



数学的活動における子どもの考えを共有する方策に
関する研究：
考えの共有を促す教師の発問に着目して

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2021-10-14 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 亀田, 崇仁, 早勢, 裕明 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.32150/00007029

数学的活動における子どもの考えを共有する方策に関する研究

— 考えの共有を促す教師の発問に着目して —

亀田 崇仁・早勢 裕明*

北海道教育大学大学院教育学研究科

*北海道教育大学釧路校数学教育研究室

A Study on Ways to Share Children's Ideas in Mathematical Activities

— Focusing on Teachers' Questions that Encourage Sharing of Ideas —

KAMETA Takahito and HAYASE Hiroaki*

Graduate School of Education, Hokkaido University of Education

*Department of Mathematics Education, Kushiro Campus, Hokkaido University of Education

概 要

研究目的は、通常授業における集団思考での本時の目標達成に繋がる考えが共有されていない子どもを共有させる教師の発問と、その発問の用い方の提案である。授業の発話プロトコルをもとに本時の目標達成に繋がる考えが共有されていない子どもが共有された状態へと変容した過程に焦点化し、分析した。研究成果は3点ある。①子どもの考えを共有させる発問に、考えの解釈を促す発問（How）、解釈する上で困難となっている部分を問う発問（What）、その考えのよさを問う発問（Why）の3つがある。②発問の順序性は、How→What→Whyが有効である。③「本時の目標達成に繋がる考えの一部または全部を全体に示した後にHow発問を用いる」「解釈する上で困難となっている部分を子どもから聞き出し、それをもとにWhat発問を用いる」「How→Whatで考え方の共有が図られた後に、その考えのよさについて共有したい場合にWhy発問を用いる」のがタイミングとして有効である。

1. はじめに

(1) 遠隔授業と対面授業の比較を通して

Covid-19により学校閉鎖を余儀なくされた北海道教育大学附属釧路中学校では休校期間中、遠

隔・同時双方向型の授業を導入した。遠隔・同時双方向型の授業を約1ヶ月間実践した段階で、生徒にアンケートをとったところ、「対面授業でやりたいことは？」の質問項目に対して、「クラスのみんなで学ぶ一体感を感じたい。」「クラスのみ

んなど、分からなさや納得感などを共有したい。」といった、みんなの疑問や考えを共有しながら考えを深めていくことの楽しさを求める回答が多かった(早勢, 2020)。生徒の声から、対面授業のよさは、みんなの考えを共有し合いながら解決へ迫っていくような学習ができることだと再認識した。「お互いに力を出し合って、ひとつのものを創り共有していくのが、算数を学ぶということである」(正木, 2016, p.137)とあるように、共有は授業において欠かせない。平成29年告示中学校学習指導要領解説数学編にも、共有することの必要を求める記述がある。平成29年告示中学校学習指導要領解説数学編では、数学的活動を通して、数学的に考える資質・能力を育てることが目標に位置づけられている。数学的活動の典型例として、「数学的な表現を用いて説明し伝え合う活動」を挙げている。この活動は、「言葉や数、式、図、表、グラフなどを適切に用いて、数量や図形などに関する事実や手続き、思考の過程や判断の根拠などを的確に表現したり、考えたことや工夫したことなどを数学的な表現を用いて伝え合い共有したり、見いだしたことや思考の過程、判断の根拠などを数学的に説明したりする活動」(文部科学省, 2018, p.61)とあり、数学的活動の目的の一つに考えの共有がある。熊谷は「共有は、ある数学的な概念や考え方を共有すると考えると、教育の目標の1つであり、成果ともみることができます」(熊谷, 1997, p.49)と述べており、算数・数学科の目標を達成するに、授業において、子どもの考えを共有する場を設定することが必要になる。

ところが、子どもの考えを共有する場を設定し、共有を図ることが実現されているとはいえない現状が先行研究から明らかになっている。北海道内の若手教員を対象に行った授業への意識調査によると、授業における課題として最も多く挙げられたのが話し合い活動であった(早勢, 2015)。また、数学的活動の目的の1つとして考えの共有があることが分かったが、日常的に数学的活動を指導することに負担を感じている教員が多いことが明らかになっている(永田, 2016)。筆者が観察した

