

子どもの文章題解決過程の吟味

多 鹿 秀 継 (愛知教育大学心理学教室)
山 本 克 仁 (愛知県渥美郡赤羽根町立高松小学校)

Children's word problem solving processes

Hidetsugu TAJIKA (Department of Psychology)
Katsuhito YAMAMOTO (Takamatsu Elementary School)

1 問題

一般に、子どもの算数文章題の解決過程は、文章題を読んで理解し(理解過程)、理解した内容を式に表現して解く(解決過程)ことからなることは、よく知られている(例えば、Mayer, 1992; Hinsley, Hayes, & Simon, 1977)。算数文章題の理解過程は、更に文章題を読んで一文ごとの意味を理解し(これを変換過程と呼ぶ)、文章題に記述されている内容に関連する知識を利用して文間の関係をまとめあげる(これを統合過程と呼ぶ)ことからなるといえる(例えば、Mayer, 1985; 多鹿, 1995)。本研究は、算数文章題の解決における変換過程と統合過程の役割について吟味した研究である。

算数文章題の理解過程に焦点を当てた先行研究では、変換過程や統合過程を測定すると考えられるテストを作成することにより、算数文章題の解決における変換過程と統合過程の役割を吟味した(例えば、石田・多鹿, 1993; 多鹿・石田・岡本, 1994)。勿論、構成されたそれらのテストの信頼性や妥当性は吟味されている。その結果、統合過程を測定すると考えられるテストの得点によって、算数文章題の解決結果が影響を受けることが明確にされた。即ち、子どもが統合過程を測定すると考えられるテストに適切に解答したとき、正しく解答できなかった子どもに比べて当該の文章題を正しく解くことができるようであった。

ところで、多鹿他(1994)では、統合過程を測定するテスト課題として、子どもが空欄にされた箇所に数値を埋め込むことにより、線分図を完成する課題を課せた。その結果、線分図を完成させる課題までを処理してから文章題を解いた条件群の成績は、統制群と変わらないかやや低い傾向を示した。

多鹿他(1994)で使用された統合過程を測定するテスト課題は、線分図課題と関係図課題であった。線分図課題は提示された文章題の数値間の関係を線分で図表現したものであり、文章題の理解過程における統合過程を測定する課題として位置づけることができる。また、関係図は数値間の関係を線分図よりも直接的に図に表現したものである。

このような課題を子どもに与えて問題を解かせたところ、線分図と関係図を与えられた条件群の子どもは、他の条件群の子どもに比べて、難問題の割合文章題を適切に解くことができた。しかしながら、線分図のみを与えられた子どもは、変換過程を測定している問題文の意味理解に関する課題を処理しただけの統制群の子どもに比べて、文章題解決の促進効果を示さなかった。当然ではあるが、全ての条件群の子どもは変換過程を測定していると考えられる課題を解いている。また、変換過程を測定した当該のテスト課題の得点に関しては、全ての条件間で差はなかった。

どうして線分図を完成させる課題を遂行することが、後の解決において促進効果をもたなかったのであろうか。1つの可能性は、関係図群の結果を参考にするとき、与えられた線分図と子どもの構成するメンタルモデルとにずれがあるときに促進効果が見られないことによるとするものである。即ち、多鹿他(1994)で使用された線分図完成課題とは、子どもが自ら問題文と対応した線分図を構成せずに、実験者が教科書と類似した線分図を子どもに与えるという意味での実験者主体による線分図が提示され、子どもはそれに数値を賦与するだけで線分図を処理する課題であった。そのとき、与えられた線分図を完成する課題が子どもの構成したメンタルモデルとずれるときに、線分図完成による促進効果を示さないことが予想される。本研究は、子どもの文章題理解過程において統合過程を測定すると考えられる線分図の効果及び効果の持続性を、線分図の提示方法を操作することにより、質的に分析することが目的である。

2 方法

(1) 被験児

愛知県内の2つの公立小学校5年生(年齢は10歳11ヶ月-11歳10ヶ月)の51名が被験児として実験に参加した。これらの子どもは、次に示す実験計画に従って、文章題解決の成績が等しくなるように、3つの条件群に割り振られた。3つの条件群とは、線分図生成群、線分図提示群、及び統制群であり、各々

16名, 18名, 及び17名であった。

(2) 実験計画

3×2の2要因計画で実施された。前者の要因は学習条件の要因であり, 線分図を児童が自ら作成してから問題を解く線分図生成群, 完成した線分図を与えられ, その線分図に数値を入れてから問題を解く線分図提示群, 及び線分図を与えられず提示された問題を解く統制群, の3水準であった。後者の要因は文章題の成績要因であり, 上位群と下位群の2水準であった。上位群と下位群の児童は, 本実験で使用する文章題と類似のタイプの問題を予め解かせた結果に基づいて構成され, 各条件群共に5名であった。

