

## メタ認知方略を生かした算数問題解決の研究

## Using a Metacognitive Strategy to Solve Mathematical Word Problems

多鹿 秀継<sup>1</sup>

Hidetsugu TAJIKA

加藤 久恵<sup>2</sup>

Hisae KATO

藤谷 智子<sup>3</sup>

Tomoko FUJITANI

堀田 千絵<sup>4</sup>

Chie HOTTA

本研究の目的は、算数問題解決のメタ認知方略の1つとして知られている自己説明 (self-explanation) を使って、算数問題解決と転移課題の解決の促進を、実験的に検証することであった。小学5年生 (52名) と6年生 (48名) に、4種の課題を順次実施した。それらは、予備テスト、実験課題、本テスト、及び転移テストであり、自己説明群と統制群で実験課題が異なる以外は、全て同じ課題であった。自己説明群には、いくつかの解決ステップからなる2種類の実験課題を与え、各ステップを説明させた。統制群には、同じ2種類の問題を教師が説明して児童に理解させた。実験の結果、2学年ともに、自己説明群と統制群に違いは見られなかった。また、自己説明群を推論を利用して適切に自己説明した群 (適切群) とそうでない群とに2分したところ、本テストと転移テストのともに、適切群がよい成績であった。使用した課題と自己説明の内容が考察される。

キーワード：メタ認知方略、自己説明、算数文章題解決、転移問題、小学生

## 1 本研究の背景と目的

本研究の目的は、児童の算数問題解決と転移課題の解決において、メタ認知方略の1つとして知られている自己説明 (self-explanation) を使うことによって、それぞれの課題の解決を促進することを、実験的に検証することであった。

メタ認知方略とは、認知方略 (様々な符号化方略あるいは学習方略) に対比させた概念である。認知方略が学習時の課題を適切に処理するために呼び出される方略を意味するのに対し、メタ認知方略は認知方略を学習課題に適用することで、得られた成果をモニターするために呼び出される営みを意味する。

記憶の符号化方略として知られているリハーサル方略や体制化方略は、記憶課題の遂行に直接関わる学習者の方略であり、認知 (記憶) 方略である。メタ認知方略はリハーサル方略や体制化方略のような認知方略と異なり、課題の遂行を向上させるために直接的に呼び出される方略ではない。リハーサル方略を使って記憶課題を遂行している過程で、「この方略ではよく覚えられないので、別の方略を使おう」といった学習者の内的な思考に基づいて呼び出される営みである。学習者により適切な認知方略を気づ

かせたり、使用している方略を評価することに関する方略とってよい。

これまで、学習材料のよりよい理解を伴い、知識の構成を促す方策の1つとして、多くの研究者はメタ認知方略の利用に関する研究に焦点を当ててきた (例えば、Flavell, 1979; Palincsar & Brown, 1984; Schoenfeld, 1985)。これまでのメタ認知の研究から、メタ認知方略として、例えば自己質問 (self-questioning)、質問-回答、要約、あるいはノート取りなどがよく利用されてきた (Hacker, Dunlosky, & Graesser, 2009)。また、最近ではメタ認知方略として、自己説明による様々な領域の問題解決での利用が報告されている (例えば、Aleven & Koedinger, 2002; Chi, 2000; Chi, Bassok, Lewis, Reimann, & Glaser, 1989; Chi, de Leeuw, Chiu, & La Vancher, 1994; McNamara & Magliano, 2009; Renkl, 2002; 多鹿・中津, 2009)。

自己説明とは、学習材料の内容を自分に説明することである。自分自身に記述された内容を説明することは、どのような意味内容であるかを推測するかを確認することとなる。それ故、自己説明は他のメタ認知方略、例えば疑問となる箇所を指摘するに留まる自己質問などとは区別される。自己説明は、学

<sup>1</sup> 本学大学院教育学専攻教授<sup>2</sup> 兵庫教育大学准教授<sup>3</sup> 武庫川女子大学短期大学部教授<sup>4</sup> 樟蔭東女子短期大学講師

