

算数文章題解決の支援について：解決方略の観点から

坂本美紀

(心理学教室)

Teaching how to solve mathematical word problems

Miki SAKAMOTO

(Department of Psychology)

要約

認知心理学的フレームワークに基づく算数文章題の解決方略についての研究を紹介し、文章題解決に対する支援について検討を行った。文章題解決がどのように行われるのか、その際に児童がどのような解決方略を用い、それによってどのような違いが生じるのか、さらに、文章題解決における児童のつまずきを支援するにあたって、どのようなことに留意したらよいか、について述べた。

Keywords : 算数文章題, 解決方略, 支援

1 はじめに

近年、認知心理学的フレームワークに基づく教科理解の研究が増加している。例えば、算数・数学科での問題解決についての研究などは、盛んに行われているテーマのひとつである。こういった研究では、問題解決の結果のみではなく、児童・生徒が解く過程に注目し、そのメカニズムの解明が行われている。学習過程や問題解決過程についての認知心理学的知見は、個に応じた指導、すなわち、生徒ひとりひとりの理解にあわせた指導方法を考案する上で、強力な支えとなる。

本論文では、まず、算数科における文章題解決のプロセスの概要と、児童が用いる問題解決方略とについての研究成果を紹介する。続いて、それらの知見をふまえて行われた、文章題解決の支援に関する実験について述べる。最後に、実験から得られた知見をもとに、今後の研究の発展の方向を示唆する。

2 文章題解決についての認知心理学的知見

2.1 算数の問題解決における認知過程

まず、文章題はどのように解かれるのであろうか。例えば、次のような問題を考えてもらいたい。

「スーパーAでは、バター1箱260円です。

これは、スーパーBのバターより20円安いです。

バターを4箱買うとしたら、スーパーBではいくら払えばいいのでしょうか？」

Mayerら(Mayer,1992; Mayer,Tajika,& Stanley, 1991)は、このような問題の解決過程を、変換、統合、プラン、実行の、4つの認知過程からなるものとしてモデル化した。まず、変換(translation)過程では、問題文の個々の文が心的表象に変換される。上の問題では、例えば第1文より、スーパーAでのバターの値段が260(円)であることを理解するのである。統合(integration)過程では、問題に書かれている状況の理解が行われる。上の問題では、スーパーBでのバターの値段がスーパーAの値段より高いことを理解するのがこの過程である。プラン(planning)過程では、260に20を加えてスーパーBでのバターの値段を求め、それを4倍して合計額を出す、といった解決プランを立てる。実行(execution)過程では、 $(260+20) \times 4 = 1120$ などと、そのプランを実行する。

これらの認知過程のうち、文章題への支援を考える上で重要なのは、問題を表象する過程、すなわち変換と統合の過程である。計算の実行は正しいのだが、もとにした問題の表象が間違っていた、という誤答がよく起こるためである。次の項では、問題を理解する過程の詳細について述べる。

2.2 文章題理解の2方略

文章題を理解する際に児童が用いる方略のうち、主要なものは次のふたつである(Hegarty,Mayer,& Monk,1995; Mayer & Hegarty,1996)。第1は、問題から数字を抜き出して演算を施す方略で、直接変換方略(direct translation strategy)と呼ばれる。第2は、問題で述べられている状況を理解し、その表象に基づいて解法をプランする方略で、問題モデル方略(problem model strategy)と呼ばれる。前者が、答えを計算することに力点をおいた近道の方略なのに対し、後者は、問題の変数同士の関係を理解することに力点をおいた、合理的で深い方略である。

それぞれの方略において、変換・統合・プランの各過程は、次のように進行する。

まず、変換過程では、文章題の各文が表象されるが、この作業は両方略に共通している。先ほどのバターの

問題を例にとると、この文章題は、ある変数に数値を割り当てる文2つと、変数間の関係を表す文1つ、未知の量を尋ねる質問文1つから構成されており、変換すべき命題は次の4つである。

- スーパーAでのバターの値段（等しい）260円
- スーパーAでのバターの値段
（少ない）スーパーBでの値段 20円
- バターの本数（等しい）4本
- 総額（等しい）未知

