児童の算数問題解決を育むメタ認知方略の吟味

多鹿秀継[1]　中津楢男[2]　加藤久恵[3]
藤谷智子[4]　堀田千絵[5]　野崎浩成[2]

The Effectiveness of Metacognitive Strategies on Fostering Children's Mathematical Problem Solving

Hidetsugu TAJIKA[1]　Narao NAKATSU[2]　Hisae KATO[3]
Tomoko FUJITANI[4]　Chie HOTTA[5]　Hironari NOZAKI[2]

要　旨

本論文の目的は，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，小学校高学年の児童にとって効果的な方略として問題解決時に働いているかどうかを，メタ分析をおこなって吟味することであった。この目的を達成するために，第一著者らが発表した2つの論文（Tajika, Nakatsu, Neumann, Nozaki, Kato, Fujitani, & Hotta, 2012; Tajika, Nakatsu, Nozaki, Neumann, & Maruno, 2007）の実験データを，効果量（effect size，以下ではESと表記する）の計算方法の1つであるCohen（1962, 1988, 1992）のdに基づいて算出し，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の効果を吟味した。その結果，ESの値は大きいものであり，2つの論文で得られた小学生高学年の児童における自己説明の効果は小さくないとの解釈が適切であることが明確にされた。今後の課題として，第一著者らが発表した2つの論文の結果に限定せず，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を使った他の研究結果を含むメタ分析の必要性が指摘された。

キーワード：メタ認知方略，自己説明，算数問題解決，児童，メタ分析

1　本研究の問題と目的

本研究の目的は，本論文の第一著者（以下では多鹿他と呼ぶ）を研究代表とするメタ認知方略の1つである自己説明を使った児童の算数問題解決に関するこれまでの一連の研究結果（Tajika et al.，2012；Tajika et al.，2007）に基づいて，児童の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の効果を吟味することである。

この目的を達成するために，本研究では，まず児童の算数問題解決において使用された自己説明に関する多鹿他を含むいくつかの研究を報告する。次いで，メタ分析（meta-analysis）の手法を用いて，多鹿らの研究で使用して得られたメタ認知

方略としての自己説明の効果の大きさ（効果量，effect size：以下では ES と表記する）を明示する。本研究では，メタ分析の対象論文として，これまでに publish（発表）された多鹿他の前述の 2 論文のみを利用した。当該の 2 論文でそれぞれに操作された自己説明群と統制群の 2 群のデータに基づいて ES を算出し，メタ認知方略としての自己説明の効果を吟味した。

このようなことから，児童の算数問題解決を育むと考えられるメタ認知方略を使用したさまざまな研究すべてを review すること，あるいは自己説明を含む他のさまざまなメタ認知方略を利用して得られた算数問題解決におけるメタ認知方略の ES の吟味といった研究テーマに関しては，本研究では取り扱わない。今後紙幅を改めて，児童の算数問題解決を育むと考えられるメタ認知方略を使用した諸研究を包括的に取り上げてその効果を吟味することとする。

本研究では，最初に算数問題解決を育むメタ認知方略を説明する。次いで，児童の算数問題解決を育むメタ認知方略として自己説明を取り上げ，得られた実証的な成果を review する。最後に，多鹿他の発表した 2 つの論文（Tajika et al., 2007；Tajika et al., 2012）で得られた自己説明の ES を報告し，算数問題解決における児童の自己説明の効果を吟味するものである。

2　算数問題解決を育むメタ認知方略

本研究において取り上げるメタ認知方略とは，メタ認知に基づく学習活動であり，認知方略を基礎とする学習活動に対比して用いられる概念である（多鹿・中津，2009）。認知の活動が，例えば「ある学習内容を覚える」とか，「ある学習課題を解く」といった記憶や問題解決に基づく直接的な活動である。それ故に，認知方略とは「覚え方」であり「解き方」を意味しており，学習時の課題を適切に処理するために呼び出される方法に言及するものであるといえる（多鹿・中津・加藤・藤谷・堀田・野崎，2014）。

