

算数の割合文章題における図と言い換えの有効性¹⁾

The effect of graphic and wording aids for solving arithmetic ratio word problems

有田佳世²⁾ 森田愛子

Kayo Arita Aiko Morita

宗像市立日の里西小学校 福岡教育大学学校教育講座

(平成19年10月1日受理)

本研究の目的は、算数で特につまずきの多い文章題の解決において、図を手がかりとする介入法と言葉の言い換えを手がかりとする介入法の有効性を調べることであった。割合についての文章題を取り上げ、小学校6年生を対象に、文章が表している正しい図を選択してから式を立てる図問題と、文章を正しく言い換えている文を選択してから式を立てる言い換え問題を解いてもらった。その結果、正しい図を選択できることが正しい立式に結びつきやすいことがわかった。ただし、算数の成績の高い女子においては、むしろ言い換えを手がかりとする介入のほうが有効である可能性が示唆された。

Key words: 文章題, 図, 言い換え, 割合

問題と目的

1. はじめに

児童が最も苦手としている教科の1つは算数である。北村・森田・松田(2002)によれば、「小・中学生の算数・数学に対する意識調査」(深谷・杉江・大橋, 1995)において、「算数が好き」と答えた児童の割合は、小学校4年生の40%から5年生31%, 6年生29%と低下し、逆に「算数・数学が嫌い」と答えた児童の割合は、4年生の14%から5年生17%, 6年生20%と上昇した。算数の中でも、児童が特に苦手とするのが文章題である。「計算問題は得意だけど文章題は苦手だ」という児童は多い。多鹿(1995)は、児童が文章題を苦手とする原因を2つ挙げている。1つは算数文章題が日常生活における児童の様々な経験と直接的に関係を持たず、筋道を立てて考える手がかりを与えないこと、もう1つは算数文章題で記述されている文章表現が理解しがたいことである。また、坂本(2002)によれば、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作業を実行する問題解決に先立って、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要求される。

それでは、文章題の成績を上げるには、どのような方法があるだろうか。心理学的研究としては、主に行動主義心理学と認知心理学の立場から児童が文章題をどのように解決するかに焦点を当てた研究が行われてきている。特に近年は、認知心理学のアプローチによって、児童の有する算数・数学の知識の構造(スキーマ)や解決方略、及び算数教材と児童の問題解決の相互作用の過程などが詳細に吟味されている。

2. 文章題解決の下位過程とメンタルモデル

その中でも、文章題の解決過程がどのような段階を経るのかを知ることは、つまずきへの理解を深めるために重要である。Mayer, Tajika & Stanley (1991)は、文章題解決の認知過程を次のような4つの下位過程に区分して捉えている。問題文を読み、個々の文を内的表象に変換する認知過程(変換過程); それらの情報を選択し、統合

して、問題全体の筋の通った表象を構成する認知過程(統合過程)；理解した問題内容を解決するためのプランを立てる認知過程(プランニング過程)；プランニング過程で立てた式を解くための計算を実行する認知過程(実行過程)である。これらの過程は、相互に独立しているというよりは、むしろ依存的であると考えられている。多鹿(1996)は、「まさおくんのクラスの人数は30人です。男子の人数はクラス全体の0.6倍です。まさおくんのクラスの男の子の人数は何人ですか。」という問題があった場合の下位過程の適用例を次のように挙げている。まず、児童らは与えられた問題を読むだろう。個々の文を理解し、所与の条件は何であり、求めるものは何であることを明確にするであろう(変換・統合過程)。先行経験として、児童がこの種の文章題を解いたことがあるとき、メンタルモデル(児童が問題文を読んで理解する過程において、過去の経験に基づいて蓄積してきた様々な知識を利用しながら問題の解法に向けて形成すると考えられている問題内容の構造)を活性化できる。こうして活性化されたメンタルモデルを使って問題文を理解したとき、児童は、この問題が比較量を求める問題であることを理解するであろう。比較量を求めるためには、基準量と割合を掛ける方略を見出さなければならない。その結果、比較量を求める式を構築するであろう。最後に、構成された式に従って演算を実行するであろう。

多鹿(1996)は、文章題解決の下位過程を評価すると考えられる問題(変換・統合・及びプランニングの各下位過程で営まれている認知処理を測定するために工夫された問題)を構成して児童に解いてもらい、得られた結果を計算得点結果の違いから分析した。その結果、計算得点の結果に関わらず、文章題の統合過程を測定するタイプの問題の得点が、各下位過程の得点を合算した文章題解決全般の得点に強く影響していることが明確になった。つまり、4つの認知過程の中でも、統合過程が文章題の難しさ、あるいは解決の正確さに影響することを明らかにした。そして、多鹿・石田(1989)は、与えられた文章題を読み問題内容に適したメンタルモデルを構成する過程として統合過程を捉え、文章題がうまく解けた場合と解けなかった場合の理解過程の違いは、問題の内容に適したメンタルモデルを構成することができたか否かによると述べている。したがって、適切なメンタルモデル構成が促されることにより、文章題を解くことができるようになると考えられる。

3. メンタルモデル構成のための2つの方略

この統合過程においてメンタルモデルを構成するために利用される学習方略として様々な方略が知られている。代表的な方略としては、線分図・関係図の作成といった図で表された手がかりを利用する方略と、言語的な方略を利用する方略があり、様々な研究が行われてきている。

3-1. 図を利用する方略

図を利用する方略としては、教科書でも文中の数量関係を明らかにする方法として、テープ図や線分図、関係図などがよく用いられている。教科書で図が用いられる理由は、問題文の文脈に左右されずに問題を把握するのに役立つと考えられているからである。具体的には、図を導入することによって、全体と部分との数量関係や、独立するいくつかの数量の関係を同時に視覚的に表象することが可能になり、児童が問題を理解するのを助け、解決の手がかりや答えを確かめる手段を与えることになる(坂本, 1998)。

多鹿・山本(1999)では、小学6年生が割合文章題を解くときにどのような方略で解くか調べたところ、比の第2, 3用法の難易度別の4タイプのどのタイプの問題においても、問題の中からヒントとなる言葉や数字を見つけて解くという方略が多かった。しかし、問題が難しくなるにつれ、問題の中からヒントとなる言葉や数字を見つけて解く方略に頼るよりも、他の方略(線分図を描く・線分図以外の絵や図を描く・メモをとる)を採用する傾向が認められている。その中でも特に正解者を増やしているのは線分図方略であった。この研究では、問題が難しくなると、児童の間で異なる学習方略を選択する傾向が認められるだけでなく、同一の児童の中でも学習方略を変更する傾向が認められている。すなわち、易しい問題では問題の中からヒントとなる言葉や数字を見つけて解いていた児童も、問題が難しくなるにつれ、他の方略を選択する傾向が認められている。

また最近では、コンピュータで図を完成させて文章題を解いてもらう研究も行われている。Tajika, Nakatsu, & Takahashi(1995)では、コンピュータを使って割合の部分と全体との間の関係を表す図を作らせることで文章題解決の成績が向上したことが報告されている。

また、利用する図の種類によっても効果が異なる。多鹿(1996)は、割合の文章問題を関係図群・線分図群・統制群に分けて空欄を埋めて図を完成させながら問題を解いてもらったところ、関係図群は他の群より成績が良かったが、線分図群と統

制群は差がないという結果となった。関係図では効果があったのに線分図では効果がなかったのは、予め、実験者が構成していた線分図に数値を埋め込むだけだったので、文間の関係を理解することはできず、文章題の統合が促進されなかったためと考えられている。

多鹿(1996)はこの後、コンピュータで問題を提示して同じ群分けを行っているが、この研究では関係図群、線分図群、統制群の順で成績が良かった。関係図の方が有効であった理由として、関係図はコンピュータの画面の中で自在に変化させられるため相互作用の関わりが高いが、線分図は固定された部分の割合や量を求めるとなっており知識を操作できるものではないため、関係図ほど相互作用が高くないからだろうと考えられている。

また、坂本(1999)では、小学5年生を対象に割合文章題を児童たち自身で図示してもらい、立式できるかを調べている。その結果、小学5年生が自発的に描く線分図は、教科書に載っているような図、すなわち2量を数直線上に表す図よりも、足し合わせが多いことが明らかになっている。

3-2. 言語的手がかりを利用する方略

一方、言語的な方略の利用について検討した研究には、例えばHudson(1983)の研究が挙げられる。この研究では、比較の問題(a1:とりが8わいます。むしが5ひきいます。とりはむしよりいくらおおくいますか。)を幼稚園児と小学1年生に提示し、同年齢の別の子どもにはその問題を表現を変えた問題(a2:とりが8わいます。むしが5ひきいます。1わのとりが1びきのむしをたべるとしたら、なんわのとりがむしをたべることができませんか。)を提示し、それぞれ解いてもらった。その結果、(a1)は幼稚園児25%、小学1年生96%、(a2)では幼稚園児64%、小学1年生100%が正解した。同様にDe Corte, Verschaffel, & De Win (1985)においても、問題文の表現を変えることにより高い正答率を得たと多鹿(1996)は述べている。

また、東原・前川(1997)でも、量と量の関係を表す文を強調する介入が立式に有効であった。具体的には、「AさんがBさんにあめをX個あげました。」という問題から、Aさんのあめは減ったということ、減ったということは「今」の方が「はじめ」より少ないということを理解し、「あげた」「もらった」という用語から「多い」「少ない」という用語に変換している。問題文の内容を、以前に学習した問題で使われていた用語を使って言い換えることによって既習のスキーマを適用できて

立式できるようになるためと考えられた。

3-3. 2つの方略を使用した研究

坂本(2002)は、割合文章題において、問題文だけでは立式できなかった児童に対しての介入として関係文の理解を促す言語的介入、それでも分からなかった児童に対して穴埋め形式で図的介入を行っている。この研究では、まずつまづきを診断するために質問文・関係文・既知量について理解しているかを診断する質問がなされ、誤答した場合には再度取り組ませている。その後、文章題の構造を示す文を参照しながら演算を選ぶ言語的介入を行った。ここでも誤答した児童は、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児童であるため、追加介入として関係図による図的介入が行われている。そして、最後にポストテストとして診断の際と同程度の文章題を解いてもらった。その結果、ポストテストの遂行の向上には、言語的介入で既有知識を利用して正しい演算が選べたかどうかを否かに加え、次の同じ構造の問題が出題されたときに、ここで学んだことを使えたかどうかが大きく関連していた。しかし、図的介入を行わなかった児童と行った児童とでポストテストの成績を比較したところ、図的介入まで行わなかった児童の方が成績が良かった。そのため、この研究では図的介入の効果は得られていないといえる。

3-4. 2つの方略に関する問題点

上述したように、図を手がかりとする方略、言語的手がかりの方略とそれぞれで行って成果を上げている研究は数多い。また、坂本(1998)のように1つの問題内で下位過程に対応する課題として変換過程を見るために言語的介入、統合過程を見るために図的介入を行っている研究や、坂本(2002)のように、問題文だけでは立式できなかった児童に対しての介入として言語的介入、それでも分からなかった児童に対して図での介入と、段階的に言語的介入、図的介入を行っている研究はある。しかし、同じ被験者に図的介入と言語的介入を行い、一般的にどちらが立式により有効なのか、また、どのような児童にどちらの介入が有効なのかという有効性の個人差を調べている研究はない。

