

算数文章題における解決の支援

— 割合文章題での知識利用を支援する試み —

坂本 美紀

(愛知教育大学 学校教育講座)

Teaching how to solve mathematical word problems: The evaluation of a computerized tutoring program for rate word problems

Miki SAKAMOTO

(Department of school education)

要約 算数科における文章題解決の指導にあたっては、問題を表象するテクニックの指導、認知方略やメタ認知方略の指導、コンピュータを利用した指導など、様々なアプローチがなされている。本研究は、小学5年生を対象に、割合文章題での個別指導を行うコンピュータプログラムを用いた訓練実験を実施し、その効果を検討した。検討にあたっては、本研究の解決支援プログラムが行った指導・訓練のうち、学習者の成績向上に関与したものを特定するとともに、適性テストの成績をもとに、今回の指導が有効であった児童群の特徴を解明した。

Keywords: 割合文章題, 解決支援, 知識利用

問題・目的

児童の中には、算数の計算問題ができるが、文章題はまったくできずに苦手になっている児童も少なくない。これは、文章題を解く過程が計算問題を解く過程と異なっていることに起因するものと考えられている。計算問題は、アルゴリズムを適用して、一定の手順を繰り返して行えば解決に至る。他方、文章題を解く際には、解法をプランし必要な操作を実行する問題解決 (problem solution) に先立って、問題文を読んで意味のある表象に変換する問題表象 (problem representation) の過程があり、それぞれ異なる認知過程が要求されることに加え、各過程の遂行に際しては、文章の意味を理解する知識や問題スキーマに関わる知識、方略に関する知識など、様々な知識が必要とされる (e.g. Mayer, 1992)。そのため、文章題解決の指導にあたっては、様々な方向からのアプローチがなされている。

まず、問題解決の認知モデルに基づくアプローチを採る研究では、問題を表象するための様々なテクニックの指導が試みられている。問題表象テクニック (problem representational technique) は、文章題の情報を命題に変換したり解釈したりすることに関わる解決方略であり、問題解決を促進することが知られている。

例えば、加算や減算の文章題においては、変化、比較等といった文章題の意味的なタイプ (問題スキーマ) を表象するスキーマ図 (schematic drawings, schematic diagrams) の導入が、遂行を向上させることが報告されている (Willis and Fuson, 1988; Jitendra, Griffin,

McGoey, Gardill, Bhat, & Riley, 1998; Jitendra and Hoff, 1996)。特に Jitendra et al. (1998) では、スキーマに基づく解決方略 (schema-based strategy) と伝統的な方略の比較を行い、直後ポストテストに加えて、遅延ポストテストと一般化テストでも、スキーマ方略を指導された群の成績が、伝統的な方略を指導された群の成績を上回っていることを示した。

やや複雑な文章題では、線分図 (diagram) による表象の仕方が指導されている。Zawaiza and Gerber (1993) は、2種類の演算で解く比較の文章題を対象に、問題文の変換群・線分図群・統制群の3つの訓練条件の効果を比較し、問題中の要素間の関係の視覚化を行った線分図群で最も成績が上昇し、キーワードに引きずられて正しくない演算を選ぶ誤答が大きく減少したことを報告した。Lewis (1989) も、類似の問題を対象に、数直線を用いた問題表象の仕方を教授することによって成績が向上することを示した。

一方、Hutchinson (1993) は、方程式の文章題を対象に、線分図による問題表象の仕方を含めた認知方略 (cognitive strategy) の訓練を行った。方略には文章題の表象と解決に関わる自己質問 (self-questioning) が含まれ、プロンプトカードとして生徒に渡された。訓練を受けた群では、問題解決の遂行が向上したことに加え、獲得した方略の保持や転移が認められた。こういった問題解決に関する認知的あるいはメタ認知的方略の指導は、他にも広く行われている。加減算の文章題を対象としているが、Case, Harris and Graham (1992) でも、自己評価や自己記録といった自己制御による (self-regulated) 認知方略を指導し、対象児の文

