

# メタ認知方略としての自己説明の特性

多 鹿 秀 継<sup>1</sup>      中 津 檜 男<sup>2</sup>      加 藤 久 恵<sup>3</sup>  
藤 谷 智 子<sup>4</sup>      堀 田 千 絵<sup>5</sup>      野 崎 浩 成<sup>2</sup>

## The Feature of Self-Explanation as a Metacognitive Strategy

Hidetsugu TAJIKA<sup>1</sup>      Narao NAKATSU<sup>2</sup>      Hisae KATO<sup>3</sup>  
Tomoko FUJITANI<sup>4</sup>      Chie HOTTA<sup>5</sup>      Hironari NOZAKI<sup>2</sup>

### 要 旨

本論文の目的は、メタ認知方略としての自己説明の特性を明確にすること、あわせて自己説明の特性に基づいた授業をデザインすることであった。この目的を達成するために、以下の2つの観点から自己説明の特性を明確にした。①メタ認知方略としての自己説明：問題解決課題として提示された問題内容を理解するために、学習者が自分自身に分かるように説明する能動的な学習活動として自己説明を位置づけ、自己説明が問題の理解と解決に結びつく知識の構成をサポートするメタ認知方略の1つであることを明確にした。②自己説明の形態：何らかの制約もなく自由に表現できる自己説明が一般的によく使用されてきた。しかしながら、他にもいくつかの自己説明の形態があり、コンピュータ利用の自己説明ではメニュー選択の自己説明も利用されている。自己説明の形態の違いによって、自己説明の効果量に違いが認められた。自己説明のこのような特性に基づいた授業としてアクティブラーニングを採り上げ、自己説明の特性を踏まえたアクティブラーニングに基づく授業デザインの可能性を考察する。

キーワード：メタ認知方略，構成活動，自己説明の形態，授業デザイン，アクティブラーニング

## 1 本研究の問題と目的

本論文の第一著者を研究代表として、われわれの算数問題解決プロジェクトは、これまで児童の算数問題解決能力を育む方策をさまざまに研究開発してきた（たとえば、多鹿，1996；多鹿・中津，2009；Tajika, Nakatsu, Neumann, Nozaki, Katto, Fujitani, and Hotta, 2012）。本論文では、児童の算数問題解決能力を育む方策の1つとして、

著者らが最近十数年にわたって利用してきたメタ認知方略の1つである自己説明の特性を明確にすること、あわせて自己説明の特性に基づいた授業をデザインすることであった。

自己説明とは、自分自身に説明することである。一般に、自己説明は文章理解や問題解決課題として提示された文章ないしは問題内容を理解するために、学習者が自分自身に分かるように説明する積極的な学習活動として位置づけることができる

(Chi, 2000; 多鹿・中津・加藤・藤谷・堀田・野崎, 2011)。

問題解決事態における自己説明の研究は, Chi, Bassok, Lewis, Reimann, and Glaser (1989) の画期的な論文により導入された。Chi et al. の研究では, 物理学の力学の問題を大学生に解決させる際に, 大学生に問題と解決過程を示した問題例 (例題) が与えられた。大学生は例題を発話法によって学習した。すなわち, 提示された例題の質問に答えるために, 自分の言葉で説明することが求められた。正しく問題解決した得点の高低に基づき, 実験に参加した学生を高得点群の学生と低得点群の学生に二分した。その結果, 高得点群の学生は低得点群の学生に比べて, 自己説明を多く発話し, かつそれらの自己説明の多くは力学の問題解決に結びつく自己モニタリングを伴った適切な説明であることがわかった。このことは, 問題の内容を自己説明することと正しく問題を解決することが, 結びついていることを示しているといえる。

その後, 問題解決課題における自己説明は, 上記の物理学 (Chi et al., 1989; Conati & VanLehn, 2000) や算数・数学 (Nathan, Mertz, & Ryan, 1994; 多鹿・中津, 2009) といった問題解決の領域だけでなく, さまざまな教科の領域の学習活動において利用されている。たとえば, コンピュータプログラミングでの学習 (Bielaczyc, Pirolli, & Brown, 1995), 生物学の学習 (Ainsworth & Loizou, 2003), あるいは文章理解での学習 (McNamara & Magliano, 2009) 等, 多様な学習領域において自己説明が利用されていることを理解することができる。