学習者は、文章題を読みながら、各文を内的な命題の表象に変換し、それをつなげて意味的なネットワークの表象を作りあげていく。これは一般的な読解を扱った認知心理学研究において、テキストベース(text base)の構成と呼ばれている過程と同じである。

続く統合過程では、一貫した問題の表象が作られる。学習者は、問題を読んでいる間に、この過程とテキストベース構成の過程とを数回行き来すると考えられている。つまり、新しい文を読むたびに、テキストベースが更新され、問題表象の更新が行われるのである。

解決方略によって違いが生じるのは、この過程である。直接変換方略の場合には、テキストベースの命題から、数字やキーワード（多い、少ない、あわせて、など演算を決める手がかりになる言葉）を探す。その他の情報は棄ててしまうので、過程を何回か行き来した後、問題表象の情報量はもとのテキストベースより少なくなっている。つまり、含まれるのは数字とキーワードだけになる。一方、問題モデル方略の場合には、対象物中心の表象を使って、問題で述べられている状況を心的なモデルにする。バターの問題では、スーパーAのバターの値段260円に対し、スーパーBの値段はそれより20円高く、問われている対象は、スーパーBのバター4本の値段だということを、概念化することになる。

プラン過程では、解決プランの構成が行われる。問題を解くのに必要な計算をプランするわけだが、その際、直接変換方略を使う生徒の場合には、数字とキーワードに基づいてプランをたてる。例えばバター問題では、「260」と「20」と「安い」という情報に基づいて、「安い」は引き算のことだから、65から2を引けばよいと考える。そして次のステップとして、「いくら」と「4」からかけ算をしようと考える。つまり、 $(65-2) \times 4$ というプランを立てるのだ。それに対して、問題モデル方略を使う生徒の場合には、より豊かな問題表象に基づいてプランをたてることができる。バター問題で言えば、スーパーBのバターはスーパーAのバターよりも高いという理解に基づいて、スーパーBでの値段をたし算で求めるというプランを作る。従って、彼らの解決プランは、 $(65+2) \times 4$ となる。

それぞれの解決方略による問題理解の様子は、次のようにまとめられる。直接変換方略の場合、生徒は、

変換過程で文章題の各文を表象して意味的なネットワークを作り、統合過程で数字とキーワードを抜き出す。そこから構成されたプランは、このバター問題のように、キーワードが誤った演算を示唆している問題では、誤ったものになりがちである。一方、問題モデル方略の場合には、変換過程は同じであるが、統合過程で問題で述べられている状況を心的にモデル化する。そこから解決プランを作るので、バター問題のような文章題であっても、正しいプランを立てることができるのである。各方略における認知過程は、Fig.1のようにモデル化されている。

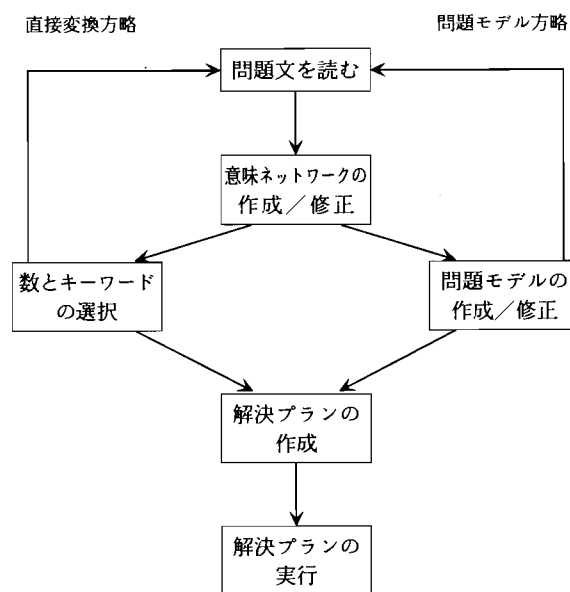


Fig. 1 文章題理解過程のモデル (Hegarty et al.,1995のFigure 1.を邦訳)