授業の中にも、本時の目標達成に繋がる考えが提示されたものの、共有が一部の子どもに留まり、授業の進行につれて、挙手・発言が固定化されていく授業に出会ったことがある。対面授業のよさをより発揮するためにも、集団思考における現状の課題を整理し、本時の目標に迫る考えをなるべく多くの子どもが共有し、多くの子どもが本時の目標を達成した姿にたどり着けるような授業を目指したい。

(2) 集団思考における課題

平成31年度全国学力学習状況調査小学校算数報告書において、「数と計算」領域では「示された計算の仕方を解釈し、減法の場合を基に、除法に関して成り立つ性質を記述すること」「示された減法に関して成り立つ性質を基にした計算の仕方を解釈し、与えられた式の計算に適用すること」に課題がある。中学校数学報告書での「数と計算」領域では「与えられた説明を振り返って考え、式変形の目的を捉えること」に課題が挙げられている(国立教育政策研究所, 2019)。報告書から、考えを解釈し、読み取ることに課題があることがわかる。長崎・滝井が算数・数学を集団で協同し、創り上げるために数学的な表現を活用して集団で考え合うために必要な力を「算数・数学で考え合う力」とし、算数・数学で考え合う力の中には「算数・数学で解釈する力」(長崎・滝井, 2007)がある。他者の考えを共有するためには、他者の考えを解釈する必要がある。他者の考えを解釈し、読み取ることに課題がある現状を踏まえると、これらの課題を解消し、共有を促していくための有効な教師の手立てを提案することが必要になる。

(3) 共有に関する先行研究の概観

熊谷は小学校第3学年の除法の単元において、共有したという感覚をもつことができない児童が他者の行為や、表されているものをもとに共有する感覚を取り戻そうとしている姿を分析している(熊谷, 1999)。熊谷のように相互作用の視点から共有の過程を分析する試みは多い。

数学的活動において共有するものには、「途中

までであっても自分なりに考えたことやその過程で苦勞したこと、結果そのものは間違いであったとしても問題を追求して感じた成就感」(文部科学省, 2018, p.174) を例として挙げており、正しい解法や考えを共有するだけでなく、「わからなさ」や、「つまずき」についても共有の対象となっている。「わからなさ」や「つまずき」を共有する意義については、Lo (1994) らの研究が示唆している。Loらは、他者が説明したことが受け入れられない状態 (non-acceptance) の子どもがいた場合、それが数学的な議論に進展していくこともあれば、壊滅的な議論になることもあるとし、教師のネゴシエーションが重要であることを指摘している (Lo, 1994)。受け入れられない状態 (non-acceptance) は他者の考えが共有されていない状態とも言える。このような状態の子どもを排斥するのではなく、教師の適切な手立てによって、数学的な議論へ進展させることが子供の考えの共有を促すことになる。

次に、子どもの考えが共有されていない状態を「聞く」という行為に関する先行研究から考察する。森本は算数科における「聞く」という行為について、「ある事柄について、それでよいかどうかや、それが何であるかを改めて見直し、考え直してみながら「聞く」。このような「聞く」という行為が、算数の授業では必要かつ重要であろう。」(森本, 2006, p.12) と算数における望ましい聞く姿について述べている。森本が示すような聞く姿は他者の考えを共有する上でも必要な姿勢である。他者の考えを受け手は、視覚情報と聴覚情報から得る。そのため、森本が示すような聞く姿が形成されていないと、他者の考えを共有することが困難になる。ところが、数学教育学において聞く活動に焦点をあてた研究は数が少なく、理論的な議論がなされていないのが現状となっている (紙本, 2019)。

ここまで、共有に関わる先行研究に触れてきた。多くの研究で他者の考えを共有することの意義については触れられているが、どのような教師の手立てを講じることで、他者の考えの共有がされて

いない子どもがされた状態へ変容するのかについては研究されていない。そこで筆者は教師の発問に着目した。発問は子どもの思考・認識過程を辿るものであることから、発問によって子どもの考えを共有することが可能になる。先行研究では一柳が、聴くという行為を分析する際に、教師の発問や、他の児童の発言を聞いた分析対象の児童の返答によってどのような聴く行為をしているかを分析している (一柳, 2012)。授業における教師の発問とそれに対する子どもの表出を観察していくことで共有がなされたかを検証し、子どもの考えを共有するに有効である発問について本研究を通して明らかにしていく。