4. 個人差についての研究

これまでの研究で明らかにされている個人差には、次のようなものがある。

岡(1996)は、完全図群・部分図群・図なし群

に分けて分数の掛け算・割り算の問題を解いてもらった。その結果、成績の上位群では掛け算・割り算とも図の提示が有効であったが、成績の下位群では、掛け算のみに図の提示が有効であり、割り算には有効ではなかった。この実験で使われた問題は、難易度の高い問題だったため、成績下位群の児童には難しすぎて図を提示しただけでは知識不足はカバーできずにメンタルモデルが構成できなかったからだと考えられている。また、岩本・近藤(1999)は、知的障害者に文章題を絵や図で解いてもらい、類似した結果を得ている。成績上位群には、絵や図が立式に有効であったが、成績下位群には有効ではなかった。

これらの結果は、問題解決における図やモデルの有効性は、問題とクライアントと図・モデルの三者の相互作用によって決まるという考え(松下, 1993)によって説明できる。松下は、導入された図の成否を決める要因を2つ挙げている。1つは、植木算のように問題の状況を理解することが鍵になってくる問題かどうかである。立式や計算の段階が鍵となっている問題では関連する数量を抽出するだけの素朴表現では解決に至らない。2つ目は学習者の知識の状態であり、前提となる知識がなければ図などを与えてもそれを利用することはできない。

このように図の使用については成績下位群に有効でないと示唆されているが、言語的手がかりについては個人差を検討した研究はない。

5. 本研究の目的

本研究では、図的介入と言語的介入の比較検討を行った。具体的には、割合の文章題を用い、問題文と関係図を一緒に提示した図問題と、問題文と言い換え文を一緒に提示した言い換え問題、問題文だけを提示した普通問題の3タイプの問題を解いてもらうことにより、一般的に図と言い換えのどちらの介入がより文章題の立式に有効であるかを検討する。

図による介入の方法として、メンタルモデルを構成してもらうために一番良い方法は実際に被験者に図を描いてもらう方法だろうが、児童は坂本(1999)が示したように図のスキーマをはっきり持っていないと考えられる。また、多鹿(1996)の結果から、数値を()に入れるだけでは、メンタルモデルは構成されていないことは明らかである。そのため、本研究では、問題文を正しく表した関係図と間違っている関係図を提示し、正しいものを選んでもらうことでメンタルモデルを構成し、

その関係図をもとに立式してもらった。言い換えによる介入の方法も同様であり、言い換えを提示しただけではメンタルモデルが構成されない可能性があり、また言い換えのスキーマを児童は持っていないと思われるため、正しい言い換え文と間違っている言い換え文を提示して正しいものを選んでもらうからそれをもとに立式してもらった。

本研究の第2の目的は、図的介入が有効な児童と言語的介入が有効な児童が存在するのか、存在するとしたらどのような児童かを検討することであった。

本研究で、個人差を検討対象とした理由は、正しい図を選ぶことができ図からは立式できるが、正しい言い換え文は選べず立式できない、あるいはその逆のパターンの児童がいる可能性があると思われたからである。ある児童には図で説明したらすぐに分かってもらえたのに、他の児童には図では理解してもらえず、言葉で説明したら理解してもらえたということはよくある。さらに、図・言い換えともに正しいものは選べるが、図からは立式できて言い換えからは正しい立式はできないといった個人差も出てくる可能性があると考えられた。上述した、個人差についての先行研究からは、一般的に図問題の方は成績上位群の方に、言い換え問題の方は成績下位群の児童に有効な結果をもたらすのではないかと予測されるが、それ以外にも男女差など新たな個人パターンがあることが分かれば、学校現場でも非常に役立つと思われる。

方法

被験者 公立のK小学校6年生3クラス92人(男子49人, 女子43人)。

実験計画 3要因配置を用いた。第1要因は性別(被験者間要因)であり女子と男子の2水準であった。第2要因は成績(被験者間要因)であり、高群と低群の2水準であった。第3要因は問題タイプであり、図問題と言い換え問題と普通問題の3水準であった。

期日 2006年10月23日。

材料 割合の文章題9問からなるテスト問題を使用した。3つの用法〔比の第2用法・比の第3用法(割合の値が1以上)・比の第3用法(割合の値が1以下)]の文章題を3問ずつ用意した。その3問の内訳は、面積・定員・値段を求める問題が1問ずつであった。そして1つの文章題について、問題文と関係図の選択肢を一緒に提示した図

問題と、問題文と言い換え文の選択肢を一緒に提示した言い換え問題、問題文だけを提示した普通問題の3タイプを使用した。問題組み合わせパターンはA～Cの3種類であった。また、問題は1ページに1問とし、問題は一人一人ランダムな順序にした。また、このテスト問題の前に練習問題2問があった。

図問題においては、2つの関係図から正しい関係図を選んで答えの欄に記号を書き、自分が選んだ関係図を参考にして式を立てて答えを求めるよう教示した。言い換え問題においては、2つの文のうち、問題文を正しく表していると思う文を選んでから、それを参考にして式を立てて答えを求めるよう教示した。普通問題では問題を読んで、式を立てて答えを求めるよう教示した。また、合図があるまでページをめくらないように指示をし、1ページにつき3分30秒で、全部で9問を解くように教示した。