(3) 実験材料

予備調査及び本実験で使った文章題は, 全て石田・多鹿(1991)と多鹿他(1994)で使った文章題であった。文章題は3種類が用意された。1つは予備調査用であり, 3問の易問題と3問の難問題の6問で構成された。

本実験用の文章題は2種類であった。1つは4問の易問題と4問の難問題の8問からなり, 各条件群に従って, 問題と線分図の中央線のみが一緒に提示される線分図生成群, 問題とその問題に対応する数値の記述されていない線分図が提示される線分図提示群, 及び文章題のみが提示される統制群で問題の提示方法が異なっていた。図1に, 線分図生成群と線分図提示群の1つの問題と対応する線分図を示した。この問題を本テストIと呼ぶ。線分図生成群と線分図提示群の児童は, 各々の条件群に与えられた線分図の課題を遂行してから本テストIの問題を解いた。

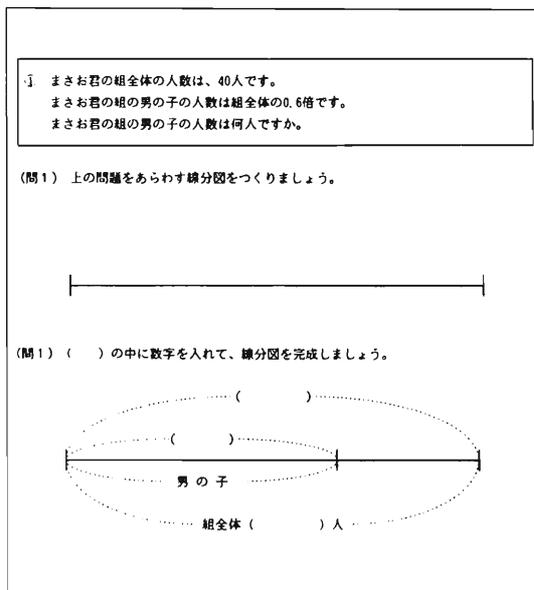


図1 本テストIで使用された文章題と線分図の一例 (上部の線分図は線分図生成群に与えられ, 下部の線分図は線分図提示群に与えられた。)

本実験で提示される他の文章題は, 線分図のみで構成された文章題であった。この文章題を本テストIIと呼ぶ。即ち, 本テストIIは文章題を線分図表現した問題からなり, 易問題の線分図4問と難問題の線分図4問の8問で構成された。本テストIIであるこれらの線分図は, 数値, 数値の単位(例えば, ページ), 数字の意味(30ページとあれば, 読んだ分), 及び求めるもの, を含んでいた。図2にその一例を示した。全ての条件群の児童は, 本テストIIの線分図を見てから線分図に対応する問題を作成し, 作成した後にその問題を解いた。

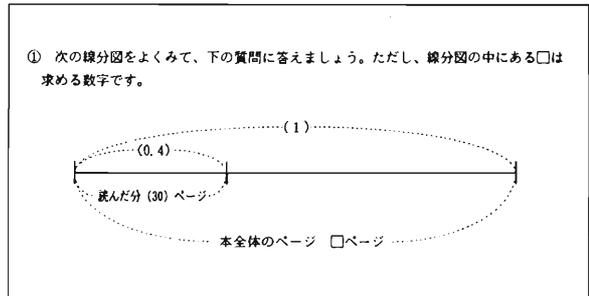


図2 本テストIIで使用された線分図問題の一例

(4) 手続き

実験はクラス単位で実施した。最初に予備調査を実施して, クラス間に文章題解決結果の差異が認められないようにした。ついで, 本実験用のテストを2種類実施した(本テストIと本テストII)。

最初に本テストIを実施した。本テストIは, 条件群によって問題の付加課題が異なっていた。線分図生成群に割り当てられた児童は, 最初に線分図を生成する課題が付加され, 線分図の生成後にその問題を解くように教示された。線分図提示群の児童は, 提示された線分図に数値を記入する課題が付加され, 数値の記入後にその文章題を解くように教示された。統制群に割り当てられた児童には付加課題がなく, 与えられた文章題を解くように教示された。