文章題解決技能が向上したことを報告している。中川・新谷(1996)は、小学生を対象に、自己統制法による訓練(self-control-interpretation training)が算数の文章題の解決と定着を促進することを実証した。自己統制訓練に基づく教授では、問題解決の方略、スキル利用の意義づけを教授の中に含め、それらの方略の実行過程での評価やエラー修正等の自己統制を訓練し、さらに自分の解決の仕方を他者に説明する習慣づけをすることが行われており、実行過程でのモニタリングの深化や解決方略の説明による理解モニタリングの深化が、この促進効果をもたらしたと考察されている。

これらの研究はいずれも、教師または研究者が指導を行っているが、一方で、文章題解決に関するCAIも作成されている。知的に遅れのある児童を対象にしたものとしては、Jaspers & Van Lieshout (1994a; 1994b)によるコンピュータ訓練プログラムや、Steele and Steele (1999)による文章題解決チューターシステムのDISCOVERなどがある。JaspersとVan Lieshoutの訓練プログラムは、加減算の文章題における問題表象の作成に焦点を当てており、問題文を分析する方略や、述べられている問題の状況をモデル化することを指導するものである。DISCOVERは、四則計算の技能を持ち教室での文章題指導を受けている生徒を対象に、文章題解決の8つの段階—問題文を読む、情報の抽出、図にする、演算選択、答えの見積もり、立式、計算、答えのチェック—に沿って個別指導を行うシステムである。システムは11の独立したコンピュータ・プログラムからなり、生徒の遂行レベルに応じて学習が進むようになっている。ただし、この論文では、システムの教育効果についての検証はなされていない。

一般の児童・生徒を対象としたものとしては、例えばLooi and Tan (1998)が開発したWORDMATHがある。これは、小学校高学年に方程式を用いて解く文章題を学習させるための、コンピュータベースの学習環境であり、多様な指導モードで文章題解決を段階的に教えていくものである。この論文では、12歳児にこの学習環境を使用させ、形成的評価を行っているが、効果の数量的な検証はなされていない。Wheeler and Regain (1999)による文章題解決チューターでは、中学3年生を対象に、指導効果が検証されている。このチューターは、5つのステップで文章題を解いていくことを指導するものとされるが、具体的な指導内容については、この論文中には記述されていない。Nathan, Kintsch, & Young (1992)のANIMATEは、アニメーションを用いて学習者が問題の表象を作る手助けをするコンピュータ教授システムであり、文章題理解のプロセスについての理論と、問題解決過程を支援する指導の仕方についての理論の双方を踏まえて開発された。具体的には、学習者が作成した数式にもと

づいてアニメーションでのシミュレートを行い、数量間の関係を明確にする。アニメーションでのフィードバックを通して問題の状況と数式の対応づけを易しくすることで、学習者の問題理解を支援するのである。このシステムが扱うのは、連立方程式で解く旅人算の文章題であり、大学生を対象とした調査により、その有効性が実証されている。加減算の文章題で同様の支援を行うコンピュータ環境のPlannerでも、小学4年生で効果を挙げたことが報告されている(Schwartz and Resnick, 1994)。Tajika, Nakatsu, & Takahashi (1995)は小学校5年生の割合文章題を対象にしたものであり、問題文中の2量の関係すなわち割合の部分と全体との関係を表す図をコンピュータ上で作成する課題に取り組むことで、文章題の成績が向上することが示された。

以上のように、文章題解決に関するCAIでは、問題解決の過程に沿った段階的な指導や、文章題を読んで問題表象を作っていく際の支援が提供されている。Sakamoto (1999)によるコンピュータ指導プログラムは、小数倍の割合文章題でのつまずきに対して個別指導を行うもので、問題理解の過程に焦点を当てた指導と、解決に必要な知識の利用を促す訓練を提供した。つまずき発見と指導の部分では、小問への反応に基づいて、誤答者が問題理解の際におかした誤りを発見し、適宜介入を行った。訓練の部分では、文章題の構造を端的に表す一文を児童に作成させ、それを参照しながら解決に必要な演算を選択させた。割当文と関係文を統合した問題表象を示すことで、解決に必要な割合の用法に関する知識の利用を促すことを意図した。小学生を対象とした個別実験でその効果を検討した結果、このプログラムでは、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、このプログラム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れたが、正しい演算を選ばなかった者が多かったことが明らかになった。

