

機関番号：34514

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20530613

研究課題名 (和文) 算数問題解決と転移を促す知識構成に関する縦断的研究

研究課題名 (英文) A longitudinal study on knowledge construction to foster mathematical problem solving and transfer

研究代表者

多鹿 秀継 (TAJIKI HIDETSUGU)

神戸親和女子大学・発達教育学部・教授

研究者番号：30109368

研究成果の概要 (和文)：5年生から1年間、各学期週1回の3週にわたって、算数文章題のいくつかの解決過程をコンピュータで提示して解かせ、解決過程をノートに自己説明させた。その結果、全体的に文章題を正しく解く児童の割合が増加した。また、常に高い得点を取る児童、徐々に高い得点を取るようになった児童、及び常に低い得点の児童を詳細に分析した。その結果、推論などを使って解決過程を適切に自己説明できるようになると、解決得点が上昇することが分かった。

研究成果の概要 (英文)：We developed a computer-based support program that helps elementary school children self-explain solution steps to worked-out examples. Seventy-one fifth grade students participated in the study. The students then solved two or three worked-out examples for thirty minutes once a week in a three-week training session. The students had three training sessions from June 2009 to December 2010. The results showed that all of the students gradually solved more word problems correctly than before. Moreover, we found that the students improved their test scores when they gradually self-explained their solution processes using inferences and elaborated explanations.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2009年度	700,000	210,000	910,000
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：心理学・教育心理学

キーワード：算数問題解決、自己説明、知識の構成、縦断的研究、小学生

1. 研究開始当初の背景

2000年代前半までの我々の算数問題解決プロジェクトの研究結果から、小学生は高学年で学習する割合文章題が正しく解決できないことが示されていた(多鹿, 2001)。この理由として、子どもに算数の割合に関する知識が適切に構成されていないことを指摘

した。そこで、知識の構成を促す方策として、子どもにメタ認知方略の1つである自己説明をさせ、結果的に割合の文章題解決が促進されることを見た(多鹿・中津, 2006)。本研究は、割合以外の他の文章題においても、メタ認知方略である自己説明をさせることにより、算数文章題の適切な解決が示される

かどうかを見た。また、子どもの自学自習能力を高めるために、算数文章題をコンピュータ利用による解決ステップの提示により、子どもに解決ステップを自己説明させることを1年にわたって縦断的に試みた。

2. 研究の目的

(1) 第1の目的は、2011年度(平成23年度)から実施される学習指導要領を念頭におき、2年目以降に実施する研究で使用する文章題を適切に選択することであった。これは1年目のみに適用される目的であった。

(2) 第2の目的は、上記の目的によって文章題を選択したのち、メタ認知方略の1つである自己説明を組み込んだコンピュータ教材ソフト(学習ツールと呼ぶ)を利用することで、児童の算数文章題解決が促進されるかどうかを、小学5年生から6年生にかけて、約1年にわたって縦断的に吟味することであった。

3. 研究の方法

(1) 1年目: 2年目以降に実施する研究で使用する文章題を選択するために、①「小数の除法に関する文章題」、②「連立方程式につながる文章題」、③「逆向きの思考を利用し方程式につながる文章題」、④「2次元表の作成と読解に関する文章題」の4種類の文章題から各10問を選択し、これらの文章題を小学5年生123名にテストした。

①「小数の除法に関する文章題」の一例は、「よし子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、ゴム輪をつくりたい。ゴム輪はいくつできるでしょうか」であった。②「連立方程式につながる文章題」の一例は、「遊園地の入場券1まいと乗り物券6まいを買おうと、1700円になりました。入場券1まいと乗り物券5まいを買おうと、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」であった。③「逆向きの思考を利用し方程式につながる文章題」の一例は、「ケーキ5こを買って、100円

の箱に入れてもらい、900円はらいました。ケーキ1このねだんは何円ですか」であった。

④「2次元表の作成と読解に関する文章題」の一例は、「おとな8人と子ども11人で、めがねをかけているかいないかを調べました。めがねをかけている人は13人で、そのうち6人は子どもです。めがねをかけていないおとなは何人ですか」であった。