他方，メタ認知は認知についての認知（例えば，Flavell，1979）と概念化されていることから，メタ認知の活動はたとえばある学習課題を解く場合に，「こちらの解き方が私にはあっている」，「こちらの解き方の方がよい」，あるいは「この解き方で正解が得られると思う」といった，問題解決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といえる（Simons，1997a，1997b）。

このようなことから，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といってよい（多鹿他，2014）。すなわち，学習者によって採用された「覚え方」や「解き方」が，当該の学習の処理方法として適切であるかどうかを吟味することといえる。認知方略が学習者の学習を促進する活動であるとする一方，メタ認知方略とは採用した認知方略が学習を促進する方法として適切であるかどうかをモニターし，不適切であるとするときは学習方法をコントロールする心内活動であるといえる。

メタ認知方略や認知方略に類似する内容として，学習方略がよく知られている（例えば，辰野，2010；Weinstein & Mayer，1986）。学習方略は「学習の効果を高めることをめざして意図的に行う心的操作あるいは活動」（辰野，2010）と定義されていることからも理解できるように，メタ認知方略と認知方略を含んだ概念であるといえる。前述したように，メタ認知方略は認知方略と異なり，学習課題に対して直接学習効果を生むような方略ではない。しかしながら，メタ認知方略を使用することで，自己内省的に問題状況を吟味して思考し，結果的に当該の学習の促進につながることから，学習方略の 1 つとして位置づけてよいだろう。

ところで，多鹿・中津・野崎・池上・竹内・石田（2004）は，算数問題解決において使用されるメタ認知方略を分析するために，算数問題解決にかかるさまざまなメタ認知方略に関する質問紙を作成して大学生に実施した。得られた結果を因子分析することによって，児童が算数問題を解決す

るときに関係すると大学生が考えるメタ認知方略を抽出した。その結果，児童が使用すると考えられる算数問題解決におけるメタ認知方略として，3つの因子を抽出した。抽出されたそれら3種の因子を算数問題解決において使用される3種類のメタ認知方略ととらえた。1つは，算数の問題文の中から問題を解くための鍵（キー）になる言葉や数字を見つける」，「解決に必要な数字と必要でない数字を意識的に区別する」，「何に注意し，何を無視するかを意識的に決定する」等に因子負荷が高く，算数問題解決に必要な情報を適切に選択することにかかわるメタ認知方略といえる。

2つ目のメタ認知方略は，算数の「問題文を何度も読み直す」，「問題文をゆっくりと注意深く読む」，「得られた結果が問題に適合するかを確認する」，「問題文をいくつかに区切り，区切った内容の1つ1つを理解して解く」等に高い因子負荷を示し，算数問題解決のモニタリングにかかわるメタ認知方略であるといえる。

3つ目は，算数の「問題文の内容を反映した図を描く」，「問題文にアンダーラインを引いたりチェックをつける」，「問題文を自分の言葉に言い換えて問題を解く」等に因子負荷が高く，「外化」された手がかりあるいは「内的」な手がかりなど，手がかりの生成によって問題文を解くメタ認知方略であるといえる。

これら3つのメタ認知方略は，算数問題の解決時に学習者である児童が，意識的に実行すると大学生が考えたいくつかのメタ認知方略を，具体的に分類したものである。当然ではあるが，これら3種のメタ認知方略は多鹿他（2004）で使用された調査項目の制約を受け，調査において使用された項目の範囲内のメタ認知方略である。算数問題解決のメタ認知方略としては，他に，問題解決に取りかかる前のメタ認知方略，たとえば，問題解決が可能かどうかの予測にかかるメタ認知方略，更には問題解決を終了した後に，解いた結果が問題文にマッチした解答であるかどうかを評価することにかかるメタ認知方略など，さまざまなメタ認知方略を考えることができる。