このような多様な学習領域において利用されている自己説明は, 効果的なメタ認知方略の1つとして位置づけることができる。以下にその理由を説明しよう。

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結びついた言語音で

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の場合もあるかもしれない。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に注意し, どのような意味であるのかを理解するために, 内省的な思考を働かせることによって発話する積極的な学習活動であるといっていよい。もちろん, 学習成績との関連からいえば, 高い成績と関係するのは推論等を働かせた自己説明である。自己説明の活動をメタ認知方略として位置づける場合, 推論等を働かせた結果に基づくこのような内省的思考の作用による発話を, 通常は自己説明として取り扱うことが多い。

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 (テキストといっていよい) を理解するために自分の言葉で説明しようとするとき, 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, 学習者はテキストの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の働きに基づいて学習活動をおこなう方法であるといっていよい。こうして, 自己説明はメタ認知方略の1つとして理解することができる。

では, メタ認知方略としての自己説明の特性は何であろうか。ここで述べるところの自己説明の特性とは, 自己説明という学習活動が, 問題解決や理解の学習において効果的とされる顕著な特徴を意味する。自己説明はさまざまな特性を有する。これまで述べたように, 自己説明をメタ認知方略として位置づけることは, 自己説明の際立った特性の1つであろう。

本論文では, メタ認知方略としての自己説明のもっとも特徴的な特性として, 知識の構成を指摘

しておこう。学習者の有する既有知識（以下では、スキーマと記述する）を活性化し、メタ認知の活動に基づいて推論等を働かせることで、新たに学習した知識を統合する。知識統合の過程において、学習者はスキーマを組み替え、新たな知識を構成することができるのである。メタ認知方略としての自己説明の特性は、知識の構成活動（constructive activities of knowledge）を第一義として指摘することができるだろう。次節では、自己説明の主だった特性として、知識の構成活動としての自己説明を取り上げる。

## 2 構成活動としての自己説明

学習者がテキストの内容を適切に説明するためには、学習者自身のスキーマを活性化することでテキストの内容を吟味し、理解の不十分なところを推論等を働かせることによって新たな知識を構成することが必要である。換言すれば、自己説明が効果をもつのは、学習者が自己説明することによってスキーマを再構築した場合である。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として機能することが求められる。

ここで、構成活動について整理しておこう。学習者が学習材料をアクティブに学習する過程において、知識を構成する具体的な活動としては、「自分の言葉でノートを取る」、「質問をする」、「2つ以上の課題の特性を比較する」、「2つの課題内容を統合する」、「その後の展開や推移あるいは結果を予測する」、「問題文にあった線分図を描く」等々（Chi & Wylie, 2014）、さまざまな活動を取り上げることができる。自己説明はこれら知識構成活動の1つとってよい。

構成活動としての自己説明には、基本的にメタ認知の働きが含まれている。メタ認知の働きは、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

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含む（Brown, Bransford, Ferrara, & Campione, 1983）。どうしてそのようになるのかを自己説明するためには、学習内容を適切に処理するための内省的なモニタリングやコントロールの活動を必要とする。

また、構成活動としての自己説明には、メタ認知の働きに加えて、学習者が課題の内容を推論する過程（inferring processes）が含まれている。推論過程は、通常演繹的な推論か帰納的な推論の形態をとる。演繹推論や帰納推論においては、学習材料を改定したり（revising）、修復したり（repairing）、再体制化したり（reorganizing）、熟考したり（reflecting）する働きを含んでいる（Chi & Wylie, 2014）。学習内容を改定したり修復したりすることによって、正しく処理したと誤っていたが間違っていた学習内容を正しく修正することが可能となる。また、再体制化は学習内容の利用しやすさを考慮して、学習内容の構成を組み替えることであり、熟考は学習内容の理解の程度を十分に考えることで、学習内容の不十分な理解をよりしっかりとした理解にすることが可能となる。

さて、自己説明を支える推論過程は、演繹推論ないしは帰納推論の作用により、①学習内容をまとまりのある内容として体制化すること、②体制化された学習内容をスキーマに統合すること、③統合された新しい知識を学習内容と比較し、類推し、一般化することで学習内容を再体制化し、さまざまな意味を作り出すこと、④構成された知識はより堅固で新たなスキーマとして、さまざまな転移課題に容易に適用できるようになること、から構成される。自己説明による推論の結果、符号化することによって記銘された学習材料は、学習材料には記述されていないが学習材料に密接に関連する情報を引き出すことができるようになる。その結果、学習材料の理解や解決が容易となるといえる。