習者の既有知識の再構成に直接関与するため、学習者の知識の構成にとって有用な手段といえる。

これらの研究から、説明文や物理学の問題内容の理解過程を自己説明したり (Bielaczyc, Pirolli, & Brown, 1995; Chi et al., 1989; Renkl, 1997)、自分の問題解決のステップを説明することにより (Berardi-Coletta, Buyer, Dominowski, & Rellinger, 1995; Neuman & Schwarz, 1998, 2000)、後の理解や問題解決が促進されることが明らかにされた。例えば、Chi et al. (1989) は、大学生が物理学の例題を学習し、物理学の問題を解くとき、大学生が生成した自己説明を分析した。彼女らは、自己説明を行った大学生を、問題解決の成績により「適切に解答した大学生」と「うまく解答しなかった大学生」に2分し、両群の自己説明の内容と量を分析した。その結果、問題解決の「適切に解答した大学生」は、例題を解いているときに、より多くの自己説明を生み出し、かつ正確な自己モニタリングを発声していたことが分かった。同じく、8年生を使った Chi et al. (1994) でも、自己説明の量が多いほど、説明文をよりよく理解していた。

自己説明を操作した研究は、算数・数学の問題解決の領域においても促進的な効果が得られている (例えば、Alevin & Koedinger, 2002; Mwangi & Sweller, 1998; Nathan, Mertz, & Ryan, 1994; Neuman & Schwarz, 2000)。例えば、Nathan et al. (1994) は、自己説明の過程が、学習やその後の問題解決の成績にどのように関係するのかを吟味した。問題解決課題 (計算問題と文章題) と課題の認知の負荷 (高と低) が操作された。その結果、自己説明させると、負荷の低い条件で文章題の解決に促進効果を見た。また、Neuman & Schwarz (2000) も文章題の解決における自己説明の役割を吟味した。その結果、9年生は自己説明することで、問題表象の深い構造を伴うだけでなく、かつ表のような表象を媒介していることが明らかとなった。同様に、Alevin & Koedinger (2002) は、幾何の問題を使って、コンピュータ利用による自己説明と自己説明を伴わない通常の教授法との比較を行った。その結果、問題解決のときに解決ステップを自己説明した10年生は、自己説明していない群に比べて、より深い理解を示した。

ところで、年少の子どもは、子ども自身の問題解決過程についてよく知らないことから、それほど多様なメタ認知方略使用しないことが知られている

(Brown, 1997)。更に、年少の子どもは、自分自身の活動をモニターすることについても知らないようである。例えば、Siegler (1995) は、保存課題を遂行する際、5歳児が自分の推理を説明する効果と、実験者が行う推理を説明させる効果を吟味した。その結果、子どもは実験者の行う推理を説明することで、保存の遂行がよくなった。

しかしながら、一方で、Flavell, Green, & Flavell (1995) は、年少児ではなく年長の7, 8歳の児童にもなれば、認知方略の価値を評価できるようになるという。この考えは、メタ認知方略の利用にも適用できるであろう。

Tajika, Nakatsu, Nozaki, Neumann, & Maruno (2007) は、このような状況に鑑み、小学校の高学年児童にメタ認知方略の1つである自己説明をさせることで、後の割合文章題の解決と他の算数転移課題の解決の促進効果を得た。Tajika et al. (2007) では、小学6年生を自己説明群、自己学習群、及び統制群の1つに割り当て、割合文章題を解かせた。3群は例題の形式において異なっていた。即ち、各条件群に与えられた2題の例題は、割合文章題の易問題と難問題からなり、自己説明群と自己学習群は易問題は6つの解決ステップからなり、難問題は8つの解決ステップからなる例題であった。統制群は、式と答えが書かれた他の2群と同一の割合文章題であった。

自己説明群は、各解決ステップの内容を黙読した後、記述内容を理解できるかどうかを尋ねられ、「はい」または「いいえ」で回答した。次いで、各回答に対して、どうしてそのように回答したのかを説明した。自己学習群では、自己説明群と同一の解決ステップからなる例題を提示され、教師が例題の各解決ステップを説明した。その後、当該条件群の児童は教師の説明を理解するための時間をもった。統制群は、担任が解き方の説明をした後、子どもに解き方を理解させた。