たとえば，小学生を研究対象にしたDesoete, Roeyers, and De Clercq（2003）は，算数文章題の解決におけるメタ認知教授介入の効果を吟味した。Desoete et al. は，小学3年生にメタ認知方略を訓練し，当該の小学3年生が他のさまざま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。彼女たちは小学3年生に「太郎は25個のボールをもっている。これは次郎よりも7個多く，三郎よりも3個多い。次郎は何個ボールをもっているか。」のような問題文を与え，問題を解かせた。彼女たちが訓練したメタ認知方略とは，①「間違わずに問題が解けるだろう」あるいは「きっと間違うだろう」といった問題解決に対する予測，②「間違わずに解けたと思う」あるいは「間違って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含むものであり，実際の遂行結果と照らし合わせて，児童が訓練されたメタ認知方略を適切に使用して問題を解くことができるようにした。

このようなことから，メタ認知方略を使って児童の算数問題解決を吟味した研究とは，児童が自分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。Desoete et al.（2003）の結果に見られるように，小学生においても，メタ認知方略を適切に使用できるような訓練を行うことによって，メタ認知方略群が他の条件群よりも当該の算数問題を正しく解決することができたという報告が認められる。

ところで，メタ認知方略としてはDesoete et al.（2003）に見られるような，これから解こうとする学習（問題解決）の予測や学習（問題解決）結果の評価だけではない。メタ認知方略としてよく知られている具体的な方略として，学習内容を要約する，質問する，明瞭化する，あるいは説明するといった活動が知られている。これらの具体的な方略は，前述したような「出題された問題の解答に対する予測」あるいは「問題に対する解答

の自己評価」といったメタ認知方略を除き，問題に取り組んでいる過程において創発されるものが多い。本研究を含め，これまで多鹿他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。次節では，算数問題解決を育むメタ認知方略としての自己説明を，多鹿他の研究を中心に簡潔に説明しよう。

3　算数問題解決を育むメタ認知方略としての自己説明

算数問題解決過程において使用されるメタ認知方略として，上記に示したように，問題解決に先立って使用されるメタ認知方略，問題解決中に使用されるメタ認知方略，さらには問題解決後に問題解決結果を振り返るときに使用するメタ認知方略に分類することが可能である。算数問題解決過程において利用されるそのようなさまざまなメタ認知方略のなかで，本研究では算数問題解決中に使用されるメタ認知方略として自己説明を取り上げる。

自己説明とは問題内容を自分自身に説明することである。すなわち，自己説明とは，一般に問題解決事態において提示された問題内容を理解するために，学習者自身が自分に分かるように問題内容を説明する積極的な学習活動である（Atkinson, Derry, Renkl, & Wortham, 2000；Chi, 2000；Chi, Bassok, Lewis, Reimann, & Glaser, 1989；Roy & Chi, 2005；多鹿・中津，2013；多鹿・中津・加藤・藤谷・堀田・野崎，2011）。

メタ認知方略としての自己説明の研究は，文章理解を深める方略として多くの研究において採用されてきた（Chi, 2000；McNamara & Magliano, 2009）。自己説明の詳細については上記の文献に譲るが，Chi（2000）によれば，自己説明は自己説明することによって生み出された発話の単位ととらえられる。テキストを読んだ後に，学習者によって発話されたテキストの内容に適した言語音である。当然，言語音であることから，自己説明はテキストの内容を読み取るために推論を働かせた結果としての言語音もあれば，テキストを単に反復しただけの言語音であるかもしれない。しかしながら，どちらの場合の言語音であっても，不完全な内容で構成されているテキストを与えられたとき，学習者がテキストの不完全な内容を理解するために発話する積極的な学習活動であるといってよい。

問題解決における自己説明はChi, et al.（1989）により導入された概念であり，テキストの内容を理解する際の読み方略の研究とつながりが深い（McNamara & Magliano, 2009）ことは，容易に理解できる。そして，文章あるいは数式で表現された問題文（テキストといってよい）を理解するために自分の言葉で説明しようとするとき，問題文（テキスト）の不十分さについての理解を明確にして理解水準を評価し，理解や解決に導くためのプランを構成しなければならない。自己説明をこのようにとらえるとき，自己説明はメタ認知方略といってよい。

