

認知カウンセリングによる一次方程式の文章題解決へ向けての 個別学習援助

山田恭子・岡 直樹・木船憲幸

Individual study support for a child with problem setting up a simple equation by cognitive
counseling

Kyoko Yamada, Naoki Oka, Noriyuki Kifune

文章題から一次方程式を立式し、正確に解くというプロセスを身につけること、自己調整学習を身につけること、学習意欲を高い状態で維持することを目標とした個別学習援助を行った。クライアントは中学3年生の女子で、文章題が解決できないという問題を持っていた。援助は5ヶ月間、週に1度のペースで15回行った。また、全体を通して、ワーキングメモリ容量、脱文脈化、自己調整学習の枠組みに基づいた援助を行った。具体的には、クライアントのワーキングメモリ容量を測定し、その容量を効率的に使えるような援助を行ったり、一つの情報を様々な場面で再生させることで知識の定着と応用ができるような援助を行ったり、常に自分の状態をモニタリングして、コントロールする視点を持つような援助を行ったりした。その結果、クライアントを文章題解決のプロセスと自己調整学習方略を身に付けつつある状態に導くことができた。また、学習意欲については、高い状態で維持されていた。このことから自己調整学習方略を実行する準備はできていると考えられる。今後は、より自発的に自己調整学習ができるような援助を行うことが必要であろう。

キーワード：認知カウンセリング、自己調整学習、ワーキングメモリ、脱文脈化、学習意欲

一般的な学校では、教師1名がクラス全体の児童・生徒に向かって一斉に授業を行っている。しかし、子どもたちはひとりひとり異なった特性を持っている。そこで今、個性に応じた指導が注目を集めている。学習者の個性に応じた指導については小学校学習指導要領においても“児童の心身の発達の段階や特性を十分考慮して適切な教育課程を編成する”と記述され、その重要性が主張されている。

個に応じた指導を行うために、指導者は学習者の性格、持っている知識、認知スタイル、やる気、自分への期待などを観察し、把握することが必要となる。一般的な一斉授業においてもこの姿勢は

重要であるが、学習者ひとりひとりの個性に応じた指導を行っていくことは困難だろう。そこで学習者に対してきめ細かい指導を行うために、認知カウンセリング (cognitive counseling) という取り組みが行われている。認知カウンセリングとは、「何々がわからなくて困っている」という認知的な問題を抱える学習者 (クライアント) に対して、個人的な面接を通じて原因を探り、解決の援助を与えるものである (市川, 1993)。認知カウンセリングにおいて重要なのは、カウンセラー (指導者) はクライアントの相談に答えるだけの単なる学習者補助者ではなく、クライアントが自立した学習者になれるように援助することである。

自立した学習者とはどのような学習者であろうか。中央教育審議会 (1996) によると、現在の学校教育では、“自ら課題を見つけ、自ら学び、自ら考え、主体的に判断し、行動し、よりよく問題を解決する”ことが重要であるとされている。このような学習の背景にある理論として近年注目されているのが自己調整学習 (self-regulated learning) の概念である。Zimmerman (1986, 1989) によると、自己調整とは、学習者が、メタ認知、動機づけ、行動において自分自身の学習過程に能動的に関わっていることと定義づけられている。ここでいうメタ認知 (meta-cognition) とは、認知機能の状態をモニタリングし、コントロールするメカニズムである。自己調整学習のプロセスは予見、遂行、自己省察の3段階で構成されている循環的なプロセスである (Shunk & Zimmerman, 1998 塚野訳 2007)。それぞれの段階でのメタ認知の役割を見てみると、予見の段階では、目の前の課題がどの程度困難であるか、達成できそうかどうかをモニタリングし、目標を設定し、目標へ向けた計画を立てる。遂行の段階では計画に応じた学習方略を実行する。その進み具合をモニタリングし、方略の修正が必要ならば、修正を行う (コントロール)。自己省察の段階では、自分が立てた目標がどの程度達成されたか自己評価 (モニタリング) し、得られた結果の原因を考える。そして自己評価と原因帰属の結果を次の予見に反映して、新しい目標を立て、計画を実行する (コントロール)。この循環プロセスをうまく回すことができれば、学習者は自分で課題を見つけ、問題を解決し、自らを評価し、さらに新しい課題を見つけることができるようになる。つまり、自己調整学習とは、学習者が自分自身の状態をモニタリングし、コントロールすることにより、自立して学習を行うことといえるだろう。また、このような循環プロセスを行うためには、学習者が常にやる気を持つておくことが必要である。自分の現在の状況と目標とのギャップを感じることで、計画が立つ。これによって初めて循環プロセスは回り始めると考えられる。

本稿では広島大学大学院教育学研究科附属教育実践総合センター開設の学校心理教育援助室「にこにこルーム」で実施されている心理教育的援助活動の一事例を報告する。本事例におけるクライアントは、アセスメントの結果から、文字式、方程式に関する知識の習得が不十分であること、文章題解決が困難であること、家庭で学習をしているのに成績が伸び悩んでいること等の問題があることがわかった。また、学習意欲は比較的高いことがわかった。そのため、第一著者がカウンセラーとして、文章題から一次方程式を立式し、正確に解くというプロセスを身につけること、自己調整学習方略を身につけさせること、学習意欲を高いまま維持もしくは上昇させることを目標として援助を行った。

心理教育的援助の概要

クライアント

本事例のクライアントは中学3年生の女兒Aであった。教育援助開始時におけるAの学習上の問題を以下に示した。

- (1) 文字式の基礎的な知識が不十分である
- (2) 文字式の計算スキルの習得が不十分である
- (3) 計算時に途中経過を書かないためのミスが目立つ
- (4) 方程式の文章題から立式ができない

また、学習意欲や自己効力感は比較的高いが、家庭で学習に取り組んでいるにも関わらず成績が伸び悩んでいた。

心理教育的援助の流れ

心理教育援助の期間は200X年11月—200X+1年3月であり、週に1度15回実施した。内訳は、初回テスト1回(数学テスト、数学に対する質問紙)、学習援助13回、事後評価1回(数学に対する質問紙、面接)であった。1回70分で、数学の学習60分、保護者への報告10分という構成であった。