本実験に入る前に、練習問題を2問（1問2分）行った。いずれも、実験者がストップウォッチで時間を計測し、合図を行った。

結果

図問題・言い換え問題・普通問題（各3問）ともに、選択・立式それぞれの正答について1点ずつ与え、3点満点で得点化した(図1)。また、図1をさらに立式得点・選択得点ごとに男女別にしたものを図2と図3に示した。

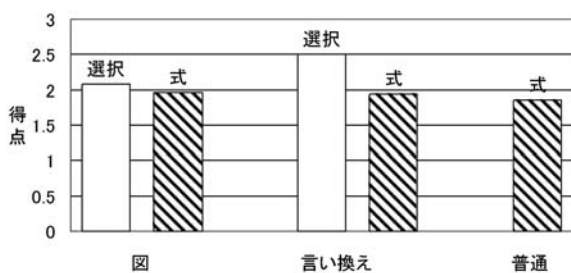


図1 問題タイプごとの選択・式それぞれの得点率

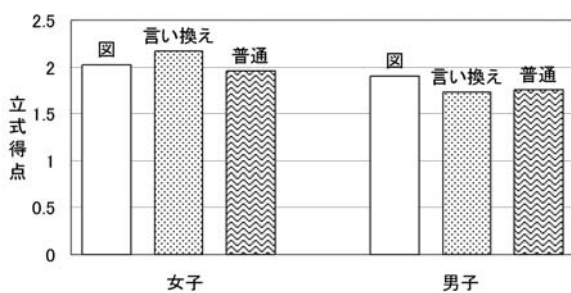


図2 男女別問題タイプごとの立式得点

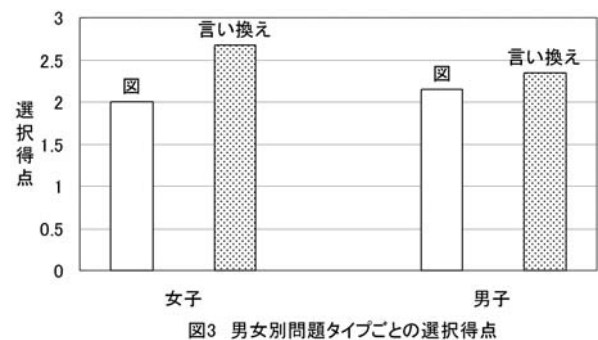


図3 男女別問題タイプごとの選択得点

1. 問題タイプ・性別・回答タイプの分析

1-1. 問題タイプおよび性別と立式得点の関係

立式の得点について、2(性別:女子・男子)×3(問題タイプ:図・言い換え・普通)を行ったところ、性別、問題タイプのいずれの主効果も有意ではなかった[順に、 $F(1,90) = 2.485, p > .10, MSE = 1.736$; $F(2,180) = 0.853, p > .10, MSE = 0.311$]。性別×問題タイプの交互作用も有意ではなかった[$F(2,180) = 1.569, p > .10, MSE = 0.364$]。

1-2. 問題タイプおよび性別と選択得点の関係

選択の得点について2(性別:女子・男子)×2(問題タイプ:図・言い換え)の2要因分散分析を行ったところ、性別の主効果は有意ではなかったが[$F(1,90) = 0.429, p > .10, MSE = 0.909$]、問題タイプの主効果が有意であり、言い換え問題の方が図問題より得点が高かった[$F(1,90) = 19.542, p < .001, MSE = 0.452$]。また、性別×問題タイプの交互作用が有意であった[$F(1,90) = 5.602, p < .05, MSE = 0.452$]。そこで、下位検定を行ったところ、言い換え問題においてのみ性別の単純主効果が有意な傾向があり、女子の方が男子より得点が高いという傾向が認められた[$F(1,180) = 3.608, p < .10, MSE = 0.681$]。また、女子においてのみ問題タイプの単純主効果が有意であり、言い換え問題の方が図問題より得点が高かった[$F(1,90) = 23.034, p < .001, MSE = 0.452$]。

1-3. 回答タイプの分析

図問題と言い換え問題それぞれにおいて、2(性別:女子・男子)×2(回答タイプ:選択・式)の2要因分散分析を行った。その結果、図問題についてはいずれの主効果も有意ではなかった[順に、 $F(1,90) = 0.003, p > .10, MSE = 1.372$; $F(1,90) = 1.946, p > .10, MSE = 0.289$]。ただし、性別×回答タイプの交互作用に有意な傾向がみられた[$F(1,90) = 2.848, p < .10, MSE = 0.289$]。言い換え問題については性別と回答タイプの主効果のい

ずれも有意であった[順に, $F(1,90) = 7.976, p < .01, MSE = 0.820$; $F(1,90) = 34.087, p < .001, MSE = 0.424$]。性別の主効果については女子の方が男子より得点が高く, 回答タイプの主効果については選択の方が式より得点が高かった。性別×回答タイプの交互作用は有意でなかった[$F(1,90) = 0.273, p > .10, MSE = 0.424$]。