2. 研究の目的

本研究の目的は、通常授業における集団思考での本時の目標達成に繋がる考えが共有されていない子どもを対象とし、考えを共有させる教師の発問と、その発問の用い方を提案することである。

3. 研究方法

発問に関する先行研究から、授業で使われる発問はどのようなものがあるのかを概観する。それをもとに、これまで筆者が観てきた授業の、教師と子どもの発話プロトコルを分析し、教師が用いる発問の中で考えの共有を促す発問として有効であると考えられる発問を抽出する。抽出したいくつかの発問を「どの順序で」「どのようなタイミングで」用いられることが有効であるのかを明らかにするために、教育実習生1名と熟練教師2名の各15時間分の授業から、教師と生徒との発話プロトコルを記録し、共有を促す発問を用いる順序性や用いるタイミングについて比較する。最後に、提案した共有を促す発問が用いられている授業実践から、本時の目標を達成する上で重要となる考えが共有されていない状態の子どもが共有された状態へと変容しているのかを分析する。

4. 共有を促す発問の提案

(1) 発問に関する先行研究の概観

高澤は、子どもが算数を学習し身につけた「子どもたちの数学」を教師が解釈する際にズレが生じないようにするためには子どもたちの内面を表出させる必要があると述べている。表出させる方法の一つとして「子どもたちの数学を捉えるための発問（観察発問）」がある（高澤，2000）。観察発問は、「どうしてそう考えるの？」「その意味は何？」といった子どもの考えそのものを観察するための発問である。共有されていない子どもを共有させるためには、共有されていないことを確認しながら、共有された瞬間をとらえるために観察発問を用いることは有効である。

教師のCatch&Response能力を高める研究をした志水は授業で教師が子どもに用いる発問をHow, What, Whyの3つに分類している。（志水，2003）Howは方法を問う発問であり，Whatは事実を問う発問，Whyは理由を問う発問となっている。「算数では，筋道をたてて考えることが重要なので，WhyやHowで切り返し，真意を問うことが大切である。ただし，すべての子どもがWhyやHowの問いかけにこたえられるとは限らない。」（志水，2000，p.149）とあるように，これらの発問を使用する際には，発問の順序性と，タイミングまで考慮する必要がある。

(2) 発問の提案

志水の発問分類をもとに，共有を促す発問をHow, What, Whyの視点から分類することを試みる。これまでの授業観察をもとに，考えの共有を促すと考えられる教師の発問をHow, What, Whyの視点から表1のように分類した。

解釈を促す発問（How）は，授業の中で共有させたい考えを解釈することを促すための発問である。考えの一部分，または全体を提示し，どのような方法で問題を解決しているのかを読み取らせる。この発問を発することによって，「わかる」と表明する子どもと「わからない」と表明する子どもに立場が分かれることから共有されているか

を確認することが可能となり，観察発問としての役割も果たす。

解釈を困難とする部分を問う発問（What/Where）は，子どもが考えを解釈する上で困難となっている部分を問う発問である。What/Whereの発問によって，困難な部分を解決していく。（以降ではWhat/Where発問をまとめてWhat発問と表記する）

その考えのよさを問う発問（Why）は，なぜその考えを用いたのかを問うことで，その考えのよさを共有する。

分析した授業には，これらの発問を用いていたことで，多くの子どもたちが本時の目標で目指す子どもの姿に到達していた授業もあれば，そうとは言い難い授業も存在した。そのため，これらの発問が授業の文脈において，どのような順序で，どのタイミングで用いられることで有効性を発揮するのかを分析する。

5. 共有を促す発問の順序性に関する考察

本章では，教育実習生と熟練教師の授業で使用された共有を促す発問に着目し，用いられた複数の発問の順序性について分析した。

分析を行ったのは，教育実習生1名，北海道教育大学附属釧路中学校，赤本純基教諭，野口朝央教諭の2名を入れた合計3名の各15時間分の授業である。表2が分析の結果である。

表1 考えの共有を促す3つの発問

	解釈を促す発問 (How)	解釈を困難とする部分を問う発問 (What/Where)	その考えのよさを問う発問 (Why)
発問例	どんなことを考えてるのかな？ 考え方がみえるかな？ Etc…	この〇〇って何？ これは何を表してるの？ これってどこからでてきたの？ Etc…	どうしてこんなことしようと思ったの？ 何のためにこんなことしたの？ Etc…