カウンセリング前期では、文字式の計算問題と基本的な知識の確認を中心に行った。中期では、様々な数量を文字を使って表す問題を導入し、文章題から方程式を立式する準備段階とした。同時に、ここまで学んだ文字式や方程式の知識のまとめを行った。後期では、方程式の文章題を解く手順を確認し、習得させるための援助を行った。中期以降では、課題に際し、どのような知識を使って、どのように解くのかを初めに計画し、自分の成果を評価するというメタ認知的な視点を持つよう援助した。計算問題の援助は前期から中期にかけて、文章題の準備および文章題の援助は中期から後期にかけて行った。なお、毎回最後には振り返りを行わせた。これが自己評価にあたる。その内容は、「どのくらいがんばったか」「同じような問題が出たら解けそうか」「新しくわかったことは何か」「わからなかったことは何か、なぜわからなかったのか」「来週の自分には何をがんばってほしいか」というものであった。

心理教育的アセスメントの方法と結果

アセスメントの方法

Aの数学理解状況と、自己効力感、学習意欲、学習の思考過程をどのくらい重要視しているかという点に焦点を当ててアセスメントを行った。具体的には、初回時において数学テスト(以下、初回数学テストとする)を実施し、その解答を調べた。同じく初回時には数学に対する質問紙も実施し、自己効力感、数学への学習意欲、学習の思考過程をどのくらい重要視しているかということについても調べた。また、第1,2回カウンセリングにおいてAの苦手意識、目標についても尋ねた。

アセスメントの結果

初回数学テスト 中学3年生の前期までの学習内容を範囲としたテストを実施した。出題内容と結果をTable 1に示した。

Table 1
初回数学テストの結果

		問題数	正解数
計算問題	文字式の計算	5	4
	根号の計算	5	2
	因数分解	5	3
	方程式を解く	5	3
	式の値を求める	1	0
	根号の大きさ比較	1	0
	2次方程式を解く	1	0
文章題	式	4	0
	答え	4	1

全体では正答率は42%であった。テストを行った結果、Aは計算問題の途中計算をほとんど書かないことがわかった。そのため、文字式の計算のためのスキルや基礎知識が十分に身についているのかわからない。また、文章題には苦手意識を持っていることが明確になった。正答を得た問題においても、式は一切書かず、書かれた図から答えを導き出したようであった。本人、母親からも「文章題を解けるようになりたいが、何から手をつけていいのかわからない」という報告があった。

数学に対する質問紙 数学に対する質問紙は、自己効力感に関する質問項目5項目、学習意欲に関する質問項目8項目、学習の思考過程の重視の程度に関する質問項目8項目の計21項目で構成されたものを使用した。各項目に対して、1:いつも(すごく)そうである、2:ときどき(わりと)そうである、3:たまに(少し)そうである、4:ほとんどそうでないの4段階評定を行わせた。集計方法は、1を3点、2を2点、3を1点、4を0点(逆転項目の場合は、1が0点、4が3点となる)に換算し、得点化した。つまり、得点が高いほどポジティブな結果であるといえる。

集計の結果、自己効力感に関する質問項目の平均点は2.0点、学習意欲に関する質問項目の平均点は2.25点、学習の思考過程の重視の程度に関する質問項目の平均点は1.5点であった。この結果から、自己効力感と学習意欲は比較的高いことがわかった。学習の思考過程については、テストでは途中の答えがあっているかが気になる、なぜそうなるか分からなくても答えがあっていればそれでいいと思うなど、思考過程よりも答えを重視する姿勢が見られた。この姿勢はテスト場面において顕著になっていると考えられる。その一方で、別の解法を探したり、考え方があっているかも大切であるという意識も持っていることが明らかになった。

第1,2回カウンセリング 第1,2回カウンセリングにおいては、初回数学テストの結果に基づき、問題の特定を行った。文字式の計算を課したところ、分数が含まれている問題、割り算が含まれている問題において、分数の割り算では割る数を逆数にするなど、基本的な計算スキルの習得が不十分である可能性が示された。また、文字式の基本的な知識(係数、項など)についての問いには回

答できず、基本的な知識も身につけていないことが示された。さらに、先述したように途中計算は一切書かずに計算を行っていた。

母親は、家でのAの学習の様子を、「やりはじめたらちゃんとやる」と言っていた。実際、Aは課題が呈示されるとスムーズに課題に取り組み、カウンセリング中に他へ注意を向けることもなかった。

アセスメントのまとめ

アセスメントに基づき、Aの問題点を以下のように分析した。まず、学習面の問題としては、文字式の計算の基本的なルールやスキル、基本的な知識を十分に習得していないことが挙げられる。また途中計算を書かないためのミスもある。このような基礎が習得できていないと、仮に文章題において式が立式できたとしても、最終的に誤った答えを導いてしまう。また、文章題に関しては、本人、母親の主訴と初回数学テストの結果から、何をどうしたらよいのかわからない状態にあると考えられる。

次に、Aは自己効力感、学習意欲ともに高いが、成績が伸び悩んでいることがわかった。Aは、やる気はあるし、やれる自信もあるが、どのように学習を進めたらよいのか、適切な方略が見つからない状態にあると考えられる。これは、カウンセリング開始時が、適切な学習方略を発見し、身につけ、実行するよいタイミングであると考えられる。

心理教育的援助の方針と計画

アセスメントにより、Aは文字式の基本的な知識と計算スキルの習得と、文章題解決が必要であると判断した。援助の目標は以下の3点である。第一に、文章題から一次方程式を立式し、正確に解くというプロセスを身につけることを目標とした。第二に、この援助を通じて自己調整学習方略を身につけさせることを目標とした。第三に、初回の段階で学習意欲が高いので、これを維持もしくは上昇させることを目標とした。

第一の目標を達成するために、文章題の問題解決のための4つの過程である、変換、統合、プラン化、実行 (Mayer, Tajika, & Stanley, 1991) に沿った援助を行うこととした。具体的な計画としては、まず、立てられた式の計算を実行する過程である実行過程を確実にを行うために、カウンセリングの初期段階から文字式の計算を行う。併せて文字式に関する基本的な知識の確認と習得を行う。次に、問題文の個々の文を読んで、その意味を理解する過程である変換過程に当たる援助を行う。ここでは、1文呈示し、そのからどのような式が立てられるかを考える。統合過程では、文章題の内容に関する知識を用いて、解決に必要な情報を選択し、まとめる。ここでは、変換した様々な情報を、解決に必要な情報かどうか判断し、整理する。続くプラン化過程では、適切な方略を選択し、正解を得るための数式を作る。ここでは、問題文中の等しい関係を見つけ方程式を立式する。そして最後にこの式を解くのである。また、文章題を解決するときには、文字式や方程式の特徴や基礎知識が多く出てくる。それを様々な文脈化で経験することによって、特定の場面だけではなく、様々な場面において応用可能にするよう援助した。これは脱文脈化 (decontextualization) の考えに基づいていた援助である。脱文脈化とは、特定の場面において得た情報を様々な場面において経験するこ

