

〈実践論文〉

学びを深める解法の部分提示についての考察 －算数授業の解法理解場面における 発見的追跡法の効果に着目して－

Consideration about Partial Presentation of Solutions to Deepen Learning
Focusing on the Effects of Heuristic Pursuing Methods in The Understanding of The Solution of
Math Lesson

中部大学 小池 嘉志*¹

要約：わが国の算数・数学の授業で一般的に行われている問題解決型授業では、自力で問題を解決することができない子ども（未解決者）が必ず存在するため、友だちの解決した解法を理解することによって進められる解法理解活動が行われる。ところがこの活動による学びがどうしても浅くなってしまい、その結果子どもたちは次の時間になると学習内容を忘れていたり、他の場面への転移ができなかったりする。本研究ではその原因を精緻化の視点から探った結果、学びが浅くなる原因は、解法の全体を提示しての理解活動にあることがわかり、その改善策として解法を部分的に提示し、式の意味や解決者の意図を深く掘り下げ、解法の続きを完成させるという指導法を工夫した。そしてその指導法を発見的追跡法と名付け、解法の全体提示と比較してどのような違いがあり、どのような効果を生み出すことが期待されるのかを理論的に考察し、授業実践を通してそれを検証した。その結果発見的追跡法では、必ずメタ認知的問いかけが必要となるため、問題解決に必要な情報を自己生成する活動や、外化活動が生じやすいことが期待されることがわかった。そしてその効果として学習内容の精緻化が期待でき、それが学習内容の保持や転移を高める効果に結びついていることが示唆された。

Key words：深い学び、わかったつもり、精緻化、解法の部分提示、発見的追跡法

1 問題の所在と研究のねらい

わが国の算数・数学の授業では、提示された課題に子どもたちが個別で取り組み（自力解決）、その成果を発表・討論し、深化・発展させるというプロセスで行われる問題解決型授業が多くなされており、それが主流となっている（スティグラー・ヒーバート,2002）。ところが問題解決型授業は、自力解決の段階だけですべての子どもが問題の解決に至るということはない

く、必ず未解決者が存在する（菊池,2006）。そのため通常は、解決に至った子どもの解法をクラス全体で理解する活動を通して学習活動が展開される。

この解法理解活動は、解決に至った子どもの解法の全体が提示され、一部の子どもや教師がその意味などを説明したり、子どもと教師のやり取りによってその意味を深めたりし、残りの子どもたちはそれを聞くことによって学習するという説明・受容型の形態で進められることが多い（藤村,2018p.34）。

ところがこの説明ややり取りは、解法の全体

*¹ Yoshiyuki KOIKE
Chubu University

が提示された後に行われるため、どうしても解き方の手順や手続きを解説することに終始してしまう。したがってこうした説明・受容型の形態での学習による子どもたちの理解は、問題の解き方の手順に着目した表面的な浅い理解に陥りやすい（藤村,2018,p.34）。その結果子どもたちは「わかった」とはいうものの、それは「わかったつもり」になっているだけで、次の時間になると学習内容を忘れていたり、他の場面への転移ができなかったりする（西林,1997）。

このような事態に対して解法の全体を提示するのではなく、部分提示し、一つ一つの式が表している意味を深く掘り下げたり、解決者の意図を探ったりすることにより学びを深めようとする学習法が実践され効果的であるとされている（相馬,1997）。しかしこれらの実践では、なぜそのような展開が学びを深めることになるのか、また全体提示と比べてどの程度学びに深まりが出てくるのかということが明らかにされていないわけではない。

そこで本研究ではまず、算数・数学の授業における深い学びについて学術的に捉え、学びを深める活動の在り方を理論的に考察する。その上で一般的に行われている解法の全体提示を行う説明・受容型の授業の問題点を補う指導法として、小池（2019）による、解法を部分的に提示し、式の意味や解決者の意図を深く掘り下げ、解法の続きを完成させるという発見的追跡法の理論を補強する。そしてその理論を具現化するための授業実践を行うとともに、説明・受容型の授業と比較して、学習内容の保持・転移の状況を調査することにより、発見的追跡法が学びを深める学習法として、どの程度の効果が見られるかを考察していくこととする。したがって本研究は、学びを深める手だてとしての発見的追跡法の有効性を、実践を通して考察することを最終的なねらいとしている。

2 深い学びの視点から見た解法理解活動

2.1 浅い学びとしての「わかったつもり」

深い学びの概念は、浅い学びに対して考えられる。したがってここで浅い学びとはどのような学びなのかを考えていく。

授業中の子どもたちはあまり深く考えることなくよく「わかった」というし、「みなさんわかりましたか」と問えば「はい」と答える。「わかった」というのは、ある事柄を考えた末に出てくる心の変化、すなわち個人が感ずる感情なのである（山鳥,2002）。したがって子どもたちは授業中の友だちや先生の説明を聞いて、自分なりに解釈して納得すれば「わかった」という感情を抱いてしまう。しかし子どもたちのその「わかり」は必ずしも真実ばかりとは限らないし、十分に深まっているわけでもない。子どもたちは、「わかったつもり」になっているだけのことが多い（西林,1997）。

算数・数学の学習では「できる」ことを通じて「わかる」ため、問題を解いて答えさえ合っていればそれで「わかったつもり」になってしまう（銀林,1985）。例えば面積の公式を覚え、機械的に問題に当てはめ答えを求めることができても、どうしてもその公式で面積が求まるのかうまく説明できないということはよくある。

こうした「わかったつもり」の学びの状態を本研究では浅い学びと捉え、いかにしてその状態から学びを深めていくかを考えていく。

2.2 算数・数学における深い学びの捉え

深い学びとは2016年の中央教育審議会答申を指針として改訂された新学習指導要領の核心ともいえる概念である。しかしそれは、けっして新しい概念ではなく、溝上によれば、1970年代から提唱されている「学習への深いアプローチ」の概念に端を発し、「あることと他のことを繋ぐ、関連づけるという意味を求めての学習」を指しているという。そして溝上は深い学びを「知識を他の知識や考え、経験等の中に位置づ