表2 教育実習生と熟練教師との発問比較

教育実習生（1学年）	
該当なし	4
How	10
What	1
野口教諭（1学年）	
How→What→Why	5
How→What	10
赤本教諭（3学年）	
How→What→Why	5
How→What	6
How→Why	1
How	2

教育実習生は「共有を促す発問を単発で用いる」という特徴がある。また熟練教師2名には2つの特徴がある。1つは、「How発問で他者の考えを解釈することを促し、共有を困難としている部分をWhat発問によって聞き出し、共有を図る」ことである。2つ目に、「授業によっては、考え方についての共有が図られた後に、その考えのよさについてWhy発問を用いて、考えのよさを共有する」ことである。

この分析の結果には留意点がある。それは、分析対象とした授業が無作為に抽出していることである。そのため、学習内容が異なる。また教育実習生、野口教諭は第1学年での授業を分析しているが、赤本教諭は第3学年での授業を分析している。このことから、学習内容の違いや、発達の段階といった点を考慮する必要がある。

この点を留意した上で、成果と課題を次のようにまとめる。成果は、How→Whatの発問の順序性が共有を促す上で有効なことである。熟練教師2名の特徴の1つ目である、「How発問で他者の考えを解釈することを促し、共有を困難としている部分をWhat発問によって聞き出し、共有を図る」ことは学習内容、学年の違いに関わらず、実践されている。課題は、「どのような学習内容において、Why発問が用いられるのか」である。

6. 共有を促す発問を用いるタイミングの考察

本章では、5章で分析した野口教諭、赤本教諭の各15時間分の授業実践の記録から、どのようなタイミングでHow、What発問を用いているのかを明らかにする。また、5章において、新たに発生した課題である、「どのような学習内容において、Why発問が用いられるのか」について明らかにする。

(1) 解釈を促す発問（How）を用いるタイミング

5章での各授業者の15時間分の発話プロトコルから、解釈を促す発問（How）が用いられた場面に着目し、熟練教師2名がどのようなタイミングでHow発問を用いているのかを明らかにする。

分析の結果、両教諭のHow発問を用いるタイミングの共通点は、「本時の目標を達成する上で重要となる考え（表現）の一部または全部が提示された後」であった。例えば、野口教諭の授業実践（正方形に並べられた基石の総数について、文字式を用いて表す学習）では、本時の目標達成につながる式である、 $4x - 4$ を生徒Hunaが黒板に板書した後に、次のような流れでHow発問を用いている。

T：ちょっと顔を上げて下さい。今ですね。みんなのところをまわってたらね、Hunaさんがこんな式をかいてただね。Hunaさんこれ、基石の総数を表しているのかな？

S：（頷き）

T：っていうんだけど、これどうだ？みえるって人どれぐらいいるの？

下線部がHow発問となる。全ての授業実践において、このような流れでHow発問を用いている。赤本教諭も同様である。野口教諭、赤本教諭が、生徒に考えの一部または全体を提示し、何を表しているのかを読み取らせる方法は「部分提示」（小池，2018）と呼ばれている。小池は、部分提示によって、少しずつ情報を与え、解決の続きを

推測させることにより主体的な追究を実現することが可能だと述べている。しかし、実際には部分提示をするだけでなく、発問やその他の教師のしかけや手立てによって子どもの主体的な追究は実現される。小池が行ったプロトコル分析をみても、部分提示の後に、How発問を用いたことで、子どもたちは提示された表現についてそれを解釈しようと主体的に取り組む姿が確認できる。ここまでの考察を通して、How発問を用いるタイミングを次のように定めた。

How発問を用いるタイミング

本時の目標を達成する上で重要となる考え（表現）の一部または全部が提示された後に、How発問を用いる。

(2) What発問を用いるタイミングについて

次に、赤本教諭と野口教諭がWhat発問をどのタイミングで用いているのかについて明らかにする。分析の結果、両教諭の共通点として、「What発問を用いるタイミングは「How発問の後に、子どもから解釈する上で困難となっている部分を聞き出し、それをもとにWhat発問を用いる」であった。以下の発話プロトコルは赤本教諭のWhat発問を用いている場面である。授業は第3学年、1章「多項式」の16/19時間目になる。本時で取り扱った問題は、「連続する2つの偶数の積に1を加えるとどんな数になるだろうか」である。個人思考の後に、「 $2n(2n+2)+1$ 」という式を生徒Suzuが板書した。以下のプロトコルはその後の展開となっている。

