

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 4 日現在

機関番号：34514

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23530881

研究課題名(和文) 適応的な算数問題解決児童を育むメタ認知方略支援ツールと評価モデルの開発

研究課題名(英文) Metacognitive Strategies and Their Assessment to Promote Adaptive Children's Mathematical Problem Solving and Metacognitive Strategies

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：30109368

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円、(間接経費) 1,170,000円

研究成果の概要(和文)： コンピュータ利用による算数文章題の解決履歴、児童が作成した自己説明ノート、ならびに自己説明テスト用紙への児童の自己説明の3点を使用することで、児童の自己説明を評価し、児童の自己説明が算数文章題のテストと転移テストの得点に与える影響を吟味した。その結果、適切に推論して説明するという、課題への適切性の高い自己説明を行う児童は、算数文章題のテストと転移テストの得点が高いことが明確にされた。児童の自己説明効果を評価する道具が吟味された。

研究成果の概要(英文)： Using computer-based worked-out examples, self-explanation notes which children generated, and paper-and-pencil types of worked-out examples, we assessed content-relevant levels of children's self-explanations. Then, we conducted two types of tests, mathematical word problem tests and a transfer test. The results of the longitudinal experiment showed that children who had generated content-relevant explanations including inferences outperformed children who had only repeated the problem sentences. The tools we have used to assess self-explanation effects are discussed.

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 メタ認知方略 自己説明 児童 学習評価 コンピュータ利用学習

1. 研究開始当初の背景

メタ認知方略を使って子どもの算数問題解決を吟味した最近の研究は、子どもが算数問題解決を適切に解決することを報告している(例えば、Tajika, Nakatsu, Neumann, Nozaki, Kato, Fujitani, & Hotta, 2012; Tajika, Nakatsu, Nozaki, Neumann, & Maruno, 2007)。ここで述べるメタ認知方略とは、メタ認知に基づく学習活動であり、ある学習課題を覚える場合に、「こちらの覚え方がよい」、あるいは「この覚え方でよいだろうか」といった、学習課題に対する内省的なモニタリングやコントロールの活動を意味する(Simons, 1997a, 1997b)。それ故、メタ認知方略は、認知方略を適用することによって得られた成果を、内省的なモニタリングやコントロールによって吟味する方法や活動である。

このようなことから、メタ認知方略を使って子どもの算数問題解決を吟味した研究とは、子どもが自身の算数の問題解決過程をモニターしコントロールすることによって、算数問題を正しく解決することに導くことができたかどうかを吟味した研究といえる。

ところで、小学生の算数問題解決において適用されるメタ認知方略が適切に適用されているといえるのかどうかについて、これまで必ずしも明確な回答は得ていないのが現状である。Tajika et al. (2012) は、コンピュータを利用し、メタ認知方略として自己説明による算数問題解決の研究を実施した。研究は小学校高学年の5年生から6年生にわたっての1年間の縦断的研究であったが、多くの子どもはメタ認知方略を適切に適用できなかったと結論づけた。しかしながら、そのように結論づけてよいであろうか。

Desoete, Roeyers, and De Clercq (2003) は、メタ認知方略を訓練された小学3年生が、他の様々な種類の学習訓練の条件群に割り当てられた小学3年生よりも、算数問題解決においてよい成績を得たことを示した。彼女たちの訓練したメタ認知方略とは、「間違わずに問題が解けるだろう」とか「きっと間違えよう」といった問題解決に対する予測、「間違わずに解けたと思う」とか「間違っただけで解いてしまったと思う」といった問題解決後の評価などを、実際の遂行結果と照らし合わせて、適切に行うことができるようにすることであった。研究の結果、メタ認知方略教授群は他の条件群に比べてメタ認知の技能でまわっていることが明らかになった。ただし、転移テストに関しては、訓練されていない他の学習への転移は見られなかった。

メタ認知方略としてよく知られている具体的な方略には、学習内容を要約する、質問する、明瞭化する、説明する、あるいは学習結果を予測する、評価する、などがある。本研究も含め、これまで筆者たちが小学校高学年の児童の算数問題解決で使用してきたメタ認知方略は、自己説明であった。自己説明