とにより、様々な場面で応用可能な一般的な知識として定着させていくことである (Smith, 1994)。

第二の目標を達成するためには、課題を行う前、課題を遂行中、課題終了後には、常に自分をモニタリングし、コントロールするメタ認知的な視点を持たせることを重視した。そのために課題を行う前には、課題に必要な知識や解法をまず考える。課題を遂行中には、今用いている知識や解法に修正が必要ではないか考え、必要ならば修正する。最後にどのようにして問題を解いたか、解いた手順に従って説明をする。もし解答が誤りであった場合には、なぜ誤ったのかを確認する。また各カウンセリングの最後には「何が新しくわかったのか」「わからなかったことは何か。なぜわからなかったのか」「次回の自分には何をがんばってほしいか」など質問を行った。これは認知カウンセリングにおける手法の1つである教訓帰納に基づいた質問である。教訓帰納とは、この課題をやってみたことで何がわかったのかという教訓を引き出すことである (市川, 1993)。このことによって、メタ認知的視点が促進されると考えられる。

第三の目標を達成するためには、A が正しい答え、正しい考え方を答えた場合や、自ら積極的に課題に取り組んだ際には、しっかりと褒めた。

また、全体に渡る援助の枠組みは以下のように計画した。まず、ワーキングメモリ容量に注目した援助を行った。これはスーパーバイズに基づき採用した。ワーキングメモリとは、入力された情報を保持する機能と情報を処理する機能を持つ記憶システムである。このワーキングメモリの容量には個人差があることが知られている (Daneman & Carpenter, 1980)。A のワーキングメモリ容量を測定するために、音声呈示された数ケタの数字を逆から再生していく逆唱課題を行った。逆唱課題では、音声呈示された数字の情報を保持しつつ、再生という処理を行わなくてはならない。A のワーキングメモリ容量を測定したところ、逆唱できたのは3.5ケタであった。この結果から、A はワーキングメモリ容量が少ないことが明らかになった。このことを考慮すると、計算問題では、計算が済んだ情報を保持しつつ、次の計算を行うことは困難であるといえる。そのため、途中計算を書かせることとした。また、文章題の場合は、図の利用は最小限に抑えることとした。一般的に図を書かせることは文章の理解を促進するため有効であると考えられている (例えば、市川, 1988)。確かに図を書くことは、文章で示されていることを一目でわかるように表現できるため、有効だろう。しかしながら、ワーキングメモリ容量に制限があることから考えると、文章、図、立式を同時に行うことは必ずしも有効とは言い切れない。そこで、A に図を利用するよう指導するのではなく、部分的な利用に抑えることとした。

次に、脱文脈化の考えに基づく援助である。人間の記憶には、いつ、どこで、といった文脈情報が付随しているエピソード記憶と、一般的な知識に当たる意味記憶がある。意味記憶には、いつ、どこで、といった文脈情報は付随していない。人の記憶は学習した当初はエピソード記憶であると考えられる。例えば、「昨日、教科書の100ページの右隅に書いてあったのを見た」ことは覚えているのに、肝心の情報が出てこない場合には、その情報はエピソード記憶にとどまっているのである。この情報を文脈情報がなくても検索できるようにしなくては、特定の文脈下でしか利用できない情報のままとなり、知識とはいえないであろう。Smith (1994) によると、様々な文脈下で同一情報を学習すると、情報の検索が文脈に依存しなくなり、エピソード記憶は意味記憶に転換するとい

う。そこで、1度学習した情報を異なる形で再生させたり、見た目のことなる文章題を解いたりするなど、様々な場面を設定し、エピソード記憶にとどまっている記憶を意味記憶として定着させ、様々な場面で応用可能にすることを旨とする。

最後に、自己調整学習の手続きの呈示である。自己調整学習を進めるためには、やる気が必要である。Aは学習意欲、自己効力感ともに決して低くはないのに、成績が伸び悩んでいる。また、母親からも、家では勉強をしているという報告を受けた。そのため、Aは効果的な学習方略を獲得していないと考えられる。そのため、自己調整学習はどのようにやるのかということを知得することが必要であろう。もし習得できたとしたら、学習意欲、自己効力感ともに高いので、効果的に自己調整学習が行えるようになると考えられる。以上の目標、枠組みを踏まえて援助を行っていった。

心理教育的援助の経過の概要

計算問題

前期 (第1回—第3回): 文字式の計算方法の確認、注意すべき点の意識化 前期では、文字式の四則演算を行い、文字式の計算のルール、文字式の基本的な知識が獲得できているかを確認した。文字式の足し算、引き算では、ミスはなかった。しかしながら、途中計算を一切書かないため、どのような手順で計算をしたのかが分からなかった。基礎知識を確認するために、途中計算を書くよう指示したところ、計算過程に問題はなかった。ただし、 $13a$ のような塊を何と呼ぶかという文字式の基礎知識を確認したところ、答えられなかった。また文字の前の数字 (この場合 13) の呼び名も答えられなかった。このことから、正しい手順で計算はできるが、なぜそのような方法をとるのかということが曖昧であることがわかった。

次に文字式の掛け算、割り算では、分数を含む計算問題でミスをする傾向がみられた。例えば、割り算の割る数が分数である場合には、逆数にして掛けるという解法が一般的であるが、Aは逆数にした後、“÷”の記号を残していた。実際には逆数にして掛けているのであるが、式としては成り立たない。また、逆数にした場合の文字が分子につくのか分母につくのかが曖昧であった (Figure 1)。

$$\begin{aligned} & (3ab+9b^2) \div \frac{3}{4} b \\ = & (3ab+9b^2) \div \frac{4}{3} b \\ = & 4ab^2+12b \end{aligned}$$

Figure 1. クライエントの分数の割り算を含む文字式の計算方法の例

$3ab$ はまず3で割り、 ab と $4b$ を掛けている。 $9b^2$ は $3b$ で割り、3と $4b$ を掛けている。つまり、 b は分母にも分子にもついている。