これら4種類の文章題を易問題と難問題に区分し(結果の個所で、両問題の正答者の割合を示した)、それぞれ1問ずつを選択した。ついで、それらの問題の解決過程を児童が解きやすいように、現職の先生である複数の大学院生が小さな解決ステップに区切った。こうして得られた6~8段階の解決ステップに区切られた8種類の文章題を、上記の調査対象の小学校とは異なる小学校の5年生に配布し、各解決ステップの内容を説明させた。これらの調査は集団で行った。

(2) 2~3年目: 上記の調査で得られた文章題を縦断的研究で使用した。

縦断的研究では、上記と異なる公立小学5年生2クラスの71名の児童が6年生の2学期まで、学習ツールによる訓練に参加した。

訓練で使用した算数問題は、5年生の時に予備テストと2種類の本テスト、6年生の時に2種類の本テストと転移テストであった。予備テストは2題の易問題と2題の難問題からなり、各学年で実施した2種類の本テストは、ともに予備テストと類似の問題タイプ各4題の計8題で構成された。転移テストはMayer, Tajika, and Stanley (1991)のテスト(18題で構成)を使用した。

学習ツールは、割合文章題の自己説明を吟味した先行研究の成果(多鹿・中津, 2006)に、小数の除法問題や置き換えの考え方を必要とする問題等を追加して作製された。学習ツールでは、コンピュータの画面上に文章題並びに当該問題の理解と解決に導く質問が提示され、児童は当該の質問に対する解答として、数字あるいは選択肢の中の正しいと思う項目を順次入力した。入力された数字や項

目は画面上に表示され、児童はいつでも見ることができた。また、児童の学習履歴はコンピュータに保存された。児童は正解した後にどうして正解できたのかを説明するように求められ、予め手渡されたノートに説明内容をまとめた。

5年生の10月に予備テストを20分間実施した。11月下旬及び1月下旬から各々3週間にわたって、児童は学習ツールを使った算数文章題の学習訓練を行った。学習訓練はコンピュータールームで週に1回、基本的には2種類の問題を解くように教示され、時間は30分であった。3週目の学習訓練の1週間後に本テストを行った。本テストの時間はともに40分であった。6年生の6月下旬から3週間の学習訓練、本テストを実施し、11月下旬には3週間の学習訓練、本テスト、転移テストを順次実施した。転移テストは15分であった。

なお、5年生時は3クラスすべてが2学期分6回の訓練に参加したが、6年生の時に、1クラスが公務の関係で1学期分2回の訓練回数となったため、結果は2クラスのデータの分析となった。

本研究で開発して使用したコンピュータによる学習ツールは、問題を理解する過程として「求めるもの」と「文中で与えられている値」を質問し、それらがどの問題文から分かるかを問うた。また、解決のステップで重要と考えられるポイント（たとえば割合の文章題であれば、「比較量」と「基準量」がどれか）については、いくつかの解答から正解を選択させた。また、問題文に現れるいくつかの量の間相互関係を視覚化するために、線分図等も示して解答させた。コンピュータプログラムはJavaアプレットとして作成し、Webサーバを通して利用可能とした。

4. 研究成果

(1) 1年目：

縦断的研究で使用する文章題の選択に関する研究結果を以下に示した。

「小数の除法に関する文章題」の易問題で

は96%の子どもが解き、難問題では20%の子どもが解いた。「連立方程式につながる文章題」の易問題では78%の子どもが解き、難問題では40%の子どもが解いた。「逆向きの思考を利用し方程式につながる文章題」の易問題では89%の子どもが解き、難問題では68%の子どもが解いた。「2次元表の作成と読解に関する文章題」の易問題では92%の子どもが解き、難問題では62%の子どもが解いた。このような結果に基づいて、前述のように各問題の難易を区分した。また、問題タイプによって、問題の難易が異なることも分かった。

