

算数文章題の解法発表を聞く能力

—他者発言の再生・評価と理解変化の関係—

河 崎 美 保

問 題

算数科の目標と授業スタイル

学習指導要領は算数科の目標の一つに、「数理的な処理のよさに気付く」ことを掲げている（文部科学省，1999）。数理的な処理のよさとは，数量や図形の表現，問題解決の方法等が持つ，有用性，簡潔性，一般性，正確性，能率性，発展性，美しさを意味する。そしてこれらは，知識として覚えさせるのではなく，対象への児童の主体的なかかわりを通じて，自ら気付くようにすることが重要だとされる。数理的な処理のよさに気付くことは，高学年で一層重視される。それは，基礎的な概念や原理の理解を深めるとともに，いろいろな観点からのまとめをすることを通して促されるとされる（文部科学省，1999）。

このような目標を達成するために，どのような授業が実践されているだろうか。現在，多くの授業書や教室での実践にみられる算数授業は，問題の提示，自力解決，自力解決の相互発表・相互検討，まとめの順に展開する授業である。児童が問題に取り組み，多様な解法を発表し，教師は児童が工夫した解決法に関する話し合いを導き，理解すべき概念のまとめを行なうという基本的流れは，国際的な比較からも日本の授業の特色として認められている（Stigler & Hiebert, 1999）。米国の教師は，個人差を効果的な学習指導の障害であると一般的に考えているのに対し，日本の教師は個人差を，話し合いのための材料となる幅広い解法を生み出す有益なものとしているという。このような教師の信念の違いにも表れているように，多様な解法を発表することは，日本の算数授業の特徴をなしている。本研究はこの学習方法の有効性を，児童が他者の解法を聞いてどの程度理解できるかという点から検討する。

多様性重視の授業の問題点

児童が考え出す多様な解法を重視する授業が，算数科の目標とされるような数学的認識を保証するかには，慎重な見方がある。菊池（2006）は，「多様な考え」を強調する問題解決型授業の事例を分析した結果，異なる考えの評価を，児童らによる「わかりやすさ」などを理由にした多数決に任せ，数学的価値や相互関連が十分指導されないことや，学習の達成度の点検，特に自分で解決できなかった児童への対応策が不明である点を批判している。同様に古藤ら（1998）は，教師から課題の提示と「いろいろな方法で考えてみましょう」との要請を受け，子どもたちが既習の知識技能を駆使して多様な解法を発表するが，まとめの段階になると，発表された大半の考えが無視され，結局は標準的な結論や考え方を確認して終わる授業の存在を指摘している。このような状況は，多様な考えを重視した授業が，理念通りに機能することの難しさを表している。

多様性重視の授業の組み立て方

児童による多様な解法の発表を実りあるものにするには、各授業で児童の考えを取り上げることによって、どのような算数学習上の価値ある理解を目指すのかというねらいを明確にすると共に、その効果を評価することが必要だと考えられる。前者に関して、古藤ら（1992）は、児童の発表する多様な考えを「独立型」、「序列型」、「統合型」、「構造型」の4つのタイプに類型化し、指導のねらいに応じていずれかを選択することや、4つのステップ（妥当性の検討、関連性の検討、有効性の検討、自己選択の段階）で異なる考えをまとめ上げることを提案し、それらを例示する実践を蓄積している（古藤ら、1998；池野2000）。

これらの理論的研究と実践は、題材に応じて多様な考えの生かし方を選択することを提案している点で現実的である。また授業の構造や教師の指導のポイントが明確になる。確かに、これに伴い、児童にとっても内容が理解しやすくなることが期待できる。しかし残念ながら、菊池（2006）の指摘するような、自力解決時に遅れを生じた児童や、発言を聞いているだけの児童の学習が保証されていることを示す、明示的な評価は行われていない。自力解決できた児童らの発表や話し合いを聞いている児童は、内容を理解し、解法を納得して習得することができるかという疑問に答えるには、そもそも、他者の発言を聞いて理解する能力を児童がどれほど持ち得るかといった側面からの検討が必要だと考えられる。

授業中の他者発言を聞く能力

児童が授業中に他者の発言を聞いて理解する能力については、授業観察による記述研究、カリキュラム研究、測定法の開発研究が見受けられる。

まず、授業観察から児童期における次のような聞く力の習得が記述されている。中田（1993）は縦断的な授業観察の中で、児童らは高学年になるに従い、一斉授業における一对多の対話、すなわち、発言者が一度に一人に限られ、その一人の発言にクラスのすべての子どもが耳を傾けることができるようになっていく様子を見出した。たとえば入学直後の児童は、教師と対話するとき、それ以前になされた他の子どもと教師の対話を考慮できず、同じ発言を躊躇なく繰り返す。これに対し、高学年の児童は、自分と同じ考えを他の児童が発表し、問題が解決すると、自ら発言しなくても満足することができる。中田（1993）は他者間の対話に聞き手として参与することを「間接的対話」と呼び、これが可能になるのは、個々の発言が、ある課題の解決方法といった同じ一つの事柄への、一般的な関与の仕方（正否・妥当性の判断、受諾、拒否）を順次述べていることを理解するからだとした。

児童期において聞く力はどの程度育成すべきとされているか。初等教育で児童が身につけることが期待される聞く力を、平成14年度から国語科の学習指導要領に新たに設けられた、「話すこと・聞くこと」という領域に見ることができる。低・中・高学年別に掲げられた目標から、聞くことに関わる記述を抽出すると、低学年は「大事な事を落とさないようにしながら、興味をもって聞く」、中学年は「話の中心に気を付けて聞き、自分の感想をまとめる」、高学年は「話し手の意図を考えながら話の内容を聞く」とある（文部科学省、1998）。村松（2001）は「話すこと・聞くこと」の教育を対話能力の育成ととらえ、学年を追って、情意、技能（聞く、応じる、話す、はこぶ）、認知の要素ごとに育成されるべき能力の指針とその方法を述べている。そこで挙げられている能力の内、技能的要素の中の聞く技能をTable 1に示した。学年が上がるにつれ、話を