以上のような現象の原因として、(1) 分数の割り算の時には、分数を逆数にして掛けるという基本的な方法が身につけていない、(2) 係数と文字の関係についてなど、基本的な知識の習得が不十分である、(3) 等号の意味を理解しておらず、ただ漠然と書いていることが考えられる。以上の問題点については、まず教科書を確認し、類似した問題を解き、なぜそのような結果になるのかを確認した。例えば、係数と文字の関係と逆数については、数字のみの式で構造を理解した後に、文字を使った式を呈示し、理解を図った。その後同様の問題を解き、知識の定着を図った。以上のこととスーパーバイズを踏まえ、中期には計算のルールと文字式に関する知識のまとめの回を設けることとした。

途中計算については、数字の逆唱課題を実施し、多くの数字を一度に覚えることや、数字を覚えておきながら他の課題を行うことがいかに困難であるかを実感してもらった。それを踏まえて、計算した結果を忘れないためのメモとして途中計算を行い記録するよう援助した。認知的な負荷を減らすために外部記憶装置を利用することは有効であると考えられている(村山, 1995)。計算を行う際の外部記憶装置は途中計算のメモである。これによって、どこまで計算したのかということや、計算の結果を保持しつつ計算する必要がなくなる。その結果、計算という処理だけに注意を向けることができるようになり、より正確な計算が行えるであろう。Aはこの援助の後から、途中計算を書くようになり、計算ミスをするのが少なくなった。

中期(第4回—第8回): 文字式の計算方法、基礎知識のまとめとメタ認知的視点の導入 前期に続いて分数の掛け算と割り算を含む文字式の計算課題を進めていった。Aはここまで計算の確かめをしなかった。「どうやって確かめをするの?」と質問したところ、Aは「もう1度計算する」と答えた。解答が間違っているものをもう一度計算してみたが、同じ解答になった。これを踏まえて「同じ人が同じ事を繰り返しやると、同じ間違いをしてしまうみたいだね。他の方法を考えよう」と確かめの方法をともに考えた。

まず、等号で結ばれた右辺と左辺の値は見た目が違っていても等しいことを確認した。そのうえで、「この x に1を代入してもいい? 100は?」と聞くと「どっちもいい」と答えた。その理由を問うと、Aは「 x には何を入れてもいいから」と説明した。そこで元の式と計算の結果にある文字に1, 2などの簡単な整数を代入させた。その結果、左辺と右辺の値が同じになることを確認し、これを文字式の計算の確認方法とした。その後、クライアントはこの方法を実践するようになり、計算ミスも減った。「どうしてこの方法で計算の確認ができるの?」と何度か聞いたところ「文字に数字が代入できて、=の右と左は同じだから」と説明することができた。このことは、文字式の特徴を、「その特徴は何か」と直接的に聞かれる場面だけでなく、計算の確かめという異なる場面においても応用できたことを示す。よって、文字式の基本的な知識の獲得が進んでいると考えられる。

第7回カウンセリングでは、計算問題を通して獲得した知識のまとめを行った。まとめの内容は、なぜ文字を使うのかという文字式の基礎知識から、文字を含んだ式の計算ルールに加えて、数字のみの計算のルールも含まれていた。これらの内容を用紙にまとめた。このまとめ用紙は、ただ知識の羅列にならないように工夫した。例えば、数字のみの計算のルールが文字式を計算するルールを支えていることなど、そのつながりを示すようにした。知識はネットワーク状になっている(Collins

& Loftus, 1975) という考えを応用したものである。今後、わからなくなったときにはまとめ用紙を振り返るよう指導した。この援助は、わからないときには、自分でそのヒントとなるものを探すという姿勢を身につけさせることを目的としている。まとめ用紙を作成した後、知識の定着のために、計算のルールに従って実際に計算を行った。その際に「今から使うのはどれとどれの知識か」「どのような方法を用いて解くのか」というように、まとめ用紙にある知識を指摘させた。この方法によって、課題にいきなり取り組むのではなく、見通しを立てることができるよう援助した。また、解答が間違っていた場合には、なぜ間違ったのかを考えさせ、どの知識が足りなかったのか、どの知識を用いれば間違わなくなるのかということも考えさせた。この方法は第8回カウンセリングの計算問題、その後の方程式を解くときにも必ず実行させた。まとめ用紙作成後数回のカウンセリングでは、まとめ用紙を傍らに置き、わからなくなったらすぐ振り返りをさせた。しかしながら、常にまとめ用紙を見ることはできない。そのため、カウンセリング終盤には、見通しを立てるときや振り返りをするときには、まとめ用紙を見ずに、自分の言葉で見通しを立て、振り返りをさせるようにした。この援助を通して、メタ認知的な視点の獲得を目指した。

文章題

中期 (第3回—第7回): 様々な数量を文字を使って表す, 文字式と方程式の性質の理解 文章題については初回数学テストで正答率が低く, かつ学校で実施された習熟度テストにおいても, 文字を使って数量を表す時点でつまづいていた。そこで, 様々な数量を文字を使って表すことから援助を開始した。これは, 文章題解決過程の第1段階である, 問題の変換過程に当たると考えられる。具体的には, 引き算, 掛け算, 割り算の式を文字と数字で表す課題を行った。例えば, 「1mが50円のひもを x m 買いました。このときの代金はいくらですか」という問題である。この問題には50 x 円と正しく答えることができた。しかしながら, 「全部で x 人いるクラスで2人欠席しました。出席した人は何人ですか」という問題には, $-2x$ 人と解答した。その理由の説明を求めると, 全部で x 人のクラスで2人休んだから・・・」と説明したところで, $x-2$ 人と正しい解答を答えた。そこで, x に具体的な数字を代入していった。「全部で40人のクラスで, 2人休んだら何人ですか?」と問うと, 「38人」と答えた。「全部で35人のクラスの場合は?」と問うと, 「33人」と答えた。「どうやって求めたの?」と聞くと, 「全部で35人で2人いないから, $35-2$ をした。」と答えた。「じゃあ全部で x 人いるクラスで2人休んだら?」と聞くと「 $x-2$ 」と答えることができた。このことから, Aは数字の代わりに文字を使うということはわかっているが, その手続きを実行することが困難であると考えられる。そこで, 続くカウンセリングで, なぜ文字を使うのかということを考え, 手続きを実行することの助けにすることとした。

なぜ文字を使うのかということを理解するために, 「じゃんけんに勝つと, アメが3個もらえます。Bちゃんは x 回勝ちました。Bちゃんがもらったアメの数は何個ですか」という問題を使った。この問題の x に具体的な数値を代入し, 法則を考えさせた (Table 2)。ここからクライアントはアメの数を求めるためには, 「勝った回数」に「1回勝ってもらったアメの数」を「かける」ことが必要であることを見出した (鍵カッコ内はクライアントの回答)。この法則が導き出せたところで, 「勝った回数がわからなかったらどうする?」と聞いたところ, 「 x に3をかける」と答えた。「なぜ x

Table 2

文字を使って表す理由を考えるために使用した表

Aちゃんが勝った回数	アメの数を求める式	もらったアメの数
1	1×3	3
2	2×3	6
3	3×3	9
4	4×3	12
5	5×3	15
.	.	.
.	.	.
.	.	.
20	20×3	60

Note. アメの数を求める式、もらったアメの数の列にある数式および数字はクライアントの書いた答え

を使うの？」と聞くと「どんな数字が入ってもいいように」と答えた。そしてAは文字を使う理由を「数字が分からない時にかわりに文字を使って表すと便利だから」とまとめた。Aは文字を使う理由を自ら導き出せたといえるだろう。さらにこの次の回のカウンセリングにおいて、文字を使う理由の再生と例を作成するように求めた。ここでは、Aに文字を使う理由を再生させるだけでなく、文字を使った様々な種類の問題を考えさせることによって、知識の一般化を図ったのである。この課題をAはスムーズにこなすことができた。そこで、具体的な例の中から法則を導き出せたことと、知識が応用できたことを褒めた。

文字式を使う理由を確認したので、続いて方程式の特徴を確認する援助を行うこととした。文字式の特徴を理解した直後に方程式の特徴を確認することで、単なる文字式と方程式の比較を行い、違いを明確に理解できると考えた。まず、問題1として、「上皿てんびんの左側に x gのおもりを2個と、1gのおもりを1個乗せました。左に乗っている重さを求める式を書きましょう」という問題を出した。これは文字式を作成する問題である。Aは $2x + 1$ という答えを導いた。そこにTable 2のような表を呈示し、 x に様々な値を代入させた。次に、「 $2x + 1$ gの重さが左側に乗っている上皿てんびんの右側に、9gのおもりを乗せました。するとうまくつりあいました。左側のおもりの重さと右側のおもりの重さを「=」を使って表してみましょう。」という問題を出した。これは方程式を立式する問題である。Aは「 $2x + 1 = 9$ 」と解答した。この式の x に様々な値を代入させた(Table 3)。ここから方程式の特徴を探させた。Aは、まず「=」がついている」と答えた。「他にないかな」と問うと、「決められた数しか入れれない」と答えた。あわせて方程式と単なる文字式の違いを聞いたところ、「文字式には(x に)なんでも入る」と答えた。単なる文字式と方程式との違いは理解できているといえるだろう。

Table 3

方程式の特徴を理解するために使用した表

x の値	左側の重さの合計	右側の重さ	「＝」で結べるか
1	2+1	9	×
2	4+1	9	×
3	6+1	9	×
4	8+1	9	○
5	10+1	9	×

⇒「＝」で結べるのは、同じ数 $x=4$ のとき

Note. 左側の重さの合計, 「＝」で結べるかの列, 最終行の下線部にある数式, 記号, 文はクライアントの書いた答え。Table 2 との大きな違いは「＝」で結べるかという項目が追加されたところである。

続いて一次方程式の解を求める問題を行った。すべてミスなく解を求めることができた。ここで「方程式の解が正しいかどうかを確かめるためにはどのようにすればいい？」と質問した。これも脱文脈化の考えに基づくもので、特徴を覚えなくてはならないという場面だけでなく、確かめという異なる場面においても知識を応用できるかどうかを確認した問いである。この問いに対してAは「 x に答えを代入してみる」と即答した。このことから、方程式の特徴についての知識が定着し、一般化しつつあると考えられる。

後期 (第8回—第14回) : 方程式立式の手順の確認と習得 方程式の特徴が理解できたため、続いて文章題から方程式を立式する手順を習得する援助を行った。Aは当初、「文章題は何をどうしたらいいか、全くわからない」と言っていた。そこで、方程式を立式する手順を示して確認し、実行し、習得するという手続きで援助と行うことにした。方程式を立式する手順としては、(1) x を使って数値を表す (2) 文章の中の等しい関係にあるものを探す (3) 文中の言葉で式を立てる (4) (1)の数値を(3)の言葉の式に当てはめて立式するという手順が考えられる。教科書では、(1), (2)と立式するという手順のみが挙げられているが、文章の中の等しい関係を探すことは、方程式の特徴にもつながるため、この箇所を重視し、(3) 文中の言葉で式を立ててみるという手順を加えた。まず、初めは問題文の後に上述した手順を呈示し、ガイドすることとした。

実際に (1) から実施した。この箇所は、中期のカウンセリングにおいて様々な数量を x を使って表すということで経験している。しかしながら、Aは「①りんごとみかんをあわせて15個買いました。みかんの個数を x とすると、りんごの数はどう表せますか」という箇所ですまづいた。そこでTable 2のように、様々な数値を代入してみるよう促した。すると、全体の個数からみかんの数を引けばよいという法則を導き出し、 $15-x$ と答えた。今後も同様の箇所ですまづいたときには、具体的な数値を代入して法則を考える方法ととるとよいことを確認した。続いて、「りんごは1つ140円です。りんごの代金はいくらですか」という問いに対して、 $140(15-x)$ という答えを書いた