この違いをもたらした要因について、坂本(1997a)は、児童が用いている文章題解決方略によるものと考察し、解決方略と支援の効果との関連について検討した。少人数の被験者による探索的な実験ではあるが、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った。これより、適切な指導を行うためには、指導に先立って、学習者が用いる解決方略の同定が必要であることが示唆された。

従って、さらなる課題は、直接変換方略を利用して生徒に、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になる。本研究では、Sakamoto (1999)のプログラムの問題点を改良し、複数の指導法について、効果の検証を行う。改良は、以下の2点

について行われた。まず、つまずき判定部分で、問題理解チェックの小問を一部修正した。以前のプログラムでは、文章題中の既知量の理解を問う小問の正答率が極めて低くなっていた。この小問では、割当文が示す既知量が、「AはBのX倍です」という関係文の、AないしBのどちらにあたるかを、該当部分をクリックして回答する形式になっていた。このような回答形式のわかりにくさが正答率低下の一因と考えられるため、関係文ではなく、通常の実験形式で回答させることとした。続いて、指導部分の改良として、これまでの介入に加えて、訓練が有効ではなかった学習者に対する追加の介入を行うことにした。該当者は、文章題を文による割合問題に準じた形で表象した場合でも、割合の用法に関する知識が利用できなかった学習者であるため、追加の介入では、関係図の形式で問題の構造を示し、その場合の解法を直接教授する。改良後の解決支援プログラムでの指導の流れはFig.1のようになる。

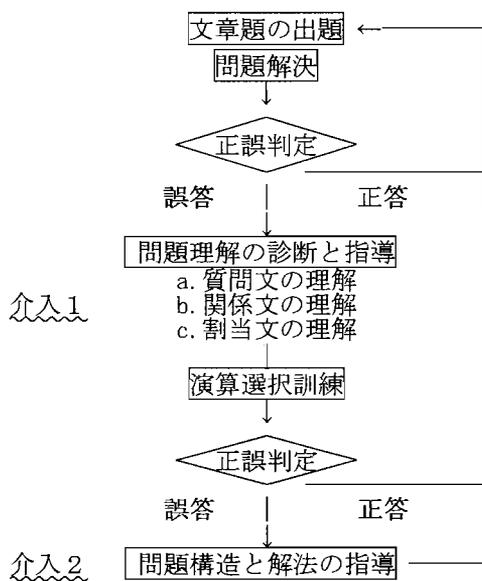


Fig.1 プログラムによる指導の進行

本研究ではまた、小数の割合文章題におけるつまずきの原因に応じた指導方法について考察するため、割合の用法に関する既有知識や文章題解決方略を測定するテストを併せて実施し、解決支援プログラムでの指導の効果との関連を検討する。

方法

被験児 公立小学校5年生85名(男子43名;女子42名)を対象に実験を行った。

課題

適性テスト…既有知識を測る紙筆検査で、文章題と割合問題からなる。文章題には、整数文章題と小数の割合文章題があり、割合文章題は第2用法と第3用法が各1問ずつ出題された。割合問題は文形式と線分図形式

の2種類があり、割合関係を示す文ないし線分図において、□の中にあてはまる数字を求めさせた。いずれも割合の3用法を扱い、整数の問題と小数の問題の両方を用意した。

解決支援プログラム…小数の割合文章題を対象に問題解決のテストと個別指導を行うコンピュータ・プログラムで、Microsoft社のVisual Basic6.0で作成された。学習者は、ディスプレイ上に提示されたコマンドボタンをマウスでクリックして反応し、指導は学習者ペースで進行した。文章題は用法(第2,第3)×割合(1以上,1未満)の4タイプを用意し、問題の文脈は距離を扱うものに統一した。使用した文章題の例は、Fig.2を参照のこと。プログラムによる問題解決学習とテストは、以下のように進行した。