2. 算数の成績による群分け

次に, 算数の学力テストの結果にもとづき, 学年で人数が約半々になるように成績高群・低群に分けた。

2-1. 成績群別の立式得点の分析

図問題・言い換え問題・普通問題の, 立式の得点を男女別・成績別に表したものを図4に示した。

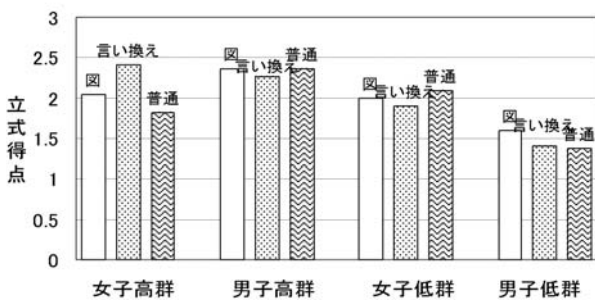


図4 男女別による成績の高群・低群別の立式得点

立式得点について, $2(\text{性別:女子・男子}) \times 2(\text{成績:高群・低群}) \times 2(\text{問題タイプ:図・言い換え・普通})$ の3要因分散分析を行ったところ, 成績の主効果が有意であり[$F(1,88) = 10.717, p < .005, MSE = 1.467$], 成績高群の方が成績低群より得点が高かった。性別と問題タイプの主効果はいずれも有意ではなかった[順に $F(1,88) = 1.042, p > .10, MSE = 1.467$; 問題タイプ: $F(2,176) = 0.642, p > .10, MSE = 0.351$]。また, 性別×成績と性別×成績×問題タイプの交互作用はいずれも有意であった[それぞれ $F(1,88) = 7.071, p < .01, MSE = 1.467$; $F(2,176) = 3.406, p < .05, MSE = 0.351$]。性別×問題タイプと成績×問題タイプの交互作用は有意でなかった[それぞれ $F(2,176) = 1.488, p > .10, MSE = 0.351$; $F(2,176) = 1.924, p > .10, MSE = 0.351$]。

性別×成績の交互作用について下位検定を行ったところ, 成績低群においてのみ性別の単純主効果が有意であり, 女子の方が男子より得点が高かった[$F(1,88) = 6.771, p < .05$]。また, 男子においてのみ成績の単純主効果が有意であり, 成績高群の方が成績低群より得点が高かった[$F(1,88) =$

$17.599, p < .001, MSE = 1.467$]。

性別×成績×問題タイプの交互作用について下位検定を行ったところ, 図問題と普通問題において性別×成績の交互作用が有意であった[順に, $F(1,264) = 4.034, p < .05, MSE = 0.724$; $F(1,264) = 12.621, p < .001, MSE = 0.724$]。図問題については, 男子においてのみ成績の単純・単純主効果が有意であり, 成績高群の方が成績低群より得点が高かった[$F(1,264) = 9.114, p < .005, MSE = 0.724$]。普通問題については, 成績高群・成績低群のいずれにおいても性別の単純・単純主効果が有意であった。成績高群においては男子の方が女子よりも得点が高く[$F(1,264) = 4.673, p < .05, MSE = 0.724$], 成績低群においては女子の方が男子より得点が高かった[$F(1,264) = 8.193, p < .005, MSE = 0.724$]。さらに男子においてのみ成績の単純・単純主効果が有意であり, 成績高群の方が成績低群より得点が高かった[$F(1,264) = 15.490, p < .001, MSE = 0.724$]。

また, 成績高群においてのみ性別×問題タイプの交互作用が有意であった[$F(2,176) = 4.000, p < .05, MSE = 1.408$]。さらに, 女子においてのみ成績×問題タイプの交互作用が有意であった[$F(2,176) = 4.894, p < .01, MSE = 1.722$]。下位検定の結果, 成績高群の女子においてのみ, 問題タイプの単純・単純主効果が有意であった[$F(2,176) = 5.639, p < .005, MSE = 0.352$]。多重比較を行ったところ, 言い換え問題において普通問題より有意に得点が高く[t(176) = 3.303, $p < .005, MSE = 0.352$], 図問題の得点はいずれとも有意差がなかった。

2-2. 成績群別の選択得点の分析

また, 選択の得点について, 男女別・成績別に表したものを図5に示した。

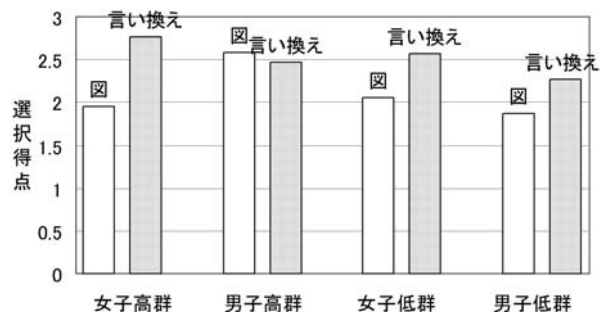


図5 男女別による成績の高群・低群別の選択得点

$2(\text{性別:女子・男子}) \times 2(\text{成績:高群・低群}) \times 2(\text{問題タイプ:図・言い換え})$ の3要因分散分析を行ったところ, 成績の主効果が有意な傾向が