とは、一般に問題解決や文章理解の過程で、提示された課題内容を理解するために、学習者が自分に分かるように説明する積極的な学習活動を意味する(Atkinson, Derry, Renkl, & Wortham, 2000; Chi, 2000; 2000; Chi, Bassok, Lewis, Reimann, & Glaser, 1989; 多鹿・中津・加藤・藤谷・堀田・野崎, 2011)。本研究では、児童の行う自己説明をいくつかの観点から分析することによって、算数問題解決とメタ認知方略の有効性の評価を吟味しようとした。児童のメタ認知方略としての自己説明の有効性を吟味する方法として、コンピュータ利用による児童の学習履歴、児童が行ったノートへの自己説明の内容、及び自己説明テスト用紙への児童の自己説明の3点を用いた。その結果、算数問題解決において適用されるこのようなメタ自己説明としてのメタ認知方略の使用を、適切に評価するための指針が提案できればと考える。

2. 研究の目的

本研究の目的は、算数問題解決において使用されるメタ認知方略としての自己説明が、効果的な方略として問題解決時に働いているのかを吟味することであった。この目的のために、以前に開発したメタ認知方略支援ツールを、より教科書準拠の内容に変更・開発して研究を実施した。変更・開発したメタ認知方略支援ツールはTajika et al. (2012)の研究で使用した。

3. 研究の方法

愛知県内の公立A小学校の小学4年生20名(男子9名、女子11名)が研究に参加した。4年生の3学期から6年生の2学期まで、6学期にわたって研究を実施した。各学期の実験は、週1回45分の1コマの授業時間をいただき、2週にわたって実施した。2回の実験実施時に、コンピュータ利用による訓練、ノートに自己説明、自己説明用紙への記述、をおこない、その1週間後に本テストを実施した。なお、コンピュータ利用による訓練ができなかった6年生の2学期間では、自己説明用紙による自己説明テストを1回から2回に増やした(6年生の4月から新しいコンピュータが当該小学校に導入され、外部からのプログラムを組み込めないような強固なプロテクトがコンピュータに加えられたため)。

実験で使用した算数問題解決テストは、3種類のテストタイプで構成した。それらは、予備テスト、本テスト、及び転移テストであった。予備テストは4年生3学期時のみに実施し、転移テストは最終テストとして、6年生2学期時のみに実施した。本テストは各学期に実施した。

予備テスト並びに本テストは同一の算数問題タイプで構成した。すなわち、主に連

立方程式の解決につながる問題、 小数の除法に関する問題、 2次元表の作成と読解に関する問題、及び 逆向きの思考を利用し方程式につながる問題、 割合文章題から選択して構成した。転移テストは、Mayer, Tajika, and Stanley(1991)で使用した問題であった。また、自己説明テストは、Tajika et al. (2007)で使用した自己説明テストと同一タイプのものであった。

4年生の3学期に実験をスタートさせ、6年生の2学期で実験を終了した。コンピュータから提示される訓練課題は、基本的にTajika et al. (2012)と同一であった(図1を参照)。図1に示すように、コンピュータから文章題の解決ステップの1つずつが提示され(図1の右下の画面)、児童は解決ステップの質問に正しく説明している選択肢をマウスで選択した。選択した選択肢に対して、正誤のフィードバックが音声で与えられた。また、児童の正しい選択結果は、コンピュータのディスプレイに表示した。



図1 本研究で利用したコンピュータ利用の算数文章題解決課題

その後、児童は、予め配布されている手元のノートにどのようにして解いたのかを説明した。2週目のコンピュータ利用の訓練並びにノートへの自己説明後、児童は自己説明テストを受け取り解答した。本テストは、各訓練後1週間程度で実施した。最終テストとして、6年生の2学期に転移テストを実施した。

4. 研究成果

表1に、各学年の各学期における本テストと転移テストの平均得点と標準偏差(SD)を示した。本テストは16点満点であり、転移テストは18点満点であった。

表1から、5年生の1学期の成績が低いのは、本テストの問題が難しかったことによると考えられる。5年生の2学期には、1学期と類似した本テスト問題に対して成績の向

上が認められる。5年生の3学期の成績は、2学期と類似したものであった。3学期では、割合の問題をテスト問題として難易各1問を挿入した。割合の文章題は小学生の児童にとって、解決の難しい問題であるといわれている。割合が難しい問題であることは、本テストに割合の文章題が含まれる6年生の成績に反映していることから理解できる。

表1 各テストの平均得点と標準偏差(SD)