①導入：操作の練習と練習問題を実施した。

②プレテスト：画面上部に文章題が提示された。文章題と同時に、コマンドボタンが2つ提示され、学習者は、解決の見通しに応じて、「式が書けます」または「ヒントください」のボタンを選択した。実際の画面をFig.2に示す。学習者が「式が書けます」のボタンを選択した場合は、文章題を解くための演算の選択を指示する教示が提示された。学習者は、式の空欄にあてはまる演算記号を選択肢の中から選んでクリックした。選択した演算記号はディスプレイ上の式の中に表示されるので、学習者は自分の選択を確認し、クリックの間違があった場合は修正することが出来た。文章題は問題を解き終わるまでそのまま提示された。実際の画面をFig.3に示す。学習者が作成した式が正答であった場合は、ボタンをクリックすると次の文章題が同じ形式で提示された。誤答であった場合は、③に示す介入が行われた。

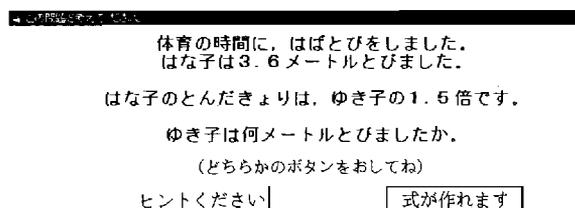


Fig.2 文章題提示画面

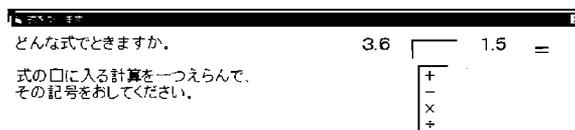


Fig.3 立式画面

注) 文章題提示画面 (Fig.2) の下部に追加提示される。

③つまずき診断と介入：プレテストの誤答者には、問題理解におけるつまずきを診断するための質問と介入を行った。「今の問題でもう少し質問をします」というメッセージが提示され、ボタンをクリックすると、問題理解でのつまずきを探る3つの診断質問が以下の

順で出題された。

a. 質問文の理解…文章題の下部に新たなウィンドウが開き、教示とともに提示された3つの選択肢の中から、求答事項を選択させた。実際の画面をFig.4aに示す。学習者の解答が誤っていた場合は、画面上のメッセージボックスでフィードバックし、問題文の該当部分を読み直すよう指示を与えて、再度取り組ませた。

b. 関係文の理解…「□は□のX倍です」という文(Xは当該の文章題の割合)と教示が提示され、2つの□にあてはまる数量を表示ボックスから選択させた。実際の画面をFig.4bに示す。選択した内容は画面の□内に表示されるので、学習者は自分の選択を確認し、間違いを修正できた。解答が誤っていた場合は、a.と同様に該当部分を指示して再度取り組ませた。

c. 既知量の理解…問題文のふたつの量とともに既知量が表示され、学習者は、既知量に対応する量を選んでクリックした。実際の画面をFig.4cに示す。学習者がクリックした言葉は数値で置き換えられ、数字の入った関係文として提示された。解答が誤っていた場合は再度取り組ませた。