後、止まってしまった。その理由を問うと、「この形がなんか変」と答えた。そこで、具体的な数値を当てはめてみて、考え方が間違っていないことを確認し、さらに教科書に同様の形があることを確認した。ここまでの計算問題、文章題を通じて、係数が3ケタになることはなかった。そのため形に違和感を覚えたものと考えられる。このように様々な数値を x を使って表した後、表にまとめる作業を行った。表にまとめることによって、問題文中にある様々な情報を、文章中ですでにわかっている情報、具体的な数値はわからないが、 x を使って表すことができる情報、問題を解くのに必要と不要な情報などに区別することができると考えられる。問題解決のために必要な情報を選択させるという方法は、統合を促進すると言われている (Mayer, et al., 1991)。さらに表を外部記憶装置として利用すれば、等しい関係にあるものを探す、立式するという次の作業への負荷を軽減させることもできる。また、初めはカウンセラーが空欄の表を与え、Aがそれを埋めた。このことによって式を立てる前に情報を整理することの有効性を実感させた。しかしながら、いつでも表が与えられるわけではない。その場合どうするのかAに聞いたところ、「自分で書いてみる」と答えた。このことから自ら問題に取り組む姿勢が保たれていることがうかがえた。そのため、その姿勢を褒めた。なお、この過程は文章題解決過程のうち変換と統合過程に当たると考えられる。1文1文を式に変換し、それらの情報を統合し、解決に必要な情報を整理しているからである。

(3) 文中の言葉で式を立てる (4) (1)の数値を(3)の言葉の式に当てはめて立式するという手順に関して、Aは初めは言葉を使って式を立てていたが、数問解くうちに言葉を使った式を立てることなく、文字を用いた方程式を直接立式するようになった。文章中から等しい関係を見つけるということは方程式立式においては非常に重要なポイントであるため、この2段階のプロセスを設けたが、1つの式を立式するために、言葉と文字式を使うという作業が競合しているようであった。そこで言葉を使った式は立てず、表にまとめた数値を使って直接方程式を立式することとした。この過程は文章題解決のうちプラン化過程にあたると思われる。プラン化過程とは答えに至るための式を立てる段階だからである。

問題を解いた後には、必ず振り返りを行った。どのように考え、どのように答えを導いたのかを1段階ずつ説明させた。問題を複数解いた場合には、それぞれの問題の違いや同じ点を考えさせた。自分が解いたものを評価するという作業は、自分が行った作業を自己評価することとなり、モニタリングしているといえる。これもメタ認知的な視点を育てるための援助である。

なお、ここまでで用いた問題は、左辺にのみ文字式があり、右辺には数字が入るタイプの方程式(例えば、 $120x + 140(15 - x) = 1800$)の問題であった。続いて右辺の文字式と左辺の文字式が等号で結ばれる方程式(例えば、 $4x - 9 = 3x + 9$)を立式する問題を行った。この問題はクリアできた。その後「先週までの問題と、今週の問題、何が違うかな」と質問すると「先週のは何かと何かを足したりすると、数字になる問題。今週のは1つのものを2つの式で表して“=”で結ぶ問題」と答えた。問題の性質の違いを見抜くことができるのは、方程式の特徴についての情報が脱文脈化し、一般的な知識として定着している結果であると言えるだろう。このときも「すごい！完璧だね！」と褒めた。

ところで、ここまで文章題を解くためには、「①何を x にするか決めよう」といったガイドをつ

けていた。しかしながら、ガイドに頼ってでは自立した学習はできない。そのため、ここからガイドがなくても文章題が解けるようになるために行った援助を記述する。まず、すでに解けた問題を呈示し、自分が何をどのような手順でどのようにやったかをモニタリングさせ、自分の言葉でまとめさせた。自分で生成した情報は、単に人から聞いたり、読んだりしただけの情報よりも記憶成績がよいことが知られている (Slamecka & Graf, 1978)。今回のまとめも A 本人の言葉で生成させることで記憶の定着を図った。またその時、問題にある具体的な言葉を使うのではなく、どのような問題でも応用できるように工夫するよう指導した。これもメタ認知的な視点を育てるための援助の一環である。例えば、A は、最初は『弟のテープの長さ』と『姉のテープの長さ』が分かっているので式にあてはめた」というように問題にある言葉を使ってまとめを行っていた。どのような問題でも応用できるように、ということを理解することや実行することが困難だったようである。しかしながら、「じゃあ、このテープの問題以外の問題を友達が教えてって頼んできたらどうする？人に教えるとき『弟のテープ』って言ったんじゃない、わかってもらえないね」というと、納得したようであり、「文章の中で分かっている言葉」とより一般的な言葉に書き換えた。具体的な用語ではなく、より一般化した言葉を生成できたということは、その内容をメタ的にとらえていることを示すと考えられる。そのため、「いいね！この調子でどんどんやろう！」と A を褒めた。

さらにスーパーバイズに基づき、自分の言葉でまとめた手順からキーワードを抜き出し、1チャンクにまとめる作業を行った。ワーキングメモリ容量が少ない A にとって、1チャンクのキーワードは記憶補助装置として有効であろう。これをテストの際などにまず書いておけば、外部記憶装置として機能し、今から自分が何をすべきか、ということ計画するヒントになる。まず、7段階から構成されていた手順を2文にまとめた。まとめた結果からさらにキーワードを抜き出した。A は、「 x を使って表す」、「文字式を方程式に当てはめる」、「式をたてる」、「解く」、「確かめる」というキーワードを選択した。さらにこのキーワードをすぐに連想できるような1チャンク of 言葉を考えた。その結果出てきた言葉は「ああ！立った！」であった、一つ目の「あ」は「表す」、二つ目の「あ」は当てはめる、「立」は立てる、「た」は確かめるの頭文字である。また、「立った」には「方程式を立てる」という意味も込められている。「立った」と方程式の立式に関連した言葉を残すことによって、全く意味のかけ離れた言葉を保持しつつ、そこからヒントを検索し、さらにキーワードを検索するという処理を割愛することができた。なお、「ああ！立った！」を使って問題を解いていたところ、A は等しい関係を見つけることを忘れ、やみくもに立式しようとしている様子がかがえた。そのため「等しい関係を探す」ということを思い出させるキーワードとして「ひとしくん」という言葉を追加し、最終的に「ああ！ひとしくん、立った！」というキーワードを作成した。その後様々な問題をこなしつつ、その際には「ああ！ひとしくん、立った！」の手順に従っているかどうかというモニタリングを必ずするよう指導した。しかしながら、文章題の難易度が上がってくると、「ああ！ひとしくん、立った！」を使わずにいきなり問題に取りかかったり、立式した直後に、「この式、合ってますか？」と確認したりすることが増えた。そのため、問題を解き終わったあとに、必ず「ああ！ひとしくん、立った！」に沿って、問題を解く過程を丁寧に振り返る作業を行い、「ああ！ひとしくん、立った！」の手順はどのような問題でも使えることを実感させた。