自己説明として，当該のテキストの内容を適切に説明する場合と，不適切な説明に終始する場合があることを指摘した。テキストの内容を適切に説明する場合とは，推論などを駆使することで学習者の知識とテキストの内容が統合され，学習者の有するスキーマに統合化された知識，言いかえれば新たなメンタルモデルが構築された場合である。それ故，本来的には，文脈に適合した推論を働かせることによって，学習者がテキスト内容の理解を深めるために発した自己説明が，当該のテキストを理解するためのより適切なメタ認知方略であるといえる。

繰り返しの説明になるが，テキストを自己説明することによって理解することは，なにも文章読解だけに限定されない。Chi et al.（1989）の報告に見られるように，物理学の問題解決において使用される例題の自己説明にも，メタ認知方略としての自己説明が適用されるものである。算数・数学の問題解決における自己説明の研究は，メタ認知方略としての自己説明を，問題解決の理解に積極的に適用するよい事例であるといってよい。

では，算数問題解決における自己説明の効果を吟味した主だった研究例を説明しよう。一般に，小学生にメタ認知方略としての自己説明を使って算数問題解決を実行させる研究例は，大変少ないのが現状である。そのような状況のもと，ここではMwangi and Sweller（1988）の例題を自己説明させる研究を紹介しよう。

Mwangi and Sweller（1988）は，9～10歳の小学3年生を使って例題を自己説明させた。すなわち，小学3年生に「一郎は8歳です。花子は一郎よりも3歳年下です。太郎は花子よりも2歳年上です。太郎は何歳ですか。」の2段階のステップで解答を求める文章題を提示した。上記の問題文を構成する各文の隣に，たとえば8歳を示す8個の○（丸）を添えた例題を児童に与え，当該の例題を自分に分かるように説明させた。その結果，自己説明した条件群の児童が正解に早く達することを示した。

文章題を小学生ではなく中学生（9年生）に解かせたNeuman and Schwarz（2000）の研究では，2段階で解決できる代数の文章題解決における自己説明の効果を吟味した。その結果，9年生は文章題を自己説明することで，文章題解決の促進効果を見た。9年生は自己説明することによって，問題表象の深い構造を伴って解決することが可能となった。その理由として，文章題の内容を文で表現された表象だけでなく，表で表現された表象へと，2重の表象として問題表象を変換することで，問題内容を理解して解決につなげていることがわかった。中学生にもなると，自己説明により，問題内容の表象を与えられた文による表象だけでなく，他の様相の表象に変換することも可能となるのであろう。

Tajika, et al.（2007）は，メタ認知方略としての自己説明を使用し，自己説明が小学6年生の算数割合文章題の解決にどのような影響を与えるのかを吟味した。Tajika et al. は，算数割合文章題のテスト（本テスト）を実施するのに先立ち，割合文章題の解決過程を例題（Atkinson et al., 2000）として構成して小学6年の児童に与え，当該の例題に自己説明を課す方法に基づいて，算数問題解決に自己説明を適用した。すなわち，自己説明群には，本テストの割合文章題を解くのに先立ち，本テストと異なる他の割合文章題2問題（易問題と難問題）を例題として用意し，これら2種類の例題の解決過程を5つ（易問題）ないしは7つ（難問題）の解決ステップに区切った内容（文ないし文章，式，あるいは線分図）を自己説明の課題として与え，1つの解決ステップに記述された内容（課題）が理解できるかどうかを確認させた。確認後，記述内容が理解できる場合には，どういうことかを自己説明させ，記述内容が理解できない場合には，どこが理解できないのかを自己説明させた。

Tajika et al.（2007）では3つの条件群を設定したが，ここでは自己説明群（実験参加児童は27名）と統制群（実験参加児童は26名）の2群の結果を説明しよう。自己説明群は上述のように操作された群であった。統制群は，解決ステップが記述されていない式と答えのみからなる2種類の例題を，教師の説明後に自分で学習する群であった。各条件群の例題学習ののち，割合文章題の本テストを実施し，その1カ月のちに割合文章題とは異なる算数文章題のテストを転移テストとして実施した。転移テストで使用した算数文章題は，Mayer, Tajika, and Stanley（1991）で使用した問題であった。実験の結果，自己説明群の児童は，本テストも転移テストも統制群の児童に比べて有意に優れた成績を示した。