Table 1 各学年の対話能力を構成する聞く技能(松村, 2001)

低学年	①話を最後まで聞き、正しく聞きとる ②要点をとらえて聞く。 ③正しい姿勢で聞く。 ④話に反応を示しながら聞く。
中学年	①相手が話しやすいよう、共感的な表情で聞く。 ②相手の言いたいことを全体的に理解するつもりで聞く。 ③自分の体験に引き寄せ、自分の考えと比べて聞く。 ④話の流れを考えて聞く。 ⑤話を引き出す。
高学年	①話の内容を分類して聞く。 ②内容や根拠、「結論を生み出す過程」を吟味して聞く。 ③話をまとめ返しながら、相手の意図を理解しようとして聞く。 ④事実と意見を区別して聞く。 ⑤相手がどのような前提に立って話しているかに注意して聞く。 ⑥聞きながら自分の意見がまとめられるようにする。 ⑦話の先をある程度予測して聞ける。

正確に理解するだけでなく、批判的に、特に因果関係を吟味して聞くことが重視されていく。異なる考えとの交流により、視野を広げ、物の見方が深まるという知的な高揚感を体験するためには、国語以外の教科も含め、単元の一過程に組み込んで指導することが大切であることから(松村, 2001)、算数授業時の児童の活動の指針としても参考になるだろう。

心理学的なアプローチで聞く力を定義、測定しようとする研究もある。丸野(2005)は、授業の中で、教師や他者の発言を繋ぎ合わせたり、全体の流れを読み取ったりするための、聞き取る力の重要性を述べている。他者の話を正確に理解する、自分の経験、知識、考えと比べる、自分に対して問いを立てる、といった姿勢を状況に応じて使うことが重要だとしている。丸野(2005)はこうした姿勢を調べる「聴く力尺度」(Table 2)を作成し、この尺度で聞き取る力の自己評価をさせると、自己評価の高い児童は、道徳の話し合い授業において、諸視点がどの順番に登場したかの再生や、重要発言の再認およびそのソースの再生がよくできたと報告している。算数の授業でも話し合いの最後にわかったことを尋ねられたとき、クラスで到達した結論を応えられない児童が存在するが(Strom, Kemeny, Lehrer, & Forman, 2001)、このような児童の聞き方に対して示唆を与える知見である。

Table 2 丸野(2005)の聴く力尺度の構成

構成	項目例
1. 話し手に話しやすくさせる態度	どんな内容でも、話し手の話を最初から疑ったりしないで、すなおにきく
2. 話し手の話を客観的に理解する力	話の組み立てを考えながらきく
3. 話し手の話を自分と結びつける力	話し手の話をききながら、自分のもっていた考えをまとめる
4. 話し手の話を広げる力	話し手が直せば言っていないけれども、きき手に伝えたいと思っていることが、はっきりしているかに気をつけながらきく
5. 言外の情報に注意する力	話し手がなぜその話をしたのかを考えながらきく
6. 理解状態をモニタリングする力	話し手の話を自分がわかっていないのは、自分のきき方が悪いのか、話し手の話し方が悪いのか、考えながらきく
7. 話し合い全体を客観的に理解する力	今までの話し合い全体の流れをふりかえりながらきく
8. 話し手の話と他の人の話を結びつける力	話し手が今話している話と、前に他の人が話した話とをくらべて違いがあるか、気をつけながらきく

以上のように、児童が授業中に他者の発言を聞いて理解する能力は、多岐にわたる下位の能力に分けてとらえられる。しかし、基本的には、相手の発言の内容を把握することと、それに対して自分なりの意見を持つことに大別されることは論者に共通するといえよう。またこうした能力は、すべての児童にとって実行できることが望ましいと考えられている。

他者発言利用の固有性

現実の授業場面で児童が他者の発言を聞く行為を評価するには、前節のように一般的に記述される能力が、学習すべき内容と、児童側が持っている固有の知識・理解の内容との関連で、いかに実現されているかを読み取るが必要になる。つまり、丸野（2005）の尺度で測られるような聞くこと全般に関する個人の傾向性だけでなく、学習内容をめぐって発表者と聞き手本人の立場がどのような関係にあるかもまた、授業中に公的に発言される他者の考えが個人の学習に与える影響の仕方を左右すると考えられる。Hatano & Inagaki (1991) は、小学5年の理科の仮説実験授業を行い、討論時の言動と討論後の感想の関係を調べた。その結果、発言を聞く児童が少数派である場合には、異なる意見に耳を傾けたり、自分の意見と比較して無言の内に賛否を加えつつ、自分の主張に取り入れたりするような聞き方を促した可能性が示唆された。同様に白水（2004）は、小学6年の算数授業で、自力解決の時点で生じた異なる解法への気づきが、その後の話し合いにおいて出された他者の考えとの間に抽象的な関連性を見出す前提となった事例を報告している。

これらの研究は、児童の元々持っている考え、他者の発言を聞いたときの反応、最終的に到達する考えに関して、個人内での変遷を一貫して追うことの重要性（白水，2006）を示している。以上をふまえ、本研究は、算数の解法を説明する他者の発言を、児童らがどの程度理解するかを、自身の事前の解法と、発言の理解やその評価の関係、さらにそれらと事後の解法の関係という観点から調べる。これにより、具体的な学習場面における、児童の聞き取る力、およびそれと学習の結果との関係を明らかにできる。ここで明らかになることは、多様な考えを取り上げて理解を深めようとする学習方法の有効性を評価する上で欠かせない基礎的資料だと考えられる。