(2) 2-3年目：

①5年生から6年生にかけて実施した縦断的研究の全体の成果を図1に示した。図1は、欠席した児童を除く6年生2クラスの児童全体の1年間の平均得点の割合(%)であった(71名のデータ)。図1の結果から、5年生において、文章題の得点が徐々に上昇していることが理解できる。また、6年生においても、学期の進行につれて、文章題の得点が上昇していることが認められた。

ところで、5年生から6年生にかけて、文章題の得点が減少していることが示された。5年生の3学期には74%まで成績が上昇したのに対し、6年生の1学期56%に落ち込んでいた。この最も大きい理由は、6年生の本テストで割合の文章題を含めたことによる。8問の文章題のなかで2問の割合文章題を含めたところ、多くの児童で正しく解くことができていなかった。5年生の3学期に割合文章題を学習していたにもかかわらず、学習後数カ月が経過すると、多くの児童は「比較量」と「基準量」の理解が不十分となっていた。

6年生1学期の結果は、2学期になると多少の改善が認められた。3週間の学習ツールの利用では、主に割合文章題を解くように教示した。1学期では5年生の学習内容の復習を兼ねて、最初の問題から練習するように教示した。それ故、直後の本テストでは、必ず

しも割合文章題の理解を反映していなかった。しかし、割合文章題の学習ツールの解決訓練を3週間実施することで、割合の文章題の理解が進んだといえる。

ところで、5年生と6年生での学期の進行に伴う成績の上昇結果については、さまざまに解釈が可能である。まず考えられることは、各学期3週間の学習ツールによる文章題解決の自己説明による訓練効果が見られたことである。しかし、学校での日頃の算数の授業を通して、算数の理解が徐々に進んだことも考えられる。いわゆる授業による学習効果である。統制群として実施した他の小学校で得られた5年生3学期と6年生2学期のデータと比較したところ、ともに成績に大きな違いはなかった。

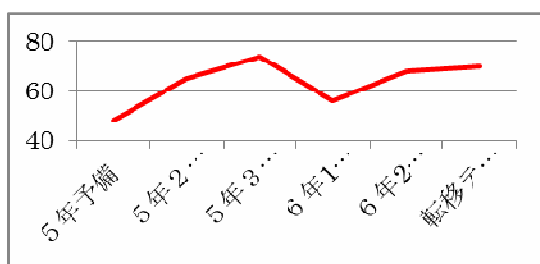


図1 児童全体の各学年におけるテスト結果

②次に、5年生から6年生にかけて実施した縦断的研究における3条件群別の成果を図2に示した。

図1の児童全体のテスト得点に基づき、6年生2クラスの児童の中から、5年生の予備テスト結果とその後の2学期分の本テスト結果に基づいて、上位群、上昇群、及び下位群の3群を設け、典型例を示す児童各5名を3群に割り振った。上位群の児童とは、高予備テスト得点を取り、5年生2学期と3学期の本テスト得点も高得点を示した児童である。上昇群の児童とは、予備テストの得点は低い、5年生の2学期から3学期にかけての本テストで徐々に高得点を示した児童である。下位群の児童とは、予備テスト得点も、その後の5年生の2学期と3学期の本テ

スト得点も、すべてのテストで低い得点を示した児童である。図2は、3条件群に分けた平均得点を割合(%)で示した。

図2から、上昇群の児童は、5年生の3学期の本テストでは上位群の児童と類似した得点を示した。しかしながら、6年生の1学期には上位群と下位群の中間の位置を占めた。6年生の1学期の本テストは、割合の文章題を含めたため、難易度が上昇したことは既述の通りである。上昇群の児童は、難度の高い本テストに対して、上位群と類似した得点をとることができなかった。6年生2学期の本テストになると、上位群の得点と上昇群の得点に1学期ほどの差異は認められなくなった。上昇群の算数文章題の得点が上昇したことを示すといえる。