実験の結果、割合文章題と転移テストの両テストにおいて、自己説明群の児童が他の2群の児童よりも高い成績を示した。また、自己説明群の児童を、自己説明の内容により適切に自己説明した適切群とそうではない不適切群に2分して成績を比較したとき、2種類テスト得点ともに、適切群の成績がよかった。

本研究は、上述した Tajika et al. (2007) の結果を発展させる目的で実施された。即ち、Tajika et

al. (2007) で使用された割合文章題とは異なる文章題においても、Tajika et al. (2007) と同様に、自己説明の効果が認められるかどうかを吟味することであった。

## 2 方法

### 2-1 実験参加者と実験計画

公立小学校の5年生 52名と6年生 48名が実験に参加した。実験は自己説明群と統制群の2群で実施された。その結果、小学5年生の自己説明群には24名が、統制群には28名が割り振られた。また、小学6年生の自己説明群には23名が、統制群には25名が割り振られた。

### 2-2 実験材料

実験で使用した算数問題解決のテストは3タイプであった。それらは、予備テスト、本テスト、及び転移テストであった。

予備テストと本テストは同一の算数問題タイプで構成され、2種類が用意された。それらは、連立方程式の加減算の素地となる同じものを取り去る考えを見る問題（消去算問題）と、小数の除法の力を見る問題（除法問題）であった。これらの問題を選択した基準は、加藤・多鹿・藤谷（2009）に詳述されている。要約して記述すると、消去算問題と除法問題は2011年から施行される新学習指導要領の目指す目標との関係で選択された。

予備テストと本テストは、ともに4題で構成され、ともに消去算問題と除法問題の2種類で構成された。各算数問題タイプの4題の問題は、2題の易問題と2題の難問題からなつた。

消去算問題とは、「遊園地の入場券1まいと乗り物券6まいを買うと、1700円になりました。入場券1まいと乗り物券5まいでは、1500円になるそうです。乗り物券1まいのねだんは何円ですか」（易問題）のようであった。また、除法問題とは、「よしさんは工作に使うために、3.6mのゴムひもを0.4mずつに切って、ゴム輪をつくります。ゴム輪はいくつできるでしょう」（易問題）のようであった。

算数転移テストは、3タイプで構成された。それらは問題解決の変換過程、統合過程、及びプラン化過程という3つの下位過程に対応した問題（Mayer, Tajika, & Stanley, 1991）であった。即ち、変換過

程に対応した問題とは、問題を解くのに必要な数字をたずねる問題であった。具体的には、「つぎの文を式にあらわすと、どのような式ができますか。式をつくりましょう」と問いかけ、「じろう君とまこと君はあわせて20さつの本をもっています」の式を作らせる問題であった。

統合過程に対応した問題は、問題文の内容を式に表現する問題であった。具体的には、「どのような数字を使えば、つぎの問題がとけるでしょうか。使う数字をすべて書きなさい」と問いかけ、「おはじきが5個ずつはいつているふくろがあります。1つのふくろのねだんは25円です。あなたは10個のおはじきを買おうと思っています。ふくろをいくつ買えばよいでしょう」という問題であった。

プラン化過程に対応した問題は、問題を解くのに必要な演算を尋ねる問題から構成された。具体的には、「どのような計算をすれば、つぎの問題がとけるでしょうか。式をつくりましょう」と問いかけ、「12個のぼうしと24人の子どもがいます。ぼうしのかぶれない子どもは何人いるでしょう」の式を作らせる問題であった。

算数転移テストは3種の下位問題ごとにそれぞれ6問で構成された。なお、Mayerら（1991）とは異なり、3つの下位過程に対応した文章題は、4選択肢の中から1つの正解を選択する課題ではなく、直接解答を求める記述式に修正した。