一例を示そう。たとえば、小学6年生に、「水道管にせんを開いて水そうに水を入れるのに、Aのせんを開くと10分、Bのせんを開くと15分でいっぱいになります。両方のせんをいっしょに開いて水を入れると、何分でいっぱいになるでしょう。」という問題を与えて解決させるとしよう。この問題をいくつかの解決ステップに分割して、小学6年生にそれぞれの解決ステップを自己説明させる課題を与えた (Tajika, Nakatsu, Nozaki, Neumann, and Maruno, 2007)。解決過程の初期の段階で提示される解決ステップでは、たとえば「1分間では、Aのせんだけでは、水そう全体の $\frac{1}{10}$ の割合だけ水がたまります」が提示される。この内容に対して、ある児童が「10分で水がいっぱいになるから、1分では $\frac{1}{10}$ だ」と説明した場合、「10分で水がいっぱいになるから」という問題文の内容を前提にして、解決ステップの内容を推論に基づいて自己説明したことがわかる。もちろん、このような推論をすることで上記のように回答する児童の数は、小学6年生といえどもたいへん少ない。しかしながら、このような推論を働かせることは、当該の問題解決に受けて適切にスキーマを再構成した結果に基づくものであると考えられ、上述の割合問題を解決するための基本的なステップの1つとなっている。

### 3 自己説明の形態

自己説明は、今日さまざまな形態 (form) を見ることができる。提示された課題の内容を自分自身に説明する自己説明は、研究の嚆矢である Chi et al. (1989) で使用された形態のように、一般的には、大学生が例題に記述された物理の問題を理解し、その内容を自由に口頭で述べる (発話する) ものであった。

一方、Tajika et al. (2007) は、小学生を使用して自己説明させる研究を実施したことから、例題の解決ステップを問題の難易に応じて6～9つのステップに区分し、それぞれの解決ステップを小学生に自由に記述させるタイプのものを使用し

た (筆記によるこの種のタイプの自己説明を、以下では paper and pencil タイプの例題を使った自己説明と呼ぶ)。つまり、高校生や大学生に提示する例題の解決ステップを、小学生にはさらなるスモールステップの解決ステップに区分して提示したのであった。

さらに、小学生を使用しかつコンピュータ利用による自己説明の研究を実施した Tajika et al. (2012) では、小学生がコンピュータに自在に文章を記述することができないことを前提に、コンピュータ提示による解決ステップを自己説明させる形態は、コンピュータに自由に理解内容を記述させる形態ではなく、正解を含むいくつかの選択肢の中から、正解と考えられる選択肢を選択させる形態であった (コンピュータ利用によるこの種のタイプの自己説明を、以下ではコンピュータ利用による自己説明と呼ぶ)。

一般に、小学生を対象にした自己説明の研究では、学習者である小学生に直接発話を求めることが難しいことがある。そのため、小学生の場合は、十分な時間を与えることで、筆記により自己説明させたり、コンピュータ利用の自己説明のように、いくつかの選択肢のメニューから正解と考えられる自己説明を選択させることが多い。

Wylie and Chi (2014) は、マルチメディア学習環境における自己説明の研究紹介のなかで、自己説明の形態を5つに区分した。そこでは、上述した Chi et al. (1989) や Tajika et al. (2007) の研究は、自己説明の研究として一般的な形態を用いており、発話の場合も書記の場合も、何らかの制約もなく自由に表現できる自己説明 (opened self-explanation) と記述している。また、Tajika et al. (2012) に見られるような、可能な自己説明を選択肢としていくつか用意し、正しいと考える自己説明を選択肢から選択させる自己説明の形態をメニュー選択の自己説明 (menu-based self-explanation) と記述した。自己説明する際に自己説明するための手がかり (付加情報) を研究者が提示することにより、学習者の自己説明を容易に支援する手がかり (付加情報) の大小

によって自己説明の自由度をとらえたとき、つまり自己説明を手助けする手がかりあるいはプロンプト (prompt, ヒント) のある自己説明を、自由度の低い自己説明 (制約の多い自己説明) ととらえるとき、上記の2つの自己説明の形態は、自己説明の自由度から判断して両極に位置すると考えられる。