目 的

本研究は、多様な考えを取り上げて理解を深めようとする学習方法の有効性を評価するための基礎的資料を提供するために、算数の解法を説明する他者の発言を聞いたときに、高学年の児童らが何を理解し、学び得るかを明らかにすることを目的とする。そのために、児童に問題を解かせた後、他の児童が解法を発表する様子を撮影したビデオを、非規範的解法の発表、規範的解法の発表の順に提示するという実験的な手法を用いて、規範的解法に対する事前、事後の理解度と、発言内容の把握（発言の再生）やそれに対する自分なりの意見（評価）の関係を調べる。これにより、児童の様々な考えを重視する授業で期待されるように、最終的に習得すべき規範的解法の、数理的な処理のよさを学習するためのリソースとして、児童の既有知識に依拠する非規範的な解法の発表が、正確に理解され、因果関係に注意して批判的に聞かれ得るのかを模擬的に検討する。

方 法

対象・時期 京都市内の公立小学校5年生9クラス（284名）に対して2006年2～3月に実施し

た。

材料 小学6年算数「単位量あたりの大きさ」の混み具合比較課題を、藤村・太田(2002)を参考に作成した。授業で解くべき課題は2つの公園の花壇の混み具合を比較する文章題であった。具体的には、「あさひ公園の花だんは、面積が5㎡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㎡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」と問うものであった。①式、②答(「ア. あさひ公園」、「イ. みどり公園」、「ウ. どちらも同じ」から1つ選択)、③理由(教示は「なぜ上のような式と答になるのですか。ことばや図で、できるだけ詳しく説明しましょう」)の記述を求めた。この課題に対する規範的解法は、1㎡あたりの花の数等を比較する「1㎡あたり解法」である。しかしこの同じ解法でも運用を支える理解には複数の水準が考えられる。すなわち、上記の解法を単に手続き的に運用し、商の大小を比較して大きい方を混んでいると機械的に判別するレベルから、1㎡あたりの値を出すのは「ある数量が単位の量に分布する割合(単位量あたりの大きさ)」を求めるためだと概念的に理解するレベルまで考えられる。本研究では、解答に1㎡あたりの花の数を求める式を書き、正答を選んでいるだけの場合、前者の理解レベルとみなし(「1㎡式」と表記)、式の結果が1㎡あたりの花の数であることも記述している場合、後者の理解レベルとみなす(「1㎡意味」と表記)。また児童が使う非規範的な解法に、「差の解法」がある(河崎, 2005)。これは、たとえばa㎡A本とb㎡B本の2つの花壇($a < b$, $A < B$ とする)を比較して、面積の差($b - a$)の割に、花の差($B - A$)が大きすぎるときに、b㎡の花壇の方が混む、と判断する解法である。単元未習児には頻繁に利用されることが知られている(藤村, 1997; 日野, 1998; 河崎, 2005)。

また、対象児と同年代の児童による混み具合比較課題(「5㎡に25本」vs「7㎡に28本」)の解法発表風景を撮影したVTRを2名分を事前に作成した。1人は「差の解法」、もう1人は「1㎡あたり解法」を説明した(長さは順に、1分13秒、1分11秒)。内容をTable 3, Table 4に示す。撮影は、大学内の教室にて行なった。2つのVTRの板書の構図や児童の立ち位置は同一であった。

対象児がVTRを見た後に実施する「聞き取り質問紙」を作成した。質問①「発表した子は、答を出した理由を、どう説明したかな?印象に残っている説明を書いて、出した答に1つ○をつけよう」、質問②「あなたは発表したとき方を、どう思ったかな?感想をひとこと書こう」と自由記述を求める質問2つの他、11の選択式質問からなった。本研究では、自由記述を分析の対象とする。

Table 3 差の解法の発表VTRの内容

答えは、(丸をつける)アです。
なぜかと言うと、えっと、まず、7ー、面積の、え、あさひ公園と、とー、みどり公園の、えっとー、面積を引き算します。
でー、7ー5、7ー5をして、2㎡を出します。
次に、みどり公、あさひ公園とみどり公園の、えっと、花の、花をひき算、花の数を引き算して、28ー25で、3を出します。
それ、それで、えーっと、2㎡、も、えっと、みどり公園の面積は広いのに、えー、3本しか、えーと、変わらないから、あさひ公園の方が混んでいると思いました。

Table 4 1㎡あたり解法の発表VTRの内容

私は答えは、あさひ公園の花壇の、アだと思いました。(丸をつける)
なぜかと言うと、1㎡あたり、に、何本花が咲いているか、調べるために、まず、あさひ公園の花壇を、25÷5をしたら、5になるので、えっと、1㎡あたり、5本、になるので、1㎡あたりに、花が、5本咲いていることになりました。
同じように、みどり公園の、花壇も、28÷7をしたら、4になるので、1㎡あたり、に、花が4本咲いていることになります。
あさひ公園の、方が、1㎡、あたりに、たくさん咲いていることになるので、えっと、あさひ公園の方が、混んでいると思いました。