また，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。実験条件は基本的にTajika et al.（2007）と同様であり，自己説明群（実験参加児童は71名）と統制群（実験参加児童は68名）の2条件群で構成された。実験期間は5年生の2学期から6年生の2学期までの1年間であった。その間，自己説明群は，各学期において3回（毎週1回の3週間実施），コンピュータによる自己

説明の学習を行った。統制群は自己説明の学習はなかった。コンピュータから提示される学習課題は，Tajika, et al.（2007）で使用された例題と類似した解決ステップで構成され，5年生と6年生で学習する算数文章題であった。ただし，解決ステップに対する自己説明は，Tajika, et al.（2007）で使用されたpaper and pencilによるものでなく，コンピュータで提示される選択肢から正解を選択するものであった。なお，統制群と比較可能な本テストは，5年生の3学期の2月と6年生の2学期の12月に実施され，転移テストは6年生の2学期の12月に一度だけ実施された。

ところで，算数問題解決におけるメタ認知方略として自己説明を取り上げ，得られた結果をメタ分析する理由を説明しよう。

第一に，多鹿他が1990年代末より一貫して，小学校高学年の児童を対象に，自己説明の効果を研究課題として取り組んできたことを指摘することができる。つまり，詳細なデータが確実に入手できることである。小学生を使った多鹿他の算数問題解決における自己説明の効果に関する研究の一部は，多鹿・中津（2009）にまとめられている。次節では，多鹿・中津（2009）で言及しているさまざまな研究の中の一部の成果（Tajika et al., 2007）とその後の研究成果（Tajika et al., 2012）による自己説明のESを示そう。

また，算数問題解決におけるメタ認知方略として自己説明を取り上げてメタ分析する第2の理由は，我が国における最近の学校教育で強調されている言語活動の充実の必要性を指摘することができる。2009年度の幼稚園に始まり，昨年度の高校の学習指導要領の実施によって，すべての学校種において言語活動の充実がうたわれることとなった。言語活動を充実させることは，なにも国語などの教科に制限されるものではない。上述した自己説明の研究結果に見られるように，算数・数学や理科の教科において，自己説明による言語理解の効果を見出している。それ故，児童の言語活動を通じて，算数のもつ計算概念や論理性の理解を深め，問題解決の能力を高める指導は，算数教科においても重要な意義をもつものであるといえる。

多鹿他の研究プロジェクトは，学習指導要領の改正以前から，算数問題解決における知識の重要性を明確にし，先行知識を使って算数問題で表現されている内容を理解するために，知識の統合を強調してきた（多鹿，1996）。知識の統合とは，児童のもっている既有知識（スキーマ）に，学習内容で表現される算数・数学の論理的概念を取り込むことである。2つの知識を統合するためには，単純な言語音の発声ではなく，メタ認知を伴う言語活動が必須である。自己説明はそのための道具として位置づけられる。

このような理由から，多鹿他は，算数問題解決における自己説明が，児童にとって本当に効果的なメタ認知方略といえるのかを吟味する必要性を感じ取っていた。

4　メタ分析の適用と結果

メタ分析とは統計的な方法を用いることで，同一の研究内容で得られた研究結果をまとめ上げることである。換言すれば，同一のテーマで独立変数と従属変数を吟味している独立した実験から，統計的な方法によって得られるESを要約するものであるといえる。ESは，メタ分析における研究結果をまとめ上げる（統合する，あるいは要約する）ための「共通のものさし」（山田・井上，2012）である。メタ分析のESを知ることで，「自己説明の効果はあったといえるか」どうかを明確にすることできる。たとえば，Mayer（2010）はメタ分析を行うことで，彼のマルティメディア学習を支えるさまざまな基本原則に基づく実験結果の効果を確認している。われわれも本節において，上述した2つの論文で実施された実験結果をメタ分析することで，算数問題解決における児童の自己説明の効果を吟味しよう。メタ分析を行うことにより，われわれは自己説明の効果についてより強い結論を導くことができるといえる。