Wylie and Chi (2014) は、制約のない自己説明とメニュー選択の自己説明の間に、さらに3種類の自己説明を位置づけ、自己説明の形態を5つに区分した。それら3種類の自己説明の形態は、焦点づけられた自己説明 (focused self-explanation)、足場組みの自己説明 (scaffolded self-explanation)、そしてリソースを利用した自己説明 (resource-based self-explanation) であった。これらの形態は、自由度の程度の高いものから順番に、制約のない自己説明に続いて焦点づけられた自己説明、足場組みの自己説明、リソースを利用した自己説明、最後にメニュー選択の自己説明であった。

焦点づけられた自己説明とは、説明すべき内容を明確にするような付加情報が与えられ、付加情報を利用して当該の内容を説明させる形式の自己説明である。たとえば、van der Meij and de Jong (2011) では、多様な表象を含んだシミュレーションに基づく学習環境場面で、制約なく自由に説明させる条件群 (制約のない自己説明群) と表象間がどのように関係しているかを自己説明させる焦点づけられた自己説明群を設定している。その結果、どちらの自己説明条件群も成績は上昇したが、焦点づけられた自己説明群の学習成果の方がより高いものであった。

足場組みの自己説明とは、ある意味で穴埋め式の自己説明と考えてよい。自己説明すべき内容が学習者に与えられるが、内容の所々が空欄になっている。学習者は空欄を埋めることによって、自己説明すべき内容を満たすのである。

また、リソースを利用した自己説明とは、メニュー選択の自己説明のように、解決のステップごとに選択肢を用意するのではなく、予め自己説明のた

めの参照先をリソース (ここでは reference を意味する) として用意し、それを利用して説明すべきステップを自己説明するものである。たとえば、Aleven and Koedinger (2002) の研究では、幾何を学習する高校生を対象に、リソースを利用した自己説明群と自己説明のリソースのない統制群とを比較した。2条件群ともに、プリテストとポストテストが実施された。どちらのテストも3種類のテスト項目で構成されていた。

実験の結果、プリテストでは、3種類のテスト項目について2条件群間で違いはなかった。他方、ポストテストでは、「情報が不十分」のテスト項目と、「理由づけ」のテスト項目で違いが見られ、リソースを利用して自己説明する自己説明群がよい成績であった。「情報が不十分」のテスト項目とは、生徒が幾何問題の角度を測定するに、与えられた情報が不十分であると認知できるかどうかについてのテストであった。また、「理由づけ」のテスト項目とは、生徒が Geometry Cognitive Tutor を学習したときにおこなったのと同じように、テスト項目の理由づけを説明できるかどうかを評価するテストであった。リソースから自己説明することによって、ある意味で転移テストとして位置づけられるこれら2つのテストで、高校生は幾何の学習効果を発揮したといつてよい。

自己説明を上記のようにいくつかの形態に分類してとらえるとき、メタ認知方略としての自己説明の利用による学習効果は、自己説明の形態によってどのようであろうか。

これまでの自己説明の研究では、もっとも一般的な自己説明の形態である制限のない自由に表現できる自己説明による学習活動が、学習効果のもっとも高い形態であるように思える。制限のない自由に表現できる自己説明は、言語を比較的自由に表現できる年齢、通常は高校生や大学生を中心とした研究参加者を用いた研究で実施されてきた (たとえば、Chi, 2000)。それ故、高校生や大学生にとって、与えられた問題を自己説明するとき、例題 (worked-out example) をたとえいくつかの解決ステップに区分した場合の自己説明も含め

て、制限のない自由に発話できる自己説明は、効果的な方略として学習成果を生み出してきた。

しかしながら、小学生を対象とした研究では、問題に対して自己説明を自由に表現させることは大変難しい。2000年代初めに、小学6年生を研究参加児として、高校生や大学生におこなった場合と同様に、自己説明を発話させた研究では、たとえば当該の小学生グループとラポールを取っていたとしても、「わからない」といった回答が頻出し、自己説明の研究としての機能を果たさなかった（Tajika et al. (2007) に先立って予備的に実施された未発表の研究による）。

それ故、前述したように、小学生ではたとえ高学年といえども、paper and pencil タイプの課題を使った自己説明研究では、提示された問題の解決ステップを詳細に区分し、それぞれの解決ステップの内容が理解できるかどうかを問い、その後筆答により自己説明させることで、学習効果を生み出している（Tajika et al., 2007）。そこでは、解決ステップの内容それぞれに自己説明させるに先立ち、それぞれの内容が理解できるかどうかのメタ認知的知識を問うことを媒介し、理解できる場合も理解できない場合もそれぞれを自己説明させる手続きを含んでいた。