2.3 方略の診断的測定

前節の最後で示唆したように、生徒の解決方略と文章題解決の正誤との間には、関連があるように思われる。では、生徒がどのような解決方略を使っているかを診断するには、どんなやり方があるのだろうか。

ひとつの方法は、上に示したバター問題のように、関係を表すキーワードが示唆する演算と必要な演算が一致していない問題(不一致問題)を解かせることである。直接変換方略を用いている者は、キーワードに引かずられて逆の演算を選ぶ誤答を示す。バター問題なら、「安い」に惑わされて引き算で立式するようなエラーである。問題モデル方略の場合には、不一致問題と一致問題で、成績に差はない。また、文章題解決の成績が良く、問題モデル方略を用いていると思われる者では、不一致問題を読む際に、一致問題を読む場合よりも、変数名を読み返すなどして時間をかけていることが、眼球運動をもとにした測定から明らかになっており(Hegarty et al,1992;Hegarty et al.,1995)、この知見も方略の診断に活用できるかもしれない。

第2に、文章題の再生や再認を求め、そのプロトコルを利用することもできる。先行研究では、誤答者はキーワードのみで関係が思い出せなかったのに対して、正答者は、関係語の正確なワーディングはあまり思い出さないものの2変数の関係をよく想起したことが報告されている。

第3に、より直接的な測定法であるが、高学年の児童の場合は、児童自身に自分の解法を説明してもらい、その説明プロトコルをもとに、方略を診断することができる。例えば、小数を扱う割合文章題での解決方略を分類・同定した研究(坂本,1997a)では、「割合」=「比較量」/「基準量」という関係において、乗算で「比較量」を求める第2用法の文章題と、除算で「基準量」を求める第3用法の文章題とを解かせ、解法を口頭で説明させた。小学5年生の発話プロトコルより、解決方略として、キーワード方略・乗算方略・問題モデル方略の3つが分類されている。キーワード方略とは、前述の直接変換方略の1種と言えるが、問題文中の“～倍”という表現のみに着目する解決方略で、これを用いている者は、与えられた文章題の構造に関わらず、演算決定の手がかりとして“～倍”という表現のみを報告することから判別できる。乗算方略とは、乗算すなわち第2用法の文章題のパターンに合わせて、第3用法を理解し解く方略で、これを用いている者は、第2用法に合わせて割合関係を逆に報告することから判別できる。また、問題モデル方略とは、問題構造を反映した心的モデルを構成して問題を解くもので、問題文の内容、特に割合関係を正しく報告する。これらの方略は、記述プロトコルを用いた別の研究(坂本,1997b)でも確認されている。

3 文章題解決の支援

3.1 支援ソフトウェアと問題点

これまで述べてきたことより、文章題の問題理解で難しいのは、「AはBより○円安い」、「AはBの○倍である」といった、変数間の関係を表象することだと考えられる。従って、問題を理解する過程で児童がおかした誤りを診断し、それに対する支援を行うことで、文章題解決の成績を向上させられるのではないだろうか。

このような考えのもとに、坂本(1996)は、割合文章題の解決において、問題理解でのつまずきの発見とそれに対する介入・訓練を行うコンピュータ・ソフトウェアを作成し、小学生を対象とした個別実験でその効果を検討した。このソフトウェアでは、特定のタイプの文章題で成績を向上させることができた。対象児の遂行を詳細に検討したところ、このソフトウェアの支援が有効であった児童群では、関係文の理解を問う質問でつまずきが発見された者が多かったのに対し、有効

