmetical word problems for learning by problem posing, PRICAI 2000 Topics in Artificial Intelligence, 745-755
- (Hirashima 2014) Tsukasa Hirashima, Sho Yamamoto, Yusuke Hayashi : Triplet structure model of arithmetical word problems for learning by problem-posing, Human Interface and the Management of Information , Information and Knowledge in Applications and Services, 42-50
- (神戸 2015) 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 Vol. J98-D No.1
- (前田 2013) 前田一誠，平嶋宗，市村広樹：児童の問題づくりを個別に促進する文章題作成コンピュータソフト及びカリキュラムの研究開発(6)乗算文章題を対象とした作問学習支援システムの比の三用法に基づく設計・開発(今年度の重点的な取組)，学部・附属学校共同研究紀要(42)，21-27
- (前田 2014) 前田一誠，平嶋宗，小山正孝，影山和也，市村広樹：児童の問題づくりを個別に促進する文章題作成コンピュータソフト及びカリキュラムの研究開発(7)乗除算文章題の構造的理解を指向した作問学習支援システム設計・開発実践運用，学部・附属学校共同研究紀要(43)，87-94
- (中野 2000) 中野明，平嶋宗，竹内章：問題を作ることによる学習の知的支援環境，電子情報通信学会論文誌 D83(6)，539-549
- (田中 2014) 田中由美恵：テープ図を活用しながら，正しく立式する指導-2年「たし算とひき算」の授業を通して-，「教育実践研究」第24集，pp109-114
- (Wolters 1983) MIRIAM A. D. WOLTERS : THE PART-WHOLE SCHEMA AND ARITHMETICAL PROBLEMS, Educational Studies in Mathematics, v14 n2, pp.127-38(1983) (山元 2013) 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 96 (10)，2440-2451
- (横山 2006) 横山琢郎，平嶋宗，岡本真彦，竹内章：単文統合による作問を対象とした学習支援システムの長期的利用とその効果，日本教育工学会論文誌 30 (4)，333-341