あり、成績高群の方が成績低群よりも得点が高く $[F(1,88) = 3.376, p < .10, MSE = 0.873]$ 、問題タイプの主効果が有意であり $[F(1,88) = 16.990, p < .001, MSE = 0.440]$ 、言い換え問題の方が図問題より得点が高かった。また、性別×問題タイプと性別×成績×問題タイプの交互作用が有意であった[それぞれ $F(1,88) = 6.956, p < .01, MSE = 0.440$; $F(1,88) = 4.055, p < .05, MSE = 0.440$]。性別の主効果と性別×成績、成績×問題タイプの交互作用は有意でなかった[順に $F(1,88) = 0.082, p > .10, MSE = 0.873$; $F(1,88) = 2.103, p > .10, MSE = 0.873$; $F(1,88) = 0.282, p > .10, MSE = 0.440$]。性別×問題タイプの交互作用について下位検定を行ったところ、言い換え問題においてのみ性別の単純主効果に有意な傾向が認められ、女子の方が男子より得点が高かった $[F(1,176) = 3.100, p < .10, MSE = 0.657]$ 。また、女子においてのみ問題タイプの単純主効果が有意であり、言い換え問題の方が図問題よりも得点が高かった $[F(1,88) = 22.843, p < .001, MSE = 0.440]$ 。性別×成績×問題タイプについて下位検定を行ったところ、図問題においてのみ性別×成績の単純交互作用が有意であった $[F(1,176) = 5.515, p < .05, MSE = 0.657]$ 。図問題については、成績高群における性別の単純・単純主効果が有意であり、男子の方が女子より得点が高かった $[F(1,176) = 6.630, p < .05, MSE = 0.657]$ 。また、男子において成績の単純・単純主効果が有意であり、成績高群の方が成績低群より得点が高かった $[F(1,176) = 8.627, p < .005, MSE = 0.657]$ 。成績では、成績高群においてのみ性別×問題タイプの交互作用が有意であった $[F(1,88) = 10.816, p < .005, MSE = 0.440]$ 。成績高群については、女子においてのみ問題タイプの単純・単純主効果が有意であり、言い換え問題の方が図問題より得点が高かった $[F(1,88) = 16.982, p < .001, MSE = 0.440]$ 。また、男子においてのみ成績×問題タイプの交互作用が有意傾向であった $[F(1,88) = 3.238, p < .10, MSE = 0.440]$ 。

2-3. 成績群別の回答タイプの分析

図問題について2(性別:女子・男子)×2(成績:高群・低群)×2(回答タイプ:選択・式)の3要因分散分析を行った。成績×回答タイプの交互作用 $[F(1,88) = 0.360, p > .10, MSE = 0.294]$ 、性別×成績×回答タイプの交互作用 $[F(1,88) = 0.064, p > .10, MSE = 0.294]$ はいずれも有意でなかった。言い換え問題について同様の3要因分散分析を行ったところ、成績×回答タイプの交互作用が有意で

あった $[F(1,88) = 6.425, p < .05, MSE = 0.400]$ 。下位検定を行ったところ、回答タイプが式の場合にのみ成績の単純主効果が有意であり、成績高群の方が成績低群より得点が高かった $[F(1,176) = 18.453, p < .001, MSE = 0.566]$ 。また、成績高群・低群のいずれにおいても回答タイプの単純主効果が有意であり、いずれも式より選択の方が得点が高かった[順に、 $F(1,88) = 4.604, p < .05, MSE = 0.400$; $F(1,88) = 32.838, p < .001$]。性別×成績×回答タイプの交互作用 $[F(1,88) = 0.871, p > .10, MSE = 0.400]$ は有意でなかった。

3. 相関分析

3-1. 問題タイプ間の立式得点の相関

立式得点について、図問題と普通問題、言い換え問題と普通問題の相関をそれぞれ調べたところ、どちらも有意であった(順に、 $r = .536, p < .01$; $r = .616, p < .01$)。さらに、男女別に同様の分析を行った。女子においては、図問題と普通問題における相関係数が $r = .495(p < .01)$ であり、言い換え問題と普通問題においては $r = .399(p < .01)$ であった。男子においては、図問題と普通問題における相関係数が $r = .559(p < .01)$ であり、言い換え問題と普通問題においては $r = .756(p < .01)$ であった。どちらも男子の方が女子に比べて相関が高かった。ただし、全て相関は有意であった。

3-2. 選択得点と普通問題の立式得点の相関

図問題での選択得点と普通問題での立式得点の相関を調べたところ、 $r = .590(p < .01)$ であった。同様に言い換え問題での選択得点と普通問題での立式得点の相関係数は $r = .366(p < .01)$ であった。普通問題の立式得点は、言い換え問題よりも図問題との相関が高かった。

さらに、同様の分析を男女別で行った。女子の図問題での選択得点と普通問題での立式得点の相関係数を算出したところ、 $r = .644(p < .01)$ であり、男子での相関係数は $r = .577(p < .01)$ であった。どちらも相関は有意であった。しかし、言い換え問題での選択得点と普通での立式得点の相関係数を男女別で算出したところ、男子の相関係数は $r = .461(p < .01)$ で相関があったが、女子の相関係数は $r = .162(p > .10)$ であり、相関が有意ではなかった。

3-3. 選択と式の得点の整合性

選択が正しかった問題のうち立式も正しい、立式が正しかった問題のうち選択も正しい問題数が占める割合を表1に示した。

表1 選択○のうち式も○、式○のうち選択も○だった問題数が占める割合

	選択○のうち 式も○		式○のうち 選択も○	
	図	言い換え	図	言い換え
A	89%	63%	86%	81%
B	90%	68%	92%	93%
C	79%	74%	96%	90%
女子	92%	73%	91%	90%
男子	81%	63%	91%	86%
全体	86%	68%	91%	88%

その結果、図問題の方が言い換え問題よりも選択と式の得点の整合性が高いという結果が出た。

また、正しい選択ができることと立式の関係を見るため、図問題での選択得点と立式得点の相関係数を算出したところ、 $r = .646(p < .01)$ であった。同様に、言い換え問題では $r = .368(p < .01)$ であった。さらに、男女別で同様の分析を行った。女子のみで図問題での選択得点と立式得点の相関係数を算出したところ、 $r = .734(p < .01)$ であり相関が高かったが、言い換え問題での選択得点と立式得点の相関係数を算出したところ $r = .164(p > .10)$ であり、相関は有意でなかった。一方、男子の図問題での選択得点と立式得点の相関係数は $r = .590(p < .01)$ であり、言い換え問題では $r = .432(p < .01)$ であったためどちらも相関は有意であったが、図問題の方が言い換え問題よりも相関が高かった。これらの相関から見ても、やはり、図問題の方が言い換え問題より整合性が高かった。