最後に、自己説明群と統制群で使用した課題を説明しよう。自己説明群と統制群には、上述した2種類の文章題（消去算問題と除法問題）の難易各2問ずつが例題として与えられた。問題の構成を除き、すべて同一の問題であった。

自己説明群に与えられた例題は、2種類の文章題の各2問ともに、細かな解決ステップに区分された。自己説明群に割り当てられた児童は、各解決ステップで記述されている内容が分かるかどうかを最初に判断し、分かる場合はどのようなことが記述されているか、分からない場合はどこが分からないかを説明した。

上述した消去算問題である「遊園地の入場券1まいと乗り物券6まいを買うと、1700円になりました。入場券1まいと乗り物券5まいでは、1500円になるそうです。乗り物券1まいのねだんは何円ですか」の解決ステップは、以下の通りであった。

（Step 1）求めるものは、乗り物券1まいのねだんです。

(Step 2) 入場券1まいと乗り物券6まいを買うと、1700円になります。

(Step 3) 入場券1まいと乗り物券5まいを買うと、1500円になります。

(Step 4) これらの関係を線分図であらわすと、下のようになります(下の図1を参照のこと)。

(Step 5) 2本の線分図のちがいは、乗り物券1まいぶんです。

(Step 6) 乗り物券1まいのねだんは、1700-1500で求められます。

(Step 7)  $1700 - 1500 = 200$  なので、こたえは200円です。

また、除法問題の一例である「よしさんは工作に使うために、3.6 mのゴムひもを0.4 mずつに切って、ゴム輪をつくります。ゴム輪はいくつできるでしょう」の解決ステップは、

(Step 1) 求めるものは、できるゴム輪の数です。

(Step 2) 3.6 mのゴムひもがあります。

(Step 3) 3.6 mのゴムひもを0.4 mずつに分けました。

(Step 4) これらの関係を線分図であらわすと、下のようになります。

(Step 5) ゴム輪の数は、 $3.6 \div 0.4$  で求められます。

(Step 6)  $3.6 \div 0.4 = 9$  なので、こたえは9こです。

統制群は、自己説明群と同一の式と答えが記述されている例題2種類の難易4問を、教師が解決方法を丁寧に説明し、児童が解を得ることを理解するようにした。

### 2-3 手続き

実験は条件群別に集団で4セッションに分けて実施された。第1セッションで、各4問からなる2種類の予備テストを実施した。時間は各20分であった。1週間後の第2セッションでは、自己説明群には、細かな解決ステップに区分された2種類の算数文章題で難易各2問からなる例題(それ故、例題は合計で4問である)を提示し、各解決ステップで記

述されている内容が分かるかどうかを児童に判断させ、分かる場合はどのようなことが記述されているか、分からない場合はどこが分からないかを説明するようにさせた。難易2問の例題を解決ステップに従って説明する時間は20分であった。他方、統制群は、自己説明群と同一の例題2種類の合計4問を、教師が解決方法を説明し、児童が解を得ることを理解するようにさせた。教師の説明時間は20分であった。第2セッション終了後の第3セッションでは、2種類の文章題の本テストを各20分実施した。第4セッションは第3セッション終了の1ヶ月後に実施された。第4セッションでは、転移テストを40分実施した。

## 3 結果

### 3-1 予備テストの結果

2種類の予備テスト(消去算問題と除法問題)の得点は、1問の式と答えが正解すれば2点を付与したので、満点はそれぞれ8点であった。2種類の予備テストの間に平均得点の違いが認められなかったため、両テストを合計して分析を行った。それ故、合計得点の満点は各学年ともに16点であった。

予備テストの成績は、以下の通りであった。5年生では、自己説明群が7.54(SD=3.48)であり、統制群が7.86(SD=2.91)であった。5年生の両群の間に違いはなかった。また、6年生では、自己説明群が11.98(SD=3.21)であり、統制群が11.58(SD=2.82)であった。6年生の両群の間に違いはなかった。

ちなみに、条件(自己説明群 vs 統制群)?学年(5年生 vs 6年生)の2要因の分散分析(ANOVA)を実施した。その結果、学年の主効果のみが有意であり( $F(1,96)=41.62, p<.01$ )、6年生の成績がよかった。