Tajika et al.（2007）とTajika et al.（2012）

の個々の結果は，算数文章題の問題解決において統制群に対する自己説明群の促進効果を示している。しかし，その効果の程度はどのようなものであろうか。自己説明が効果的であるか否かの目安を示唆する1つの手立てが，ESを明確にすることである。メタ分析のESとしてよく利用されるのは，標準化された平均値差（Glass，1976；Glass, McGaw, & Smith，1981）として定義されるESである。標準化された平均値差は，実験群と統制群の群比較研究について計算されるESである。ここでは，標準化された平均値差のさまざまな算出方法から，しばしば利用されるCohenのdと呼ばれるES（Cohen，1962，1988，1992）に基づいて，自己説明のESを算出しよう。Cohenのdでは，2群（実験群と統制群）の平均値の差を2群とプールした標準偏差で除することによって自己説明のESは求められる。

なお，Cohenのdと呼ばれるESの大きさについて，Cohen（1988）は，dの値として，.2～.4，.4～.6，.6を超える値の3つの範囲を設け，各範囲におけるESの具体的なdの値として.20，.50，.80の3つに区分することによって，ESの大きさを説明している。すなわち，ES＝.20は，比較する実験群と統制群の2つのデータの分布の重なり具合が大きく，独立変数の効果が小さいものである。それゆえ，たとえ統計的検定が有意であるとされても，ES＝.20は個々のデータを見ただけでは独立変数間に違いがあるのかどうかが不明の程度の差であるという。他方，ES＝.80は実験群と統制群の2つのデータの分布の重なり具合が大きくずれており，両条件間に明確な違いがあることを示すといえる。それゆえ，ES＝.80は独立変数間に違いがあると結論づけることの可能な程度の差であるといえる。なお，ES＝.50は独立変数の効果が中程度のもので，実験群と統制群の2つのデータの分布の重なり具合がd＝.20とd＝.80の中程度ということである。

さて，このようなCohenのdと呼ばれるESの大きさの解釈を前提として，多鹿他の発表した2つの論文（Tajika et al.，2007；Tajika et al.，2012）で得られた自己説明のESを示そう。表1に2つの論文で得られたESの値を示した。

表1　Tajika et al.（2007）と Tajika et al.（2012）の研究におるESの値

発表年・テスト の種類・時期	ES
2007年	
本テスト（6年生11月）	d＝1.80
転移テスト（6年生11月）	d＝1.08
2012年	
本テスト（5年生2月）	d＝.32
本テスト（6年生12月）	d＝.60
転移テスト（6年生12月）	d＝.40

表1から理解できるように，Tajika et al.（2007）は本テストと転移テストのともに，非常に高いESを示した。また，Tajika et al.（2012）では5年生の本テストではやや小さいESの値であるが，平均的には中程度のESを示したといえるだろう。このことから，2つの論文におけるCohenのdによって算出されたESの値は，比較的高いことが理解できるだろう。

表1において，Tajika et al.（2007）では非常に高いESの値が得られ，Tajika et al.（2012）では中程度のESの値が得られたことから，両論文のESの結果については少なからぬ差異が認められる。メタ認知方略としての自己説明の効果を吟味した2つの研究において，少なからぬ差異が認められた理由は，自己説明の手続きの違いにあるといってよい。Tajika et al.（2007）とTajika et al.（2012）の研究方法は，上述した通りである。ここでは，自己説明の手続きについて，もう少し詳細に説明しよう。

Tajika et al.（2007）では，paper and pencilタイプの自己説明テストのみによって，児童の自己説明の学習を実施した。paper and pencilタイプの自己説明テストは，割合の文章題を5～7の解決ステップに区分して，それぞれの解決ステップの内容がわかるか否かを確認させたのち，内容がわかるか否かに対する児童の回答にかかわらず，

それらを説明させる課題であった。他方，Tajika et al.（2012）の場合では，児童はコンピュータから提示される各解決ステップの質問に対して，正解と考える選択肢をクリックする課題であった。