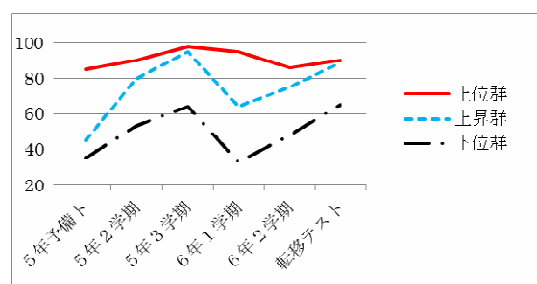


図2 3群の各学年におけるテスト結果

③文章題解決後、各自の文章題解決過程をノートに自己説明させた。また、各学習者の解決過程は学習履歴としてコンピュータに保存されている。ここでは、3条件群のテスト結果の特徴を、ノートと学習履歴の結果に基づいて説明しよう。

自己説明のノートの分析から、上位群5名のノートには、計算式と答えを記述するのに加えて、どうして解決に至ったかが説明されていた。具体的には、線分図を記述し、当該の線分図の説明を行う児童の割合が5名のうちの3名と多かった。また、上位群の児童の学習履歴を分析したところ、上位群は誤答の割合が少なく、各問題を比較的短い時間で正しく的確に解答していた。即ち、5年生時の6週間で平均 14.60 問 (SD=.89) の問題を解き、6年生時の6週間で平均 16.20 問

(SD=2.85)の問題を解いた。これらの問題の解決を途中で放棄する割合は、低いものであった。

下位群の児童のノートの内容は、5名全員が計算式と答えを中心に記述しているだけであった。コンピュータに提示された各設問に対して、どのように解答したのかを文章表現した記述は認められなかった。この傾向は5年生のときだけでなく、6年生まで持続していた。また、下位群の児童の学習履歴を分析したところ、5年生時には他の2つの条件群の児童に比べて解答する問題が大変少なかった。しかし、6年生になると上昇群と変わらない数の問題を解いた。即ち、5年生時の6週間で平均 5.70 問 (SD=1.15) の問題を解き、6年生時の6週間で平均 12.20 問 (SD=1.47) の問題を解いた。6年生時に多くの問題を解くことに挑戦している。しかしながら、解決ステップが少ない易しい問題に対しては最後まで解答しているが、難しい問題になると、半数以上の問題に対して途中で解決を放棄していた。また、問題の同じ解決ステップの設問に対して、複数回の誤答が多く認められた。そのような設問への解答に対して正解のフィードバックが得られないために、途中で解答することを放棄してしまったといえる。

上昇群の児童のノートの内容は、5年生時には、下位群の児童のノートと同様に、計算式と答えを記述していることが一般的であった。6年生になると、計算式と答えに加えて、自己説明の文章の割合が徐々に増加していることが認められた。例えば、「歯の治療を終えていない人の人数を求める課題」では、むし歯になった人の人数はむし歯の治療が終わった人の人数と治療の終わっていない人の人数の合計であることなどを記述していた。また、上昇群の児童の学習履歴を分析したところ、上昇群は下位群の児童よりも5年生時には多くの問題を解いていたが、6年生時には類似した問題数を解答していた。即ち、上昇群の児童は、5年生時の6週間で平均 12.30 問 (SD=.80) の問題を解き、6年

生時の6週間で平均 13.20 問 (SD=1.94) の問題を解いた。上昇群の児童は、解けない問題については、途中で解答を放棄する傾向が5年生時には認められた。しかしながら、6年生になると、上位群に比べて正答する問題数の割合は低いが、解答を途中で放棄する割合が少なくなった。

なお、図2から、6年生の2学期に実施した転移テストでは、上昇群と上位群で類似した得点を示していた。

(3) 総合考察

上記に示した5年生から6年生にかけての1年間の縦断的研究結果から、メタ認知方略としての自己説明の効果が少なからず認められたといえるだろう。特に、上位群と上昇群においては、各解決ステップで解答した内容を自己説明することによって、高次の学習成果に結びついたことが明確となった。

では、自己説明を組み込んだコンピュータ提示による学習ツールの訓練効果はどのように説明できるであろうか。1つ目は、自己説明による学習内容の適切な構成であろう。上昇群の児童は自分の言葉を使って問題解決の過程を説明できる割合が増加したことによって、正解の割合も増加してきた。このことは、各解決ステップへの解答をどのようにして構成したのかを適切に説明することによって、類似する問題タイプの問題解決が促進されたといえる。