T：みなさんSuzuさんがこのように書いています。ハイストップ。Suzuさんが考えていることが吹き出しのように書いてあります。こう考えている。Suzuさんが頭の中で考えていることがみえるという人はどれくらいいますか？そのまま手を挙げて。どうですかこれ。

S：まだちょっと、だいたいは…

T：だいたいね。とりあえず書いているところはどうですか？Huruさんどうですか？まだ苦

しい？1回隣の人に喋ってみて、これどういうことだ？

(机間指導)

T：今の段階で当てられたらまず行って人。Huruさんちょっと来て下さい。Chibaさん。Huruさんさっきクエスションだったけど、わかるところまで。

S： $2n$ ってというのはわかるんですけど、 $+2$ ってというのが。

T：ここがよくわからないのね。っていつています。これをみなさんでクリアにしてください。どうぞ。

S： $2n$ ってというのは、連続する2つの偶数が $2n$ で $2n$ に $+2$ したら偶数になるのは分かる？

T：まだピンと来てない気がする。

S：例えば、 n に1を入れたとしたら、ここが2になって、こっちは2たす2で4になる。で、2と4って2の次の偶数は4だから、これで表されてる。

S：なんとなくは分かるけど説明が…

T：説明が、付け足しできる人。1人、2人、3人、4人。Horiさん。

S：僕も同じなんですけど、 n に1を代入したときを考えたときに、こっちは2になるんですけど、2の次の偶数は何かって考えたときに4になるんですけど、そしたらここが4になるので、 2×1 に何足したら4になるかなって考えたら、ここが2になるので、 $+2$ になります。

T：この式だったら、この式はどこになるの？

S：これは6のことをさしてる。

T：6のことをさしてる。みなさんどうですか？これはどう？じゃあ続き。じゃあこれは？この $2n+2$ ってこの式でいくとどこになるの？

S： $+8$ 。

T： $+8$ 。よさそう。それでこの後は？…Nunoさんちょっと困っているみたいだから。

S：中学校の1年生のときに $2n+2n+2$ って連続する2つの整数ってあったじゃん。その

今回は2乗になっているパターンだから。

T：これ大丈夫なの？みなさんこれ nは何をおいでいますか？

S：整数。

T：nは整数とおいでるのが前提なのね。それ書いておくよ。nを整数とおくと、連続する2つの偶数は、今も3人の方たちから聞いた話だと、どうやって表すの？

S： $2n + 2$ 。

T：と表される。で、計算したと。こっからここ何したの？

S：展開。

T：そしたらみなさんこれ計算したのがこうなったから、証明されたと。

二重下線部が赤本教諭が生徒から解釈する上で困難となっている部分を聞き出し、生徒が困難となっている部分を話している部分となる。赤本教諭は下線部のようなWhat発問を用いて、生徒の困り感を解消している。野口教諭も同様に、How発問から、生徒の困り感を引き出し、それをもとにWhat発問を生成していた。このことから、What発問を用いるタイミングを以下のようにした。

What発問を用いるタイミング

How発問の後に、子どもから解釈する上で困難となっている部分を聞き出し、それをもとにWhat発問を生成して、子どもの共有を困難とする部分を解決していく場面に使用する。

(3) Why発問を用いる条件の考察

Why発問を用いることの目的は、数学の「よさ」や必要感を子どもに意識させることである。数学教育における「よさ」の用語の起源について考察した蒔苗(2011)は、「数学の学習では、「何を」「どのように」学ぶかは「なぜ」数学を学ぶのかということから決定される。この「なぜ」に答える視点として、数学の「よさ」は位置づけられている。」(蒔苗, 2011, p.2, 下線筆者)と述べている。「よさ」の用語が学習指導要領において最

初に取り上げられたのは、昭和26(1951)年11月発行の『中学校高等学校学習指導要領数学科(試案)』と同年12月発行の『小学校学習指導要領算数科編(試案)』である。この中で、数学の価値として、「数学のよさ(正確さ、的確さ、気楽さ、能率のよさ)」が挙げられている。当時編集に携わった和田、中島らが指導要領発行に先立って1950年に行った中間発表では、次のように説明している。