け構造化すること」と定義している(溝上,2017)。

また藤村は、理解の質を高める「深い学習」の重視は今や世界的な傾向であるという。そしてそれは、「子どもがこれまでの日常経験や学習を通じて獲得してきた既有知識と新たな知識を結びつけ、また既有知識どうしに新たな結びつきを見いだすことで、物事をとらえる枠組み(知識構造)を変化させていくこと」であると述べている(藤村,2018)。

深い学びに対する溝上、藤村のこうした捉えは広く認められており、深い学びとは新しい知識を学習する際に、棒暗記のようにそれだけを覚えるのではなく、既有知識と結びつけて取り入れ、それまでもっていた知識構造全体が刷新されるような学習のことを指している。

算数・数学の学習は問題を解決することによって進められていくため、前節で指摘したとおり、子どもたちは解き方の手続きさえ身につければ、それで「わかったつもり」になってしまい、それ以上学習を深めようとしない(藤村,2018)。

そのような状況から一歩踏み出し、「なぜそのように解決できたのか」「どうしてそうなるのか」など、これまでの学習との関連を考えさせ、必然性をつけていくことによって学習は深化し、「ああ、そういうことなのか」「だからこうなるのか」などと深く納得できるような学習が可能となり、子どもたちのそれまでの知識構造は刷新される。このような学びが、本研究で目指していく算数・数学の学習における深い学びであると捉えていく。

2.3 学びが深まるプロセスとしての精緻化

学びが深まっていくためには、新しい知識が既有知識に結びつき、知識構造全体が刷新されることが必要であった。この新しい知識を既有知識と結び付けるプロセスは精緻化と呼ばれている。

精緻化とは1970年代に認知心理学における

記憶研究から出てきた概念であり、もともとは「記憶(学習)すべき情報に何らかの情報を付け加える過程」のことであり、それによってある事柄を覚えやすくする記憶方略のことである(ガニエ,1989;豊田,1995)。しかし現在ではそれが広く学習場面に適用されるようになり、単なる覚え方というより、複数の知識が結びついて理解が深まる認知的プロセス全体を精緻化と呼んでいる。

例えば北尾・速水(1986)は、学校の授業における理解過程では、記憶研究における精緻化の捉えでは不十分であるとし、教師や他の子どもたちから提供される個々の新しい情報を、関連づけたり、既有知識と結びつけたりして自分なりに解釈することによって納得し、理解を深めていく情報処理を精緻化と呼んでいる。

円の面積の学習では、円を細かいおうぎ形に分割し、並べ替えることによって長方形に近づけ公式を導き出す。この学習の際には、半径×半径×3.14という公式が、棒暗記ではなく図などの情報によって意味づけされ、「だから円の面積を求める公式はこうなるんだ」というように必然性が付け加わり、既有知識である長方形の面積の公式と結びつく。それによって子どもたちの面積の概念、既有知識はそれまでより豊になり刷新される。このような、理解に関わって「なぜそうなのか」という必然性を付け加えることによって理解が深まる過程が精緻化なのである。したがって、深い学びを生起させるには、情報どうしを結びつける精緻化を促進させる必要がある。

2.4 精緻化を促す手だてとしてのメタ認知的問いかけと外化活動

2.4.1 メタ認知的問いかけによる精緻化

算数・数学の学習で問題を解決するためには、解決に必要な情報を得て、「ああ、そういうことか」と子どもたちが自分なりに解釈し、納得することが必要である。この解釈や納得は情報

を得ることによって必然性が生まれた結果であり、このプロセスが精緻化であった。したがって精緻化は解決に必要な情報を得ることによって生起する。ところが精緻化の質には、この情報をどのようにして得るかが重要なポイントとなる。

例えば 4 年生で扱う L 字型の面積を求める問題では、図のように縦

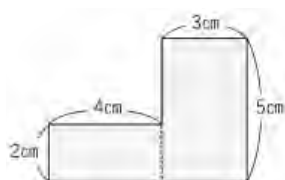


図1 L字型の分割

に補助線を入れ、2つの長方形に分割してそれぞれの面積を求めるという解決方法が出てくる。未解決者にこの問題の解法を理解させる際には、補助線を書き込んだ図を提示し、「まず2つの長方形に分けて…」というように、解決に必要な情報を説明により与えてしまうよりも、最初の式、 $2 \times 4 = 8$ だけを提示し、「この式は何を表していますか」、「○○さんはどのように考えたのですか」と問うことによって、子どもたちに「2つの長方形に分けたのだな」と情報を見つけさせる、すなわち自己生成させる方が質の高い精緻化が可能となり、記憶によく残る。このような解決に必要な情報を自己生成することによる精緻化は、自己生成精緻化と呼ばれ、発見的な要素を含んでいるため内発的動機づけを高めるとともに記憶に残りやすい（豊田,1998）。

このような自己生成精緻化を促すためには、解決者の意図をさぐったり解決の全体像を見通したりすることができるような、「なぜ」「どうして」というようなメタ認知的な問いかけが必要になってくる（豊田1998）。したがって精緻化を促し、子どもたちの学びを深めるためにはメタ認知的な問いかけが効果的である。

2.4.2 精緻化を促す外化活動

メタ認知的問いかけによる自己生成精緻化は知識の内化であるといえる。溝上（2014）は内化した学習内容を、書く・話す・発表するなど

して外化する活動をアクティブラーニングと呼んでおり、学びを深める上では不可欠であるという。また松下（2015）は「外化なき内化は空虚である」と学習活動の中に外化を位置づけることの重要性を説いている。さらに藤村（2018）も、小集団での他者との対話を通じた外化活動によって、多様な知識を関連づけようとする協同的探究学習が学びを深める上で有効であるとしている。