このような paper and pencil タイプの課題を使った自己説明研究に対し、コンピュータ利用による自己説明研究（Tajika et al., 2012）では、小学生に口頭による発話や paper and pencil タイプの課題を使った制約のない自由に表現できる自己説明ではなく、メニュー選択の自己説明であった。

paper and pencil タイプの課題を使った制約のない自由に表現できる自己説明と、コンピュータ利用によるメニュー選択の自己説明の学習効果をメタ分析によって比較したとき、小学生といえども、前者の paper and pencil タイプの課題を使った制約のない自由に表現できる自己説明の方（ただし、書記による自己説明）が効果量が多く、効果的であった（多鹿・中津・加藤・藤谷・堀田・野崎, 2015）。

## 4 授業をデザインする

メタ認知方略としての自己説明の特性を活かすことにより、自己説明を取り込んだどのような授業を構成することが可能であろうか。

自己説明のもっとも重要な特性は、学習内容の構成を促すものであった。学習者が授業を通してさまざまな知識を獲得する過程において、知識の構成活動は学習者の新たなスキーマを形成するうえで必要不可欠の活動である。それ故、学習者がこのような知識の構成活動に容易に取り組むことが可能であるように、自発的に自己説明できる学習環境をデザインすることが、授業では大切である。本研究では、自己説明を活かした学習環境として、最近のはやりであるアクティブラーニングを取り上げ、自己説明の特性を踏まえた学習環境の設定の可能性を吟味しよう。

小学校や中学校に限らず、高校や大学においても、授業活動としてアクティブラーニング（active learning：能動学習と邦訳・記述されることが多い）への取り組みを推奨した報告が散見される。アクティブラーニングは、これまでさまざまな教育研究者によって取り上げられてきた教授・学習法である。研究者により、アクティブラーニングの定義内容は多様である。しかしながら、アクティブラーニングには、文科省の用語集に見られる内容を含んだいくつかの共通した意味を見出すことができる。アクティブラーニングに共通する意味合いを吟味するに先立ち、アクティブラーニングに関する先行研究の定義をいくつか以下で見よう。

たとえば、Bonwell and Eison (1991) によれば、アクティブラーニングとは、学習者が学習材料に認知的かつ有意味に取り組むことを意味している。また、King (1993) は学習への構成主義的アプローチに従い、教師の役割は知識の伝達ではなく、ガイド役として学習者のアクティブラーニングをサポートすべきと考える。彼は、アクティブラーニングを学習すべき情報にかかわりをもつことととらえ、アクティブラーニングとは学習材

料を受動的に吸収する学習ではなく、学習材料をよく考える（分析し、統合し、評価する）ことを求める学習として定義する。さらに、Van den Bergh, Roth, and Beijaard (2014) では、アクティブラーニングを Bonwell and Eison と同様に、学習者に有意義な学習活動をなし、何をしているのかについてよく考えることを促す教授法ととらえている。なお、文科省の用語集では、アクティブラーニングとは、「教員による一方向的な講義形式の教育とは異なり、学修者の能動的な学修への参加を取り入れた教授・学習法の総称」と解説されている。

アクティブラーニングに関するこのようなさまざまな先行研究から共通に理解できることは、まず、アクティブラーニングとは、教師から情報を受容し吸収する受身の学習活動ではなく、学習者が主体的・積極的・能動的に学習にかかわることを意味している学習であることがわかる。また、アクティブラーニングが求める授業形態は、とりたてて特定されているわけではないことも指摘できるだろう。通常、アクティブラーニングは、協調学習、共同学習、問題解決学習、あるいはプロジェクト学習などの、2人あるいは多人数の集団で学習に取り組む授業形態を利用して、学習者が能動的に学習に取り組むことを促す授業形態をとることが多い (Van den Bergh et al., 2014)。しかしながら、アクティブラーニングに共通する概念から判断するとき、アクティブラーニングの授業はさまざまな形態をとることが可能であるといっていよい (Prince, 2004; Van den Bergh et al., 2014)。

アクティブラーニングのこれらの定義内容を情報処理アプローチの認知心理学のサイドからまとめ直すと、以下のように再定義できるであろう。すなわち、アクティブラーニングとは、「学習者が適切な情報に積極的に注意を向けて符号化し一貫した心的表象を作り上げ、それらを既存のスキーマに結びつけることで新たなスキーマを構成するように学習者に求める学習」といえる (Mayer (2008) も参照のこと)。