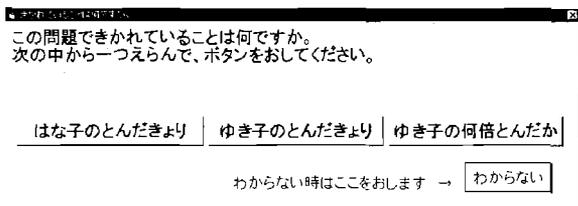


Fig.4a つまづき診断の画面：質問文の理解

注) 文章題提示画面の下部に追加提示される。

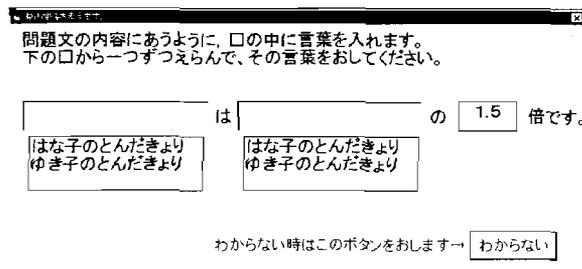


Fig.4b つまづき診断の画面：関係文の理解

注) 文章題提示画面の下部に追加提示される。

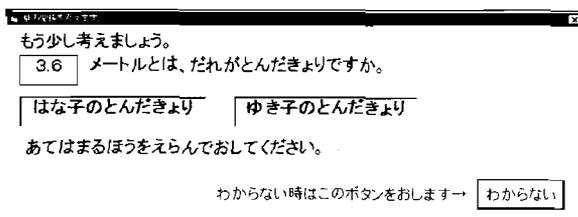


Fig.4c つまづき診断の画面：既知量の理解

注) 文章題提示画面の下部に追加提示される。

④演算選択訓練：診断質問に続いて、文章題の構造を示す文を参照しながら演算を選ぶ訓練[介入1]を実施した。③c.の回答後に提示された数字の入った関係

文を参照しながら、問題を解くための演算を選択肢の中から再度選ばせた。実際の画面をFig.5に示す。ここでは、学習者に対する正誤のフィードバックは行わなかった。選んだ演算が正しい場合は、②に戻って次の文章題を提示した。学習者が正しい演算を選ばなかった場合は、⑤に示す追加の介入を行った。

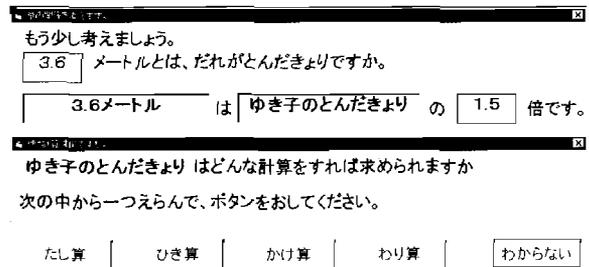


Fig.5 演算選択訓練の画面

注) 文章題提示画面の下部に追加提示される。

なお、③と④のステップは、学習者が②で[ヒントください]のボタンを選択した場合には、問題のヒントという形式で実施した。

⑤解法指導：訓練時の誤答者にはさらに、問題の構造と解き方を指導した。文章題の下部に新しいウィンドウが開き、文章題の構造すなわち割合の用法を、関係図の形式で表象した上で、このようなタイプの文章題はどのような演算で解くべきかを文章で解説した。第3用法での指導の実例を、Fig.6に示す。学習者が解説画面を読み終わったら、クリックで②に戻って次の文章題が提示された。

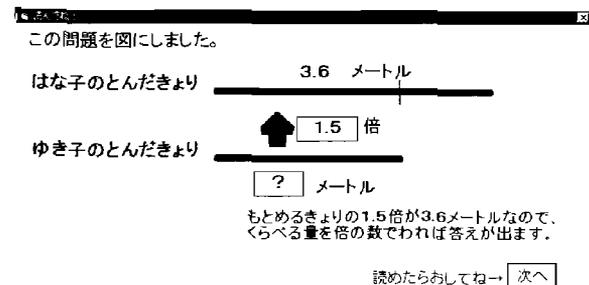


Fig.6 問題構造および解法指導の画面

⑥ポストテスト：プレテストと介入終了後、引き続いてプリテストと同程度の文章題を提示し、②と同じ形式で立式をさせた。出題した4問の内訳はプリテストと同じである。プレテストで全問正答だった学習者には、ポストテストではなく別の課題を課した。手続き まず、担任教師の指導のもと、適性テストをクラス単位で実施した。その後、解決支援プログラムによる問題解決学習を個別に実施した。

結果・考察

結果の分析は以下の手順で進める。まず、プレテストとポストテストの成績を比較し、本プログラムによる指導の効果を確認する。続いて、指導の効果が認め

られた児童とそうでなかった児童とを比較し、成績向上をもたらした指導を特定する。さらに、ポストテストの成績と適性テストの成績と関連を検討し、今回の指導が有効であった児童群の特徴を明らかにする。

1. プログラムによる指導の効果

まず、プレテストの成績について、4問中の正答数は、全問正答が26名、3問23名、2問23名、1問9名、0問2名となっていた。全問正解だった者を除く被験児57名について、介入と訓練の効果を検討した。対象児におけるプレテストとポストテストでの成績を、文章