この実験が終了して1週間の後, 全ての条件群の児童は新たな問題である本テストIIを与えられた。本テストIIは全ての条件群で同一であり, 線分図のみが表示された課題であった。児童は線分図を見て, 線分図で表現されている内容をもつ文章題を作成するように教示された。各線分図共に, 何を求める課題であるかは明確にされていた。文章題を作成した後, 全ての児童はその文章題を解くように教示された。

予備調査, 本テストI, 及び本テストIIの全てのテストは, このように1週間の間隔を挟んで連続して実施された。実験の時期は, 2月下旬から3月中旬にかけてであった。2月下旬のこの時期には, 本研究を行った2つの学校のクラス共に, 5年生の子どもは割合の単元の学習を終了していた。

3 結果

分析に先立ち、得られたデータを以下のように得点化した。即ち、予備調査の結果は正しく立式ができておれば1点を賦与し、正しく解答しておれば1点を賦与した。それ故、6問で構成されている予備調査の満点は12点であった。

2種類の本実験のテストは、共に8問で構成されていたので、立式に1点、解答に1点、を各々賦与したことにより、満点は16点であった。

2種類の本実験のテストの内で最初に実施した本テストIは、条件群によって線分図を構成したり与えられた線分図に数値を記入する課題を遂行してから文章題を解くものであった。線分図生成群に求められた課題の場合には、与えられた文章題を適切に線分図表現したかどうかで得点化を行った。即ち、本研究で使用した割合文章題は、一般に、割当文、関係文、及び質問文から構成されている(多鹿・石田(1989)を参照のこと)。それらの構成要素文に対応して線分図を構成した場合に、各要素文1文に対応する線分図を適切に表現した場合につき1点を賦与した。その結果、与えられた文章題を線分図に適切に表現されたとき、得点は3点を賦与した。各々の要素の適切性に応じて、1問につき0-3点が賦与された。

また、本テストIの線分図提示群に与えられた線分図は、文章題に対応する数値を抜いて空欄にされていた。3箇所を空欄にされていたので、適切に数値を埋めた場合には満点の3点が賦与された。正しい数値の数により、1問につき0-3点が賦与された。

2種類の本実験テストの内の本テストIIは全ての条件群に共通しており、与えられた線分図が表現している文章題を作成する課題であった。作成された文章題の得点化は、上記の線分図生成の場合の得点化と同様であった。即ち、割合文章題を構成している割当文、関係文、及び質問文の各々の要素文が、適切に文章化されているかどうかに基づいて得点化された。それ故、与えられた線分図に対応する適切な文章題が作成された場合、満点の3点が賦与された。文章題の適切性に応じて、1問につき0-3点が賦与された。

(1) 予備調査結果

本実験のテストに先だって、予備調査のテストが実施された。予備調査の得点結果に基づいて、3つの学習条件群(線分図生成群、線分図提示群、統制群)の上位群と下位群を、各群間で成績に差のないように構成した。その結果、文章題解決の得点は、線分図生成群の上位群では10.00、下位群では6.60、線分図提示群の上位群では9.20、下位群では6.00、統制群の上位群では10.80、下位群では6.00、であった。3(条件)×2(成績)の2要因のANOVAを実施したと

ころ、成績の主効果のみが有意であり($F(1,24)=127.41, p<.01$)、上位群の児童が下位群の児童よりもよい成績であった。他の主効果も交互作用も有意でなかった。

(2) 本テストIの結果

本テストIは、3条件群が線分図に関する異なる作業を行ってから与えられた文章題を解く課題であった。但し、統制群の児童には線分図は提示されず、与えられた文章題をすぐに解いた。まず、各条件群の文章題解決の得点を分析し、その後に線分図を与えられた2条件群の吟味を行った。

表1に各条件群の解決得点を示した。3(条件)×2(成績)の2要因のANOVAを実施したところ、条件と成績の主効果が共に有意であった(条件では、 $F(2,24)=3.76$ 、成績では、 $F(1,24)=5.53$ 、で共に $p<.05$)。条件の主効果が有意であったので、Schefféの方法により2条件群間の比較を行ったところ、線分図生成群の子どもが文章題の成績が最もよく、線分図提示群の子どもが最も悪い成績であった。統制群の子どもの成績は線分図生成群と線分図提示群の間であった。また、上位群の子どもの方が下位群の子どもよりもよい成績であった。条件と成績の交互作用は有意でなかった。

表1 本テストIにおける文章題の解決得点

成績	条件		
	線分図-生成	線分図-提示	統制
上位 平均	12.80	8.40	12.00
SD	2.31	3.20	2.19
下位 平均	9.60	8.00	9.00
SD	1.49	2.37	1.79