数学に対する質問紙

最終回に行った数学に対する質問紙では、初回の結果と同様、自己効力感、学習意欲ともに高いまま維持されていることがわかった。学習の思考過程の重視の程度については全体的に大きな変化は見られなかったが、「14. テストでできなかった問題は、答えだけでなくとき方も知りたいと思う」に対する回答が「わりに思う」から「すごく思う」、「18. なぜそうなるかわからなくても、答えがあつていればそれでいいと思う」に対して「すごく思う」から「ほとんど思わない」へ回答がポジティブ方向へ変化した。このことから、初回時と比較して、思考過程を重視するという態度が向上したと言えるだろう。

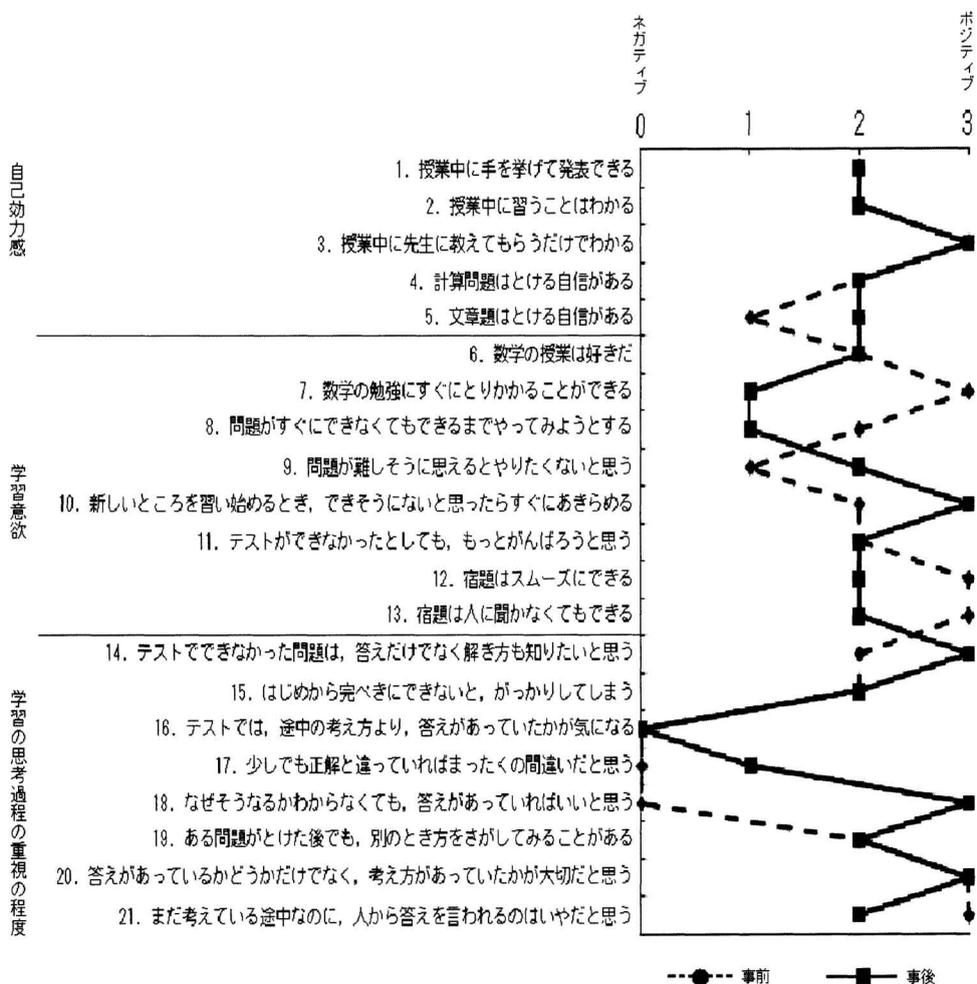


Figure 2. 数学に対する質問紙の結果の事前と事後の比較

心理教育的援助の評価と考察

本事例では、Aには文字式の基本的な知識と計算スキルの習得と、文章題解決が必要であると判断し援助を行った。目標は、文章題から一次方程式を立式し、正確に解くというプロセスを身につけること、自己調整学習方略を身につけること、学習意欲を高いまま維持もしくは上昇させることの以上3点とした。援助は、ワーキングメモリ容量、脱文脈化、自己調整学習の枠組みに基づいて行った。以下、枠組みに沿って援助の評価と考察を行っていく。

ワーキングメモリ Aは、文字式の計算問題に関して正答率は低くないものの、途中計算を書かなかった。途中計算を書かないと、既に済んでいる計算結果を保持しながら次の計算を行うという二重課題状況となり、ミスが増えると考えられる。そこで、ワーキングメモリ容量に着目した援助を行った。計算を行う場合、その式に書かれている情報が入力され、その情報を処理するボトムアップ過程が優位となる。そのため情報の処理に多くの資源が必要となり、情報を保持することが困難になる。式にある文字や数字が多くなればなるほど、処理に必要な資源は多くなり、情報の保持は困難になるだろう。山田・中條 (2008) では、文章を材料として用いているが、ワーキングメモリ容量の少ない者が難しい文章を読む際には、頻繁に読み返しを行っていることを示した。山田・中條 (2008) はこの結果を、ワーキングメモリ容量の少ない読み手は、読み返しをすることによって、書いてある文章を外部記憶装置として利用し、ワーキングメモリ容量にかかる負荷を軽減していると解釈している。この解釈を計算問題に適用すると、途中計算をメモすることにより、それを外部記憶装置として利用できる。その結果、処理により多くの資源を使うことができると解釈できる。処理に多くの資源を使うことができれば、計算はより正確にできると考えられる。ワーキングメモリ容量の少ない者でも、その限られた容量を効率的に使えば、正確な処理を行うことができる。このことは、計算問題だけでなく、文章題にも応用可能な考えである。実際に本事例では、文章題を解くときに一般に有効と言われる図を利用せずに、表にまとめるという援助を行った。文章、文字式、図(絵)というように、様々な種類の情報が一度に呈示されると、それぞれの情報の処理が競合すると考えたためである。表を使うと、それを外部記憶装置として使うことが可能であるし、図というここまでになかった新しい情報が入力されることもない。その結果、ワーキングメモリ容量を効率的に使うことができたと考えられる。