また、成績で分けた群別に図問題と言い換え問題の選択得点と立式得点の相関係数を算出した。その結果、成績高群の図問題では $r = .556(p < .01)$ 、成績高群の言い換え問題では $r = .170(p > .10)$ 、成績低群の図問題では $r = .688(p < .01)$ 、成績低群の言い換え問題は $r = .424(p < .01)$ であり、成績高群の言い換え問題においてのみ、相関が有意でなかった。ただし、この結果は、成績高群の児童の多くが、言い換え問題の選択において満点をとっていたためと思われる。

4. 個人パターン分析

表1には図問題と言い換え問題の得点に2点以上差があった児童の人数を示した。その結果、選択の得点が図<言い換え(2点差以上)だった児童のうち73%を女子が占めており、立式の得点

では図>言い換えだった児童のうち男子が83%を占めていた。

また、図と言い換えに2点以上差があった人を個人別に分類した。その結果、選択でも式でも図か言い換えのどちらかに成績が偏った児童は2人いた。また、選択では言い換えが図より得意だが、式では図のほうが言い換えよりも得意という児童がいた。

考察

本研究の第1の目的は、算数の割合文章題において、図的介入と言語的介入の効果を比較検討することであった。第2の目的は、図的介入と言語的介入の有効性において、個人差のパターンが存在するのかを成績や性別などの観点から検討することであった。

1. 図的介入と言語的介入の比較検討についての考察

1-1. 全体に対する介入の比較

図・言い換え・普通の3つの問題タイプによって、立式得点に差が見られなかったことから、本研究では、全般的に介入による効果が明確に見られなかった。ただし、本研究では、問題パターンがCの児童たちの普通問題の立式正答率が他の2パターンと比較して高かった。すなわち、問題パターンA、Bの児童たちの結果のみをみると、概ね普通問題の正答率が最も低くなっている。問題パターンの割り当てはランダムに行ったものの、偏りが生じていた可能性はある。したがって、介入効果が全くないと断定することはできない。

また、性別や成績といった個人特性によって介入の有効性が異なるために、全体的に効果が相殺されたとも考えられる。その点については、後の項で述べる。

さらに、選択と立式の関係性については、以下のように図問題と言い換え問題とで異なる傾向が見られるため、介入の効果が同等であるとはいえない。

まず、立式得点に差が見られなかったにもかかわらず、図問題よりも言い換え問題において選択得点が高かった。選択において正答したときに立式においても正答した児童の割合は、図問題では86%だったが、言い換え問題では68%になっており、言い換え問題における選択が正しい立式には結びつきにくいことがわかる。相関分析を見ても、言い換え問題より図問題において選択と式の

相関が高く、同様に選択と普通問題の立式との相関も高かった。

これは、目的でも挙げた松下(1993)が述べているように、前提となる知識がなければ図などを与えてもそれを利用することはできない、つまり、問題解決における図やモデルの有効性は問題とクライアントと図・モデルの三者の相互作用によって決まるという考えが、言い換え文においてもあてはまるということではないだろうか。

本研究の被験者たちは割合の学習時に問題文を言い換え文として使用した「～は～の何倍」という表現に直すことを習っていた。本研究の結果からも、「～は～の何倍」という問題文の構造は概ね理解していると捉えて良いと思われる。しかし、5年生で学習する割合の問題を6年生に解いてもらったため、学習して1年ほど経っていて、すでに言い換え後の処理についての知識を忘れていたために介入が有効にならなかったのではないかと考えられる。すなわち、「～は」(比べる量)の部分を求めるときには掛け算を用い、「～の」(基にする量)を求めるときには割り算を用いるという知識を忘れてしまっていたため、問題文の構造を正しく理解できていても、立式に結びつかないという結果になってしまったのであろう。

一方、図的介入の場合は、学習してから時間が経っていたとしても、正しい図を選択することができれば立式の正答率も上がるということを示唆していると思われる。すなわち、図問題において正しい選択ができるということは、メンタルモデルを構成できることと直結していると考えられる。多鹿・石田(1989)は、適切なメンタルモデルを構成することができれば文章題を解くことができると述べている。

まとめると、選択するだけならば言い換え問題の方が容易であったが、正しい立式に結びつきやすいのは図問題での選択であった。坂本(1998)や多鹿・石田(1989)と合わせて考えると、統合過程でつまづいている子どもが多いことを示唆する結果であると思われる。

1-2. 性別で分けたときの介入の有効性

性別で分けた分析結果からは、次の2点で性差が見られた。

まず第1に、女子においては、文章題の内容を言語的に理解する課題が比較的容易であったと考えられる。その根拠となる結果は次の2点である。第1に選択得点をみると、女子の方が男子より言い換え問題の選択得点が高かった。また、女子においては言い換え問題の方が図問題より得点が高

かった。第2に立式得点をみると、有意差がなかったものの、選択得点と同様の傾向が見られた。これらの結果より、一般的に女子に対しては、文章題の内容を捉えさせるためには言語的介入が良いのではないかと考えられる。

ただし、上に述べたとおり、言い換え問題における選択は必ずしも正しい立式には結びつかない。特に女子においては、言い換え問題の選択と立式の相関が有意ではなかった。

第2に図的介入は女子より男子に有効であるということである。有意差は見られなかったものの、男子の場合は、立式得点において図問題の得点が最も高かった。一般的に男子に対して、は言語的介入より図的介入の方が立式に有効なのではないかと考えられる。