学習者が学習内容の意味をよく考えて把握し主体的に取り組むアクティブラーニングのこのような本論文の定義から、アクティブラーニングは知識の構成活動として位置づけられる自己説明を授業に取り入れることと密接に関連することがわかる。従来の講義による受動的な学習ではなく、グループによるディスカッションを取り入れた課題解決型の学習、あるいは探究型の学習等々、子どもが能動的に授業に参画できる学習形態を一般に強調しているアクティブラーニングのとらえ方は、個々の学習者が学習内容を説明するという自己説明を取り入れた学習とまったく異なるアプローチのように考えられる（もちろん、自己説明を取り入れた研究には、個人の学習だけに限定されない研究も多数ある (Chi & Wylie, 2014; Fonseca & Chi, 2011)）。

しかしながら、上述した情報処理アプローチの認知心理学サイドのアクティブラーニングの定義から判断すると、アクティブラーニングは、グループによる学習か個人による学習か、あるいは課題解決型の学習か講義による学習かといった授業形態の違いではなく、学習への能動的な取り組みに学習の主眼が置かれている。学習への能動的な取り組みとは、学習に取り組む姿勢が能動的・積極的であるというよりも、学習内容の意味を適切に理解して新たなスキーマを積極的に構成するという心的活動の積極性として理解する方がより適切であると考えられる。アクティブラーニングをこのようにとらえると、自己説明はアクティブラーニングと密接にかかわる学習活動であることが理解できる。

通常の講義による授業に自己説明を取り入れることで、アクティブラーニングが可能である。学習者が課題に能動的に取り組む、新たな知識を既存のスキーマに取り込んで再構成するとき、学習者個人の学習への取り組みは、アクティブラーニングそのものである。自己説明を授業のなかに効果的に組み込むためには、自己説明が個々ばらばらの知識を統合して新たな知識を構成する活動であることから、自己説明を促すための例題をどの

ように構成するのが、アクティブラーニングを成立させる鍵となる。

たとえば、小学校の高学年の児童に対して算数の文章題解決の学習時に自己説明を導入した Tajika et al. (2007) の研究では、例題は多くの解決ステップで構成され、学習者はそのひとつひとつの解決ステップに書かれている内容が理解できるかどうかをたずねられ、理解できる場合にはどういう意味であるのかを説明し、理解できない場合にはどこが理解できないのかを説明するように構成されていた。また、コンピュータを利用して小学生高学年の児童に自己説明させた Tajika et al. (2012) の研究では、コンピュータに提示された例題の各解決ステップに対して、当該の説明として3つ程度の選択肢が用意され、学習者は説明として正しいと思う選択肢を選択するように構成されている。

このように、児童が例題の解決ステップのひとつひとつに対して容易に説明できるように例題が工夫されるとき、自己説明による学習効果が期待できる。実際、自己説明による学習効果を示す目安であるメタ分析の効果量は、Tajika et al. (2007) では6年生で  $d = 1.80$ 、縦断研究をおこなった Tajika et al. (2012) では5年生で  $d = .32$ 、6年生では  $d = .60$  といった値を示した（多鹿ほか, 2015）。これらの結果は、効果量に多少の違いが認められるが、どの効果量も中程度以上の効果を示している。それ故、自己説明を含めた算数文章題解決を実施することが、児童の文章題解決にとって効果的であるといっていよう。

ただ、算数の授業への自己説明の導入に関して、一方で概念的な知識を使って自己説明させても、それほど効果的でなかったという報告もある (Matthews & Little-Johnson, 2009)。Matthews and Little-Johnson は、小学2年生から5年生の児童に2つの実験を実施し、教示のタイプ(概念の教示と手続きの教示)によって、自己説明の質や学習結果がどのような影響されるかを、算数等価問題（たとえば、 $7 + 3 + 9 = 7 + \underline{\quad}$ ）を解決させることで明らかにしようとした。