	本テスト		転移テスト	
	平均(SD)	平均(SD)	平均(SD)	平均(SD)
4年生				
3学期	12.29	(2.96)		
5年生				
1学期	9.35	(2.78)		
2学期	12.00	(4.00)		
3学期	11.95	(4.24)		
6年生				
1学期	8.05	(3.87)		
2学期	8.38	(3.65)	12.52	(2.87)

次に、4年生の予備テストの成績に従って、20名の児童を上位群、中位群、並びに下位群の3群に割り振った。上位群の予備テストの平均値は、8.00(SD=.00)、中位群の予備テストの平均値は、7.29(SD=.95)、及び下位群の予備テストの平均値は、5.17(SD=1.33)であった。それら3群の本テストの平均得点とSDを表2に示した。その結果、予備テストの成績に関して、3群において成績の違いが認められた($F(2, 17)=13.81, p<.01, \eta^2=.62$)。

表2から、5年生の1学期の本テスト結果と6年生の2学期の転移テスト結果を除くと、4年生の予備テストの結果から、5年生並びに6年生の成績がある程度予測できることである。すなわち、上位群の7名は5年生1学期から6年生1学期まで、他の2群の児童に比べ本テストの高い平均得点を取っているのに対し、他の中位群と下位群の2群はそれよりも平均得点であったことがわかる。なお、6年生の2学期の成績は上位群と注意群において差が認められない。この結果は、算数割合文章題の問題解決ができなかった児童が上位群に少なからず認められたことによる。

表2 各群における本テストの平均得点と標準偏差(SD)

	本テスト		転移テスト	
	平均(SD)	平均(SD)	平均(SD)	平均(SD)

上位群			
4年生3学期	13.14 (2.96)		
5年生1学期	11.86 (2.78)		
2学期	15.14 (4.00)		
3学期	13.86 (4.24)		
6年生1学期	11.71 (3.87)		
2学期	9.86 (3.65)	13.71 (1.89)	
中位群			
4年生3学期	13.43 (1.13)		
5年生1学期	7.43 (2.51)		
2学期	12.57 (2.22)		
3学期	12.57 (3.26)		
6年生1学期	7.57 (3.05)		
2学期	9.00 (4.36)	11.14 (2.54)	
下位群			
4年生3学期	11.67 (2.85)		
5年生1学期	9.00 (2.09)		
2学期	10.33 (2.94)		
3学期	10.67 (1.21)		
6年生1学期	5.83 (2.22)		
2学期	6.33 (1.97)	12.83 (2.93)	

また、コンピュータ利用による算数文章題の解決履歴、コンピュータ利用による解決訓練後に児童が解決過程を記した自己説明のノート、及び2週目の最後に児童が算数文章題解決のステップを自己説明した自己説明テストへの説明内容、の3点からメタ認知方略を評価した。

コンピュータ利用による算数文章題の解決履歴に基づく分析結果では、5年生1学期から3学期までの問題解決数と誤答問題数に関して、3群の間には違いがみられなかった。即ち、1人当たりの1回の問題解決数に関して、上位群の2学期では2.3問であり、3学期では2.2問であった。中位群の2学期では2.7問であり、3学期では1.9問であった。下位群の2学期では3.5問であり、3学期では2.6問であった。他方、各条件群の誤答問題数に関して、上位群の2学期では.4問であり、3学期では1.0問であった。中位群の2学期では1.4問であり、3学期では.7問であった。下位群の2学期では1.0問であり、3学期では1.0問であった。

このように、3群間の問題解決数や誤答問題数に1学期から3学期にかけて明確な違いがみられなかった理由の1つは、条件群にかかわらず、児童がそれほど難しい問題にチ

ャレンジしなかったことを上げることができる。下位群の児童が3学期に解いた問題の多くは、問題1や問題2の基本的な問題であった。その結果、1学期から3学期にかけて、学期の進捗状況に応じて様々な問題の解決にチャレンジすることをせず、誤答の少ない基本的な問題を何度も繰り返して解く方略を選択した。このような結果から、3条件群間に学習履歴についての明確な差異を見出すことができなかった。

また、コンピュータ利用による解決訓練後に児童が解決過程を記した自己説明のノートの分析結果から、このノートへの自己説明の内容は、4年生から5年生の3学期にかけて、ノートに解決に至る説明を適切にまとめた児童はほとんどいないことがわかった。ただ、ノートに解決過程を自己説明させる時間も5分であり、児童にとってやや短い時間であったことも、自己説明している児童がほとんどいない原因の1つであったと考えてよいだろう。