### 3-2 本テスト結果

表1の左欄に、2種類の本テストの合計得点の平均値とSDを示した。上部に小学5年生の結果を

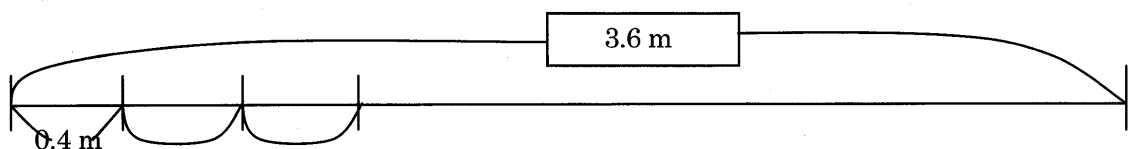


図1 除去問題の例題(易問題)の第4ステップ

示し、下部に小学6年生の結果を示した。予備テストと同様に、2種類の本テストの得点に違いは見られなかったため、両テストの得点を合算して分析を行った。それ故、満点は16点であった。

表1から、5年生では、自己説明群と統制群の本テストの平均値の間に有意な差が認められた( $t(50)=2.07, p<.01$ )。表からも理解できるように、自己説明群の得点が統制群に比べて高いものであった。他方、6年生の分析では、自己説明群と統制群の2条件群の間に本テスト得点に違いはなかった( $t<1$ )。

表1 本テストと転移テストの結果 (SD)

条件群	本テスト 転移テスト	
	5年生	
自己説明群	10.04	9.79
n=24	(4.34)	(4.21)
統制群	7.68	9.64
n=28	(3.86)	(3.81)
6年生		
自己説明群	12.04	9.74
n=23	(3.66)	(3.67)
統制群	12.64	8.24
n=25	(3.15)	(4.54)

### 3-3 転移テスト結果

本テストの得点結果と同様に、表1の右欄には2条件群の転移テスト結果が表示されている。転移テストは3タイプの問題を各6問で構成された。各問いに正解した場合に1点を付与した。表では、タイプ別の結果ではなく、3タイプを合計した得点を示した。それ故、満点は18点であった。

転移テストの分析の結果、小学5年生も6年生も、ともに自己説明群と統制群の2条件群の間に成績の違いはなかった(小学5年生では、 $t(50)<1$ 、小学6年生では、 $t(46)=1.25$ )。

なお、本テストと同様に、条件(自己説明群 vs 統制群) × 学年(5年生 vs 6年生)の2要因のANOVAを実施したが、主効果も交互作用も有意でなかった( $F_s<1$ )。

### 3-4 自己説明群の分析結果

自己説明群は、提示された文章題を詳細に分析し、児童が説明しやすい形態に区分された解決ステップを例題として与えられ、1つ1つの解決ステップを

説明する条件群であった。自己説明の効果を更に詳細に分析するために、自己説明群の自己説明内容の適切性に従って、自己説明群を自己説明適切群と自己説明不十分群との2群に分類した。

自己説明の適切性とは、児童が各解決ステップの内容を、推論等を利用することにより、解決ステップの内容の理解に向けて、解決ステップで記述されていない内容を含めた説明を行った場合を意味する。

例えば、上述した消去算問題の例として記述した遊園地の入場券と乗り物券の問題では、Step 4の線分図の説明で推論等が利用される場合に適切な説明と捉えられた。具体的には、線分図を説明する場合、「入場券はまい数がいっしょで、乗り物券だけがちがう。乗り物券は5枚と6枚で1枚ちがう。あと、ぜんたいのねだんが200円ちがうので、乗り物券は200円とわかる」と説明する児童のようである。このような説明を行った児童を説明適切群に振り分けた。

他方、多くの児童は、「上に書いてある」、「問題に書いてある」、あるいは解決ステップの記述内容を反復するだけの説明であった。これらの説明のみで解決ステップを説明した児童は、自己説明不十分群に分類した。