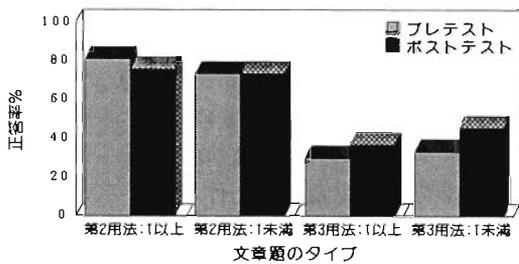


Fig.7 指導の前後での正答率%

題のタイプごとにFig.7に示す。プレテストーポストテスト間で各用法の文章題の平均正答数を比較したところ、第2用法では差はなかったが（プレテスト1.54問、ポストテスト1.49問:t(56)=.651,n.s.）、第3用法では、10%水準ではあるが、ポストテストでの正答数がプレテストより上昇していた（プレテスト.63問、ポストテスト.82問:t(56)=1.749,p<.10）。

2. 成績向上に寄与した指導内容の同定

ポストテストでの成績向上をもたらした指導を特定するために、第3用法の各文章題で、指導により遂行が向上した児童と、向上しなかった児童とを抽出し、このプログラムによる問題解決学習の遂行を比較した。「第3用法:1以上」の文章題での向上群（N=13）と非向上群（N=27）における、各学習場面での成績をFig.8に示す。群間差は、訓練時とプレテストの第3

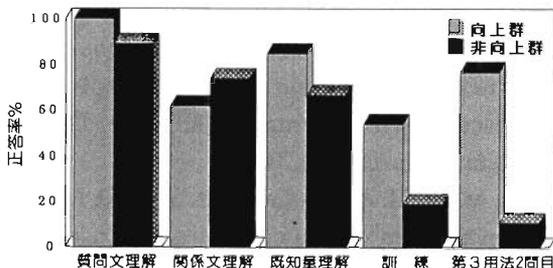


Fig.8 向上群と非向上群の遂行比較 (第3用法1以上) 用法2問目で有意であった (訓練時 $\chi^2(1) = 5.215, p < .05$; 第3用法2問目 $\chi^2(1) = 14.399, p < .001$)。さらに、訓練時に正しい演算を選べた児童群では第3用法2問目の正答率が58%であったのに対し、正しい演算を選べなかった児童群の正答率は21%にとどまり、訓練時の

正誤によって正答率に有意な差があった ($\chi^2(1) = 5.215, p < .05$)。また、第3用法2問目とポストテストとの正誤の関連 ($\phi = .658, p < .001$) は訓練とポストテストとの関連 ($\phi = .361, p < .05$) よりも高くなっていた。以上より、ポストテストでの遂行の向上には、訓練時に既有知識を利用して正しい演算が選ばれたか否かに加え、次に同じ構造の問題が出た際に、ここで学んだことを問題解決で使えたかどうかが大きく関連することがわかった。

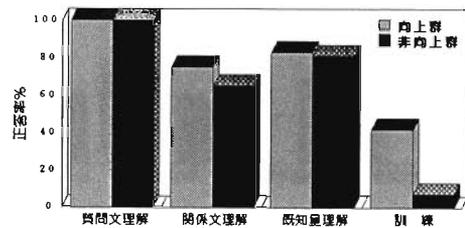


Fig.9 向上群と非向上群の遂行比較 (第3用法1未満)

「第3用法:1未満」の文章題でも同様の傾向が見られ、Fig.9に示すように、向上群（N=12）は非向上群（N=26）より訓練時の正答率が高くなっていた ($\chi^2(1) = 6.306, p < .05$)。

続いて、訓練での誤答者に実施した追加の介入について検討した。プレテストの各文章題について、訓練時の誤答者と正答者すなわち介入2を受けた群と受けなかった群とで、対応するポストテストの正答率を比較した。その結果、Fig.10に示すように、どの問題でも、訓練時の誤答者の正答率は、正答者より低くなっていた (第3用法1以上: $\chi^2(1) = 5.215, p < .05$; 第3用法1未満: $\chi^2(1) = 6.306, p < .05$)。本プログラムの介入2は効果があったとは言えない。ポストテスト全体での成績向上群（N=17）と非向上群（N=23）との比較において、第3用法1以上での訓練時の成績差が有意であった ($\chi^2(1) = 4.097, p < .05$) ことも、介入1の有効性を示す結果といえよう。