このようにいったん内化された知識は外化によって深まる。その仕組みは、「知識は問題解決のために使ったり、人に話したり、書いたりするなどの外化を通じて再構築される（松下,2015）」ためであって、その再構築の過程で「なぜそうなるのか」という必然性がつけ加わり理解が深まる。この過程が精緻化なのである。

すなわち子どもたちは外化活動を通して、必然性を探ったり、理由を推察したりして自分自身が納得できる必要が出てくる。そうすることで今までなんとなくわかっていた「わかったつもり」の事柄がはっきりし、真正のわかりへと変化していく。このような精緻化のプロセスを経ることによって子どもたちの既有知識は刷新されていく。

したがって精緻化を促す手だてとして、内化した学習内容を説明したり、書いたりする外化活動が効果的である。また外化による精緻化効果は、「話す」ことよりも「書く」ことの方が高い（三宮,2018）。

3 解法の部分提示の生かし方

3.1 解法の全体を提示することの問題点

解法理解活動では自力解決の段階で自分なりの解決ができた解決者と、できなかった未解決者が混在している。したがって解法理解活動とは、解決者の解法を未解決者に教える活動といえる。この場面で解法の全体が提示されると、解決者は提示された解法と自分の解法とを見比

べることにより学習を進められるが、未解決者は提示された解法を、読み解き理解することになる。

このような学習がどうしても浅い学びになってしまう理由を、先に示したL字型の面積を求める授業の展開例で考察する。この授業では図2のように欠けた部分を補った長方形を考え、この長方形の面積から欠けた部分を引くという解法も考えられる。だがこれは一部の子どもからしか出てこない。このように多くの未解決者のいる解法をクラス全体で理解する場面である。

(Tは教師、Cは子どもの活動、

「➡」は子どもたちの反応を表している)

T1: ではどのように
やったか説明し
てください。

C1: 欠けた部分が
あると考えると、
 $5 \times 7 = 35$ 。
そこから欠けている部分が
 3×4 で12になるから
 $35 - 12$ をして答えは23。答え23cm²。

T2: 今の説明で理解できた人? ➡挙手半数

T3: もう少し詳しく説明してください。なんで欠けている部分は
 3×4 になるの。

C2: (前に出て図を指さしながら) ここの長さが
 $5 - 2$ で3になって横の長さが4だから
 3×4 になる。

T4: 今の説明でわかった人? ➡挙手多数

T5: 欠けた部分があるとすると全体の長方形の面積が、縦が5cm、横は7cmになるから
 $5 \times 7 = 35$ 。そこから欠けた部分の面積が
 $3 \times 4 = 12$ になるから12を引いて答えを出したんだね。
わかりましたか。 ➡(全員で) はい

T6: できてない人はノートに答えを写しておいて
ください。 — 以下略 —

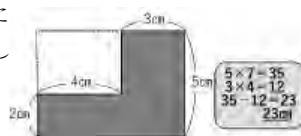


図2 欠けた部分を補う

の視写の指示という順に行われる。この流れでは次のような理由から子どもたちの学びは「わかったつもり」の浅い学びになってしまう。

まずC1のように解法の解説が、解き方の手順や手続きの解説に終始してしまい、「なぜそうするのか」「どうしてそうなるのか」というメタ認知的な検討が生起しにくい。またT3、C2のような補足的な説明は学びを深めようとはしているが、教師と子どもとの1対1の対話であるため、他の子どもたちは聞くことによる理解に止まる。

また解法の全体が提示されると、子どもたちの関心は、答えがあっているかどうかに向いてしまい、解決者の意図を探ったり、一つ一つの式が表している意味を深く掘り下げたりするなどの機会がもちにくい。

さらに多くの子どもたちは解説を聞くことに終始し、メタ認知的問いかけが少ないため、自ら解決に必要な情報を自己生成する機会がないため、自己生成精緻化が生起しにくい。そしてとくに未解決者は解き方の手続きを聞くに止まり、提示された解法をノートに書き写すことしかできず、解決者の思考過程を再現する機会が与えられない。

これらの問題点はすべて、解法の全体を提示しての解説や検討に起因し、精緻化を促す手だてであるメタ認知的問いかけや外化活動が生起しにくい。したがってこのような説明・受容型の学習活動では子どもたちの学びは深まりにくく、「わかったつもり」の浅い学びになってしまうことが多いと考えられる。

3.2 先行研究の検討

解法の全体提示による説明・受容型の学習に対して、解法的一部分を提示しそれをもとに理解活動を進めるという学習形態が提案されている。

相馬(1997)は、説明や計算をすべて書かせるのではなく、「ポイントになる式だけを書か

これが解法の全体を提示したときに一般的に見られる授業の流れである。この流れはC1のような解決者による解法の解説、T2、T3、C2のようなわかり具合の確認と補足説明、T4、T5のようなわかり具合の再確認と解法の再解説、T6のような未解決者に対する解法

せる」,「図に補助線などを書き込ませるだけに
する」というような取り上げ方を提案している。
これは解法の部分提示である。そしてこの方法
のメリットとして,「できなかった生徒は,式
や補助線をヒントに考える」,「式や補助線を見
て,逆に、『どんな考え方をしたのか』を考える」
などがあるという。

田中(2010)は,子どもの考えを取り上げる
際には,その本人にすべてを説明させるのでは
なく,その子の考えた跡を読み取って,予測さ
せるようにすることが大切だという。また解決
の途中までを提示し,「今,〇〇君は何をしよ
うとしているのか」と問うことも大切なことだ
という。そうすることにより,クラス全体で考
えるプロセスを共有することができる授業とな
るとしている。

これらの方法はいずれも解法の部分提示の後
に必ず行われるメタ認知的問いかけを行うこと
によって生起する,解決に必要な情報を自己生
成することによる精緻化効果を利用している。
その結果子どもたちの理解は促進される。しか
し相馬等のこの方法には,深い学びにとって重
要だとされる学習内容の外化が明確に位置づい
ているわけではない。すなわち,知識の内化は
行われてもそれを外化する活動が保障されてい
ないため精緻化が十分に成されない可能性がある。

またメタ認知的問いかけをしても,子どもた
ちの既有知識には個人差があり,情報を自己生
成できない子どももいる。したがってこれらの
提案は,解法の全体提示の問題点を十分に解決
しているとまではいえない。

一方で近年子どもたちの外化を位置づけた学
習活動として,協同学習が注目されている。中
でも藤村(2018)は,小集団活動の中で他者に
説明する活動を取り入れることで学習者の知識
の精緻化を促進させ,深い学びの実現を目指し
た協同的探究学習を提案している。

藤村によれば,協同する他者は説明の聞き
手となることで,説明を行う友だちの知識を精
緻化させる役割をもつという。さらに他者は情
報を提供する話し手となったり,ともに知識を
構築する相手となったりする役割ももち,既有
知識の個人差によって情報を自己生成できない
子どもたちへの対応も可能となり,クラス全体
としての学びの深まりが期待できるという(藤
村,2018)。

したがってこれらのことから,学習内容の精
緻化を促し,学びを深めていくためには,解法
の部分提示による情報の自己生成効果と,それ
を外化するプロセスを位置づけた学習活動が有
効であると考えられる。

3.3 精緻化を促す手だてとしての発見的追跡法

先に取り上げたL字型の面積を求める問題で
は,解法を部分的に提示し,外化を取り入れた
次のような指導法(発見的追跡法)が可能であ
る。

T1: Aさん, あなたが書いた最初の式だけいっ
てください。

C1: $5 \times 7 = 35$

T2: (板書し) $5 \times 7 = 35$,

これはどういう意味で

すか?何を表していますか? ➡挙手少数

隣近所で相談していいです。①

どうですか。この式は何を表していますか。

C2: 欠けた部分があるとしたときの全体の面積。

T3: 今いつてくれたことがわかる人? ➡挙手多数

欠けた部分ってどこで

すか ➡(補助線を入れ

させる)

ここでいいですか?こ

こがあるとしたときの全体の面積ということ

ですね。 ➡うなずき多数

ではAさんはこの次にどんな式を書いたんだ

ろう。Aさんが何をしようとしたかわかる人?

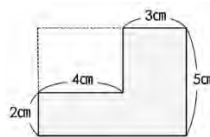
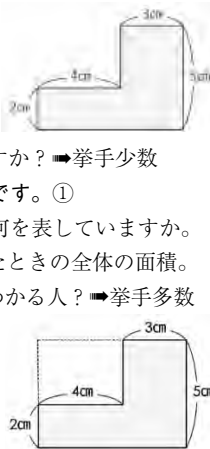
② ➡挙手少数

C3: 全体から欠けている部分の面積を引いた。

T4: 今C3さんがいつたことがわかる人? ➡挙手

多数。

では欠けている面積を求める式は? ➡ $3 \times 4 = 12$ 。



じゃあこの続きはわかりますね。この式の続きを書いて答えを完成させてください。③
T5：さあ、みんなでこの式の続きをいってみましょう。
C3：35-12 = 23, 答え 23cm —— 以下略 ——

この展開はT1 から T3 までの解法の部分提示とメタ認知的問いかけによる最初の式の意味づけ、T3 から T4 までの次の式を考えることによって解決者の意図を探り、解決の全体像をつかむ、そしてT4 後半の解法の続きの完成というように行われる。

まずC1 で解法の最初の式を提示した後その意味づけを行う。その際にT2 ①で小集団による情報交換を行うことによって、情報を自己生成できない子どもに対応するとともに、思ったことや気づいたことを外化させている。これによって最初の式の精緻化を促すことができる。

次にT3 後半からの②で次の式を考えさせることによって、解決者がその後どのように解決をしようとしているのかをメタ認知的に考えることが可能になる。その後T3 ②で、解決者Aがどのように解決しようとしたのかを問い、それによって子どもたちは「長方形全体から欠けた部分を引こうとしたのだな」と推論し、解決の全体像をつかませる。そうすることによって未解決者は、解決の手がかりを得ることができ、自力解決のチャンスが生まれる。

その後解決者の意図を読み取ることでできた子どもたちは、部分提示された解法の続きを自力で完成させることができ、書き記すという外化を行うことで質の高い精緻化が可能となる。とくに解法の続きの完成ということは、解法の全体提示では不可能であり部分提示ならではの外化活動として注目される。

一般的に解法理解とは、解決者が行った解決を、提示された解法から読み取り、解決者が問題解決において用いた数学的な見方や考え方、そして解決のための方略などを用いて解法を再

現できるようにすることである。それには教えこむのではなく、発見できるよう気づかせるようにすることが望ましい。この指導法はそうしたことを可能にする指導法であり、筆者はそれを発見的追跡法と呼んでいる（小池,2019）。

発見的追跡法とは解法の部分提示を主とした指導法であり、「解法を構成する数式や図・表、文など、書き記された表現の一部を提示し、メタ認知的問いかけを行うことによって、提示された表現の意味の読み取り、解決者の着想及び解決の意図の推察、提示された表現の続きを考えることによる解決の全体像の構想を段階的に、そして発見的に行わせることによって、解決者が問題解決の着想からその解法を書き記し、表現するに至った思考過程を発見的に追跡させ、各自の理解に応じて自力で解法を完成させるもの」である。

発見的追跡法では解法の部分提示を主に展開を行うため、一般的に行われる全体提示と比べて、メタ認知的な問いかけによって問題の解決に必要な情報を自己生成する場面が明らかに多くなる。だが子どもたちの既知知識には個人差があり、すべての子どもが何の手がかりもなく情報を自己生成することは難しい。そのおりには小集団による討議が必要となり、他者からの情報を手がかりとして発見的な学習が生起することも少なくない。

同時にその活動は他者への説明という外化活動ともなる。したがってここでの小集団討議は、藤村のいう「説明の聞き手」、「情報を提供する話し手」、「ともに知識を構築する相手」という3つの役割をもつ他者の存在があり、学習内容を精緻化する機会ともなる（藤村,2018）。すなわち発見的追跡法は解法の部分提示の効果と、協同的な問題解決の効果をあわせもつ指導が可能となると考えられる。

またこの指導法では、解法の全体を提示することがないため、部分的に出来上がった解法の

続きを完成させることができる。この活動により未解決者は、外から与えられることなく自己生成したアイデアを表出することによる学びが可能となる。それによってペアや小集団での相互の説明活動だけでは達成し得ない「書き記す」という精緻な外化の機会を与えることができ、未解決者全員に深い学びが得られるチャンスが生まれると考える。

4 授業実践から見た発見的追跡法の有効性

4.1 授業実践の目的

本実践はこれまでに考えてきた発見的追跡法の理論を具現化する一例とするともに、発見的追跡法は説明・受容型の授業と比較して理解の質を深め、学習内容の保持や転移に効果があるかということを検証することを目的として行う。そのため解法の全体提示を行う説明・受容型の学習を統制群、部分提示を行う発見的追跡法を実験群として、子どもたちが解法を理解したときの実感としての理解度と満足度（うれしさ）および学習内容の保持・転移の状況を調査し比較・検討する。¹

4.2 授業実践の方法

本実践は2019年2月に愛知県内の2つの公立小学校6年生7クラス199名を対象として行った。

- (1) 事前テストを行い第5学年で学習した相殺方略の定着度の調査およびその結果から、どの学級で実験授業を行うかを決定する。
- (2) 相殺方略を用いて解決する問題を使用し、発見的追跡法により授業を行う実験群と説明・受容型学習により授業を行う統制群に分けて授業実践を行う。
- (3) 授業後にアンケート調査を行い、子どもたちの「わかった」という実感としての理解度、および解法の理解時における満足度（うれしさ）を調査する。

- (4) 授業実践から2週間後に事後テストを行い、解法の記憶の保持率と応用問題による相殺方略の転移率を調査する。
- (5) 調査結果の分析を行い発見的追跡法の有効性について考察する。

4.3 事前テストの結果と実験群、統制群の決定

事前テスト問題

1. 遊園地の入場券1まいと乗り物券7まいを買うと、1200円になりました。入場券1枚と乗り物券5まいでは、1000円になるそうです。乗り物券1枚のねだんは何円ですか。式と答えを書きましょう。

入場券 1200円

入場券 1000円

2. チョコレートとプリンがあります。チョコレート1個とプリン3個を買うと340円、チョコレート2個とプリン3個を買うと440円になるそうです。チョコレート1個とプリン1個のねだんはそれぞれ何円ですか。式と答えを書きましょう。

チョコレート

プリン

図3 事前テスト問題

表1 事前テストの平均正答数

	調査人数	問1正答者数	問2正答者数	平均正答数
実験群	112	55	58	1.01
統制群	84	45	48	1.11

事前テストでは第5学年で学習した問題を使用し、問題1は教科書と同じ、問題2は場面だけを変更し行った。そしてクラスごとに一人あたりの平均正答数をだし、その結果によってほぼ等質になるように実験群4クラス、統制群3クラスに分け授業を行うこととした。なお欠席者がいたため、この調査人数は授業実践の調査人数とは異なっている。

4.4 授業の概要

4.4.1 授業実践のねらいと問題

本授業は、相殺方略を用いる問題の解決を通して、よりよい解決方法を追究することにより、納得できる解決を見つけ、算数のよさを実感することをねらいとして行った。このような解決方法が一つに定まらない、比較的難易度が高い

問題

だしが屋さんで買い物をします。クッキー1個とチョコレート1個では55円。クッキー1個とガム1個では50円。チョコレート1個とガム1個では45円です。クッキー1個、チョコレート1個、ガム1個はそれぞれ何円ですか。式と答えを書きましょう。

クッキー 55円

チョコレート 50円

ガム 45円

図4 実践問題

非定型問題の解決は、既有知識を総動員しての解決が必要となるため、深い学びの実現が可能になるとされている（藤村,2018）。

4.4.2 評価についての考え方とその方法

本授業で子どもたちから出てくる解法は大別すると 3 種類である。本実践は説明・受容型

解法1

$$\begin{array}{l} 55-50=5 \\ 45-5=40 \quad \text{ガム} \quad 20\text{円} \\ 40 \div 2 = 20 \quad \text{チョコレート} \quad 25\text{円} \\ 45-20=25 \\ 50-20=30 \end{array}$$

解法2

$$\begin{array}{l} 55+50=105 \\ 105-45=60 \quad \text{クッキー} \quad 30\text{円} \\ 60 \div 2 = 30 \quad \text{チョコレート} \quad 25\text{円} \\ 55-30=25 \\ 50-30=20 \end{array}$$

解法3

$$\begin{array}{l} 55+50+45=150 \quad \text{全部} \\ 150 \div 3 = 50 \div 2 = 25 \quad \text{クッキー} \quad 30\text{円} \\ 75-45=30 \quad \text{チョコレート} \quad 25\text{円} \\ 75-50=25 \\ 75-55=20 \end{array}$$

図5 子どもたちの解法

し、納得が得られるように丁寧に進めていく。その上で授業後の各解法の理解度を調査し比較する。そして両群の授業直後の解法の理解度に差が見られない場合、理解したときのうれしさや、事後調査での学習内容の保持・転移の様相を見ることによって理解の質の違いが明らかになると考える。

したがって第 1 の評価は授業直後にアンケート調査を行い、各解法の理解度、理解できたときのうれしさの程度を調査し考察する。そして第 2 の評価は授業から 2 週間後に事後テストを行い、学習内容の保持と転移の効果を調査し比較する。また本実践の目的は 3 つの解法のうちどれか一つの解法の調査により達成されるため、自力解決における解法 1 の未解決者を評価対象とする。

子どもたちの理解の様相および理解度やうれしさは、「わかった」「うれしかった」という実感の程度を、4 件法（とても…、まあまあ…、あまり…、全く…）によるアンケートで調査し、それを点数化（4 点,3 点,2 点,1 点）し、平均

を求めることにより考察する。

4.4.3 授業における解法理解活動の概要

授業実践では問題場面の絵を提示した後、しばらくそれを観察させ、何か気づくことはないかと問いかけた。そこで子どもたちはアとイを見比べ、チョコレートの方がガムより 5 円高いことに気づいた。その後 6 分から 8 分の自力解決の時間をとった後に解法理解活動を行った。（T は教師、C は子どもの活動、「➡」は子どもたちの反応、 は小集団討議の会話の内容を表している）

【統制群の説明・受容型学習による解法理解活動】

T1：では発表してもらいましょう。A さん、あなたが書いた式をいってください。

C1：55 - 50 = 5, 45 - 5 = 40,
40 ÷ 2 = 20, 20 + 5 = 25,
55 - 25 = 30 ➡同じです。

55 - 50 = 5
45 - 5 = 40
40 ÷ 2 = 20
20 + 5 = 25
55 - 25 = 30

T2：この式を見て意味が理解できた人？ ➡挙手半数程度

T3：では隣近所でもいい合ってごらん。 ➡板書を指さしながら活発な討議

C①：まずクッキーは両方にあるから、55-50をするとチョコレートとガムの値段の差が出る。チョコが5円高いことがわかって、45から5を引くとチョコが高いぶんの5を引く。そうするとガム2個の値段が出て2で割る。

T4：ではもう一度聞きます。この式の意味が理解できた人？ ➡挙手多数

T5：では A さん、説明してください。

C2：55 円から 50 円を引くというのは、チョコレートはガムよりも 5 円高いということをまず納得できるようにするため。ウは 45 円だから 5 円の差をなくして、その後 40 ÷ 2 で半分がガム。そのあとチョコレートが 5 円高いので +5。20 円 + 5 でチョコレートの値段が 25 円とわかったの、55 円からチョコレートの 25 円を引くとクッキーの値段が 30 円とわかる。

T6：今の説明できちんと理解できた人 ➡挙手多数

T7：45-5 = 40 という式の意味をもう少し詳しく説明してくれませんか。

C3：チョコレートの方がガムより 5 円高いので、5 を引くとガムが 2 個分の値段になるので 45-5 をします。

T8：今の説明が理解できた人？ ➡挙手多数
 T9：45 から5 を引くとガム2 個分が出ますね。ガム2 個分が40 円だから、 $40 \div 2$ の20 はガム1 個の値段が出てくるわけです。この問題は1 つの値段がわかるとあとの値段は全部わかるということですね。 ➡うなずき多数 C※1
 — 以下略 —

【実験群の発見的追跡法による解法理解活動】

T10：では発表してもらいましょう。B 君、君が書いた最初の式だけをいってください。
 C4：55-50 = 5 (板書する)。
 T11：どうですか皆さん。この55-50 = 5 という式はどんな意味ですか？ — 間 —
 何を表しているんですか？ 5 ってなあに？ ➡挙手少数 C※2
 T12：隣近所で相談してごらん。 ➡黒板の問題を見ながらの活発な討議

C ②アの55 から50 を引いた。
 C ③チョコレートがガムより5 円高いってこと？
 C ④うん、うん (うなずき)
 C ⑤そういうことかあ。 ➡うなずき

T13：OK ですか？じゃあ顔を上げてください。
 この55-50 = 5, この式は何を表していますか？
 C5：アとイの値段の差。
 T14：アとイの値段の差、どうですか？ ➡いいです。
 T15：いいですね。アとイの値段の差、じゃあこれは何を表していますか？
 C6：チョコレートとガムの値段の差。
 T16：いいですね。じゃあこれをもう少し詳しくいってください。値段の差が5 円だということとは？
 C7：チョコレートの方がガムより5 円高い。
 T17：チョコレートの方がガムより5 円高い、賛成の人？ ➡挙手多数
 T18：(絵を指さし) これを見るとチョコレートのほうがガムより5 円高いことがわかるんですね。じゃあこの次にはどんな式が来るんですか？ B 君が書いたこの次の式を考えてごらん。(しばらく間をとり) わかる人？
 C8：45-5 = 40 (板書する)。
 T19：45-5 = 40。どうですか？ ➡うなずき多数
 T20：ではこの式はどんな意味なんですか？この40 は何を意味してるんだろう？ B 君は何をやろうとしたんだろう。隣近所で相談してごらん。

C ⑥ウの差をなくしたもの？
 C ⑦チョコレートとガムをいっしょにした。
 C ⑧ガム2 個と同じにした。

T21：わかる人？
 C9：ガムとチョコは5 円の差があるから、合わせた値段から5 円引いちゃえばガムと一緒にの値段にチョコがなる。
 T22：今いってくれたことわかりますか？それってなんなの？みんなで一緒にいってごらん。
 C10：ガム2 個分の値段。
 T23：ガム2 個分の値段だということがわかる人？ ➡挙手多数
 T24：(提示したチョコレートをガムに替え) 5 円引けばガム2 個分になるよね？ OK ですか？ ➡うなずき多数
 T25：皆さんわかりますか、この続き？ ➡「はい」(多数)
 T26：じゃあこの続きを完成させて答えを書いてごらん。
 — 以下略 —

4.4.4 解法理解活動の比較とその考察

統制群の解法理解活動では、まず解法の全体が提示され、その意味を考えた上で、小集団討議を行い、理解内容を外化させた。この活動ではC ①のように、解き方の手順に着目した説明活動はさかんに行われたが、解決者の着想や、なぜ45-5 をするのかというような意図が話し合われることはなかった。また未解決者全員が説明活動を行うということは難しく、聞くだけの子どもが何人も存在した。

その後C 2 で解決者本人に解法の説明をさせ、理解度を確認したものの、45-5 = 40 の説明が不十分であると判断したので再度その場面の詳しい理解活動と説明を行い、全体での理解を深めた。その結果T 9 の下線C ※ 1 ではほぼ全員が納得の表情でのうなずきを見せたのでここでの解法理解活動は十分理解が深まったと判断した。

一方実験群の解法理解活動では、解法の最初の式だけを提示しメタ認知的問いかけを行った。ここでの子どもたちの下線C ※ 2 の様子

から、理解に必要な情報が不十分であることが伺えたため、T12で小集団討議を行わせ、思ったことや気づいたことを外化させた。その結果子どもたちはC②からC⑤の発言から情報を自己生成することができたと考えられ、その結果T13からT17までの展開のように式 $55-50=5$ は「チョコレートの方がガムより5円高い」という意味づけができた。

その後さらにT18からT20では、 $45-5=40$ を部分提示し、メタ認知的問いかけを行った。そして解決者が「どのような解決をしようとしているのか」などということを考えさせた。その後それについての小集団討議を行い、思ったことや気づいたことを外化させた。その結果子どもたちはC⑥からC⑧の発言から情報を自己生成することができたと考えられ、それがC9からC10のように、40はガム2個分の値段であるということに気づき、解決者がどのように解決しようとしたかということを理解することができたと考えられる。その結果子どもたちは、解決の全体像を見通すことができ、続きを自力で完成させることにつながったと思われる。

この2つの授業の比較から、実験群は統制群と比べメタ認知的問いかけが多く生起しており、「なぜ」「どうして」ということを考え、式を丁寧に意味づけする機会が多い。それに対して統制群は解き方の手続きに着目した討議に終始している。また実験群はメタ認知的問いかけに伴い、小集団討議を行う機会が必要になるため、統制群と比べて外化活動が多く生起している。さらに実験群では解法の続きを完成させることができるが統制群ではそれができない。これらのことから実験群は統制群と比べて学習内容の精緻化を促進させる手立てが多く生起しているといえる。

4.4.5 授業後のアンケート結果

授業を受けた人数は全体で199名、そのうち調査対象となる解法1の未解決者は99名、全

体の49.7%であった。そして統制群の未解決者は40名で全体の46.0%、実験群の未解決者は59名で52.7%であり、両群の未解決者の割合に有意差はなかった($\chi^2(1) = 0.880$, $p = .348$)。その未解決者を対象とした授業直後の理解度の平均値は統制群3.58 (SD=0.738)、実験群3.56 (SD=0.671)であり、有意差は認められなかった($t(97) = -0.108$, $p = .914$)。ところが理解したときのうれしさの程度平均値は、統制群が3.03 (SD=1.037)、実験群では3.42 (SD=0.764)であり、実験群が有意に高かった($t(97) = 2.180$, $p = .032$)。

以上の結果から統制群の授業でも実験群の授業でも、子どもたちが実感している「わかった」という程度は同じでも、理解したときのうれしさには差があり、説明・受容型学習による理解に比べて、発見的追跡法による理解の方が子どもたちの内発的動機付けを高める効果があるといえる。

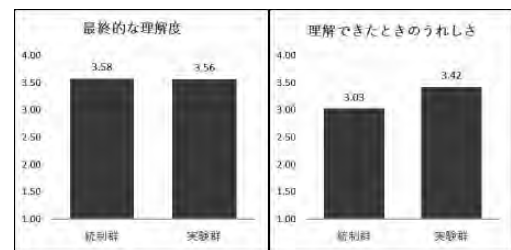


図6 アンケート調査の結果

4.4.6 事後テストの結果

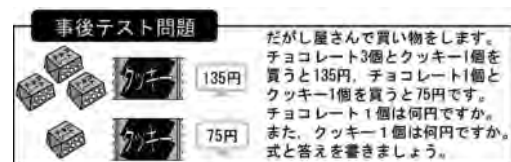


図7 事後テストの転移率の調査問題

事後テストを受けた未解決者は統制群40名、実験群59名であった。解法1の記憶保持の調査では、授業で使った問題を提示し、 $55-50=5$ 、 $45-5=40$ という式の続きを完成させた。その結果、統制群の正答者は22名、正答率(保持

率) 55.0%, 実験群の正答者は 45 名, 保持率は 76.3% であり, 実験群が有意に高かった ($\chi^2(1)=4.931, p=.026$)。

また転移については相殺方略がどの程度使えるかを調査した。子どもたちの正解法のはほとんどは $135-75=60$, $60 \div 2=30$, $75-30=45$ とするものであり, 相殺方略を用いていた。その結果, 統制群の正答者は 17 名, 正答率(転移率)は 42.5%, 実験群の正答者は 37 名, 転移率は 62.7% であり, 実験群が有意に高かった ($\chi^2(1)=3.928, p=.048$)。

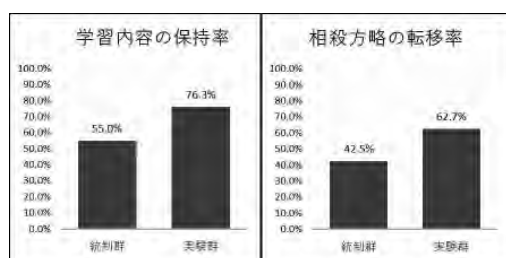


図8 事後テストの結果

4.4.7 授業実践から見た発見的追跡法の有効性についての考察

本実践の授業の結果, 統制群, 実験群ともに同程度の理解が得られた。しかし子どもたちの「理解できたときのうれしさ」の調査からは, 実験群のうれしさの程度が有意に高かった。このことから発見的追跡法による理解は, 内発的動機づけを高める効果があるといえる。これは説明によるわかりと, 発見によるわかりの違いであると考えられ, 発見的追跡法のメタ認知的問いかけによる, 解決に必要な情報を自己生成することによる精緻化効果の結果であると考えられる。

さらに事後テストの結果からは, 統制群に比べて実験群の方が, 記憶の保持率及び転移率が有意に高かった。このことから発見的追跡法は学習内容の記憶を高めるとともに, 転移にも効果があることが伺われる。これは発見的追跡法によって行われる, メタ認知的問いかけによる

自己生成精緻化の効果と小集団討議における外化活動による精緻化効果, さらに部分的にでき上がった解法の続きを自力で完成させることによる精緻化効果によるものと考えられる。

5 本研究の成果と今後の課題

本研究では算数・数学の問題解決型授業で一般的に行われている, 解法の全体を提示しての説明・受容型の解法理解活動の問題点を補うため, 部分提示を主とした発見的追跡法の理論を補強した。そしてそれを具現化することとあわせて, どのような効果が見られるかを考察するために授業実践を行い, 説明・受容型の授業と発見的追跡法とを比較した。その結果発見的追跡法は, 説明・受容型の授業と比べて, 学びを深める手だてである, メタ認知的問いかけや外化活動が多く生起することがわかった。それにより発見的追跡法では, 問題の解決に必要な情報を自己生成することによる精緻化効果や外化による精緻化効果により, 内発的動機づけを高めたり, 学習内容の保持・転移に効果があったりすることがわかった。このことから発見的追跡法は算数・数学の学習において学びを深める手だてとなり得ることが示唆された。これが本研究の成果である。

しかし, 発見的追跡法はすべての未解決者に自力での解法の続きを完成できる機会を与えているとはいえないものの, 本実践では 23.7%の未解決者は自力での解法の続きの完成には至らず, 最終的な理解は説明によって得ている。こうした解法の続きが完成できなかった未解決者は, 自力で解法の続きが完成できた未解決者と比べて, 理解度, うれしさ, 解法の保持率, 転移率のすべてにわたって有意に低いレベルの結果となっている。

未解決者が自力で解法の続きを完成できないかは, 個人のもつ既有知識の差に原因があると考えられる。今後このことをどのよう

に解決していくかが課題として残されている。その解決策として、部分提示とメタ認知的問いかけ後に行うペアや小集団での話し合い活動を充実させるということがあげられる。そのことにより、解決に必要な情報量を増やすことが情報の自己生成につながり、外化活動を通しての精緻化に結びつくものとする。今後はこのことを踏まえ、発見的追跡法がより汎用性の高い指導法となるよう研究を深めていきたい。

〈註〉

- 1：本実践は普段一般的に行われている統制群の授業形態に対して、実験群の新たな形態の授業を提案しようとするものである。したがって統制群の児童に不利な教育を提供するわけではない。このような意味で本調査に関する倫理的な問題について当該校の校長と協議し、許可を得た上で実践を行っている。

〈引用・参考文献〉

- ・E・D・ガニエ著、赤堀侃司他監訳（1989）、「学習指導と認知心理学」、『パーソナルメディア』, 116 頁
- ・藤村宣之他（2018）,「協同的探究学習で育む「わかる学力」」,『ミネルヴァ書房』,2,17,34,38,40,45,67 頁
- ・銀林浩（1985）,「算数・数学における理解」,佐伯 胖編「理解とは何か」,『東京大学出版』, 37-68 頁, 42-47 頁
- ・ジェームズ・W. スティグラー・ジェームズ・ヒーバート著、湊三郎 訳（2002）,「日本の算数・数学教育に学べ」,『教育出版株式会社』,81-82 頁
- ・菊池乙夫（2006）,「算数科「問題解決学習」に対する批判と提言」,『明治図書』, 29 頁
- ・北尾倫彦・速水敏彦（1986）,「わかる授業の心理学」,『有斐閣選書』, 14-15 頁
- ・小池嘉志（2019）,「算数教育における発見的追跡法についての考察」,『中部大学現代教育学研究紀要』, 13 号, 13-23 頁
- ・松下佳代（2015）,「ディープ・アクティブラーニング」,『勁草書房』,9 頁
- ・溝上慎一（2014）,「アクティブラーニングと教授学習パラダイムの転換」,『東信堂』,13 頁
- ・溝上慎一（2017）,「深い学びとは」, 2019/06/23, Retrieved from [http://smizok.net/education/subpages/a00024 \(deep%20learning\) .html](http://smizok.net/education/subpages/a00024%20learning.html),
- ・西林克彦（1997）,「「わかる」のしくみ」,『新曜社』, 3,20 頁
- ・三宮真智子（2018）,「メタ認知で〈学ぶ力〉を高める」,『北大路書房』, 121 頁
- ・相馬一彦（1997）「数学科「問題解決の授業」」,『明治図書』, 68-69 頁
- ・田中博史（2010）,「なぜ表現させなければならぬか」,「教えるって何?」,169-172 頁,『東洋館出版社』
- ・豊田弘司（1995）,「記憶を促す精緻化に関する研究」,『風間書房』, 5 頁
- ・豊田弘司（1998）,「記憶に及ぼす自己生成精緻化の効果に関する研究の展望」,『心理学評論』, 257-274 頁
- ・山鳥重（2002）,「「わかる」とはどういうことか」,『ちくま新書』, 8-9 頁

（令和 2（2020）年 2 月 21 日受理）