勿論、自己説明適切群の児童であっても、解決ステップによっては「問題に書いてある」と説明することが多く見られる。今回の解決ステップでは、知識構成に有用な推論等を利用して説明する機会は、線分図の説明などに限られていた。

このような前提に従って、自己説明群の児童を自己説明適切群と自己説明不十分群とに分類して本テストと転移テストの結果を示したのが表2である。表2の上部には小学5年生の結果が、下部には小学6年生の結果が示されている。小学5年生では、24名の自己説明群の中で、自己説明適切群に分類された児童数は8名であった。また、小学6年生の自己説明適切群は11名であった。

最初に、自己説明適切群と自己説明不十分群の2群間の予備テストの成績を吟味した。小学5年生では、自己説明適切群は9.63 (SD=3.38)で、自己説明不十分群は6.50 (SD=3.18)であり、両群に有意な差が認められた( $t(22)=2.17, p<.05$ )。他方、小学6年生では、自己説明適切群と自己説明不十分群の間に、予備テスト得点の違いは認められなかった(自己説明適切群は12.56 (SD=2.59)で自己説明不十分群は11.46 (SD=1.96)であり、 $t=1.15$ )。

表2に、自己説明適切群と自己説明不十分群の本テストの結果(左側)と転移テストの結果(右側)を示した。

小学5年生の予備テスト得点に2条件群間の差異が認められたことから、小学5年生の本テストでは、本テスト得点から予備テスト得点を減じ、予備テストから本テストへの得点の伸びを2条件群間で比較した。自己説明適切群の得点の伸びは4.12(SD=3.07)で、統制群の得点の伸びは1.69(SD=2.31)であった。その結果、予備テストから本テストへの成績の伸びに関しては有意な傾向が認められ( $t(22)=1.84, p<.10$ )、自己説明適切群の成績の伸びが高い傾向を示した。

表2 自己説明適切群と自己説明不十分群の本テストと転移テストの結果(SD)

条件群	本テスト 転移テスト	
	5年生	
自己説明適切群 n=8	13.75 (1.91)	13.25 (2.05)
自己説明不十分群 n=16	8.19 (3.85)	8.06 (3.99)
	6年生	
自己説明適切群 n=11	13.64 (3.11)	10.45 (4.06)
自己説明不十分群 n=12	10.54 (3.48)	8.85 (3.29)

一方、小学6年生の場合、予備テストに条件群間の差異が認められなかったため、本テストの得点をそのまま使用して分析した。その結果、2条件群間に有意な差がみられ( $t(21)=2.26, p<.05$ )、自己説明適切群の成績がよかった。

次に、表2の右側に示されている転移テストの結果の分析に移る。小学5年生の転移テストの結果は、自己説明適切群と統制群の2条件群間に有意な差が認められ( $t(22)=4.19, t<.01$ )、自己説明適切群の転移得点が高いものであった。一方、小学6年生の転移テストの結果は、2条件群間に差異は認められなかった( $t(21)=1.03$ )。

#### 4 考察

上記の結果は、以下の2点にまとめることができる。

(1) 5年生では自己説明による文章題解決の促

進効果は認められたが、6年生では、Tajika et al. (2007)の割合文章題の結果と異なり、自己説明による促進効果は認められなかった。また、どの学年においても、転移テストにおける促進効果は認められなかった。

(2) 自己説明群の自己説明の適切性に従って児童を2群に分類したとき、自己説明適切群の児童は自己説明不十分群の児童に比べて、文章題テストの得点も転移テストの得点もともに高いのであった。

(1)の結果に対して、Tajika et al. (2007)と本研究結果の違いは、使用した課題の難易にあるといえる。Tajika et al. (2007)と本研究の6年生の統制群の文章題のテスト成績を比較すると、本研究の統制群の成績が高いことが分かる(本研究での文章題の得点は、表1から12.64点であるのに対し、Tajika et al. (2007)の割合文章題の得点は9.45点であった)。このことは、本研究で使用した文章題が解決の容易な課題であったことを意味する。比較的解決の容易な算数文章題においては、自己説明による促進効果は見られないといえるだろう。