でなかった児童群では、数値を用いた関係文までは作られたが、正しい演算を選ばなかったものが多かったことが明らかになった。

この違いは何によるものなのだろうか。このソフトウェアでは、つまずき発見から介入・訓練の場面を通して、課題となっている文章題は提示されたままである。そのため児童は、問題理解の診断質問に取り組む際に、自らの心的な問題表象に基づいて答えるほかに、提示されている文章題を見直して、それに基づいて考えることも可能である。従って、統合過程において、診断質問への回答に十分な情報を含む問題表象を構成した児童の場合は、それに基づいて反応できるが、問題表象の情報量が、例えば数字とキーワードだけなど、もとのテキストベースより少なくなっている児童の場合は、それだけでは答えられず、文章題を見直して診断質問に正答したのだと考えられる。このため、後者は自分の理解や解法が誤っていたことを認識せず、プレテストと同様の方略で誤った演算を再び選んだのである。支援が有効でなかった児童たちは、直接変換方略の利用者なのではないだろうか。さらにいえば、訓練後に成績が向上した児童群では、関係文の理解を問う質問で乗算に合わせて割合関係を逆に理解しているつまずきが発見された者が多かったことより、彼らは、直接変換方略よりは情報量が豊かではあるが、誤った問題表象を構成した、乗算方略の利用者だったと推測される。

以上の考察より、児童が用いている文章題解決方略によって、支援の効果が異なるのではないかと、という疑問が生じてきた。そうだとすると、文章題解決を支援するためには、解決過程でのつまずきに加えて、児童が採っている解決方略による解決プロセスの違いをも考慮する必要があることになる。

次節では、この問題を検証するために行った実験を紹介する。

3.2 文章題解決への支援の効果と解決方略との関連—実験1

■ 目的 ■

本実験の目的は、文章題を解く際に用いる方略を特定した上で、個別に指導を実施し、被験児の方略との関連でその効果を検討することである。対象は、小数を扱う割合文章題である。解決方略としてはキーワード方略・乗算方略・問題モデル方略が出現すること、そして指導の効果は方略によって異なることが予想される。

■ 方法 ■

被験者 小学校6年生男児5名(平均年齢11;10)。
課題 小数を扱う割合文章題の第2・第3用法。具体例を資料1に示す。

支援 課題の各文章題について、以下の支援を用意した。①被験児の問題理解をチェックする。具体的には、選択式の質問で、質問文と関係文の理解をチェックした。②問題の構造を集約した数値入りの関係文を作成させる。③②で作成した数値入りの関係文と、文章によらない割合問題（例：42cmは□cmの2倍です。□の中にあてはまる数は何ですか）と比較させる。④問題の状況を表す線分図を選ばせる、⑤関係文を利用し、答えの確かめをさせる。支援の具体例は資料2を参照のこと。

手続き 実験は個別に行われた。まず、プレテストとして割合文章題を解かせ、その後、解法を選択した理由を言語報告させた。報告のプロトコルに基づいて解決方略を特定し、誤答の場合は上記の支援を実施した。支援の終了後、ポストテストを行った。

■ 結果 ■

各被験児における課題遂行の様子を以下に示す。

[M.K.(11;8)]

プレテストにおいて、割合関係を正しく報告したが、用法の区別はついていない。“～倍”と問題があれば乗算で解くと考えているようだ。乗算方略の児童だと考えられる。支援時、①問題理解チェックでは、関係文の理解で誤答した。その誤りはすぐ修正したが、②ではやはり乗算を選択した。③文章によらない割合問題から同形問題を選択させたところ、該当する問題を正しく選べ、必要な演算もわかっていた。しかし、この解法と被験児自身の解法(乗算)とのどちらが正しいのかは答えられず、2問目ではなお乗算を必要な演算として選択した。⑤答えの確かめを実施し、同様の支援を行った。ポストテストでは、初め乗算で立式したが、長考の末、正しい式を立てた。

[T.Y.(11;6)]

演算選択の理由として、全てキーワードのみを報告したので、キーワード方略を使用していると判断された。②で数値入り関係文を作成しても、基本的にキーワードをもとに乗算を選択した。③で割合の同形問題を提示したところ、必要な演算を正しく答えた上で、小数文章題の解法も「わり算」であると答えられたが、この知識を問題解決場面で利用できるかどうかは不明である。

[M.D.(11;11)]

キーワード方略を利用していた。支援として⑤答えの確かめおよび③文章によらない割合問題との比較を実施し、第3用法は除算で解くことを指導したところ、ポストテストでは全て除算で立式した。