ESの程度が示すように，paper and pencil タイプの自己説明課題を使用した Tajika et al.（2007）では，児童は解決ステップの意味がわからない場合でも，どこがわからないのかを詳述した。単にわからないと記述する場合に比べて，どこがわからないのかを思考することによって，メタ認知の発動はより活発なものとなったといえる。これに対して，コンピュータを利用した場合，児童が自己説明を発声（記述）するよりも，実験者が用意した選択肢（その多数の課題は3肢選択で構成）から正解を選択する課題であった。選択肢から正解を選択する課題では，メタ認知がどの程度活性化されたのかは不明である。このような自己説明の手続きの違いが，非常に大きな効果を生んだ Tajika et al.（2007）の結果に対し，Tajika et al.（2012）では Tajika et al.（2007）ほどの大きな効果は生み出されなかったといえるだろう。ただし，たとえコンピュータ利用による自己説明の学習であったとしても，統制群に比べてはその問題解決の効果は，ESの大きさから判断するとき，中程度の効果の大きさが認められるといってよい。

5　結論

本研究結果から，小学生高学年（5年生と6年生）の児童が算数文章題を解決するとき，文章題の例題を解決ステップに区分して，1つ1つの解決ステップを自己説明することによって，のちの算数文章題解決が促進されることが，明確にされた。確かに，Tajika et al.（2007）と Tajika et al.（2012）の2つの研究結果は，ともに自己説明群が統制群に比べて，算数文章題の解決に関して統計的に有意な促進効果を示すものであった。しかしながら，個々の研究における統計上の有意差の検定結果は，研究に使用した人数や得点のばらつきの程度といった標本誤差の影響を受けることが多い。それ故，統計的検定によって得られた自己説明の効果が実質を伴うためには，本研究で示したように，メタ分析を実施することによって，母集団からの標本抽出に伴う誤差の影響を少なくすることが望ましい。結句，メタ分析を実施した2つの研究結果から，自己説明が児童の算数問題解決における効果的なメタ認知方略であることが再確認されたといってよいだろう。

今後の課題として，以下の2点を指摘しておこう。1つは，多鹿他が発表した2つの論文の結果のメタ分析に限定せず，児童の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を使った他の研究結果を含むメタ分析の必要性である。今回は詳細なデータが容易に入手可能であることから，多鹿他の発表した研究のみのメタ分析をおこなったが，算数・数学の問題解決における自己説明の効果に関する研究は散見される（例えば，多鹿他（2011）を参照のこと）。今後は，算数・数学の問題解決における自己説明の効果に関する研究を系統的に review することでメタ分析の精度を高め，論文の研究タイトルに「…に関するメタ分析」といった名称を明示し，メタ分析を主内容とした論文を発表することが必要とされるだろう。

2つ目として，算数問題解決に従事する児童にメタ認知方略をどのように教授するのか，に関する課題を指摘できる。メタ認知方略としての自己説明の効果に関する系統的な review を実施することによって自己説明の効果が明確にされたとして，ではそのようなメタ認知方略としての自己説明をどのように教授するのか。Tajika et al.（2007）と Tajika et al.（2012）の研究では，ともに自己説明群で自己説明が十分にできない児童が少なからず確認された。確かに，Chi（2000）も指摘するように，たとえ不十分な自己説明であっても，算数文章題の理解は自己説明しない条件群に比べて優れていた。すなわち，推論などを使わない不十分な自己説明をおこなった児童の問題解決の平均得点は，統制群の児童の問題解決の平均

得点と類似していた。このような不十分の自己説明を，教授によってより適切な自己説明に変えることができれば，さまざまな教科の学習において児童は正の転移を示すかもしれない。自己説明の教授は，今後の課題の１つとして位置づけられる。

6　引用文献

Atkinson, R.K., Derry, S.J., Renkl, A., & Wortham, D. (2000). Learning from examples: Instructional principles from the worked examples research. *Review of Educational Research, 70,* 181-214.

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.

Cohen, J. (1962). The statistical power of abnormal-social psychological research: A review. *Journal of Abnormal Social Psychology, 65,* 145-153.