このことは、Tajika et al. (2007)の割合文章題においても追認される。即ち、割合文章題も難易2種類の問題を解かせるとき、易問題に対しては自己説明の得点は統制群と類似したものであった。

しかしながら、たとえ解決の比較的容易な文章題でも、線分図の説明を求める解決ステップでは、多くの自己説明適切群と自己説明不十分群の間で、説明内容の違いが認められていた。即ち、自己説明適切群の児童では、問題解決につながる推論等を利用することにより、線分図の内容を適切に説明し、正しい解決につなげていた。他方、自己説明不十分群でも、易しい課題であることから線分図を読み取り、正しい解決につなげているが、難しい課題の線分図の説明になると、線分図の内容を適切に読み取って説明することが不十分であることがわかった。このことから、線分図等の知識の統合にかかる解決ステップの説明において、精緻化した自己説明を行うことができるかどうかによって、当該の算数文章題だけでなく、転移課題においても促進効果が認められるかどうかに影響を与えるといえる。

自己説明は、人に伝えることを苦手とする児童にとっても、一般には容易に試みることのできる方略といえる。確かに、自分の思考を言語化することの苦手な児童は存在する。また、他者に自分の考えを伝えることが苦手な児童もいるだろう。自己説明は、

文章題の解決過程をスモールステップに区分することで、1つ1つの解決ステップを容易に説明できるように工夫した例題とセットにして実施される。しかも、説明できない場合には、どこが説明できないかを説明する工夫もされている。それ故、言語化の苦手な児童やコミュニケーションの苦手な児童であっても、自分の理解した内容を自分の言葉で、また分からない内容を自分の言葉で、それぞれ指摘することにより、児童は既存のスキーマを活性化させることとなる。結果として、各解決ステップから理解できる内容を活性化し、既存の知識に取り込んで統合し、問題解決につながるものといえる。

本実験の自己説明群の児童にも、Tajika et al. (2007)と同様に、最初に各解決ステップの内容が理解できるか否かの質問を与え、それに対して「はい」か「いいえ」で答えさせた。次いで、各児童の回答に対応する理解内容を説明させた。「はい」と回答すれば、その説明が求められ、「いいえ」の場合には、どこがどのようにわからないのかの説明が求められた。各解決ステップが理解できるかどうかの確認を最初に求めることで、児童は割合文章題の解決に関わる自分の知識を活性化させ、解決ステップの内容を説明するように対処した。その結果、「いいえ」と回答し、たとえ不十分な知識しか有していない場合でも、各解決ステップの内容1つ1つに分かるところと分からないところに既存知識を活性化させることで対応し、問題全体を通して解決のための知識を再構成することが可能となったといえる。その結果、割合文章題からなる本テストで、割合の文章題を適切に解決できたのであろう。

このことは、自己説明不十分群の結果からも推察できる。自己説明不十分群の子どもの本テストや転移テストの得点は、統制群の子どもの平均得点と類似したものであった。たとえば、いくつかの解決ステップの意味が必ずしも理解できないとしても、どこがどのように理解できないかを自分なりに説明することで、いくつかの本テストや転移テストの問題を解くことが可能となっている。

総じて、多くの児童は、各解決ステップの内容がどのようなものであるかを説明する過程において既存知識を活性化し、問題を解決するための知識を推論し、結果として解決につながる知識の構成を行ったといえる。問題を解決するための知識を推論し、このような知識の構成活動によって、単に例題と類似の問題だけでなく、転移問題に対しても適切に解