[Y.K.(11;8)], [D.S.(12;3)]

問題の構造を正しく理解し、それに基づいて演算を選択した。ともに問題モデル方略である。プレテストで全問正答だったので、支援の必要はなかった。

■ 考察 ■

A. 支援の効果

プレテストでつまずきが認められた3名への支援より、次のことが言える。まず、問題構造を表現する文を作成させ、割合の3用法に関する被験児の既有知識の利用を促そうとしたが、この支援だけでは、効果をもたらさなかった。既有知識を利用させるには、これに加えて、被験児自身が解いた文章によらない割合問題での解法との比較が有効であろう。答えの確かめを通して解法の誤りに気づかせる支援は、児童の注意を引くには良いが、例えば被験児T.Y.に見られたように、前の解法(乗算)が誤りならば除算だという表層的な理解にとどまる可能性があり、解決能力の向上には至らないだろう。

B. 解決方略と支援の効果との関連

解決方略と支援の効果との関連を、Table1にまとめる。乗算方略の被験児ではポストテストで支援の効果がみられたが、キーワード方略の被験児では疑問である。例えば被験児M.D.では、除算で解く割合文章題の存在は知ったが、乗算で解く場合との区別はできていなかった。

Table 1 解決方略と指導の効果

被験児	プレテスト	方略	ポストテスト
M.K.	－	乗算	＋
M.K.	－	キーワード	？
M.D.	－	キーワード	－
Y.K.	＋	問題モデル	／
D.S.	＋	問題モデル	／

今後は、このような児童に問題の構造を把握させるための指導法を考案することが課題となる。

■ 結論 ■

本実験の結果より、文章題解決への支援の効果は児童が用いる解決方略によって異なることが明らかになり、適切な指導を行うためには、問題理解のつまずきを探るだけでなく、学習者が用いている解決方略を診断することが重要であることが示唆された。続いての課題は、直接変換方略を利用している生徒に、より有効な問題モデル方略を指導する方法を検討することである。

3.3 文章題解決における既有知識利用への援助 －実験2

文章題解決では、解決に必要な知識を持っているにもかかわらず、それを適切に利用できないことが、誤答の原因の一つとされている。実験1の被験児のように、問題の構造を把握せずキーワードのみに着目する解決方略をとる者であっても、解決に必要な割合についての知識は持っている場合がある。実験1の被験児

はみな、整数の割合問題は正しく解くことができた。ところが、文章題で問われると、その既有知識が使えず誤った式を立ててしまうのである。

■ 目的 ■

本実験では、小数の割合文章題を対象に、児童が持つ既有知識を利用させるための援助を探索的に試みる。あわせて、その結果をもとに、文章題の指導上の留意点について考察する。

■ 方法 ■

被験児 小学5年生女子7名(平均年齢11;6)。

課題 小数を扱う割合文章題の第2・第3用法。実験1の課題と同じものである。

手続き 実験は個別に行われた。まず、割合の用法についてのチェックテストを行った。実例を資料3に示す。続いてプレテストとして、割合文章題を解くための式を立てさせ、解法を説明させた。説明のプロトコルに基づいて解決方略を特定し、誤答の場合は下記の支援を実施した。①被験児の問題理解をチェックする、②文章によらない割合問題すなわちチェックテストから、同型問題を選ばせる。③同型問題と小数文章題とで、被験児自身の解法を比較させる。支援終了後、ポストテストを行った。

■ 結果 ■

まず、チェックテストで、2名の被験児が、割合の3用法についての既有知識が不十分だと判断された。両者とも、文章題では全て乗算で立式し、解法説明でも「さっきの問題(第2用法)と同じ」などと第3用法の問題を区別していないことを示す発言を行った。

チェックテストを通過した被験児のうち、2名がプレテストで正しく立式したが、1名は第3用法での自分の解法を言語化できなかった。その他の被験児の、問題解決と支援時の様子は次の通り。

[A.K.(11;10)]