手続き 友達の発表の聞き方についての授業として実験者がクラスごとに実施した。プレテスト（2問）、差の解法のVTR呈示と聞き取り質問紙、1㎡あたりのVTR呈示と聞き取り質問紙、ポストテスト（2問）の順に行った。VTR呈示前に聞き取り質問紙を配り、「他の学校のお友達は最初の問題をどう解いたのか、ビデオで発表を見てみましょう。その後質問に答えてもらいます」と教示した。VTR呈示には、教室に備え付けのテレビを使用した。プレテスト、ポストテストの第1問とVTRで説明される問題はすべて共通で、あさひ公園5㎡25本とみどり公園7㎡28本の比較だった。

結 果

1. 移行タイプ

プレテスト、ポストテストの第1問で使われた解法に基づき、各児童の解法の移行をタイプ分けした。Table 5にその結果を示す。

プレテストで1㎡あたり解法を使った141名は、92.2%（130名）がポストテストでも同じ解法を使った。1本あたりの面積を求める解法（「1本あたり」と表記）を使った9名のうち8名は、ポストテストで1㎡あたり解法（4名）、1本あたり解法（4名）を使った。また差の解法を使った12名のうち10名は、ポストテストで正しい解法を使い、正しい答えを選択した。

プレテストで、差の解法以外の正しくない解法（「他誤解法」と表記）を使った児童122名の内訳は、1㎡あたり解法の誤答選択18名、1本あたり解法の誤答選択12名、割合誤適用12名、かけ算16名、わり算未完6名、倍数関係誤適用3名、面積比較2名、たし算2名、特定不能16名、空欄35名であった。この122名のうち、92名はポストテストで正しい解法を使い、正しい答えを選択した。しかし、残る30名は差の解法やそれ以外の誤解法（答えの正誤含む）を使った。プレテストの答えの正誤によって、移行タイプに大きな違いは見られなかった。

Table 5 解法変化

ブレ	ポスト					計
	1㎡意味	1㎡式	1本あたり	差の解法	他誤解法	
1㎡意味	36	5	0	0	2	43
1㎡式	29	60	0	5	4	98
1本あたり	4	0	4	0	1	9
差の解法（正答）	3	2	0	0	0	5
（誤答）	2	3	0	2	0	7
他誤解法（正答）	10	13	0	2	7	32
（誤答）	31	37	1	7	14	90

2. 聞きとり

差の解法のビデオに対する聞き取り質問紙の質問①、②への自由記述を対象に、(1)内容を再生できているかと、(2)どのような評価をしているかの2点について、分析した。

2. 1 再生

自由記述の中に含まれる差の解法の説明を、4つのカテゴリでコーディングした。カテゴリは、Table 6に示した通り、演算結果の意味づけにまで言及した「a. 差の比較の再生」、実際の演算は含むが意味づけは含まない「b. 式の再生」、ひき算をしたことにしか言及しない「c. 演算の種類再生」、「再生なし」であった。コーディング結果をFigure 1に示した。

Table 6 差の解法の再生のコーディング基準

コード	定義	例
a	面積の差に対して花の数の差が小さいことへの言及を記述	面積が2㎡もあるのにそこに3本だけの差なので
b	面積同士、花の数同士を引いたことを記述	まずは面積をひいてこたえを出して次は、花の何本かをひきます。
c	ひき算を使用したことを記述	ひきざんでといてた。
再生なし 差の解法の内容に関わる記述なし		

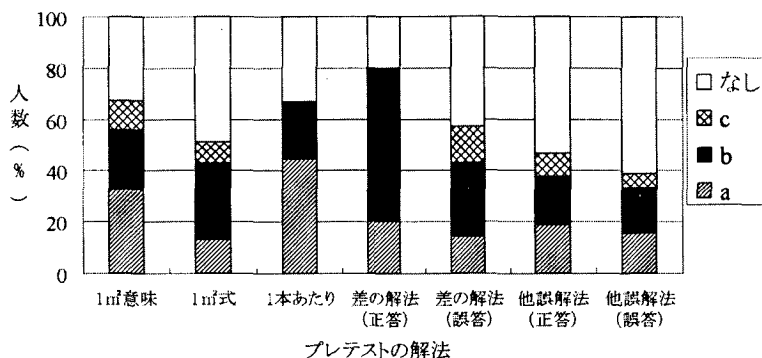


Figure 1 プレテストにおける解法別の再生結果 (N=284)

再生のレベルを「a」、「bまたはc」、「なし」に統合し、プレテストの差の解法群、他誤解法群をそれぞれ答えの正誤に関わらず統合したうえで、 χ^2 検定を行なった ($\chi^2(8)=20.10$, $p<.01$)。その結果、プレテストが「1㎡意味」の児童の再生は、「a」が有意に多く (32.6%)、「なし」が有意に少なかった (32.6%)。プレテストが「1㎡式」の児童の再生は、「a」が少ない傾向にあった (13.3%)。プレテストが「1本あたり」の児童の再生は、「a」が有意に多かった (44.4%)。またプレテストが「他誤解法」の児童の再生は、「bまたはc」が有意に少なく (24.6%)、「なし」が有意に多かった (59.0%)。以上から、プレテストで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。

2. 2 評価

自由記述の中に含まれる差の解法の発表への評価を、否定的、肯定的、異同、話し方、評価なしの5カテゴリを設け、コーディングした (Table 7参照)。結果をFigure 2に示した。