決できたといえる。

## 5 引用文献

- Aleven, V., & Koedinger, K.R. (2002). An effective metacognitive strategy: Learning by doing and explaining with a computer-based Cognitive Tutor. *Cognitive Science*, 26, 147-179.
- Berardi-Coletta, B., Buyer, L.S., Dominowski, R.L., & Rellinger, E.R. (1995). Metacognition and problem solving: A process-oriented approach. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 21, 205-223.
- Bielaczyc, K., Pirolli, P.L., & Brown, A.L. (1995). Training in self-explanation and self-regulation strategies: Investigating the effects of knowledge acquisition activities on problem solving. *Cognition and Instruction*, 13, 221-252.
- Brown, A.L. (1997). Transforming schools into communities of thinking and learning about serious matters. *American Psychologist*, 52, 399-413.
- Chi, M.T.H. (2000). Self-explaining expository texts: The dual processes of generating inferences and repairing mental models. In R.Glaser (Ed.), *Advances in instructional psychology* (Vol.5, pp.161-238). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Chi, M.T.H., Bassok, M., Lewis, M.W., Reimann, P. & Glaser, R. (1989). Self-explanations: How students study and use examples in learning to solve problems. *Cognitive Science*, 13, 145-182.
- Chi, M.T.H., de Leeuw, N., Chiu, M.-H. & La Vancher, C. (1994). Eliciting self-explanations improves understanding. *Cognitive Science*, 18, 439-477.
- Flavell, J.H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. *American Psychologist*, 34, 906-911.  
(波多野誼余夫 (監訳) (1981). 子どもの知的発達 メタ認知と認知的モニタリング (pp.43-59). 金子書房)
- Flavell, J.H., Green, F.I., & Flavell, E.R. (1995). Young children's knowledge about thinking. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 60, (1, Serial No.243).
- Hacker, D.J., Dunlosky, J., & Graesser, A.C. (Eds.). (2009). *Handbook of metacognition in*

- education*. New York: Routledge.
- 加藤久恵・多鹿秀継・藤谷智子 (2009). 新学習指導要領を視座とした算数文章題に関する一考察 兵庫教育大学研究紀要, 35, 159-167.
- 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.
- McNamara, D.S., & Magliano, J.P. (2009). Self-explanation and metacognition: The dynamics of reading. In D.K.J.Hacker, J.Dunlosky, & A.C.Graesser (Eds.). *Handbook of metacognition in education* (pp.60-81). New York: Routledge.
- Mwangi, W., & Sweller, J. (1998). Learning to solve compare word problems: The effect of example format and generating self-explanations. *Cognition and Instruction*, 16, 173-199.
- Nathan, M.J., Mertz, K., & Ryan, R. (1994, April). *Learning through self-explanation of mathematics examples: Effects of cognitive load*. Paper presented at the Annual Meeting of the AERA.
- Neuman, Y., & Schwarz, L. (1998). Is self-explanation while solving problems helpful?: The case of analogical problem solving. *British Journal of Educational Psychology*, 68, 15-24.
- Neuman, Y., & Schwarz, L. (2000). Substituting one mystery for another: The role of self-explanations in solving algebra word-problems. *Learning and Instruction*, 10, 203-220.
- Palincsar, A., & Brown, A.L. (1984). Reciprocal teaching of comprehension-fostering and comprehension-monitoring activities. *Cognition and Instruction*, 1, 117-175.
- Renkl, A. (1997). Learning from worked-out examples: A study on individual differences. *Cognitive Science*, 21, 1-29.
- Renkl, A. (2002). Learning from worked-out examples: Instructional explanations supplement self-explanations. *Learning and Instruction*, 12, 529-556.
- Schoenfeld, A.H. (1985). *Mathematical problem solving*. New York: Academic Press.
- Siegler, R.S. (1995). How does change occur: A microgenetic study of number conservation. *Cognitive Psychology*, 28, 225-273.
- 多鹿秀継・中津梢男 (2009). 算数問題解決と転移を促す知識構成の研究 風間書房
- Tajika, H., Nakatsu, N., Nozaki, H., Neumann, E., & Maruno, S. (2007). Effects of self-explanation as a metacognitive strategy for solving mathematical word problems. *Japanese Psychological Research*, 49, 222-233.

## 6 附記

本研究は、2009年度日本学術振興会科学研究費補助金(基盤研究(C)、課題番号:20530613)による。なお、本研究の内容の一部は、静岡大学で開催された日本教育心理学会第51回総会(2009年9月)で発表された。