(注) 満点は16点。

次に、線分図生成群と線分図提示群における線分図に関する分析結果を示そう。

線分図生成群の上位群が作成した線分図の平均得点は、24点満点で21.60(SD=1.85)であり、下位群では15.60(SD=2.33)であった。両条件の平均得点の差は有意であり($t(8)=4.04, p<.01$)、上位群の子どもの方が下位群の子どもよりも問題文に適した線分図を作成した。

また、線分図提示群の上位群が解答した線分図の平均得点は、24点満点で20.00(SD=1.41)であり、下位群では19.20(SD=1.17)であった。両条件における平均得点には、差が認められなかった。

(3) 本テストIIの結果

本テストIIは、3条件群全ての児童が同一の問題に

解答したものであった。本テストⅡでは、文章題作成に関しては満点が24点であり、作成された文章題の解決に関しては満点が16点であった。表2に各々の得点が条件毎に示される(上部が文章題の生成得点であり、下部が文章題の解決得点である。)

表2 本テストⅡにおける文章題の生成得点(上部)と文章題の解決得点(下部)

成績	条件		
	線分図-生成	線分図-提示	統制
<u>文章題の生成得点</u>			
上位 平均	23.00	21.20	21.00
SD	1.26	2.13	2.61
下位 平均	22.40	19.20	19.60
SD	1.02	1.72	1.96
<u>文章題の解決得点</u>			
上位 平均	13.20	11.40	11.60
SD	2.40	2.33	2.94
下位 平均	8.80	7.60	8.80
SD	2.99	1.02	1.60

(注) 生成得点の満点は24点であり、解決得点の満点は16点。

最初に、与えられた線分図から文章題を作成する課題に関して、3(条件)×2(成績)のANOVAを実施した。その結果、条件の主効果が有意であり($F(2,24)=4.60, p<.05$)、また成績の主効果が有意な傾向を示した($F(1,24)=3.06, p<.10$)。条件の主効果が有意であったので、2条件群間の差を分析するために Scheffé の方法を用いたところ、線分図生成群が線分図提示群や統制群に比べて、線分図に対応した文章題を有意に多く生成した。また、上位群の方が下位群よりも、線分図に対応した文章題を有意に多く生成する傾向が見られた。

また、生成した文章題を解決した得点に関して、3(条件)×2(成績)のANOVAを実施した。その結果、成績の主効果のみが有意であった($F(1,24)=14.93, p<.01$)。即ち、上位群の子どもの方が下位群の子どもよりも生成した文章題を正しく解いた。他の主効果や交互作用は有意でなかった。

4 考察

上記の諸結果は、以下のようにまとめることができるであろう。

①割合文章題の解決では、線分図生成群と統制群の得点が類似しており、共に線分図提示群よりもよかった。

②線分図から文章題を生成させる課題では、線分図生成群が最も適切に線分図に対応した文章題を生成した。線分図提示群と統制群は類似した得点であった。

③生成した線分図を解決する課題では、3条件群間で差はなかった。

④上記の全ての分析において、文章題の成績の上位群は下位群よりもよい結果を示した。

第1の結果から、本研究では、割合を含む数値の欠けた線分図を児童に与えることによって、後の遂行が妨害されることが明らかとなった。他方、線分図生成群の子どもの成績は、統制群の子どもの成績と変わらなかった。このことは、本研究で使用したような課題では、線分図を生成して文章題を解くことが文章題解決を促進することにはつながらないことを意味するといえるであろう。

それでは、線分図に数値を賦与するだけの課題を遂行してから文章題を解くことが、統制群に比べて成績が悪くなったのはなぜであろうか。

線分図提示群の遂行が他の2条件群に比べて悪いのは、表1に見られるように、線分図提示群の上位群の遂行が他の2条件群に比べて大変低いことによる。線分図生成群や統制群の上位群の遂行結果は、線分図提示群の上位群よりも4点前後高い得点を得ていた。この結果が線分図提示群の遂行を低くしたものと思われる。

では、線分図提示群の上位群の遂行がこのように低いのはどうしてであろうか。文章題に対応する数値を線分図へ記入する課題においては、線分図提示群の上位群と下位群において成績に差はなかった。この結果は多鹿他(1994)の結果を追認するものであった。多鹿他(1994)においても、線分図に数値を挿入する課題を与えてから文章題を解いた場合、上位群と下位群で線分図課題に得点の差異は認められなかった。また、多鹿他(1994)の文章題の解決に関しては、条件群間には差は認められなかったが、線分図提示群の上位群は統制群の上位群に比べて低い成績であった(線分図提示群では12.60であり、統制群では13.90であった)。