ワーキングメモリ容量には個人差があることはすでに知られている (Daneman & Carpenter, 1980)。本事例のワーキングメモリ容量に着目し、その容量を考慮した援助は、学習者の効率的な学習において有効であったと考えられる。そのため、今後もアセスメント時にクライアントのワーキングメモリ容量を測定し、その容量にあった学習方略や、限られた容量をいかに効率的に利用するかということに着目した指導を行うことが重要であろう。

脱文脈化 本事例においては、脱文脈化の考えを用いた援助を行った。例えば、方程式の特徴を覚えた後に、方程式の解が正しいかどうか確認する方法を聞き、その理由を問った。この援助は知識の一般化や、知識の応用を行うために有効な援助であったと考えられる。脱文脈化とは先述したように、特定の場面において得た情報を様々な場面において経験することにより、その場面に特有な情報が一般的な知識として定着していくことである (Smith, 1994)。Smith, Glengerg, & Bjork (1978)

は、文脈として部屋を用い、記憶の材料として単語を用いた実験ではあるが、同一の部屋で単語の学習を反復したときよりも、多様な部屋で学習を反復したときの方が、単語の記憶成績がよいことを示している。また、同種の出来事を反復経験していくと、エピソード記憶の成分が減少し、意味記憶成分が増加することも示されている (Linton, 1982)。これらの基礎的な実験は、知識を定着させるためには、その情報を繰り返し経験させるだけでなく、様々な場面で情報を経験させることの重要性を示唆している。

脱文脈化の考えは、知識の定着だけではなく、文章題解決を目指すうえでも重要な概念であると考えられる。本事例では行っていない援助であるが、文章題を解決するために、具体物を呈示し、そこから式を立てるという援助がある。これも初めはエピソード記憶である。しかしながら、様々な具体物を用いた例から式を立てるうちに、式を立てる際に具体物に依存する必要性がなくなっていくだろう。具体物を文脈と考えると、脱文脈化が起こっているといえる。脱文脈化が起こっているかどうかは、式から線分図のような抽象的な図を作成できるかどうかで測定することができるであろう。なお、本事例では方程式の立式までに援助がとどまっており、線分図などの図は書かせていない。あとから図を書かせるという方法は、振り返りや知識定着の確認として有効であると考えられるため、今後は援助方法として考慮すべきであろう。

自己調整学習 本事例においては、どのような問題を解くときにも、今から自分は何をするのか、どのように解いていくのか、使用している方法は適切か、間違っただのならば、どこをどのように間違っただのかといった自分をモニタリングし、コントロールするメタ認知的な視点を持つように援助を行った。これは自己調整学習とはどのようにやるのかということを指導していることになる。しかしながら、自己調整学習のような適切な学習方略を身につけることは決して容易ではない。伊藤 (2002) によると、短大生においても自己調整学習を行っている学生は決して多くはなく、同じ問題を繰り返し解く、覚えたい内容をチェックするといった基礎的な学習方略を用いている者が多かった。A も、難易度の低い文章題については、課題に取り組む前後に、自分の計画や、実際にやったことの説明を行うことができ、自己調整学習が身につきつつあると考えられるが、難易度が上がるとそれが困難になっている様子がうかがえた。この問題を解決するためには、文章題解決のひとつひとつの段階ごとにモニタリングを行わせることが有効であると考えられる。スモールステップごとにモニタリングを行い、それがうまくいくという成功体験を数多く経験することで、この学習方法は有効であるという認識が高まり、自発的に自己調整学習を行うことができるようになるだろう。伊藤 (2002) は自己調整学習方略の獲得方法についても調べたところ、自ら獲得したという回答が多かった。また自ら獲得した場合には、その学習方略の使用頻度が高いこともわかった。この結果からも、スモールステップでのモニタリングは非常に有効な手法であると考えられる。今後は自己調整学習方略を完全に定着させるために、この点に着目した援助が必要となるだろう。

引用文献

中央教育審議会 (1996). 21世紀を展望した我が国の教育の在り方について (第一次答申) 文部省
Collins, A. M., & Loftus, E.F. (1975). A spreading activation theory of semantic processing. *Psychological*

- Review*, **82**, 407-428.
- Daneman, M., & Carpenter, P. A. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, **19**, 450-466.
- 市川伸一 (編著) (1993). 学習を支える認知カウンセリング——心理学と教育の新たな接点——, ブレーン出版
- 市川伸一 (1988). 「納得の道具」としての同型的図式表現 数理科学 **297**, 34-39.
- 伊藤崇達 (2002). 学習経験による学習方略の獲得過程の違い—4年制大学生と短期大学生を対象に— 日本教育工学会論文誌 **26 (Suppl.)**, 101-105.
- Linton, M. (1982). Transformations of memory in everyday life. In U. Neisser (Ed.), *Memory observed: Remembering in natural contexts*. San Francisco: W. H. Freeman, pp. 77-91.
- (リントン, M. (1988) 日常生活における記憶の変形 U. ナイサー (編) 富田達彦 (訳) 観察された記憶 (上) ——自然文脈での想起—— 誠信書房 pp. 94-111.)
- 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.
- 村山 功 (1995). 外的資源による課題と認知主体の変化 認知科学 **2**, 175-202.
- Schunk, D. H., & Zimmerman, B. J. (1998). *Self-regulated learning: From teaching to self reflective practice*. New York: The Guilford Press.
- (シヤンク, D. H., ・ジマーマン, B. J. 塚野州一 (監訳) (2007). 自己調整学習の実践 北大路書房)
- Slamecka, N. J., & Graf, P. (1978). The generation effect: Delineation of a phenomenon. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, **4**, 592-604.
- Smith, S. M. (1994). Theoretical principles of context-dependent memory. In P. Morris & M. Gruneberg (Eds.), *Theoretical aspect of memory*. New York: Routledge. pp. 168-195.
- Smith, S. M., Glenberg, A. M., & Bjork, R. A. (1978). Environmental context and human memory. *Memory and Cognition*, **6**, 342-353.
- 山田恭子・中條和光 (2008). 作動記憶容量と文章理解時の眼球運動の関係 広島大学大学院教育学研究科紀要 第三部 教育人間科学関連領域 **57**, 205-212.
- Zimmerman, B. J. (1986). Becoming a self-regulated learner: Which are the key subprocess? *Contemporary Educational Psychology*, **11**, 307-313.
- Zimmerman, B. J. (1989). A social cognitive view of self-regulated academic learning. *Journal of Educational Psychology*, **81**, 329-339.