プレテスト：第3用法の2問目で、乗算にしようか除算にしようか迷う。

支援時：①問題理解チェックでは正答したが、②第2用法を同型として選んだ。

ポストテスト：第3用法の遂行は向上したが、第2用法の遂行が低下した。

[S.N.(11;10)]

プレテスト：第3用法が出題されると迷いはじめた。例えば1問目で、「えー、倍やから。2.4の…1.6倍が…」と言いかけて、「あれ?」とつぶやき、困った様子が黙り込んでしまう。実験者に促されて、「コーラが2.4リットルあって、サイダーの量の1.6倍やから、かけ算。」と述べるが、「あれ?」と言って、また困った様子。このように、第2用法との違いに気づいてはいる

ものの、どう解いてよいかわからない様子で、結局乗算で立式した。

支援時：①関係文の理解の誤りが判明したり、②同型問題として第2用法を選ぶなど、問題の構造が正しく理解できていない様子が伺えた。③では第3用法の解法は「わり算」だと正しく述べた。

ポストテスト：第2用法と第3用法の解法が逆になり、第2用法では除算、第3用法では乗算で立式した。

Table 2 各被験児における遂行の様子

被験児	既有知識	文章題理解	ポストテスト
M.M.	-	用法の区別ができない	向上せず
S.M.	-	用法の区別ができない	一部向上
A.K.	+	第3用法で迷う	一部向上
S.N.	+	用法の違いには気づくがすべて乗算で立式	低下
S.F.	+	同上	低下
N.K.	+	正しい立式	
R.N.	+	正しい立式と説明	

[S.F.(11;9)]

プレテスト：迷いつつも、全て乗算で立式した。解法説明の際、第3用法の1問で、「これもさっきと同じように、サイダーの量の1.2倍って書いてあるから。」と、割合関係を逆に報告した。

支援時：①問題理解チェックでは長考の末に正答し、②同型問題も正しく選んだ。

ポストテスト：第2用法と第3用法が逆転し、第2用法では除算、第3用法では乗算で立式した。

各被験児の課題遂行の様子をTable2にまとめる。

■ 考察 ■

本実験でも、文章によらない割合問題は解けるが、文章題になるとその知識がうまく使えない被験児が存在した。そのような児童に対し、文章題の同型問題を選ばせて解法を比較させることを通して、被験児が持つ割合についての既有知識を、小数の問題に適用させる支援を試みた。しかしこれはあまり効果がなかった。

本実験の被験児では、問題文中のキーワードに着目する方略は少なく、特に正しい既有知識を持つ被験児は立式を誤ったにしても迷った末のことで、用法の違いには気づいている様子であった。先程も述べたように、直接変換方略よりも高次の方略を利用している者では、不一致問題を読む際に、一致問題を読む場合よりも、変数名を読み返すなどして時間をかけていることが報告されている(Hegarty et al.,1992;Hegarty et al.,1995)が、この点を考えあわせても、本実験の被験児が、ある程度高次の方略を用いて、問題表象を作ろうとしていたことは間違いない。ところが、実際には第3用法の文章題を第2用法のように理解していたり、ポストテストでは問題構造の理解自体ができなくなったりする現象が観察されたのである。

■ 結 論 ■

認知心理学では、ひとつの問題で獲得した知識を新しい問題に転移させること、すなわち解法の転移を、問題解決上の重要な技能のひとつとして、研究が続けられてきた。実際、算数や数学で問題解決を指導する際に、「難しい問題に出会った時は、よく似た簡単な問題を思い出して、その解法を利用しなさい」といったアドバイスがなされることがある。ところが、本実験の結果からも示されたように、児童は、文章によらない形式の問題と文章題とを同一構造のものとして捉えられず、解法の転移はなかなか起こらない。

さらに、本実験の被験児では、文章題に取り組んでいてわからなくなった時に、熟知している解法パターンへ、ここでは乗算で解く第2用法の解法へ回帰する傾向が観察された。本実験では、支援を通して、「比較量」を「割合」で除して「基準量」を求める第3用法の解法を、児童に獲得させることを意図していた。しかしこの解法は、児童の知識の中に根付きその後の問題解決に活用されるには至らなかった。児童は結局、元から持っていて使い慣れた乗算による解法に、頼り続けたのである。