実験1では、概念の教示と手続きの教示を操作したところ、概念の教示は質の高い説明を生み出した。また、実験2で概念の教示の後で自己説明の手がかりが効果的かどうか、つまり自己説明群と自己説明を与えない統制群の成績を比較することで、自己説明の手がかりの効果を吟味した。自己説明群には、等号とはどのような意味かといった一般的な原理に関する概念的な知識を説明したのちに、それらを使って正しい解決と間違った解決を自己説明させる手がかりを与えた（前述した焦点づけられた自己説明ととらえることができる）。統制群は一般的な原理の説明のみであり、自己説明の手がかりは与えなかった。その結果、自己説明させるという手がかりの効果は見られなかった。この結果は、自己説明を授業に組み込んでも必ずしも効果的とならないケースである。

Matthews and Little-Johnson (2009) の結果は、一般的な原理の学習などの概念的な知識をわざわざ自己説明するように教示されなくとも、統制群の児童は潜在的に自己説明することで学習効果が見られなかったかは明確にされていない。

ともあれ、これまで吟味してきたように、自己説明の取り組みは、メタ認知の活性化とつながりをもった効果的な方略として、一般的には授業場面において能動的な取り組みを可能にする効果をもつといえる。Tajika et al. (2007) の研究結果に見られるように、例題が理解できたかどうかをまず問い、理解したかどうかのそれぞれの回答に対して説明を求めることは、学習者のメタ認知を活性化することに他ならず、結果的に学習への取り組みの質を高めることに結びつく。自己説明によるメタ認知の活性化は、学習者自身のもつ既存のスキーマと当該の問題から導かれた知識を統合して、新たなスキーマを構成する橋渡しとなる。その結果、たとえ解決ステップが説明できなくとも、どこが理解できなかったかの理解は深まることとなり、その後の問題解決に生かせる可能性が高くなるだろう。

ところで、Chi らはアクティブラーニングの成果を高める認知的な取り組み (cognitive



engagement) を系統だて、ICAP (Interactive, Constructive, Active, and Passive の頭文字) と呼ばれる枠組み提案した (Chi & Wylie, 2014; Chiu & Chi, 2014; Fonseca & Chi, 2011; Wylie & Chi, 2014)。ICAP の枠組みは、認知的な取り組みとして、低次から高次への取り組みの順に、受け身の取り組み (passive)、能動的な取り組み (active)、構成的な取り組み (constructive)、そして相互作用による取り組み (interactive) の4種の取り組みを考慮し、それらをアクティブラーニングの結果と結びつけて教室の学習を理解しようとするものである。

受け身の取り組みとはもっとも低次の認知的活動であり、学習材料を受動的に貯蔵し必要に応じて再現するだけの活動である。能動的な取り組みとは、学習材料を反復したり復唱することで積極的にスキーマに取り入れる活動である。構成的な取り組みとは、自己説明に見られるように、学習材料に積極的にかかわることで、学習内容をスキーマに取り入れるだけでなく、推論を使い自分の言葉を補うことで知識のずれを修正する活動でもある。最後の相互作用による取り組みとは、上記の知識の構成活動と同じ認知処理をおこなうが、複数の学習者による積極的な相互作用による社会的活動といえるものである。このような ICAP の枠組みに従えば、教室学習の中で、知識の構成を促す取り組みである構成活動や複数の学習者による相互作用活動を取り入れることによって、学習者のアクティブラーニングを促進した結果が容易に説明される。

## 5 結論と今後の課題

文章の理解や算数文章題の解決をはじめ、一般に問題解決課題として提示された学習内容を理解するために、学習者が自分自身に分かるように説明する積極的な学習活動として位置づけることができる自己説明のもっとも重要な特性は、学習内容の構成を促すものであった。学習者が授業をはじめとする知識の獲得過程においてさまざまな知

識を構成する活動は、学習者のスキーマを形成するうえで必要不可欠の活動である。構成活動によって学習者が自身のスキーマをより堅固な体制化された新たな形態に組み替えることにより、単に類似の学習内容だけでなく、さまざまな転移課題に対しても、柔軟に対応できることはよく知られた事実である (たとえば, Mayer, 2011)。

また、構成活動としての自己説明には、さまざまな形態がある。一般的によく利用される何らかの制約もなく自由に表現できる自己説明から、コンピュータ利用で使用されるような、可能な自己説明を選択肢としていくつか用意し、正しいと考える自己説明を選択肢から選択させるメニュー選択の自己説明まで多様である。しかしながら、どのような自己説明の形態を取ろうとも、基本的にメタ認知の働きが含まれており、自己説明には学習内容を適切に処理するための内省的なモニタリングとコントロールの活動を必要とする。