内容に関わらないコメントである、「話し方」と「なし」を統合し、プレテストの差の解法群、他誤解法群をそれぞれ答えの正誤に関わらず統合したうえで、 χ^2 検定を行なった ($\chi^2(12)=31.43$, $p<.01$)。その結果、プレテストが「1㎡意味」の児童は否定的なコメントが有意に多く (65.1%)、内容外のコメントが有意に少なかった (2.3%)。プレテストが「1㎡式」の児童は、否定的なコメントが有意に少ない一方 (27.6%)、肯定的なコメントが有意に多く (39.8%)、また内容外のコメントが多い傾向にあった (17.3%)。プレテストが「差の解法」の児童は、異同に関するコメントが有意に多かった (41.7%)。以上より、今回の差の解法発表ビデオに対する否定的な評価は、特に事前の理解が高い「1㎡意味」群に見られた。同じように1㎡あたり解法を使っている、意味を理解していない児童の場合、むしろ肯定的な評価が多いという違いが見られた。また、自分と同じ解法が発表された児童 (差の解法群) は、特に異同に関して言及することが多いという特徴が見られた。

Table 7 差の解法の発表に対する評価のコーディング基準

コード	定義	例
否定的	不理解(意味が分からない, 難しい, 不思議), 批判(～がわからない, だめ, ～なのでだめ, 自分の方がいい)	あまりいっていることがわからなかった。 2㎡広いのに, 3本しかちがわないというのは, 自分の思った事だけで, 数的には, 出ていないのでわかりにくい。
肯定的	理解(分かり易い, ～が分かった, 簡単, いいと思った), 感心(すごい, こんな方法があるのか)	よくわかるせつめいだと思う。 このようなとき方があったんだ。
異同	相違(自分は～していた/しなかった, 自分と～が違った), 類似(同じことを考えた, 自分と～が同じ)	自分とぜんぜんちがうから, びっくりした。 自分, 式を書かなかったけど同じ考えた。
話し方	下手, 上手	もうちょっとすらすらいえばいいと思った。 自分の思っていることを, しっかりと発表した。
評価なし	空欄	

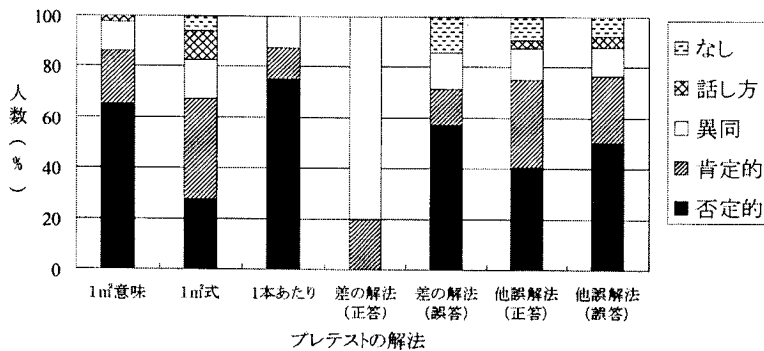


Figure 2 プレテストにおける解法別の評価の結果 (N=284)

こうした差の解法の発表に関する再生と評価の結果は、最終的な学習内容（1㎡あたり解法の意味理解）とどのような関係を持ったか。プレテストの段階で1㎡あたり解法を意味理解していた児童（「1㎡意味」群，ポストテストで9割が同様の理解レベルを維持（Table 5））は，差の解法の発表を聞いた際には，詳細に内容を聞き取った上で（Table 1），その正当性を適切に吟味するという行為をすることができた（Figure 2）。これに対し，プレテストで1㎡あたり解法を意味理解していなかった児童（「1㎡式」群）は，3分の2がポストテストでも意味理解に達しないままであった（Table 5）。こうした児童は，他者の差の解法を聞いた際に，内容の把握に不足があり，またその解法の不適切さに気づかない傾向にあった（Figure 2）。よって，こうした児童が今回のVTR視聴で新しく何かを学んだとは考え難い。また，プレテストで差の解法を用いた児童は，差の解法の発表について自分との異同をコメントすることが多かった。このことと，1㎡あたり解法への移行率の高さ（12名中10名）との関係は考察で検討する。プレテストでその他の誤解法を用いた児童は，ポストテストでの解法が様々であったため，解法の変化と発表への反応の関係を以下に検討する。

3. 誤解法群の聞きとりと解法変化

プレテストで差の解法以外の誤った解法を使った児童に分析の対象を絞り，どのような再生，評価を行なった児童が，ポストテストで正解法を使うようになったか，という観点から，分析を行なった。

3.1 再生

プレテストで差の解法以外の誤った解法を使った児童について，差の解法に関する各再生レベ

ルの人数を、ポストテストでどの解法を使用するようになったかに基づきさらに群分けして集計した (Table 8)。1 m²あたり解法の再生結果はポストテストの結果と重なる部分が多いため省く。

Table 8 移行タイプ別、差の解法の再生結果(カッコ内は比率)

ブレ	ポスト	N	a	b	c	なし
他誤解法	1 m ² 意味, 1本あたり	42	14 (33.3)	9 (21.4)	4 (9.5)	15 (35.7)
	1 m ² 式	50	4 (8.0)	7 (14.0)	2 (4.0)	37 (74.0)
	誤解法	30	2 (6.7)	6 (20.0)	2 (6.7)	20 (66.7)

χ^2 検定の結果、再生レベルが「a」の児童では、ポストテストで正しい解法を意味理解して使った児童が多かった。逆に、再生レベルが「なし」の児童では、ポストテストで正しい解法を使うものの意味を説明しなかった児童や誤解法を使い続けた児童が多かった ($\chi^2(6)=19.14$, $p<.01$)。

3. 2 評価

プレテストで誤った解法を使った児童について、各評価の人数を、ポストテストでどの解法を使用するようになったかに基づき、さらに群分けして集計した (Table 9, 10)。1 m²あたり解法に対する評価もTable 7と同じ基準でコーディングした。

Table 9 移行タイプ別、差の解法の評価結果(カッコ内は比率)

ブレ	ポスト	N	否定的	肯定的	異同	話し方	なし
他誤解法	1 m ² 意味, 1本あたり	42	24 (57.1)	10 (23.8)	6 (14.3)	2 (4.8)	0 (0.0)
	1 m ² 式	50	24 (48.0)	13 (26.0)	7 (14.0)	2 (4.0)	4 (8.0)
	誤解法	30	10 (33.3)	12 (40.0)	1 (3.3)	1 (3.3)	6 (20.0)

Table 9の結果について、内容に関わらないコメントである、「話し方」と「なし」を統合したうえで、 χ^2 検定を行なった。その結果、差の解法の発表について否定的な評価をした児童には、ポストテストで誤解法を使い続けた児童は少ない傾向が見られた。これに対し、「話し方、なし」の反応をした児童では、ポストテストで正しい解法を意味理解して使うようになった児童は少なく、誤解法を使い続けた児童が多い傾向が見られた ($\chi^2(6)=11.11$, $p<.10$)。

Table 10 移行タイプ別、1 m²あたり解法の評価結果(カッコ内は比率)

pre	post	N	否定的	肯定的	異同	話し方	なし
他誤解法	1 m ² 意味, 1本あたり	42	2 (4.8)	32 (76.2)	7 (16.7)	0 (0.0)	1 (2.4)
	1 m ² 式	50	8 (16.0)	22 (44.0)	10 (20.0)	2 (4.0)	8 (16.0)
	誤解法	30	4 (13.3)	9 (30.0)	4 (13.3)	4 (13.3)	9 (30.0)

Table 10の結果についても同様に、内容に関わらないコメントである、「話し方」と「なし」を統合したうえで、 χ^2 検定を行なった。その結果、1 m²あたり解法の発表について肯定的な評価をした児童には、ポストテストで正しい解法を意味理解して使うようになった児童(「1 m²意味, 1本あたり」群)が有意に多く、誤解法を使い続けた児童は有意に少なかった。「話し方、なし」の反応をした児童には、ポストテストで正しい解法を意味理解して使うようになった児童が有意に少なく、誤解法を使い続けた児童が有意に多かった。否定的な評価をした児童は、ポストテストで正しい解法を意味理解して使うようになることが有意に少ない傾向があった ($\chi^2(6)=26.23$, $p<.01$)。

以上より、差の解法を聞き取り、否定的に受け止めること、1 m²あたり解法を肯定的に受け止めること、そしてポストテストで1 m²あたり解法の意味理解の伴う使用に至ることの3つは互いに関連していると考えられる。

3. 3 再生と評価の関係

解法の移行タイプごとに、差の解法の再生と評価のクロス集計を行なった (Table 11, 12, 13)。

Table 11 1㎡意味, 1本あたりへ移行した児童

評価	再生				計
	a	b	c	なし	
否定的					
不理解	4	6	2	6	18
批判	3	2	0	1	6
肯定的	6	0	0	4	10
異同	1	1	1	3	6
話し方	0	0	1	1	2
なし	0	0	0	0	0
計	14	9	4	15	42

Table 12 1㎡式へ移行した児童

評価	再生				計
	a	b	c	なし	
否定的					
不理解	1	1	0	20	22
批判	2	0	0	0	2
肯定的	0	5	1	7	13
異同	1	1	1	4	7
話し方	0	0	0	2	2
なし	0	0	0	4	4
計	4	7	2	37	50

Table 13 誤解法のままの児童

評価	再生				計
	a	b	c	なし	
否定的					
不理解	0	0	0	6	6
批判	1	1	0	2	4
肯定的	1	4	1	6	12
異同	0	0	0	1	1
話し方	0	1	0	0	1
なし	0	0	1	5	6
計	2	6	2	20	30

Table 11とTable 12を見ると、不理解や批判といった否定的なコメントをした児童の数は同数である。しかし、ポストテストで正しい解法を意味理解して使うようになった児童の場合 (Table 11)、差の解法を「a」、「b」以上聞き取った上でそのような評価をしている児童が半数以上 (24名中15名) で、その3分の1は批判的な意見を述べたのに対し、正しい解法の式しか答えるようにならなかった児童の場合 (Table 12)、ほとんど (24名中20名) が再生「なし」で、不理解を表明している。再生内容は評価にあたって考慮された内容を示していると考え、非規範的な解法に対する同じような否定的なコメントであれ、他者の発言を正確に把握してなされたものであるかどうかは、最終的な規範的解法の学習成果の深さと関連していることが示唆される。

以上の結果から、プレテストでは1㎡あたり解法を使うことができていなかった児童のVTR視聴による学習内容についてまとめる。差の解法を聞き取り (Table 8)、不適切さに気づいた児童や (Table 9)、1㎡あたり解法を聞いて理解、感心を表明した児童は (Table 10)、1㎡あたり解法への意味理解に至る割合が高かった。他方で、他者の解法を聞き取れず (Table 8)、その数学的な解法の正当性を適切に評価したり (Table 9)、正しい解法を理解したりできずに (Table 10)、誤解法を使い続けるパターンが見られた。

考 察

本研究は、プレテストで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、プレテストでの理解度が低い場合であっても、再生や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ることが示された。結果を聞き取りのタイプとして整理した上で、多様な考えを取り上げる算数授業の有効性を検討する。

事前の理解と聞き取り

まず再生 (Figure 1) についてみると、プレテストが「1㎡意味」や、「1本あたり」の児童は、詳細な再生が可能であったが、「1㎡式」の児童はそのような再生は多くなく、再生なしの者も多かった。また差の解法以外の誤解法の児童は、立式レベルの再生も困難で、再生なしが多かった。