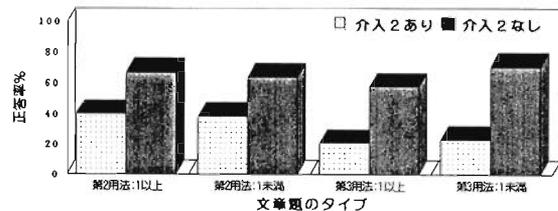


Fig.10 介入2のありなしによるポストテストの成績

3. 指導の効果と適性テストの関連

最後に、ポストテストの正答数と適性テストの成績との関連を検討した。被験児を、ポストテストの正答数によって正答数1問以下、2問、3問以上の3群に分類した。各群の人数は、それぞれ11名、27名、19名であった。適性テストの各課題における群ごとの平均正答数をFig. 11にまとめて示す。ポストテストの正答数が1問以下の児童では、どの課題でも、他の被験児に比

べて成績が低いことが明らかになった（整数文章題: $F(2,54)=7.100, p<01$; 割合文章題: $F(2,54)=5.315, p<01$; 割合問題文形式: $F(2,54)=3.052, p<10$; 同線分図形式: $F(2,54)=3.827, p<05$ ）。従ってこれらの児童では、文章題を解く能力や、割合の用法に関する知識など、割合文章題を解くために必要な基礎知識が十分でなかったと考えられる。本研究で与えた指導は、このような児童に対しては効果をあげられないといえる。

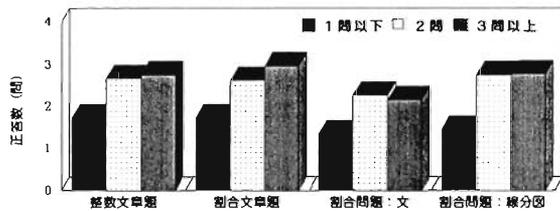


Fig.11 ポストテストの正答数による適性テストの各課題の成績

結論

本研究で開発した解決支援プログラムは、問題理解の過程に焦点を当てた指導と、解決に必要な知識の利用を促す訓練に加え、知識が利用できない生徒に対する解法指導を実施するものであった。本プログラムによる指導の効果はわずかながら認められ、第3用法の文章題において遂行を向上させることが出来た。指導の効果が見られた児童と見られなかった児童との比較から、遂行の向上に関与したのは、解決過程への介入より、問題の表象を参照しながら演算を選ぶ訓練であり、特に大きな関連を見せたのは、訓練で得た知識を次の問題解決で使えたかどうかであることが示された。

一方、問題の解き方を直接指導する介入は、効果をあげられなかった。同様の割合文章題において第3用法の解法を獲得させることを狙った他の研究（坂本,1997b）では、児童自身が解いた整数の割合問題と小数の割合文章題の解法を比較させた上で、第3用法の解法を指導したが、この支援もやはり効果をもたらさなかった。この支援の対象者は、割合の3用法についての知識は持っており文章題解決場面でその知識をうまく使えないだけの児童であったが、指導された解法がその後の問題解決に活用されるには至らなかったのである。まして、今回のように画面に表示された説明を読むだけでは、文章題の解法は学べないといえる。解決に必要な基礎知識が十分でない児童には、このプログラムの指導は効果がなかった。このような児童には、むしろ必要な知識を補うような指導が必要であろう。

以上のように、算数文章題が正しく解けない原因は様々であり、適切な指導の仕方もそれによって異なる。

今回の実験からは、小数を扱う割合文章題の指導にあたっては、本プログラムで提供した表象づくりと知識利用の訓練の他、基礎知識が不十分な児童に対する指導と、解決場面で必要な知識が使えない児童への支援の、少なくとも3種類が必要であることが示唆された。このうち、文章題解決場面で割合の用法に関する知識を使えなかった児童に対する支援については、本実験では効果的な支援を提供できなかった。前述のTajika et al. (1995) では、与えられた線分図に数値を入れる課題を行った群では、関係図を作成した群とは異なり、文章題解決における成績の向上が見られなかったことが報告されている。これより、線分図や関係図によって2量の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、文章題理解の支援につながったと考えられる。コンピュータの特性を活かして学習者が問題表象を作り上げる支援を行う ANIMATE (Nathan et al.,1992) や Planner (Schwartz and Resnick,1994)、数直線や線分図を用いて問題を表象するテクニックを獲得させた研究 (Lewis,1989; Zawaiza and Gerber,1993) など、教育効果が実証されている他の取り組みについても、同様のことが言えるだろう。一方、本研究の支援プログラムでは、診断質問に対する学習者の回答を受けて問題表象が提示される形式ではあるが、表象の作成にあたって学習者自身が関与する度合いは低い。追加の支援では、その傾向はより顕著であった。今後は、この点を考慮して、支援プログラムの指導部分を改良していきたい。