今後、効果的な指導法を考える際には、以上のような児童の反応パターンを考慮しなければならないであろう。

4 文章題解決の支援—今後の研究課題

以上のように、筆者はこれまで、小数の割合文章題を対象に、文章題解決の支援について検討してきた。その中で、ア)児童の用いる解決方略によって支援の効果が異なること、イ)既知の問題との対応関係が示された場合でも、既有知識を文章題解決場面で利用するのは難しいことの2点が明らかになった。今後、文章題解決に対するより良い支援の方法を検討していくにあたっては、これらの知見から、次のふたつの方向が考えられる。

まず、ア)に関しては、支援に先立って児童の用いる解決方略を判定し、それに合った支援を提供していくという方向である。特に、直接変換方略、ここではキーワード方略に頼っている児童に対して、望ましい解決方略つまり問題モデル方略の使い方を指導していくことが課題となる。ふたつの方略で文章題解決に違いが生じてくるのは統合過程であるが、そこでの問題構造の理解を促すような指導法を検討していくのである。具体的には、与えられた問題を表象していく仕方そのものを、生徒に教えていく方法の開発になる。このために、児童が用いる解決方略を判定する方法についての検討も、あわせて行っていく必要がある。

またイ)からは、プラン過程における、既有知識の

利用を促す指導ないし支援を考えていく方向が考えられる。このためには、問題構造の理解や既有知識の利用を妨げている要因を、あわせて解明していく必要がある。

これらふたつの方向に関わる研究として、これまでには次のような試みが行われている。

まず、文章題解決の統合過程を支援したものとしては、Lewis(1989)およびTajika, Nakatsu, & Takahashi(1995)がある。Lewis(1989)は、大学生を被験者とし、数直線の図を用いて問題を表象する仕方を指導した。図を使えば、問題の関係がつかみやすくなる上、自分の問題表象が正しいかどうか簡単にチェックできるという利点がある。文章題を作っている文のタイプを学習させる訓練に加えて、問題の情報を線分図に表すことを学習した被験者は、ポストテストでの成績が大きく上昇していた。また、Tajika et al.(1995)は、小学5年生を対象に、コンピュータを用いて、割合文章題の問題理解を促進させることを試みた。統制群に比べて文章題の成績が向上したのは、2量の間接関係を表す図を作成した群であった。与えられた線分図に数値を入れる課題を行った群では、成績の向上は見られなかった。これより、コンピュータを使って割合の部分と全体との間接関係を表す図を作ったことが、児童の文章題理解を助けたといえる。特に、関係図によって2量の間接関係が視覚的に明確になっただけでなく、コンピュータとのインタラクションを通して、学習者が自ら図を作成した体験そのものが、理解の支援につながったのだと考えられる。

既有知識の利用を促した試みとしては、東原・前川(1995)がある。この研究では、算数文章題に困難を示す学習困難児に、物を等しい数ずつ場合に何個か余る(足りない)という内容の問題を指導していた。もともと、図を用いて問題を表象することを援助するCAI教材を利用した指導を行っていたのだが、児童の成績を向上させたのはしかし、途中で導入した用語理解指導であった。これは、「(みんなに配った後)あめが余るということは、あめの方が子どもより多いのか少ないのかな」という質問に答えさせる指導であり、被験児は2名ともこの質問には正しく答えられた。この指導の後、文章題を扱うCAI教材で、完全正答が続いた。「あめが余るということは、あめの方が多いということだ」という用語の理解を徹底することで、今学習している文章題の意味的な構造が、以前に学習した「より多い(少ない)」という用語を含む文章題と同じであることに気づかせる教示として働き、対象児が既習の知識で新しい問題を解けるようになったのだと、東原らは考察している。