1-3. 成績で分けたときの介入の有効性

さらに、成績の高群・低群に分けて分析を行った。これは、先行研究において、成績によって介入の効果が異なることが示されており(岩本・近藤, 1999; 岡, 1996)、本研究においても成績による介入の有効性の違いを確認する必要性があると考えられたためである。

分析の結果、成績高群の女子には言語的介入が有効であることが示唆された。その根拠となる結果は、まず図4の立式得点に示されている。成績高群の女子においてのみ、普通問題より言い換え問題の方が得点が高く、このような傾向は他の群には見られない。成績高群の男子と比較すると、女子の方が普通問題の立式得点は低いのに、言い換え問題の得点は男女とも同じくらい高くなっている。言語的介入の有効性を示しているといえるだろう。

それでは女子全体に対しては言語的介入が有効かということ、そうとはいえない。成績低群の女子の場合は、言い換え問題の選択得点は図問題よりも高いが、立式得点は他の問題タイプと差がない。低群の女子においては、上に述べたように、問題文の構造を理解できても、メンタルモデルを形成はできておらず、立式に結びつかなかったのではないだろうか。

さらに、言い換え問題の選択はできるが立式には結びつきにくいという傾向は、成績低群の男子にもみられる(有意傾向)。ただし、成績低群の男子は全体的に女子よりも立式得点が低かった。これは、特に普通問題においてその差が顕著であったことから、介入の効果に係る結果ではないと考えられる。

そして、立式得点のパターンをみると、成績低

群と同様、成績高群の男子においても介入効果は明らかではない。ただし成績低群と異なるのは、まず立式得点が全体的に高いことである。そして選択得点においても、成績高群の男子では図問題と言い換え問題に差が見られず、介入の効果が最も見られない群であった。

2. 個人パターンについての考察

図問題と言い換え問題の選択と立式に2点以上差があった児童を分類した。その結果、選択で図問題より言い換え問題の方を得意としている児童のうち、73%が女子であるという結果になっていた。また、立式において図問題を得意としている児童のうち、81%が男子であった。この結果は上述の考察に一致する。さらに、図問題と言い換え問題の選択と式に2点以上差があった児童だけでも様々な個人パターンがあることが示唆されたので、その児童に合わせた指導方法を見つけ指導を行っていくことが必要であると考えられる。

3. まとめ

本研究の結果からは、図的介入と言語的介入の全般的有効性は明らかにならなかった。しかし、おおむね、図的介入の成功が立式に結びつきやすいことがわかった。言語的介入のみでは、正しい立式には結びつきにくい。ただし、成績の高い女子の場合に限り、言語的介入が有効であった。図的介入と言語的介入についての個人パターンに関しては、さまざまなパターンが存在することが推測された。

4. 今後の課題

本研究では選択が2択だったため、偶然正解してしまった問題などもあると思われる。今後は、各問題タイプを増やして、偶然の正解の影響がなくなるように出題の問題の設定を検討することも必要だと考えられる。

引用文献

- De Corte, E., Verschaffel, L., & De Win, L. 1985 The influence of rewording verbal problems on children's problems representation and solutions. *Journal of Educational Psychology*, 77, 460-470.
- Hudson, T. 1983 Correspondences and numerical differences between disjoint sets. *Child Development*, 54, 84-90.
- 東原文子・前川久男 1997 算数文章題CAI教材パッケージの開発と学習困難児の指導への利用心身障害学研究, 21, 37-48.
- 岩本美智子・近藤文里 1999 知的障害児の算数文章題解決過程(1)ー絵や図の利用とその効果の検討ー 滋賀大学教育学部紀要 教育科学, 49, 65-76.
- 北村剛志・森田愛子・松田文子 2002 児童の算数学習への意欲と関連要因 広島大学心理学研究, 2, p109-117.
- 松下佳代 1993 学習を支える認知カウンセリングー心理学と教育の新たな接点ー 市川伸一(編) プレーン出版, Pp.112-131.
- Mayer, R.E., Tajika, H., & Stanley, C. 1991 Mathematical problems solving in japan and the United States: A controlled comparison. *Journal of Educational Psychology*, 82, 69-72.
- 岡直樹 1996 小学生の算数文章題解決に関する研究 福岡教育大学紀要, 45(4), 267-270.
- 坂本美紀 1998 小数を扱う算数文章題の解決に関連する要因と知識 愛知教育大学研究報告, 47(教育科学編), 101-108.
- 坂本美紀 1999 小学生における割合文章題の問題表象ー子どもたちは問題をどのように図示するかー 愛知教育大学教育実践総合センター紀要, 2, 47-53.
- 坂本美紀 2002 算数文章題における解決の支援ー割合文章題での知識利用を支援する試みー 愛知教育大学教育実践総合センター紀要, 5, 105-111.
- 多鹿秀継 1995 算数文章題の解決 新しい教育心理学者の会 心理学者教科教育を語る 北大路書房 Pp.72-81.
- 多鹿秀継 1996 算数問題解決過程の認知心理学研究 風間書房.
- 多鹿秀継・石田淳一 1989 子どもにおける算数文章題の理解・記憶 教育心理学研究, 37, 126-134.
- 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.
- 多鹿秀継・山本克仁 1999 割合文章題解決における子どもの学習方略の吟味 愛知教育大学教育実践総合センター紀要, 2, 1-7.

- 脚注 1) 本研究は、第一執筆者が平成 18 年度福岡教育大学初等教育教員養成課程教育・心理・幼児教育コースにて、第二執筆者の指導の下で執筆した卒業研究論文を加筆修正したものである。
- 脚注 2) 平成 18 年度福岡教育大学初等教育教員養成課程教育・心理・幼児教育コース卒業生