2つ目は、自己説明よりも、コンピュータ提示による学習ツールのもつ児童とコンピュータの相互作用による学習効果と考えられることである。児童は、学習ツールから提示される解決ステップの説明に対して、正しいと考える選択肢を選択して解答することで、当該の解答の正誤のフィードバックを即時に受ける。間違った解答の場合には、他の選択肢を選択することとなる。このようなフィードバックを組み込んだコンピュータと児童の相互作用による学習状況は、協調学習に見られる仲間通しのやり取りの相互作用と類似した状況と考えられる。

ただし、本研究では、自己説明による問題解決で使用する知識の構成だけでなく、また児童とコンピュータによる相互作用の学習効果だけでなく、それら2つの学習活動が複合して生み出された問題解決の促進効果といえるだろう。今後、知識の構成による問題解決と、コンピュータ利用による学習者とフィードバックを組み込んだコンピュータとの相互作用から生み出される問題解決との複合過程を、詳細に分析することが求められる。

ところで、下位群の児童について、学習ツールの訓練において解決する問題数も少なく、エラーも多く認められた。自己説明も文章化することはなく、計算式と答えのみの説明が大半であった。コンピュータによる自学自習の学習ツールを使用して算数文章題を解く場合、各解決ステップへの解答後に、コンピュータからの正誤のフィードバックよりも、児童の自己説明を聞きとり、それに対する意味のある丁寧なフィードバックを与えるチューター等の工夫をコンピュータ上に用意する必要があるかもしれない。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 8 件)

- ①多鹿秀継・中津植男・加藤久恵・藤谷智子・堀田千絵・他(1名) (2011). 自己説明と算数・数学の問題解決 神戸親和女子大学研究論叢, 査読無, 44, 77-87.
- ②多鹿秀継・中津植男・加藤久恵・藤谷智子・堀田千絵・他(2名) (2010). How a metacognitive strategy helps students solve mathematical word problems. 神戸親和女子大学研究論叢, 査読無, 43, 97-108.
- ③多鹿秀継・加藤久恵・藤谷智子・堀田千絵 (2010). メタ認知方略を生かした算数問題解決の研究 神戸親和女子大学大学院研究紀要, 査読無, 6, 113-120.

- ④多鹿秀継 (2008). メタ認知と記憶一符号化と検索の過程から見たメタ認知—心理学評論, 査読有, 50, 243-255.

[学会発表] (計 4 件)

- ①多鹿秀継 (2010. 8. 27). メタ認知を生かした算数問題解決の研究(2) 日本教育心理学会第 52 回総会 早稲田大学
- ②多鹿秀継 (2009. 9. 21). メタ認知を育む学習指導 日本教育心理学会第 51 回総会 静岡大学
- ③多鹿秀継 (2009. 9. 20). メタ認知を生かした算数問題解決の研究(1) 日本教育心理学会第 51 回総会 静岡大学

[図書] (計 2 件)

- ①多鹿秀継・中津植男 (2009). 算数問題解決と転移を促す知識構成の研究 風間書房

6. 研究組織

(1) 研究代表者:

多鹿 秀継 (TAJIKA HIDETSUGU)
神戸親和女子大学・発達教育学部・教授
研究者番号: 3 0 1 0 9 3 6 8

(2) 研究分担者

中津 植男 (NAKATSU NARAO)
愛知教育大学・教育学部・教授
研究者番号: 9 0 1 3 3 1 3 1

(3) 研究協力者

加藤 久恵 (KATO HISAE)
兵庫教育大学・教育学部・准教授
研究者番号: 0 0 3 1 4 5 1 8

藤谷 智子 (FUJITANI TOMOKO)
武庫川女子大学短期大学部・教授
研究者番号: 9 0 1 9 9 3 4 9

堀田 千絵 (HOTTA CHIE)
愛知学泉大学・家政学部・講師
研究者番号: 2 1 8 3 0 1 7 0