このような研究で得られた知見をもとに、具体的な指導の方法を検討し、その効果を実証的に検証していくことが、今後の課題である。

5 付 記

本研究で紹介した実験は、平成7-8年度文部省科学研究費補助金（特別研究員奨励費）によって行われたものである。実験に協力して下さった児童の皆さん、そして実験2の実施にご協力いただきました、塾経営者山向飛鳥様・順子様にご心より感謝いたします。

6 文 献

- Hegarty, M., Mayer, R.E., & Green, C.E. 1992 Comprehension of arithmetic word problems: evidence from students' eye fixations. *Journal of Educational Psychology*, 84, 76-84.
- Hegarty, M., Mayer, R.E., & Monk, C.A. 1995 Comprehension of arithmetic word problems: A comparison of successful and unsuccessful problem solvers. *Journal of Educational Psychology*, 87, 18-32.
- Lewis, A.B. 1989 Training students to represent arithmetic word problems. *Journal of Educational Psychology*, 81, 521-531.
- 東原文子・前川久夫 1996 学習困難児に対する算数文章題の指導の展開——問題構造が同じであることに気づかせる教示の効果——日本教育心理学会第38回総会発表論文集, 345.
- Mayer, R.E. 1992 *Thinking, problem solving, cognition. Second edition.* New York: W.H. Freeman.
- Mayer, R.E. & Hegarty, M. 1996 The Process of Understanding Mathematical Problems. In R.J. Sternberg & T. Ben-Zeev (Eds.) *The Nature of Mathematical Thinking.* LEA.
- Mayer, R.E., Tajika, H., & Stanley, C. 1991 Mathematical problem solving in Japan and the United States: A controlled comparison. *Journal of Educational Psychology*, 83, 69-72.
- 坂本美紀 1996 文章題解決支援ソフトウェアの作成の試み. 日本教育心理学会第38回総会発表論文集, 381.
- 坂本美紀 1997a コンピュータ提示による文章題のつまづきの解明——割合文章題を用いて——. *教育心理学研究*, 45, 87-95.
- 坂本美紀 1997b 割合文章題の解決方略：児童の自由記述に基づく検討. 日本教育心理学会第39回総会発表論文集, 475.
- Tajika, H., Nakatsu, N., & Takahashi, K. 1995 Using a computer as an understanding facilitator for solving ratio word problems. *Educational Technical Research*, 18, 1-7.

7 資 料

資料1 実験で用いた文章題の例

<割合の第2用法>

- オレンジジュースが2.5リットルあります。
リンゴジュースの量は、
オレンジジュースの1.2倍です。
リンゴジュースは何リットルありますか。

<割合の第3用法>

- ポットに水が1.5リットル入ります。
ポットに入る水の量は、
やかんに入る水の量の0.6倍にあたります。
やかんには水が何リットル入りますか。

資料2 実験1で用いた支援の例（一部）

<支援①問題理解のチェック>

- (1) 1.5リットルなのはどちらの量ですか。
正しいものに○をしてください。
- ポットの水量 ・ やかんの水量
- (2) 次の文のうち、問題の内容にあっているのはどれですか。正しい文を1つ選んで、記号を○でかこんでください。

- ア. ポットの水量はやかんの水量の1.5倍
イ. やかんの水量はポットの水量の1.5倍
ウ. ポットの水量はやかんの水量の0.6倍
エ. やかんの水量はポットの水量の0.6倍
?. わからない

<支援②数値入りの関係文の作成>

- (3) (2)で選んだ文を書きうつします。
- [] は [] の [] 倍です。
() ()
- わかっている数字を () の中に書き入れます。

<支援⑤答えの確かめ>

- (3) (2)で選んだ文を書きうつします。
- [] は [] の [] 倍です。
() は () の [] 倍です。
- わかっている数字を () の中に書き入れます。
- (4) 書き入れた数字を使って、
たしかめ算をしてみましょう。
- () × () = ()
- 最初の答えは、あっていましたか? → ()

資料3 割合の用法理解のチェックテスト：例

□の中にあてはまる数字はなんですか。

- ① 39 kg は 13 kg の□倍です。
- ⑤ □m は 2.5 m の 3.2 倍です。
- ⑥ 7.5 g は □g の 1.5 倍です。