線分図提示群の上位群において正解が抑制されたことは、上位群の児童が文章題を読んで文間の関係を統合しようとしたときに、実験者によって構成された線分図を与えられることにより統合化の作業が妨害され、解決可能なメンタルモデルを構成し難くなったことから説明できるかも知れない。線分図提示群では、実験者が構成した線分図が提示される。この線分図は、文章題に対応する数値が記述されていない点を除いて、文章題の内容を適切に反映したものである。上位群の児童であれば、数値を挿入する課題は比較的容易である。この課題が容易であることは、この条件群の下位群の結果が上位群と同等であることから理解できる。それ故、上位群の児童は一方で実験者の提示した線分図を完成させるために文章内容を統合し、他方で児童自らのメンタルモデルを構成するために文章内容を統

合しようとするといえる。実験者による線分図が手がかりとなって、児童自らが線分図に対応するメンタルモデルを構成する場合には、当該の文章題は正しく解決される確率は高くなるであろう。しかしながら、実験者が提示した線分図と児童が文章題を読んで自発的に構成しようとしたメンタルモデルとが適切に対応せずにずれを生じた場合には、実験者によって提示された線分図は文章題解決を干渉するといえるであろう。

どのような文章題のタイプのときにそのずれが顕著であるかは、現在の所、難問題の場合としかいえない。本テスト I で使用した難問題で、線分図提示群の上位群の児童は顕著なエラーを示した。難問題のタイプをシステムティックに操作し、児童自らが構成する線分図への解答と実験者によって与えられた線分図への解答とを比較することにより、干渉の問題はより明確にされるであろう。

第 2 の結果は、線分図生成群の児童が本テスト I を解くことによって、既に線分図を生成する課題を既習のものとしたため、その逆の課題である文章題生成にも熟知した結果であると考えられる。生成された文章題は、実験者が正解と考えているタイプの文章題が多かった。この理由は、線分図表現されることにより、線分図から読み取れる内容は、殆ど一義的に規定されることによるといえる。

また、第 3 の結果は、例え線分図をより多くかつ適切に文章表現したとしても、解ける問題は限られていたことを示すものである。Kintsch (1986) は文章題を記銘した後に再生する場合、記銘した文章題をより易しい文章題に変換して再生することを見ている。しかしながら、本研究で使用された線分図から文章題を生成する場合、生成される文章題はそれほど多様ではなく、ほぼ一義的に決定される。それ故、児童は自動的に難易折り混ぜた文章題を生成するであろう。児童の中には、線分図を手がかりにして構成した文章題のメンタルモデルに従って、必ずしも問題文を構成したとはいえない児童もいるであろう。結句、必ずしも解決できない文章題を生成することとなる。

第 4 の結果は常識的な結果であり、本研究で予備調査の文章題の成績に基づいて、児童を上位群と下位群に 2 分したことの適切性を物語るものである。

5 付記

本研究は、平成 8 年度文部省科学研究費補助金（基盤研究（c）（2））、研究代表者：多鹿秀継、課題番号：08610119）の補助を受けて実施したものである。本研究を実施するに当たり、豊橋市内の 2 つの小学校の校長先生、5 年生の担任の先生、並びに児童の皆さんには多大のご協力を頂きました。心よりお礼申し上げます。

6 引用文献

- Hinsley, D.A., Hayes, J.R., & Simon, H.A. 1977
From words to equations: Meaning and representation in algebra word problems. In M.A. Just & P.A. Carpenter (Eds.), *Cognitive processes in comprehension* (pp.89-106). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- 石田淳一・多鹿秀継 1991 子どもの算数文章題の生成と理解に関する研究 II 日本教科教育学会誌, 15, 1-6.
- 石田淳一・多鹿秀継 1993 算数問題解決における下位過程の分析 科学教育研究, 17, 18-25.
- Kintsch, W. 1986 Learning from text. *Cognition and Instruction*, 3, 87-108.
- Mayer, R.E. 1985 Mathematical ability. In R.J. Sternberg (Ed.), *Human abilities: An information-processing approach* (pp.127-150). New York: W.H. Freeman.
- Mayer, R.E. 1992 *Thinking, problem solving, cognition*. Second edition. New York: W.H. Freeman.
- 多鹿秀継 1995 高学年の文章題 吉田甫・多鹿秀継（編）認知心理学からみた数の理解 (pp.103-119). 北大路書房
- 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.
- 多鹿秀継・石田淳一・岡本ゆかり 1994 子どもの算数文章題解決における文章理解の分析 日本教科教育学会誌, 17, 125-130.