文献

- Case, L. P., Harris, K. R. & Graham, S. 1992 Improving the mathematical problem-solving skills of students with learning disabilities: self-regulated strategy development. *The Journal of Special Education*, 26, 1-19.
- Hutchinson, N. L. 1993 Effects of cognitive strategy instruction on algebra problem solving of adolescents with learning disabilities. *Learning Disability Quarterly*, 16, 34-63.
- Jaspers, M. W. M. & Van Lieshout, E. C. D. M. 1994a The evaluation of two computerised instruction programs for arithmetic word problem solving by educable mentally retarded children. *Learning and Instruction*, 4, 193-215.
- Jaspers, M. W. M. & Van Lieshout, E. C. D. M. 1994b A CAI program for instructing text analysis and modelling of word problems to mentally retarded children. *Instructional Science*, 22, 115-136.

- Jitendra, A. & Hoff, K. 1996 The effect of schema-based instruction on mathematical word problem solving performance of students with learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 29, 22-431.
- Jitendra, A. K., Griffin, C. C., McGoey, K., Gardill, M. C., Bhat, P., & Riley, T. 1998 Effects of mathematical word problem solving by students at risk or with mild disabilities. *Journal of Educational Research*, 91, 345-355.
- Lewis, A. B. 1989 Training students to represent arithmetic word problems. *Journal of Educational Psychology*, 81, 521-531.
- Looi, C.K. & Tan, B. T. 1998 A computer-apprenticeship-based environment for learning word problem solving. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 17, 339-354.
- Mayer, R. E. 1992 *Thinking, problem solving, cognition*. Second edition. New York: W. H. Freeman.
- 中川恵正・新谷敬介 1996 児童の算数文章題の解決に及ぼす教授法の効果－自己統制訓練法の検討－教育心理学研究, 44, 23-33.
- Nathan, M.J., Kintsch, W., & Young, E. 1992 A theory of algebra problem comprehension and its implications for the design of learning environments. *Cognition and Instruction*, 9, 329-389.
- Sakamoto, M. 1999 The evaluation of a computerized tutoring program for arithmetic word problem solving. *PSYCHOLOGIA*, 42, 40-50.
- 坂本美紀 1997a 文章題の指導の効果と解決方略との関連. 日本発達心理学会第8回大会発表論文集, 268.
- 坂本美紀 1997b 文章題解決における既有知識利用への援助. 日本心理学会第61回大会発表論文集, 664.
- Schwartz, B. B. & Resnick, L. B. 1994 The use of an intermediate model for solving word problems. In S. Vosniadou, E. De Corte, & H. Mandl (eds.), *Technology-based learning environments: psychological and educational foundations*. pp. 193-199. Berlin, NY : Springer-Verlag.
- Steele, M. M. & Steele, J. W. 1999 DISCOVER : An intelligent tutoring system for teaching students with learning difficulties to solve word problems. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 19, 351-359.
- 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.
- Wheeler, J.L. & Regian, J.W. 1999 The use of a cognitive tutoring system in the improvement of the abstract reasoning component of word problem solving. *Computers in Human Behavior*, 15, 243-254.
- Zawaiza, T. B. W. & Gerber, M.M. 1993 Effects of explicit instruction on community college students with learning disabilities. *Learning Disability Quarterly*, 16, 64-79.

付記 本研究は、平成12年度文部科学省科学研究費補助金（奨励研究A）の助成を受けて行われたものである。実験にご協力いただいた小学校の先生および児童の皆さんにあつく御礼申し上げる。