また、評価 (Figure 2) については、プレテストが「1㎡意味」の児童は否定的なコメントが有意に多く、内容外のコメントが有意に少なかった。プレテストが「1㎡式」の児童は、否定的なコメントが有意に少ない一方、肯定的なコメントが有意に多く、また内容外のコメントが多

い傾向にあった。プレテストが差の解法の児童は、異同に関するコメントが有意に多かった。

以上から、事前の理解と他者の解法への理解、評価に関して、特徴的な次の2タイプが指摘できる。規範的解法を説明することができる状態で、他者の解法の説明を聞いたとき、その内容を理解することができ、また他者の発表に対して内容に焦点化した否定的な意見を持つことができるタイプ（プレテスト1㎡意味群）、規範的解法を使っているにもかかわらずその意味理解はしていない状態で、他者の解法の説明を聞いたとき、その内容を理解することができず、他者の発表に対して漠然と肯定的な意見を持つか、発表者の話し方などにコメントするなど内容に焦点化した見解を持つことができないタイプ（プレテスト1㎡式群）である。

事前の理解が低い児童の聞き取りと正解法理解

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は可能か（菊池、2006）という疑問を検討するために、プレテストで差の解法以外の誤った解法を使った児童を対象に、ポストテストで正しい解法を使えるようになった群とそうでない群には、解法発表の聞き取りに関して何らかの違いが見られるかを検討した。その結果、差の解法が詳細に聞き取れることとポストテストでの1㎡あたり解法の理解との間に関連が見られた。詳細に聞き取れた児童は、ポストテストで正しい解法を使うだけでなく意味を説明できるようになった児童が多く、再生できない児童には、正しい解法を使うものの意味の説明ができない、または誤解法にとどまるものが多かった（Table 8）。

正解法を意味理解した群、式のみを獲得した群、誤解法にとどまった群の聞き取りの違いを、解法発表への評価の結果も加味して見てみると、次のような3タイプの存在がうかがえる。自分と異なる解法であっても内容を把握し、自分なりに理由を提示して取捨選択できるタイプ（ポストテストの「1㎡あたり意味」群）、自分と異なる解法を聞いたときに内容を把握できず、困惑のみ示すタイプ（ポストテストの「1㎡式」群）、自分と異なる解法の内容を把握できないと同時に、流暢さなど内容以外の情報に注意を払って聞くタイプ（ポストテストの「誤解法」群）である。

1つ目と2つ目のタイプは、本研究の場合、共に差の解法を否定的に評価し、後続の1㎡あたり解法を採用したという点では共通している。しかし差の解法への否定的な評価が、内容や根拠、「結論を生み出す過程」を吟味して聞いた結果であるか、聞き手の理解不足に起因するかでは、大きな隔たりがあり、それが最終的に1㎡あたり解法を理解する深さ（意味理解か手続きの機械的適用か）に影響した可能性がある。生田・丸野（2005）は、学習者が新規な情報や理解しがたい情報に遭遇したときに感じる疑問感を「積極的な知識の精緻化に結びつく気持ち（もっとよく知りたいなあ）」と「消極的な問題解決に結びつく気持ち（わからないなあ）」とに分け、前者の方が学習場面での質問生成に結びつくとして述べている。これに基づくと、1つ目のタイプは、差の解法を聞いたときに「積極的な知識の精緻化に結びつく」疑問感を持ったことで、その後の1㎡あたり解法の説明を聞くレディネスが形成され、正解法の意味理解が促されたと考えることもできる。確かにこのタイプの変化を示した群（Table 11）は、Table 12と比較すると差の解法に対して単なる不理解の表明ではなく、具体的な批判が出される傾向もうかがえる。内容を聞き取った上で何らかの判断を下すという過程を経るか、聞き取れないでそのような過程を経ないかは、最終的に学習すべき内容への理解の深さに影響し得ると考えられる。

3つ目のタイプは、少なくとも、内容に関わった感想を持つことが、解法変化にとって重要なことであり、それがなければ、適切な解法への移行さえも起こりにくいことを示したといえる。

多様性重視の授業の有効性

菊池（2006）は、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は可能かと危惧しているが、本研究ではこれを、解法発表VTRの呈示とその直後再生および評価から検討した。その結果、松村（2001）、丸野（2005）が並列して挙げている聞く技能の内、今回実際に見られた児童の反応では、正確な理解と内容に対する適切な評価が学習成果に関わって特に重要となることがわかった。そして、解法発表を理解し適切に吟味して正しい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。また正しい解法を自力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。すなわち、話を正確に理解すると共に、批判的に吟味して聞くこと（松村、2001）は、多くの児童にとって困難な作業だと予想される。日本の算数授業で一般的な、多様な考えを取り上げて理解を深めようとする学習方法には、松村（2001）が整理したような技能の運用が必要であろうことを考えると、本研究は、菊池（2006）の述べるこの学習方法への危惧を、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付けたといえる。

教育実践への示唆

発表の正確な理解と批判的な吟味は多くの児童にとって困難であるという結果が得られた原因として、特に算数科は系統性の強い科目の授業であり、児童それぞれの事前理解が内容理解に影響しやすいことが考えられる。この点を考慮した支援を考える上で、今回のプレテストで差の解法を用いた児童の結果が示唆深い。プレテストが差の解法の児童に関しては、12名中10名が正しい解法に移行することができた。この傾向は、自分と同じ解法が発表された後、正しい解法を聞く方が、正しい解法を2回聞くよりも、正しい解法への移行をより促進するとの知見（河崎、2005）と一致する。このような結果が得られる原因を考えると、今回、プレテストで差の解法を用いた児童は、差の解法の発表に対して異同に関するコメントを有意に多く行ったことが注目される。すなわち、自分と同じ考えが他者から発表されると、自分との類似や、細部の違いに注意を向けて聞きやすく、これが解法変化にプラスに働いたことが1つの可能性として考えられる。この結果は、たとえば自分の考えと比較しながら他者の発表を聞くようにとの指導が、発表される考えと聞き手の考えの関係の考慮なしに、すべての児童に有効であるとは限らないことを示唆する。聞き手が何を考えているかで、比較して聞きやすい立場、聞きにくい立場があるとすれば、その点への介入もあわせてなされる必要がある。