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological Bulletin, 112,* 155-159.

Desoete, A., Roeyers, H., & Clercq, A. (2003). Can offline metacognition enhance mathematical problem solving? *Journal of Educational Psychology, 95,* 188-200.

Flavell, J.H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. *American Psychologist, 34,* 906-911.
（木下芳子（訳）(1981). メタ認知と認知的モニタリング　波多野誼余夫（監訳）　現代児童　心理学３　子どもの知的発達（pp. 43−59). 金子書房）

Glass, G.V. (1976). Primary, secondary, and meta-analysis of research. *Educational Researcher, 5,* 3-8.

Glass, G.V., McGaw, B., & Smith, M.L. (1981). *Meta-analysis in social research.* Beverly Hills, CA: Sage.

メイヤー，R.E. (2010/2012). テクノロジーを活用した学習　OECD 教育研究革新センター（編）　立田慶裕・平沢安政（監訳）　学習の本質−研究の活用から実践へ−（pp.211−232). 明石書店

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.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 & Instruction, 16,* 173-199.

Neuman, Y., & Schwarz, B. (2000). Substituting one mystery for another: The role of self-explanations in solving algebra word-problems. *Learning and Instruction, 10,* 203-220.

Roy, M., & Chi, M.T.H. (2005). The self-explanation principle in multimedia learning. In R.E. Mayer (Ed.), *The Cambridge* *handbook of multimedia learning* (pp. 271-286). New York: Cambridge University Press.

Simons, P.R-J. (1997a). Metacognition. In E. De Corte & F.E. Weinert (Eds.), *International encyclopedia of developmental and instructional psychology* (pp. 436-441). Oxford, England: Elsevier.

Simons, P.R-J. (1997b). Metacognitive strategies: Teaching and assessing. In E. De Corte & F.E. Weinert (Eds.), *International encyclopedia of developmental and instructional psychology* (pp. 441-444). Oxford, England: Elsevier.

多鹿秀継（1996）．算数問題解決過程の認知心理学的研究　東京：風間書房

多鹿秀継・中津楢男（2009）．算数問題解決と転移を促す知識構成の研究　東京：風間書房

多鹿秀継・中津楢男（2013）．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，*46,* 47－57.

多鹿秀継・中津楢男・加藤久恵・藤谷智子・堀田千絵・野崎浩成（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，*44,* 77－87.

多鹿秀継・中津楢男・加藤久恵・藤谷智子・堀田千絵・野崎浩成（2014）．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，*47,* 77－87.

Tajika, H., Nakatsu, N., Neumann, E., Nozaki, H., Kato, H., Fujitani, T., & Hotta, C. (2012). Mathematical word problem solving in children engaged in computer-based metacognitive support: A longitudinal study. *Educational Technology Research, 35,* 11-19.

多鹿秀継・中津楢男・野崎浩成・池上知子・竹内謙彰・石田靖彦（2004）．算数問題解決におけるメタ認知方略の分析　愛知教育大学教育実践総合センター紀要，*7,* 19－26.

Tajika, H., Nakatsu, N., Nozaki, H., Neumann, E., & Maruno, S. (2007). The effects of self-explanation as a metacognitive strategy for solving mathematical word problems. *Japanese Psychological Research, 49,* 1-9.

辰野千壽（2010）．学習方略の心理学－賢い学習者の育て方－　東京：図書文化

Weinstein, C.E., & Mayer, R.E. (1986). The teaching of learning strategies. In M.C. Wittrock (Ed.), *Handbook of research on teaching* (3rd ed., pp. 315-327). New York: Mcmillan.

山田剛史・井上俊哉（編）（2012）．メタ分析入門－心理・教育研究の系統的レビューのために－　東京：東京大学出版会

7　付記

本研究は，2014年度（平成26年度）科学研究費補助金（基盤研究(C)，課題番号：26380912）の補助を受けて実施したものである。

8　注

1　神戸親和女子大学
2　愛知教育大学
3　兵庫教育大学
4　武庫川女子大学短期大学部
5　関西福祉科学大学