さらに、自己説明は、成績の上昇を目指した認知方略というよりも、学習内容の意味を求め、理解を深めるメタ認知方略である。自己説明による学習効果は、理解を深めて課題を処理した結果のものである。メタ認知方略としての自己説明を核にして、学習者の内省的なモニタリングとコントロールを引き出す授業を展開することは、アクティブラーニングを展開することと同義であるといえる。

今後の課題として、自己説明を核にした授業を具体的にデザインすることを指摘することができる。Tajika et al. (2007) や Tajika et al. (2012) は、授業の中の一場面の資料に過ぎない。たとえば算数のある単元を通して、各時間に自己説明を組み込んだ授業を展開することが求められる。

## 6 引用文献

- Ainsworth, S., & Loizou, A. (2003). The effects of self-explaining when learning with text or diagrams. *Cognitive Science*, 27, 669-681.  
 Aleven, V.A., & Koedinger, K.R. (2002). An

- effective metacognitive strategy: Learning by doing and explaining with a computer-based cognitive tutor. *Cognitive Science*, 26, 147-179.
- 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.
- Bonwell, C.C., & Eison, J.A. (1991). *Active learning: Creating excitement in the classroom* (ASHE-ERIC Higher Education Rep. No. 1). Washington, DC: School of Education and Human Development, George Washington University.
- Brown, A.L., Bransford, J.D., Ferrara, R.A., & Campione, J.C. (1983). Learning, remembering, and understanding. In J.H.Flavell & E.M.Markman (Eds.), *Cognitive development*. Volume 3 of the Handbook of child psychology (4th ed., pp. 77-166). Editor-in-Chief: P.H.Mussen. New York: Wiley.
- 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., & Wylie, R. (2014). The ICAP framework: Linking cognitive engagement to active learning outcomes. *Educational Psychologist*, 49, 219-243.
- Chiu, J.L., & Chi, M.T.H. (2014). Supporting self-explanation in the classroom. In V.A.Benassi, C.E.Overson, & C.M.Hakala (Eds.), *Applying science of learning in education: Infusing psychological science into the classroom* (pp. 91-103.). Retrieved from the Society for the Teaching of Psychology web site: <http://teachpsych.org/ebooks/asle2014/index.php>.
- Conati, C., & VanLehn, K. (2000). Toward computer-based support of meta-cognitive skills: A computational framework to coach self-explanation. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 11, 389-415.
- Fonseca, B.A., & Chi, M.T.H. (2011). Instruction based on self-explanation. In R.E.Mayer & P.A.Alexander (Eds.), *Handbook of research on learning and instruction* (pp. 296-321). New York: Routledge.
- King, A. (1993). From sage on the stage to guide on the side. *College Teaching*, 41, 30-35.
- Matthews, P., & Rittle-Johnson, B. (2009). In pursuit of knowledge: Comparing self-explanations, concepts, and procedures as pedagogical tools. *Journal of Experimental Child Psychology*, 104, 1-21.
- Mayer, R.E. (2008). *Learning and instruction* (2nd ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall.
- Mayer, R. E. (2011). *Applying the science of learning*. Upper Saddle River, NJ: Pearson.
- 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.

- Nathan, M., Mertz, K., & Ryan, R. (1994). Learning through self-explanation of mathematics examples: Effects of cognitive load. Presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association.
- Prince, M. (2004). Does active learning work?: A review of the research. *Journal of Engineering Education*, 93, 223-231.
- 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・中津栢男 (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・中津栢男・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, 97-108.
- 多鹿秀継・中津栢男・加藤久恵・藤谷智子・堀田千絵・野崎浩成 (2015). 児童の算数問題解決を育むメタ認知方略の吟味 神戸親和女子大学研究論叢, 48, 1-10.
- 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.
- 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.
- Van den Bergh, L., Ros, A., & Beijaard, D. (2014). Improving teacher feedback during active learning: Effects of a professional development program. *American Educational Research Journal*, 51, 772-809.
- van der Meij, J., & de Jong, T. (2011). The effects of directive self-explanation prompts to support active processing of multiple representations in a simulation-based learning environment. *Journal of Computer Assisted Learning*, 27, 411-423.
- Wylie, R., & Chi, M.T.H. (2014). The self-explanation principle in multimedia learning. In R.E.Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (2nd ed., pp. 413-432). New York: Cambridge University Press.

## 7 付記

本研究は、2015年度（平成27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