また本研究で発表へのコメントを求めたとき、話し方といった内容外の側面に焦点をあてた児童も見られ、このような反応をした児童は学習成果が小さい傾向にあった。たとえば「みんなに聞こえるように、はっきり説明する」といった指導が、他者の話を聞くときに発表のうまさに注意を向けることと関連しているかもしれない。他者が伝えようとしている事柄に注意し、それを理解しようと努める聞き手側の責任の指導が、発表の仕方の指導と相互干渉しないよう、配慮する必要があるだろう。

謝辞

本論文を作成するにあたり、ご指導いただきました京都大学大学院教育学研究科教授 子安増生先生に深く感謝いたします。また、本研究の実施にあたり、調査にご協力いただいた小学校の先生方、児童の皆様に、心より感謝の意を表します。

引用文献

- 藤村宣之 1997 児童の数学的概念の理解に関する発達的研究：比例、内包量、乗除法概念の理解を中心に 東京：風間書房
- 藤村宣之・太田慶司 2002 算数授業は児童の方略をどのように変化させるか 教育心理学研究, 50, 33-42.
- Hatano, G., & Inagaki, K. 1991 Sharing cognition through collective comprehension activity. In L. B. Resnick, J. M. Levine & S. D. Teasley (Eds.) *Perspective on socially shared cognition*. Washington, DC : American Psychological Association. Pp. 331-348.
- 日野圭子 1998 フォーマルな方法はいかに学ばれるか：ある5学年の教室から 筑波数学教育研究, 17, 115-126.
- 池野正晴 2000 自ら考えみんなで創り上げる算数学習—新しい時代の授業づくりと授業研究— 東京：東洋館出版社
- 生田淳一・丸野俊一 2005 質問作りを中心とした指導による児童の授業中の質問生成活動の変化 日本教育工学会論文誌, 29, 577-586.
- 河崎美保 2005 算数の一斉授業における解法発表の聞き取りと学習促進機能 日本教育心理学会第47回総会発表論文集, 478.
- 菊池乙夫 2006 算数科「問題解決学習」に対する批判と提言—科学的数学教育の視点からその非教育性を告発する— 東京：明治図書
- 古藤 怜・新潟算数教育研究会 1992 算数科：多様な考えの生かし方まとめ方 東京：東洋館出版社
- 古藤 怜・新潟算数教育研究会 1998 コミュニケーションで創る新しい算数学習—多様な考えの生かし方まとめ方— 東京：東洋館出版社
- 丸野俊一 2005 授業の効果を上げる 高垣マユミ（編著） 授業デザインの最前線 京都：北大路書房 Pp.123-157.
- 村松賢一 2001 対話能力を育む話すこと・聞くことの学習—理論と実践— 東京：明治図書
- 文部科学省 1999 小学校学習指導要領解説算数編 東京：東洋館出版社
- 文部科学省 1998 小学校学習指導要領 東京：大蔵省印刷局
- 中田基昭 1993 授業の現象学 東京：東京大学出版会
- 白水 始 2006 教室の中での学習—協調による理解深化— 日本児童研究所（編） 児童心理学の進歩2006年度版 東京：金子書房 Pp.85-111.
- 白水 始 2004 協調による理解深化過程の分析—多様な解がヴァリエーション足りうる時— 日本教育心理学会第46回総会発表論文集, 689.
- Stigler, J. W., & Hiebert, J. 1999 *The teaching gap: Best ideas from the world's teachers for improving education in the classroom*. New York: The Free Press. 湊三郎（訳） 2002 日本の算数・数学教育に学べ：米国が注目するjugyou kenkyuu 東京：教育出版
- Strom, D., Kemeny, V., Lehrer, R., & Forman, E. 2001 Visualizing the emergent structure of children's mathematical argument. *Cognitive Science*, 25, 733-773.

（教育認知心理学講座 博士後期課程2回生）

（受稿2006年9月8日、改稿2006年11月28日、受理2006年12月7日）

Children's Ability to Listen and to Learn from Their Peer's Explanation of a Mathematical Solution

KAWASAKI Miho

This study examines elementary school children's ability to listen and to learn from other children's solutions of a mathematical problem. The participants were 284 fifth-graders. They were asked to solve one mathematical problem which they had not learned yet (pretest), after which they watched two types of VTRs in which other children explained their solutions to the problem (learning). Then the children were asked to recall and comment on the other children's solutions to the same question (questionnaire), and were asked to solve the problem again (posttest). In the first VTR, a child explained an unorthodox solution, and in the second VTR, another child explained an orthodox solution. We analyzed the relationship between what they recalled and how they evaluated the orthodox and unorthodox explanations of the solutions and their own solutions in the pretest and the posttest. The results show that children who understood the orthodox solution in the pretest or the posttest could remember the unorthodox solution and give negative comments on it. On the other hand, the other children could not remember the unorthodox solution given to them by the student via VTR and gave positive or irrelevant comments. These results imply that the ability to listen to peer's explanations might be important to learn in the classroom, though understanding other's solutions correctly seems to be very hard for many elementary school children. Actually, children might not always pay attention to their peer's statements the way their teacher would like them to.