更に、自己説明テストへの説明の内容の分析結果では、適切な説明を行ったのは、たとえば、上位群の児童は2種類の自己説明中(2種類の説明に対する自己説明×7人)中で13の自己説明に見られた。中位群の児童では、14の自己説明で7つの自己説明に見られた。下位群では、わずかに4つの自己説明をしたに過ぎなかった。適切でない自己説明の典型例は、「問題に書いてある。」や「おとな2人分たす子ども3人分は、2100円です。」であった。このような傾向から、上位群の児童は、表2に見られるように、本テストの問題に対しても高い得点を取ったことと、適切な自己説明の割合が高いことが結びつき、他方、下位群の児童は、本テストの得点が低いことと適切な自己説明の割合が少ないことが深い関連をもつことが示される。なお、適切な自己説明の基準として、問題ステップに記述される内容を当該の領域内の原理と結びつけて説明することと位置づけている。また、適切な自己説明とは、モニタリングや推論といった児童の自己内対話を通して構成されたテキストの内容を超える児童の意味理解の成果を反映した結果であるとも指摘される(McNamara & Magliano, 2009; Nathan, Mertz, & Ryan, 1994; 多鹿・中津, 2013)。このような適切な説明の概念に共通することは、説明を通して新たに構成される意味の理解と構築であり、知識の構成とよい。

本研究結果から、小学校高学年の児童が算数問題の解決時にメタ認知方略としての自己説明を使用することは、当該の問題を解決するとき効果的な方略として働いていると結論づけることができるだろう。確かに、小学4年生の3学期から小学6年生の2学期までの、コンピュータを利用した学習履歴や、ノート利用による自己説明の方法では、自己説明を反映した問題解決の結果を必

ずしも予測できなかった。しかしながら、paper and pencil タイプによる 自己説明テストでは、適切な自己説明を行う児童と算数問題解決の成績の高い児童との正の関連が認められた。や の測定課題も、さらなる学習方法の工夫を加えることにより、高学年の小学生であれば、効果的な自己説明の生成と高いレベルの問題解決成果とのかかわりを明確に示すことが可能であると考えられる。

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 6 件)

多鹿秀継 (2014.03) 適応的な学習者を育む学習の原理 神戸親和女子大学大学院研究紀要 第 10 巻 25-34 査読無
多鹿秀継・中津樞男・加藤久恵・藤谷智子・堀田千絵・野崎浩成 (2014.03) 児童の算数問題解決とメタ認知方略の評価 神戸親和女子大学研究論叢 第 47 号 35-45 査読無

多鹿秀継・中津樞男 (2013.03) 算数問題解決に適用されるメタ認知方略の評価 神戸親和女子大学研究論叢 第 46 号 47-57 査読無

Tajika, H., Nakatsu, N., Neumann, E., Nozaki, H., Kato, H., Fujitani, T., & Hotta, C. (2012.11). Mathematical word problem solving in children engaged in computer-based metacognitive support: A longitudinal study. Educational Technology Research, Vol. 35, Nos 1 & 2, 11-19. 査読有

多鹿秀継 (2012.03) 算数問題解決における転移を促すための方策 神戸親和女子大学大学院研究紀要 第 8 巻 23-32 査読無

多鹿秀継 (2012.03) 日米の子どもの算数問題解決の比較と支援 - 情報処理アプローチ - 神戸親和女子大学研究論叢 第 45 号 7-17 査読無

[学会発表](計 3 件)

多鹿秀継 (2013.09) 記憶・認知の心理学を学校学習に適用する 日本心理学会第 77 回大会(企画 symposium の co-organizer 及び discussant) 北海道医療大学

多鹿秀継(他 3 名) (2013.08) 算数問題解決におけるメタ認知方略の評価 (1) 日本教育心理学会第 55 回総会 法政大学

多鹿秀継(他 3 名) (2011.07) メタ認知方略を生かした算数問題解決の研究 (3) 日本教育心理学会第 53 回総会 札幌:かでの 2・7

[図書](計 0 件)

[産業財産権]
○出願状況(計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

○取得状況(計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

[その他]
ホームページ等:なし

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:30109368

(2)研究分担者

中津 樞男 (Nakatsu, Narao)
愛知教育大学・教育学部・教授
研究者番号:90133131

(3)連携研究者:

なし ()
研究者番号: