

算数・数学の問題解決型授業における精緻化
を促進する指導法に関する研究

2020年11月

愛知教育大学・静岡大学 教育学研究科

共同教科開発学専攻

小池嘉志

目次

序章 本研究の目的と方法	1
第1節 研究の背景と目的	1
第2節 研究の方法	3
第3節 論文の構成	4
序章の引用・参考文献	7
第1章 記憶を促進し、学習の質を高める精緻化についての基礎研究	9
第1節 学習の質と有意味学習との関連	9
(1) 学習の質についての捉え方	9
(2) 学習の質を高める有意味学習	13
第2節 学習内容の理解と精緻化との関連	16
(1) 精緻化概念のさまざまな捉え方	16
(2) 有意味学習と精緻化との関わり	19
第3節 学習に関する精緻化研究の系譜	20
(1) 学習に関する精緻化研究の変遷	20
(2) 学校学習を重視した北尾による精緻化研究	23
(3) 精緻化の型に着目した豊田による精緻化研究	26
第4節 人間の情報処理に関する精緻化の働き	30
(1) パターン認識における既有知識の働きと精緻化	30
(2) 精緻化の過程におけるスキーマの役割	32
第5節 精緻化理論の学習への応用と評価	33
(1) 授業における学習内容の理解と精緻化の関わり	33
(2) 自己生成精緻化の学習への応用	34
(3) 学習の過程で精緻化を評価する指標	37
第6節 第1章のまとめ	39
第1章の引用・参考文献	40
第2章 精緻化の視点から見た算数・数学の問題解決型授業の課題と先行研究の検討	44
第1節 わが国における算数・数学の問題解決型授業の現状	44
(1) わが国の算数・数学の授業形態の特徴としての問題解決型授業	44
(2) 問題解決型授業のねらいと授業のプロセス	45
第2節 算数・数学の問題解決型授業における解法理解活動についての考察	47
(1) 問題解決型授業における練り上げの役割	47
(2) 問題解決型授業における未解決者の存在と解法理解活動	49

(3)	自己発表法による解法理解活動	50
(4)	他者発表法による解法理解活動	52
(5)	解法の全体提示による解法理解活動を行う説明・受容型学習	55
第3節	精緻化の視点から見た算数・数学の問題解決型授業の課題	56
(1)	説明を聞くことを中心とした理解活動に関する課題	56
(2)	「わかったつもり」と呼ばれる表面的な理解についての課題	58
(3)	自己生成精緻化の視点から見た説明・受容型学習の解法の全体提示の問題点	59
第4節	精緻化の理論を取り入れた算数・数学分野における先行研究の検討	60
(1)	精緻化に関わる E.A.Silver の研究	60
(2)	問題理解から自力解決を重視した松川・高橋による研究	63
(3)	学びを深める協同的探究学習を取り入れた藤村の研究	64
(4)	先行研究の課題と本研究における算数・数学分野への新たな精緻化理論の応用	66
第5節	第2章のまとめ	68
	第2章の引用・参考文献	69
第3章	算数・数学の学習における精緻化理論の応用と精緻化の促進	72
第1節	算数・数学の学習への精緻化理論の応用	72
(1)	算数・数学の学習の特徴から見た精緻化理論の応用	72
(2)	算数・数学の授業における自己生成精緻化に基づく授業例	73
(3)	本研究における手だてについての考え方	74
第2節	算数・数学の授業における精緻化を促し学びを深める手だて	75
(1)	自己生成精緻化を促進させる精緻的質問	75
(2)	外化活動による精緻化の促進	77
(3)	協同学習がもつ精緻化効果	79
(4)	部分提示をもとに解法の全体を完成させることによる精緻化効果	80
(5)	精緻化を促すその他の手だて	83
(6)	精緻化を促す手だてと期待される子どもたちの精緻化の姿	86
第3節	第3章のまとめ	87
	第3章の引用・参考文献	88
第4章	算数・数学の問題解決型授業における精緻化を促進する指導法の構築	90
第1節	精緻化を促す手だてを組み入れた指導法の理論	90
(1)	解法理解活動における解法の部分提示の効果	90
(2)	解法の部分提示を取り入れた算数・数学の解法理解活動の様相	92
(3)	解法理解活動における精緻化を促す手だての活用	93
(4)	発見的追跡法を組み入れた解法理解活動の構成	94

第2節	精緻化理論に基づく発見的追跡法による授業構成の方法	96
(1)	発見的追跡法により授業を組み立てる際の基本的な考え方	96
(2)	発見的追跡法による解法理解活動の組み立ての手順	97
第3節	発見的追跡法による算数・数学の授業構成のポイント	100
(1)	数と計算領域における発見的追跡法の利用のポイント	100
(2)	図形領域における発見的追跡法の利用のポイント	103
第4節	第4章のまとめ	108
	第4章の引用・参考文献	109
第5章	授業実践を通して見る発見的追跡法の精緻化の効果の検証	110
第1節	授業実践の目的・方法および計画	110
(1)	検証の目的および検証すべき仮説	110
(2)	検証の方法	111
(3)	検証の計画	111
第2節	相殺方略の定着度の調査および実験群,統制群のグループ分け	112
(1)	事前テストの目的と方法	112
(2)	事前テストの結果と実験群,統制群のグループ分け	114
(3)	授業実践における倫理的側面についての考え方	114
第3節	授業実践の実際および解法理解活動の質的分析による比較	115
(1)	問題の選定と子どもたちから出される解法	115
(2)	授業実践における問題設定活動の概要	116
(3)	統制群の説明・受容型学習による解法理解活動の概要	118
(4)	実験群の発見的追跡法による解法理解活動の概要	119
(5)	解法理解活動における精緻化を促す手だての様相と精緻化の姿の質的分析	122
第4節	事後アンケート調査から見る理解度の比較	125
(1)	理解度の調査の目的	125
(2)	理解度の調査の方法	125
(3)	理解度の調査結果	125
(4)	理解度の調査結果からの考察	125
第5節	事後アンケート調査から見る解法理解時の満足度(うれしさ)の比較	126
(1)	満足度の調査の目的	126
(2)	満足度の調査の方法	126
(3)	満足度の調査結果	127
(4)	満足度の調査結果からの考察	127
第6節	事後テストから見る発見的追跡法の学習内容の保持・転移に関する考察	127
(1)	事後テストの目的	127

(2)	学習内容の保持についての調査の方法	127
(3)	学習内容の保持についての調査結果	129
(4)	学習内容の転移についての調査の方法	129
(5)	学習内容の転移についての調査結果	130
第7節	授業実践を通して見る発見的追跡法の有効性についての考察	130
(1)	精緻化を促す手だての様相と精緻化の姿の比較からの考察	130
(2)	授業後の理解度の比較からの考察	131
(3)	解法理解時の満足度(うれしさ)の比較からの考察	131
(4)	学習内容の保持・転移の効果の比較からの考察	132
第8節	第5章のまとめ	132
	第5章の引用・参考文献	134
終章	本研究の成果と今後の課題	135
第1節	本研究の成果	135
(1)	算数・数学の学習内容の理解への精緻化の概念の適用	135
(2)	自己生成精緻化を促し、子どもたち一人一人の学びの成立を保障する 指導法としての発見的追跡法の提案	136
第2節	今後の課題	137
	終章の引用・参考文献	138

序章 本研究の目的と方法

第1節 研究の背景と目的

平成 29 年 3 月に文部科学省から新学習指導要領が公示された。その改定の基本的な考え方の 1 つに、「平成 20 年改定の学習指導要領の枠組みや教育内容を維持した上で、知識の理解の質を更に高め、確かな学力を育成する」とあり、「理解の質を高める」ことが強調された(文部科学省,2017,p.2)。このこと背景として奈須(2017)は、全国学力・学習状況調査の結果の影響を指摘している。この調査では、日本の子どもたちは授業で教わった通りの答え方で解決できる A 問題はよくできるのだが、教わったことを他の場面に適用する B 問題はそうではない。この A 問題と B 問題の得点の差は、子どもたちが習得した知識を活用できていないためであり、それは「何を知っているか」を問う内容中心の教育によりもたらされている。そして習得した知識が活用されるような学習の転移をもたらすためには、単に知識を所有しているだけではなくその質が決定的に重要であるとし、学習の質を転移の効果として捉えている(奈須,2017,pp.61-66)。すなわち今学校教育に求められているのは、単に知識を所有することに止まることなく、所有した知識が他の場面に活用できる質の高い学習、すなわち転移が生ずることをめざした学習である。奈須(2017,pp.152-157)はそのような質の高い学習として、学習事項を既有知識と関連させて学習することによって深い概念的理解へと到達することができる有意味学習を紹介している。

同じ学習内容を学ぶにでも、学び方が違えば子どもたちが獲得する知識の質は明らかに違う。深谷(2016,p.6)は、単に記憶するだけよりも、意味を考えながら学習をする方がその内容も長期的に保持され、応用も効くとしている。例えば 4×12 の計算の仕方を学習する際に、「 4×12 は、12 を 5 と 7 に分けて 4×5 と 4×7 をたせばいいですよ。みなさんわかりましたか」と教師の側が解決に必要な情報を与え、子どもたちに教えてしまえば子どもたちはその方法を理解する。しかし「 4×12 を今まで習ったかけ算を利用して求めることはできませんか」と問うことにより、子どもたち自らが「 4×12 は 4 の 12 個分であることをもとに、4 の 5 個分と 4 の 7 個分をたせばいい」と、既有知識として子どもたちがもっているかけ算のもともとの意味から、計算方法を見つけ出す方が記憶にもよく残り、学習の転移も期待できる。すなわち質の高い学習が期待できる。

このような学習内容の理解の質に着目したときに、注目される概念として認知心理学における精緻化の概念があげられる。本研究は認知心理学における精緻化の概念を学校における子どもたちの学習活動に応用し、子どもたちの効果的な学びを支える理論的枠組みを構築しようとするものである。精緻化は 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る(Craik&Tulving,1975)。もともと精緻化とは、「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(アンダーソン,1982;ガニエ,1989;豊田,1995)。したがって精緻化が適切になされれば記憶成績は向上する。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、単なる記憶方略というより、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 4×12 の計算方法を考える場合に、「 4×5 と 4×7 をたせばいい」ということが理解できるためには、まずかけ算とは「基準量のいくつ分を求めること」であり、 4×12 という式は「4 の 12 個分を表している」という知識が必要となる。その上で「12 は 5 と 7 に分けることができる」、「 4×5 は 20, 4×7 は 28 である」、「20+28 の計算方法」など複数の既有知識が結びつくことによって、「 4×12 は 4×5 と 4×7 をたせばいい」と子どもたち自らが解釈し、納得するというプロセスによって理解が得られる。このような既有知識を利用して新しい情報を解釈し、理解に至るプロセスが精緻化であり、この精緻化が適切に成されることによって、学習内容の理解は深まり記憶にもよく残る(北尾・速水,1986;Kalyuga,2009;北尾,2020)。したがって授業の中で精緻化を促進させるよう教師が子どもたちに対して働きかける手だてを講じる指導によって学習内容の理解の質が高まることが期待できる。

一方でわが国の算数・数学教育に目を転じてみると、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(スティグラマー・ヒーバート,2002)。問題解決型授業は、学ぶことの面白さや考えることの楽しさを実感させ、成就感や達成感などを味わわせることができる(文部科学省,2008)として広まってきたという経緯がある。しかし一方で、実際に行われている問題解決型授業については、子どもたち一人一人が十分に理解することは難しい、子どもたちは「わかった」というわりには学力として身に付いていないなど、理解に関する多くの問題点が指摘されている(尾崎,2014;神谷,2017;小池,2020)。

また問題解決型授業では、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く、必ず未解決者が存在する(菊池,2006;河崎,2013)。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解法理解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(広田,1984;河崎,2013;尾崎,2014;藤村,2018, p. 34)。

ところがこの説明ややり取りは、解法の全体を提示して行うことが主流となっているため、説明を聴く側の子どもたちにとっては、話し合いの的が絞りにくいことや与えられる情報による理解に終始し、自ら考える、気づくといった機会がもちにくい。そのためどうしても話の内容が解き方の手順や手続きを解説することに終始してしまい、「なぜそのような解法になるのか」、「解決者はどのようなことをもとにその解決を思いついたか」など、解法の深い検討が生起しにくい。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(西林,1997)、次の時間になると学習内容を忘れていたり、他の

課題解決場面への転移ができなかつたりする。

これら問題解決型授業が抱える理解についての問題点を、精緻化の視点から考察してみると、解法の全体を提示することによる説明・受容型の授業展開では、上記の理由により子どもたちが十分な精緻化を行うことが難しいという問題が見えてくる。したがってその改善策として、解法を部分提示することにより精緻な検討が可能になり、精緻化を促進させることができるのではないかと考えた。それによってこれらの問題点の解決につながるのではないかと考えられる。しかしそのような学習形態を子どもたちの認識論に基づいて提案をした先行研究は少ない。

以上のことから本研究ではこうした問題解決型授業の問題点を、精緻化の視点から捉えることによってその原因を探り、授業中の解法理解活動において精緻化を促し学習内容の理解の質を高める指導法を提案し、その効果を検証していきたいと考える。そこで本研究の目的を次のように定める。

研究の目的

算数・数学の問題解決型授業の問題点を、精緻化の視点から捉えることによってその原因を明らかにし、改善策として算数・数学の問題解決型授業において、精緻化を促進する指導法を構築し、その効果を検証する。

上記の目的を達成するために、本研究では以下の点を研究課題として設定し、それを明らかにしていく。

- 研究課題(1) 精緻化についての先行研究を調査し、その知見を整理するとともに、精緻化理論の学習への応用について検討する。
- 研究課題(2) 算数・数学の問題解決型授業の問題点を精緻化の視点から明らかにし、その改善のための方法を検討する。
- 研究課題(3) 算数・数学の学習に適した精緻化の型を検討し、授業において精緻化を促進するための教師の働きかけ(手だて)を考案する。
- 研究課題(4) 算数・数学の問題解決型授業の解法理解活動において、精緻化を促進する手だてを組み入れた指導法を構築し、それを適用した授業構成の方法を提案する。
- 研究課題(5) 研究課題(4)に基づく指導法の効果を、授業実践を通して検証する。

第2節 研究の方法

本研究では、研究課題(1)から(5)に対する考察を深めることで、本研究の目的に迫っていく。その方法は以下の通りである。

研究課題(1)は、本研究の基盤となる精緻化理論についての理解を深め、その概念を学校における授業の学習内容の理解場面に応用していくために文献により研究を進めていく。

精緻化研究の歴史的流れ、精緻化のプロセス、精緻化と学習内容の理解との関わりなどを文献で調査することによって、学校における学習に精緻化理論がどのように応用できるかということを検討していく。

研究課題(2)については、文献研究を通して算数・数学教育における問題解決型授業の問題とされている点について精緻化の視点から検討する。そしてその問題点が問題解決型授業の学習過程のどの活動で起こっているのかを特定し、その原因を明らかにする。その上で精緻化理論を算数・数学教育に応用している先行研究を文献により調査し、問題点の改善の視点から見た本研究の独自性を明らかにする。

研究課題(3)については、文献研究によって算数・数学の学習の理解の特徴について調査し、子どもたちの理解を深めるためにはどのような精緻化(精緻化の型)が生起すればよいのかを検討する。そのうえで文献研究で得られた知見をもとにして、算数・数学の学習において精緻化が促進されるメカニズムを明らかにし、算数・数学の授業における精緻化を促す教師の働きかけ(手だて)を考案していく。

研究課題(4)は、学校での算数・数学の問題解決型授業の解法理解活動に、研究課題(3)で考案した精緻化を促進させる手だてを組み入れた指導法を構築し、実際の授業をどのように組み立てていけばいいのかという授業構成の方法を提案していく。これは精緻化理論を問題解決型授業の中に組み入れることによる理論研究となる。

研究課題(5)については、研究課題(4)で構築した指導法を適用し、算数・数学の問題解決型授業の実践を行うことを通して、その指導法の精緻化効果を検証する。検証の方法は、精緻化がなされたかどうかを見る指標を作成し、研究課題(4)で構築した指導法による効果として精緻化が見られたかどうかを、子どもたちの姿を分析し判断する質的研究と統計調査によって分析し判断する量的研究をあわせて行う。

第3節 論文の構成

本論文は次のように構成されている。

序章では本研究の背景と目的を述べる。ここではまず平成29年3月の学習指導要領の告示に伴い、それまで指導すべき内容に重きが置かれていた学習指導要領が、学び方にまでも言及されるようになった経緯を述べる。そこでは学習内容の理解の質を高める学びが重要とされ、そのためには精緻化の概念を取り入れた研究が有効であることを述べる。

一方で算数・数学教育に目を転じたときの問題点として、問題解決型授業における学習内容の理解の困難性に言及する。そしてその問題点の原因を精緻化の視点から探り、その改善策として精緻化を促進する指導法を提案することに言及する。またそのことについての先行研究を概観し、対象とする分野では十分に研究がなされていないことから本研究の目的である「算数・数学の問題解決型授業の問題点を、精緻化の視点から捉えることによってその原因を明らかにし、改善策として算数・数学の問題解決型授業において、精緻化を促進する指導法を構築し、その効果を検証する。」を定め、本研究で解決すべき研究課題

と研究の方法を示す。

第1章は研究課題(1)、「精緻化についての先行研究を調査し、その知見を整理するとともに、精緻化理論の学習への応用について検討する。」に対応している。精緻化とはもともと認知心理学の記憶研究の分野で生み出された概念であり、記憶すべき情報に何らかの情報を付け加えることにより、それを覚えやすくする記憶方略である。そしてその捉えが広がり、単なる記憶方略ではなく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指すようになった。したがって精緻化は学習内容の理解の質に大きく関わる概念である。本研究ではそれを学校の算数・数学の授業場面における解法理解の側面に応用し、学習内容の深い理解をめざそうとしている。したがって第1章では精緻化についての先行研究を文献により調査し、有意味学習と精緻化との関連、精緻化研究の変遷、精緻化が生起する仕組みについて整理し、精緻化理論を学校での学習場面に応用していくことの重要性について検討する。また精緻化は、付加される情報の量や質によってその有効性が異なることが明らかにされている。したがって学校の授業においてどのような場面でどのような精緻化が必要になるのか、またどのような精緻化が生起することが望ましいのかを探り、授業への応用について検討していく。

第2章は研究課題(2)、「算数・数学の問題解決型授業の問題点を精緻化の視点から明らかにし、その改善のための方法を検討する。」に対応している。ここではまず文献研究により、わが国の算数・数学教育の現状と問題点を整理する。そのうえで指摘されている問題点を精緻化の視点から検討することによってその原因を洗い出し、それが十分な精緻化ができていないためであることを明らかにする。精緻化の視点から捉えた問題解決型授業の問題点は、解法理解活動で一般的に行われている解法の全体提示にあると考えられる。したがって本研究はその問題点を改善するために、問題解決型授業における精緻化を促進する指導法を工夫していくことに言及する。

一方で算数・数学教育に精緻化理論を応用した先行研究について文献により調査し、整理する。そしてそれらの研究では、本研究が解決しようとしている課題の解決には至っていないことに言及し、本研究の独自性を示していく。

第3章は研究課題(3)、「算数・数学の学習に適した精緻化の型を検討し、授業において精緻化を促進するための教師の働きかけ(手だて)を考案する。」に対応している。本章ではまず文献研究により、算数・数学の授業における学習内容の理解の仕方について整理する。そのうえで算数・数学の学習に適した精緻化の型を検討し、授業において精緻化を促す教師の働きかけ(手だて)を考案する。算数・数学の学習では、知識を与えてしまうのではなく、気づかせていく、自己生成していくことが重視される。したがって算数・数学の学習に適した精緻化の型は自己生成精緻化であり、授業を展開していく上では自己生成精緻化の理論を応用していくことが望ましい。その上で授業の中でいかにして自己生成精緻化も含めた精緻化を促進させていくかについて検討する。精緻化の有効性は学習すべき情報に付加する情報の量と質によって規定される。したがって授業の中で精緻化を促し、学習の

質を高めていくためには、いかにして学習すべき内容に付加する情報の量を増やし、質を高めていくのかということを考えていかなければならない。したがってここでは授業の中で子どもたちに対して行うさまざまな教師の働きかけが、どのようにして学習内容の精緻化を促していくか、そのメカニズムを考え、それを文献研究から得た知見をもとに精緻化を促す手だてとして考案していく。

第4章は研究課題(4)、「算数・数学の問題解決型授業の解法理解活動において、精緻化を促進する手だてを組み入れた指導法を構築し、それを適用した授業構成の方法を提案する。」に対応している。問題解決型授業の解法理解活動で従来から一般的に行われている説明・受容型学習では解法の全体が提示され、それをもとに解法理解活動が進められる。ところがその活動では、未解決者が学習内容を十分に精緻化できないという問題点が指摘されている。そこで本研究ではその改善策として解法の部分提示を提案していく。したがってここではまず解法の部分提示の効果について述べる。その上でこの解法の部分提示を組み入れ、代表例を確実に理解することをねらいとした指導法を構築し、それを発見的追跡法と名付ける。そして発見的追跡法を組み入れた算数・数学の問題解決型授業を構成していく理論と方法を提案する。

第5章は研究課題(5)、「研究課題(4)に基づく指導法の効果を、授業実践を通して検証する。」に対応している。本章では第4章で構築した発見的追跡法について、どの程度精緻化を促進させる効果があるかについて授業実践を通じて考察していく。そこでまず発見的追跡法により講じた手だてに対して、子どもたちに精緻化が生じた姿が見られたかを判断する。その上で記憶成績を見ることになる。精緻化はもともと記憶を促進させるにはどうしたらよいかということから生まれてきた概念である。したがって子どもたちの中で適切な精緻化が生起し、学習内容の理解の質が高まり、深い学びが実現すれば、記憶が促進され子どもたちの学習内容の保持の効果が高まる。またそれに付随して転移の効果も高まるとともに学習内容を理解したときの満足度も高い。したがって精緻化の姿の表出、学習内容の保持および転移の効果および解法理解時の満足度を見ることによって、有効な精緻化がなされたかどうかを確かめることができる。このことを検証するために、実験群として発見的追跡法での授業、統制群として一般的に行われている説明・授業型の授業を行う。そして授業分析による精緻化の姿の表出の調査、授業後のアンケートによる解法理解時の満足度の調査、また授業から2週間後の事後テストによる学習内容の保持および転移についての調査をする。そして質的分析により精緻化の姿が表出したかどうかの考察をするとともに、アンケートおよび事後調査の結果を統計的手続きによって分析し、学習内容の保持の効果および転移の効果、そして解法理解時の満足度ともに実験群である発見的追跡法の方が統制群の説明・受容型学習と比較して有意に高いということがいえれば、指導法としての発見的追跡法が説明・受容型学習と比較して精緻化を促す効果が高いと判断してもよいことを述べる。

終章では本研究の成果と今後の課題についてまとめる。

本研究の成果は、算数・数学の学習内容の理解について精緻化の視点から考察し、算数・数学の解法理解に精緻化の概念を適用できたということ、問題解決型授業の問題点に対する改善策として、発見的追跡法を提案し、その学習内容の保持と転移および満足度に関する有効性を実証できたことである。それにより本研究の目的である「算数・数学の問題解決型授業の問題点を、精緻化の視点から捉えることによってその原因を明らかにし、改善策として算数・数学の問題解決型授業において、精緻化を促進する指導法を構築し、その効果を検証する。」は達成できたと考えられることを述べる。

また今後の課題としては、発見的追跡法は問題解決型授業の課題をすべて解決できたわけではなく、未解決者一人一人の自力解決を保障するという面ではまだまだ不十分であり、一人でも多くの未解決者の自力解決を保障する指導法として改良していくことが必要であることを述べる。そして少しでも多くの算数・数学の授業で発見的追跡法を活用し算数・数学教育に貢献できるようにすべきであることを述べる。

序章の引用・参考文献

- ・アンダーソン, J.R. 著, 富田達彦・増井 透・川崎恵理子・岸 学 訳, 1982, 『認知心理学概論』, 誠信書房
- ・ Craik, F. I. M., & Tulving, E., 1975, Depth of processing and the retention of words in episodic memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, 104 (3), pp. 268-294.
- ・藤村宣之・橘 春菜・名古屋大学教育学部附属中・高等学校, 2018, 『協同的探究学習で育む「わかる学力」』, ミネルヴァ書房
- ・深谷達史, 2016, 『メタ認知の促進と育成』, 北大路書房
- ・ガニエ, E.D. 著, 赤堀侃司・岸学 訳, 1989, 『学習指導と認知心理学』, パーソナルメディア
- ・広田忍, 1984, 「D.P. Ausubel の『受容学習』概念の批判的検討」, 富山大学教育学部紀要, 32, pp. 31-42
- ・Kalyuga, S. ,2009, Knowledge elaboration: A cognitive load perspective, *Learning and Instruction*, Volume 19, Issue 5, October 2009, Pages 402-410
- ・神谷佳和, 2017, 児童が学習内容を確かに理解する算数指導, 平成 28 年度教育研究員研究要録, pp. 101-110, 名古屋市教育委員会
- ・河崎美保, 2013, 『複数解法提示による算数の学習促進効果』, ナカニシヤ出版
- ・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
- ・北尾倫彦・速水敏彦, 1986, 『わかる授業の心理学』, 有斐閣
- ・北尾倫彦, 2020, 『「深い学び」の科学』, 図書文化
- ・小池嘉志, 2020, 「学びを深める解法の部分提示についての考察」, 教育実践方法学研究, 第 5 巻, 第 1 号, pp. 51-63

- ・ 文部科学省, 2017, 『小学校学習指導要領解説(平成 29 年告示)解説』, 日本文教出版
- ・ 文部科学省, 2016, 「幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について (答申)」, https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/_icsFiles/afieldfile/2017/01/10/1380902_0.pdf
- ・ 文部科学省, 2008, 『中学校学習指導要領解説数学編』, 教育出版
- ・ 奈須正裕, 2017, 『「資質・能力」と学びのメカニズム』, 東洋館出版社
- ・ 西林克彦, 1997, 『「わかる」のしくみ』, 新曜社
- ・ 尾崎正彦, 2014, 『算数学力日本一への挑戦』, 明治図書
- ・ ステイグラ, J. W. ・ ヒーバート, J. 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
- ・ 豊田弘司, 1995, 『記憶を促す精緻化に関する研究』, 風間書房
- ・ 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, 41(3), pp.257-274.

第1章 記憶を促進し、学習の質を高める精緻化についての基礎研究

第1節 学習の質と有意義学習との関連

(1) 学習の質についての捉え方

① 学習の質と記憶

森(2006a, p. 60)は、「人間の記憶には、電話帳で電話番号を調べて電話をかけた後に、もう一度その番号を思い出そうとしても、思い出すことができないといったような、情報を一時的に保持しておくだけの短期記憶と、自宅や友人の電話番号などのように、必要に応じていつでも思い出すことができるような長期記憶(すなわち知識)という2種類の記憶がある。— 中略 — 学習指導の目標の1つである知識獲得とは、いかにしてこの長期記憶(知識)を形成するかということにほかならない。」と述べている。すなわち学習とは、長期記憶を形成することであり、質の高い効果的な学習であるほど記憶保持の効果は高い。

正木(2009)は「300+400」の計算ができない子に、その計算を教えようとしたときのことを次のように語っている。

『指を三本出せ。先生が四百本貸してやるから』と言ったところ、その子どもはそつと指を三本差し出した。『それは三本じゃないか』と言ったらその子は、『一本が百本』と答えた。それを聞いた私はそのすばらしいアイデアに思わずその子を抱きしめてやりたくなった。』

正木(2009, p. 2)は「教えるという行為には様々の様相があります。その最も日常的なものは、言葉や動作で相手に自分の伝えたいことを教えるという場面での『教える』です。『郵便局への道を教える』とか『筆算を教える』とかがそれに当たります。先人が長い時間をかけて創り上げてきた筆算の形式を子どもたちに創らせることは無理です。それは、先生がきちんと説明して伝えるしかありません。」と述べている。そしてさらに、『一本が百本』という見方は、この子どもの中から引き出されたものです。決して外から与えられたものではありません。もし、この場面で、先生が『一本の指を百本と考えると300+400は3+4と同じでしょう』と教えたらどうでしょうか。それは、この子どもにとって、外から張り付けられた知識で終わってしまいます」と述べている。算数・数学教育では、教師によって与えられた知識をそのまま記憶するのではなく、既有知識を活用し、学習事項をそれと関連づけることによって解釈し直し、子どもたちの中から知識を引き出すことが重視される。すなわち教えられるのではなく、気づく、発見するというプロセスを経て知識を獲得するような学習が重視される。そしてそのような学習の方が子どもたちの記憶によく残る。正木の実践に見られる子どもは、既有知識である100本の数え棒の束など、100を1つのまとまりとしてみる見方に気づき、100をもととすれば300+400は3+4に置き換えて考えることができるということに自ら気がついたと考えられる。それがこの場合子どもの中から知識を引き出したということである。

子どもたちが知識を獲得していくときそのプロセスはさまざまである。そしてそのプロセスによって子どもたちの学習内容の記憶への残り方は違ってくる。豊田(1995, p. i-ii)

は、「人間がある情報を処理する時、その情報と同時に現れた他の情報を一緒に処理し、記憶していることは非常に多い。－ 中略 － 記憶すべき情報に付随した情報すなわち文脈というものは、人間の記憶を効率的にする役割を果たしている。－ 中略 － 授業の上手な教師から呈示された情報を子どもたちは効率よく記憶するが、授業の下手な教師から呈示された情報はそれほどよく記憶されるものではない。この違いはその情報に関連する情報をうまく配列して、子どもたちが記憶しやすいような文脈をつくるか否かの違いといえる」と述べている。すなわち学習の質はそのプロセスによって違ってくる。質の高い学習からそうではない学習までが考えられる。知識には正木のいうように、外から与えられたものと自らの内から引き出されたものが存在する。そして外から与えられた知識よりも子どもたち自身が既有知識をもとにして考え出した知識の方が、それを得たときの喜びも大きく記憶にもよく残る。

② 学習の質と転移

学習の質をもう少し客観的に見ることを考えてみる。ブランスフォード(2002, p. 51)は「学習では、記憶成績には効果がみられるが、転移には効果がみられない場合や、逆に、記憶成績には効果がみられないが転移には効果がみられる場合がある。したがって、例えば、ドリル学習の記憶成績ではなく、学習の転移を指標にすることで、学習の質の違いを見逃さずに評価することができる」と、学習の転移によって学習の質を評価できることに触れている。すなわち学習の質が高ければ、その学習内容は関連した他の場面に転移できるということである。またブランスフォード(2002, p. 75)は「学校教育の目標は、将来直面するであろう問題や状況に対して柔軟に対応できる能力、すなわち、学習したことを転移させる力を生徒に習得させることである。また、転移は、学校教育の目標であると同時に、教授法の評価に利用することもできる。つまり、学習したことを記憶しているかどうかを基準にするのではなく、別の問題や状況に転移できるかどうかを基準にすることによって、教授法の効果を詳細に評価できる。」と述べている。すなわち学習の質は、学習内容が関連する他の場面に応用できるかどうかを指標になるということである。したがって学校教育は、単に学習内容を記憶しているだけではなくそれがいろいろな場面に応用できることを目標とすべきであり、それを可能にする質の高い学習をめざすことが重要であるといえる。

③ 学習の質と深い学び

学習の質を語るときに「深い学び」という概念を用いることが多い(溝上, 2017; 藤村, 2018 他)。「深い学び」について溝上(2017, 2020)は、学習への理解の深さを問うものであり、「学習への深いアプローチ(deep approach to learning)」(Marton, Säljö, 1976)の概念に通じるとしている。そして学習の成果を記憶保持の効果だとした上で、「『学習への深いアプローチ』とは、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、すなわちオーズベルのいうところの有意味学習を指す」と述べている。溝上の他にも奈須(2017)も「深い学び」を有意味学習と捉えている。奈須(2017, p. 156)は深い学びについて、「自分たちの既有知識を足場に、より精緻で統合的な理解へと学びを深め、ついには

正確な概念的理解へと到達する。このように、自身が所有する知識との適切な関連付けにより、子供は意味を感じながら主体的・対話的に、そして着実に深い概念的理解へとたどり着くことができる」と述べており、これはオーズベルが有意味学習と呼んでいるものだとしている。すなわち「深い学び」とは有意味学習であるという見方がある。そして溝上は「深い学びは基本的に、知識を他の知識や考え、経験と繋いだり関連づけたりする有意味学習を基本的には指すが、それにとどまらず、他の文脈に『般化』したり『原理化』『一般化』したりすることまで含めて理解されなければならない」とした上で「深い学び」を、「知識を他の知識や考え、経験等との関係の中に位置づけ構造化すること」と定義している。また溝上は「深い学び」に対して、「個別の用語や事実だけに着目して、課題にしっかりコミットすることなく課題を仕上げようとする、いわゆる棒暗記の学習」を「浅い学習」と呼んでいる(溝上, 2020, pp. 4-6)。

藤村もまた深い学びを重視する。藤村(2018, pp. 15-17)は「学力には、解決方法がひとつに定まる定型問題に対して、一定の手続きを適用して解決する力(できる学力)と、自分自身で多様な知識を関連づけることで、多様な解決方法が可能な非定型問題の解決を導いたり、その思考プロセスを表現したり、諸事象を深く理解したりする力(わかる学力)」の二つがあると述べており、「わかる学力」を形成することが重要であるとしている。そして「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とを結びつけ、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、物事を捉える枠組み(知識構造)を変化させていくことが『わかる学力』の形成(概念理解の深化)本質である」と述べ、「わかる学力」は「深い学習」(深い学び)を通して形成されるとしている。

深谷(2016, pp. 4-6)は知識を「記憶」と「理解」とに分けて考察しており、深谷のいう「理解」が「深い学び」に相当している。深谷は事実を暗記しているだけで、知識同士が何らかの関連を持って保持されていない場合は記憶であっても理解ではないとし、理解とは知識が他の知識と関連づけられている状態だとしている。そして「理解された知識は単に記憶した事柄よりも、長期にわたってその情報を覚えていることができ、応用も効く」と述べている。また「意味を考えずに丸暗記で覚えるよりも、『どのような意味があるか』を関連させて学習した方が興味などの動機づけも向上する」とも述べている。深谷は理解について Wertheimer(1945)の平行四辺形の面積についての学習における例をひきあいに出し、次のように説明している。

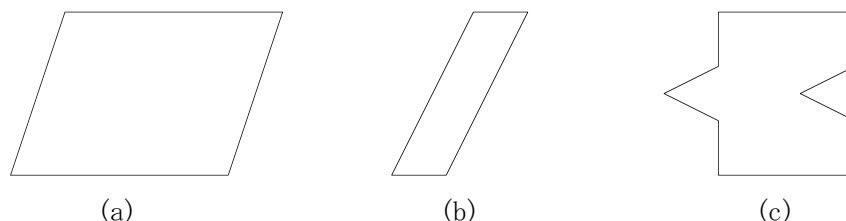


図 1-1 平行四辺形の問題(深谷, 2016, p. 5 より)

「子どもたちには図 1-1 (a) のような典型的な平行四辺形を用いて平行四辺形の面積を求める公式(底辺×高さ)が教えられた。その後、練習問題が数多く与えられたが、似たような問題だったので子どもたちはよくそれに応えることができていた。ところが、Wertheimer が図 1-1 (b) や(c) の問題を提示すると、多くの子どもは『こんなのはまだ習っていない』といてあきらめる、もしくは公式を思い出すだけでうまく適応できない様子を示した。問題を解けなかった子どもはおそらく、公式を記憶するだけで機械的に問題に当てはめるような学習を行っていたのだと推察される。ところが、別の子どもは図形を変形させることで面積を求めようとした。彼らは、『なぜ平行四辺形の面積の公式が成り立つのか』といったことを含めて学習していたために、図 1-1 の(b) や(c) の問題にもうまく対処できたのであろう。この事例から、知識の関連が分かると、問題に柔軟に対応できることが示唆される。」

深谷のこの説明からは理解、すなわち深い学びとはどのような学びであるのかがよくわかる。面積の公式は暗記しようと思えば簡単に暗記でき、なぜその公式が成り立つのかという理由など考える必要もなく練習問題を解くことができる。しかしそのような暗記しただけの知識では他の場面には応用することは難しい。そもそも平行四辺形の面積は、平行四辺形を長方形に変形することによって求積が可能となる。それは三角形でも台形でも円でも同じである。すなわち図形の面積を求めるには、いかにしてその図形を長方形に変形するか、すなわち既習の求積可能な図形に変形するかがポイントになる。そのような新しいことを既有知識に結びつけて理解するという方略を子ども自身が身につけてこそ理解といえ、そのような学びを深い学びと捉えることができる。

④ 知識の獲得の仕方と学習の質

しかしここで押さえておかなければならないのは、新しい知識を既有知識と結びつけて理解するとはいっても、冒頭の正木の例のようにそれを教師の方から提示するのではなく子ども自身の手で見つけ出させる方がよいと考えられる。G. Polya (1945, p. 1) はそのことを数学の問題解決を例に、「問題解決に際しての教師の役割は子どもたち一人一人に対する援助者でなければならない。すなわち教師は子どもたち一人一人ができるだけ自力で問題を解決することをサポートする立場であり、できれば子どもたち自らが自然に問題の解決方法を見つけ出す、気づくようそっと手助けをすることが最善である」と述べている。平行四辺形の求積の学習では、図 1-2 のように、平行四辺形を既習の長方形に変形することで、平行四辺形の底辺と高さが長方形の横と縦の長さに対応することから底辺×高さという公式が導かれる。この場合、平行四辺形を長方形に変形することに気づくかどうか非常に重要な問題解決のポイントになる。この変形の仕方を最初から教師が子どもに教えてしまうと、既有知識に関連づけようと試行錯誤のすえに子どもが自ら気づくのでは得られる知識の質は明らかに違う。子ども自らが気づいた方が記憶にもよく残り、子どもの喜びも大きい。すなわち質の高い学びとなる。

ここで見てきたように学習には「質」があり、その質は学習内容の記憶の保持や他の似たような場面への応用、すなわち転移によって語ることができ、私たち教師は質の高い学習、質の高い学びをめざしている。そして質の高い学びとは一般的には「深い学び」と呼ばれ、それは溝上の言葉を借りれば「知識を他の知識や考え、経験等との関係の中に位置づけ構造化すること」である。すなわち学習すべき新しい事柄が子どもたちの既有知識と関連づけられ、新たな意味を生み出すような学習であり、それは有意味学習とも呼ばれている。そしてさらに、そのような有意味学習の中でも外から与えられる知識ではなく、既有知識をもとに学習者が自ら意味を見いだすような学習が求められているのである。



図 1-2 求積のための平行四辺形の変形

(2) 学習の質を高める有意味学習

学習の質を考えていくときに「深い学び」、すなわち有意味学習の成立が重要であった。有意味学習とは Ausubel が 1963 年に発表したテキスト理解に関する考えに端を発する(大村, 1982, p. 15)。Ausubel (1969, p. 96)は、「学校の意図すべきことは、どのような特定の状況の下でも、可能なかぎり最高度の有意味学習を促進することである」と学校における教科学習を対象として有意味学習の重要性を提唱している。Ausubel は、有意味学習とは何かということについて、成立する条件を示してはいるものの、言葉による明確な定義は行っていない。しかし有意味学習とは学習すべき事柄が、学習者の認知構造との関係で理解されていく学習であることからいろいろに解釈されている。

大村(1982, p. 16)は有意味学習について、「学習課題がすでに学習者の持っている知識構造に、でたらめでなく、また丸暗記としてでなく、関係づけられた時、有意味学習が成立したと考える」と述べている。また知識構造(認知構造)とは個人がそれまで習得した知識内容とその組織特性のことであり(浦崎, 1982)、オースベル・ロビンソン(1984, p81)はこれを、「学習者が現在もつ知識の量、明瞭さ、およびその組織性であり、学習者がいつでも使えるものとして持っている、事実、概念、命題、理論、および生の知覚的データより成り立っている」と述べている。

広田は有意味学習を次のように解釈している。「有意味学習は、学習内容が既得の知識に有効に関係づけられ適切に理解されていくといった質の高い学習過程のことをいう」(広田, 1976)、「有意味学習を、最も簡潔な定義で示すなら、『意味の獲得』といえるだろう。『意味の獲得』とは、言語教材から個人が『意味』を獲得することであり、ここでは『意味』は、『知識』と同義である」(広田, 1976)、「有意味学習とは、習得された知識内容が効果的に保持され、結果的に、必要時に適宜機能的に再生し得る状態で終了する学習のことである」(広田, 1984)、「有意味学習とは我々が通常他の人の話の中から、新しい知識を意

味豊かにまたイメージ豊かに獲得していくというごくありふれた学習形態・様式を言い表している」(広田, 1988)。これらの広田の解釈から有意味学習とは、「新しい知識が既得の知識に有効に関係づけられ、適切に理解されていくこと」、「新しい知識を意味豊かに、またイメージ豊かに獲得していく学習過程であること」、「獲得された知識内容が効果的に保持され、結果的に、必要時に適宜機能的に再生しうる状態で終了する学習であること」などの特質をもった学習であるということができる。

オースベル・ロビンソンは有意味学習が行われるためには、3つの条件が整っていないなければならないとする(オースベル・ロビンソン, 1984, p. 75)。その一つ目が子どもたちに提示される教材が何らかの「意味ある」仕方に関係づけられることである。これについてオースベル・ロビンソンは、無意味綴り「lud」と「正三角形とは、等しい三辺をもつ三角形のことである」という概念の学習を対比させ次のように述べている。

「無意味綴り『lud』は、個々に見ればそれとわかる文字が入っているが集めて全体を見ると意味をなさないため、学習者がそれを憶えるためには一字一字を機械的に暗記するしかない。それに対して正三角形の概念は、学習者にとっては既知である三角形という一般概念をもとに、その再認や定義づけができる。したがって、学習すべきことは、すでに知っていることの特例にすぎない。この場合、学習者はこの新しい項目を自分がもっている知識に関連づけることができる。すなわち、その意味がわかる(オースベル・ロビンソン, 1984, pp. 81-82)。」

すなわち、「正三角形とは、等しい三辺をもつ三角形のことである」という概念のような知識が有意味学習の対象になる教材であり、それには次の2つの性質があるという。一つは実質性と呼ばれ、同等だが別のいいまわしを用いてもその関係は変化しないことである。例えば正三角形のこの概念は、「正三角形とは、その辺がすべて等しい三角形である」といってもその意味は変わらない。そしてもう一つの性質は、学習すべき新しい項目と認知構造内の関連項目との関係性が非恣意的なことである。すなわち「正三角形」と「三角形」の関係は特例と一般の関係であり、これは非恣意的である。学習すべき教材が、これら2つの性質を有するとき、その学習材料は論理的有意性をもつという。したがって有意味学習が行われるための一つ目の条件は、子どもたちに提示される教材が論理的有意性をもつということである。

二つ目の条件は、学習者が新しい観念を関係づけたりつなぎとめたりできる関連観念をもっていなくてはならないということである。子どもたちに提示される教材が、いくら論理的有意性をもっていたとしても、それが子どもたちに理解されるためには、必要な関連観念を子どもたち自身がもっている必要がある。先ほどの例でいえば、正三角形の概念が論理的有意性を有しているとはいっても、それを学習する子どもたちに、三角形についての知識がなければ、正三角形の概念を有意味に学習することができない。したがって、特定の学習者が自分の認知構造内にその新しい学習材料を実質的かつ非恣意的に関連づける観念を確かにもっているならば、その学習材料はその学習者にとって潜在的に有意

味である、あるいは潜在的有意性を有しているという。この潜在的に有意味であるということが、有意味学習が成立する二つ目の条件になる

三つ目の条件は、学習者が新しい観念を、何らかの意味ある仕方で、すでにもっている観念に関係づけようと努めなければならないということである。学習すべき教材が論理的有意性を有しており、潜在的に有意味であったとしても、学習者に学習しようという意図がなければ有意味学習は成り立たない。したがって三つ目の条件として、学習者が有意味学習の構えをもっているということが必要になってくる。

以上まとめると有意味学習が成立するための条件は下記のようになる。

- (A) 学習材料そのものが、ある仮説的な認知構造に非恣意的で実質的な仕方で関連づけ可能でなければならない。(論理的有意性を有している)
- (B) 学習者は、その学習材料を関連づけるべき関連観念をもっていなければならない。(潜在的に有意味である)
- (C) 学習者は、これらの観念を認知構造に非恣意的で実質的な仕方で関連づけようという意図(有意味学習の構え)をもたなければならない。

(オースベル・ロビンソン, 1984, pp. 81-84)。

有意味学習は新しい知識が学習者の既存の認知構造に、有効に関係づけられたときに成立する学習であるが、有効に関係づけられるとはどのようなことなのかということについて、オースベル・ロビンソン(1984, pp. 76-77)は、包摂という概念を用いて、「新しい観念を学習者の認知構造に組み入れるための主な方式は、その観念を既存の高レベルの観念の下に包摂することである。」と述べている。

広田(1983)はオースベル・ロビンソンの述べる学習と包摂について、「学習とは、特定学習者の認知構造のなかに、新しい知識が『包摂』されていき、その構造のなかにいわば適切な位置を占めることによって達成される。」と述べている。そして、「この『包摂』の過程を通して、『認知構造』それ自体も、その組織的性格の点で諸々の変容をうけるとみなされている。オースベルの考えにしたがえば、『認知構造』内の既存の諸概念や命題が、新しい知識内容の『包摂』に伴い、修正されたり(elaboration)、拡張されたり(extension)、限定を受けたり(qualification)し、さらには相互に関連のなかった諸概念、命題間に一定の関係性、脈絡性が生ずるものとみなされている。」と述べている。

したがって、有意味学習の成立に伴い、新しい知識が学習者の既存の認知構造に有効に関係づけられるとは、単に新しい知識が認知構造内に取り入れられるにとどまるものではなく、その知識を取り入れることによって、認知構造はその全体として変化し、新しく生まれかわることにまで及ぶものである。すなわち学習者のそれまでの認知構造は新たに解釈し直され、再発見、再認識されることになる。すなわち再構造化される。学習者の見方・考え方が変化するともいえる。それによって学習の転移なども可能になってくる。したがって新しい知識が、既存の認知構造に包摂され、新たな認知構造として再構造化され再認識されたとき有意味学習が成立したといえ、学習内容は記憶にもよく残り、転移可能とな

る。

第2節 学習内容の理解と精緻化との関連

(1) 精緻化概念のさまざまな捉え方

人間の記憶すべき情報、すなわち知識はただそれだけが独立に存在するものではなく、他の情報との関連性における文脈の中に存在する。すなわち情報(知識)にはそれに纏わる他のいろいろな情報が付随しており、それらと共にある。そして情報(知識)を活用しようとするときは、それに付随している他の情報がその活用のしやすさと大いに関連をもっている。したがって、学習活動において知識を獲得しようとするとき、その知識にいろいろな情報を付加すれば、その知識は長期記憶として獲得されやすくなると考えられる。すなわち覚えやすくなり、記憶に残りやすくなる(豊田, 1995)。また有意味学習としても成立しやすくなる。このように学習に際して、学習すべき情報に何か他の情報を付加する過程は精緻化と呼ばれている(アンダーソン, 1982; ガニエ, 1989; 豊田, 1995)。また付加される情報としては、論理的推論だったり、敷衍、例、詳細、あるいは情報を連結するものなら何でもよい(ガニエ, 1989, p. 116)。精緻化の具体的な例については人間の情報処理の視点からいくつもの例が挙げられている。

アンダーソン(1982, p. 203)は、「情報が記憶される時、付加的な冗長情報によって精緻化(elaborate)されることがある。こうした精緻化は付加的な検索の道筋を提供したり推理や再構成による再生を可能にして再生を促進する」、「再生はしばしば再構成(reconstruction)の行為であり、そこでは想起される事象、その事象の精緻化、その事象の文脈、一般的な関連知識などの情報が結合される。そうした行為の結果としてしばしば被験者は学習しなかった事柄を再生することがある。」と述べている。アンダーソンはここで精緻化の働きとして、人は、「AがBをした」というような情報を与えられると、推論により、なぜAはBをしたのかという理由を考えそれを付け加えると述べている。このように精緻化とは、ある情報が与えられたとき、その人がもっている既有知識をもとに、推論によってその情報についての因果関係を付加するといった働きをもつ。

ガニエ(1989, p. 109-111)もアンダーソンと同様に、精緻化について次のような例を挙げている。

「先生が学生に『試験管実験によるとビタミンCは白血球の生成を促進する』と述べた。それを聞いた学生は、先生の言葉の中の、ビタミンC、白血球、促進するなどを、すでに認知構造内にある既知の言葉として受け止めた。そしてその言葉は学生の認知構造内にある、『ビタミンCは風邪に効く』、『白血球はビールスを殺す』という知識へ広がり、活性化していった。こうして先生から与えられた命題と、自分が認知構造内にある知識から生成した命題とが共に活性化され、学生は『ビタミンCは風邪に効く。なぜならそれは白血球の生成を促進するからだ』という推論を引き起こした。この最終的な知識は、長期記憶からの知識でもなく、外からの刺激によって提示された知識でもない。むしろ思考過程から生

み出されたものである。この型の新しい命題は精緻化と呼ばれ、受け取られた情報に対してさらに情報を付け加えたものである。」

すなわちこの例に登場する学生は、与えられた情報をもとに、自分の認知構造内にある既存の知識の中から関連のある知識を検索し、それと関連付けすることによって自分なりに推論し解釈し直すことによって新しい知識を生み出している。精緻化とはこのような知識の獲得の仕方を意味している。

さらに西林(1994, pp. 16-17)は、文の記憶に関する精緻化について次のような例を挙げ述べている。

『眠い男が水差しを持っていた』、『太った男が錠を買った』といったような、ある特定の特徴を持った男が、ある行動をするという文をいくつか記憶する場合、その特徴と行動との間に必然性がないのでそれは丸暗記をするしかない。しかしこれはなかなか暗記できるものではない。ところが、『眠い男がコーヒーマーカーに水を入れるために水差しを持っていた』、『太った男が冷蔵庫の扉にかける錠を買った』という文だと、男の特徴と行動との間に、それなりの必然性が付け加えられ、暗記しやすくなる。ここでいう必然性をつけ加えるとは、『コーヒーマーカーに水を入れるために』や『冷蔵庫の扉にかける』という文をつけ加えるということである。このように必然性をつけるという過程が精緻化であり、これによって記憶は飛躍的に上昇する(西林, 1994, p. 17)』

この例では、「AがBという行動をした」というようにAとBの間に何ら繋がりのない文に対して、「何のために」というような必然を考え、その理由を情報として付け加えることによってその行動が納得できるようにしている。これは「なぜ眠い男は水差しを持っていたのですか」という問いに対する答えにもなっている。

このように精緻化とは、ある事実に対して必然性をつける、推論することによりその事実が起こったことに対して納得できるようにするという働きをもつ。そしてそのことによって提示された情報や事実などが記憶しやすくなり記憶成績は増す(アンダーソン, 1982; ガニエ, 1989; 西林, 1994)。

このように精緻化は人間が情報を受け取り、それをいかに解釈し、記憶に組み込んでいくかということに関連する概念であり、記憶ばかりではなく学習内容を理解する場面でも重要な働きをもつ。この精緻化の概念を広げ授業内容の理解に適用しているのが北尾(1984a)である。北尾(1984a, pp. 77-78)は、学校での授業場面において、教師や子どもたちから提供された情報を理解するために、自分なりにまとめたり、自分の知識や言葉に変換したりして処理する過程は精緻化の過程であるとし、理解における精緻化の重要性を強調している。そして次のように述べている。

「授業の展開過程においては、次々と新しい情報が提供される。これまでは知らなかった知識が与えられ、子どもたちはそれらを処理しなければならない。この新情報の処理に成功するかどうか、『わかる』か『わからない』かの決め手になる。— 中略 — これらの新情報が文章として与えられる場合には、その部分をなす単語を子どもたちが知ってい

なければならない。また、新しい原理や法則を学ばせようという場合には、その説明に用いられる言葉が既知のものでなくてはならない。－ 中略 － 『授業が分からない』という子どもであっても、教師の言葉の一つ一つがわからないのではない。単語の意味ぐらいは理解できるのであるが、話を全体として処理するのが困難なのである。－ 中略 － 教室の中で提供される情報は、文章の形である場合が多い。教師の話も教科書の説明もそうである。このような文章情報は、単語の場合とは違って、逐語的に記憶されるのではなく、その意図する事柄を能動的に読み取ることによって処理される。時には、自己流にまとめることもある。また時には、自分の知識や言葉に変換して処理することもある。このような能動的な情報処理を精緻化（エラボレーション）という。本当にわかったといえるためには、この精緻化がうまくなされなければならない。ところが、勉強のできない子どもたちの中には、この精緻化に失敗している子どもが多い。」

すなわち学校の授業のように、文章の形で提供された情報の理解においては、その文章に使われている単語の意味が理解できるだけでなく、提供された情報の全体を自分なりにまとめたり、自分の知識や言葉に変換したりして処理することが必要であり、その処理の過程が精緻化の過程なのである。その過程では、自分の認知構造内にある既有知識の中から提供された情報に関連のある因果関係や必然性や意味などの知識を検索し、それと提供された情報とを関連付け、その情報を付加することによって、自分なりに推論、解釈し、意味づけをするということが行われている。そのことによって子どもたちの既有知識は再構造化され学習が進んでいく。このことをまとめると下記の図 1-3 のように解釈できる。本研究では精緻化を、もともとの記憶を促進させるという概念から発展させ、学校の授業における理解を深める概念として、この北尾の精緻化の捉えを適用していく。

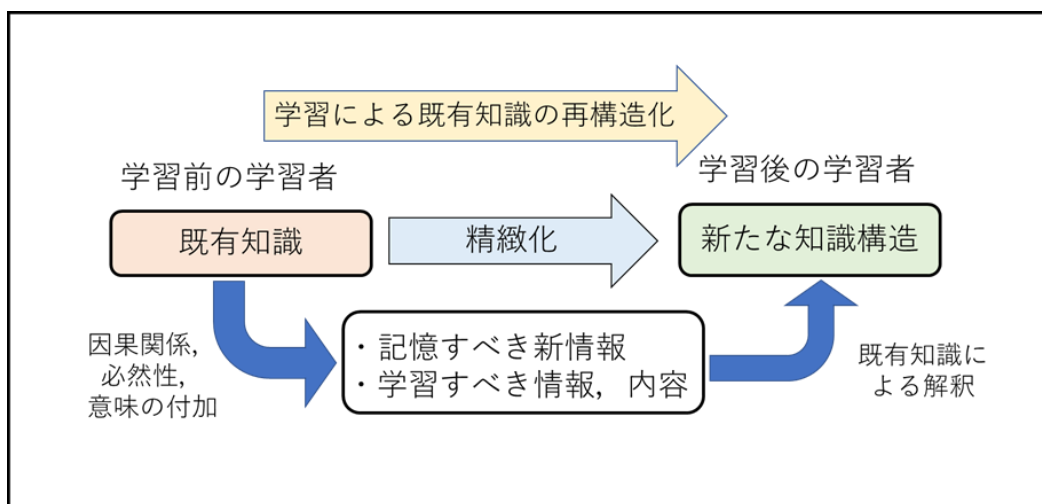


図 1-3 学習における精緻化の過程

(2) 有意味学習と精緻化との関わり

有意味学習とは、「新しい知識が既存の認知構造に有効に関係づけられ、学習者が納得し、深く理解され、効果的に保持されていく学習」であり、論理的有意性を有している学習材料が、有意味学習の構えをもち、潜在的有意性を有している学習者によって、その学習者の認知構造内の関連観念に、有効に関係づけられたときに成立する学習であった。そして有効に関係づけられるとは、新しい知識が、既存の認知構造に包摂され、新たな認知構造として再認識されることであった。

この新しい知識が既存の認知構造に包摂される過程では、既存の認知構造が新しい知識によって、修正、拡張、限定されるなどする。このような包摂による認知構造の変化は、認知構造と新しい知識との交互作用により行われる(広田, 1983)。広田(1983)はこの交互作用について、「包摂の過程では、新しい知識が認知構造内のどの知識領域、分野に関連するかを分類すること(cataloguing)また、既存の諸概念、諸命題と新しい知識との異同を明らかにし、矛盾を調整すること、さらには、学習者本人の経験や語いなどの準拠枠へ、その知識を翻案すること(translating)などが行われる。」と述べている。

ここでいう包摂の過程で行われる、新しい知識と認知構造との間で行われる交互作用では、最終的には新しい知識を認知構造内の既存の知識と関連づける、すなわち既存の知識で新しい知識を解釈しているといえる。この解釈の過程では新しい知識に、自分の認知構造内にある既存の知識の中から、その新しい知識と関連のある知識を検索し、それと関連付け、その情報を付加することによって、自分なりに推論し、解釈し直すということが行われている。この過程は精緻化の過程でもある。

したがって、精緻化の視点から有意味学習を考察すると、有意味学習で行われている、新しい知識が既存の認知構造に有効に関係づけられる過程というのは、精緻化の過程であると考えることができる。すなわち、新しい知識を有意味に学習する過程では、精緻化が行われているのであり、有意味学習の成立には精緻化が欠かせないということがいえる。

有意味学習と精緻化との関連については、Silver(1982)も次のように述べている。「新しい情報が処理される一つの方法は、認知的精緻化の使用を通してである。この学習戦略を使用するとき、学習者は、新しい情報をより有意味にするために、新しい情報と組み合わせた象徴的な構造を作成する。精緻化とは、直接または類推によって既存知識に新しい材料を関連付けることに関与するプロセスだけでなく、材料の構成要素間の論理的な関係の作成と推論または含意を描くことにも言及する。精緻化方略の成功の一つの説明は、新しい、未知の材料と既存の、すでに学習された情報との間に関係を形成することによって、新しい情報をより有意味にするということである。— 中略 — これは、Ausubel (1968)の有意学習の理論と一致している」。

また Kalyuga(2009)も有意味学習と精緻化の関連について、「知識の精緻化とは、情報の新しい要素の整理、再構築、相互接続、統合、それらの間の関係の特定、新しい資料と学習者の既存知識との関連などのプロセスに基づいて、新しい資料を継続的に拡張し、洗練

させるために既有知識を使用することである。知識の精緻化のプロセスでは、既有知識と新しい情報との間にリンクを作成することで、問題文の記述や指示されたメッセージで与えられたもの以上の知識の構成要素を生み出すことになる。例えば、作業例からの学習の成功は、作業例の精緻化または『自己説明』の質に依存する。そのような説明の質は、表面的な説明ではなく、深い原理に基づいた説明の割合によって測定することができる。知識の精緻化のプロセスは、学習者が知識を首尾一貫した構造に整理し、新しい情報を既存の知識構造と統合することを可能にするので、有意味学習に不可欠である。」と述べている。

これらのことから精緻化の過程は、有意味学習にとっては必要不可欠であり、学習は精緻化の過程を経てこそ有意味に学習者に学習されるといえる。

第3節 学習に関する精緻化研究の系譜

(1) 学習に関する精緻化研究の変遷

① 記憶研究から精緻化研究へ

北尾(1965)は、「児童の学習活動は記憶を基礎にしている場合が多く、たとえ複雑な思考を要する活動であっても、記憶された内容が思考の素材になっている。したがって、記憶の問題は児童の学習全般にわたる基本的問題として研究されなければならない」と述べている。また水野(2004)は、「心理学的知見の中で、教育への応用可能性がもっとも高いものの1つは、記憶定着に関する知見であろう。」と述べ、記憶定着を促進する認知活動として精緻化を挙げている。精緻化の概念は、もともとは記憶研究に端を発している。精緻化概念の生まれるきっかけとなった記憶研究として Craik&Lockhart(1972)による処理水準説があげられる。Craik&Lockhart(1972)は、「人間の知覚はいくつかのレベルや段階での刺激の迅速な分析を含む。初期の段階では、刺激の物理的・感覚的特徴の分析を行い、その後入力された情報とすでに学習された既有知識とを照合し、パターン認識や意味の抽出を行う。このような一連の、あるいは階層的な処理段階の概念は、『処理の深さ』と呼ばれ、『深さ』が大きいほど、意味的あるいは認知的な分析の度合いが大きいことを意味する。— 中略 — 記憶痕跡の持続性は処理の深さの関数であり、処理の深さが深いほど、より精緻で、より長く持続し、より強いトレースと関連している。」と述べている。

Craik&Lockhart はここで「処理の深さ」という概念を用い、処理の深さによって記憶痕跡の持続時間に違いが生じることを主張した。人間の情報の処理には一連の階層的な処理段階があるとし、知覚による感覚に基づいた処理を浅い処理、それをもとに意味的な連想に基づいた処理を深い処理と呼び、処理が深いほど記憶痕跡の持続時間は長くなるという。Craik&Lockhart(1972)は「人は単語が認識された後、その単語に対する被験者の過去の経験に基づいて、連想やイメージ、ストーリーを誘発する」と述べ、その事柄に対して elaboration ということばを当てており、それが深い処理につながっていくことを説明している。

この説は同じことを処理するにでも単純に暗記するよりも、その意味をよく考え理解す

の方が記憶の保持は優れているということを意味しているため当初はよく受け入れられた。しかし処理水準説では深い処理が成されたかどうかを見る確かな指標がないことが課題とされた。その後いくつかの研究で意味的に処理するには時間が長くかかるということから処理時間の長さを処理の深さと捉えたものもあるが、それと矛盾する研究結果も出されている。また認知的努力の量を判断の指標としている研究も見られるが、これについても課題が残されており、処理水準説には明確な指標が示されないでいた。また、枠組み文に記銘語がうまく当てはまるかどうかを判断する方向づけ課題において、被験者は Yes か No かを判断する。その際に“Yes”と判断した語の方が“No”と判断した語よりも後の偶発記憶成績が良いという現象を適合性の効果と呼ぶが、処理水準説によれば“Yes”と判断した場合でも“No”と判断した場合でも同じ水準で処理したわけであるので、記憶成績は同じになるはずであるがそうはならない。このように処理水準説では説明できない現象を補う概念として符号化の拡がり (Craik&Tulving, 1975) など新しい概念が生まれてきた。それらの新しい概念をまとめて精緻化 (elaboration) と呼ぶようになった (北尾, 1981; 豊田, 1984, 1987, 1995)。

② 精緻化研究の学習への応用

その後精緻化の研究は、記憶研究に止まることなく学習場面へ応用することが考えられるようになる。先に有意味学習は精緻化の過程を経て成されることを述べたが、学習は精緻化の過程を経ることによって、意味的に深く処理され、こうした学習が効果的な学習として求められるようになる。先に北尾(1984a)は学校の授業場面に精緻化概念を取り入れ、子どもたちの学習内容の理解について精緻化が生起することの必要性に言及していることを述べた。学校で行われる授業において、教師が何の働きかけもせず子どもたち自らが学習内容を精緻化することは難しい。したがって精緻化を学習場面へ応用するためには知識を精緻化するにはどうすればよいのかという具体的な方法、方略を考えていかなければならない。そこで教育においては子どもたちが精緻化方略を使うためにはどうすればよいのか、あるいは子どもたちの精緻化を促すために教師の働きかけ(手だて)はどうあればよいのかを考えていくことが必要となる。

Jensen(1975)は、人間の情報処理には2種類のタイプがあり、第一は外界からの入力情報をそのまま貯蔵し、それを反応に結びつける暗記学習と記憶という機械的処理能力であり、これを第一水準の能力と呼んでいる。それに対して、外界からの情報を頭の中で練り上げ、つくりかえてから反応につなぐという精緻化などの複雑な認知処理を必要とする処理能力がありこれを第二水準の能力と呼んでいる。そして Jensen は第二水準の能力が劣ると学習についていくことが難しいことを明らかにしている。これに対して北尾(1986)は、これらの情報処理は能力ではなく学習の仕方、すなわち方略の違いだとし、処理水準説に則り多くの手がかりや文脈に関連づけたり、再体制化や変換を試みながら意味的に処理したりするような情報処理を精緻化方略と呼んでいる。そして「Jensen のいう第二水準の能力の個人差とは子どもたちが精緻化方略を獲得しているかどうか、どれだけ自発的な精緻

化ができるところまで方略の自動化が進んでいるかに依存する」と述べている。したがって豊かな知識を有していても、深く学びとることができない子どもは精緻化方略が身に付いていないからであり、子どもたちには精緻化しやすいように情報提示を工夫したり、精緻化を促す学習活動を取り入れたりするなどの対応が必要であるとしている。

学習方略としての精緻化方略の有用性を述べる研究結果は多い。Schleicher(2017)は、2017年7月に行われた第19回OECD Japanセミナーの折りに、「Some lessons from PISA」と題して日本の教育の現状と課題についての講演を行った。その中で数学の学習質問紙による生徒が使用する学習方略と数学の成績との関連について「記憶、暗記方略だけを重視する生徒は難しい問題になるほど成績が低くなるが、精緻化方略(数学のテストのために、すでに知っていることをつなげながら新たな概念を理解しようとしている、数学を学ぶときに答えに至るようないろいろな新たな方法を考えている、数学を学ぶときに他の教科や単元で既に学んだことと関係づけようとしている、日常生活の中で学んだことがどのように使えるかを考えている)を用いている生徒は難しい問題で成績が高くなる」という調査結果を報告している。そして日本の生徒の精緻化方略の使用頻度は世界各国から見てもOECDの平均以下であり、参加国の中でも下位であることを報告している(秋田, 2017, pp. 8-9)。数学の学習における精緻化方略の使用はわが国の教育の課題なのである。しかし具体的に授業の中で子どもたちが精緻化方略を使うにはどうすればよいのかということ報告したり、精緻化を促す学習活動を行いその有効性を報告したりしている研究は少ない。

③ 精緻化研究と外化活動との関わり

精緻化の概念が学習場面にまで広げられるようになった結果、授業において精緻化を生起、深化させる方法として、説明活動などの外化活動が注目されるようになった。藤村(2018)は、精緻化を促すために「自己説明」や他者との「相互説明」・「知識の共同構築」といった活動を取り入れた協同的探究学習を提案している。例えば藤村(2018, p. 117)では、「中学校数学では、公式を利用して計算をすることが得意な生徒であっても、その公式の意味や活用する理由を答えられないことがある」と述べ、そのような場合には、なぜそのように思ったのか、どうしてそれを思いついたのかを生徒自身が自分のことばで人に説明できるようにすることが重要であるとし、そのような活動を通して知識の精緻化を促し、理解を深いものにしようとしている。そのような活動を可能にするのが協同的探究学習であるとし、藤村(2018)では、協同的探究学習を取り入れた中学校・高等学校での数学や国語などの実践が紹介されている。そしてそれらの実践では子どもたちが意欲的に学習に取り組み、知識を精緻化していく様子が語られている。他にも説明活動が精緻化を促すことから授業においてそれを生起させるために協同的な学習を取り入れた実践は多く見られる(例えば佐藤, 2013; 深谷, 2016 など)。しかし、例えば協同的探究学習で取り上げる学習課題は難易度が高く解決方法が一つに定まらない非定型的問題であり、日常的な授業で取り入れることは難しい。また他の実践でも日常の授業実践について語られるわけではなく汎用性に乏しい。

このように記憶研究に端を発している精緻化の研究は、学校の学習へと取り入れられるようになってきているとはいえるもののその数はそれほど多くはなく、また汎用性に乏しく十分に成果を上げているとはいえない状況である。精緻化研究を掘り下げ、誰もがどのような授業にも取り入れられるような汎用性の高い手だてを考案し、授業に適用できるようにしていくことは精緻化研究の大きな課題だといえる。

(2) 学校学習を重視した北尾による精緻化研究

わが国の学校学習における精緻化研究の系譜を考えたとき北尾倫彦の功績は非常に大きい。北尾の研究は1960年代の対連合学習における媒介連合の研究にはじまる。対連合学習とは2個の項目(単語や無意味綴り)を1対にして提示し、先行項目を刺激語(S)、他方を反応語(R)としてそれらの連合(観念と観念、観念と感情といった心理的要素が結びつくこと)を形成させる学習であり、行動主義心理学(学習とは経験の結果として生じる比較的永続的な行動の変化である)に基づいている(森川, 1955; 森, 2006b)。当時北尾は対連合学習に対して「二つの単語や記号の間の連合が成立するだけで、人間の学習を説明してみても、奥の浅い理論になるのではないか」と考え、媒介連合の研究をはじめ(北尾, 1994)。媒介連合とは対連合学習においてA-B, B-Cの二つの連合が成立すれば共通項であるBを媒介として、A-C間に何らかの関係ができていくのではないかというものである(北尾, 1960a, 1960b)。

北尾(1965)では対連合学習において記憶材料を意味的に関連づけた場合とそうでない場合とでは学習結果に差が出ると考え、意味的関連づけの方法として文章化経験をとり入れその効果を検証している。この実験では例えば刺激語として「かかし」、反応語として「こやぎ」を選択した場合、この2語を用いて文章を作らせる作文群、「こやぎがかかしをみています。」という短文を読ませる短文読文群、「めがねをかけたこやぎはまるでかかしのようでした。」という長文を読ませる長文読文群、と単に単語を提示するだけの統制群とに分け、学習の効果を比較している。その結果作文群の結果が最もよく(有意差有り)、短文読群と長文読群との間には有意差はないがこれに次ぎ、統制群の成績が最も悪い(有意差有り)結果であることを示している。この結果から北尾は対連合の刺激語と反応語を文章化することによって、意味的条件づけが成立し、条件づけられた意味反応が刺激語と反応語の連合を媒介することが考察されたと結論づけている。北尾(1965)はここでこの文章化経験の効果を媒介という言葉で述べているが、のちにこれを精緻化の効果であるとしている(北尾, 1994)。そのことについて北尾(1994, p. 211)は、「入力情報に新しい意味を付け加えて、詳しくしたり、自分の考え方に合うように変えることなどを精緻化といいます。そして、以前のように『意味によって媒介された』というだけでは受け身的ですが、『学習者が文章を読んだり作ったりすることによって、意味づけを豊かにし精密なものにした』といえ、より主体的な学習を説明したことになると考えました」と述べ、精緻化を主体的、能動的な学習プロセスにおいて生起する概念として位置づけている。北尾のこの研究(北

尾, 1965) は, 海外における精緻化研究 (Craik & Lockhart, 1972) に先立つものであり, elaboration という言葉に精緻化という訳語を当てたのも北尾である (北尾, 1994)。このように北尾の研究は媒介から精緻化へと進んでいく。

その後北尾は, 学校の授業において子どもたちが学習内容を理解するために必要不可欠なプロセスとして精緻化を位置づけ研究を進めていく。以下に北尾の文献のうち主なものから, 北尾の述べる精緻化の概念や定義を紹介し, 学校での授業における理解に結びつく精緻化の概念をまとめていく。

北尾・金子 (1981) は学校における学習の成立について, 「典型的な教授場面では, 教師によって知識や概念に関する解説が行われ, 児童生徒は多様な文脈の中で情報処理することが求められる。そこでは知識や概念そのものの機械的記憶ではなく, 関連した多様な情報処理活動を行うことによって, 結果的に知識や概念についての記憶が成立する。したがって, この学習過程は意図的記憶というよりもむしろ偶発記憶に近いものとみなされる。」と述べている。そしてここで行われる記銘語に情報 (手がかり) が付加される情報処理を精緻化と呼んでいる。

北尾 (1981) は, 「授業の展開過程においては, つぎつぎと新しい情報が提供される。これまでは知らなかった知識が与えられ, 子どもたちはそれら进行处理しなければならない。この新情報の処理に成功するかどうか, 「わかる」か「わからない」かの決め手になる。— 中略 — 「授業がわからない」という子どもであっても, 教師の言葉の一つ一つがわからないのではない。単語の意味ぐらひは理解できるのであるが, 話を全体として処理するのが困難なのである。— 中略 — 文章情報は, 単語の場合とは違って, 逐語的に記憶されるのではなく, その意図することがらを能動的に読み取ることによって処理される。ときには, 自己流にまとめることもある。またときには, 自分の知識や言葉に変換して処理することもある。このような能動的な情報処理を精緻化 (エラボレーション) という。本当にわかったといえるためには, この精緻化がうまくなされねばならない。ところが勉強のできない子どもたちの中には, この精緻化に失敗している子どもが多い」と述べている。

北尾 (1982) は, 「処理水準説によれば, 浅い (感覚的) 処理よりも深い (意味的) 処理の方が優れた記憶成績をもたらすと予言され, この予言は数多くの実験によって支持されてきた。しかし同じ意味的処理であっても, その処理様式によって記憶成績に差が生じる場合があり, 処理の水準のほかに, 処理の精緻化乃至符号化の広がりという説明概念を必要とする。このように拡張された処理水準説を精緻化説と呼ぶならば, そこにおいては個々の言語概念がより精緻化された意味的文脈の中で提示される方が学習されやすい。」と述べている。

北尾 (1984b) は, 「教科書や講義によって伝達される文章情報は, 逐語的な処理よりも, 意味的に深く処理することが求められる。この逐語的処理から意味的な深い処理の段階は連続的であると考えられるが, この過程を『精緻化』と呼ぶ。— 中略 — 普通, 文章情報を受け取ると, 自発的に精緻化しようとするが, 児童生徒の場合には学習技能の熟達度によって自発的精緻化の程度が異なる。そして, 未熟達学習者は自発的に精緻化しようとせ

ず、その結果として学力が劣る。そこで、彼ら(彼女ら)には精緻化を促す外的援助を表示条件の中に盛り込む必要がある。その外的援助としては、－ 中略 － 質問の挿入、絵画化、復唱、アンダーライン、要約、ノート取りなどが考えられる」と述べている。ここでいう熟達度の差は、先に北尾(1986)から紹介した、精緻化方略が身に付いているか身に付いていないかの差であると考えられる。

北尾・速水(1986, pp. 14-15)は、「処理水準説では、深い水準で処理され(意味的符号化)、しかも処理の広がり大きい、いわゆる精緻化が行われてはじめて深い理解に達したとみなされる。ここでいう精緻化は手がかりを豊かにすること、記憶痕跡の顕著性を増すことを指している。単語や短文の記憶ならば、この種の精緻化で十分であり、それによってよくわかり、よく覚えることができる。しかし、授業中の情報のように複雑な場合には、さらに能動的な精緻化を必要とする。文章理解の研究では、文全体の意味や背後にある考えまでも理解する過程が重視され、それには個々の情報の関連づけ、既有知識との照合・対応づけ、変換、推論などが生起しなければならないことが明らかにされている。これらの精緻化は受動的な情報処理ではなく、情報の受け手が能動的に、ときには批判的に処理してはじめて可能となる。また、知識や認知構造(スキーマ)を持っていなければ不可能であり、情報の受け手自身の内的状態に大きく依存する処理でもある。授業中の子どもたちは－ 中略 － 自発的に精緻化することによって、理解が深められ、わかる喜びを味わうことができる。」と述べている。

北尾(1987)は「憶えるとは」ということについて次のように述べている。「人は憶えようとする意識よりもわかろうという意識のほうが強い。長期記憶からの情報を総動員したり、想像力を働かせたり、アナロジーによる推論を試みるなど、能動的な処理活動をとまなうので、わかりたいとか納得できるなどという意識のほうが先行する。われわれの知識体制は憶えようという意識をとまなう経験よりも、理解(納得)の意識をとまなう経験によって形成されたといつてよい。」ここで北尾の述べている「わかろうとする情報処理活動」が精緻化であるといえる。

北尾(1994, pp. 19-20)は、「教室の中で教師から提供される情報は、文章である場合が多い。そして、その文章は単に機械的に受け入れられるだけではなく、その意味内容が子どもたちによって能動的に読み取られるのである。読み取り方は、個人的な経験を反映して、子どもによって異なる。たとえば、教師の言葉に対して、子ども自身の言葉をつけ加えてわかりやすくすることがある。このような能動的な処理は精緻化と呼ばれているが、授業において、その子どもが本当にわかったと感じるためには、この精緻化が必要である。」と述べている。

北尾(2020)は精緻化概念を実際の学校での授業場面にまで適用範囲を広げると高次元化した多様な捉えをする必要があるとする。一般的な心理学の立場からの精緻化の捉えは言葉の意味づけを豊かにしたり、知識を関連付けたりすることである。しかしそれだけの捉えでは実際の授業の中で起こる教師の説明や文章の意味を理解するといった複雑な心的

過程を説明するには不十分である。そこで北尾は、知識の概念化・抽象化を進める、表象の二重構造化を図る、想像・推論を重ねる、比較・類推・統合という対話的思考を進める、対立・矛盾を克服する論理的思考を進めるという働きをも含め精緻化の働きであるとしている。また北尾(2020)は体制化についても精緻化の概念を適用することによって説明できるとし、これまで体制化ということばで説明してきたことがらも精緻化という言葉で説明している。そして北尾(2020)では実際の算数の授業場面において次のような姿が子どもたちの中に精緻化が生じた姿であるとし紹介している。

円の面積の公式を導き出す授業である。右図上段のように円に内接する正多角形の角数をどんどん増やしていくと円に近づいていく。それをもとに等積変形して公式を導き出すというのである。ところがどのように等積変形をしたらよ

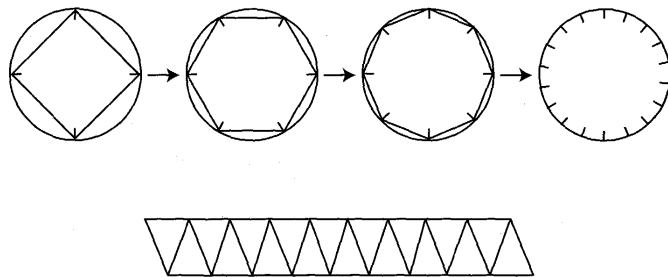


図 1-4 円の面積の授業を補助教材

いかがわからない。そこで教師が下段の図を提示したところそれが手がかりとなり子どもたちは自ら円の面積を求める公式を導き出したというものである。北尾はこれを、既習事項をもとにし、「図形を変形すれば、すでに習った公式で面積を求めることができる」という知識を関連づけるという精緻化の過程であるとしている。

このように北尾の精緻化研究の成果は常に学校における授業の理解に結びつけようとしている点にある。そして同じ能力を持っていても精緻化方略が身につけていなければ期待した成績を収めることはできないなど精緻化ができるかできないかが授業内容が「わかる」か「わからない」の決め手となるとしている。学校学習においては、子どもたち一人一人のわかりを保障することが重要である。したがって子どもたちの理解の仕組みを、教師から提供される情報と既有知識をもとにそれを解釈していく子どもたちのとの関係から捉えようとした北尾の精緻化研究の成果を取り入れ、本研究を進めていく意義は大きいといえる。

(3) 精緻化の型に着目した豊田による精緻化研究

北尾と共にわが国の精緻化研究を支えてきたのが豊田弘司である。豊田は 1980 年代当初より記憶研究に基づいた精緻化研究に取り組んでいる。豊田(1984)は、学校における授業場面は偶発学習と見なされるとし、「教授場面において、児童生徒が教授されるべき概念を効果的に学習するために、どのような付加的な情報、すなわち文脈が提示されればよいかということが、きわめて重要な課題であるといえる」と述べている。そして処理水準説(Craik&Lockhart, 1972)に端を発する精緻化について、記銘語に情報を付加することであると捉え、「個々の語の精緻化は呈示される文脈によって異なり、それが記憶成績に反映す

る」と述べている。すなわち子どもたちが学習すべき概念は、それに付加する情報、すなわち文脈によって学習のしやすさや理解のされ方は違ってくるということである。子どもたちの学習すべきことがらに対して、子どもたちがよく知っている情報を付加すれば有効な精緻化が成され、子どもたちの学習は促進される。その後豊田の研究は学習すべき記銘語に対してどのような情報をどのように付加するかによる精緻化の種類分けやその種類による精緻化の有効性の差を調査することに費やされる。

豊田(1984)は、有効な精緻化はまず記銘語に付加される情報の量によって決定されるとしながらも、有効な精緻化の決定要因はそれだけではなく、情報の質によっても決定されるとし、意味的限定の効果について述べている。意味的限定とは同じ記銘語を枠組み文に入れる場合に、枠組み文の文脈によって入れられる記銘語が絞られた方が学習成績がよいという効果である。すなわち枠組み文と記銘語の関係は精緻化にとって重要な要因となるということである。意味限定が強い枠組み文の方が弱い枠組み文よりも有効な精緻化がなされるということであり、精緻化の有効性を決めるのは記銘語に付加される情報の量ばかりでなく情報の質も関係しているとしている。

豊田(1987)は、自身のそれまでの研究をまとめ今後の精緻化研究についての展望を語っている。まず精緻化の概念が出てきた発端となる処理水準説についてその有用性と課題について触れ、処理水準説では処理の深さの確かな指標がないことが問題とされていること、処理の水準(深さ)だけでは説明できない現象が登場してきたということを述べている。そして精緻化とは処理水準を補う概念として生まれてきた経緯があることを述べている。そして豊田(1987)はここでの精緻化の定義として、「精緻化とは差異的な情報をも含めた多くの情報を符号化すること」と捉え論を進めている。そして精緻化で説明される現象として、適合性の効果(方向づけ課題において、被験者はYes-Noの判断を行うが、その際に“Yes”と判断した語の方が“No”と判断した語よりも、後の偶発記憶成績が良いという現象)、決定困難性の効果(方向づけ課題での判断が困難になるにつれてその記銘語の再生量が増加する現象)について述べている。また精緻化の有効性を規定する要因として記銘語に付加される情報の量と情報の質があることを述べている。そして記銘語に付加する情報の質に関連して精緻化には、記銘語に他の記銘語との関係に関する情報(関係情報)を付加する精緻化(項目間精緻化)と他の記銘語との差異性に関する情報(項目情報)を付加する精緻化(項目内精緻化)が存在すると述べている。そしてさらに記銘語に付加される記憶からの情報が、意味記憶からの場合を意味的精緻化、エピソード記憶からの場合を自伝的精緻化と呼ばれることについて述べている。そして意味的精緻化は項目間精緻化と項目内精緻化とに分けることができるため、自伝的精緻化と合わせて精緻化の型には3種類があるとしている。

豊田(1989)は「精緻化研究においては、どんな情報(情報の質)をどのくらい(情報の量)与えればよいかを決定することが、今後の研究課題になる」と述べている。ここで重要となるのが学習者の記憶構造である。すなわち被験者がどのような情報をどのくらいもって

いるかが精緻化の有効性に大きく反映する。被験者がもっている記憶は意味記憶とエピソード記憶とに分けられ、それぞれの記憶からの情報を付加する精緻化は、それぞれ意味的精緻化、自伝的精緻化と呼ばれている。豊田(1989)では自伝的情報の量、感情可(快-不快といった情動性)、および鮮明度が自伝的精緻化の有効性を規定する要因であるとし、意味的精緻化に比べ自伝的精緻化の方が、学習が促進されるとしている。

豊田(1993)は、「従来の精緻化研究では付加すべき情報の質を明らかにすることに主たる関心があり、そこでは実験者が被験者に対して様々な精緻化情報を呈示するという操作が用いられてきた。しかし、その場合にも被験者自身が自発的に精緻化している可能性は高いと考えられる。それ故、被験者自身に精緻化させた場合の記銘語の記憶に対する精緻化の有効性を検討することは大切である。」と述べている。そして豊田(1996)では被験者自身が「なぜ」という精緻的質問に答える形で記銘語に情報を付加する精緻化を自己生成精緻化と呼び、単に実験者から与えられる情報を付加する精緻化(実験者呈示精緻化)よりも記憶成績がよいことを報告している。その後豊田(1998)では自己生成精緻化について詳細に検討している。その中で豊田は、自己生成精緻化の効果は圧倒的に意味記憶に依存しており、学習事象に関連する先行知識が乏しい場合にはその効果は生じないという問題点を挙げている。

豊田・辻村(1999)は自己生成精緻化の問題点を補う方法として自己選択精緻化という方法を挙げている。自己生成精緻化が精緻的質問に答えることによって記憶成績を促進させるのに対して、自己選択精緻化とは精緻的質問に対する答えを、実験者の方から提示した選択肢から選択させることにより精緻化を図ろうというものである。その結果豊田(1999)は、限られた条件下(答えの選択が困難である場合)ではあるが自己選択精緻化は自己生成精緻化と変わらない効果が見られることを報告している。

豊田(2005)では記銘文(例「空腹の男が車に乗った」)に対する精緻的質問(「なぜその男はそのような行動したのか?」)に答える形で情報を自己生成する自己生成精緻化に対して、実験者によって呈示された情報であっても、被験者自身が自分の知識構造に統合しやすい情報に修正すれば、記憶成績は高まるのではないかと検討している。そして呈示された文脈の不適切さを修正する情報を被験者自身が生成する条件(自己生成修正精緻化)、もしくは選択する条件(自己選択修正精緻化)、および実験者によってその情報が提供される条件(実験者呈示修正精緻化)に分けて、偶発記憶に及ぼす効果を比較している。その結果豊田(2005)は一貫して自己修正精緻化効果は見いだされなかったとしている。

豊田・土田(2008)は記憶と情動との関係において、情動を喚起する情報は喚起しない情報よりも記憶の再生率が高いことが示されていることを報告している。そしてその現象を精緻化の視点から考察し、記銘情報に付加された情動情報が精緻化の有効性を高めるのではないかとし、記銘情報に情動情報を付加する精緻化を情動的精緻化と呼んでいる。そして偶発記憶に及ぼす情動的精緻化の効果を意味的精緻化の効果と比較し検討している。その結果記銘語から喚起される感情が対呈示された情動情報と適合する条件のもとでは情動

的精緻化が意味的精緻化よりも高いという結果が得られたことを報告している。

豊田・喜田(2010)は、自伝的精緻化によって付加される情報の中には人物の情報も含まれているとしている。例えば初対面の人でも、著名人の「〇〇さんに似ている」というような印象をもつことがある。これは記銘情報(新しく出会った人)に対して、過去の人物情報(著名人の情報)を付加していることにほかならない。豊田・喜田(2010)ではこのように記銘語に対して人物情報を付加する精緻化を社会的精緻化と呼びその効果を検討している。そして意味的精緻化の効果と比較して、社会的精緻化の有効性を明らかにしている。

豊田の精緻化研究の功績は、「精緻化とは記銘語に情報を付加すること」であることから、記銘語に付加する情報によって精緻化を種類分けし、その効果を検証していることである。したがって学校における授業において、どのような精緻化が生起しているのかを考察するときには、豊田による精緻化の分類が活用できる。そういった意味で豊田の精緻化研究への貢献度は誠に大きい。豊田による精緻化の分類をまとめると下記の表のようになる。

表 1-1 豊田による精緻化の型の分類

精緻化の種類	記銘情報に付加する情報	精緻化の特徴
意味的精緻化	意味記憶から検索された情報	記憶からの情報を付加する精緻化
(項目間精緻化)	他の記銘語との関係に関する情報(関係情報)	
(項目内精緻化)	記銘語との差異性に関する情報(項目情報)	
自伝的精緻化	エピソード記憶から検索された情報	
(社会的精緻化)	エピソード記憶から検索された人物情報	情報の与え方に着目した精緻化
実験者呈示精緻化	実験者から呈示された情報	
自己生成精緻化	意味記憶などから自己生成した情報	
自己選択精緻化	提示された情報から選択した情報	
自己修正精緻化	提示された情報を修正した情報	
情動的精緻化	快-不快などの情動情報	情動情報が付加された精緻化

豊田・巽(2003)は、「学校教育における教室場面においては、教師は子どもたちに対して学習すべき概念を提供する。子どもは、その学習すべき概念に関する教師の説明や自らの学習活動によって、その学習すべき概念を身につけていく。言い換えれば子どもたちは教師の説明に含まれる情報や、自らの学習活動により得た情報を、学習すべき概念に付加することによって学習が成立している。したがって、学習すべき概念に対してどのような情報を付加するのか、あるいはどのように付加するのかを考慮することが、学校教育における学習を促進するためには重要な課題である。」と述べている。そして学習すべき概念に対して情報を付加することは精緻化であることから、豊田はこの課題の解明に向けて、「精緻化研究で明らかになった知見の貢献が期待できる」と述べている。本研究では、北尾の精緻化の捉えの適用に続いて、豊田の精緻化研究からの知見をもとにして算数・数学の問題解決型授業における問題点の解決方法を見いだしていくことにする。

第4節 人間の情報処理に関する精緻化の働き

(1) パターン認識における既有知識の働きと精緻化

学校における学習活動は、教師や友だちから提供される学習内容に関する情報を子どもたちが様々な文脈の中で処理することが求められる。そして、その結果成立する学習は、多様な文脈における情報処理の結果として生じたものである(豊田, 1992)。太田・佐久間(2016, p. 5)は「認知心理学は、1950年代のコンピュータの出現が契機となり、今日まで発展してきた。— 中略 — コンピュータの出現は、情報处理的な概念をもたらし、人間の認知過程の重要性を指摘した。すなわち人間の認知活動をコンピュータの情報処理になぞらえ、外界からの情報を内的に処理して反応としてアウトプットするという情報处理的な考え方が一般的となった」と述べている。では私たち人間はどのように外界からの情報を受け取り、それを認知しているのだろうか。

私たち人間は、目や耳などの感覚器官を通して、外界から入ってくる視覚情報や聴覚情報を受け取ると、まずはそれらがどのような記号(情報)なのかということ認識する。このことをパターン認識と呼ぶ。すなわち「この文字はアルファベットのAだ」とか「お」「は」「よ」「う」と聞こえたので「おはようといさつされた」とかということがわかる。しかし「A」という文字は書く人によって様々な筆跡があるし、例えば字体(A, A, A, A)によってもそれは様々な形がある。同様に人の声には様々な声の質があるしイントネーションや発声の仕方でも人それぞれで違い、いろいろな特徴をもっている。すなわちわれわれが、感覚器官を通して外界から受け取る情報は非常に多種多様なのである。それにもかかわらずわれわれ人間は、何の苦も無くそれらの情報の共通点を見つけだし、識別し、認識することができる。われわれ人間は外界から入ってくる情報を非常に柔軟に捉え認知することができる能力をもっているのである。

人間の場合、パターン認知が非常に柔軟性に富んでいる。われわれは大きな記号や小さな記号、ちがう位置や奇妙な配置や異常な形の記号、**にじんだり**、切れた記号、さらには努力を要するが上下逆の記号を認知することができる。

図1-5 柔軟性に富んだ人間のパターン認識の例(アンダーソン, 1982, p. 37より引用)

例えばアンダーソン(1982, p. 37)は、「人間の場合、パターン認知が非常に柔軟性に富んでいる。われわれは大きな記号や小さな記号、ちがう位置や奇妙な配置や異常な形の記号、にじんだり、切れた記号、さらに努力を要するが上下逆の記号を認知することができる。」と述べている(下図を参照)。私たち人間は文章を読んでも誤字脱字であったり文字がかすれていたりしてもそれを正しく認識する能力を備えている。また幼い子どもが断片的な言葉で何かを訴えても、「この子がいいたいことはこういうことなんだな」ということがわかる。このように私たち人間は非常に柔軟で優れたパターン認識の能力をもっている。

また私たちは「I LIKE C□TS AND DOGS」という文を読めば□に入る文字はAだとわか

る。□に入る文字がAだとわかるのはその単語の前後の意味を考えた場合にその単語がCATSだと推測されるからである(市川, 1997, p133)。また「FOYEVER」という単語を見ればこれは「FOREVER」の間違いだろうということもわかる。これがわかるのは、われわれはすでに「FOREVER」という単語を知っているからである。文章を校正するとき、誤字脱字を見つけることができるのも同様である。その文章の文脈に関する知識をもっているから校正ができるのである。このように、記号(文字)の解釈はそれが使われている文脈に強く依存している。われわれは明らかに個々の文字をバラバラに見ているのではなく、何という単語が使われようとしているのかということを見ようとするのである。すなわちその場にふさわしい意味を引き出すための情報として全体的な意味のまとまりを利用しているである。このようにしてわれわれ人間は非常に多くの解釈の可能性の中から、何の苦もなく一つないし二つの解釈を選び出している(ルメールハート, 1979, pp. 84-85)。

ルメールハート(1979, pp. 84-85)は「対象の知覚はかなりな部分、『外在する』ものによってではなく、存在しそうだとわれわれが予想するものによって決まっている。— 中略 — 多くの場合、視覚像から抽出された特徴は、われわれがみる物の決定因(determiners)としてではなく、むしろわれわれがみる物に対する制約(constraints)としてしか働かない。— 中略 — 視覚像から抽出する特徴は、古生物学者が割り石の中から掘り出して完全な恐竜の骨組みを作り上げるのに使う骨と非常によく似ている。骨は古生物学者に制約として作用する。そして古生物学者はその制約の下に、自分の恐竜に関する信念(恐竜が何を食べ、どこに住み、どのように発生し、どのように消滅したか等々)に基づいて恐竜を再構成する。同様に、知覚者は今起こっているに違いないものや、今『見ている』に違いないものの表象を構成するために、自分の見つけ出した比較的少数の特徴と共に、そこにあるべきものは何かについての自分自身の知識を利用する。その時点でわれわれの知覚を制約しているものと、われわれが『補充(filling in)』しているものとの間にはっきりとした区別をつけることは滅多にできない」と述べている。外界からわれわれに入ってくる情報は非常に断片的でしかない。われわれはそれらの断片的な情報を推論でもってつなぎ合わせ、ある一つの、あるいは一連の意味として記憶していくことになる。そしてわれわれが記憶しているのは決して一言一句、逐語的に発せられた情報そのものではなく、われわれ自身が作り上げた意味をもった内的な表象である(市川, 1997)。われわれが行うパターン認識や校正の際に行う誤字脱字の訂正にしても、それができるためには、われわれはそれがらに関する知識を有していなければならない。われわれは今ある知識(既有知識)でもって外界から入ってくる情報をもとに推論を働かせ、その情報を補い新たな情報を作り出し、「ここに書いてあることはこういうことなんだな」とか「今〇〇さんがいったことはこういうことなんだな」と解釈し、納得し、心の内に表象を作り上げている。この課程が精緻化の過程なのである。

ルメールハート(1979, p. 93)は、「通常、ある文脈の中で単語を読んでいる時、文の中で次に出てくる単語を絶対確実に予測することはなかなかできないが、かなりの確率で次の

単語のだいたいの意味を予測することはできる。そこで、意味的につながりのある単語の全集合に対してただちに期待を高める方略をわれわれが持っているという事実は、それ程驚くべきことではないといえよう。普段、意味論的にみて意味のある散文の方が早く処理できるのはこのためである。」と述べている。ここでいう意味が予測できるのも既有知識を利用した精緻化の働きであるといえる。

学校における学習場面では、教師や友だちからの情報は、様々な形で発せられる。その情報には文字情報や絵や図といったイメージ情報など視覚から入ってくる視覚情報や、言語や音といった聴覚から入ってくる聴覚情報などがある。子どもたちはこれらの情報を識別し、認知し、解釈し認識していく。この過程が学習における精緻化の過程なのである。

(2) 精緻化の過程におけるスキーマの役割

精緻化はスキーマに基づいてなされる。市川(1997, p. 23-24)は「スキーマ(schema)」について、「私たちが対象についてもっている概念的な知識をモデル化したものである。たとえば『顔』のスキーマといえば、『顔はどのような部分からなっているか』、『それぞれの部分はどのような形状をとりうるか』などという、顔に関する常識的な知識の体系である。こうしたさまざまなスキーマを呼び出しながら、私たちは外界を知覚したり、対話や文章を通じて新しい情報を取り入れたりしている。」と述べている。したがって前項で外界から取り入れた情報を識別・認知し、解釈・認識していく過程で使うとされる個人が有する知識体系がスキーマである。

次の例は筆者が学校の教員を対象とした講習会でスキーマについて考える際に、西林(1994, p. 49-50)の例をもとに実験した結果である。まず次の文をお読みいただきたい。

「練習が大切である、と彼はずっと思ってきた。努力だけで成功できる、というわけではないし、確かに天性の力も必要かもしれない。— 中略 — 彼はすっかり手になじんだそれを取り出した。それは、彼にとって単なる道具ではなく彼の分身のようなものだった。ゆるやかな曲線、しっかりと張られた糸。彼がデビューしてから、これが彼をずっと支えてきたのだ。」

この文章を提示したあと筆者は被験者である教員に対して、「彼が取り出したものはなんですか」と質問した。それに対して参加者の全員は単なる当てずっぽうで答えるか「わからない」と答えた。そして次にこの文章のタイトルは「ウィンブルドン」であることを告げた。そして先ほどと同じように「彼が取り出したものはなんですか」と質問したところ、ほぼ全員がテニスで使うラケットだと答えた。そして今度は文章のタイトルを「ライブハウス」に換えてみた。そして同様に「彼が取り出したものはなんですか」と質問をした。そうしたところ今度はほぼ全員がギターだと答えた。同じ文章が提示されているにもかかわらずタイトルを換えただけで被験者は違う意味をとりだしたのである。このことはこの文章の意味を解釈するために、明らかに「ウィンブルドン」、「ライブハウス」といったタイトルが関係していることにほかならない。このように文章のタイトルというのは、

文章中にどのようなことが書かれているのかということを理解するために重要な働きをもっていることがわかる。またこのことは文章の読み手が「ウィンブルドン」、「ライブハウス」についての知識をもっていなければならないということにもなる。すなわちこの実験において被験者は、「ウィンブルドン」、「ライブハウス」というスキーマでこの文章を解釈し、「彼が取り出したものはラケット(ギター)である」という推論を行ったのである。

このようにわれわれは、文章を読むときには行間を補いながら読む。すなわち実際に文章には書かれてないことを、推論をしながら読んでいく。それができるのは、われわれがスキーマをもっているからである。したがって裏を返せばわれわれが「ウィンブルドン」、「ライブハウス」というスキーマをもっていなかったとしたら話の内容は全く理解できないことになる。このようにわれわれが様々な話を理解し解釈できるのはスキーマに基づいた精緻化を行っているからである。またこのような理解の過程で行われる精緻化は既有知識の中から検索した情報を入力情報と結びつけて解釈するという自発的な精緻化であるといえる。このように精緻化は、提示された文章をスキーマに結び付け解釈することによって成される過程なのである。

第5節 精緻化理論の学習への応用と評価

(1) 授業における学習内容の理解と精緻化の関わり

精緻化理論を学校の学習に応用し、精緻化の視点から学習内容の理解について考察し、実際の授業の中で学習の質を高めていくことが本研究の目指すところである。ここでは精緻化理論の視点から実際の授業場面を考察し、授業の中で子どもたちが学習内容を理解していく過程とその過程で精緻化がどのように生じ子どもたちの理解が進んでいくのかを具体的に考察していくこととする。

先にも述べたが精緻化の概念を学校の授業における学習内容の理解に広げているのが北尾(1984a)である。北尾(1984a, pp. 77-78)は、学校での授業場面において、教師や子どもたちから提供された情報を理解するために、自分なりにまとめたり、自分の知識や言葉に変換したりして処理する過程は精緻化の過程であるとし、理解における精緻化の重要性を強調している。そして授業の展開過程において提供される新しい情報の処理において、精緻化できるかできないかが「わかる」か「わからないか」の決め手になるとしている。

北尾(1984a, p. 82)は小学校2年生の算数で、「子どもが、うんどうじょうであそんでいました。そこへ、男の子が五人、女の子が八人きたので、みんなで三〇人になりました。はじめは、なん人いたでしょう？」という問題ができない学習不振児が、「これは、計算できない」「ひき算ができない」といって問題に取り組もうとしないことを例に挙げ、そのできない原因について、「不振児は文章を逐語的に処理しているだけであって、全体として意味的統合を試みたり、自分の生活経験や知識との関連付けによって、情報を自己流に理解しようとしなさい」と述べ、このような児童は文章を精緻化して捉えていないとしている。そして北尾はこの児童に対し問題の状況を身振り手振りも交え、わかりやすい言葉で説明し

直したところ、難なく問題を解くことができたことを報告している。すなわちこの児童が問題を解けたのは、教師からの説明によって問題文に情報が付加され、児童の既有知識(スキーマ)と結びついたため、問題文が精緻化でき問題の構造が理解できたからであると考えられる。そして北尾は、「この不振児は、解法を知らなかったのではなく、文章情報を自発的に精緻化する術を知らなかったのである。」と述べている。

算数・数学の授業では、このように問題文の意味が解釈できずに解決が進まない子どもはよく見られる。その折には、絵や図、動作を交えるなどして問題文の表している状況をイメージ化させることによって解決が進むということがよくある。このような方法も文章情報の精緻化を援助する一つの方法である。このように学習が進まない児童は精緻化方略が身に付いていないことが多いと考えられる(北尾, 1986)。精緻化ができずに学習が進まない児童には精緻化を促す手だてを講じることによって学習を促進させることが可能となる。

また北尾(1984a, p. 102)は、分数の計算方法を教え、「わかった？」と尋ねたところ、「わかりました」と答えたので、分数の計算問題を解かせてみたところ、その子は全く解くことができなかつたという例をあげている。このようなことは実際の授業の中でもよく見られる。授業中に教師が理解の確認の意味で子どもたちに、「わかりましたか？」と尋ねることがある。その際に子どもたちはよく、「わかりました」と答える。ところがテストになったりするとそれが全くできないということがまま見受けられる。またこの逆のこともある。すなわち計算はできるのだが、なぜそのように計算をすると答えが求まるのか理解できていない子どももいる。子どもたちの理解のレベルは様々であって、同じように正解を出したとしてもどこまでわかっているのかは子どもによって違う。浅いレベルの理解しかしていない子どもから深いレベルの理解にまで達している子が存在しているのである。このように理解のレベルが様々な子どもたちに対して、学習内容の精緻化を促し、学習内容を深く理解させていくことは重要なことである。

さらに北尾(1984a, p. 105)は、「子どもたちの中には、断片的な知識は豊富であるが、少し突っ込んだ質問をすれば、何一つ満足に答えられない子どもがいる。彼らはバラバラな知識の収集の段階にとどまり、知識と知識の間を結びつけた理解には到達していない。そのために、学んだ知識を利用して考えることができないのである。」と述べている。いわゆる浅いレベルでしか理解できていない子どもたちである。このような浅いレベルの理解しかできていない子どもたちに、いかにして知識と知識を結びつけ、そこから新たな意味を見出し、自分自身の知識構造を刷新していくような精緻化を促していくかは重要なことである。子どもたちが深いレベルの理解にまで達し、わかったつもりでいるだけではなく、学習内容が本当の意味でわかるよう導いて行くためにも精緻化は重要な過程だといえる。

(2) 自己生成精緻化の学習への応用

前項では学校の授業において学習内容を理解していくためには精緻化が重要な役割を

果たすことを述べた。本章第3節(3)で見てきたように、精緻化には付加する情報によっていろいろな種類がある。ここではどのような種類の精緻化が授業の中で子どもたちの理解に有効に働くのかを考えていく。

豊田(1998)は、「精緻化とは対象となる情報に対して何らかの情報が付け加えられ、そのことによって認知機能が促進されることである」と述べている。また豊田(2016)はどのような情報がどのように付加されるかによって精緻化をいろいろな種類に分けている(本章第3節(3)を参照)。その中でも本研究では学校における学習活動において有効にはたらく精緻化として自己生成精緻化(豊田, 1998, 2002; 豊田・辻村, 2000)に着目していく。

豊田(1998)は、それまでの過去の精緻化研究のほとんどが、被験者自身の自発的な符号化の余地がない偶発記憶手続きを用いており、実験者の側が被験者に対して一方的に情報を与え、記銘語に付加する情報を操作する研究であったことを指摘している。そしてこのように記銘情報に付加する情報を実験者が与えることによる精緻化を実験者呈示精緻化と呼んでいる。これに対して why 質問(「なぜ」と問う質問)を精緻的質問と呼び、精緻的質問をすることによって被験者自身に記銘情報に付加する情報を生成させることによる精緻化を自己生成精緻化と呼んでいる。豊田(1998)は、自己生成精緻化の方が実験者呈示精緻化よりも有効であるということを、Pressley et al. (1987)の実験の結果を引用し示している。Pressley et al. (1987)が行ったとは実験は次通りである。

『みにくい男がプラスチック(プラスチック製の粘土)を買った』という基本文に対して、『なぜ、その男がそのようなことをするのか』という精緻的質問に対する答を生成させる条件(基本文/質問条件)、基本文に対する理解度を評定させる条件(基本文条件)、および実験者が呈示した『マスクをつくるためにみにくい男がプラスチック(プラスチック製の粘土)を買った』という意味の通る文の理解度を評定させる条件(実験者呈示条件)が設けられ、各条件の偶発記憶および意図記憶が測定された。その記憶の測定方法としては、『誰がプラスチックを買ったのか』という who 質問が用いられ、被験者は各基本文に示された行為を誰が行ったのかを口頭で答えていった。その結果、偶発記憶においては、基本文条件よりも実験者呈示条件がやや記憶成績がよく(有意差なし)、この両者よりも基本文/質問条件がよかった。すなわち偶発記憶成績は基本文条件 \leq 実験者呈示条件 $<$ 基本文/質問条件の順であった。一方、意図記憶では、基本文/質問条件が最も成績がよく、基本文条件がそれに続き、実験者呈示条件が最も成績が悪かった。すなわち意図記憶の成績は、実験者呈示条件 $<$ 基本文条件 $<$ 基本文/質問条件であった。この結果から意図記憶、偶発記憶ともに、基本文/質問条件が実験者呈示条件よりもよく、自己生成精緻化の効果が示されたといえる。(Pressley et al., 1987; 豊田, 1998)。Pressley et al.はこの結果を、精緻的質問によって自己生成された精緻化は、実験者によって呈示された意味の通る精緻化よりも被験者の知識構造に一致しているためであると解釈している(Pressley et al., 1987)。

自己生成精緻化の効果は精緻的質問の効果と呼ばれているが、その効果がなぜ生じるかについては諸説ある。豊田(1998)は、「自己生成精緻化の効果は、精緻的質問によって学習

事象と先行知識の関連づけを強調することによって生じる」あるいは「質問によって知識ベースへのアクセスを促し、すでに知っているものと学習すべきものの結合の形成を促すことによる」と述べている。また豊田(1998)は、Martin and Pressley (1991) より、自己生成精緻化の効果がなぜ生じるのかということについて、「生成効果説：自己生成精緻化の効果は、生成効果の一例である」、「認知的努力説：精緻的質問に答えることで、意識的な処理が喚起され、認知的努力が費やされ、深い処理がなされる」、「符号化と検索一致説：精緻的質問による符号化操作が、統制条件としての読みの条件よりも記憶テスト時の操作に一致している」、「精緻化説：精緻的質問によって記銘語を検索するための多くのリンクが活性化するから」、「適切精緻化説：精緻的質問に答えることで、学習事象による関連する先行知識が活性化する」の5つの説を紹介している。いずれにしても自己生成精緻化の効果は、精緻的質問によって学習事象に関する先行知識(既有知識)が活性化されることによって生じるといえる。

このような実験者呈示精緻化と自己生成精緻化の効果の違いは授業の展開例としても見られる。学校における授業では、あることがら(子どもたちが学習すべき記銘情報)に対して教師が説明することにより、子どもたちにその内容を理解させようという場面はよく見られる。これが実験者呈示精緻化であるといえる。例えば小学校2年生で学習するかけ算で、 4×12 という九九の範囲を超えるかけ算の答えの求め方を考える学習を例に考えてみる。 4×12 というかけ算は九九の範囲を超えるため、その答えを求めるには工夫を要する。通常は同数累加を適用し、 $4 \times 9 = 36$ をもとにして、そこから4を順にたし、 $4 \times 10 = 4 \times 9 + 4 = 40$ 、 $4 \times 11 = 4 \times 10 + 4 = 44$ 、 $4 \times 12 = 4 \times 11 + 4 = 48$ のようにして答えを求める。しかしこの場合 4×12 の意味を考えさせることにより、これは4の12個分を表しているということがわかる。したがって「 4×12 は4の12個分だから12個を5個と7個に分けて、 4×5 と 4×7 をたせばいいですよ。みなさんわかりましたか」と教師の側が解決に必要な情報を与え、子どもたちに教えることによって答えの求め方を理解させることができる。このような展開の仕方が実験者呈示精緻化を取り入れた学習であるといえる。

これに対して次のような展開の仕方が考えられる。「 4×12 はどんな意味ですか?」と子どもたち全体に問いかける。すると子どもたちからは「4の12個分」という答えが返ってくる。そこで、「4の12個分なら 4×12 を今まで習ったかけ算を利用して求めることはできませんか」と問うことにより、子どもたち自らが「12個ということは4個と8個、5個と7個、6個と6個などに分けることができるから、 4×12 は4の4個分と4の8個分をたせばいい」、「 4×12 は4の5個分と4の7個分をたせばいい」などということがわかり、「 4×12 は $16 + 32 = 48$ 」、「 4×12 は $20 + 28 = 48$ 」などというように答えを求めることができる。このように子どもたちに問いかけることによって、 4×12 の意味を深く考え(この例の場合はアレー図と結びつけて考える子もいる)、既有知識を使って自らの力で計算方法を見つけ出すことが可能となる。このような展開の仕方が自己生成精緻化を取り入れた学習であるといえる。

実験者呈示精緻化による授業では子どもたちはどうしても受け身になってしまうため、学校における授業ではできるだけ子どもたち自らが気づくよう展開を工夫する。すなわち自己生成精緻化が生起するよう展開を工夫する。実際の授業では実験者呈示精緻化による授業では、子どもたちの理解は聞くだけにとどまり深い理解にまで到達することは少ないように感じる。一方自己生成精緻化が生起するような授業では、子どもたちが主体的に活動し、理解を深めていく様子が見られることが多い。また北尾・速水(1986)が、「自発的に精緻化することによって、理解が深められ、わかる喜びを味わうことができる」と述べているように、自己生成精緻化による理解にはわかる喜びなどの満足度が高くなる効果もある。教育現場におけるこのような実態が実験者呈示精緻化と自己生成精緻化の効果の違いであると考えられる。

自己生成精緻化の効果が、学習事象に関連する先行知識が活性化されることによって生じるとするならば、その先行知識が無い場合、あるいは乏しい場合には自己生成精緻化の効果は生じないことになる。Woloshyn et al. (1990)では先行知識が豊富である場合は精緻的質問の効果は生じるが、先行知識が乏しい場合はその効果は生じないか、生じたとしてもわずかであることを報告している。このことは年齢や学業成績によっても自己生成精緻化の効果に差がでることに通じている。Wood et al. (1990)は4年生から8年生の子どもたちを、年齢によって2つのグループに分け、自己生成精緻化の比較調査を行った。その結果、年長になるほど自己生成精緻化の効果は大きく、その理由として年齢による知識量の増加に加えて、新しい情報を統合する力にも差が生じるからであるとしている。また自己生成精緻化の効果は学業成績によっても違いが生じる。Stein, Bradford et al. (1982)は、学力の高さの異なる5年生57人を被験者としての調査の結果、学力の高さによって意味の通る適切精緻化文を生成する能力には差があり、その違いによって再生成績に差が生じることを報告している。

学校での授業におけるこのような実態は、学力の個人差としてしばしば問題に挙げられる。豊田(2002)は、「有効性が明確になっている自己生成精緻化の唯一の問題点は、精緻的質問に対する適切な答えを生成できない場合があるということである」と述べている。その対策として豊田(2002)は精緻的質問に対する答えの選択肢を設けて、その中から答えを選択させる自己選択精緻化を提案している。自己選択精緻化は教科によっては授業に応用できると考えられるが、本研究の対象である算数・数学の授業の流れを考えると好ましい方法とはいえない。したがって本研究では既有知識に個人差がある子どもたち一人一人に対して、授業という子どもたちの交流活動が生じる場を通じて、既有知識の量を操作する手だてを講じることによって自己生成精緻化を促すような授業展開の方法を考えていくことになる。

(3) 学習の過程で精緻化を評価する指標

精緻化の研究を進めていく上で欠かせないのが、精緻化がなされたかどうかをどのよう

にして見るのかという評価の問題である。豊田(1995, p. 6)は、「精緻化がなされているという証拠があつてはじめて、精緻化の有効性に関する議論ができるのであり、精緻化の指標を設けることは、精緻化研究にとって重要な課題である」と述べている。精緻化はもともと記憶を促進させるにはどうしたらよいかということから生まれてきた概念である。アンダーソン(1982,p.210)はテキスト材料を用いた精緻化処理の実験を通して、その有効性は記憶成績に表れるとし、「精緻化処理があらゆる種類の材料の記憶を向上させるという証拠は明白である」と述べている。すなわち精緻化がなされれば記憶成績は向上する。したがって子どもたちの中で適切に精緻化が生起し、学習内容の理解の質が高まり、深い学びが実現すれば、記憶が促進され子どもたちの学習内容の保持の効果が高まるといえる。

しかし逆に学習内容の保持の効果を見るだけでは精緻化がなされていると判断することはできない。それは精緻化以外の他の要因による保持効果かもしれないからである。例えばかけ算九九は子どもたちに繰り返し唱えさせることによって覚えさせることができる。このような方法で暗記すれば、九九の記憶保持は高まる。しかしこの繰り返し唱えることによる暗記は、意味を考えたり既有知識と結びつけたりしたわけではないので精緻化処理ではない。したがって精緻化がなされたことを見る指標を設けることは、今もなお精緻化研究における課題なのである。

アンダーソン(1982,p.210)は、「学生は授業中に彼らが学習している材料を精緻化すべきである。この忠告は、学生は学習している事柄の意味について考えよという忠告に一致する」と述べている。すなわち学習における精緻化は、学習内容に意味づけをするということに他ならず、それによって記憶成績は向上する。このように子どもたちに精緻化を促し、他に記憶成績を向上させるような要因が排除できれば、この場合の記憶成績の向上は精緻化によってもたらされたと考えられることができる。また北尾・速水(1986)は、「自発的に精緻化することによって、理解が深められ、わかる喜びを味わうことができる」と述べているように、精緻化できた学びには満足感がともなう。したがって精緻的質問など、精緻化を促す教師の働きかけの結果として記憶成績がよく、しかも他に記憶を向上させるような働きかけや子ども自身の行動がないならば、記憶成績を見ることによって精緻化がなされたかと判断できると考える。そしてそれに加えて精緻化が成された学びには子どもたちの満足感がともなうと考えられるので記憶成績とあわせて、満足度を調査することによって精緻化が成されたかどうか判断できると考えられる。

さらにオースベル・ロビンソン(1984, p. 215)は転移について、「転移はそれ以前に有意味学習がなされていなければ生じえない」と述べている。有意味学習は精緻化がなされることによってなされる学習であるので、学習内容の転移は精緻化が生起し、有意味学習がなされなければ生じえないといえる。すなわち転移は精緻化が生起しているかどうかを見る指標となる。

したがって本研究では、学習活動の中で精緻化を促す教師の働きかけがあり、その結果として子どもたちに精緻化が生起している姿が見られ、その上で学習内容の保持および転

移による効果があるかないかを見ることによって精緻化がなされたどうかを評価していくこととする。またあわせて学習時の満足度を調査し評価の指標に加える。

第6節 第1章のまとめ

本章は、「精緻化についての先行研究を調査し、その知見を整理するとともに、精緻化理論の学習への応用について検討する。」という研究課題に対し、文献を調査することによって研究を進めてきた。精緻化はもともと記憶を促進させるために生み出された概念であり、適切な精緻化が生起すれば、学習は深まり、学習内容の理解の質が高まる。そこで本章ではまず、学習内容の理解の質を高めることをめざした有意味学習に着目した。有意味学習は、新しい知識が既得の知識に有効に関係づけられ、適切に理解されていく質の高い学習である。そして有意味学習について検討した結果、有意味学習には精緻化が必要不可欠であることがわかった。すなわち子どもたちが知識を獲得していくに際して、精緻化が生起してこそ有意味学習が成立することが明らかになった。

次に本研究の基礎となる概念である精緻化について、先行研究を詳細に調査しその知見を整理した。まず精緻化研究の系譜について調査した。精緻化はもともと記憶すべき情報に何らかの情報を付け加えることであり、それによってある事柄を覚えやすくする記憶方略である。そしてその捉えが記憶研究のみならず、人間が情報を受け取り解釈する場面へと広がり、単なる記憶方略ではなく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指すようになった。そして精緻化は北尾倫彦、豊田弘司等の研究の功績により、学校における学習内容の理解に深く関わる概念として応用できることがわかり学校学習へと広がっていった。

また精緻化は、既有知識(スキーマ)に基づいて生起することも明らかにされた。精緻化を情報処理の視点から捉えると、外界からの情報をスキーマに基づいて解釈する過程が精緻化であるといえる。したがって精緻化は、それを行う個人がどのようなスキーマをもっているかによって精緻化を通して解釈された結果は違ってくる。したがって学校における学習において問題解決を考えていくに際しては、その問題の解決に必要な共通のスキーマを子どもたちがもっていることが必要になってくる。したがって学習に際しては、問題解決に関連したスキーマを活性化させたり、補ったりすることが重要である。

さらに精緻化は、記憶すべき情報に付加される情報の量と質によってその有効性が規定され、付加される情報の量が多いほど、また付加される情報の質が高いほど有効な精緻化がなされることがわかった。例えば付加される情報を自己生成するような情報の方が、外から与えられる情報よりも各自の認知構造により合致するため情報の質は高く、このような精緻化は有効性の高い精緻化がなされる。また精緻化は、付加される情報の種類によっていろいろな種類に分けられ、中でも情報を自己生成する、自己生成精緻化は効果の高い精緻化であることも明らかにされた。一方で自己生成精緻化の効果は、学習事象に関連する先行知識が活性化されることによって生じるとされるため、その先行知識が無い場合、

あるいは乏しい場合には自己生成精緻化の効果は生じない。そのため授業において自己生成精緻化を生じさせるためには、先行知識を補う手だてが必要となることもわかった。

以上のことから本章では、学習の質を高めるための深い理解には、学習内容の精緻化が必要不可欠であることが明らかにされた。また精緻化理論を学校での学習に応用していくことについては、自己生成精緻化を学習活動に応用していくことが望ましいということも明らかになった。したがって本研究では今後自己生成精緻化の学習への応用を考えていくことになる。

第1章の引用・参考文献

- ・秋田喜代美, 2017, 「新教育課程が求めるこれからの教師力」, 教育展望, 第63巻8号, pp. 4-10, 教育調査研究所
- ・アンダーソン, J.R. 著, 富田達彦・増井 透・川崎恵理子・岸 学 訳, 1982, 『認知心理学概論』, 誠信書房
- ・D. P. Ausubel/F. G. Robinson, 1969, 『School Learning』, Holt, Rinehart and Winston, Inc.
- ・ブランスフォード.J.・ブラウン.A.・クッキング.R. 著, 森 敏昭・秋田喜代美 監訳, 2002, 『授業を変える』, 北大路書房
- ・ Craik, F. I. M., & Tulving, E. , 1975, Depth of processing and the retention of words in episodic memory. Journal of Experimental Psychology: General, 104(3), pp. 268-294.
- ・ Craik, F. I. M. & Lockhart, R. S., 1972, Levels of processing: A framework for memory research, Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, Volume 11, Issue 6, December, pp. 671-684
- ・藤村宣之, 2012, 『数学的・科学的リテラシーの心理学』, 有斐閣
- ・藤村宣之・橘 春菜・名古屋大学教育学部附属中・高等学校, 2018, 『協同的探究学習で育む「わかる学力」』, ミネルヴァ書房
- ・深谷達史, 2016, 『メタ認知の促進と育成』, 北大路書房
- ・ガニエ, E. D. 著, 赤堀侃司・岸学 訳, 1989, 『学習指導と認知心理学』, パーソナルメディア
- ・広田忍, 1976, 「D. P. Ausubel の『有意味言語学習』理論の検討」, 東京教育大学教育学研究論集, 16, pp. 43-50
- ・広田忍, 1983, 「D. P. Ausubel の教授方略とその論理」, 富山大学教育学部紀要, 31, pp. 77-87
- ・広田忍, 1984, 「D. P. Ausubel の『受容学習』概念の批判的検討」, 富山大学教育学部紀要, 32, pp. 31-42
- ・広田忍, 1988, 「言語学習の擁護」訳者解説, 富山大学教育学部紀要 (A文化系), No. 36, pp. 77-89

- ・市川伸一, 1997, 『考えることの科学』, 中公新書
- ・Jensen, A. R., & Figueroa, R. A., 1975, 「Forward and backward digit span interaction with race and IQ: Predictions from Jensen's theory」, *Journal of Educational Psychology*, 67(6), pp.882-893.
- ・Kalyuga, S. ,2009, Knowledge elaboration: A cognitive load perspective, *Learning and Instruction*, Volume 19, Issue 5, October 2009, Pages 402-410
- ・北尾倫彦, 1960a, 「対連合学習における媒介連合の効果 I」, *心理学研究* 31(1), pp. 1-6
- ・北尾倫彦, 1960b, 「対連合学習における媒介連合の効果 II」, *心理学研究* 31(3), pp. 189-192
- ・北尾倫彦, 1965, 「児童の言語記憶におよぼす文章化経験の効果について」, *教育心理学研究*, 13(3), 154-160, 190
- ・北尾倫彦, 1981, 「わかる学習の授業構造」, *児童心理* 35(12), pp. 1898-1905, 金子書房
- ・北尾倫彦, 1982, 「子どもの偶発記憶と処理様式に関する発達的研究(その 2)」, *日本教育心理学会総会発表論文集* 24(0), pp. 264-265
- ・北尾倫彦, 1984a, 『意欲と理解力を育てる』, 金子書房
- ・北尾倫彦, 1984b, 「文章情報処理の精緻化を促す教授条件」, *日本教育心理学会総会発表論文集* 26(0), pp. 734-735
- ・北尾倫彦, 1986, 「学習の成立と個人差」, *学校教育研究所年報* (30), pp. 14-24
- ・北尾倫彦, 1987, 「憶えるとは一精神生活における記憶と意識の役割」, *教育と医学* 35(2), pp. 110-117
- ・北尾倫彦, 1994, 『自己教育の心理学』, 有斐閣選書
- ・北尾倫彦, 2020, 『「深い学び」の科学』, 図書文化
- ・北尾倫彦・金子由美子, 1981, 「子どもの偶発記憶と処理様式の効果に関する発達研究」, *教育心理学研究* 29-3, pp. 80-84
- ・北尾倫彦・金子由美子, 1981, 「子どもの偶発記憶と処理様式の効果に関する発達的研究」, *教育心理学研究*, 29(3), pp. 267-271.
- ・北尾倫彦・速水敏彦, 1986, 『わかる授業の心理学』, 有斐閣
- ・Martin, Vicky L., Pressley, Michael, 1991, 「Elaborative-interrogation effects depend on the nature of the question」, *Journal of Educational Psychology*, Vol 83(1), pp. 113-119
- ・正木孝昌, 2009, 『算数の授業で教えるはいけないこと教えずにはいけないこと』, 黎明書房
- ・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(deep%20learning).html)
- ・溝上慎一, 2020, 「深い学びとは何か」, *教育展望*, 第 66 巻, 第 7 号, pp. 4-10
- ・水野りか, 2004, 「処理水準の再活性化説による説明可能性の実験的検討」, *教育心理学*

研究 52(1), 33-43

- ・森敏昭, 2006a, 「知識獲得のメカニズム」, 『教育心理学キーワード』, pp. 60-61, 有斐閣
- ・森敏昭, 2006b, 「行動主義のアプローチ」, 『教育心理学キーワード』, pp. 4-5, 有斐閣
- ・森川弥寿雄, 1955, 「対連合学習の研究 (I)」, 心理学研究 26(3), pp. 156-171, 公益社団法人 日本心理学会

理学会

- ・奈須正裕, 2017, 『「資質・能力」と学びのメカニズム』, 東洋館出版社
- ・西林克彦, 1994, 『間違いだらけの学習論』, 新曜社
- ・大村彰道, 1982, 「知識の獲得としての学習」, 認知心理学講座 4 学習と発達, pp. 14-26, 東京大学出版会
- ・太田信夫, 2016, 「認知心理学と教育」, 太田信夫・佐久間泰之 編著, 英語教育と認知心理学のクロスポイント, pp. 4-22, 北大路書房
- ・D. P. オースベル・F. G. ロビンソン著, 吉田章宏・松田彌生訳, 1984, 『教室学習の心理学』, 黎明書房
- ・Polya, G., 1945, "HOW TO SOLVE IT", Princeton University Press
- ・Pressley, M., McDaniel, M. A., Turnure, J. E., Wood, E., & Ahmad, M., 1987, 「Generation and precision of elaboration: Effects on intentional and incidental learning」, Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 13(2), pp. 291-300.
- ・ルーメルハート, D. E. 著, 御領 謙 訳, 1979, 『人間の情報処理』, サイエンス社
- ・佐藤浩一, 2013, 『学習の支援と教育評価』, 北大路書房
- ・Silver, E. A., 1982, Knowledge Organization and Mathematical Problem Solving, Mathematical Problem Solving, Issues in Research, pp. 15-25,
- ・Stein, B. S., Bransford, J. D., Franks, J. J., Owings, R. A., Vye, N. J., & McGraw, W., 1982, 「Differences in the precision of self-generated elaborations」, Journal of Experimental Psychology: General, 111(4), pp. 399-405.
- ・豊田弘司, 1984, 「子どもの精緻的学習に及ぼす文脈による意味的限定の効果」, 教育心理学研究 32(2), pp. 134-142
- ・豊田弘司, 1987, 「記憶における精緻化(elaboration)研究の展望」, 心理学評論 30(4), pp. 402-422
- ・豊田弘司, 1989, 「偶発学習に及ぼす自伝的精緻化の効果」, 教育心理学研究 37(3), pp. 234-242,
- ・豊田弘司, 1992, 「偶発学習に及ぼす精緻化の型と呈示形式の効果」, 教育心理学研究 40(4), pp. 350-358
- ・豊田弘司, 1993, 「情報の生成が語の偶発記憶に及ぼす効果」, 心理学研究 64(1), pp. 55-58

- ・ 豊田弘司, 1995, 『記憶を促す精緻化に関する研究』, 風間書房
- ・ 豊田弘司, 1996, 「記憶・学習における自己の役割 I」, 日本教育心理学会総会発表論文集 38(0), S78-S79
- ・ 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, 41(3), pp.257-274.
- ・ 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, 41(3), pp.257-274.
- ・ 豊田弘司, 2002, 「単語の偶発記憶に及ぼす精緻化型の効果-自己生成, 自己選択及び実験者呈示精緻化の比較」, 奈良教育大学紀要 人文・社会科学 51(1), pp. 183-189
- ・ 豊田弘司, 2005, 「偶発記憶に及ぼす枠組み文に対する自己修正精緻化効果」, 奈良教育大学紀要 人文・社会科学 54(1), pp. 33-42
- ・ 豊田弘司, 2016, 「学習と記憶実験」, 太田信夫・佐久間泰之 編著, 英語教育と認知心理学のクロスポイント, pp. 23-36, 北大路書房
- ・ 豊田弘司・喜田淑花, 2010, 「偶発記憶に及ぼす社会的精緻化の効果」, 奈良教育大学紀要 人文・社会科学 59(1), pp. 31-37
- ・ 豊田弘司・巽 智子, 2003, 「小学2年生の文章記憶に及ぼす自己選択精緻化の効果」, 教育実践総合センター研究紀要 (12), pp. 37-41
- ・ 豊田弘司・辻村美佐子, 1999, 「歴史学習に及ぼす自己選択精緻化の効果」, 日本教育心理学会総会発表論文集 41(0), p. 457
- ・ 豊田弘司・辻村美佐子, 2000, 「歴史学習に及ぼす自己生成精緻化及び自己選択精緻化の効果」, 奈良教育大学紀要 人文・社会科学 49(1), pp. 143-148
- ・ 豊田弘司・土田純子, 2008, 「偶発記憶に及ぼす情動的精緻化の効果」, 奈良教育大学紀要 人文・社会科学 57(1), pp. 47-58
- ・ 浦崎源次, 1982, 「D. P. Ausubel の学習理論の教授学的検討 (1)」, 筑波大学大学院教育学研究科 教育学研究集録 5, pp. 87-96
- ・ Woloshyn, V. E., Willoughby, T., Wood, E., & Pressley, M., 1990, Elaborative interrogation facilitates adult learning of factual paragraphs. *Journal of Educational Psychology*, 82(3), pp. 513-524.
- ・ wood, E., Pressley, M., & Winne, P. H. (1990). Elaborative interrogation effects on children's learning of factual content. *Journal of Educational Psychology*, 82(4), pp. 741-748

第2章 精緻化の視点から見た算数・数学の問題解決型授業の課題と先行研究の検討

第1節 わが国における算数・数学の問題解決型授業の現状

(1) わが国の算数・数学の授業形態の特徴としての問題解決型授業

杉山(2010,p.18)は、「数学教育本質論」の冒頭で、「数学教育学は、数学を『教え』『学ぶ』営みを対象とする学問である。数学を『教え』『学ぶ』営みを理論づけ、数学を『教え』『学ぶ』営みを科学的なものにすることをめざしている」と述べている。また杉山(2012,p.14)は、「数学教育学は、『子どもに数学を教える』という実際の行為・事実を対象にしている学問である」とも述べている。さらに杉山(2010,p.18)は、「数学教育学の根底には、数学を『教え』『学ぶ』営みをよりよくしたいという願いがある」と述べている。

では実際に子どもたちに数学を教える、子どもたちが数学を学ぶ行為というのはどのような場面において行われるのであろうか。これについて中原(1995,p.8)は、「数学教育学は『数学教育』を対象とする学問である。ここで数学教育というのは、主として算数・数学の授業をさす。したがって、それは『算数・数学の授業』を主たる対象とする学問であるということができる。」と述べている。また中原は、授業構成の研究が数学教育学の中心的な課題の1つとしており、「数学教育学は主として算数・数学の授業を対象とする学であり、よりよい授業をつくりだす理論を構築することが最終課題と考えられる」とも述べている(中原,1995,p.10)。さらに中原は、数学教育におけるさまざまな領域の研究は、「授業構成の研究の基礎をなす」と述べている(中原,1995,p.10)。これらのことから数学教育学のめざす、「子どもたちに算数・数学を教える」、「子どもたちが算数・数学を学ぶ」という行為は、「学校における算数・数学の授業」において行われるのであり、数学教育学はそれを対象とし、よりよい授業を構成していくことが最終的な目標として位置付かなくてはならないといえる。そしてさらに、数学教育における種々の分野の研究についても、最終的には、日々の学校の授業において実現されるものである。

こうした中よい授業として注目されているのが、学ぶことの面白さや考えることの楽しさを実感させ、成就感や達成感などを味わわせることができるとされる、問題解決の過程を取り入れた授業(今後本研究では問題解決型授業と呼ぶことにする)なのである(文部科学省,2008)。したがって本研究の対象とする算数・数学の授業とは問題解決型授業のことである。では問題解決型授業はどのような経緯を経て学校の授業に取り入れられるようになってきたのだろうか。またどのような形態の授業なのだろうか。

中原(1995, p. 86)が、「数学的知識は、歴史的にまた本来的に現実的な問題の解決場面から発生したものであり、それらと関連させることにより、学習の目標を明確化でき、内発的動機づけがなされ、興味・関心を高めることができ、主体的な学習を構成、展開することができる。そして数学的知識の発生場面や適用場面と関連付けることにより、問題解決能力を育成、強化することができる。」と述べているように、数学的知識がどのようなものであるかは、実際に数学の問題を解いてみなければ捉えることができない(G. ポリア, 1954, p. vi ; 西林, 1994, pp. 140-142)。したがって算数・数学の授業では一般的に、問題

を解決することによって数学的な知識や技能、考え方などを身につけさせている。平林(1987, p. 8)はこれを「知識を問題解決の文脈で与える」という言葉で述べている。しかし一口に問題を解決することによって教えるとはいっても、算数・数学の授業において子どもたちが問題と出会いそれを解決し解答として記述し、さらに知識として獲得していくまでの過程には、いろいろな形態が考えられる。単に子どもたちに問題を与え、それを解かせて答え合わせをすればよいというものではない。

こうした中、算数・数学の授業の国際比較を行ったスティグラー・ヒーバート(2002, p. 84)は、「日本は比較的的同質的な人々からなり、高度に中央集権的な教育制度を持つ国であり、授業が単一の、共通の基本形によって記述できる」と述べ、わが国の授業の形態の特徴として、「前時の振り返り、本時の問題の提示、生徒による自力での解決、全生徒による解決法の練り上げ、要点の強調とまとめ」というプロセスで授業が進められていくことを明らかにしている(スティグラー・ヒーバート, 2002, pp. 81-82)。このプロセスについて湊(2002)は、「子どもを学習主体と見なして学習を支援する近時の授業の一つで、提示された課題に子どもが個別(時にグループ)で取り組み、その成果を発表・討論し、深化・発展させる授業」としている。すなわちわが国における、問題を解決することによって進められる算数・数学の授業は、提示された課題に子どもが個別(時にグループ)で取り組み、その成果を発表・討論し、深化・発展させるという自力解決・討論型のプロセスで行われるのが一般的であるというのである。そしてこのプロセスで行われる授業が、一般的に問題解決型授業と呼ばれており、わが国の算数・数学の授業の特徴なのである。

(2) 問題解決型授業のねらいと授業のプロセス

問題解決型授業には算数・数学をよりよく教えたいという願いが込められていることはすでに述べた。私たちが学校の授業で教えている数学は、人類が長い年月をかけて創り上げ、積み重ね、そして改良し発展して今日に至っている世界共通の文化遺産(和田, 1997, p. 6)である。そしてそれは、他の多くの文物と同様に人間生活の必要によって生まれたものであり(塩野, 1970, p. 91)、現実的な問題の解決場面から発生したもの(中原, 1995, p. 86)、問題解決の方法・道具として生まれたものである(平林, 1987, p. 10)。要するに数学は、人間が環境に適応して生活していく間に、環境を認識し、理解し、環境からくる危害を除き、進んで環境を生活に適するように整える働きとして、数・量・空間の観念、理法、処理方法などを獲得して創り上げたものといえる(塩野, 1970, p. 92)。

平林(1987, p. 29)はこれを、「今日の壮大な客観的論理的建築物である数学も、人間の心の中にある、ある種の活動性がつくりだしたものである。」と述べている。すなわち、本来数学は人間の活動性の所産であると捉えられる。つまり、人間の活動性を対象化した上で、その活動性の本質を反省し、様々な表記によって体系化・形式化したものが数学といえる(山口, 2010, p. 60)。このような数学の形成過程に着目した「人間の活動性の所産としての数学」という捉え方は、多くの研究者たちによって提起されており、内在的数学観と呼ば

れている(山口, 2010, p. 60)。

ところがこれに対して、中田(1997, p. 66)が、「授業で算数・数学を学ぶ時、子どもたちは、それが歴史的に発展してきた学問であることをことさら意識することはまれです。しかも、彼らが学ぶ数学的命題や論理的操作等々は、それらの歴史的な発見過程や伝承過程とはかかわりなく、数学的に考えさえすれば理解でき、また妥当するようなものです。」と指摘するように、子どもたちばかりでなく教師たちでさえも、算数・数学は既成の学問的体系として、人間の外から人間との交渉をもつもののように理解されることが多い。数学に対するこのような捉え方は、内在的数学観に対して外在的数学観と呼ばれている(平林, 1987, p. 26)。

そして平林(1987, p. 26)は、「外在的数学観は、多くの識者のすでに十分に認知し警戒しているところであったにも拘わらず、数学教育の実践面では根強く潜在しており、それ由来する欠陥—— つめこみ、棒暗記、盲目的ドリル—— は、いくらでも指摘できそうである」と、外在的数学観に立った指導の問題点を挙げ、「もともと数学は、数学者の内からの創造であり、子どもたちの学習にあたっては、それを子どもの内部での再生産という形で学習されるようにすべきである」と内在的数学観に立った指導の重要性を述べている。

また山口(2010, p.59)は、「もし、数学(以下、算数も含む)を人間とは独立して存在する絶対的な知識体系であるにとらえ、その知識体系を効率よく子どもたちに伝達することが重要であるという指導観に立つならば、知識の伝達を中心とした算数の授業になるかもしれない。一方、数学は人間が創造したものであるから、授業では子どもたちによる数学の創造過程を重視すべきであるという指導観に立つならば、子どもたちの活動や多様な考えを重視した授業になる」と述べ、教師のもつ数学観によって授業の形態が大きく左右されることを指摘している。

これらのことから教師がどのような数学観に立つかが、子どもたちに対してどのような授業を行うかということにつながり、効果的な授業を行うためにも大変重要な要素であるといえる。数学が生み出され学問として成立してきた歴史的経緯から、また子どもたちが数学を効果的に学んでいくという立場から考えれば、私たち教師は内在的数学観に立って算数・数学教育を捉え、授業を行っていくことが重要である。問題解決型授業はこのような内在的数学観の立場に立った授業なのである。

問題解決の過程は通常、問題の理解、解決の計画、解決の遂行、解決の評価などの表現で述べられることが多く、この過程は基本的に個人が問題を解決する過程を対象としている。しかし問題解決型授業とは、そうした個人をも含めた学級全体を対象として行う授業の形態である。したがって我々が考察の対象とすべきは、子どもたち一人一人の学びの様相を含む、クラス全体での学びの在り方である(溝口, 2010, p. 177)。

先に問題解決型授業を、「提示された課題に子どもが個別(時にグループ)で取り組み、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授業である」と述べたが、これについて例えば石井(2015, p. 22)は、問題解決型授業の形態を、「問題を共通

理解する問題設定の段階、子ども自身による解決に取り組む自力解決の段階、解決をもとに話し合う練り上げの段階、そして授業の学習成果を明確にするまとめの段階」という4つの段階で構成されるとしている。すなわち基本的に、提示された課題に子どもが個別(時にグループ)で取り組み、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なのだが、その過程は4つの段階で構成されるというのである。問題解決型授業が、このような4つの段階の流れを踏むことは一般的に認められており、多くの実践はこの形式に沿っている(溝口, 2010, p. 177)。本研究における問題解決型授業の流れも「問題設定」、「自力解決」、「練り上げ」、「まとめ」という4段階論をもとに考えを進めていくことにする。

表 2-1 問題解決型授業の4段階

段 階	各 段 階 で の 活 動 内 容
問 題 設 定	クラス全体が問題を共通理解し、解決の見通しをもつ。
自 力 解 決	子ども自身がそれぞれの見通しにしたがって解決に取り組む。
練 り 上 げ	解決した解法をもとに、解決の仕方や解決に至った考えなどを話し合う。
ま と め	学習内容を振り返り、授業の学習成果を明確にする。

第2節 算数・数学の問題解決型授業における解法理解活動についての考察

(1) 問題解決型授業における練り上げの役割

前節では本研究の対象とする問題解決型授業が、「問題把握」「自力解決」「練り上げ」「まとめ」の4段階で構成されることを見てきた。問題解決型授業では、問題を把握すると、まず子どもたち一人一人が自力での解決に取り組む。ところが自力解決で子どもたちが至った自分なりの解決は、一面的な見方しかできていなかったり、表現が稚拙であったりし、深い追求をしないままで終わってしまうことが多い。これについて中原(1995, p76)は、「授業において子どもたちが構成した数学的知識は、そのままでは正確さに欠けることもあるし、誤りであることも多い。それはまさに経験界に対する個人個人の解釈を述べたものであり、客観的な真理を述べたものではない。」と述べている。また実際の授業におけるこの活動では、なかなか解決の進まない子や、そればかりかまだ解決の見通しさえもてないでいる子もいる。

そこで自力解決に引き続き、子どもたち一人一人が構成した知識をクラス全体での社会的相互作用を通して、生存可能であるかどうかなどの視点から、検討し、修正、洗練することが必要となる(中原, 1995, p76)。すなわち子どもたちが考えた解決のうち、いくつかの代表例をもとに、その解決に至った着想から、表現に至るまでを話し合うことによって、代表例をクラス全体で理解し、より洗練された考えへと練り上げていく活動が必要になる。そしてその結果が、学級という共同体において、数学的知識として協定されていく(中原, 1995, p76)。

この、「自力解決で子どもが作り出した自分なりの考えをもとにして、教師と子ども、あ

るいは子ども同士の話し合い活動を通じて、よりよい解決を作り上げることにより、子どもたち一人一人が新たな知識を主体的に構成していく活動」が練り上げなのである。そしてこの練り上げこそが、問題解決型授業における最も核心的な相なのである(溝口, 2010, p182)。ところがこの練り上げは、指導内容はもとより授業者の指導観や経験、また授業の対象となる子どもたちの実態やその学級での学級文化などによっても左右され、うまく成立させることは容易ではない(藤井, 2015, pp. 11-13)。

伊藤・笠原小(1987, p77)は、自力解決に続く段階を検討の段階と呼び、「(自力解決の段階では) 児童はさまざまな水準で考え、実行し、解決しているのである。その努力を持ちより、お互いの解決の仕方を吟味しあい、自分の解決の仕方を振り返るのが検討の段階である。独善的な考えに陥らず、友達の考えのよさを認め、筋道立てて、共によりよい解決の過程を作り上げていく。いわば集団解決の場面であり、個人差を有効に生かして作り上げていく場面と言ってもよい。」と述べている(かっこ内筆者)。伊藤・笠原小のいうこの検討の段階が練り上げの段階である。そしてその段階の目的を、「自力解決で得た成果をもとに、どのような考え方で解決しようとしたのか、それはどのような手順で進められたのかを話し合い、共に着想の豊かさや解決の仕方を味わい、よりよい解決を作り上げていくこと」と述べている。そして伊藤・笠原小は検討の段階のはじめに、「代表例の解決を理解させること」というねらいをもった解法理解活動を位置づけている。このように練り上げの段階のはじめには解法理解活動を位置づけるのが一般的である。

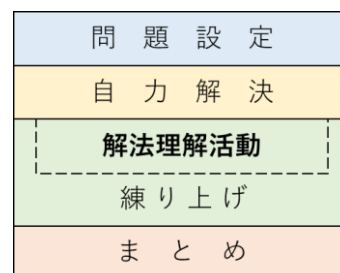


図 2-1 解法理解活動の位置づけ

代表例とは「自力解決で子どもたちが解決に取り組んだ解法のうち、数学的な考え方を深めていくための練り上げに直接有効に働く解決をしている児童の考えであり、その児童の解決の仕方が、ある水準の解決の仕方の集合に属しているもの」である。そしてそれは「ある解決群の代表として取り出せるようになっていること」が望ましく、このことが話し合いの過程で共感的な話し合いが進められたり、解決の仕方の異同に注目することを大切に育てたりする上でも重要である(伊藤・笠原小, 1987, p78)。

通常の授業では、問題に対して教科書の解答例にあるような一般的な解法(今後規範的解法と呼ぶ)は、代表例として必ず含まれるべきものであろう。また、規範的な解法の理解を深めさせるための誤答も代表例として抽出することもある。そしてさらに、一部の子どもしか考えつかないような数学的な価値の高い解法なども代表例として抽出することもある。いずれにしてもその時間、教師が子どもたちに理解させたい考え、練り上げで話題としたい数学的な考え方を含んだ考えなど、有効な練り上げに必要な考え方が含まれる解法を代表例として取り上げることが望ましい。

伊藤・笠原小のいうこうした解法理解活動は練り上げのステップの中で日常的に行われている。こうした流れがうまく進んでいくことが効果的な練り上げとなり、子どもたちは

豊に学んでいくことができる。しかし実際の授業において、この流れにしたがって、子どもたち一人一人が豊に学んでいくことはたやすいことではない。子どもたちには個人差があり、そのわかり方も子どもたち一人一人によってまちまちである。したがって子どもたち一人一人の学びに着目し、この流れを成立させていく何らかの指導法を工夫することが重要である。

(2) 問題解決型授業における未解決者の存在と解法理解活動

自力解決の段階では子どもたちは各自の着想に基づき様々な解決を行う。同じ問題でも考え方は多様であり、いくつもの解法が出される。また考え方は同じでも、具体物を使ってみたり、図をかいてみたり、あるいは式で表してみたりとその表現の仕方も多様である。しかし子どもたちの解決の進み具合に目を転じてみると、個人差によりその状況は様々である。複数の解決を行い、さらによりよい解決はないかと粘り強く追求している子どもがいる一方で、まだ解決の手がかりや見通しがはっきりともてず、何の解決もできていない子どももいる。自力解決の段階ではすべての子どもが、その子どもなりに問題を解決し、自分なりの考えをもつということが重要ではあるが、その状況を作り出すことは容易ではない(石井, 2015, pp. 38-40)。

また多様な解決が出てくるとはいうものの、一人一人に目を転じてみれば、ある子はAという考えをもとにした解決、ある子はBという考えをもとにした解決というように、子どもたちは必ずしも同じ解決をしているとは限らない。すなわち、Aという解決しかできていない子にとって、Bという解決は未解決であるし、逆にBという解決しかできていない子にとってはAという解決は未解決なのである。すなわち、解法理解活動の時点では必ず未解決者が存在しているのである。そのような状況の中で、解法の代表例を取り上げ、それをクラス全体で理解するという活動から、練り上げははじまる。したがって解法理解活動は解決者の解法である代表例を、未解決者に理解させることが第一の目的となる。しかも内面的数学観に基づいた解決者の解決の再体験という形での理解が望ましい。

代表例とは「自力解決で子どもたちが解決に取り組んだ解法のうち、数学的な考え方を深めていくための練り上げに直接有効に働く解決をしている児童の考えであり、その児童の解決の仕方が、ある水準の解決の仕方の集合に属しているもの」であった。教師は子どもたちの自力解決での一人一人の解決を把握し、どの子どもの解決を代表例として選ぶのかを決定する。そして自力解決の時間内にその解法を小黒板や発表用のホワイトボード、画用紙などに書かせ、それを提示することによって代表例をクラス全体で理解する活動がはじまるのが一般的である。

代表例を取り上げる方法は、取り組んでいる問題や子どもたちの実態により様々である。しかし、どのような方法で行うとしても、その目的は、代表例の確実な理解にある。確実な理解とは、代表例を精緻化できたことによる理解である。解決者が何に着目し、どう解決しようとしたのかなど、問題の解決に至った考えの筋道と最終的にそれを表した表現様

式すべての理解，すなわち着想から最終的な表現に至るまでの総合的な理解，そしてその考えのよさの実感まで含んだものである。

一方で子どもたちの自力解決の段階での解決の状況は，代表例として取り上げられた複数の解法に対して，ほとんどの子どもたちにとっては未解決の解法が含まれる。すなわち自力解決の段階で自分なりの解決ができた子どもでも，未解決の解法に対しては，全くの初対面であるわけなので，それを理解するためには，その解法の着想からはじまり，最終的な表現に至るまでの解決の筋道を確実に理解し，精緻化していく必要がある。

したがってこの代表例の理解の場面では，取り上げた代表例の一つ一つに対し，人数の多い少ないはあるにせよ，必ず未解決者が存在していることを前提とし，未解決者を対象としての解法理解の活動を進めていくことが必要となってくる。

(3) 自己発表法による解法理解活動

算数・数学の授業における解法理解活動にはいろいろな方法があるが，代表例となる解法の発表の方法は，解決している問題や子どもたちの実態，教育機器の整備状況などにより様々である。しかし，だれがどのように発表するのかという視点に立てば，これらの発表の仕方・させ方は，解決した子どもを教師が指名し，考えに至った子ども本人が，自らの解法のすべてを一度に提示し，自ら解説するという形式で行われることが一般的である。

実践例1 5年生「分数の大きさ比べをしよう」の授業における解法理解活動

$\frac{4}{5}$ と $\frac{3}{4}$ はどちらが大きいかわ調べよう」という問題に対して，解決方法アが出され，それを解決者が発表し，解説するという授業場面である。

【解決方法ア】

$\frac{4}{5}$ を小数にすると $4 \div 5 = 0.8$

$\frac{3}{4}$ を小数にすると $3 \div 4 = 0.75$

0.8 と 0.75 では 0.8 が大きいので $\frac{4}{5}$ の方が大きい。

C1. $\frac{4}{5}$ と $\frac{3}{4}$ を小数にすると，0.8 と 0.75 になって，2つを比べると，0.8の方が0.05

大きくなります。だから $\frac{4}{5}$ の方が $\frac{1}{20}$ 大きくなります。

T1. みんなは，この考えに賛成ですか。

C2. $\frac{4}{5}$ は1を5こに分けた4つ分だから， $5 \div 4$ は1より大きくなってしまふから， $4 \div 5$ でいいと思います。

T2. 補足説明をしてくれたんですね。

C3. $\frac{1}{2}$ は全体が1と考えると、 $1 \div 2 \times 1$ で、 $1 \div \text{分母} \times \text{分子}$ で、小数が出ます。

C4. 分子 \div 分母と、 $1 \div \text{分母} \times \text{分子}$ は、同じになります。

T3. 分子 \div 分母と $1 \div \text{分母} \times \text{分子}$ は等しい答えになるということですね。これでいいか、意見を聞かせて下さい。Aくんはどう思いますか。

C5. $\frac{4}{5}$ は、1を5こに分けた4つ分だから、 $1 \div 5$ で0.2、その4つ分で0.8になるから、合っていると思います。

—— 以下略 ——

(宮本・小山他,1997)

ここにあげた C1 のような発表方法は、解決に至った子ども本人が、自らの解法を自ら解説し、発表している。それも、解法のすべてを一度に提示し、解説している。解法の全体提示である。このように、解決に至った子どもが、解法の全体を提示し自らの考えを自ら解説する発表方法を自己発表法と呼ぶ(小池,2015)。

自己発表法は、挙手により発表させたり、教師が意図的に指名して発表させたりするなど、その取り上げ方は様々だが、解決した子ども本人に、その考えについて説明させ、他者からの質問・意見などをもとに教師が補足説明をするなどして、クラス全体での理解へと導いていく方法であり、最も一般的に見られる解法理解活動の進め方である。

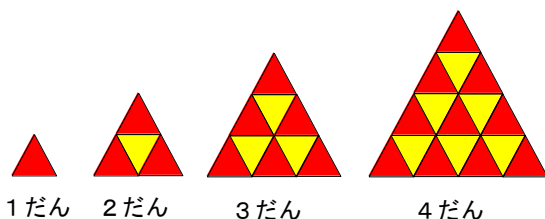
筑波大学附属小学校算数教育研究部(2015,pp.10-12)は、自己発表法についていくつかの課題を挙げている。中でも、「発表者以外の子どもたちの多くは受け身になり、ただ聞くだけの状態になる」こと、そして「発表を聞いている子どもたちが、発表している内容を理解しているかがわからない」という点は重要である。どの解法に対しても必ず未解決者は存在し、その未解決者にとってはその解法は初対面なのである。例えば解決方法Aに対する自己発表法としての解決者の説明である C1 は、未解決者に十分に理解されるのだろうか。この授業記録は、教師と子ども、あるいは子ども同士のやり取りや、特徴的な子どものつぶやきなどすべてを詳細に網羅しているわけではないと思われるが、それにしても C1 から始まる C5 までの、教師と子どものやり取りを聞いているだけの未解決者が、解決方法Aを十分に理解できることは難しい。筑波大学附属小学校算数教育研究部が危惧する状態が、この場面でのねらいである、代表例の確実な理解に結びつくことは難しい。

したがって自己発表法の問題点として、「説明をする子ども以外の他の子は、発表を聞くだけの受け身に回ることになり、解法の十分な理解に至らない可能性がある」、「本来、内在的数学観に基づく主体的な学習活動の展開をねらいとするはずの問題解決型授業が、解決者の説明を聞くだけの学習に陥ってしまう可能性がある、授業が子ども主体とはいえなくなってしまう」という二点が挙げられる。

(4) 他者発表法による解法理解活動

自己発表法に対して、次のような解決の取り上げ方がある。

実践例 2 5 年生「順々に変わるもののきまりを論理的にとらえる楽しさを持つ」の授業における解法理解活動



【問題】赤と黄の正三角形の色板を、左の図のように並べていきます。10 だんまで並べると、赤と黄の色板の違いは何枚になるでしょう。

【自力解決で出された 5 種類の解法】

<p>[1]</p> <table border="1"> <tr> <td>だんの数</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> <td>8</td> <td>9</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>赤の枚数</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>10</td> <td>15</td> <td>21</td> <td>28</td> <td>36</td> <td>45</td> <td>55</td> </tr> <tr> <td>黄の枚数</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>10</td> <td>15</td> <td>21</td> <td>28</td> <td>36</td> <td>45</td> </tr> <tr> <td>差</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> <td>8</td> <td>9</td> <td>10</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;"><u>10枚</u></p>	だんの数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	赤の枚数	1	3	6	10	15	21	28	36	45	55	黄の枚数	0	1	3	6	10	15	21	28	36	45	差	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<p>[2]</p> <p>赤 10+9+8+7+6+5+4+3+2+1=55 黄 9+8+7+6+5+4+3+2+1=45 55-45=10</p> <p style="text-align: right;"><u>10枚</u></p>
だんの数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																			
赤の枚数	1	3	6	10	15	21	28	36	45	55																																			
黄の枚数	0	1	3	6	10	15	21	28	36	45																																			
差	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																			
<p>[3]</p> <p>1 段につき一つ差がある 10 段あるから $1 \times 10 = 10$ 1 段 1 段 段数 の差 <u>10枚</u></p>	<p>[4]</p> <p>1 段ふえると赤と黄の差は段の数になっている。とすると10段の時は10枚になるから <u>10枚</u></p>	<p>[5]</p> <p>見ていくと、赤と黄をカプセルのように合わせていくと、いつも赤があまり、そこが段と同じ数になる。だから10段のときは10枚になる。 <u>10枚</u></p>																																											

T1. はいこっちを見て下さい。答は分かったでしょう、何枚？

C. 全員一斉に「10枚」と答える。

T2. みんないろんなやり方をしてくれましたので見てみたいと思います。まず A 君のです。(小黒板1の提示)

T3. A 君の考えを説明してみてください。どうですか。

C1. その赤と黄色の紙を実際に表にして書いて行った。

T4. いいですか。赤の数をみると1段のときは1, 2段のときは3, ...。どうして5だんのとき15ってわかるの。

C2 きまりが1段づつ増えると2, 3, ...と増えて、黄色も同じように増えて差も1段増えると1, 2, 3...というふうに増えることがわかったから。

T5. 赤の増え方, 黄色の増え方に目をつけたんだね。前よりも何枚増えるかということが分かるので, 5だんのときは5枚増えるんだね。黄色も同じような増え方をしているから表をつくり10段のところの赤の枚数から黄色の枚数をひいてやれば黄色の枚数は出てくるという考えだね。

- T6. では B 君の考えを見てみましょう。(小黒板を読み) B 君の考えをいって下さい。
(小黒板 2 の提示)
- C3. まず赤が 10 段までに何枚在るか考えてそれを全部足し、そして黄色が 10 段までに何枚在るか考えてそれを全部足して、差だから赤の枚数から黄色の枚数をひいて 55 から 45 をひいて 10 枚とだした。
- T7. どうしてこの式で赤の枚数が出るのですか。10 というのは何を表していますか。
- C4. 10 段ならべたときの 1 番下の段の赤の枚数。
- T8. だからこの式で 10 段ならべたときの赤の枚数、黄色の枚数が出るので赤の枚数から黄色の枚数を引けばいいですね。さっきと同じかな。
- T9. さあそれでは C 君のを見てみようか。(小黒板 3 を提示し読む)
- T10. 説明して下さい
- C5. やっているうちに段数と差が同じということに気がついて、差と段が同じと考えた。
- T11. そういうふうですか。C 君ちょっと説明してみてください。
- C6. 1 段ごとにどの段にも差が 1 つずつあるから段の数だけ差をかけてやればいいので $1 \times 10 = 10$ でもとめた。
- T12. 各段ごとの差、差の増え方に目をつけたんだね。
- T13. じゃあ次、D さんのです。(小黒板 4 を提示) さっきと同じですか？
- T14. D さん同じですか？
- C7. 首を横に振る。
- T15. C 君みたいにして考えたんじゃないですね。どういうふうに考えたかといって下さい。
- C8. ちょっと似ているんだけど、差は段の数になっているから 10 段のときは 10 枚と考えた。
- T16. さっき C5 君がしてくれたようにやっているうちに気がついたんだね。始めから段の数と違いの関係に目をつけた考えだね。
- T18. じゃあ E 君の考えです。(小黒板 5 を提示し、読む) 意味分かりますか。
- T19. E 君説明してみてください。
- C9. 赤と黄色がカプセルみたいになって、いつも一番下の段の赤が余る。
- T20. 違いに目をつけているのですから、赤と黄色を差し引きすればいいですね。そうすると残るのは一番下の段の赤だけだから 10 段のときは 10 枚になるぞと言う考えですね。

(愛知教育大学附属名古屋小学校,1992,p.68)

ここにあげた解法の取り上げ方は、自己発表法が、解決に至った子ども本人が、自らの解法を自ら解説し、発表しているのに対して、クラスのだれかが解決した解法を、解決した本人以外の子どもが読み解き、どのような考え方なのかを説明するという方法である。

この方法は、教師があらかじめ選んだ解法を、発表用のボードなどに書かせ、順に、あるいは一度に提示する。そこでクラス全員に、どのような考え方なのかを問うのである。その後挙手などによる指名を通じて、意見交換をしながらその考えについての理解を深めていく。この方法を自己発表法に対して、他者発表法と呼ぶ(小池,2015)。

この方法では、まずはじめに、提示された考えを全員が読み解くという活動が入る。この活動について石井(2015,p44)は、「書かれた解決とは異なる解決をした子どもたちに、そのボードを見せて説明を考えさせるという活動は他者の考えを読み取るという高次の活動です」と述べている。この読み解くという活動を設定することによって、自己発表法に見られるような、一方的に解法の解説を聞くだけではなく、クラス全体が検討すべき解法の理解に向けて主体的になることができる。

さらに愛知教育大学附属名古屋小学校(1989,p.45)は、「発表された考えの理解のされ方は、追求の方法(表現)の違いよりもむしろ解決のもとになる考えを、黒板の記述からうまく見つけ出せるかどうかが問題になってくる。これは、それぞれの解決のもとになっている考えが、よりよい考えを見つけていくことに直接つながっていくからである」(下線筆者)と、解決に至る着想、アイデアを読み解くことが、代表例を理解した後に続く関連性の検討や有効性の検討などにおけるよりよい考えを見つけていくために重要な役割を果たすことを述べている。

他にも他者発表法の効果について坪田(2014,p141)は次のように述べている。「多くの授業では、問題が解けた子に解き方と答えを発表させます。他の子はもっぱら聞き役です。自信のない先生は、そういう役どころを少しだけ変えてみたらいかがでしょう？問題が解けた子には、黒板に式と答えだけを書かせます。その式の読み取りと説明を、別の子にまかせるのです。こんなことだけでも、子どもは人の気持ちを推し量れるようになります。教室の全員を巻き込み、みんなで一つの問題を考えることにもつながります」。また吉村(2008)はヴィゴツキーの概念発達理論をもとに、「他者の考えを受け入れ、その背景を考えることで、意図的・積極的に、高次の概念を獲得し、自己の概念と関係づけさせることができる」と述べている。

このようにクラス全体が発表された考えを主体的に読み解こうとする他者発表法は、代表例の確実な理解という視点に立てば、一方的に説明を聞くだけの自己発表法に比べて、代表例の検討と理解に続く、関連性の検討や有効性の検討においても、よりよい考えを見つけやすいことから、筆者は、自己発表法よりも他者発表の方が解法理解活動としてはよりよい方法であると捉えている。

しかし自己発表法と比べて他者発表法の方がよりよいとはいうものの、自己発表法の課題として挙げられている、「説明をする子ども以外の他の子は、発表を聞くだけの受け身に回ることになり、解法の十分な理解に至らない可能性がある」という課題が十分に解決されるわけではない。

(5) 解法の全体提示による解法理解活動を行う説明・受容型学習

代表例の理解場面において、その活動が始まる時点、すなわち自力解決から練り上げへの接続の時点での子どもたちの状況は、代表例として取り上げられた複数の解法に対して、ほとんどの子どもたちにとっては未解決の解法が含まれるのであった。そのような状況の中で行われる、自己発表法や他者発表法による解法理解活動は、説明者が解決者か、他者かの違いはあるにしても、一つ一つの代表例を、解法の全体を提示し、一人の子どもがクラス全体に対して説明をするという方法で行われる。その一方で説明をする子ども以外の他の子どもたちは、その説明を聞くことによって理解するという形式がとられる。すなわち説明が行われる解法について、その解法の未解決者にとっては、いくら主体的に問題解決に取り組んでいるとはいえ、自らその解法を見つけるのではなく、すでに全体が提示された解法について、他者からの説明によってそれを聞くことにより学習することになる。

広田(1984)は、「D. P. Ausubel の『受容学習』の批判的検討」の中で、「『受容学習』とは、学習者が将来にわたって保持し必要時に適宜機能的に再生し得ることが期待される学習内容を、教師が文形式に構成し提示し、他方、学習者がその文章内容を理解しそれをたんに内面化することが求められるという学習である。『発見学習とは』とは、同様の期待の込められた学習内容を、学習者が、与えられた資料、事実、事例さらに教材・教具を活用し、独力で発見し、それを内面化するという学習である。」としたうえで、「受容学習」が現実の授業場面においてどのような形で生じているのかということについて考察している。

広田は、受容学習は一般的には説明型授業と同様の概念で用いられているとしながらも、その様式は発見学習の様式（広義に捉えれば問題解決型授業もこれに含まれると解することができる。相馬（1997, p. 17）は、「『学習指導法としての問題解決』は、発見学習のねらいを、普通の授業の中で実現していくための学習指導法としても位置づけることができる」と述べている）にも見いだすことができるとし、次のように述べている（かっこ内筆者）。

「或る子どもが一般命題を定式化しそれを発表したとき、他の残りの子どもの中のあつる者は、それをたんに受容し、彼が独力で発見し得なかつたその命題を、他者から学習している。— 中略 — すなわち、教師自身は、課題やその解決のための手がかりやヒントを提示し、問を発しているだけでありながら、逸速く巧みにその課題解決を終えた子どもが、その定式化した一般命題を発言し、その発言によって、他の残りの子どもたちが、その発言の中の一般命題を我がものとし受容する学習、という学習場面が……。むしろ、こうした学習場面は普通の授業の中ではよくみかける光景であり、このとき、他の残りの子どもたちが、自ら主体的に思考し課題解決にとりくんでいるか否かに関わりなく、その定式化された一般命題を自分の既存の認知構造に関係づけそこへ有意味に統合し内面化しているということは十分考えられる。この場合、彼らの取り組んでいる学習はたしかに『受容学習』である。」

広田のこの主張の通り、問題解決型授業における代表例の理解場面、すなわち解法理解活動で行われる、解法の全体が提示され、他者からその解法についての解説を聞くことにより学習するという活動は、受容学習であるといえる。広田の述べているこの受容学習とは有意義受容学習であると考えられることから、本研究では今後これと区別するために、算数・数学の問題解決型授業の解法理解活動において行われるこのような受容学習の形態の学習を説明・受容型学習と呼ぶことにする。

第3節 精緻化の視点から見た算数・数学の問題解決型授業の課題

(1) 説明を聞くことを中心とした理解活動に関する課題

問題解決型授業は効果的であるとされる反面で多くの課題が指摘されている。指摘されている課題の多くは従来から一般的に行われている解法理解場面における説明・受容型学習による学習形態にあると考えられる。すなわち説明・受容型学習では未解決者に対して十分な理解を保証しないのではないかというものである。その原因として考えられるのが説明・受容型学習の解法理解場面で行われる、代表例となる解法の全体を提示しての解法理解活動である。この活動について藤村(2018, p. 34)は、「クラスでの話し合いが少数派の子どもと教師によって主導され、他の多数派の子どもはそれを傍観したり、その結論のみを模倣・暗記したりしている。」と述べている。説明・受容型学習におけるこのような話し合いの状況は一般的であり、問題の多様な解決方法や解釈などの検討は、一部の子どもと教師の間でのみ行われる傾向にある。そして未解決者を含めた他の多くの子どもたちはこうしたやり取りを聞くことによって理解しなければならない。その結果理解が不十分な子どもたちは、解法の手続き的な側面を模倣するにとどまり、深い理解にまで至ることは難しい。

このような事態に対して菊池(2006, p29)は、自力解決の段階で自分なりの解決ができなかった遅れがちな子どもたちについて、「こうした子ども達は、自力解決できた子ども達の発表や討論を聞かされるだけで、主題となる数学内容を理解し、解法を納得できて学力と身に着くまでに到達できるのだろうか。こうした子ども達の多くは、数学内容に精通した教師が解説しても、理解に至るまでにはかなりの困難と時間の確保応用するのが普通である。そうした教師の介入が全くない中、子どもたち同士の発表や討論だけで確かに通過できるのか。」と述べている。また尾崎(2014, p. 18)は算数授業の解法理解場面における未解決者の理解について、「自分と同じ解き方であれば、説明を1回聞けばすぐに理解できるであろう。しかし、自分が考えていない解決方法を1回聞いただけですぐに理解できる子どもは一体どれだけいるのであろうか・・・。」と述べている。

これらの指摘はいずれも自力解決の段階における未解決者が、代表例の検討について、一部の子どもと教師のやり取りを聞いているだけでは解法を深く理解することは難しいのではないかという危惧である。このことを精緻化の視点から検討すると説明・受容型学習における解法の全体を提示しての解法理解活動は、未解決者にとっては、解決に必要な情

報を外から与えられるだけの実験者呈示精緻化に止まり、提示された解法を十分に精緻化し、深い理解にまで達することは難しいのではないかと考えられる。

このことについて河崎(2013, pp. 38-55)は、上記の菊池(2006, p29)の提示する課題に対して答える形で実験を行っている。河崎は、「授業において他者の発言を聞く行為は、学習すべき内容と児童のもっている知識・理解の関係に依存する可能性を考慮して検討する必要がある」(河崎, 2013, p39)とし、解法理解の場面において、解法を説明する他者の発言を、聞いている子どもたちがどの程度理解しうるのかということ、子どもたちの有している知識との関連で調査している。これは精緻化の視点から考えると子どもたちのもっているスキーマと解法の説明を聞くことによる理解との関係を調査するということであり、スキーマをもっている子どもの方が理解は促進されることが予想される。

河崎の実験では、小学校6年生を対象として単位量あたりの問題、「あさひ公園の花だんは、面積が 5 m^2 で25本の花が咲いています。みどり公園の花だんは面積が 7 m^2 で28本の花が咲いています。どちらの花だんの方が混んでいますか」を使用し、式、答え(選択式)、理由(記述式)を答えさせるプレテストの実施と同型の問題によるポストテストを実施している。そして解法の説明では条件を統制するためにビデオが使用され、2種類の解法(ひき算による解法の解説、 1 m^2 あたりの考え方による解説)の解説を視聴するものであった。この問題では 1 m^2 あたりの考えを使って考える解き方が正答(規範的解法)、ひき算による考えでの解き方は誤答(非規範的解法)となる。そして実験はプレテスト→ひき算解法のビデオ提示と聴き取り質問紙→ 1 m^2 あたりのビデオ提示と聴き取り質問紙→ポストテストという順に行われた。その結果河崎はプレテストの理解度が高いほど、より詳細に他者の解法発表を聞き取れることが示唆されることを報告している。

そして河崎(2013, pp. 53-54)は、「解法発表を理解し適切に吟味して規範的解法の深い理解に至る児童もいればそうでない児童も少なからずいた。また初めから規範的解法を自力で用いて解決している児童の内でも、その意味を説明できるレベルでなければ、他者の考えを聞いて理解し、吟味することは容易ではなかった。— 中略 — 話を正確に理解すると共に、批判的に吟味して聴くことが、学習成果に関わって特に重要となることがわかった。しかし同時に、これらは多くの児童にとって困難な作業であるとも予想させる結果が得られた。」と述べている。そして「事前の理解度が高いほど、より詳細に他者の解法発表(非規範的解法)を再生でき、内容を適切に評価できること、また、事前の理解度が低い場合であっても、非規範的解法の再生と内容に関連した評価、および、正解法への肯定的評価が適切にできるほど、正しい解法に関する深い理解に至りやすいことが示された。」(河崎, 2013, p55)と述べている。

すなわちこの河崎の実験の結果から未解決者にとっては、代表例として提示される解法について、自力解決の場面でどのような解決を行ったのかということなど、その解法についてどれだけの知識をもっているかによって、その理解のされ方は大きく違ってくるということがわかる。そして河崎は、菊池の提示した課題に対して、「菊池(2006)が教科教育学

の立場から、他者の意見を聞くときに、そもそも自分で解決できなかった児童が話し合いについていくことが可能かと危惧しているが、これを各児童から収集した聞き取りのデータによって直接的に裏づけたと言える。」(河崎, 2013, p114)と述べている。すなわち未解決者にとっては、解法理解場面において行われる、解法の全体を提示しての、一部の子どもたちと教師との間の検討を聞くだけでは、十分な理解に至ることが困難であるということである。このことは説明・受容型学習における解法理解場面における活動では子どもたちは学習活動を十分に精緻化することは難しく、とくに未解決者は既有知識との関連で深い理解に到達することは難しいということがわかる。

(2) 「わかったつもり」と呼ばれる表面的な理解についての課題

北尾(1984, p. 102)は子どもに分数の計算の仕方を教える場面で、「図解を入れながら、計算の方法を詳しく説明し、『わかった?』とたずねると、『わかりました』という返事が得られた。ところが、その後で分数の計算を解かせてみると、全く解くことができなかった。『わかりました』と答えながら、計算方法については、何一つわかってはいなかったのである。— 中略 — この例のように、子どもが『わかりました』と答えたり、正しい答えを書いていても、教師が期待している通りの理解に到達していないことが多い。教師が期待している理解は、内容についての深い理解であるが、子どもたちは教師が話した一つ一つの言葉がわかれば、理解できたと思い込んでいる。」と述べ、言葉の理解(逐語的な理解)だけで内容や意味を理解していない表面的な浅い理解に止まり、深い理解に達していないにもかかわらず「わかったつもり」でいる子どもたちがいるという現状を指摘している。

また銀林(1985, p. 42-47)は、算数・数学の特徴として2種類のわかり方があるという。一つは「やり方がわかる」ということであり、これは計算などの手続きがわかる、言い換えれば「できる」ということであり、もうひとつは「わけがわかる」ということであり、そのことからの意味や内容までもわかるということであり、文字通り「わかる」ということである。そして算数・数学の理解の特徴として、算数・数学は『『できる』ことを通じて『わかる』』といえる。少なくとも、『『できる』』のでない限り『『わかる』』ことは覚束ないといえる。— 中略 — 子どもたちは『『できれば』満足してしまう。』(銀林, 1985, p. 46)と述べ、子どもたちは「できれば」満足してしまい、「わかった」と思い込んでしまうという傾向があることを指摘している。

このような傾向は算数・数学の学習ではよく指摘されており、藤村(2012, pp. 17)は、OECDの行っている学習到達度調査(PISA 調査)をもとに日本の子どもたちの数学的リテラシーの現状を、「日本の子どもは、解法が1つに定まった問題に対して手続き的知識を正確に適用して解決すること(定型的問題解決)には秀でているが、概念的理解に基づき、思考のプロセスを多様に表現すること(非定型的問題解決)に関しては国際平均レベルであり、後者に対して何も考えを表現しない者の割合は国際平均を上回っている」と分析している。そして藤村(2012, p23)は銀林の述べる2種類のわかり方を、「できる学力」、「わかる学力」と

ということばで述べ、「日本の子どもは定型の問題で測られるような『できる学力』（手続き的知識・スキルの適用）の水準は高いが、非定型の問題で測られるような『わかる学力』（概念的理解とそれに関わる思考プロセスの説明）の水準は国際平均レベルである」と述べている。そしてその原因として藤村(2012, p. 62)は、従来の日本の算数・数学教育では定型の問題の解決を繰り返すことを学力形成の中心に置く、「できる学力」中心型の学習が多く行われ、「わかる学力」の形成は軽視されていたことを指摘している。すなわち銀林の危惧する、『できれば』満足してしまい、『わかった』と思い込んでしまう」という現状は国際的に見た日本の算数・数学教育における大きな課題としてあげることができる。

そして藤村(2012, p. 57)は、『わかる学力』に関して、概念的理解の深化メカニズムは、知識と知識の関連づけによる知識構造の精緻化や再構造化である。既習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知識を見出すことで、物事をとらえる枠組みを変えていくことが『わかる』ことの本質であると考えられる。」と述べ、「わかる学力」の形成、すなわち「わかったつもり」でいるだけの浅い理解を乗り越え、深いレベルの理解にまで到達する学力の形成には、学習内容を既有の知識と結びつけることによる精緻化と精緻化による知識構造の再構造化が重要であるとしている。

この「わかったつもり」という状態を精緻化の視点から見ると、「できる」という状態からさらに思考を深め、「なぜそのようになるのか」ということまで考えていないためであると考えられる。これも説明・受容型学習という授業形態による問題点と関連してくる。説明・受容型学習の形態では解法の全体が提示され、子どもたちは問題の解き方の解説を聞くことが中心となるため、なぜそのようになるのかということや解決者の意図が説明されることは少ない。したがって解き方の手順や方法だけを聞くことによってわかったつもりになってしまうのだと考えられる。

北尾の述べている授業中の子どもたちによく見られる「わかったつもり」と、銀林・藤村の述べている「できるだけ満足してわかったつもりになる」という状態ではやや状況は異なっているが、授業の中で子どもたちのこの不十分なわकारいの状態は混在しており、どちらの状態も学びは深まっていない。したがって何らかの方法によって学習内容の精緻化を促し、学びを深めていく必要がある。

(3) 自己生成精緻化の視点から見た説明・受容型学習の解法の全体提示の問題点

問題解決型授業における解法理解活動の形態が、説明・受容型学習の形態をとることが子どもたちの学びが深まらない、すなわち学習内容が十分に精緻化できない原因であることが考えられる。ここで自己生成精緻化の視点から説明・受容型学習における解法理解活動の問題点を考察することにする。説明・受容型学習では解法理解場面において解法の全体が提示され、子どもたちはその解説を聴き理解することになる。このように解法の全体が提示される説明・受容型学習では以下のような問題点が指摘されている。

説明・受容型学習における代表例の全体が提示され、それについて行われる解説では、

解法を理解している子どもが説明するため、解き方の手順を述べるだけに止まってしまうことが多い。また説明を受ける子どもたちも解法の全体が提示されると、自分の解法と見比べ、正解かどうかしか見なくなる。そしてもしそれが正解ならば、解説する子どもの説明を聞く必然性をもたないため、それ以上説明を聴かなくなる。そしてこの形態では情報は一方的に外から与えられるものであり、自己生成精緻化が生起しにくい(佐伯, 1995; 神谷, 2017)。また未解決者は、提示された解法を見ただけでは理解することが難しいことが多く、理解に必要な情報が外から与えられるのを待つことになる。そのため、どうしても子どもたちの態度は依存的になってしまう(波多野・稲垣, 1973; 市川, 2004)。そのため主体的な情報処理が必要だとされる精緻化が十分に行われなくなってしまう。

これらの問題点はすべて解法の全体提示にあると考えられる。解法の全体提示→その解説→補足説明という流れでは、解法のすべてがすでに提示されているため教師が精緻的質問をする場面が限られてしまい、解決者の着想や意図を問うといった活動がもちにくい。

また解法の全体が提示されてしまうと、全体からの情報が入ってくるため焦点が絞りにくくなってしまい、一つ一つの式の意味を精緻に考察することが難しくなってしまう。そしてさらに解法の全体がすでに提示されているため、未解決者は解決者の解決を再体験する機会がない。

したがって解法の全体提示による解法理解活動の問題点は、解法の理解に必要な情報を子どもたち自らが生成する機会が少なく、自己生成精緻化が困難であることに起因すると考えられる。したがってこのことに対する解決策として、自己生成精緻化が可能となるような解法の提示のしかたを検討することが必要であるといえる。解法の全体提示による問題点をまとめると以下の5点があげられる。

解法の全体提示の問題点

- (A) 解法の検討が解き方の手順、手続きにとどまりがちであり、未解決者の理解が解法の手続き的な側面を模倣するにとどまってしまう。
- (B) 精緻的質問がしにくく、解決者の着想や意図について話し合われることが少ない。その結果解法理解の過程での自己生成精緻化が生起しにくい。
- (C) 外から情報が与えられることが多く、子どもたちの態度が依存的になってしまう。
- (D) 解法の全体が提示されているため、未解決者が、解決者の解決を再体験する機会がない。
- (E) 解法の全体からの情報が作用するため、学習の要点に対して集中しにくく、解法の部分に着目した検討がしにくい。

第4節 精緻化の理論を取り入れた算数・数学分野における先行研究の検討

(1) 精緻化に関わる E. A. Silver の研究

Silver(1982)は、精緻化理論を含めた認知心理学の視点から数学的問題解決について論じている。数学的問題解決能力は解決者の知識ベースに依存している。Silverはこのこと

について、「豊富でよく整理された知識体系は問題解決者の資産です。知識の量よりも、知識が容易に利用できるようにされた優れた知識体系の方が、より重要であるかもしれません。－ 中略 － 問題解決エピソードに従事している個人の問題解決行動を正しく解釈するには、彼がどのような知識ベースの上で問題解決を行っているかを十分に把握することが重要です。」と述べている。これは数学的スキーマの重要性を述べたものである。Silverは数学的スキーマについて、それがどのように問題解決に作用するかについて述べている。それが精緻化である。

Silverは精緻化について、「精緻化とは、直接または類推によって既有知識に新しい材料を関連付けることに関与するプロセスだけでなく、材料の構成要素間の論理的な関係の作成と推論または含意を描くことにも言及する。精緻化方略の成功の一つの説明は、新しい、よく知られていない材料と、古い、すでに学習された情報との間に関係を形成することによって、新しい情報をより有意味にするということである」と述べている。Silverは、精緻化理論は数学的問題解決にとって、より効果的な指導法を設計するために重要であるとしている。そして精緻化を促す働きかけを精緻的プロンプトと呼び、Polya(1957)の述べる、問題解決の計画を立てるために「関連する問題を考えてみる」ことや「自分の解答を振り返ってみる」ことがそれに当たるとしている。子どもたち自らが自分の解答を振り返ることは大変難しいことではあるが、Silverは、「精緻化の観点からいえば、今日の問題を『振り返る』ことは、明日の問題を『考える』ための準備である」と述べ、教師は子どもたちに自分の行った問題解決を振り返らせることの重要性を指摘している。

またSilverはメタ認知について、「問題に直面したとき、解答者は解答を助けるために様々な認知戦略を採用することを選択することがある。これらの決定は本質的にメタ認知的なものであり、問題情報がどのように符号化され、どのような情報が記憶から検索されるかに大きく影響する」と述べ、問題解決に関わるメタ認知の重要性を述べている。またSilverは、子どもたちがどのようなメタ認知的な方略をとるかは教師の指導観によると述べ、教師がどのような指導観をもつかということが子どもたちの問題解決能力を育てる上で重要だとしている。

Silver(1986)は、数学的な問題を解く際に使われる理解や解釈のプロセスには、手続き的な知識と概念的な知識があり、それらのつながりを生み出すことが重要だとして、その関係について述べている。算数・数学の学習は、概念的知識が伴わなくても手続き的知識を駆使し問題の解答を得ることができる。手続きは概念的な知識ベースに依存することはなく使用可能である。しかし手続き的知識は概念的知識と結びついていなければ、その適用場面は非常に限られたものになる。すなわち手続き的な知識だけを身につけ、問題の解答を得ている子どもは、違う状況や場面に出会ったときにそれを応用することは困難である。しかし手続きが概念的知識によって意味をもてば、その手続きを使って他の場面でも応用できるようになる。したがって手続き的な知識と概念的な知識が結びつくことが重要である。そしてこれらを結びつけるのが精緻化の役割である。

また数学的問題解決では問題理解が非常に重要であり、手続き的知識と概念的知識との結びつきはこの問題理解に関わっている。数学的問題解決では、解を得る前に問題の状況を理解する必要があるのだが、このときに解答者があまり問題を理解せずに進むことが多く、理解のプロセスを迂回するような手順を使用することで解決が成功することも多く知られている。Silverは、「教科書の物語の問題を解く際に、生徒は問題の状況を理解してそれに応じて行動するのではなく、頻度、大きさ、分割可能性などの観点から数字を検討して、適切な操作を決定することがよくあります」と述べている。数学的問題解決では、解答者は、問題文を精緻に理解することなく、問題文に出てくる数値をうまく組み合わせて式を作り答えを出すという様子がしばしば見られる。問題文を理解するにはその背景となる知識が必要となる。すなわち問題解決スキーマが必要となる。したがって問題文を理解するということは問題解決スキーマを使って問題を精緻化するということである。Silverはこのように手続き的知識と概念的知識が精緻化によって結びつくということが重要だと述べている。

また Silver(1987)でも問題理解の重要性が指摘されている。Silverは、「問題解決のエピソードの最初の段階で問題を理解することは、初期の問題表現を構築することとほぼ同義である。— 中略 — 問題解決に失敗する人は、問題の理解が一般的に不足していることが特徴であることが多い。タスク領域の初心者は、適切な初期問題表現を構築することなく、つまり問題を理解することなく、問題を解決していくことがよくあります。」と述べている。

さらに Silver(1994)では「Problem Posing」という概念を提唱している。「Problem Posing」とは与えられた問題を新たに生成したり、再構成したりすることである。Silver(1994)は、「複雑なタスク領域における専門家と初心者の違いに関する広範な研究の主要な発見の一つは、専門家は問題の定式化と再定式化にかなりの時間を費やし、通常は量的分析よりも質的分析に従事する傾向があり、初心者は定式化と再定式化に比較的少ない時間を費やす」と述べている。このことは第1章、第5節(1)の例で挙げた不振児の例でも取り上げているが、このような初心者(不振児)は、北尾(1984a)が述べているように「解法を知らなかったのではなく、文章情報を自発的に精緻化する術を知らなかった」ということである。すなわち Problem Posing とは与えられた問題を精緻化した結果生起するのであり、問題を自分の既有知識と結びつけることによって解釈し、再構成することであるといえる。

このように精緻化に関わる Silverの研究は、最終的には問題解決スキーマを利用した問題の理解に焦点が絞られている。たとえば Silver(1986)では、「マリーキュリースクール130人の生徒と先生がピクニックに出かけます。1台のスクールバスには50人の乗客が乗ることができます。バスは何台必要でしょう」という問題に対して選択肢、a)2, b)2R3(Rは remainder;余り), c) $2\frac{2}{3}$, d)3の中から正解を選ぶ問題に対して、小学校6年生で正解者は35%しかいなかったということが報告されている。この問題の場合バスの1台が部分

的にしか乗っていないなくてもよいという暗黙の情報が当然あるものとして出題されている。このような暗黙の情報がスキーマである。問題の理解にはそれを使って問題を自分のことばに置き換え解釈することが必要となる。Silver の精緻化理論の適用は主にそのような個に着目した問題理解の場面での適用であり、本研究が対象としている、解法理解場面における未解決者の解法の理解に適用されているわけではない。

(2) 問題理解から自力解決を重視した松川・高橋による研究

松川(1992)は Silver の精緻化理論に依拠し、数学的問題解決における elaboration (精緻化) を、「数学的問題解決の場におかれている問題解決者が、問題の解決のために、問題場面からの情報に、関連する既存の数学的知識を付け加える過程である」と捉え、既存知識を用いて問題場면을解釈することの重要性を述べている。これは Silver の述べている Problem Posing の考え方に通じている。学習者は数学的問題解決に際して、問題を理解する場面においては、問題からその表象を作り上げなくてはならない。その過程で必要になるのが松川の述べている精緻化(elaboration)である。そして松川は、「数学的問題解決の場において、問題解決者は、問題場面からある情報に着目するが、この着目した情報を数学の対象とするためには、既存の数学的知識を活性化させる必要がある」と述べている。そしてこの既存の数学的知識を活性化するためには、精緻化を促すきっかけとなるような発見的な示唆が重要であるとし、そのような示唆を Silver の研究に依拠し elaborative prompt と呼んでいる。この elaborative prompt が数学的問題解決の鍵となる重要な方略であり、松川はこの elaborative prompt を数学の授業の中で具現化した事例研究を行っている。松川のいう elaborative prompt とは、問題解決に関わって既習の問題の想起や友だちの気づき、アイデアを知ることであり、松川の主張では、elaborative prompt は教師が子どもたちへ働きかけることが多いが、同じ数学的問題解決の場にいる、他の問題解決者の elaborative prompt の提供によって生起することもあるとしている。また松川は、「数学的知識の獲得は、elaboration を介在としてなされる」と述べている。松川は数学的知識の獲得は、elaboration を介在としてなされるとはいうものの、そのメカニズムや elaboration と理解のつながりに関する分野での研究にまでは及んでいない。また松川の研究では、本研究が対象としている解法理解活動に及ぶものではない。

高橋(1994)もまた Silver の精緻化理論に依拠し、数学的精緻化を、「ある数学的知識に関連する情報の数学的価値や数学的有用性を捉えながら、既に獲得されている知識と関連づけて新しく数学的知識を構成していくときに数学的知識は精緻化されたと考える」と述べ、問題解決に関わって「問題の精緻化」と「方略の精緻化」という2つの精緻化が生起するとし、精緻化研究の重要性を述べている。

高橋は、「問題解決者は問題に直面したときに、問題課題環境から獲得された情報と長期記憶から検索された知識が相互に作用し解決が進む」とし、「問題の精緻化」とは「問題課題環境から獲得される情報と長期記憶から検索される知識が相互作用しながら問題の構造

に注目して問題の捉え方を変化させる。そしてその結果が長期記憶に保存される」ことであるとしている。すなわち「問題の精緻化」とは、問題が与えられたとき、子どもたちが既習の知識を用いて問題の捉え方を変化させ、「要するにどのようなことが問われているのか」と、納得できる形に問題を解釈し直すことである。これは Silver のいう Problem Posing である。Silver(1986,1987,1994)にもあるように、問題解決にとってこの活動は非常に重要であるにも関わらず普段の授業では精緻に行われないことも多い。したがって「問題の精緻化は」Silver も指摘しているとおり問題解決にとって大変重要な要素である。

また高橋は、問題の解決に関わって、「問題解決者は問題に直面したときに、様々な情報によって方略の適用の仕方を変化させる」と述べている。そして「方略の精緻化」について、「問題課題環境から獲得された情報と長期記憶から検索された知識が相互作用しながら、解決が進み、問題の構造に関わりながら方略の適用の仕方が変化していく、そしてその結果が長期記憶に保存される。このときに方略は精緻化されたと考える」と述べている。すなわち「方略の精緻化」とは問題解決を進める中で、子どもたちが自分なりに既習の方略を解釈し直して方略の適用の仕方を変化させていくことである。

普段子どもたちが問題を解決していく場面では、既習の方略をそのまま適用できることは少なく、既習の方略をもとに、その問題の解決に適した方略を考え、工夫して問題の解決を進めていくことが必要となる。「方略の精緻化」とはそのようなことである。そして「問題の精緻化」と「方略の精緻化」が互いに影響を与え、交互に生起することによって問題解決は進んでいくとし、この2つの精緻化の相互作用の重要性を述べている。高橋のこの研究では問題解決の過程で望ましい授業として行われている精緻化の過程について述べてはいるが、精緻化のためのきっかけを促す教師の指導のあり方を明らかにしたわけではない。また松川と同様に、精緻化と解法の理解のつながりに関する分野での研究にまで及んでいるわけではない。

(3) 学びを深める協同的探究学習を取り入れた藤村の研究

先に藤村(2012, pp. 17)は、OECD の行っている学習到達度調査(PISA 調査)をもとに日本の子どもたちの数学的リテラシーの現状について、「日本の子どもは『できる学力』(手続き的知識・スキルの適用)の水準は高いが、『わかる学力』(概念的理解とそれに関わる思考プロセスの説明)の水準は国際平均レベルである」述べ、「わかる学力」の形成が国際的に見た日本の算数・数学教育における大きな課題としていることを述べた。そして藤村(2012, p. 57)は、『わかる学力』に関して、概念的理解の深化メカニズムは、知識と知識の関連づけによる知識構造の精緻化や再構造化である。既習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知識を見出すことで、物事をとらえる枠組みを変えていくことが『わかる』ことの本質であると考えられる。」と述べ、「わかる学力」の形成には、学習内容を既習の知識と結びつけることによる精緻化と精緻化による知識構造の再構造化が重要であるとしていることについても述べた。また藤村(2012, 2018)は「わかる学力」を形

成するための具体的な学習法として協同的探究学習を提案していることも先述の通りである。

藤村は「わかる学力」の形成が重要だと述べ、そのメカニズムについて論じている。「わかる学力」が形成されるメカニズムについて藤村(2012, p. 8)は、「子ども自身が、日常経験や他の単元や教科の学習を通じて形成してきたさまざまな知識(既有知識)を新たな情報と関連づけ、知識を構造化したり、再構造化したりすることにある」と述べている。また藤村(2018, p. 17)は「わかる学力」が形成されるメカニズムは、「多様な知識の関連づけによる知識構造の精緻化(elaboration)や再構造化(restructuralization)である。」と述べている。これは新しい情報を精緻化することにより、既存の知識構造全体が再構造化され、刷新されるということである。すなわち「わかる学力」の形成にとって精緻化は重要な役割を果たしているということである。また「わかる学力」の形成に必要な既有知識は、概念発達や認知発達の過程で長期的に形成されてきたものであり、授業を通じてそれらの知識が精緻化・再構造化されることによって新たな「わかる学力」形成のベースとなっていく(藤村, 2012, pp. 58-59)。

このように「わかる学力」の形成にとって精緻化は欠かせない過程ではあるのだが、藤村の主張は精緻化に焦点を当てているわけではない。むしろ藤村はわかる学力の形成には、共に学ぶ他者の存在が欠かせなく、他者との交流を通すことによる学習効果を精緻化の視点から考察している。たとえば藤村(2012, p. ii)は、「人間は自分の考えを他者に対して表現するときに、他者に伝わることを意識することで、その考えを精緻化していきます」と述べている。また藤村(2018, p. 67)は、「聞き手となる他者がいると、こうした自己説明が活性化され、説明が精緻化する」と述べている。こうしたことから藤村は「わかる学力」形成の手段として協同的探究学習を提案している。

協同的探究学習では他者の存在と学習方法を重視する。協同的探究学習では他者が個人の問題解決の促進に果たす役割として次の三つを挙げている。一つ目は能動的な聞き手としての他者の存在である。人は自分自身で説明を行う(自己説明)ことにより、理解が深まるとされている。そこに聞き手となる他者がいることで、その他者が説明に対してさらに精緻な説明を促したり、話し手は聞き手に伝える内容を意識的にわかりやすく伝えるよう工夫したりする。それによって説明が精緻化するのである。二つ目は情報を提供する話し手としての他者である。他者には自分の有していない情報を有している可能性がある。そのような未知で有用な情報を他者からの説明によって得ることが可能となる。それによって個人の問題解決が促進されるようになる。三つ目はともに知識を構築する相手としての他者である。自分と他者が共に知識を提供し合うことにより、それまでの自分の既有知識に新たな知識を関連づけ、より整合性のある説明を相互に行ったり、修正しあったりすることにより新たな知識を構築していくことが可能となる(藤村, 2018, pp. 67-69)。

また協同的探究学習の学習方法としては次の四つの特徴があげられる。一つ目は子どもの多様な既有知識を活性化する「非定型問題」の設定である。標準的で解法の定まった定

型問題に対して、日常的知識や他教科・他単元に関する知識も含む多様な既存知識を利用して多数の子どもが自分なりに解決可能な問題、すなわち、多様な考え(解、解法、解釈、表現など)が可能な問題を非定型問題と呼び、そのような非定型問題を設定することが特質である。それにより多様な考えが可能となり、それらの考えを関連づけることで教材や単元の本質に迫ることができるとしている。二つ目は一人一人が多様な知識を関連づける個別探究の場面の組織である。この場面は各個人が自分なりの考えを発案し表現できるだけの時間や、それを自由に表現できる自由度の高い空間を保障することに加えて、子どもたち一人一人が自分なりの考えやよりよい考えを追求するよう教師が促すことを可能とする場面である。三つ目はクラス全体の協同探究における多様な考えの関連付けと本質の追求である。この場面では個別探究で考案された多様な考えをクラス全員で比較検討し、自分の考えと他者の考え、あるいは他者の考え同士を関連づけていく。いわゆる問題解決型授業の練り上げである。この場面では、他者との交流によって、先に述べた他者のもつ三つの役割が果たされることになる。四つ目は再度の個別探究場面の組織である。この場面では、一人一人の子どもが、クラス全体の協同探究場面で関連づけられた多様な考えを活かして、教材の本質に迫る非定型問題としての「発展問題」に個別に取り組むことである。この場面では、クラス全体での協同場面で深まった個人の概念を適用問題の解決を通して適用可能かどうかを試す場面である。これによって知識の再構造化がなされるとされる(藤村, 2018, pp. 41-43)。

(4) 先行研究の課題と本研究における算数・数学分野への新たな精緻化理論の応用

Silver の精緻化に関わる研究は、問題解決スキーマを利用しての問題の理解に焦点が絞られている。数学的問題解決において問題の理解、すなわち **Problem Posing** は非常に重要なことである。問題の理解がその後の「計画を立てること」、「計画を実行すること」、「振り返ってみること」につながっていく。しかし Silver の研究は問題解決型授業では必ず存在する解法理解活動における未解決者の解法理解には触れていない。

また松川、高橋の研究の特徴はともに数学的問題解決における問題の理解から自力解決の場面に着目し、個々の問題解決が促進されるために精緻化がどのように関わっているか、すなわち自力解決のときの「能動的な情報処理としての精緻化」について詳述している点である。問題の理解、見通しをもつ過程における精緻化の重要性について考察し、精緻化によって自力解決を促進させようとしたこの研究は、個々の問題解決の促進という点では効果的といえる。

算数・数学教育は問題を解決することによって学習を進めていく。したがって子どもたち一人一人の問題解決を促進させるということは重要なことであるといえる。しかし算数・数学の授業では、問題解決に関わって自力解決の場面では、必ず未解決者がいるため、解決できた子どもの解法を代表例として取り上げ未解決者に理解させるという活動が必要となる。Silver, 松川, 高橋の研究は授業の成立という視点から見たときに欠かせない、解法

理解活動における未解決者の理解には触れられていない。したがって未解決者の理解を保障するものではない。問題解決型授業の問題点とされる、この解法理解活動における未解決者の理解についての問題点は、個に着目した問題の理解、自力解決の促進だけでは解決することはできない。

また藤村の研究の特徴は「わかる学力」の形成、すなわち概念的理解を深めていくために、協同的探究学習を通して学習内容を精緻化・再構造化しようというものである。協同的探究学習による「わかる学力」の形成についての認知心理学の視点からの知見や実践を通して見られた子どもたちの様子からの知見についてはすばらしいものであり、本研究も大いに取り入れていきたいと考える。しかし、藤村の研究では精緻化の視点からの裏付け、とくに協同的探究学習がどのように、またどのような精緻化を生起させるかについての検討がなされていない。また協同的探究学習は非定型問題を扱うということから、子どもたちが日常的に取り組んでいる問題解決型授業に対する実践、また小学校における実践がなされていない。このようなことが協同的探究学習の課題として挙げられる。

以上の先行研究の課題をもとに、算数・数学分野における精緻化研究を進めていくにあたり、本研究の新たな貢献として次のことがあげられる。まず一つ目として本研究では問題解決型授業における解法理解活動に焦点を当て、そこに精緻化理論を適用し未解決者を中心とした子どもたちの理解を促進させようとする点である。Silver, 松川, 高橋の精緻化研究では、子どもたちの解法理解場面での解法の理解を促進し、理解を深めるために精緻化理論を適用しているわけではない。算数・数学分野では、これまでにその場面における解法の理解に精緻化理論を適用している研究はなかった。したがって解法理解活動の場面に精緻化理論を応用しようとするところに本研究の新たな貢献があるといえる。

二つ目として、本研究では精緻化の型の中でも自己生成精緻化の概念を適用しようとしている点である。算数・数学教育では、知識を与えるのではなく気づかせる、見つけるということを重視するという特徴がある。そのためにはすべての情報を外から与えてしまうことによる実験者呈示精緻化ではなく、精緻的質問によって子どもたち自身のもつ既有知識から情報を引き出す自己生成精緻化が望ましい。また実験者呈示精緻化にくらべ自己生成精緻化の方が精緻化の効果が高いことが明らかにされている。したがって算数・数学の解法理解にあたっては自己生成精緻化を促進させることが望ましい。算数・数学の解法理解活動に自己生成精緻化の概念を取り入れることが本研究の新たな貢献といえる。

そして三つ目として協同的探究学習にはない汎用性が挙げられる。藤村の提唱する協同的探究学習では、精緻化の促進のために非定型問題の使用が前提となっている。ところが日頃子どもたちが取り組んでいる算数・数学の授業では定型問題が主になっている。しかしそのような定型問題を利用しての問題解決に対してでも、本章で明らかにしてきた問題解決型授業における課題である子どもたちの理解は十分に深まっているとはいえない。したがって本研究は、協同的探究学習では取り組まれていない、どのような問題を用いた授業においても、精緻化を促進させることが可能な取り組みを進めていくことができるとい

う点に特徴がある。したがって汎用性の高い研究であるということが本研究の三つめの貢献としてあげられる。

次章以降では、本節で明らかにしたこれまでの算数・数学の分野では研究されてこなかった本研究の新たな取り組みを具現化していくことになる。

第5節 第2章のまとめ

本章は、「算数・数学の問題解決型授業の問題点を精緻化の視点から明らかにし、その改善のための方策を検討する。」という研究課題に対し、文献を調査することによって研究を進めてきた。問題解決型授業はわが国の算数・数学教育の特徴であるともいわれ、わが国の算数・数学教育では広く取り入れられている。また問題解決型授業は内在的数学観に基づく子ども主体の授業であるとされ、「問題設定」、「自力解決」、「練り上げ」、「まとめ」という4つの段階で構成されるという考え方が一般的である。

問題解決型授業では、自力解決の段階ですべての子どもが自分なりの解法を見つけられるわけではない。また子どもたちはいろいろな解決の仕方の問題解決に取り組んでいる。そのためここでは必ず未解決者が存在する。したがって練り上げの段階のはじめでは、未解決者も含めたクラス全体を対象として必ず解法理解活動が行われる。解法理解活動では自己発表法や他者発表法など、解決者の代表例の全体を提示し、その解説や子どもたちとのやりとりによってクラス全体の理解を深めていくことが一般的である。算数・数学の問題解決型授業において行われるこのような、解法の全体が提示され、他者からその解法についての解説を聞くことにより学習するという受容学習の形態の学習を、本研究では説明・受容型学習と呼んだ。

問題解決型授業における説明・受容型学習による解法理解には様々な問題点が指摘されている。その主なものは、未解決者が十分な理解が得られないということや子どもたちが十分に理解できていないにもかかわらず「わかったつもり」になってしまうなど、どうしても不十分で浅い理解しか得られないということである。その原因について精緻化の視点から検討した結果、説明・受容型学習で行われる解法の全体を提示しての解法理解活動では、どうしても精緻化が生起しにくく、それが原因で十分な理解が得られないということが明らかになった。したがって本研究ではその改善策として算数・数学の問題解決型授業において、精緻化を促進する指導法を考案する必要性が明らかになった。

一方で算数・数学教育の分野において精緻化理論を取り入れた先行研究について調査した。その結果、算数・数学教育の分野では、精緻化理論を取り入れた先行研究は非常に少ないことがわかった。それらの先行研究のほとんどは、問題設定の段階や自力解決の段階に精緻化理論を取り入れた研究であり、問題の理解や自力解決の促進のために精緻化理論を取り入れ、個に着目したものであった。それぞれの理論は問題解決にとって大変重要な役割を果たしているのだが、本研究が対象としている解法理解活動における未解決者の理解の促進に関わる研究ではなかった。また解法理解場面を対象とし、子どもたちの精緻化

を促進させるために協同的探究学習を取り入れた研究では、特定の非定型問題の使用が前提となっており、汎用性に乏しいことや本研究が対象とするような自己生成精緻化を応用しようとしたものではないことが明らかにされた。

以上のことから本章では、算数・数学の問題解決型授業の問題点として、解法理解活動の場面で、解法の全体を提示することによる解法理解活動を行う説明・受容型学習では、解法を精緻化することが難しく、十分な理解が得られないということが明らかにされた。したがってその改善の方策として、算数・数学の問題解決型授業において、精緻化を促進する指導法を構築する必要性が明らかにされた。また先行研究の検討の結果、算数・数学の問題解決型授業における解法理解活動の場面に精緻化理論を応用しようとするところ、また自己生成精緻化の理論の応用、さらに日常の学習活動に応用できるという汎用性があるところに本研究の独自性があることも明らかにされた。

第2章の引用・参考文献

- ・愛知教育大学附属名古屋小学校，1989，「一人ひとりが生きる算数科の授業構成」，研究紀要 28，pp. 40-55，愛知教育大学附属名古屋小学校
- ・愛知教育大学附属名古屋小学校，1992，「算数科における創造力を育てる活動の構成」，小学校教育研究発表協議会案内・資料 39，pp. 62-69，愛知教育大学附属名古屋小学校
- ・藤井齊亮，2015，『算数・数学科教育』，一藝社
- ・藤村宣之，2012，『数学的・科学的リテラシーの心理学』，有斐閣
- ・藤村宣之・橘 春菜・名古屋大学教育学部附属中・高等学校，2018，『協同的探究学習で育む「わかる学力」』，ミネルヴァ書房
- ・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
- ・波多野誼余夫・稲垣佳世子，1973，『知的好奇心』，中公新書
- ・平林一榮，1987，『数学教育の活動主義的展開』，東洋館出版社
- ・広田忍，1984，「D. P. Ausubel の『受容学習』概念の批判的検討」，富山大学教育学部紀要，32
- ・市川伸一，2004，『学ぶ意欲とスキルを育てる』，小学館
- ・石井勉，2015，『算数科の学び合い指導』，明治図書
- ・伊藤説朗・埼玉県笠原小学校，1987，『算数科・新しい問題解決の指導』，東洋館出版社
- ・神谷佳和，2017，児童が学習内容を確かに理解する算数指導，平成 28 年度教育研究員研究要録，pp. 101-110，名古屋市教育委員会
- ・河崎美保，2013，『複数解法提示による算数の学習促進効果』，ナカニシヤ出版
- ・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
- ・北尾倫彦，1984，『意欲と理解力を育てる』，金子書房
- ・小池嘉志，2015，「算数・数学の授業における効果的な集団討議のための理解過程に関する

- る一考察」, 教科開発学論集, 3, pp. 175-179
- ・松川武(1992), 「数学的問題解決における elaboration とその指導」, 数学教育論文発表会論文集 25, pp. 149-154
 - ・湊三郎, 2002, 「訳者による解説と文献」, 『ステイグラール, J.W.・ヒーバート, J. 著, 湊三郎 訳日本の算数・数学教育に学べ』, pp. 165-183
 - ・宮本泰司, 小山正孝他(1997), 「数学的概念の認識過程についての基礎研究 (XVIII)」, 広島大学教育学部・関係附属学校園協同研究体制研究紀要, 25 (pp. 85-93)
 - ・溝口達也, 2010, 「指導方法」, 『数学教育研究会編 算数教育の理論と実際』, pp. 172-197, 聖文新社
 - ・文部科学省, 2008, 『中学校学習指導要領解説数学編』, 教育出版
 - ・中田基昭, 1997, 「授業の現象学」, 『日本数学教育学会編 学校数学の授業構成を問い直す』, pp.65-75, 産業図書
 - ・中原忠男, 1995, 『算数・数学における構成的アプローチの研究』, 聖文社
 - ・西林克彦, 1994, 『間違いだらけの学習論』, 新曜社
 - ・尾崎正彦, 2014, 『算数学力日本一への挑戦』, 明治図書
 - ・Polya, G, 1957, How to Solve It (2nd ed.). New York: Doubleday & Co. Inc.
 - ・Polya, G., 1945, “HOW TO SOLVE IT”, Princeton University Press
 - ・ポリア, G. 著, 柿内賢信 訳, 1954, 『いかにして問題を解くか』, 丸善株式会社
 - ・佐伯胖, 1995, 『「わかる」ということの意味』, 岩波書店
 - ・Silver, E. A., 1982, Knowledge Organization and Mathematical Problem Solving, Mathematical Problem Solving, Issues in Research, pp. 15-25
 - ・Silver, E. A., 1986, Using conceptual and procedural knowledge: A focus on relationships, Conceptual and procedural knowledge: The case of mathematics, pp. 181-198
 - ・Silver, E. A., 1987, Foundations of cognitive theory and research for mathematics problem-solving instruction, Cognitive science and mathematics education, pp. 33-60)
 - ・Silver, E. A., 1994, On Mathematical Problem Posing, For the Learning of Mathematics, Vol. 14, No. 1 (Feb., 1994), pp. 19-28
 - ・塩野直道, 1970, 『数学教育論』, 啓林館
 - ・相馬一彦, 1997, 『数学科「問題解決の授業」』, 明治図書
 - ・杉山吉茂, 2010, 「数学教育本質論」, 『日本数学教育学会編 数学教育研究ハンドブック』, pp. 18-23, 東洋館出版社
 - ・ステイグラール, J.W.・ヒーバート, J. 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
 - ・高橋正典(1994), 「数学的問題解決における精緻化に関する研究」, 数学教育論文発表会

論文集 27, pp. 377-382

- 筑波大学附属小学校算数教育研究部, 2015, 『問題解決の算数授業』, 東洋館出版社
- 坪田耕三, 2014, 『算数的思考法』, 岩波新書
- 和田義信, 1997, 『和田義信著作・講演集 3 講演集(1) 数学と数学教育』, 東洋館出版社
- 山口武志, 2010, 「算数的活動」, 『数学教育研究会編 算数教育の理論と実際』, pp. 59-76, 聖文新社
- 吉村直道, 2008, 「数学の理解に役立つ社会的相互作用の様相についての研究」, 日本数学教育学会誌臨時増刊数学教育学論究 89

第3章 算数・数学の学習における精緻化理論の応用と精緻化の促進

第1節 算数・数学の学習への精緻化理論の応用

(1) 算数・数学の学習の特徴から見た精緻化理論の応用

銀林(1984, p. 12)は算数・数学の学習における「わかる」ということについて、『わかる』前はあるに複雑でむずかしいと思えたものが、一度『ああそうか』とわかってしまうと、『なあんだ、そうだったのか』とまるでうそのよう。これは、数学的知というものが、個々バラバラの事実の集まりではなく、一つの強固な全体を形づくっているからです。だから、新しいことを習ったり、新しい問題に直面した場合に、それらがすでに出来上がっている知の全体構造の中にうまく取り入れられて、きちんと『はまり込まない』と、それだけが孤立して、とてもわかりにくくむずかしく感じられるわけです。反対に、それらが全体構造の中にうまく位置づけられると、もう本当に自分のものとなりますから、自分の手足のごく自然な、わかりきった、当たり前ものになってしまうのです。」と述べている。銀林のこの指摘のように算数・数学は問題の解決を通して学習をするため、そのわかりかたは、気づきであることが多い。すなわちわかるかわからないかの違いは問題解決の糸口、着想に気づくか気づかないかの違いであることが多い。そして気づくということが、銀林の指摘している「学習すべき新しい事柄が、既存の知識構造に『はまり込む』」ということであり、精緻化によって新しい知識が既存知識(スキーマ)と結びつき、知識構造が再構造化されるということであると考えられる。このような算数・数学のわかり方を考えた場合に、学習内容を与えてしまうのではなく、気づかせる、見つけさせる、発見させるということが重要となる。したがって教師の役割として、それらが可能となるよう子どもたちをサポートするということが必要となるといえる。

また算数・数学の問題解決を個に着目して見たときに、Polya(1945, pp.5-16)の、「問題を理解すること」、「計画を立てること」、「計画を実行すること」、「振り返ってみること」という4つの段階を経て解決されるという考えは広く認められている。この中でPolyaは「問題を解くことの大部分はどんな計画を立てたらよいかということを考えつくことにあ」と述べており、解決の着想を思いつくことが問題解決にとって重要であることを指摘している。またPolyaは「教師の役割は子どもたち一人一人に対する援助者でなければならない。すなわち教師は子どもたち一人一人ができるだけ自力で問題を解決することをサポートする立場であり、できれば子どもたち自らが自然に問題の解決方法を見つけ出す、気づくようそっと手助けをすることが最善である」と述べている。Polyaのこのことばは先ほど述べた教師の役割と一致している。

これらのことから算数・数学の学習の特徴を踏まえ、授業を精緻化の視点から捉えたときには、子どもたちに問題の解き方を解説して教えるという学習形態ではなく、解決の着想に気づかせるような工夫(情報の与え方)が重要であると考えられる。既存知識をもとに子どもたち自身に着想に気づかせるよう仕向けることがよりよい方法ではないかと考えられる。したがって算数・数学の学習では実験者呈示精緻化による理解よりも、自己生成精

緻化による学びが望ましいといえる。自己生成精緻化は精緻的質問の結果生じる精緻化であった。したがって、精緻的質問を行うことによって子どもたちの中から問題解決のきっかけとなるような情報を引き出すようにすることが教師にとっての重要な役割であるといえる。したがって本章では、算数・数学の学習の特徴から考え、自己生成精緻化が生起するような教師の働きかけについて考えていく。

(2) 算数・数学の授業における自己生成精緻化に基づく授業例

佐伯(1982, pp. 76-86)は、子どもたちが「ああ、そういうことか」と小数の割り算の計算の仕方の概念に気づき納得する姿、銀林のいう「学習すべき新しい事柄が、既有的知識構造に『はまり込む』」という姿を見せた授業を紹介している。本研究ではこのような子どもの姿が「算数・数学の授業における自己生成精緻化に基づく学びの姿」であると考え、より多くの子どもたちにそのような姿が見られる授業をめざしていく。佐伯(1982)の紹介する授業の概要は次の通りである。

「長さ6cmのテープを1.5cmずつ切り取っていくと何本の短いテープができるか」という問題で、 $6 \div 1.5$ のような小数の割り算の計算の仕方を考える場面である。自力解決の後3人の子どもの考えが紹介される。最初の子は6から1.5が4回引けるから答えは4になるという累減による考え方を自己発表法で紹介した。次の子は1.5に何をかけると6になるかと考え、 $1.5 \times 1 = 1.5$, $1.5 \times 2 = 3$, \dots として $1.5 \times 4 = 6$ となることから答えは4になるという考えを同じく自己発表法で紹介した。そして3人目の子は黙って黒板に、 $60 \div 15 = 4$ という式を書いた。そこで先生は「どうして6を10倍し、1.5を10倍したの?」と質問した。するとその子は、「割算では、割る数と割られる数を10倍しても答えは変わらないのだよ。たとえば、 $2 \div 2 = 1$ でしょう。また、 $20 \div 20 = 1$ になるじゃない。ほかの例でやってみてもわかるよ。」と答えた。しかし子どもたちはこのような答えでは納得しない。それはこの答えが、子どもたちの既習の数学的知識と結びついていないからである。たとえ計算の手続きがわかり、答えを求めることができるようになったとしても、そのような知識は、精緻化によって既有知識(スキーマ)と結びつき、知識構造が再構造化されるような知識ではない。

その後1番目、2番目の解法の検討が行われ、それぞれの解法のよさや欠点などが確認された後教師は子どもたちに、「ところで、三番目のやり方は、とても簡単だね。だけど、どうして割る数や割られる数を10倍しても答が変わらないのかな?」と質問した。そして黒板に図のようにテープを描いて、「ところで、1.5cmというのが小数で表されているから、 $6 \div 1.5$ の割り算ができなかったのだね。でも、この図をよく見て考えてみよう。単位が今、cmで表されているのだけど、これを何か別の単位であらわしてみれば、同じ問題でも小数を含まないようにできるのじゃないかな?」という情報を与えた。その後の子

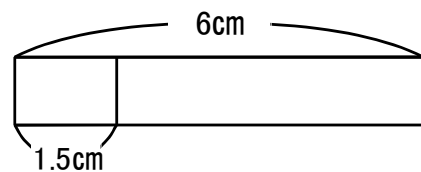


図 3-1 $6 \div 1.5$ のテープ図

もの様子を佐伯(1982,pp.80-81)は、「数秒間の沈黙の後、子どもたちの表情が急にかがやき出した。あちこちで、『ああ、そういうことだったのか!』というつぶやきが起こり、『わかった、わかったよ!』と叫んだり、『先生、ハイ、ハイッ』と手をあげたりする子どもが出はじめた。子どもたちはここで確かにわかったのである。 $6 \div 1.5$ の問題を $60 \div 15$ に書きかえても世界はまったく変わってないこと、割る数と割られる数を10倍するということの真の意味、確かにそれで正解が得られるという真実性、これらが一度にわかり、先ほどもまでの解き方の『手続き』が『意味』をもったのであった。」と述べている。

この例が示すように、子どもたちにとってまったく新しい概念は、最初はなかなか受け入れられないが、既習の数学的知識と結びついた瞬間に、子どもたちは「ああ、そういうことか」と深く納得する。すなわち学習すべき新しい事柄が、既存の知識構造にはまり込む。そして「納得にいたる理解」を示す。このプロセスを考えてみると、ここで子どもたちは、cmではなくmmという単位を使えばよいということに気づいている。これは最初の教師からの、「どうして割る数や割られる数を10倍しても答が変わらないのかな?」という質問、その後の教師のテープ図の提示、および「単位が今、cmで表されているのだけど、これを何か別の単位であらわしてみれば、同じ問題でも小数を含まないようにできるのじゃないかな?」という助言をもとにして、既有知識であるcmとmmとの関係をもとに、cmをmmに変換すればよいことに気づいたことによる。すなわちこれら一連の教師からの働きかけによって既有知識が活性化されたことによる。その結果子どもたちは、 $6 \div 1.5$ を $60 \div 15$ としてもよいという命題に、自分なりに意味づけし解釈している。すなわち子どもたちそれぞれの中で、「解き方の手続きが意味をもった」のである。このような理解の過程が精緻化の過程であるといえる。そしてこの場合の精緻化は、教師による「どうして割る数や割られる数を10倍しても答が変わらないのかな?」という精緻的質問および既有知識と結びつくような情報の提示によって、自らの既有知識からの情報によって生起している。すなわちこのような精緻化は自己生成精緻化であるといえる。

この例のような子どもたちが見せた「納得にいたる理解」の姿は子どもたちの中で起こった自己生成精緻化が表出した姿の一つとして考えられ、本研究で目指していきたい子どもたちの姿である。精緻化は子どもの内面で起きる「なるほど」とか「そういうことか」というような心情の変化に関わっているため、子どもたちの中で精緻化が起こったかどうかは、まず子どもたちの表情やつぶやき、そしてうなずきなどに現れると考えられる。そのときの子どもの姿が「納得にいたる理解」の姿であり精緻化できた姿であると考えられることができる。

(3) 本研究における手だてについての考え方

本研究では問題解決型授業の解法理解活動を通して子どもたち一人一人が代表例を、精緻化の過程を経て確実に理解することをめざしている。解法理解活動では教師が数式で記された解法を提示し、子どもたちがその意味や解決者の意図を考えることによって理解を

深めていく。その際に提示された数式をみただけでは、それが何を意味しているのかわからなかったり解決者が何をしようとしているのかという意図を読み取れなかったりするなど、子どもたちは理解の過程で行き詰まってしまい、それ以上解法の理解が深められず解決が進まないことがある。これは提示された数式が精緻化できていないためであると考えられる。したがってこのような場合、活動のねらいである代表例の確実な理解を促すためには精緻化を促進するような何らかの教師の働きかけが必要となる。

前項の $6 \div 1.5$ の例では、 $60 \div 15 = 4$ の意味が理解できずにいた子どもたちに対して教師が、精緻的質問や図の提示、助言などの働きかけを行っている。そしてこの教師の働きかけは子どもたちの既有知識を活性化させ、解決の糸口に気づかせようとする意図的なものである。子どもたちはこれら一連の教師の働きかけによって、解決のきっかけとなる既有知識を活性化させ、cmをmmに変換することによって $60 \div 15 = 4$ の意味付けをすることができた。すなわち数式の精緻化ができた。したがってこれら一連の教師の働きかけは子どもたちの数式の精緻化を促しているといえる。

愛知教育大学附属名古屋小学校(1992, p. 13)は「活動のねらいに対応した取り組みを進め、支え促すために、教師が授業の中で行う意図的な子どもへの働きかけ」を手だてと呼んでいる。これに倣い本研究では、解法理解活動において精緻化を促進し代表例を確実に理解するために、教師が授業の中で行う意図的な子どもへの働きかけを手だてと呼ぶことにする。第2節以降で算数・数学の授業において先行研究からの知見をもとに本研究で考える精緻化を促す手だてを考案していくことにする。

第2節 算数・数学の授業における精緻化を促し学びを深める手だて

(1) 自己生成精緻化を促進させる精緻的質問

自己生成精緻化の効果は精緻的質問の効果であるといわれている。精緻的質問とは「なぜ」、「どうして」など理由や根拠を問う質問のことである(豊田, 1998)。

佐伯(2003, p. 116-117)は、子どもの学びを成立させるものは子どもの内からの問いかけだという。そして、『知識』というものは、こちらが一方的に『与え』たり『伝え』たりできる代物ではない。子どもは常に自らの内なる問いかけにもとづいて、外界の知識を彼らなりに関心のあることに対する『答え』として受けとめ、また、自ら新しい様相に作りかえて、自分で一番扱い易く利用し易い形態(モデル)に変形してしまうものなのである。」と述べている。すなわち子ども自身が問題意識をもち、「なぜだろう」とか「どうしてだろう」という問いをもったとき、その問いに答える形で納得のいく答えが見付かりそれが知識となるというのである。これが精緻化の過程であり、精緻化とは問題意識をもちそれに答えることにより納得する、必然をつけることである。すなわちその個人がある事柄に対して意味を見つける、有意味化することである(西林, 1994, p. 17)。したがって精緻化には「なぜだろう」、「どうしてだろう」という疑問をもつことが必要となる。しかし子どもたちが自ら外界から受け取る一つ一つの情報に対して、あるいは重要だと思われる事柄に対

して常に「なぜだろう」とか「どうしてだろう」という疑問をもつことは難しい。佐伯(2004, pp. 116-117)は、読解力の低い子どもたちを例にあげ、「読解力の低い子どもたちの多くがもつ特徴は、子ども自身が自分で『もっともだ』と納得できるように文章を精緻化(エラボレート)するようなことをしない。つまり『どうしてそうでなければいけないのか』というような必然を探ったり、その理由を推察したり、『他のことではどうしていけないのか』という他の可能性を排除しようとしたり、というような、積極的な働きかけを自分からしようとしな」と述べている。

また生田・丸野(2005)は、「質問すること」を質問行動と呼び、「質問行動は、様々な場面での知的な営み(話し合い場面、授業場面など)において、利用可能性が高く、効果的な方略であると考えられている。たとえば、私たちは『問う、問われる』関係において質問行動のもつ知的な体験を数多く体験する中で、その利用可能性の高さを実感している。学習者(学生、生徒、児童)は、課題を適切に処理し、できるだけ能率的・効果的に学習を進めるために、自分自身の学習段階や状況に応じた学習方略を使用する。— 中略 — 質問行動は、その中の一つである精緻化方略に位置づけられるのである。」と述べている。そして「精緻化とは、学習者が課題と向き合い、イメージや既知の知識を加えることによって学習材料を覚えやすい形に変換し、主体的に自身の認知構造に関係づける操作のことであり、このような働きを担う質問行動はより効果的な学習方略の一つと考えられる」と質問による精緻化効果について述べている。

他にもWood et al. (1999)は、既有知識と新しい情報を結びつけ精緻化していくための方略として質問行動を捉えており、「精緻的質問は、学習者が新しい情報と既存の情報の間で関連付けを行うために既有知識にアクセスすることを奨励する『なぜ』と問うことによる方略である。小学生と大人は、一般的に、反復に比べて精緻的質問を使うように指示された場合、かなりの学習効果を示します。しかし、このような学習効果は、知識ベースが十分に確立されている教材を学習しているときに最も強固なものとなります。知識ベースが十分に確立されていない場合には、イメージや記憶術などの他の戦略がより有利になるようです。」と述べている。すなわち精緻的質問は知識を精緻化するための重要な方略であるのだが、それは知識ベースがしっかりしているときに有効に働くということである。このことは豊田(1998)の主張と一致している。

このように質問行動は精緻化にとって不可欠な方略といえるのだが、一方で生田・丸野(2005)は、「『授業場面で学習者は質問することを有効に活用できない』という経験をしばしば見聞きすることが多い。学習者は、自ら疑問を感じ、問いを立てたり(問題を発見したり)、『なぜ? どうして?』という問いを紡ぎ出しながら思考を深めたり、他者とのコミュニケーションにおいて効果的に質問を利用するといったことができない。」と述べ、子どもたち自らが、精緻化方略としての質問を行うことは難しいのが現状である。したがって授業においては教師の側から問いかける、すなわち教師の側が行う精緻的質問が子どもたちの精緻化、それも自己生成精緻化を促す重要な手だてとしてあげられるのである。

第2章, 第3節(2)で「わかったつもり」と呼ばれる表面的な理解について述べた。「わかったつもり」という状態は本人にとってみれば「わかった」と思い込んでいる状態である。したがって学習した事柄に対して必然性を見つけ自分なりに納得している状態, 言わば安定している状態なのである。ところが周囲から見ればそれは本当に「わかっている」とはいえないような状態のことである。学習においてこのような「わかったつもり」の状態になってしまうと, 子どもたちはもうそれ以上の情報収集や探索を行わなくなってしまう。その結果として子どもたちの学びはそれ以上深まらない。したがって大切なのは「わかったつもり」でいる子どもたちに対してそれは本当には「わかった」といえる状態ではないのだということ意識させる必要がある。そのために有効なのが問うことなのである。「なぜそれでいいのか」, 「どうしてそうなるのか」と問うことによってそれまで「わかっている」と思い込んでいた自分の状態が実は「わかったつもり」の状態だったのだということに気づき, そこからまた新たな探求がはじまる。その結果子どもたちの学びを深めることができるようになる(西林, 1997)。

このように精緻的質問はその質問に答えることを通して, 情報を精緻化し深い理解に至ることができる。佐伯(2004, pp. 117-118)は, 子どもたちの理解の本質について, 「与えられた状況に対し, 受け身でそれをまるのみするのではなく, 『どうしそうなのか。どうして他の〇〇ではダメか。なぜ, そうならざるを得ないのか?』という事態の必然性に対する関心をもつこと」であると述べている。そしてこのような「理解への志向—わかろうとするはたらき」という能動的な姿勢こそが重要であり, これが学習への効果を生み出すとしている。精緻的質問はこのような学びを生起させる上で重要な教師からの働きかけとなる。したがって精緻化を促す手だてとして精緻的質問があげられる。

(2) 外化活動による精緻化の促進

① 説明活動のもつ精緻化効果

溝上(2014, p. 39)は, 「ある学習内容についての自分の理解や考えを外化すること(書く・話す・発表するなど), あるいは, さまざまな他者の理解をふまえて理解することなどは, いかなる『聴く』学習によっても, その学習に認知プロセスの外化の作業が伴わない以上, 不可能である。『聴く』を通して, 頭のなかで思考が豊かに繰り広げられても, いざその思考や学習内容の理解を隣の学生に言葉で伝える, 議論する, みんなの前で発表するとなると, 言葉が出てこない, うまく説明できない, ということが往々にして起こる」と述べている。すなわちいくら知識を内化したとしても, それだけでは本当の学びの深まりは得られないという。そしてこのような事態に対して外化活動の重要性を述べ, 外化活動を通して学びを深める活動がアクティブラーニングであるとしている。溝上(2014, p. 7)はアクティブラーニングを「一方向的な知識伝達型講義を聴くという(受動的)学習を乗り越える意味での, あらゆる能動的な学習のこと。能動的な学習には, 書く・話す・発表するなどの活動への関与と, そこで生じる認知プロセスの外化を伴う。」と定義しており, さらに溝上

(2018)は、「アクティブラーニングの最大のポイントは、理解したこと、考えたこと、疑問に思ったこと、気づいたことなどを“書く”“話す”“発表する”の活動によって外に出す、すなわち『外化』である」と述べ、学習における外化活動の重要性を指摘する。

また藤村(2012, p. ii)は、「人間は自分の考えを他者に対して表現するときに、他者に伝わることを意識することで、その考えを精緻化していきます」と述べている。他者に伝わるということは他者を納得させるということである。そのためには伝えようとする対象となる事柄に、「どうしてそうなるのか。なぜそのようにするのか。〇〇でだめなのはなぜなのか。」といったような必然性をつけ加えなければならない。このように伝えようとする対象となる事柄に、必然性をつけ加える過程を経ることで、人間は自分の考えを精緻化することができる。

伊藤・垣花(2009)は、他者へ向けた説明を生成することがなぜ話者の理解を促進するのかということについて検討している。伊藤・垣花は大学生を対象として、実際に対面で説明する群(対面群)、ビデオを通して説明する群(ビデオ群)、これら2群の説明準備に相当する学習のみを行わせる群(統制群)の3群に分け、学習効果を比較している。説明群では先生役と生徒役に別れ、先生役から生徒役に対して説明が行われ、先生役は生徒役に「はい、いいえ」で答えられる質問以外はしてはならないこと、生徒役は、相槌や「はい、いいえ」以外の発話はしてはならないことが教示された。ビデオ群ではビデオを通して他の部屋にいる友達に説明をすることが教示された。統制群では説明内容を学習することが教示された。事後テストの結果、説明群の成績が最もよく、ビデオ群と統制群とでは有意差は見られなかった。この結果から、説明を生成するだけでは話者の理解に対しては効果的ではないこと、対面で他者へ向けた説明をすることが話者の理解を促進する効果があるということがわかった。

伊藤・垣花は他者へ向けた説明が話者の理解を促進する理由として、聞き手の存在があげられるとしている。聞き手から具体的な質問や意見がない場合でも、話者は絶えず、うなずきや返事などのフィードバックから、聞き手の理解状況を推察している。こうした聞き手のフィードバックから話者は説明を工夫する。また説明の内容も、話者なりに意味や解釈を加えた発話になったり、聞き手が理解しにくいといった表情を見せた場合には説明を繰り返したりする。こうした聞き手からのフィードバックが話者の理解を促進させるとしている。このことは、藤村(2018, p. 67)の、「聞き手となる他者がいると、こうした自己説明が活性化され、説明が精緻化する」という主張と一致する。

これらのことから外化活動、とりわけ他者に対する説明活動は学習内容を精緻化する効果があるといえる。したがって教師が子どもたちに対して他者への説明活動が生起するような学習活動を促すことは精緻化を促す手だてとなる。

② 書くことによる精緻化効果

外化による精緻化効果は書くことによっても見られる。北尾・速水(1986, pp. 150-151)はノートを書くことによる精緻化機能について、「与えられた情報をそのまま記憶しておく

のではなく、教師や子どもが自分なりのやり方でまとめ直してからから記憶にとどめるのであり、そこには情報を精緻化するという機能が認められる」と述べている。子どもがノートをとる場合には、授業内容を整理し記録したり、本から読み取ったことや自分の考えをまとめたりして記録する。このような、言葉によって書くという作業を通して学習内容は精緻化されていく。そして北尾・速水(1986, pp. 157-158)は、精緻化を促すノートの取り方の留意点として、「深い理解に到達させるには、情報に対して能動的な構えで対処させなければならない。ノート取りにおいても、受け身的に記録するだけではなく、自分の考えにもとづいて能動的にノートを作成する機会を与え、それによって情報を精緻化するように導く必要がある。」と述べ、自分の考えや読み取りをノートに書き込むことによって、自己流の精緻化が可能になるとしている。

森(2006, p. 61)は書くことの効果について、「講義ノートを取り、それを見直した生徒は、ノートをとらなかった生徒や、ノートはとってもらってもそれを見直さなかった生徒よりもテストの成績がよいことが明らかにされている。また、自分の取ったノート見直した生徒は、ノートをとらずにテストの前に教師の講義ノートのコピーをみて復習した生徒よりもテストの成績がよいことも明らかにされている。このことは、ノートをとることには、生徒が講義の内容を自分の言葉で再構築し、理解を深める働きがあることを示している。」と述べている。森の述べる「生徒が講義の内容を自分の言葉で再構築し、理解を深める」ということが書くことによる精緻化の効果である。

これらのことから書くということ、それも自らの解釈を書き記すということが精緻化効果をもたらすといえる。したがって教師が子どもたちに自分の考えを書かせるという働きかけをすることは精緻化を促す手だてとなる。

(3) 協同学習がもつ精緻化効果

藤村(2018, p. 66)は、「仲間との協同は、難しい課題への動機付けや、お互いの技術を学ぶ機会、また、理解を深める議論の機会など、さまざまな点で子どもの学びに有益である。」と述べている。実際の授業場面でもペアやグループによる学習が個人の問題解決に促進的にはたらく様子がよく見られる。本研究ではこのような協同学習がもつ個人の問題解決の促進効果については、藤村(2018, pp. 67-69)の述べる「他者が個人の問題解決の促進に果たす役割」を適用する。藤村は他者が個人の問題解決の促進に果たす役割として、能動的な聞き手としての他者、情報を提供する話し手としての他者、ともに知識を構築する相手としての他者の三つを挙げている。

一つ目の能動的な聞き手としての他者の役割はすでに本節(2)①で述べたとおりである。聞き手となる他者の存在は、聞き手から具体的な質問や意見、あるいはそれがなく場合でも、話者が絶えず、聞き手のうなずきや返事などのフィードバックから、相手の理解状況を推察するための役割を担っている。こうした聞き手のフィードバックから話者は説明を工夫する。また説明の内容も、話者なりに意味や解釈を加えた発話になったり、聞き

手が理解しにくいといった表情を見せた場合には説明を繰り返したりする。こうした聞き手からのフィードバックが話者の理解を促進させる。すなわち聞き手となる他者がいることで、話者の説明の内容は深く意味づけられたり必然が加わったりするなどの情報が付加され精緻化する。

二つ目の情報を提供する話し手としての他者の役割とは、他者には自分の有していない情報を有している可能性がある。子どもたちはそれぞれがそれぞれの既有知識を有しており、同一のものはない。これまでに述べてきたように数学的問題解決には、子どもたちがそれまでの学習で身につけてきた既有知識や生活経験から得た知識など豊かな知識ベースが必要とされる。友達と協同することにより、自分にはない他者の情報も問題解決に使うことが可能となる。それによって個人の問題解決が促進される。自己生成精緻化は先行知識が乏しい場合には効果は生じないことが問題であった。子どもたちの先行知識は個人によって様々である。それゆえ授業の中では教師からの精緻的質問に対して、答えられる子どもとそうでない子どもとが混在することになる。算数・数学の授業において自己生成精緻化は最も期待される精緻化なのではあるが、このような子どもたち一人一人の個人差によって授業が進まないといった場面もみられる。このようなとき協同により、子どもたちが相互に情報を提供し合うことによって自己生成精緻化が促進し、それによって問題解決を促進することができる。したがって情報を提供する話し手としての他者の存在は子どもたちの不足している先行知識を補うためには効果的であるといえる。

三つ目のともに知識を構築する相手としての他者の役割とは、自分と他者がともに知識を提供し合うことにより、それまでの自分の既有知識に新たな知識を関連づけ、より整合性のある説明を相互に行ったり、修正しあったりすることにより新たな知識を構築していくことが可能となるということである。これは他者のもつ一つ目と二つ目の役割である聞き手としての他者、情報の提供者としての他者という役割から発展したものとして考えられる。一つ目と二つ目の過程を通して多様で豊富な知識が関連づけられそれらが統合されることによって新たな知識が構築されていく。

以上のことから他者との協同学習を促すことは自己生成精緻化を促進させる有効な手だてとなり得る。

(4) 部分提示をもとに解法の全体を完成させることによる精緻化効果

前章第3節(3)で説明・受容型学習における解法の全体提示の問題点を整理した。説明・受容型学習における解法の全体を提示しての解法理解活動では、未解決者の解法理解にとって重要だとされる解決者の解決を再体験する機会がなくなってしまう。このことを改善する方法として解法の部分提示が有効であると考えられる。ここでは解法の部分提示を核として、未解決者が解決者の解決を再体験することを通して解法を精緻化できる手だてを考案していく。

① 解法の部分提示についての先行研究

解法理解活動において精緻化の視点から解法の部分提示を提案している先行研究はないが、理解の促進という視点からの先行研究は見られる。相馬(1997, pp. 66-70)は、解法の提示の仕方として、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。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。相馬はここでどのように授業を展開するのかは述べていないが、ポイントとなる式を書かせた後に、「この続きの式を考えてごらん」、「〇〇さんはどんな考えをしたのかわかるかな」などの投げかけは当然必要になってくる。すなわち「式や補助線をヒントにして考える」ということは、その情報をもとにさらに解決に必要な情報を自己生成することであり、その結果子どもたちの理解は促進されると考えられる。

田中(2010, pp. 169-172)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。この場合の部分提示の意図は、「友だちの考えた跡を読み取り、その後の解決を予測させる」ということである。そのために田中は、解決者の意図を考えさせるための精緻的質問の必要性に言及している。

このように先行研究では解法を部分提示することによって、それを手がかりとして子どもたちの理解を促進させることをねらっている。これらの先行研究は、なぜ部分提示が子どもたちの理解を促進させるのかということについて、そのメカニズムを明らかにしているわけではないが、解法の部分提示には確かに子どもたちの解法理解を促進させる効果があると考えられる。解法の部分提示を精緻化の視点から見ると、解法の部分提示は解決の糸口となる情報を提供しており、それが子どもたちの既有知識と結びつくことによって精緻化が促進されると見ることができる。しかしこれらの先行研究では、解法の部分提示が解決者の解法を再体験する機会につながることにまでは触れられてはいない。

② ヴィゴツキーの発達理論から見た解法の部分提示

ヴィゴツキー(2003, pp.16-17, 193-194)は、子どもの発達を考える時には、すでに完結したある発達サイクルの結果として子どもに形成された精神機能の発達水準、すなわち今日すでに成熟した現在の発達水準ばかりではなく、今日はまだ成熟していないが、しかしすでに成熟の途上にあり、すでに発芽し、明日になればもう結実し、明日になればもう現在の発達水準に移行するような、発達の最近接領域に目を向けることが大切であることを述べている。これについて中村(2004, p11)は、「最近接発達の領域とは、子どもがある課題を独力で解決できる知能の発達水準と、大人の指導の下や自分より能力のある仲間との協同でならば解決できる知能の発達水準とのへだたりをいう。このへだたりは、いまは大人や仲間の援助の下でしか課題の解決はできないが、やがては独力で解決が可能となる領域

(つまり、次に続く発達の領域)を意味している。いわば、子どもに成熟しつつある知的発達の可能性の領域のことを、最近接発達の領域と呼ぶのである。」(中村は発達の最近接領域ではなく最近接発達の領域という用語を使っている。今後発達の最近接領域を ZPD と略記する)と解説している。

解法の部分提示を ZPD 理論の視点から見るとそれは、先行する子どもの気づきを提示しているといえる。そのような先行する子どもの気づきを提示することにより、それが解決の手がかりとなり他の子どもたちは先行する子どもと同様な考えに至ることが可能となる。小池(2016)は、小学校2年生かけ算の6のだんの九九を構成する場面において、一人の児童(今後A児と呼ぶ)が考え出した分配法則の考えを他の児童が取り入れ、その考えをもとに豊かに九九を構成していった実践を紹介している。その実践の練り上げの場面について小池は、「この授業では練り上げにおいて A 児から出た考えを取り上げ、クラス全体で A 児がどのように考えて6の段の九九を作ったのかを話し合った。そこでの話し合いの内容は、『A児のかいた図は何を意味しているか』『A児はこの図をもとにどのように考えたのか』『なぜ 6×1 が $5 \times 1 + 1$ となるのか』『今までの九九の作り方とくらべてどんなよさがあるか』などである。この話し合いを通して子どもたちは、この分配法則の概念をそのよさを実感しながら理解してくることができた」と述べている。すなわち、先行する子どもの考えを他の児童が取り入れていくためには、その子どもが「何をしようとしているのか」ということを、部分提示された情報から読み取ることができなくてはならない。それには小池の実践のように、提示された情報をもとに精緻的質問をすることにより、推論ができなくてはならない。この推論は自己生成精緻化の過程であるといえる。したがって解法の部分提示は ZPD であるといえ、それを解決の手がかりにすることで子どもたちは自ら解決を進めることができるようになり、解決者の解決の再体験につながっていく。

③ 部分的に出来上がった概要の完成

解法の部分提示では解法の最初の一部分、あるいは解決の手がかりを含む解法の一部が提示され、それを精緻化することを通して解決の全体像を見通していく。その結果未解決者は、部分的に提示された解法の続きを完成するという機会を得ることができる。ガニエ(1989, p. 141)は、「部分的に出来上がった概要を完成させることは精緻化を促進させる」と述べている。ガニエはこれについて詳しく例示してはいないが、「精緻化は冗長な情報をつけ加えることにより、そこから答を構成する」(ガニエ, 1989, p. 118)、「効果的な精緻化は、覚えたい命題の各部分を1つにまとめる」(ガニエ, 1989, p. 121)などと述べ、部分を与え、それをもとに全体を構成していく過程が精緻化の過程であるとしている。部分を与えそれをもとに全体を構成していくためには、与えられた部分に対してそれに纏わる認知構造内にある情報、関連するスキーマを検索し、与えられた部分をもとにそれと関連づけることによって類推し、構成していく必要がある。これは精緻化の過程である。精緻化の過程では、精緻化すべき新情報に付加されるそれに纏わる情報は、各自の認知構造からの類推によってもたらされることから、ガニエ(1989, p. 138-139)は精緻化の促進には類推

を促すことが有効であるとも述べている。さらにガニエ（1989, p. 140）は「概要を与えることは記憶を探索する助けになる」とも述べており、部分的に出来上がった概要が与えられた場合、それをもとに認知構造の中から様々な情報が検索され、「ここまでがこうならば、この先はこうなるはずだ」など類推により全体を構成していこうとする。したがってガニエの述べているこの概要の完成とは、「部分を与えて、類推により全体を完成させること」であると捉えることができる。

数学的問題解決においては、解決の着想を思いつくことが最も重要である(Polya,1945)。解法の部分提示は解法の最初的一部分、あるいは解決の手がかりを含む解法の一部を提示することであり、これは解決者がどのように解決をしたのかという着想を理解する手がかりとなる。解決者の着想が理解できた子どもは、解決者が次にどのように解決を進めていったのかという解法全体を見通すことも可能になる。そうなれば多くの子どもは、解法の続きを自力でも完成できる素地ができあがる。そのような状態の子どもたちに解法の続きを自分なりに完成させる指示を与えれば、子どもたちは各自の見通しにしたがって解法を完成させることができる。これが部分的に出来上がった概要の完成であり、未解決者が解決者の解決を再体験することにもなる。このようにして、部分的に出来上がった概要を完成させることによって、精緻化は促進され、解法の全体を理解することができる。したがって、部分的に出来上がった概要を完成させる指示、すなわち部分提示された解法の続きを完成させる指示は精緻化を促す有効な手だてとして考えることができる。

（５） 精緻化を促すその他の手だて

本節でこれまでにあげた精緻的質問、外化活動、協同学習、部分的に出来上がった概要の完成の4つの手だては算数・数学の毎時間の授業の中で精緻化を促すために必要な手だてである。しかし算数・数学の授業では、解決する問題によって、また授業の展開によっては子どもたちの理解を促すために、図や表、場面絵などのイメージを提示したり、ブロックなどを操作させたりすることが必要となる場合がある。精緻化の視点からこれらの活動を見てみるとこれは精緻化を促す手だてとして考えることができる。ここでは上記の4つの手だての他に、算数・数学の授業の中で必要に応じて講じられる手だてについて検討する。

① イメージの提示

シュタイナー(2005, p. 152)は、「視覚イメージの生成」の精緻化機能について、「情報処理のより低い、より詳細なレベルで起こる。すなわち、情報の符号化や読解とか再符号化などのマイクロプロセスに影響する。」と述べている。また北尾(1991, p. 42)は「入力された情報が、既有的認知構造の中へとり込まれるためには、何らかの関連性をみつける必要がある。しかし、その関連性は常に言葉で述べることができるものとは限らない。それほど明確な論理性を持たなくても、何らかのイメージ化がなされるならば十分に成り立つ」と、イメージによる精緻化の有効性について述べている。

イメージは言葉では表すことができない、全体像や動きなども表すことができ、文章による情報とは違う情報を付け加えることができる。たとえば $42 \div 3$ のわり算を考える場面で、42を30と12に分けることの意味や目的を、言葉で説明しても理解できなかった子どもたちに、アレー図を示すことにより、「なんだ、そういうことか」という納得をもたらすことができる。それは、数式にアレー図から得られた情報が付加され、精緻化できたからである。

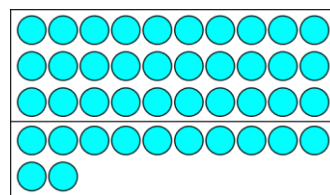


図 3-2 42 を 30 と 12 に分けたアレー図

またもともと算数・数学で用いられる数式は、具体を記号で表したものであり、その数式が意味している具体的なイメージ、映像がある。例えば「公園で子どもが何人か遊んでいました。そこへ子どもが7人やってきたので全部で15人になりました。はじめに公園にいたのは何人でしょう」という問題は、 $15 - 7 = 8$ というひき算を用いて答えを出すことができる。ところがこの問題がひき算であることを理解するためには、「子どもが何人かいる公園に7人やってきて15人になった。だから15人からやってきた7人を取り除けばいい」という解釈をすることが必要である。これを言葉だけで解釈し、立式することは子どもたちにとって難しいことである。したがってたとえ $15 - 7 = 8$ という式が提示されたとしても、子どもたちにとってその式を精緻化することは困難であることが予想される。この式を精緻化し解釈ができるためには、公園に「7人やってきて15人になった」、「やってきた7人を取り除く」という映像を思い浮かべることが大変有効になる。

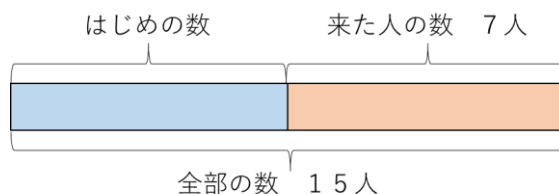


図 3-3 15-7 の関係を表したテープ図

そのためにはテープ図や線分図を提示するなどして数量関係を把握することが必要となる。このようなプロセスを通じて子どもたちは、問題場面をイメージし、式を精緻化することが可能となりうる。このようにして子どもたちがイメージを思い浮かべることができるのも子どもたちのそれまでの生活経験の中から出てくるものであるが、これも子どもたちの認知構造の中にある既習の算数・数学的な経験であり、スキーマである。

このようなイメージは、場面絵として子どもたちに提示することも可能であるし、ブロックなどを使って具体的な操作によって提示することも可能である。子どもたちに数式の解釈に必要な情報を与えるイメージ化にはいろいろな方法が考えられるが、どれも数式に情報が付加され精緻化を促すことができる。したがって、解法の精緻化を促す手だてとして、イメージの提示が考えられる。

② 数学的活動としての操作活動

精緻化の有効性は、学習すべき内容に付加される情報の量と情報の質により決まってくる。そして質の高い情報として、個人的な過去の出来事であるエピソード記憶からの情報(自伝的情報)が有効であることが明らかにされており、その自伝的情報による自伝的精緻

化は、意味的精緻化よりも効果が高いのであった。そして充実した体験活動や達成感が得られるような学習経験が、学習活動に効果的に働くのは自伝的精緻化によるものであった。

学習指導要領解説(文部科学省, 2008)によれば、「数学的活動とは、生徒が目的意識をもって主体的に取り組む数学にかかわりのある様々な営みである」と定義されている。数学的活動については、「子どもたちが身体を動かすこと＝数学的活動であるという誤解」(永田, 2012, p37)があるとはされるが、文部省(1999, p. 25)に、「数学の学習で大切なことは、観察、操作や実験を通して事象に深くかかわる体験を経ること、そして、これを振り返って言葉としての数学で表現し、吟味を重ね、さらに洗練していく活動である。」と述べられているように、目的意識をもって主体的に取り組む操作的活動が重要であることは広く認められることであろう。中原(1995, pp. 218-219)は、「実際に教具などを動かすことによって、いろいろと思考を巡らし、試行錯誤的な試みを繰り返すことができる」など、操作的表現の有効性を述べている。また永田(2012, p. 40)は、「子どもは、やってみることで腑に落ちる感覚を得る」と述べている。このように数学的活動としての操作的活動を通すことによって「数量や図形などについて実感を伴って理解する」ことができる。このように数学的活動としての操作的活動の有効性は、自伝的精緻化が促進されるからであると考えられる。したがって、数学的活動としての操作的活動は精緻化を促す手だての1つとして考えることができる。

③ 既習事項の復習や日常生活経験を算数・数学の事象に結びつけての問題設定

解法理解活動における教師の子どもたちへの働きかけとは別に、日常の算数・数学の問題解決型授業の導入では、既習事項の復習や日常生活経験を算数・数学の事象に結びつけて問題設定をすることから授業に入る場面が多く見られ、それが新しく学習する内容に関連する既習事項の想起や問題解決の糸口になる着想につながっている場合が多い。精緻化は新しく学習する内容が既有知識と結びつくことによって生起する。したがって算数・数学の学習にとって、新しく学習する内容に関連する既習事項を想起させることにつながる復習や日常生活経験を算数・数学の事象に結びつけて問題設定を行うことは精緻化の視点から見ても、精緻化の促進につながるという点で重要な意味をもつ。これは Ausubel の提唱する有意味受容学習の理論(オースベル・ロビンソン, 1984)における先行オーガナイザーの趣旨に通じるところがあり、先行オーガナイザーの考えを算数・数学の授業に適用するとこのようになるという見方もできる。

Ausubel は有意味受容学習の理論の中で先行オーガナイザーの役割について述べている。先行オーガナイザーとは Ausubel が提唱する概念であり、「新しい観念を、有意味に学習するために、認知構造内の関連観念に、その新しい観念をつなぎとめる役割をもつ、教材の本体に先立って学習者に提示される観念」(オースベル・ロビンソン, 1984, pp. 200-204)であり、文章や絵など、さまざまな形式で提示される(多鹿, 2008, p. 140)。先行オーガナイザーには2種類がある。一つは学習者にとって全くなじみのない学習内容を教える際に使われるもので、その学習内容に関連があつて、しかも学習者によく知られているモデルや例

などを示すものであり、概説的オーガナイザーと呼ばれている。もう一つは、学習者がすでに学習内容と何らかの関連のある内容を学習している場合、学習すべき内容と、認知構造内の既有知識との関連性を明確にするために、類似点や相違点を示すものであり、比較オーガナイザーと呼ばれている(オースベル・ロビンソン, 1984, pp. 200-204)。

先行オーガナイザーに託された Ausubel の教授学的見地について広田(1983)は、「学習者の既になじみのあり、同時に新しい学習内容に関連ある観念、概念を可能な限り活用することによって、学習のし易さと教材のなじみを高めようとする点にあらう。それは、学習者の認知構造内の、より包括的な観念、概念を活性化させ、これから行われようとする学習の過程を事前に組織しておくことを本質としている」と述べている。すなわち先行オーガナイザーの提示による学習への効果とは、新しく学習する内容に関係づけられる認知構造内の既有知識の活性化にあるといえる。そしてそれが学習する新しい教材が学習者にとって潜在的に有意味な状況をつくり出すということになるのである。このことから考えると先行オーガナイザーの提示は精緻化を促すために重要な役割をもっているといえる。

しかし先行オーガナイザーを用いての学習(有意味受容学習)の研究は、理科の分野では若干あるが(例えば川上等, 2009)算数・数学分野での研究は非常に少ない。それは算数・数学教育の気づかせる・見つけることを重視するという特性から考えて、先行オーガナイザーの提示は、算数・数学の学習においては有効な活用が難しいからだと考えられる。したがって算数・数学の授業において、新しく学習する内容と関連のある既有知識を活性化させるためには、既習事項の復習や日常生活経験を算数・数学の事象に結びつけての問題設定などが行われることになる。ただその趣旨はここでこれまで検討してきたように先行オーガナイザーの提示と同様の役割を果たしていると考えられることができる。

(6) 精緻化を促す手だてと期待される子どもたちの精緻化の姿

本節では授業の中で子どもたちの精緻化を促す手だてについて考案してきた。ここでは教師が精緻化を促す手だてを講じた結果、子どもたちはどのような行動を起こすのか、また子どもたちにはどのような活動が生起するのかを、子どもたちに期待される精緻化が生起した姿として掲げ、子どもたちの中に精緻化が生起したかどうかを見る指標の一つとしていく。今後本研究では子どもたちに期待される精緻化が生起した姿を単に精緻化の姿と呼ぶことにする。

教師が精緻化を促す手だてである精緻的質問を講じた後、子どもたちはその質問に答えようと一生懸命考える。しかし子どもたちは学習事項に関連する先行知識に気づかない場合や乏しい場合がよくあり、教師からの精緻的質問の答えが生成できないことが多い。そこで教師は精緻的質問という手だてを講じた後、これも精緻化を促す手だてである協同学習を行うよう指示を行うことになる。そして協同学習の中では外化活動も行われる。すなわち精緻化を促進する手だてである精緻的質問、外化活動、協同学習は、一つ一つに着目すれば個々がそれぞれに精緻化を促進する役割をもつが、授業の流れの中では連動して講じ

られることが多い。そしてそれら一連の精緻化を促進させる手だてが講じられると、子どもたちは精緻的質問に対する活発な話し合いを行うことになる。そしてその話し合いから得られる情報によって子どもたちは学習事項に関連する先行知識に気づき、それを学習事項と結びつけるようにして精緻的質問の答えを生成する。またそのときに納得の表情やうなずきの様子を見せることもよくある。したがって精緻的質問、外化活動、協同学習という一連の精緻化を促進する手だてに対する精緻化の姿は、協同学習による話し合いを通しての精緻的質問に対する答えを自己生成する姿であると考えられる。

また精緻化を促す手だてには部分的に出来上がった概要を完成させることがある。この手だては解法の部分提示により子どもたちが解決者の着想が理解でき、それによって解法の全体像を見通すことができた状態のときに、解法の続きを自分なりに完成させる指示を与えれば、子どもたちは各自の見通しにしたがって解法を完成させることができるというものである。そしてこの手だてによって未解決者は解決者の解決を再体験することができる。したがって部分的に出来上がった概要を完成させる手だてに対する精緻化の姿は、解法の続きを完成させることである。

以上のように教師が精緻化を促進する手だてを講じたとき、それに対して表出することが期待される子どもたちの姿が精緻化の姿である。精緻化の姿には協同学習による話し合いを通しての精緻的質問に対する答えの自己生成や解法の続きを完成させることがあげられる。そして本研究ではこの精緻化の姿の表出を指標の一つとして精緻化を促進する手だての効果を見ていく。

第3節 第3章のまとめ

本章は、「算数・数学の学習に適した精緻化の型を検討し、授業において精緻化を促進するための教師の働きかけ(手だて)を考案する。」という研究課題に対し、文献を調査することによって研究を進めてきた。算数・数学の学習は、知識を与えるのではなく気づかせる、見つけるということを重視する内在的数学観に基づく知識の再構成という形で進められる。したがってそういった学習の特徴から、どのような型の精緻化が生起することが子どもたちの理解を深めるために最もふさわしいかを検討した。その結果、算数・数学の学習に適した精緻化の型として、すべての情報を外から与えてしまうことによる実験者呈示精緻化ではなく、精緻的質問によって子どもたち自身のもつ既有知識から情報を引き出すことによってなされる自己生成精緻化が生起することによる学習が望ましいと考えられる。

ところが自己生成精緻化の効果は、精緻的質問によって学習事象に関する先行知識(既有知識)が活性化されることによって生じる。したがってその先行知識がない場合、あるいは乏しい場合には自己生成精緻化の効果は生じないことになる。そこで算数・数学の授業の中で安定して自己生成精緻化を生起させるためには、乏しいと考えられる先行知識を補うために、何らかの教師の働きかけ、すなわち手だてが必要となってくる。

そこで本章では精緻化を促す手だてについて検討し、文献調査によって得られた授業中

における精緻化を促すといわれている様々な教師の働きかけを整理し、それをもとに授業において子どもたちの精緻化を促進させる手だての考案を試みた。前章では精緻化の視点から見た問題解決型授業の問題点が明らかにされ、精緻化ができない原因として、説明・受容型学習で行われる解法の全体を提示しての解法理解活動が指摘された。したがって本研究では、それを改善する方法として解法の部分提示に基づいて手だてを講じることを検討した。その結果、算数・数学の学習において精緻化の促進に効果的に働く手だてとして、精緻的質問、外化活動、協同学習、部分提示された解法の続きを完成させるという4つを、精緻化を促進させる手だてとして考案することができた。

他にも算数・数学の授業でよく使われる、イメージの提示、数学的活動としての操作活動などが有効な手だてとして考えられることがわかった。またそれに加えて、精緻化が生起するためには学習事項に関連した子どもたちの既有知識を活性化させることが必要であることから、そのための手段として日常の算数・数学の問題解決型授業の導入で一般的に行われている、既習事項の復習や日常の生活経験を算数・数学の事象に結びつけて問題設定をすることなどが重要な役割を果たしていることもわかった。

以上のことから本章では算数・数学の学習に適した精緻化の型を特定し、授業の中で精緻化を促進するための手だてを考案することができた。次章ではこれらの手だてを組み入れた指導法を構築し、それを適用した授業構成の方法を提案していくことを考えていく。

第3章の引用・参考文献

- ・愛知教育大学附属名古屋小学校, 1992, 「国語科における創造力を育てる活動の構成」, 研究紀要 31, pp.8-23, 愛知教育大学附属名古屋小学校
- ・藤村宣之, 2012, 『数学的・科学的リテラシーの心理学』, 有斐閣
- ・藤村宣之・橘 春菜・名古屋大学教育学部附属中・高等学校, 2018, 『協同的探究学習で育む「わかる学力」』, ミネルヴァ書房
- ・ガニエ, E. D. 著, 赤堀侃司・岸学 訳, 1989, 『学習指導と認知心理学』, パーソナルメディア
- ・銀林 浩, 1984, 『算数ざらい数学ざらい』, 岩波書店
- ・広田忍, 1983, 「D. P. Ausubel の教授方略とその論理」, 富山大学教育学部紀要, 31, pp. 77-87
- ・生田淳一・丸野俊一, 2005, 「教室での学習者の質問生成に関する研究の展望」, 九州大学心理学研究 6, pp. 37-48
- ・伊藤貴昭・垣花真一郎, 2009, 「説明はなぜ話者自身の理解を促すか:-聞き手の有無が与える影響-」, 日本教育心理学会総会発表論文集 50(0), 284
- ・川上昭吾・渡邊康一郎・松本 織, 2009, 「有意味受容学習の研究」, 愛知教育大学教育実践総合センター-紀要 (12), pp. 183-190
- ・北尾倫彦, 1991, 『学習指導の心理学』, 有斐閣

- ・北尾倫彦・速水敏彦, 1986, 『わかる授業の心理学』, 有斐閣
- ・小池嘉志, 2016, 「ヴィゴツキーの発達理論から見た算数・数学の授業における練り上げの重要性 : 小学校2年生かけ算の単元の実践の考察を通して」, 愛知教育大学大学院教育学研究科教科開発学論集(4), pp. 101-110
- ・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
- ・溝上慎一, 2018, 「溝上慎一の教育論 目次 > 用語集 > 内化・外化」, 2020/11/12, [http://smizok.net/education/subpages/aglo_00011\(naika_gaika\).html](http://smizok.net/education/subpages/aglo_00011(naika_gaika).html),
- ・文部省, 1999, 『中学校学習指導要領(平成10年12月)解説数学編』, 大阪書籍
- ・文部科学省, 2008, 『中学校学習指導要領解説数学編』, 教育出版
- ・森 敏昭, 2006, 「知識獲得のメカニズム」, 『教育心理学キーワード』, pp. 60-61, 有斐閣双書
- ・永田潤一郎, 2012, 『数学的活動をつくる』, 東洋館出版社
- ・中原忠男, 1995, 『算数・数学における構成的アプローチの研究』, 聖文社
- ・中村和夫, 2004, 『ヴィゴツキー心理学』, 新読書社
- ・西林克彦, 1994, 『間違いだらけの学習論』, 新曜社
- ・西林克彦, 1997, 『「わかる」のしくみ』, 新曜社
- ・オースベル, D.P.・ロビンソン, F.G. 著, 吉田章宏・松田彌生訳, 1984, 『教室学習の心理学』, 黎明書房
- ・Polya, G., 1945, “HOW TO SOLVE IT”, Princeton University Press
- ・佐伯 胖, 1982, 『考えることの教育』, 国土新書
- ・佐伯 胖, 2003, 『「学び」を問いつづけて』, 小学館
- ・佐伯 胖, 2004, 『「わかり方」の探究』, 小学館
- ・シュタイナー, G. 著, 塚野州一・牧野美智子・岩井邦男訳, 2005, 『訳新しい学習心理学』, 北大路書房
- ・相馬一彦, 1997, 『数学科「問題解決の授業」』, 明治図書
- ・田鹿秀継, 2008, 『学習心理学の最先端』, あいり出版
- ・田中博史, 2010, 「なぜ表現させなければならないか」, 『教えるって何?』, pp. 161-177, 東洋館出版社
- ・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, 41(3), pp. 257-274.
- ・ヴィゴツキー著, 土井捷三・神谷栄司訳, 2003, 『発達の最近接領域の理論』, 三学出版
- ・Wood, E., Willoughby, T., McDermott, C., Motz, M., Kaspar, V., & Ducharme, M. J., 1999, Developmental Differences in Study Behavior, *Journal of Educational Psychology*, Vol. 91, No. 3, pp. 527-536

第4章 算数・数学の問題解決型授業における精緻化を促進する指導法の構築

第1節 精緻化を促す手だてを組み入れた指導法の理論

(1) 解法理解活動における解法の部分提示の効果

説明・受容型学習における解法の全体提示には様々な問題があった。その結果、解法の全体提示による学習では、解法の精緻化が難しくどうしても学びが浅くなってしまったのであった。解法の部分提示は全体提示のもつこれらの問題点を改善し、解法を精緻化することによる理解、すなわち解法の確実な理解につながると考えられる。ここでは第2章第3節(3)であげた解法の全体提示の問題点を改善する視点から解法理解活動における解法の部分提示の効果について述べていく。

先にまとめた解法の全体提示の問題点は下記の通りであった。

- (A) 解法の検討が解き方の手順、手続きにとどまりがちであり、未解決者の理解が解法の手続き的な側面を模倣するにとどまってしまう。
- (B) 精緻的質問がしにくく、解決者の着想や意図について話し合われることが少ない。その結果解法理解の過程での自己生成精緻化が生じにくい。
- (C) 外から情報が与えられることが多く、子どもたちの態度が依存的になってしまう。
- (D) 解法の全体が提示されているため、未解決者が、解決者の解決を再体験する機会がない。
- (E) 解法の全体からの情報が作用するため、学習の要点に対して集中しにくく、解法の部分に着目した検討がしにくい。

解法の全体を提示しての解法理解活動では、すでに解法の全体が提示されているため、教師から解法を解説する子どもに対して、「どのようにやったか説明してください」というような、解決方法の解説を求める指示が出されることが多い。したがって「どのように考えて解決したのか」と問うことは少なくなる。これは解法の全体が提示されているため部分に着目しにくく、学びを深めていくために必要な精緻的質問がしにくいためである。その結果どうしても解法の検討が解き方に着目した表面的なものになってしまう。問題点(A)はこのようなことにより生じる。このことは解法を部分提示することにより改善される。解法を部分提示することにより、「この式(図や表の場合もある)は何を意味しているか」、「解決者はなぜこのようなことをしたのか」というような精緻的質問がしやすくなり、解法の検討が解き方の手順や手続きにとどまることなく、式の意味を深く掘り下げて検討したり、解決者の意図を考えたりすることが可能となる。その結果精緻化が促進され深い理解が可能となる。またこのことにより問題点(B)についても改善される。このプロセスについては後の項で詳しく述べる。

問題点(C)は、解法の全体提示においては、どうしても提示された解法の解説を聞いたり、一部の子どもと教師のやり取りを聞いたりするだけにとどまってしまうことから生じる問題点である。したがってこのことは解法の部分提示により、精緻的質問がしやすくなることにより改善されると考える。精緻的質問によって子どもたちは主体的に考え、問題の

解決に必要な情報を自己生成することが可能となるからである。それによって解決の全体像を見通すことができ、主体的な問題解決が可能となる。

問題点(D)については解法の全体が提示されては不可能である。未解決者が解決者の解法を再体験することができるためには解法の部分提示が有効である。このことの詳細についてはすでに第3章第2節(4)に述べたとおりである。

解法の部分提示が問題点(E)の改善につながることについては次のような研究がある。Skuballa et al. (2012)は、大学生を対象としてアニメーションを使った学習について、ナレーションと一致しない部分をぼかして、ナレーションと一致する部分にキューを設定し、ナレーションと視覚的な表示の間の参照を行うことを支援したグループ(スポットライト群)とそうでないグループ(無支援群)に分け、学習成果を比較している。その結果スポットライト群において、ワーキングメモリ(様々な課題の遂行中に一時的に必要な記憶)能力が低い生徒の成績が大きく向上した。アニメーションによる学習では、学習内容を理解するために、視覚情報と聴覚情報を統合する必要がある。したがってスポットライト群では注意を制御することで視覚情報と聴覚情報を統合しやすくし、学習の要点に対して集中して学習することができたと考えられる(Skuballa et al., 2012)。

解法の部分提示はここでのスポットライト群と同様の効果をもたらすのではないかと考えられる。解法の検討とは、解法からの視覚情報と解説などの聴覚情報を統合することによって理解していく必要がある。ところが解法の全体が提示されてしまうと、最初の式だけを検討しようとしても他の式からの情報が作用し、その式だけに注意を向け十分に精緻化することができない可能性が出てくる。その点、部分提示では解法が何も記されていない黒板に式や図などの解法の一部だけが記されることになる。そうすると子どもたちの興味はそこに集中し、「なんだろう」と考えることになる。すなわち解法を構成する他の式や図からの情報は全くないので、検討する式だけに集中しその式をもとにした情報と既有知識(スキーマ)との相互作用による精緻化が可能となる。したがって解法の部分提示によって問題点(E)は改善されると考える。

以上のことから解法の部分提示は、解法の全体提示が抱える問題点を改善できる効果があると考えられる。またこのことは第3章第2節で考案した精緻化を促進する手だてが講じやすくなることと関連している。第3章第2節(4)①で解法の部分提示が解法理解を促進させる効果があることを述べた。これは部分提示によって精緻化を促進させる手だてである精緻的質問がしやすくなることによる。また部分提示によって行われる精緻的質問には、解決者の着想や意図を推察する機会を与えるという効果があるが、それに付随して協同学習が行われる機会を与えることにもなる。さらに協同学習が生起することにより子どもたち一人一人に各自の考えや思いついたことを外化する機会を与えることにもなる。これら精緻化を促進する手だてを講じる機会はすべて解法の部分提示がもとになって生起する。そしてさらに部分的に出来上がった概要の完成は解法を部分提示することなしには不可能である。このように解法の部分提示の効果は、精緻化を促進させる手だてが講じやすくな

る効果と密接に関連している。そしてそれは検討の焦点となる式だけが提示されている効果がもとになっている。したがって解法の部分提示は、それを行うことによって精緻化を促進する手だてが講じやすくなり、子どもたちが解決者の解法を発見的に追跡し、解決者の解決を再体験することを可能にする。それによって未解決者が解決者の解法を精緻化し深く理解していくために効果的な指導法であるといえる。

(2) 解法の部分提示を取り入れた算数・数学の解法理解活動の様相

本研究でめざす解法理解は、解法の部分提示にもとづいて行う理解活動によってもたらされる十分に精緻化された理解を想定している。そしてそれは未解決者を対象とした理解であり、問題の解決に至った考えの筋道と最終的にそれを表した表現様式すべての理解、すなわち着想から最終的な表現に至るまでの総合的な理解であり、その考えのよさの実感まで含んだものであった。そしてそのような理解は解法を精緻化することによる理解であり、それを確実な理解と呼んだ。すなわち確実な理解とは解決者の着想や表現などを精緻化することによって得られ、それによってその解法のよさが実感できるということである。

確実な理解について、小学校4年生における九九の範囲を越える $42 \div 3$ のわり算の計算の仕方を考える実践を例に考える。 $42 \div 3$ の計算の仕方として、ある一人の子どもから図のような解法が出され、この解法を理解していく場面である。確実な理解ではまず第一に解決者の着想が理解できなければならぬ。解決者の着想は解法の最初の式に込められていることが多い。したがってこの解法の場合には $42 = 30 + 12$ だけを提示し、この式の意味と解決者の意図を推察することが必要となる。これが解法の部分提示である。

$42 = 30 + 12$
$30 \div 3 = 10$
$12 \div 3 = 4$
$10 + 4 = 14$
$\underline{14}$

図4-1 $42 \div 3$ の解法

解決者の意図を推察するためには、「この式の意味はなんですか」、「〇〇さんは何をしようとしたのですか」と二つの質問をすることになる。これは精緻的質問であり、 $42 = 30 + 12$ を精緻化することにつながる。したがってこの精緻的質問の答えとして、「この式の意味は、 42 を 30 と 12 に分けている」であり、「〇〇さんはそれによって今まで習ったわり算で答えを求めようとした」という解決者の問題解決への意図が自己生成される。これが解決者の着想の精緻化であり、その理解である。

着想が理解できれば次に解決の全体像を見通すことが必要となる。それには「この次 ($42 = 30 + 12$ の次) にどんな式がきますか」という質問をすることになる。これも精緻的質問であり、その答えとして「 $30 \div 3$ だな」が自己生成される。これも解決者がどのような解決をしたのかという解決の全体像を見通すことにつながる精緻化である。そして $42 = 30 + 12$ の次に $30 \div 3 = 10$ という式を記述し、解決者がどのように解決しようとしたのかという意図を話し合う。それによって「次にくる式は $12 \div 3$ だ」がわかり、解決者は「 42 を 3 でわれる 2 つの九九が使えるわり算に分けて計算したのだな」という解決の全体像が理解できる。これが解決の全体像が精緻化できた状態である。

この状態まで来れば未解決者でも解決の全体像がわかり、解法の続きがわかる。したがってこのあとは「ではこの続きを完成させましょう」と部分的に出来上がった解法を完成させる指示をすれば未解決者は解法を完成することができ、達成感も得ることができると考える。このような過程を通して未解決者は解決者の解法を精緻化し、解法の続きを完成させることができる。すなわち解決者の解決を再体験することができ、確実な理解に至ると考えられる。

(3) 解法理解活動における精緻化を促す手だての活用

解法の部分提示を取り入れた前項の解法理解活動では、まずはじめに解法の最初の式、 $42 = 30 + 12$ を提示し、「この式の意味は何ですか」と問うとしている。これは精緻化を促す手だてである精緻的質問によって自己生成精緻化を促している。ところが自己生成精緻化は学習事象に関連する先行知識が乏しい場合には効果は生じないという問題点があった。この事例の場合も精緻的質問に対する答えを自力で生成することは難しいと考えられる。そこで精緻化を促す手だてである少人数による協同学習を行う必要がある。その結果、「 42 を 30 と 12 に分けた」という答えを生成することが可能となる。したがって部分提示を活用した解法理解活動では、自己生成精緻化を促すために「精緻的質問」＋「協同学習」という手だてを講じることが必要とされる場面が多く出てくる。

次に解決者の解決の全体像を見通すことになる。 $42 = 30 + 12$ の意味が 42 を 30 と 12 に分けたということなら、解決者はなぜそのようなことをしたのだろうかという疑問が出てくる。そこで子どもたちに、「○○さんはなぜ 42 を 30 と 12 に分けたのですか。この次にはどんな式がくるのでしょうか」と問うことによって解決の全体像が見えてくる。この問も精緻的質問である。ここでも精緻的質問のあとには協同学習が必要となる。それによって、「○○さんは、 40 を 30 と 12 に分けて、それぞれを 3 で割ろうとしたんだ」、「じゃあ次にくる式は $30 \div 3$ だな」、「○○さんが何をやろうとしているかわかった」、「式の続きもわかる」というように解決者の着想や意図が推察でき、解決の全体像が見えてくる。この状態は解法全体の精緻化ができた状態であり、解決の全体像および解法の続きがわかる状態である。したがってこのあとは「ではこの続きを完成させましょう」と指示を出すことで、部分提示をもとに全体を推論することによる精緻化効果により、解法を完成することができ確実な理解がもたらされると考えられる。

このように解法理解活動における精緻化を促す手だては、解法を部分提示することによりはじめて講じることが可能になるものが多い。その結果、解法の全体を提示しての解法理解活動と比べ、精緻化を促す手だてが多く生起し、精緻化の効果も高いことが期待される。したがって解法を部分提示しながら行う解法理解活動は、解法の全体を提示しての解法理解活動と比較して、精緻化を促す手だての講じやすさ、その回数視点から見ても効果の高い指導法であり、未解決者を確実な理解へと導くことが期待される指導法である。

(4) 発見的追跡法を組み入れた解法理解活動の構成

解法を部分提示しながら精緻化を促し、解決者の解法を発見的に追跡し、未解決者を確実な理解へと導く指導法を発見的追跡法と名付けている(小池, 2015)。発見的追跡法は、解決者の解法を、未解決者を含めたクラス全体が、精緻的質問や協同学習など精緻化を促進させる手だてによって精緻化し、解決者の着想や解決の全体構造を推察することによって追跡し、解決者の問題解決過程を再体験することを通して理解する指導法である。具体的には、解法の全体を提示するのではなく、解決者の着想を表す解法の思考過程の最初の一部(式ばかりではなく図や表である場合も考えられる)を提示し、精緻的質問をすることにより、「この式(図・表など)は何を意味しているか」「解決者は何をしようとしたのか」「次にどのような式をかいていけばいいのか」などを考えさせながら、解決者が、問題解決の着想からその解法をかき記し、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という指導法である。

この発見的追跡法は問題解決型授業で一般的に行われている自己発表法や他者発表法のような説明・受容型学習とは全く異なる学習形態である。北尾・速水(1986, p. 91)は、知識が発見され、生成された過程を子どもたちに再体験させることにより、その知識が発見された心的過程を体験させることができ、知識を根底から理解させることができるとし、知識の発見の再体験が理解にとって大変重要であることを述べている。

この学習形態の特徴は、外から情報を与えることによって精緻化を促すのではなく、精緻化に必要な情報は、必ず精緻的質問をすることにより自己生成させているという点にある。原則として情報を教師の側から与えるということはない。この過程は、自らの力で情報を発見する過程に近い。すなわち精緻的質問は子どもたちにとって、「式の意味」や「解決者が何をしようとしているのかという意図」を見つけさせようとする手だてであり、式の意味がわかった時には、「わかった」、「なるほどそうだったのか」というように、数学的な価値を発見した時と同様の心的過程を経ることができる。すなわちこの発見的追跡法は解決者の発見の過程を再体験させているのである。このような情報の与え方による精緻化は自己生成精緻化であり、外から情報が与えられる実験者呈示精緻化と比べ、精緻化効果が高いのが特徴であった。それが、北尾・速水が「知識を根底から理解させることができる」と述べている理由でもあると考えられる。

発見的追跡法は、精緻的質問や協同学習、また概要の完成など解法の精緻化を促すいくつかの手だてによって構成され、解法の精緻化による有意味な理解が期待される学習法である。そして発見的追跡法のもう一つの特徴は、提示された一つ一つの表現の意味を精緻に考え、理解することによって、未解決者でも自力で解決できる段階まで解決者の思考過程を追跡することにより、解法の続きを完成させることをねらいとしていることである。すなわち未解決者も含めたクラス全体が、問題解決のねらいとしている、「自力で問題を解決する」チャンスを保障し、達成感も得ることができる。そうすることにより、より記憶に残る深い解法の理解が可能になると考えられる。したがってこの発見的追跡法は、本節

(1) で述べた解法の部分提示の効果を具現化した指導法であり、説明・受容型学習による解法の全体提示での問題点を改善することができる。

北尾・速水(1986, p. 15-16)が理解について、「教育の場においては、単に情報が処理されるだけではなく、それによって一人ひとりの子どもの中に価値が具現化されなければならない。より有能になり、より人格的に高められることが教育の本質であり、そのための情報処理であり、理解の体験なのである。(情報が)精緻的に処理されると、理解の深化によって自らが高められ、知的興奮にひたることがある。さらに、わかったことを基にして問題を解いたり、創造活動に従事すると、ますます自己の有能さを自覚し、価値志向的な態度が強められる。」(かっこ内筆者)と述べている。すなわち精緻的に情報が処理されることによって得られる理解には、知的な高揚感や喜びが伴い、それによって学習者の人格をも高めることができるというのである。したがって精緻化を促し、そのような理解に至ることができる「発見的追跡法」は、北尾・速水のいう教育の本質につながるという意味においても意義ある学習法であると考えられる。

「発見的追跡法」による学習は次の段階を経て進められていくと考えられる。

(A) 解決者の着想を理解する段階

解法の表現の最初の一部を精緻化することにより、解決者の着想を理解する。

(B) 解法の全体像を見通す段階

解決者の着想をもとに、解決者の意図および次の式を考えさせることにより、解法の全体像を見通す。

(C) 自分なりに解法を完成させる段階

部分提示された表現から推察した解決の全体像をもとに解法の続きを完成する。

以上のことをまとめると下記の表のようになる。

表 4-1 発見的追跡法による解法理解活動の構成

段 階	ね ら い	内 容	具体的な手だて
解決者の着想を理解する段階	解決者の着想を理解する	解法の表現の最初の一部を提示し、精緻化することにより、解決者の着想を理解する。	式の意味を問う精緻的質問および協同学習
解決の全体像を見通す段階	解決者の意図および次に続く式を考え、解決の全体像を見通す	解決者の着想をもとに、解決者の意図および次の式を考えさせることにより、解法の全体像を見通す。	解決者の意図、次に続く式を問う精緻的質問および協同学習
自分なりに解法を完成させる段階	部分提示された解法の続きを完成する	部分提示された表現から推察した解決の全体像をもとに解法の続きを完成する。	部分提示をもとに全体を推論し、完成する

これまで見てきたように、子どもたちにとって聞くことだけによる解法の理解は困難である。発見的追跡法により、一つ一つの式を精緻化した上で、自力で解決できるというところまで、解決者の思考過程を追跡させれば、その先子どもたちは、自力で解決に至ることができる。すなわち、解決者の解法の発見の過程を再体験することができる。そうすることにより、解法の理解は深まるだけでなく達成感も得ることができる。

第2節 精緻化理論に基づく発見的追跡法による授業構成の方法

(1) 発見的追跡法により授業を組み立てる際の基本的な考え方

発見的追跡法は算数・数学の問題解決型授業における解法理解活動において、未解決者が解決者の解法を精緻化することによって確実に理解していくことをめざして行われる解法理解の指導法である。したがって発見的追跡法のねらいは、子どもたち一人一人が解法を精緻化することによる理解を通じた問題解決型授業の成立にある。したがって発見的追跡法は、問題解決型授業を組み立てていく中で、解法理解活動においてどのような解法をどのような方法で理解させていくかということに関わって展開される。

私たちが日常の授業を考えると教科のカリキュラムに従い、教科書の内容をもとに、指導内容を考えどのような授業を展開するかを決定していく。そしてまた子どもたちの発達を考え、ヴィゴツキーのいう発達の最近接領域の考えから、子どもたちの能力を引き出すような指導を心がけていく。発見的追跡法ではそのような指導が可能となる。例えば小学校2年生「6の段の九九の構成」の授業ならば、「いろいろな方法で6の段の九九をつくってみよう」と子どもたちに問えば、子どもたちは自分の力だけで、累加や被乗数、乗数と積の関係を利用して6の段の九九を構成していく。これが通常のカリキュラムが求める標準的な授業であり、子どもたちの現在の発達水準である。

だが第3章、第2節(4)②でA児から出た分配法則の考え(小池, 2016)は、通常現れる考えではないが、子どもたちの中から時として現れる。すなわち標準を上回る、「子どもに成熟しつつある知的発達の可能性の領域」なのである。これこそが、明日の発達水準なのであり、「いまは大人や仲間の援助の下でしか課題の解決はできないが、やがては自力での解決が可能となる領域」すなわち発達の最近接領域と呼べるものなのではないかと考える。

ヴィゴツキー(2001, p304)は「教授はそれが発達の前を進むときにのみよい教授である。そのとき教授は、成熟の段階にあたり、発達の最近接領域にある一連の機能を呼び起こし、活動させる。ここに、発達における教授の主要な役割がある」と、教育における子どもの発達を引き出すことの重要性を述べている。このことについて柴田(2006, p27)は、「教育が、発達においてすでに成熟しているものを利用するにすぎないのであったら、それ自身が発達を促進し、新しいものの発生の源泉になることはできません。ですから、教育はつねに『後ろに発達を促した教育』でなければならないのです。」と述べている。

小池(2016)は、練り上げにおいて取り上げたA児の分配法則を使って九九を構成する考

えが、社会的相互作用によって他児童の問題解決に有効にはたらき、その結果として他児童(今後B児と呼ぶ)が、その考えを発展させた考えにつながったことを報告している。すなわちB児にとって、A児の考えは発展的な考えを生み出す際の新たなスキーマとして働いたのである。そして小池(2016)は、「もしだれからも分配法則の考えが出なかったら、あるいはそれを練り上げて取り上げていなかったら、あの実践での子どもたちの分配法則の概念習得の姿はなかったのである。すなわち授業者である筆者は、前章のA児の考え、分配法則を、子どもたちの発達の最近接領域として、事前に把握しておく必要がある、それが授業の中で出てくるような意図的な展開を考え、練り上げを核とする授業を通してこの考えが、子どもたち一人一人に構成されるよう計画的な指導を行っていくことが必要であったのである。」と述べている。したがって、授業を行うに際しては、まず子どもたちの発達の最近接領域を特定するということが重要であるといえる。すなわち、通常は出てこないが時として子どもたちの中から出てくる、標準を上回る数学的な価値の高い考え、そして子どもたちがその価値のよさを実感でき、理解できる考えとは何かを追究することである。

それには、先のA児の考えの例にあるような、日頃の子どもたちの中から出てくる、「なるほど」と思える考えを教師が把握しておくことが必要である。そしてそのような考えには必ず「なるほど」と思えるだけの数学的な価値が含まれており、そこに人は「よさ」を感じる。そのような考え、解法が子どもたちの中から出されるよう指導過程を工夫していくことが必要である。そしてそれを発見的追跡法で取り上げていくことが重要であるといえる。

(2) 発見的追跡法による解法理解活動の組み立ての手順

ここでは小学校4年生で扱うL字型の面積を求める問題を例に、発見的追跡法による解法理解活動の組み立てを考える。

① 予想される解法の分析

発見的追跡法ではまずはじめに子どもたちから出されることが予想される解法を分析しなければならない。その上でどのように解法理解活動を進めていくかという計画を立てることが必要となる。どのような解法が出されるのか、そしてそれぞれの解法の難易度はどうかを見極める必要がある。

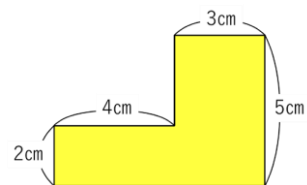


図4-2 L字型の図形

難易度が高く未解決者が多いことが予想される解法ほど発見的追跡法を用いて解法理解活動を進めることが有効になる。

この問題で子どもたちから出される解法は主に下記の3種類である。このうち⑦、⑧の解法については標準的な解法であり、子どもたちの中からもよく出てくる。ところが⑨の解法は自力解決の場ではあまり子どもたちからは出てこないが、数学的に見ても価値のある問題であり、解決の手がかりがあれば自力で見つけられる解法である。すなわちヴィゴ

ツキーの ZPD 理論の視点から見たときに、この解法は未解決者にとっては一步先に進んだ考えではあるが、発見的追跡法により理解可能な解法である。ここでいう解法の分析とは、解決者の着想と解決の全体像を把握するということである。一つ一つの解法について解決者がどのようなことをもとにその解法を思いついたのか、関連する既習事項や既有知識(スキーマ)は何なのか、また解決者は着想をもとにどのように解決しようとしたのかなどを読み解くということである。そして解決の全体像を把握ということが解法の分析として必要なことである。

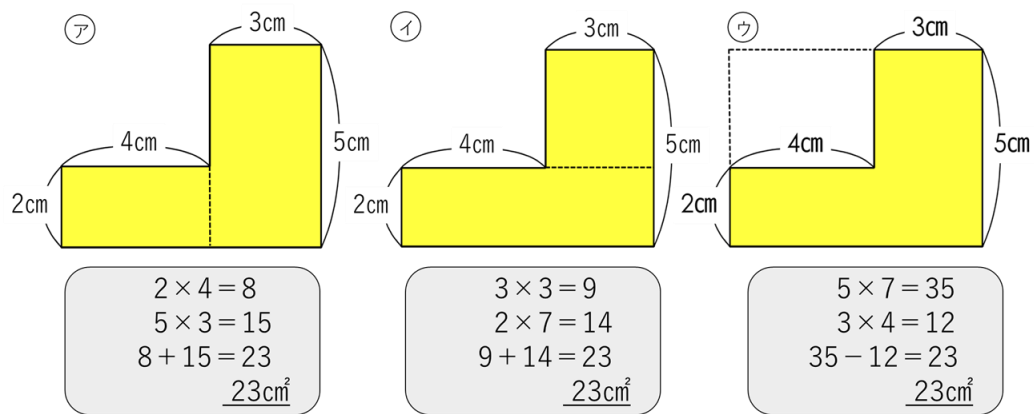


図 4-3 L字型の面積を求める問題で出される解法

② 解法の提示方法の検討

解法を分析したら、その解法をどのように提示し解法理解活動を展開していくか考えなければならぬ。そのポイントとなるのが解決者の着想に気づかせることができる情報の提示である。この解法のように図と式で記述された解法を利用する場合には、式から提示するのがよい。北尾(1984, p. 83)は図の利用について、「映像利用の授業を設計する場合には、言語的教授をいかに組み合わせるかを考えねばならない。映像を媒体にすると、直感的に理解しやすくなるが、浅い理解にとどまる危険性がある。直感にうったえるために、直ちに『わかった』と思ひ込み、それ以上の精緻化を行おうとしなくなるのである」と述べている。図は全体像が把握しやすくなるが、その反面理解が浅くなり子どもたちが「わかったつもり」になりやすい。

したがって㉔の場合なら式 2×4 を提示する。解決者の着想は解法の最初の式に込められていることがほとんどであるからである。そしてそれに続いて、着想に気づかせる精緻的質問、「この式は何を意味していますか?」と続けることになる。そうすることによって子どもたちは、 2×4 という情報と提示された図、そして精緻的質問をもとに、㉔の図の補助線が思い浮かび解決の全体像が見えてくる。以下㉕、㉖の解法も同様である。とくに㉕については多くの子どもが未解決者であることから、式 $5 \times 7 = 35$ を提示し精緻的質問、「この式は何を意味していますか?」の後に協同学習が必要となってくると思われる。そうすることで「欠けている部分を補った長方形の面積を考えた」という解決の全体像につ

ながる着想が見えてくる。

③ 発見的要素の位置づけの検討

解決者の着想に気づかせることができたなら、次は解決の全体像を見通すことである。そのためのポイントは発見的要素をどこに置くのかを検討するということである。発見的追跡法は、解法の全体を提示し、解説を聴くことによって理解する学習方法とは違い、解決者の発見過程を再体験させることができる指導法である。そのため学習者は、解決者が解法を発見したときと同様の心的過程、発見の喜びを味わうことができる。その場面を解法理解の過程の中に組み込んでいくことが可能となる。たとえば⑩の解法の場合、解決者の最大の発見、気づきは「欠けている部分を補った長方形全体の面積を考え、そこから欠けている部分を引けばよい」ということである。これを教えるのではなく子どもたち自身に見つけさせたいのである。そのために重要になるのか解決者の意図を問う精緻的質問と、「面積はすべて長方形の面積の求め方に帰着する」という面積の学習におけるスキーマである。解法の最初の式を部分提示することにより、式の意味が精緻化できれば、なぜ解決者がそのようなことをしたのかと問う精緻的質問が可能になり解決者の意図を推察することができる。その質問に対する答えを生成することにより、「なるほどそうか」など発見の喜び、解決者の工夫のよさに気づくことができ、解決の全体像を見通すことができる。したがって発見的追跡法による展開を考えていくときには、子どもたちの発見的な要素をどこに置くかを検討することが重要である。また精緻的質問に対する答えの生成は難しい場合も多いので、その際には協同学習を行うよう指示を与えなければならない。

④ 解法の部分提示の範囲の検討

発見的追跡法の大きな特徴として解法の続きを自力で完成させることができるということがあげられる。これは発見的追跡法が、解法を部分的に提示し、提示された部分（図や式）の意味から、解決者がどのような解決しようとしたのかその意図を推察することによって可能となるものである。それによって学習者である子どもたちは、解法の続きを完成させることができ、解決者の解決を追体験し解法を再現させることができる。したがってここで大切になってくるのが、解法をどこまで部分提示するかということである。部分提示の範囲が少なすぎると解法の続きを完成することができる子どもが少なくなってしまうし、多すぎると子どもたちの自力での解決の実感が少なくなってしまうからである。したがってここではどこまで部分提示をすれば解法の続きが完成できるかを子どもたちの理解の様子から検討することが必要になってくる。

発見的追跡法によって解法理解活動を組み立てるためには以上のことを検討する必要がある。発見的追跡法の効果は、解法の部分提示を核とした精緻化を促す手だての効果であるといつてよい。その手立てによって子どもたちの中に精緻化が生起し、その結果として子どもたちの理解は深まっていく。その効果が十分に表れるためには解法の提示の仕方をよく検討し、子どもたちが解決者の解法を発見的に追跡し、解決の再体験による喜びを

味わわせることができるよう解法理解活動の組み立てを工夫したい。発見的追跡法による解法理解活動の組み立ての手順をまとめると下記の表のようになる。

表 4-2 発見的追跡法による解法理解活動の組み立ての手順

活動を組み立てる手順	活動を組み立てる内容
① 予想される解法の分析	子どもたちから出されることが予想される解法を分析し、解法理解活動の計画を立てる。
② 解法の提示方法の検討	解法の部分に着目し、どこまでの情報を提示するのかを検討する。
③ 発見的要素の位置づけの検討	解決の全体像に気づくことができる発見的要素をどこに置くかということを検討する。
④ 解法の部分提示の範囲の検討	どこまで部分提示をすれば解法の続きが完成できるかを学習事項と子どもたちの既有知識との関連から検討する。

第3節 発見的追跡法による算数・数学の授業構成のポイント

発見的追跡法の効果は、解法の部分提示による精緻化効果により解決者の解決を発見的に追跡し、その過程を再体験できること、またその心的過程をも再体験できることにある。したがってその時間に一番子どもたちに学んで欲しいことを子どもたち自らが発見できるよう、解法の部分提示および精緻的質問を工夫することが必要である。そのポイントとはいかに問題で問われていること(学習すべき新情報)と子どもたちの既有知識である数学的スキーマを結びつけるかということである。それには既習事項の復習や日常の生活経験を算数・数学の事象に結びつけて問題設定をするなどして学習事項に関連する数学的スキーマを活性化させることも必要となってくる場合もある。ここでは子どもたちが発見的追跡法により、既有的数学的スキーマを活かして学習すべき新情報を精緻化していく展開の組み立て方の例を、数と計算、図形という2つの領域に分け示していく。

(1) 数と計算領域における発見的追跡法の利用のポイント

数と計算領域では数の概念や計算の仕方の理解を、文章題を通して学習していくことが主である。そこでのポイントは計算の仕方の工夫に気づかせ、より効率的で間違いのない計算方法で計算するということである。したがって計算の工夫、その工夫に至る発想に気づくことができるよう部分提示をし、解決者が何をしようとしているのかを考えさせるような精緻的質問をすることが重要となる。以下1年生「くりあがりのあるたし算」、2年生「ふえたりへったり」を例に発見的追跡法による展開例を示す。

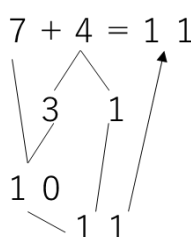
① 【例1】 小学校1年 くりあがりのあるたしざん

問題 おにいさんは くりを 7こ ひろいました。いもうとは 4こ ひろいました。あわせると なんこに なりますか。

問題のねらい 1けた+1けたで繰り上がりのあるたしざんの計算の仕方を理解させる。

発見的追跡法による展開のポイント この授業では加数分解によって繰り上がりのあるたし算の計算の仕方を見つけさせることになる。この問題の場合、加数分解による繰り上がりのあるたし算の計算では、加数4を被加数の補数3ともう1つの数1に分解すればよいということに気づくことが解決のポイントとなる。そのためには以下のような展開が考えられる。

発見的追跡法で展開したい解法例



7 + 4 の計算では、4を3と1に分け、7と3をたして10、10と1で11という加数分解による繰り上がりの計算方法が出てくる。この解法による解法理解活動を発見的追跡法により展開すると下記のようなになる。

発見的追跡法による展開 (Tは教師の、Cは子どもの言動、精緻化を促進させる手だてとして下線アは精緻的質問、下線イは協同学習の指示、下線ウは解法を完成させる指示を表している)

【解決者の着想を理解する段階】

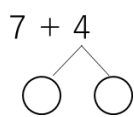
7 + 4 T1: 「〇〇さん、あなたは最初に何を書きましたか？それを前に出てきて書いてください」と解決者が最初に行った4の分解操作を示す線だけを部分提示する。

T2: 「さてみなさん、〇〇さんは何をしようとしたのでしょうかア、隣近所で相談してもいいですよイ」

C1: 「4を2つの数に分けようとした」

【解決の全体像を見通す段階】

T3: 「2つの数に分けるということでもいいですか？では〇〇さんは4を何と何に分けたの



でしょうかア」と提示された式に数を書き込むための○を板書し、しばらく各自で考えさせた後、「隣近所で自分の思ったこととそのわけをいい合ってみましょうイ」と各自の考えを外化させる指示をする。

T4: しばらく時間をとり、「それではもう一度聞きます。〇〇さんは4を何と何に分けたのでしょうかア」

C2: 「3と1に分けたと思います」

T5: 「なぜ3と1にわけたのでしょうかア」

C3: 「7に3をたすと10になるからです」

T6: 「7に3をたすと10になるから。もう少し詳しくいえる人はいませんか」

C4: 「こっち(たされる数)が7だから3をたして10にしたいから。3が欲しいから4を

3と1に分けた」

【自分なりに解法を完成させる段階】

T7:「なるほど。たされる方の数が7だからそれを10にするために3が欲しいのですね。だから4を3と1にわけたのですね。ではこの続きを考えてください。続きを考えて答えを出してください」

② 【例2】 小学校2年 ふえたりへったり

問題 ちゅう車場に 車が 17台 とまって いました。そこへ 4台 はいって 来ました。また 6台 はいって 来ました。車は いま 何台 ありますか。

問題のねらい 3要素2段階のたし算の計算場面において、増えた数をまとめたたす計算方法を理解させるとともに、その方法のよさに気づかせる。

発見的追跡法による展開のポイント 増えた数をまとめたたすという考えは多くの子どもが気づかない。そこで②の解法の最初の式を部分提示することによって、変化した量に着目させ、増えた数をまとめるという考え方があるということに気づかせることができる。その考え方に気づけば、あとは子どもたちが自力で解決することが可能となる。

発見的追跡法で展開したい解法例

① $17 + 4 = 21$ ② $4 + 6 = 10$ ①が子どもたちから通常出てくる、増えた数を順にたしていくという考え方で
 $21 + 6 = 27$ $17 + 10 = 27$ ある。このような考え方は多くの子ども
27台 27台

が解決でき、未解決者の少ない解法である。それに対して②は増えた数をまとめたたすという考え方であり、子どもたちは通常このような考え方はしない。したがって未解決者が多く出る。ここでは②の解法理解活動を発見的追跡法によって展開する。

発見的追跡法による展開例 (Tは教師の、Cは子どもの言動、精緻化を促進させる手だてとして下線アは精緻的質問、下線イは協同学習の指示、下線ウは解法を完成させる指示を表している)

【解決者の着想を理解する段階】

T1:「○○さん、あなたが書いた最初の式をいってください」

C1:「 $4 + 6 = 10$ 」

T2:「 $4 + 6 = 10$ 」と復唱しながら板書する。これが部分提示である。

T3:「さて○○さんは $4 + 6 = 10$ といってくださいでしたが、これはどんな意味ですかア」と提示された式の意味づけを行うための精緻的発問をする。そしてしばらく間をとり、「では隣近所で言い合ってください」と各自が考えたことを外化させる指示をする。

T4:しばらく時間をとり、「それではもう一度聞きます。 $4 + 6 = 10$ というのはどんな意味ですかイ」

C2:「入って来た車の数をたした」

T5:「入って来た車の数をたした。もう少し詳しくいえる人はいませんか」

【解決の全体像を見通す段階】

C3:「最初4台入って来て、また6台入って来たから、入って来た車は全部で4+6で10台になる」

T6:「なるほど、 $4+6=10$ というのは入って来た車の数をまとめて考えるんだね」

T7:「じゃあこの次にどんな式が来るかわかりますか。アわかる人」**▶挙手多数**

【自分なりに解法を完成させる段階】

T8:「最初とまっていた車は17台で、入って来た車が合わせて10台ってことはこの続き、わかりますね。ではこの続きを考えてください。続きを考えて答えを出してくださいウ」

(2) 図形領域における発見的追跡法の利用のポイント

図形領域では図形の概念の理解や構成の仕方、図形の面積を求める学習などが主である。図形の構成では、定義に基づいた構成方法を見つけていくことがポイントとなる。気をつけたいのが、どうしても図形の構成の学習では教師の方から構成の仕方を教えてしまう、すなわち知識を与えてしまいがちになることである。これは精緻化の視点から見ると実験者呈示精緻化による教示である。ここで大切なことは子どもたちが主体的になり、構成の仕方を自ら見つけていくということである。図形領域でも構成の仕方を、部分提示を足がかりとして見つけさせていくことは可能であり、そのような学習の方が質の高い学習が期待できる。また面積の学習では、対象となる図形を、既習の求積可能な図形に変形することがポイントとなる。ここでの学習では、定義に沿って構成するにはどうすればよいかということに気づかせたり、どのようにすれば既習の図形に変形できるかということに気づかせたりすることが重要である。以下3年生「二等辺三角形のかき方」、4年生「垂直や平行な直線のかき方」、5年生「三角形の面積」を例に発見的追跡法による展開例を示す。

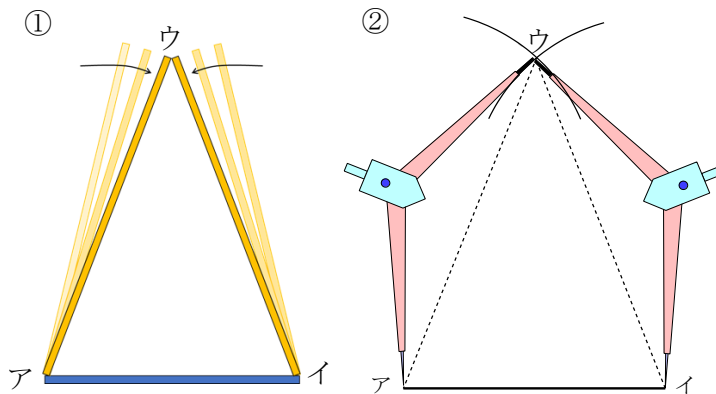
① 【例3】 小学校3年 二等辺三角形のかき方

問題 コンパスを使って辺の長さが6 cm, 8 cm, 8 cmの二等辺三角形をかきましょう。

問題のねらい 定義に基づき、コンパスを使って二等辺三角形のかき方を見つけることができる。

発見的追跡法による展開のポイント コンパスを使って二等辺三角形のかきかたを見つけ出すことはそれほど容易なことではない。ともすると教師の方からはかきかたを教え込んでしまうことになる。なぜコンパスを使うとかけるのか、どのような原理でかけるのかということを見つけ出すことこそが重要である。そのためにはストローなどを使って二等辺三角形を構成した経験、コンパスという道具のもつ特性からかきかたを見つけ出すようにさせることがポイントとなる。

発見的追跡法で展開したい解法例



コンパスの道具としての性質（長さを移す道具，一点から等距離にある点の集合をえがく道具），アを中心とした円の一部と，イを中心とした円の一部の交点のもつ意味を考えさせ，ストローで作った二等辺三角形と同様の操作を行うことによって

二等辺三角形がかけること気づかせたい。

発見的追跡法による展開例（Tは教師の，Cは子どもの言動，精緻化を促進させる手だてとして下線アは精緻的質問，下線イは協同学習の指示，下線ウは解法を完成させる指示を表している）

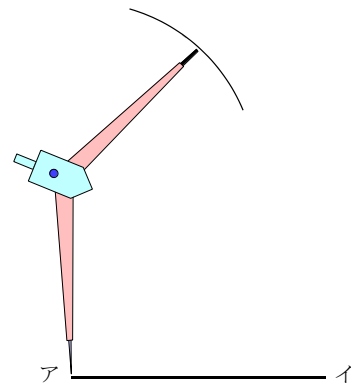
【解決者の着想を理解する段階】

T1: ①を提示し「みなさんこの三角形はなんといいましたか？」

C: 「二等辺三角形」と多数が答える。

T2: 「今日は二等辺三角形をコンパスを使ってかきたいと思っています。」とコンパスの道具としての性質を，実演をしながら説明する。「ではどうすれば，コンパスを使って二等辺三角形がかけられるのでしょうか。それにはウの点を見つけることですね。ではどうすればウの点が見つかるのでしょうか？①をよく見て考えてください。」

T3: 「〇〇さんがコンパスを使ってこんなことをしてくれました。」と右図のようにアを中心として半径 8 cm の円の一部をかく試演を提示する。部分提示である。「〇〇さんは何をやったのでしょうか。何をやろうとしているのでしょうか。」「隣近所で話し合ってもいいですよ。」



C1: 「コンパスを 8 cm に開いて円をかこうとした」

C2: 「①と同じことをやろうとした」

C3: 「アを中心にして半径 8 cm の円をかこうとした」

T4: 「今〇〇さんがやってくれたのは，①と同じことをしようとしたんだよね。それはアを中心にして半径 8 cm の円をかくということなんだよね。でもみなさん，なぜこうするとい
いのですか。ウはどこにあるのですか。」

C4: 「ウは今かいた線のどこかにあるはず」

T5: 「今 C4 さんがいってくれたことはわかりますか。ウはアから 8 cm 離れたところにある

のだから今かいた線上のどこかにあるはずですよ。」

【解決の全体像を見通す段階】

T6:「ではみなさん、〇〇さんはこの次に何をしたのでしょうか。ウはどこにあればいいかよく考えてみてください。ア」

C5:「同じようにウはイからも8cm離れたところにある。」

T7:「ではこの次は何をすればいいかわかりますね。」

C6:「今度はイから8cm離れたところに線を引けばいい」

【自分なりに解法を完成させる段階】

T8:「ではこの後どうすればいいか考えて二等辺三角形を完成させてくださいウ」

T9:「今みなさんがかいてくれたアから8cm離れたところにある線とイから8cm離れたところにある線の交わった点がウになりますね。なぜこの点がウになるのですか」

C7:「その交わった点はアからもイからも8cm離れたところにあるからそこがウになる」

② 【例4】 小学校4年 垂直や平行な直線のかき方

問題 1組の三角じょうぎを使って、点Aを通過して、直線

•A

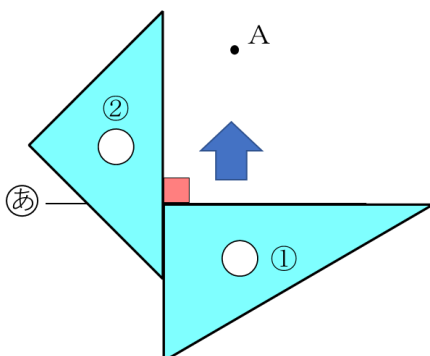
㊦に平行な直線をかきましょう。

問題のねらい 定義に基づき、1点を通して1つの直線に平行な直線のかき方を見つけることができる。

㊦—————

発見的追跡法による展開のポイント ここでは定義に基づいて書き方を考えることで、子どもたち自身の手で書き方を見つけることができる。そのポイントとなるのが1組の三角定規の組み合わせ方、そしてずらし方である。最初に直線㊦に三角定規①を図のように当てることができれば後はそれを上方にずらせば平行線がかける。しかしここで重要なのは、なぜそれで平行線が書けるのかという理由を明らかにすることである。したがってここではまず平行線を書き、なぜその方法で書けるのかということの詳細に検討していくとよい。

発見的追跡法で展開したい解法例



1点を通して1つの直線に平行な直線のかき方は、定義に基づけば子どもたち自身の手で見つけることができる。教科書によれば平行な直線の定義は、「1本の直線に垂直な2本の直線は平行であるといえます」とある。この定義から、直線㊦に交わる1本の垂線を考え、その垂線に垂直で点Aを通る直線を考えればよい。そのかき方を発見的追跡法によって展開するとよい。

発見的追跡法による展開例 (Tは教師の、Cは子どもの言動、精緻化を促進させる手だてとして下線アは精緻的質問、下線イは協同学習の指示、下線ウは解法を完成させる指示を

表している)

【解決者の着想を理解する段階】

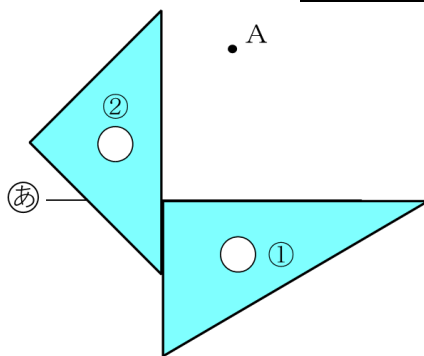
T1: 「〇〇さん、あなたは最初に何をしましたか。ちょっと前に出てきてやってみてください」と解決者が用いた三角定規の用い方を、黒板で試演させる。これが部分提示である。

【解決の全体像を見通す段階】

T2: 「さあみなさん、〇〇さんはこんなふうに三角定規を置きましたよ。〇〇さんはこの後どうしたのでしょうか。またなぜそうするといいいのでしょうか」と精緻的質問をする。そしてしばらく間をとり、「では隣近所で思ったことを言い合ってください」と各自が考えたことを外化させる指示をする。

【自分なりに解法を完成させる段階】

T3: しばらく時間をとり、「それではこの後どうすればいいですか。この続きをかいいてみてください」と続きを完成させる指示をする。



ください」と続きを完成させる指示をする。

T4: 「それではこの後どうすればいいのか教えてください」

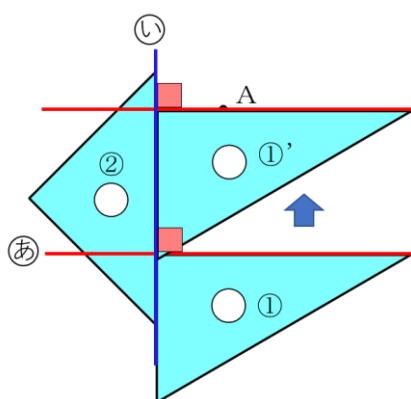
C1: 「三角定規①を上にはずらす」

T4: 「三角定規①を上にはずらす。じゃあちょっと前に出てやってみてください」

C1: 三角定規①を、点Aを通るように上方へずらし線を引く。

T5: 「これでいいと思う人？」 ➡ 挙手多数

T6: 「ではなぜこれでいいのでしょうか。この方法で直線⑥に平行な直線がかけるわけを教えてください」と再び精緻的質問をする。そしてしばらく間をとり、「では隣近所で思ったことを言い合ってください」と各自が考えたことを外化させる指示をする。



T7: 「ではなぜこの方法で直線⑥に平行な直線がかけられるのでしょうか」

C2: 「教科書に1本の直線に垂直な2本の直線は平行であるといひますと書いてあるから」

T8: 「なるほど。では今C1さんがやったようにすると1本の直線に垂直な2本の直線になるということを説明してください」

C3: 「今やったようにかくと⑥の直線も点Aを通る直線も⑦の直線に垂直だから」

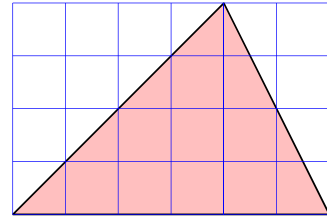
C4: 「1本の直線(⑦)に垂直な2本の直線になっ

ているから。

③ 【例5】 小学校5年 三角形の面積

問題 右の三角形の面積の求め方を考えましょう。また求め方を説明しましょう。

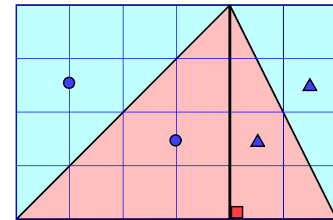
問題のねらい 既習事項（直角三角形の面積の求め方）をもとに、三角形の面積の求め方を考え、それを説明することができる。



発見的追跡法による展開のポイント 面積の学習では、求める図形をいかにして既習の面積が求められる図形(そのもととなるのは長方形)に変形するかが重要である。ここでは解決者がかいた図から、求める三角形の面積は、長方形の面積と比べると半分になっている、だから長方形の面積を2でわればよいということを見つけ出すことがポイントとなる。そうすることによって子どもたちは自らの手で三角形の面積を求める公式を見つけ出すチャンスが与えられる。

発見的追跡法で展開したい解法例

三角形の頂点から底辺に垂直に補助線を引き、三角形を2つの直角三角形に分けたとき、●印をつけた2つの部分、▲印をつけた2つの部分の面積は同じになるので、三角形の面積はそれを取り囲む長方形（ 4×6 ）の半分の面積になる。したがって三角形の面積は $4 \times 6 = 24$ 、 $24 \div 2 = 12$ となる。これを発見的追跡法で展開するとよい。



発見的追跡法による展開例（Tは教師の、Cは子どもの言動、精緻化を促進させる手だてとして下線アは精緻的質問、下線イは協同学習の指示、下線ウは解法を完成させる指示を表している）

【解決者の着想を理解する段階】

T1: 「○○さん、あなたが書いた最初の式を教えてください」

C1: 「 $4 \times 6 = 24$ 」

T2: 「 $4 \times 6 = 24$ 」と復唱しながら板書する。これが部分提示である。

T3: 「さてこの式は何を表しているでしょうか^ア」と精緻的質問をする。

C2: 「長方形の面積」

T4: 「どの長方形ですか」

C3: 「三角形を囲んでいる長方形」

T5: 「では○○さんはなぜこの長方形の面積を求めたのでしょうか。またこの後どうしたのでしょうか^イ」と精緻的質問をし、しばらく考えさせる。

【解決の全体像を見通す段階】

T6: 「実は○○さんはこんな図をかいていました。この図を見て○○さんがどのように考えたかわかりませんか^ウ?」^イと図を提示する。「ではこの図からどんなことがわかりますか。隣近所で言い合ってみましょう^イ」と図を見てわかったことを外化させる。

T7: 「ではもう一度聞きます。この図から何がわかりますか?」

C4: 「三角形を2つの直角三角形に分けて考えると、●の記号をつけたところ同士、▲の記号をつけたところ同士の面積は同じ」

【自分なりに解法を完成させる段階】

T8: 「●の記号をつけたところ同士、▲の記号をつけたところ同士の面積は同じということがわかりますね。ということは求める三角形の面積は、長方形の面積と比べるとどうなるかわかりませんか。わかった人はこの後の式を考えてください。考えて答えを出してください」と解法の続きの式を考えさせる指示をする。

T9: 「ではもう一度聞きます。求める三角形の面積は、長方形の面積と比べるとどうなりますか?」

C5: 「長方形の半分になる」

T10: 「長方形の半分になるということでもいいですか。ではもうこの続きわかりますね?」

第4節 第4章のまとめ

本章は、「算数・数学の問題解決型授業において、精緻化を促進する手だてを組み入れた指導法を構築し、それを適用した授業構成の方法を提案する。」という研究課題に対し、理論研究により研究を進めてきた。本章ではまずはじめに、算数・数学の問題解決型授業の解法理解場面を対象として、第3章で考案した精緻化を促進する手だてを組み入れ、子どもたちの精緻化の促進を通して解法理解を進める指導法の構築を試みた。そしてその指導法を発見的追跡法と名付け、発見的追跡法を適用した授業構成の方法を提案した。

発見的追跡法は解法を部分提示することによって精緻的質問をしやすくし、提示した式や図などからの情報をもとに既有知識(数学的スキーマ)を活性化し、自己生成精緻化にもとづく精緻化によって解決者の行った解決を発見的に追跡し、未解決者を解法の確実な理解へと導く指導法である。本章では、算数・数学の問題解決型授業の解法理解場面において、未解決者の解法理解に関わって、解法が精緻化され確実に理解されるよう発見的追跡法を提案し、それを組み入れた算数・数学の授業構成の方法を提案することができた。

発見的追跡法の最大の特徴は解法の部分提示にある。部分提示は解法の全体提示と比較して精緻化を促進する手だてが講じやすい。解法の部分提示には、解法を提示するだけにとどまらず、必ず精緻的質問が伴う。したがって精緻的質問に伴い自己生成精緻化が生起しやすい。また精緻的質問には協同学習が必要になる場合が多く、それにより外化活動も生起する。そしてまた部分提示では提示された解法の一部をもとにして、解法の続きを完成させることができるなど、今まで解法の全体提示では難しかった、精緻化を促す活動が生起しやすく、理解が深まることが期待される。また発見的追跡法による解法の続きの完成は、未解決者を含めたクラス全体が、解決者の問題解決過程を再体験することが可能になり、解法を完成させていくことによる達成感も味わうことができるといった効果も期待される。

また算数・数学の授業構成に際してはヴィゴツキーの発達の最近接領域の理論の視点から、解法理解活動を捉えていくことが重要であることがわかった。たとえば算数の授業では、標準を上回る数学的な価値の高い考えが出されることがある。そのような考えが生まれることが期待されるような授業では、それを発見的追跡法で取り上げることができるよう授業構成を工夫すべきである。その授業構成では、子どもたちから出されることが予想される解法を分析し、解法の部分提示の仕方の検討、発見的な要素をどこに置くのかということの検討、そして解法をどこまで部分提示し、続きを完成させるのかという検討が必要である。これらのことを検討することによって発見的追跡法を組み入れた授業構成が可能になってくる。また本章の最後では、実際の教科書の教材を使つての発見的追跡法による展開例を示した。発見的追跡法はこのように日頃の授業の中でだれでも使つていくことが可能であり汎用性は高い。

以上のように本章では精緻化を促進する手だてを組み入れた指導法である発見的追跡法を構築し、それを適用した授業構成の方法を提案することができた。次章では発見的追跡法の精緻化を促す効果を授業実践を通して検証していく。

第4章の引用・参考文献

- ・北尾倫彦・速水敏彦, 1986, 『わかる授業の心理学』, 有斐閣
- ・北尾倫彦, 1984, 『意欲と理解力を育てる』, 金子書房
- ・小池嘉志, 2015, 「算数・数学の授業における効果的な集団討議のための理解過程に関する一考察」, 教科開発学論集 (3), pp. 175-180
- ・小池嘉志, 2016, 「ヴィゴツキーの発達理論から見た算数・数学の授業における練り上げの重要性 : 小学校 2 年生かけ算の単元の実践の考察を通して」, 教科開発学論集 (4), pp. 101-110
- ・柴田義松, 2006, 『ヴィゴツキー入門』, 寺子屋新書
- ・清水静海他, 2017, 『わくわく算数』1~6年, 啓林館
- ・Skuballa, I. T., Schwonke, R. & Renkl, A., 2012, Learning from Narrated Animations with Different Support Procedures: Working Memory Capacity Matters, Applied Cognitive Psychology, 26, pp. 840-847
- ・ヴィゴツキー著, 柴田義松訳, 2001, 『思考と言語(新訳版)』, 新読書社

第5章 授業実践を通して見る発見的追跡法の精緻化の効果の検証

第1節 授業実践の目的・方法および計画

(1) 検証の目的および検証すべき仮説

本研究では前章までで精緻化を促進する手だてを組み入れた指導法である発見的追跡法を構築し、それを適用した授業構成の方法を提案することができた。発見的追跡法はこれまで算数・数学の問題解決型授業における解法理解活動において一般的に行われてきた説明・受容型学習と比較して精緻化を促進する手だてが講じやすく、その結果として未解決者を中心とした子どもたちの精緻化を促し、解法の深い理解をもたらすことが期待される指導法である。したがって発見的追跡法によって解法理解活動を展開する授業では、説明・受容型学習で行う解法理解活動と比較して、子どもたちの精緻化の姿が多く表出し、第1章第5節(3)で示した学習の過程で精緻化を評価する指標である学習内容の保持、転移の効果および満足度が高いという効果が見られるはずである。本章では授業実践を通してこれらのことを検証していく。したがって検証の目的は、「発見的追跡法による解法理解活動を行うことによって、説明・受容型学習による解法理解活動と比較して有効な精緻化が促進されることを確かめ、それを通して第4章までで構築してきた指導法の理論の妥当性を検証すること」である。

上記の目的を達成するために本章では次の3つの仮説を検証していく。

1つ目の仮説は、「解法理解活動を発見的追跡法で行うことにより、説明・受容型学習による解法理解活動と比較して、精緻化を促す手だてを講じる機会が多くなり、子どもたちの精緻化が生じた姿が多く表出するであろう。」ということである。第4章第1節(3)で述べたように、解法の部分提示によって展開される発見的追跡法では精緻化を促す手だてを講じる機会が多くなると考えられる。それによって精緻化の姿の表出も多くなるはずである。このことを授業の様子を質的に分析することを通して検証していく。

2つ目の仮説は、「解法理解活動を発見的追跡法で行うことにより、説明・受容型学習による解法理解活動と比較して、解法を理解したときの満足度は高くなるであろう。」ということである。第1章第5節(2)で述べたように、発見的追跡法による解法理解は自己生成精緻化によるものが多くなり、説明・受容型学習による実験者呈示精緻化による解法理解と比較して満足度が高くなるはずである。このことを授業直後のアンケート調査を通して検証していく。

3つ目の仮説は、「解法理解活動を発見的追跡法で行うことにより、説明・受容型学習による解法理解活動と比較して、学習内容の保持の効果、転移の効果が高くなるであろう。」ということである。第1章第5節(3)で述べたとおり有効な精緻化がなされれば学習内容の保持、転移の効果が見られるはずである。このことを授業実践から2週間後に行う事後テストによって検証していく。

(2) 検証の方法

1つ目の仮説は授業の様子を質的に分析することによって行う。発見的追跡法による解法理解活動では解法の部分提示を行うため、説明・受容型学習と比較して精緻化を促進する手だてである精緻的質問を行う機会が増え、それに伴う外化活動、協同学習も多く生起するはずである。このことを授業の中で教師が講じる手だてとそれに対する子どもたちの精緻化の姿の表出の量と質を分析することによって行う。量については手だてが講じられた回数を比較することによって判断する。また質については手だてによって自己生成精緻化が生じたかどうかを子どもたちの協同学習内での会話の内容や話し合いの様子を分析することによって判断する。

2つ目の仮説は授業直後にアンケート調査を行い統計的手法で分析することによって行う。発見的追跡法と説明・受容型学習とでは解法理解活動における解法理解時の精緻化の様相が違ふ。したがって発見的追跡法による解法理解活動で生起することが期待される自己生成精緻化では、説明・受容型学習で生起すると考えられている実験者呈示精緻化と比べて解法理解時の満足度は高くなるはずである。このことについてアンケート調査を行い統計的手法で分析することにより、有意な差が見られるかどうかによって判断する。

3つ目の仮説は授業から2週間後に事後テストの結果を統計的手法で分析することによって行う。有効な精緻化は学習内容の保持、転移の効果を高めるはずである。したがって事後テストの結果を統計的手法によって分析することにより、有意な差が見られるかどうかによって判断する。

以上の方法で3つの仮説を検証し、その結果を総合的に考察することによって本研究で提案した指導法の理論の妥当性について検討する。

(3) 検証の計画

本検証は解法理解活動を発見的追跡法で行う実験群と説明・受容型学習で行う統制群とに分けて行い、授業における精緻化を促す手だてが講じられ、それに対する子どもたちの精緻化の姿の表出の様相の比較、学習内容を理解したときの満足度の比較、学習内容についての記憶保持および転移の効果を比較することによって行う。したがって本検証は次のように進めていく。

① 事前テストによる相殺方略の定着度の調査および実験群、統制群のグループ分けを行う

本検証の対象とする学年は第6学年である。子どもたちはすでに第5学年で、本授業実践で使用する相殺方略を使った問題解決を学習している。したがって事前調査では、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し、実験群、統制群のグループ分けを行う。

② 授業実践を行う

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解法理解活動を行う実験

群と説明・受容型学習により解法理解活動を行う統制群に分けて授業実践を行う。

③ 2つの授業を分析し、精緻化を促す手だてが講じられる様相を比較し考察する

実験群、統制群の授業を分析し、精緻化を促す手だてが講じられる様相とそれに対する子どもたちの姿の表出を比較することにより、発見的追跡法による手だての効果について考察する。

④ 授業後のアンケート調査により理解度と満足度を調査しその様相を比較し考察する

授業直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、および解法理解時における満足度(うれしさ)を4件法により調査し、実験群と統制群の結果を、統計的手法を用いて比較することによって、授業として成立しているかどうかということと実験群、統制群それぞれの授業で生起する精緻化の質について考察する。

⑤ 事後テストにより学習内容の保持・転移の効果を調査し、分析考察を行う。

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。そして調査結果を、統計的手法を用いて分析し、発見的追跡法の精緻化効果について考察をする。

⑥ 実践を通して考察したことをまとめ、発見的追跡法の理論の妥当性について述べる。

授業実践により得られた、講じられる手だてとそれに対する子どもたちの精緻化の姿の様相の比較、満足度の比較、学習内容の保持・転移の効果の比較の結果を総合的に分析し、発見的追跡法の有効性について考察し、構築してきた理論の妥当性について検討する。

第2節 相殺方略の定着度の調査および実験群、統制群のグループ分け

(1) 事前テストの目的と方法

子どもたちは第5学年で相殺方略を用いて問題を解決する学習を行っている。本実践ではそのとき用いた相殺方略を使って問題を解決していくことになる。したがって事前テストを行うことによって、相殺方略の定着度を見るとともに、その結果をもとに実験群、統制群のグループ分けを行う。

事前テストは第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た問題を使って調査を行った。調査ではこの問題に対して式と答えを要求するものである。答えだけがわかっても式がかけなければ正答とはしていない。それは相殺方略を具合的に式で表現できているかどうかの問題解決にとって重要であると考えからである。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。

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 乗り物券 乗り物券 乗り物券 乗り物券 乗り物券 乗り物券 乗り物券

入場券 乗り物券 乗り物券 乗り物券 乗り物券 乗り物券

答え _____ 円

図 5-1 事前テスト問題 1

問題1の解答例


$$1200 - 1000 = 200$$

$$200 \div 2 = 100$$

答え 100 円

図 5-2 事前テスト問題の解答例

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 

チョコレート チョコレート プリン プリン プリン

チョコレート チョコレート プリン プリン プリン

答え チョコレート _____ 円, プリン _____ 円

図 5-3 事前テスト問題 2

問題2の解答例

$$440 - 340 = 100$$

$$340 - 100 = 240$$

$$240 \div 3 = 80$$

答え チョコレート 100 円, プリン 80 円

図 5-4 事前テスト問題 2 の解答例

(2) 事前テストの結果と実験群、統制群のグループ分け

本実践は2019年2月に愛知県内の2つの公立小学校6年生合計7クラス199名を対象として行った。事前テストの結果はA小学校の平均正答率が1.06, K小学校の正答率が1.04であり、ほぼ同じ結果であった。そこで平均正答率がほぼ同じになるように実験群と統制群をグループ分けした。実験群4クラス、統制群は3クラスであり、平均正答率は統制群の方がやや上回るように分けた。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。

表 5-1 事前テストの平均正答数 1 (学校別の結果)

A小学校					K小学校				
学級	調査人数	問1正答者数	問2正答者数	平均正答数	学級	調査人数	問1正答者数	問2正答者数	平均正答数
A6年1組	25	12	13	1	K6年1組	30	16	15	1.0333
A6年2組	27	14	18	1.1852	K6年2組	31	16	15	1
A6年3組	26	11	15	1	K6年3組	27	12	11	0.8519
合計	78	37	46	1.0641	K6年4組	30	19	19	1.2667
正答率		47.4%	59.0%		合計	118	63	60	1.0424
					正答率		53.4%	50.8%	

表 5-2 事前テストの平均正答数 2 (実験群・統制群別の結果)

実験群					統制群				
学級	調査人数	問1正答者数	問2正答者数	平均正答数	学級	調査人数	問1正答者数	問2正答者数	平均正答数
A6年1組	25	12	13	1	A6年2組	27	14	18	1.1852
A6年3組	26	11	15	1	K6年3組	27	12	11	0.8519
K6年1組	30	16	15	1.0333	K6年4組	30	19	19	1.2667
K6年2組	31	16	15	1	合計	84	45	48	1.1071
合計	112	55	58	1.0089	正答率		0.5357	0.5714	0.5536
正答率		0.4911	0.5179	0.5045					

表 5-3 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

(3) 授業実践における倫理的側面についての考え方

教育研究実践を行うに当たり、実験群と統制群に分けて授業実践を行うことは、どちらか一方の群に不利益になる教育を施すことになり、それは教育倫理に反するのではないか

という見方がある。授業では本来子どもたちのために少しでもわかりやすくするために教師はその場その場に応じて様々な働きかけをする。それは子どもたちの表情や発言を見て臨機応変に行うものであり、それによって子どもたちのわかりは深まっていく。したがって統制群としてその働きかけを統制し制限することによって、教師にとって本来なされるべき働きかけを行わないとすることはいくら教育研究のためとはいえ問題があるのではないかというのである。

しかし本実践において統制群で行おうとする授業は問題解決型授業において普段一般的に行われている説明・受容型の形態の授業である。したがってこの形態で授業を行うことは何ら問題になることではないし子どもたちにとって不利な教育を施すことではない。本実践の目的は、この説明・受容型の形態の授業に一石を投じ、発見的追跡法という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し、それを実験群の教育と比較しようとするわけではない。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は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。

第3節 授業実践の実際および解法理解活動の質的分析による比較

(1) 問題の選定と子どもたちから出される解法

本授業の学習活動におけるねらいは、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、数学的な見方・考え方を働かせ算数のよさを実感することである。本実践で使用する問題は第5学年での学習の発展問題であり、既有知識である相殺方略を使うことによって解決する問題である。本問題の解決では問題設定の段階で、絵を使って問題場면을提示しているときにすでに勘で答えの見当付けを行い、それを当てはめることによって答えを求める児童が出てくる。しかし小学校6年生ともなると、そのような答えの見つけ方では満足感が得られず、より納得のいく解法を求める傾向にある。したがって子どもたちのよりよい解法、答えの見つけ方を考えていきたいという意欲を掻き立てることができる問題である。

この問題はアの図とイの図を見比べることによってチョコレートの方がガムよりも5円高いということは容易にわかる。しかしそれを数式で表現するとなるとわからない児童が大勢いる。また逆にそのことを表す $55-50=5$ という式の意味が読み取れない児童も大勢いる。したがって問題設定の段階において子どもたちがどのようなことに気づくかということ、そしてその気づきをクラス全体に広げていくことが子どもたちのスキーマの活性化につながり、問題解決へとつながっていく重要なポイントになるものと考えられる。

また本実践で使用する問題は相殺方略を利用することによって解決する問題であり複数の解法が存在する。そのためそれぞれの問題に対して必ず未解決者が出てくる。したがって発見的追跡法による解法理解活動を行うのに適している。ま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)。以上のこと

を総合的に考え、本問題は発見的追跡法による解法理解活動の有効性を検証するのに適した問題であると考え選定した。







問題		
ア	  55円	だがし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。
イ	  50円	
ウ	  45円	

図 5-5 実践問題

また本授業で子どもたちから出てくる解法は大別すると下記の3種類である。これらの解法は、解法1、解法2、解法3の順に子どもたちが気づきにくい解法になっている。すなわち、着想の難易度が増す。しかし理解が難しいわけではなく、むしろ解法1、解法2、解法3の順に、子どもたちが実感する解法のよさ、納得の度合いは増していく。このうち解法3の解き方は、クルチェツキー(1969, p. 143)が、数学能力のある有能な生徒の解き方として紹介している解法である。クルチェツキーは、有能な生徒は最も合理的な解き方を見つけ、その解き方がなぜ最良であるかを説明できると報告している。

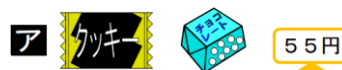
解法1	解法2	解法3
$55 - 50 = 5$ $45 - 5 = 40$ ガム 20円 $40 \div 2 = 20$ チョコレート 25円 $45 - 20 = 25$ クッキー 30円 $50 - 20 = 30$	$55 + 50 = 105$ $105 - 45 = 60$ クッキー 30円 $60 \div 2 = 30$ チョコレート 25円 $55 - 30 = 25$ ガム 20円 $50 - 30 = 20$	$55 + 50 + 45 = 150$ 全部 1つづつ $150 \div 2 = 75$ クッキー 30円 おため $75 - 45 = 30$ チョコレート 25円 $75 - 50 = 25$ クッキー 30円 $75 - 55 = 20$ ガム 20円

図 5-6 子どもたちの解法








(2) 授業実践における問題設定活動の概要

第3章第2節(5)③で述べたように算数・数学の授業にとって問題設定における活動はその後の子どもたちの解決に直接つながる活動として大変重要な意味をもつ。本実践では日常の生活経験と問題場面を結びつけることによって、相殺方略に関連する既有知識が活性化されるような活動が展開されている。この問題設定の活動によって問題解決に関わる関連する知識やスキーマが活性化され、自力解決の活動に見通しをもって入ることができたと考えられる。本実践では実験群、統制群ともに授業の中での問題設定活動はすべて同様の展開を行っている。

T1: 「駄菓子屋さんで思いついた問題です。クッキー1個とチョコレート1個で55円です」といって図を提示する。



C1: 「クッキーが30円、チョコレートが20円。それぐらい。」とつぶやく。

- T2: 「それからね、今度はクッキーとガム。これで50円だ    っていうんですよ。」とって図を提示する。「これ見て何か気がつくことはないですか。何か気がついたという人どれくらいいますか」
- C2: 挙手4分の1程度。
- T3: 「たとえば何に気がつきましたか」
- C3: 「アよりイの方が5円安い」
- T4: 「アよりイの方が5円安いということに気がついた？そうだよね」
- C4: ほぼ全員がうなずく。
- T5: 「他はどうだろう」
- C5: 「チョコレートの方がガムよりも5円高い。」
- T6: 「チョコレートの方がガムよりも5円高いんだって」
- C6: 「おお、そうだ」
- C7: 「あつ、そうじゃん。あ、すごーい」
- T7: 「どうですか、それ気がつきますか。気がついた人？その意味がわかる人？」
- C8: 挙手大多数。
- T8: 「ちゃんとみんなわかるんだ。そういうことに気がついて欲しい」
- T9: 「もう一つみんなに見せます。チョコレートとガムで45     円です」とって図を提示する。
- C9: 「ということは..」, 「ああ、そういうことか」というようなつぶやきが多数出て、10数名ほどが挙手。
- T10: 「S君」
- C10: 「ええっと、チョコレートは25円」
- T11: 「これ見てチョコレートが25円ってわかっちゃうの？ちょっと聞くよ。もうクッキー、チョコレート、ガムがそれぞれいくらかわかっちゃった人？」
- C11: 挙手3分の1程度。
- T12: 「手を下ろしてください。実は今日の問題なんですけど、こういう問題なんです。」とって問題『だがし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。』を提示し、全員で読ませる指示をする。
- T13: 「みんな答えはわかっちゃったっていうんだけど今日はこの問題やる必要はないですか？」
- C12: 「でも」, 「いや」, 「あるあるある」, 「なんでそうなるか」などのつぶやき多数。
- T14: 「じゃあ今日のめあては、『納得できる解き方を見つけよう』です。ヒントは図をよく見ることです。そして式と答えを書いてください」とって自力解決に入らせる。

※ 問題設定の段階で問題場面の絵ア、イを提示した後、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、チョコレートの方がガムより5円高いことに気づいた。このようにこの問題では、絵から得られる情報が問題解決の重要なスキーマである相殺方略につながっている。ポイントは

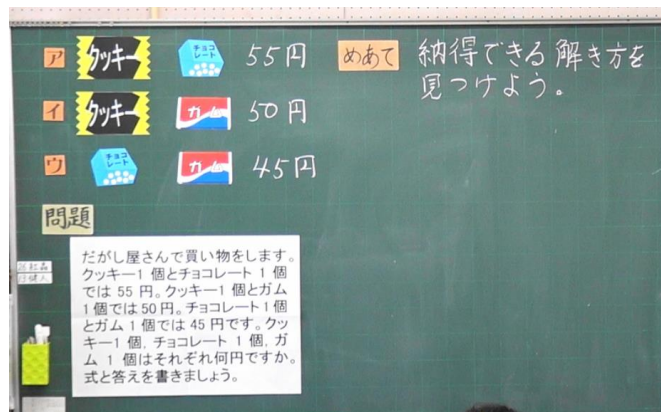


写真 5-1 問題設定の様子

その情報をいかに式に表すかということである。C4、C8の姿に見られるように、この問題の設定によって子どもたちのほとんどは問題場面を自分なりに解釈し、自力解決に入ることができていた。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。

(3) 統制群の説明・受容型学習による解法理解活動の概要

※ Tは教師の発言や行動、Cは子どもの発言や姿、精緻化を促進させる手だてとして下線アは精緻的質問、下線イは協同学習の指示、下線ウは解法を完成させる指示を表している。

T15: 「では発表してもらいましょう。Mさん、あなたが書いた式をいってください。」

C13: 「 $55-50=5$, $45-5=40$, $40\div 2=20$, $20+5=25$, $55-25=30$ 」

T16: 復唱しながら板書する。

C14: 「同じです」といいながら挙手10名程度。

T17: 「この式を見て意味が理解できた人?」

C15: 挙手半数程度

T18: 「なんでこういうふうにやって答えを出したか理解できた人?」

C16: 挙手半数程度、変わらず。

T19: 「では隣近所でいい合ってごらん。」

C17: 板書を指さしながら活発な協同学習に入る。「まずクッキー

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。」

T20: 「ではもう一度聞きます。この式の意味が理解できた人?」

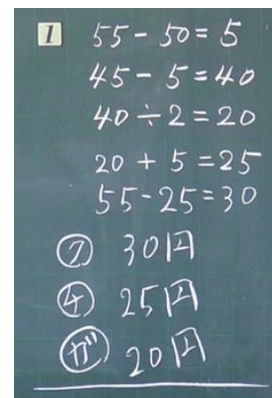


写真 5-2 解法の全体提示

C18: 挙手大多数

T21: 「では説明してください。ではご本人から。Mさんどうぞ」。

C19: 「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 $40 \div 2$
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円とわかったので、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。」

T22: 「今の説明できちんと理解できた人」

C20: 挙手多数

T23: 「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。この40という
のは何_ア。」。「M君どうぞ」

C21: 「はい。45-5というのは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。」

T24: 「今の説明が理解できた人？」

C22: 挙手多数

T25: 「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。」

C23: 納得の表情でうなずき多数

T26: 「答えはどうなるんですか？クッキーが？」

C24: 全員で声をそろえて「30円」

T27: 「チョコレートが」

C25: 全員で声をそろえて「25円」

T28: 「ガムが？」

C26: 「20円」

T29: 子どもたちの答えを板書しながら、「じゃあこれ、書いてない人は写してください。」

—— 以下略 ——

(4) 実験群の発見的追跡法による解法理解活動の概要

※ Tは教師の発言や行動，Cは子どもの発言や姿，精緻化を促進させる手だてとして下線
アは精緻的質問，下線イは協同学習の指示，下線ウは解法を完成させる指示を表して
いる。

T30: 「では発表してもらいましょう。O君，君が書いた最初の式だけをいってください。」

C27: 「 $55-50=5$ 」

T31: 「 $55-50=5$ 」と復唱しながら板書する。部分提示である。「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？何を表しているんですか？5ってなあに？_ア」

C28: 挙手少数

T32: 「隣近所で相談してごらん。ィ」

C29: 黒板の問題を見ながらの活発な討議。「アの55から50を引いた。」「チョコレートがガムより5円高いってこと?」「うん、うん」「そういうことかあ」など納得の表情や、うなずき多数。

T33: 「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?ア。」「Yさんどうぞ」

C30: 「アとイの値段の差。」

T34: 「アとイの値段の差、どうですか?」

C31: 「いいです。」

T35: 「いいですよ。アとイの値段の差、じゃあこれは何を表していますか?。もう少しいうと?ア。」「I君どうぞ」

C32: 「チョコレートとガムの値段の差」

T36: 「チョコレートとガムの値段の差。いいですよ。じゃあこれをもう少し詳しく教えてください。値段の差が5円だということは?もう少しいうと?ア。」「N君どうぞ」

C33: 「チョコレートの方がガムの値段より5円高い」

T37: 「チョコレートの方がガムより5円高い、賛成の人?」

C34: 挙手大多数

T38: 絵を指さし、「これを見るとチョコレートの方がガムより5円高いことがわかるんだ。じゃあこの次にはどんな式が来るの?たくさんかいてたね。この $55-50=5$ の次にくるのはどんな式なの?ア。しばらく間をとり、「はい、Sさん」。

C35: 「 $45-5$ 」

T39: 「 $45-5$ は40ですね」と復唱しながら板書する。「どうですか? 同じ式を書いた人?」

C36: 挙手半数程度。

T40: 「じゃあこの式はどんな意味なんですか? $45-5=40$ 。この40は何を意味してるんだろう?アこれがいえますか? いえる人?」



写真 5-3 解法の部分提示

C37: 挙手数名。残りの児童はわからない表情。

T41: 「じゃあ、隣近所で相談してごらんィ」

C38: 活発な相談活動。「ウの差をなくしたもの?」「チョコレートとガムをいっしょにした。」「ガム2個と同じにした。」など。同意や納得の表情、うなずきなどが多数見られ

る。

T42: 「45-5=40 のこの 40 は何を意味してるんだろう。ァ」。「N 君どうぞ」

C39: 「ガムとチョコは 5 円の差があるから、チョコとガムを合わせた値段から 5 円引いちやえばガムと一緒にの値段にチョコになる。」

T43: 「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。」

C40: 「ガム 2 個分の値段」

T44: 「ガム 2 個分の値段だということがわかる人？」

C41: 挙手多数

T45: 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？」

C42: 「はい」。うなずき多数

T46: 「じゃあみなさんここまで出たらわかりますか、この続き？」

C43: 「はい」(多数)

T47: 「じゃあこの続きを完成させて答えを書いてごらん。はいどうぞッ」

C44: 未解決者のほとんど全員が一斉に解法の続きを記述している。

T48: 「どう？続きできた？OK ですか？じゃあみんなで見ようか。」「この次の式はなあに？」

C45: 「 $40 \div 2 = 20$ 」

T49: 「 $40 \div 2 = 20$ 」と復唱しながら板書する。「OK ですか？この 20 はなあに？」

C46: 一斉に「ガム一つの値段」

T50: 「ガム一つの値段が 20 円だということがわかった。じゃああとはわかるよね」「例えばこの次どんな式をかきましたか？」

C47: 「 $20 + 5$ 」

T51: 「 $20 + 5$ をかいた人？」

C48: 挙手 3 分の 1 程度。

T52: 「はいそれ OK です。他の式かいた人？」

C49: 「 $45 - 20$ 」

T53: 「 $45 - 20$ 。その式の意味わかる人？」

C50: 挙手 10 名程度

T54: 「45 はこれ(ウを指さし)だよ。そこからガムの 20 円引いたということは？」「何が出るの？いってごらん。みんなで」

C51: 一斉に「チョコレートの値段」。

T55: 「OK だね。それも OK です。 $50 - 20$ でもいいね。そうすると何が出るの？いってごらん一緒に」

C52: 「クッキーの値段」

T56: 「OK ですね。次の式はどんなふうでもいいです。じゃあ **写真 5-4 完成された解法**

① $55 - 50 = 5$
 $45 - 5 = 40$
 $40 \div 2 = 20$
 $50 - 20 = 30$
 $45 - 20 = 25$

⑦ 30円
④ 25円
⑧ 20円

先生はこれ(イ)から引いてみようかな」といって $50-20=30$ と板書。続いて $45-20=25$ と板書。「というふうで、20円、30円、25円というふうの一つずつの値段がわかったというわけです。」「さあどうですかみなさん。納得いきましたか、このやり方？」

C53:声をそろえて「はい」。うなずきや納得の表情多数。

T57:「はい。OKだね。いいやり方です」

—— 以下略 ——

(5) 解法理解活動における精緻化を促す手だての様相と精緻化の姿の質的分析

① 統制群の説明受容型学習による授業における手だての様相とそれに対する精緻化の姿の分析

統制群の解法理解活動で講じられた精緻化を促す手だては、精緻的質問が T17, T18, T23 の3回、協同学習の指示が T19 の1回であった。

統制群の解法理解活動では、まず T15 により解決者 M に自分の解決した解法を発表させ、それを教師が板書し、解法の全体が提示された。そして T17, T18 の精緻的質問によりその意味を考えた上で、T19 で精緻化を促進させる手だてである協同学習を行うよう指示を出し、全体提示を見ての各自の理解内容を外化させた。この活動では C17 の協同学習の様子からわかるように、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、友だちの説明を聞くだけの子どもが何人も存在した。すなわちこの活動においては、子どもたちの様子から $45-5$ という式が十分に精緻化されるまでは至っていないと考えられる。

その後 T21 の指示に対して C19 で解決者本人に解法の説明をさせたが、その説明は C19 の通りであり、「どうしてそうなるのか」や「なぜそうしたのか」などの解決の意図の説明がされておらず、C17 の協同学習がなければ理解することが難しい内容であった。また T22 で説明後の子どもたちの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 T23~C23 のように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 C23 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、解法理解活動を終えた。C23 の子どもたちの納得の姿は、T25 の説明の結果見られた姿であり、実験者呈示精緻化による姿であるといえる。なおここでは、未解決者は T29 により全体提示された解法をノートに書き写すことしかできなかった。すなわち精緻化を促進させる手だてである部分的に出来上がった概要の完成はできないため、解決者の解決を再体験することはできていない。

② 実験群の発見的追跡法による授業における手だての様相とそれに対する精緻化の姿の分析

一方実験群の解法理解活動で講じられた精緻化を促す手だては、精緻的質問が T31, T33, T35, T36, T38, T40, T42 の7回、協同学習の指示が T32, T41 の2回、解法を完成さ

せる指示が T47 の 1 回であった。

T30, C27 により解法の最初の式だけを提示し, T31 により, その式の意味を問う精緻的質問を行った。ここでの子どもたちの C28 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, T32 で協同学習を行わせ, 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 C29 のような討議を行った。これは精緻的質問, 協同学習, 外化の指示など精緻化を促進させる手だてに対する子どもの精緻化の姿であり, その発言の内容を分析すると, 提示事象から情報を引き出し, それを式と結びつけ, $55-50=5$ の意味についての情報を自己生成することができたと見られる。その結果 T33 から C34 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」ということを表しているという意味づけができたと考えられる。これらのことから子どもたちの中には精緻化が生起していると見ることができ, その精緻化は自己生成精緻化であるといえる。

その後さらに T38 による精緻的質問では, まず解決者の解決についての全体像を考えさせるために, $55-50=5$ に続く式を考えさせた。その結果として C35 により $45-5=40$ を部分提示し, さらに T40 でその式の意味を問う精緻的質問を行った。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 T41 でそれについての協同学習を行い, 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 C38 のように活発な相談および外化活動を行った。その内容は C38 の通りであり, 部分提示された式から解決者の意図を推察し, 意見交換することを通して式の意味を解釈する姿が見られた。

ここでの子どもたちの発言からわかるように, 子どもたちは解決に必要な情報を自己生成することができたと考えられ, それが T42 から C41 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, 解法の続きを自力で完成させることにつながったと思われる。これは精緻化を促進させる手だてに対する精緻化の姿であるといえる。

その後子どもたちは T46, T47 の解法を完成させる指示に対して, C43, C44 のように解法の続きを完成させようと意欲的であった。その結果未解決者の多くは解法の続きが完成でき, C53 に見られるように解法の確実な理解に至ったと考えられる。ここでの子どもたちの姿も精緻化を促進させる手だてに対する精緻化の姿であるといえる。

③ 精緻化を促す手だてとそれに対する精緻化の姿の様相から見た解法の全体提示と部分提示の比較

この 2 つの授業の様相の比較から, 実験群の授業と統制群の授業を, 精緻化を促す手だてとそれに対する子どもの姿に着目して比較すると以下の点が明らかになった。

(ア) 精緻的質問を講じる回数に差がある

精緻的質問の機会は統制群では 3 回, 実験群では 7 回である。実験群は解法を部分的に提示していくためその都度精緻的質問が必要となり, 回数も多く生起している。そのため

部分提示された一つ一つの式に着目し「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の精緻的質問は、解法の全体がすでに提示されているため、子どもたちの反応によって散発的に行われることが多く、その内容も解き方の手続きに関するものが主になっている。

(イ) 協同学習による外化活動の機会やその質に差がある

実験群の部分提示に伴う精緻的質問は、情報が少ないため既有知識に個人差がある子どもたちにとっては協同学習を行うことが必要になる場合が多い。そのためその討議の中で子どもたちは解決に必要な情報を自己生成する機会が多くなり、C29、C38の姿に見られるように自己生成精緻化が多く生起していると見られる。また討議の機会は外化活動でもあるため、外化による精緻化効果もあわせて期待できる。それに対して統制群の協同学習ではすでに解法の全体が提示されているため、討議の内容は解き方の手続きに関する内容が多く、なぜそうなるのか、解決者は何をしようとしたのかなどを探る機会がなく、討議に深まりが欠ける。

(ウ) 実験群では解法の続きを完成させる機会が与えられる

実験群では解法を部分的に提示していくため、解法の途中まで記述された段階でその後の解法がどのようになるのかを推察することが可能となる。そのため解法の続きを完成させる機会を与えることができる。それにより部分提示によって解法を推察できた子どもたちはそれを自分なりの表現により外化することができる。このことは、部分提示を解決の手がかりとした自力解決であると考えることができる。これは部分的に出来上がった概要を完成させることになり、部分を完成させることによる精緻化効果にも繋がっている。またこのことは、書き記すという行為となり精緻化効果も高い。一方で統制群ではすでに解法の全体が提示されているため、このような機会がもてず、全体提示された解法を書き写すことしかできない。

(エ) 子どもたちの精緻化の姿の表出に差がある

(ア) から (ウ) からわかるように、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だてが多く講じられている。そして授業の様子からもわかるとおり精緻化を講じるそれぞれの手だてに対して子どもたちは精緻化の姿を表出している。したがって実験群と統制群との間には講じられた手だてに対する子どもたちの精緻化の姿の表出の回数にも大きな差がある。またその差は回数による量的な差だけではなく、実験群の精緻化の姿が自己生成精緻化であるのに対し統制群の精緻化は実験者呈示精緻化であるなど精緻化の質についても差がある。これらのことから実験群では統制群と比較して量的にも質的にも望ましい精緻化が生起していると考えられる。したがってその差が統計的調査にも影響してくることが考えられる。

第4節 事後アンケート調査から見る理解度の比較

(1) 理解度の調査の目的

実験群、統制群に分けて授業実践を行うに際して、倫理上子どもたちの理解度に大きな差が出るべきではない。またこの理解度に大きな差が出る場合、当然理解度が高い方が記憶成績もよいことが予想され、本実践の検証が正しく行われなことが懸念される。したがってこの調査は、授業直後に理解度についてのアンケート調査を行い、両群の授業が算数の授業として成立しているかどうかということと、比較して検証することが可能かどうかを見ることを目的として行う。またその後事後テストの結果と合わせて考察することにより、実験群・統制群の理解の質の違いについても明らかにできると考える。この場合の理解度とは子どもたちの「わかった」という実感にもとづくものである。

(2) 理解度の調査の方法

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名であり、全体の49.7%であった。そして統制群の解法1の未解決者は40名で解法1の未解決者全体の46.0%、実験群の解法1の未解決者は59名で解法1の未解決者全体の52.7%であった。そして χ^2 検定の結果、両群の解法1の未解決者の割合に有意差はなかった($\chi^2(1) = 0.880, p = .348$)。したがって両群ともに自力解決の段階までは授業内容に差はなく、検証の障害になるような偏りは見られないといえる。また今後本実践における解法1の未解決者を単に未解決者と呼ぶ。

事後アンケートは未解決者を対象として授業直後に調査を行った。その内容は、「あなたは、最終的に【1の考え】が理解できましたか？」という問いに対して、「ア. とてもよく理解できた イ. まあまあ理解できた ウ. あまり理解できなかった エ. まったく理解できなかった」の4つの選択肢に答える4件法で調査したものである。そしてア、イ、ウ、エの選択肢に対してそれぞれ4点、3点、2点、1点の得点を与え、その相加平均を算出し比較するものである。

(3) 理解度の調査結果

アンケート調査によると理解度の平均値は、統制群3.58 (SD=0.738)、実験群3.56 (SD=0.671)であった。そしてその結果を基にt検定を行った結果、両群の間に有意差は認められなかった ($t(97) = -0.108, p = .914$)。

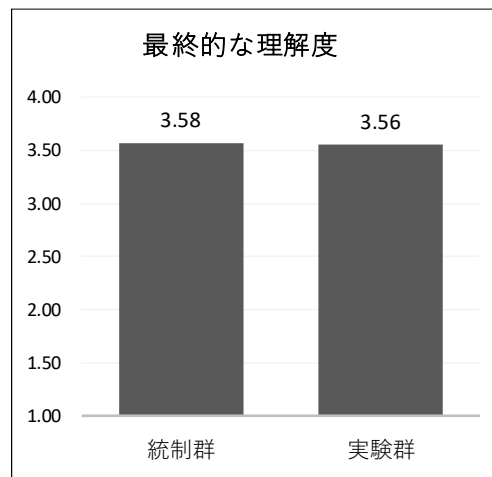
(4) 理解度の調査結果からの考察

この理解度の調査は、子どもたちに理解できたかどうかの実感を問うたものであり、この調査結果からは子どもたちの「わかった」という実感としての理解度には差はないということがわかった。すなわち発見的追跡法でも説明・受容型学習でも授業後には子どもたちはかなり高い割合でよくわかったと感じているということがいえる。したがって両授業

とも算数の授業として成立しており、今後、解法理解時の満足度や学習内容の保持率、転移率の調査についても正しく比較し検討することが可能であると考えられる。

【最終的な理解度の比較】

最終的な理解度	実験群の人数	統制群の人数
4	38(64.4%)	27(67.5%)
3	17(28.8%)	11(27.5%)
2	3(5.1%)	0(0.0%)
1	1(1.7%)	2(5.0%)
合計 (%)	59(100%)	40(100%)



第5節 事後アンケート調査から見る解法理解時の満足度（うれしさ）の比較

(1) 満足度の調査の目的

本調査は本章第1節(1)に掲げた「解法理解活動を発見的追跡法で行うことにより、説明・受容型学習による解法理解活動と比較して、解法を理解したときの満足度は高くなるであろう。」という仮説を検証することを目的として行う。第1章第5節(2)で述べたように、自己生成精緻化による学びは実験者呈示精緻化による学びと比較して学習内容を理解したときの満足度が高いと考えられる。したがって解法理解活動において自己生成精緻化が生起することが多い発見的追跡法による学習では、実験者呈示精緻化が中心である説明・受容型学習による学習と比較して解法理解時における満足度は高くなるはずである。本調査ではこのことを確かめる。

(2) 満足度の調査の方法

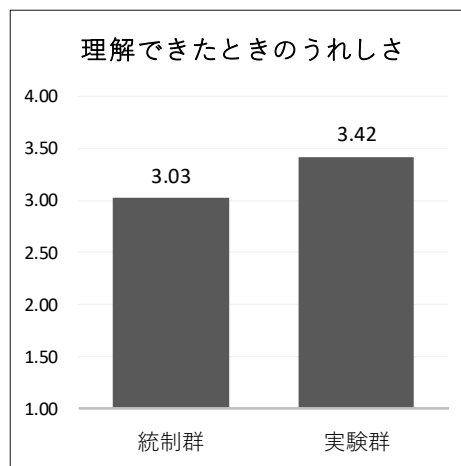
満足度の調査方法は授業直後のアンケート調査によるものである。アンケートの内容は「あなたは、【1の考え】が理解できたときどのような気持ちでしたか?」という問いに対し、「ア. とてもうれしかった イ. まあまあうれしかった ウ. あまりうれしさは感じなかった エ. うれしさは全く感じなかった」の4つの選択肢に答える4件法で調査したものである。そしてア, イ, ウ, エの選択肢に対してそれぞれ4点, 3点, 2点, 1点の得点を与え、その相加平均を算出し比較するものである。

(3) 満足度の調査結果

調査の結果理解したときのうれしさの程度の平均値は、統制群が 3.03 (SD=1.037)、実験群では 3.42 (SD=0.764) であった。そしてその結果を基に t 検定を行った結果、理解できたときにうれしいと感じた度合いは実験群の方が有意に高かった ($t(97) = 2.180, p = .032$)。

【理解できたときのうれしさの比較】

理解できたときのうれしさ	実験群の人数	統制群の人数
4	34(57.6%)	17(42.5%)
3	17(28.8%)	12(30.0%)
2	7(11.9%)	6(15.0%)
1	1(1.7%)	5(12.5%)
合計 (%)	59(100%)	40(100%)



(4) 満足度の調査結果からの考察

満足度の調査結果から発見的追跡法による解法の理解は、説明・受容型学習による解法の理解と比較して、子どもたちが理解できたときの満足度（うれしいと感じる度合い）が高いといえる。このことから発見的追跡法による解法理解は、説明・受容型学習による解法理解と比べて質の高い精緻化が生起していることがわかる。

第6節 事後テストから見る発見的追跡法の学習内容の保持・転移に関する考察

(1) 事後テストの目的

本調査は本章第1節(1)に掲げた「解法理解活動を発見的追跡法で行うことにより、説明・受容型学習による解法理解活動と比較して、学習内容の保持の効果、転移の効果が高くなるであろう。」という仮説を検証することを目的として行う。これまで見てきたように有効な精緻化が成されれば、学習内容の保持および転移の効果は高まる。したがって第1章第5節(3)で述べたように学習内容の保持および転移の効果を見ることによって有効な精緻化が成されたかどうかを見ることができる。したがって本調査は授業実践から2週間後に未解決者を対象とし、学習内容の保持・転移の状況を調査し、発見的追跡法による精緻化効果を検証する。

(2) 学習内容の保持についての調査の方法

学習内容の保持の状況を調査するための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。テストの内容は、解法1の解き方が身に付いているかどうかを調査するために、授業で使用した問題を、解法1を適用して解くことができるかどうかで調査

した。方法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（事後テスト問題1を参照）。この問題はクッキー、チョコレート、ガムのうち一つの値段がわかればあとの値段の求め方はいろいろに考えられる。したがってどのように解決したとしても最終的な答えが正解ならば正答として処理をした。

1. 「だがし屋さんで買い物します。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。」という問題に、ある子が次の(1)～(3)のような解き方をしました。それぞれの式の続きを完成させて、答えを求めましょう。

(1) $55-50=5$
 $45-5=40$

クッキー _____ 円, チョコレート _____ 円, ガム _____ 円

図5-7 事後テスト問題1

問題1の解答例

(1) $55-50=5$
 $45-5=40$
 $40 \div 2 = 20$
 $20+5=25$
 $55-25=30$

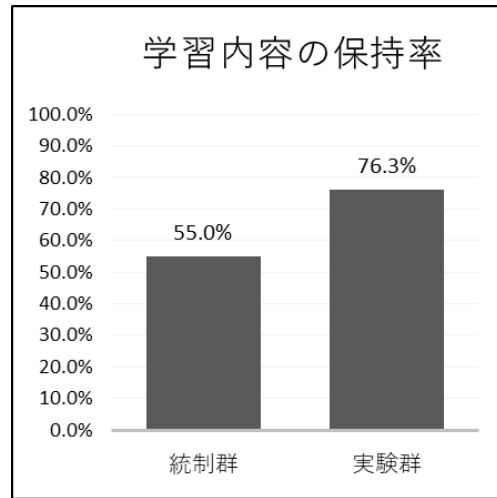
(1) $55-50=5$
 $45-5=40$
 $40 \div 2 = 20$
 $50-20=30$
 $55-30=25$

クッキー 30 円, チョコレート 25 円, ガム 20 円 クッキー 30 円, チョコレート 25 円, ガム 20 円

図5-8 事後テスト問題1の解答例

(3) 学習内容の保持についての調査結果

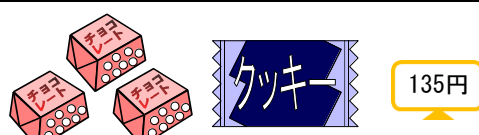
調査の結果、統制群の正答者は、未解決者40名中22名であり、正答率(保持率)は55.0%であった。また実験群の正答者は、未解決者59名中45名であり、正答率(保持率)は76.3%であった。この結果を基に χ^2 検定を行ったところ、発見的追跡法で授業を行った実験群の学習内容の保持率の方が説明・受容型学習を行った統制群の学習内容の保持率と比較して有意に高いことが明らかになった($\chi^2(1)=4.931, p=.026$)。この結果によって発見的追跡法は説明・受容型学習と比較して学習内容の保持の効果が高いということがわかった。




(4) 学習内容の転移についての調査の方法

転移については事後テスト問題2により、相殺方略がどの程度他の場面に応用できるかを、解法1の未解決者を対象として調査した。子どもたちの正解法のほとんどは $135-75=60$, $60 \div 2=30$, $75-30=45$ とするものであり、相殺方略を用いていた。またチョコレートの値段を求めた後、クッキーの値段を求める方法は複数あるので、求める方法が正しければ正答とした。

2. だがし屋さんで買い物をします。チョコレート3個とクッキー1個を買うと135円、チョコレート1個とクッキー1個を買うと75円です。チョコレート1個は何円ですか。また、クッキー1個は何円ですか。式と答えを書きましょう。





答え チョコレート _____ 円, クッキー _____ 円

図 5-9 事後テスト問題2

問題2の解答例

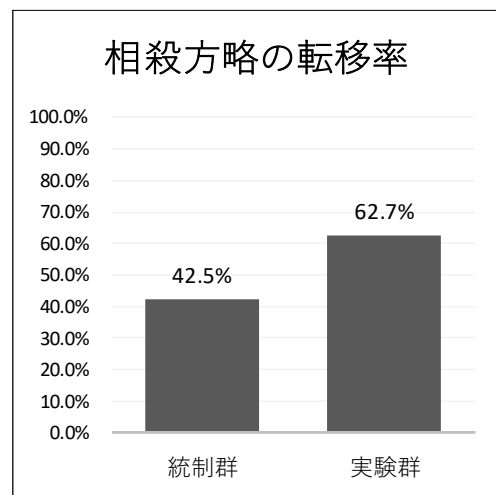
$$\begin{array}{l}
 135 - 75 = 60 \\
 60 \div 2 = 30 \\
 75 - 30 = 45
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{l}
 135 - 75 = 60 \\
 60 \div 2 = 30 \\
 30 \times 3 = 90 \\
 135 - 90 = 45
 \end{array}$$

答え チョコレート 30 円、クッキー 45 円 答え チョコレート 30 円、クッキー 45 円

図 5-10 事後テスト問題 2 の解答例

(5) 学習内容の転移についての調査結果

調査の結果、統制群の正答者は未解決者 40 名中 17 名であり正答率(転移率)は 42.5%であった。一方実験群の正答者は未解決者 59 名中 37 名であり、正答率(転移率)は 62.7%であった。この結果をもとにして χ^2 検定を行ったところ、発見的追跡法で授業を行った実験群の転移率の方が説明・受容型学習を行った統制群の転移率と比較して有意に高いことが明らかになった($\chi^2(1)=3.928, p=.048$)。この結果によって発見的追跡法は説明・受容型学習と比較して学習内容の転移の効果が高いということがわかった。



第 7 節 授業実践を通して見る発見的追跡法の有効性についての考察

(1) 精緻化を促す手だての様相と精緻化の姿の比較からの考察

第 3 節の授業分析の結果から、発見的追跡法による解法理解活動では説明・受容型学習による解法理解活動と比較して、精緻的質問を講じる回数に差がある、協同学習による外化活動の機会やその質に差がある、解法の続きを完成させる機会が与えられるということがわかり、精緻化の姿の表出の回数やその質に大きな違いがあるとうことがわかった。そしてこのことから、発見的追跡法による解法理解活動では説明・受容型学習による解法理解活動と比較して量的にも質的にも望ましい精緻化が生起しているといえることがわかった。この結果から本章第 1 節(1)で掲げた 1 つ目の仮説である、「解法理解活動を発見的追跡法で行うことにより、説明・受容型学習による解法理解活動と比較して、精緻化を促す手だてを講じる機会が多くなり、子どもたちの精緻化が生起した姿が多く表出するであろう。」は実証されたといえる。このことから発見的追跡法による解法理解活動は、説明・受容型学習と比較して、精緻化を促す効果があるということが示された。

(2) 授業後の理解度の比較からの考察

第4節の授業後の理解度の比較から見た結果では統制群の説明・受容型学習でも実験群の発見的追跡法の授業でも、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あるということがわかった。この結果から本授業実践は、解法理解活動を説明・受容型学習で行っても発見的追跡法で行っても子どもたちの理解の面からは授業として成立しているといえる。しかし、第3節(5)で見たように、説明・受容型学習と発見的追跡法とは、解法理解活動における子どもたちに対する精緻化を促す手だてを講じる回数に明らかな差がある。したがってこの2つの実践においては、たとえ子どもたちが同じように「わかった」と感じていても、その理解の質には違いがあることが考えられる。すなわち精緻化の有効性に差があると考えられる。

説明・受容型学習と発見的追跡法では情報の与え方が異なっており、説明・受容型学習では説明により子どもたちへ情報を与えるという形態が多く、また発見的追跡法では子どもたちは情報を自己生成するという形態で情報を得ることが多い。すなわち精緻化の型でいえば、説明・受容型学習では実験者呈示精緻化が多く、発見的追跡法では自己生成精緻化が多く生起していると考えられる。しかしこの調査からはいずれの形態の情報の与え方でも、子どもたちは「わかった」と実感している。これは2章でも指摘したとおり、子どもたちは理解した内容やその質には関係なく、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」という感情を抱くし、充実感や快感を感じることもあるということを裏付けた結果であるといえる。

したがってたとえ子どもたちがたとえ「わかった」と答えたとしても、常にその理解の質を考えなくてはならない。子どもたちの「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。子どもたちは理解できたと思っ込んでいるだけのことが多く、実際に理解できたよりも過大に理解度を判断してしまう傾向がある。すなわち十分に精緻化がなされていない「わかったつもり」でいるだけの子どもも多いといえる。したがって授業においては、子どもたちが自身の「わかったつもり」の状態を乗り越えることができるよう精緻化を促す手だてを講じる必要があるといえる。

(3) 解法理解時の満足度(うれしさ)の比較からの考察

次に授業後の解法1を理解できたときの満足度(うれしさ)についての調査結果を分析した。その結果、解法を理解したときのうれしさには有意差があり、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はうれしいと感じている割合が有意に高いことがわかった。この結果から本章第1節(1)で掲げた2つ目の仮説である、「解法理解活動を発見的追跡法で行うことにより、説明・受容型学習による解法理解活動と比較して、解法を理解したときの満足度は高くなるであろう。」は実証されたといえる。このことから発見的追跡法による解法理解は、説明・受容型学習による解法理解と比較して、学習内容を精緻化する効果があることが示された。

また先に行った理解度の調査では実験群と統制群との間に有意な差は見られなかった。ところが満足度の調査では、実験群の方が有意に高いという結果になった。この結果から発見的追跡法による解法理解と説明・受容型学習による解法理解とでは、理解の質が違うということが考えられる。説明・受容型学習での解法理解活動は説明により情報が与えられることが多い。したがって精緻化の型でいえば実験者呈示精緻化による理解となる。それに対して発見的追跡法の理解は、解法の部分提示を基にした情報の自己生成による理解になることが多い。すなわち精緻化の型でいえば自己生成精緻化による理解となる。この精緻化の型の違いが、解法理解時の満足度の違いとなって現れたと考えられる。さらに発見的追跡法では、部分的に提示された解法の続きを自力で完成できるチャンスが与えられる。この自力解決に近い解決者の解決の再体験という活動が、解法を理解できたときのうれしさに反映されていることも考えられる。これらのことを総合し情動的精緻化の視点から考察すると、発見的追跡法による理解の方が説明・受容型学習による理解と比べて快と感ずる情動情報が喚起しやすいといえる。したがって発見的追跡法による理解では、情動的精緻化が生起するという見方が可能となり、それによる精緻化効果も相俟って記憶成績が向上することも考えられる。

(4) 学習内容の保持・転移の効果の比較からの考察

事後テストの結果からは統制群の説明・受容型学習を行った群と比較して、実験群の発見的追跡法で授業を行った群の方が、学習内容の保持率、転移率とも有意に高いことがわかった。説明・受容型学習と発見的追跡法とでは、解法理解活動における子どもたちに対する精緻化を促す手だてを講じる回数に明らかな差があり、発見的追跡法による手だてを講じる回数の方が多かった。また本授業では精緻化以外の記憶方略は用いられていない。したがってこの保持率、転移率の差は発見的追跡法による精緻化を促す効果によるものと考えられる。この結果から本章第1節(1)で掲げた3つ目の仮説である、「解法理解活動を発見的追跡法で行うことにより、説明・受容型学習による解法理解活動と比較して、学習内容の保持の効果、転移の効果が高くなるであろう。」は実証されたといえる。このことから発見的追跡法による解法理解活動は、説明・受容型学習と比較して、精緻化を促す効果があることが示された。

そしてこのことはまた、発見的追跡法による解法理解活動と説明・受容型学習による解法理解活動の違いである、精緻的質問による自己生成精緻化の効果、協同学習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という精緻化を促進する手だての効果によるものであると考えることができる。

第8節 第5章のまとめ

本章は、「研究課題(4)に基づく指導法の効果を、授業実践を通して検証する。」という研究課題に対し、子どもたちの姿を分析し精緻化の姿が見られたかどうかを判断する質的研

究と統計調査による量的研究によってその効果についての検証を行った。本章における検証は、第4章までに構築した精緻化を促進することが期待される指導法である発見的追跡法が、実際の授業において精緻化を促進させる効果があるかどうかを見ることによってそれを構築してきた理論の妥当性を見ることが目的であった。そのために検証は発見的追跡法による解法理解活動と説明・受容型学習による解法理解活動の様相を比較することを通して行った。

行った調査は授業内容の分析による教師によって講じられた精緻化を促進させる手だての様相とそれに対して見られた子どもたちの精緻化の姿の表出の様相の調査、授業直後のアンケート調査による解法の理解度と満足度の調査、そして授業から2週間後に行った事後テストによる学習内容の保持率と転移率の調査である。そして精緻化の姿の表出の様相を質的に分析し考察するとともに、アンケートおよび事後調査の結果を統計的手法によって分析し考察した。

説明・受容型学習による統制群の授業と発見的追跡法による実験群の授業の様相を比較した結果、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だてが多く講じられ、それによって精緻化の姿も多く表出していることがわかった。そして生起している精緻化の質についても、実験群は自己生成精緻化、統制群は実験者呈示精緻化というように実験群の方が望ましい精緻化が生起していることがわかった。すなわち実験群では統制群と比較して量的にも質的にも望ましい精緻化が生起しているといえ、これは発見的追跡法の効果であると考えることができる。

授業直後のアンケート調査では、子どもたちの理解度については発見的追跡法で授業を行った実験群と説明・受容型学習で授業を行った統制群の間には理解度の有意差は見られなかった。しかし子どもたちの満足度(理解できたときのうれしさ)の調査では、発見的追跡法で授業をした実験群の方が、説明・受容型学習で授業をした統制群に比べて有意に高かった。これにより発見的追跡法による理解の方が説明・受容型学習による理解に比べて理解したときの満足度が高いということがわかった。このことから同じようにわかるという感情を抱いて理解しても、満足度に差があるということから発見的追跡法と説明・受容型学習では理解の質に差があるということが示唆された。

次に2週間後に行った事後テストによる調査では、発見的追跡法による授業の方が、説明・受容型による授業と比べて、学習内容の保持率、転移率ともに有意に高いという結果が得られた。これらのことにより発見的追跡法による学習は説明・受容型学習による学習と比較して、精緻化効果が高いということが示された。

説明・受容型学習と比較して発見的追跡法の方が、精緻化効果が高い理由として考えられるのが、発見的追跡法のもつ部分提示の効果である。発見的追跡法と説明・受容型学習を比較すると、部分提示を取り入れる発見的追跡法では、説明・受容型学習と比べて、精緻化を促す手だてである、精緻的質問、協同学習、協同学習を通しての外化活動が明らかに多く生起している。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が、説明・受容型学習に比べて多い。また発見的追跡法では、部分提示された解法の続きを完成することができる。これらのことから発見的追跡法は、算数・数学の問題解決型授業における精緻化を促す指導法として有効であるということが示された。

以上のことから本章における実践を通じて発見的追跡法は、算数・数学の問題解決型授業における精緻化を促進する指導法として、精緻化を促す効果があるということを実証することができ、第4章までで構築してきた指導法の理論の妥当性を検証することができた。

第5章の引用・参考文献

- ・ブランスフォード.J.・ブラウン.A.・クッキング.R. 著, 森 敏昭・秋田喜代美 監訳, 2002, 『授業を変える』, 北大路書房
- ・藤村宣之・橘 春菜・名古屋大学教育学部附属中・高等学校, 2018, 『協同的探究学習で育む「わかる学力」』, ミネルヴァ書房
- ・北尾倫彦・速水敏彦, 1986, 『わかる授業の心理学』, 有斐閣
- ・クルチェツキー著, 駒林邦男 訳 1969, 『数学的能力の構造 下』, 明治図書
- ・オースベル, D. P.・ロビンソン, F. G. 著, 吉田章宏・松田彌生訳, 1984, 『教室学習の心理学』, 黎明書房
- ・清水静海他, 2017, 『わくわく算数』1~6年, 啓林館

終章 本研究の成果と今後の課題

第1節 本研究の成果

本研究では研究の成果として以下の2点をあげることができる。

(1) 算数・数学の学習内容の理解への精緻化の概念の適用

本研究の成果の一つ目は、算数・数学の学習内容の理解について精緻化の視点から考察し、子どもたちの算数・数学の解法理解に精緻化の概念を適用できたということである。

本研究では算数・数学の問題解決型授業における解法理解の過程に北尾(1984)、豊田(1995)らの、学習における精緻化の概念を適用することにより、算数・数学の学習における解法の理解に精緻化がどのように関わっているのかを考察することができた。算数・数学の授業において出される解法は、数式などの記号で表現されるため、それが理解できるためには、表現された数式などを既習の数学的知識や具体的なイメージなどと結びつけることによって解釈し、何を表現しているかということとともに、その数式に込められた解決者の着想やどのように解決しようとしているかという解決の意図などの背景までも読み取ることができなければならない。このプロセスが算数・数学の解法理解における精緻化である。

解法理解活動に精緻化の視点を取り入れることによって、問題解決型授業が抱える解法理解の問題点について精緻化の視点から捉えることが可能になった。問題解決型授業の解法理解活動では、解法の全体提示を主とした説明・受容型学習が広く行われている。ここで問題点としてあげられている、「不十分な理解」や「わかったつもり」などの原因が、十分な精緻化ができていないためであるという見方ができるようになった。すなわち解法の全体を提示してその解説を行うという説明・受容型学習では、解説に伴って提供される情報の量や質に問題があり、十分な精緻化が困難であると結論づけることができた。そしてその改善策が求められた。

算数・数学の学習を精緻化の視点から捉えることによって、算数・数学の学習内容の理解を、子どもたちがそれまでに積み上げてきた学習や生活経験を通して作り上げてきた数理事象に関する既有知識と学習すべき新しい知識との関係で捉えることが可能となり、実際の授業場面で行われている教師の説明や話し合い活動を通して、子どもたちが学習内容を理解していく過程について、なぜ理解できるのか、あるいは理解できないのか、また理解の質はどうかという点について考察することが可能となった。そしてこのことから、有効な精緻化が行われるためには既有知識が重要であることがわかり、精緻化を促進するために、教師がどのような働きかけをすればよいかという手だての考案の方向性を見いだすことができた。

これまで算数・数学の学習内容の理解について精緻化の視点から語られることはなかった。それが精緻化の視点から解法理解を捉えることによって、問題解決型授業が抱える解法理解の問題点、精緻化を促進する手だての考案の方向性を見いだすことができるようになったことは本研究における成果であるといえる。

(2) 自己生成精緻化を促し、子どもたち一人一人の学びの成立を保障する指導法としての発見的追跡法の提案

本研究の成果の二つ目は、問題解決型授業の問題点に対する改善策として、問題解決型授業の解法理解に関わって、解法の部分提示を主とし、精緻的質問、協同学習、外化活動により自己生成精緻化を促すとともに、解法の続きを完成させることによって、子どもたち一人一人に自力解決を保障する指導法として発見的追跡法を提案し、説明・受容型学習と比較することによってその有効性を実証できたことである。

本研究で取り上げてきた問題解決型授業の問題点は、解法の全体提示を主とした説明・受容型の学習の学習形態の問題点に集約される。解法理解活動のはじめに解法の全体が提示されてしまうと、一つ一つの式の意味などを精緻に考察することが難しいことや、情報の多くが外から与えられるだけのものになり自己生成精緻化が難しいなど、主体的に解法理解活動に取り組むことが難しく、情報の受け手である子どもたちが、その情報を能動的に、ときには批判的に処理することが必要だとされる精緻化が十分に行われなくなってしまう。このことにより、とくに未解決者の解法理解が困難となってしまうのであった。

その改善策として、解法の部分提示を核とした精緻化を促す指導法について検討した。その結果解法の部分提示は、全体提示と比べて精緻的質問がしやすくその頻度も多いことがわかった。したがってその効果として自己生成精緻化を促しやすいこともわかった。また部分提示は精緻的質問とともに、協同学習を促すことにもつながり各自が考えたことを友だちに説明したりする外化活動が生起し、それによる精緻化の効果も期待された。そして部分提示された解法の続きを自力で解決することも可能となり、自力での解決が困難な子どもでも解法の続きを自力で解決するチャンスが生まれ、子どもたち一人一人の問題解決が保障されることになった。そしてこの解法の部分提示を核とし、解法の続きを完成させることによって一人一人の問題解決を保障する指導法を発見的追跡法と名付けその有効性を検証した。

有効性の検証は発見的追跡法と説明・受容型学習との比較により行った。まず両授業の内容を質的に分析した結果、発見的追跡法の方が精緻化を促進させる手だてを講じる回数が多く、質についても望ましい精緻化が生起していることがわかった。そして次に理解度について比較した。その結果、授業の終了時点における子どもたちの「わかった」という実感としての理解度では有意差は見られなかった。次に理解したときのうれしさ(満足度)の調査では、発見的追跡法の方が説明・受容型学習と比較して有意に高かった。そして学習内容の保持と転移に関する効果についての検証を行った。その結果、学習内容の保持と転移については発見的追跡法の方が説明・受容型学習と比較して有意に高かった。このことにより発見的追跡法の有効性が実証され、本研究で提案した指導法の理論の妥当性が検証された。

このような解法の部分提示の効果については、これまで教師たちの経験上、「このような場合はこう教えると分かりやすい」というような、対症療法的な指導としての事例報告は

あったものの、それを精緻化の視点から考察し、指導法として確立した研究はなかった。その意味で本研究において発見的追跡法を提案し、授業実践を通してその有効性を実証できたことは本研究の成果であるといえる。

第2節 今後の課題

前節で述べたとおり、本研究では問題解決型授業の解法理解を、精緻化の視点から考察することにより、指摘されている説明・受容型学習での未解決者の理解が保障されないという問題点の改善策として、部分提示を主とし自己生成精緻化により解法理解を促す指導法として発見的追跡法を提案し、その有効性を検証した。その結果、限られた実践を通してではあるが、発見的追跡法は説明・受容型学習と比べ、自己生成精緻化を促し、解法の理解と保持、転移に効果的にはたらくことがわかった。また解法理解時の満足度も高いこともわかった。しかし本研究における授業実践を通じての検証は、特別に設定した問題による限られた実践および検証であった。したがって今後の課題としては、「発見的追跡法の日常の幅広い授業場面への応用」が考えられる。その足がかりとして、第4章では発見的追跡法による教科書教材の展開例を示した。

発見的追跡法は、決して特別に設定した問題にのみ有効なわけではなく、通常の問題を用いた授業での活用も十分に可能であり、また有効であることが考えられる。例えば第2章第3節(3)で取り上げた、 $42 \div 3$ の問題に対する解法例のように、日常の授業でもごく一部の子どもしか考えつかない、数学的価値の高い解法が出てくることがある。このような解法はクラス全員にぜひ理解してほしいのだが、解法の全体を提示しその解説を行うだけでは容易には理解されない。このような場面で発見的追跡法によって、精緻な指導を行えば子どもたち一人一人が解法を理解できるチャンスは広がり有効な指導法となり得ることが期待される。今後このように、幅広い授業場面での発見的追跡法の活用の可能性を追究していく。

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るかできないかは、個人のもつ既知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、部分提示と精緻的質問後に行う協同学習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改良し、研究を深めていきたい。

終章の引用・参考文献

- ・北尾倫彦, 1984, 『意欲と理解力を育てる』, 金子書房
- ・豊田弘司, 1995, 『記憶を促す精緻化に関する研究』, 風間書房