数学科は、上にのべたように、いろいろの面から教育の目標に貢献できると考えたのでありますが、数学がどんな点で役立つかも、具体的に明らかにしておくことが必要であります。この一般目標では、これを、次の三つの点にあると考えたのであります。

- (1)より能率的にすることができること。
- (2)より正確にすることができること。
- (3)より的確にすることができること。

これらは、それぞれ、「労力の上からも、思考の上からも、楽にできるようにしたい」とか、「より正しいものにしたい」とか、「より誰にもわかりやすいものにしたい」とかなどの、人間がたえず求めて止まない、個人的並びに社会的な必要に連なっているものと考えているのであります。

中島, 1950, p.11-12, 下線筆者

数学のよさとして「能率」「正確」「的確」の3つを挙げている。中島はこのような数学のよさを子どもに経験させるような学習指導を実践するよう主張している。和田も中島と同様に、数学のよさを経験させるような学習指導を推奨している。また、これまでの数学教育では、「どのように教えるか」については議論されているが、「なぜ数学を教えるのか」については議論されていないことを問題視し、特に技能の指導場面に対して次のように述べている。

さて、技能は必要を満たすために、子供が創造したものであってみれば、例えば、どうしてその

ように計算してよいかかわっているはずであり
ます。どうしてそのように計算してよいかわから
ないでただ計算の仕方を知っている、その計算
を用いることができないのであります。ところが、
どんな必要を満たすためのものであるかもわから
ず、またその方法を支えているものもわからず、
ただ、その方法で計算ができるとあたかもそれが
技能であるかのように考えられているようであり
ます。例えば、かけ算のできることが技能と考え
られているようであります。これは人間を機械の
ように考えるものであり、人間の考えることを全
く無視しているものであると言えます。

人間は、正確さ、気楽さ、能率、あるいは、的
確さを求めているいろいろの方法を案出したと考えら
れます。さきに述べたように、方法は、目的を意
識するために生まれたものであり、方法に対する
原理や法則などに支えられているものであります。

和田, 1950, p.6, 下線筆者

技能を指導する授業場面であっても、方法を学
習するだけでなく、どうしてその方法で求めるこ
とができるのか、どうしてその方法を用いること
がよいのかまで学習を深める必要があると述べて
いる。和田の主張から、考えを共有する際に、方
法だけを知るのではなく、その方法を用いること
のよさまで共有する必要がある。

加古(2019)は、「論理的な説明を問う発問」
と「発想の源を問う発問」の2つを授業に位置づ
けることを提案している。論理的な説明を問う発
問とは、「本当にそうなのか?」「なぜそうなる
のか?」といった発問が具体例として挙げられる。
この発問は、通常授業において、多くの場面で子
どもの学習の理解の深化を促す発問として用いら
れている。しかし、加古は論理的な説明を問う発
問だけでは不十分であると次のように指摘してい
る。

算数は、論理的思考力を育てる教科でもあるの
で、今後も「本当にそうなのか?」という発問は
必要である。

しかし、それだけでは、自分で問題を解けなかつ
た子供は、次の問題でも自分では解けるようには
ならない。

これからは「本当にそうなのか?」(論理的な
説明を求める発問)+「どうしてそうしようと思っ
たの?」(発想の源を問う発問)の2つの発問を
意識することで、目の前の問題を自分で解けな
かった子供が、次の問題では、問題解決のための
着眼点をもって、自分で解法を考えられるように
していくことを目指すべきだと考えている。

加古, 2019, p.50, 下線筆者

発想の源とは、「問題の解法の根幹となる考え
方のこと(加古, 2019, p.10)」である。そして、
発想の源を問う発問の具体例としては、「どうし
てそうしようと思ったのか?」といったものであ
る。発想の源を問うことによって、解法の根幹と
なる考え方が浮き彫りになる。加古が提案する「発
想の源を問う発問」とは、筆者が提案する「その
考えを用いた意図を問う発問(Why)」とも共通
する。既習事項を用いることによって未知の問題
を解決することができることも数学のよさの1つ
である。

数学の「よさ」に関するここまでの先行研究か
ら、Why発問を用いる条件を図1のようにまと
めた。

【Why 発問を用いる条件】
 考えのよさを共有する場面
 (1)能率的にすることができる。
 (2)正確にすることができる。
 (3)的確にすることができる。
 (4)既習事項によって解決できる。

図1 Why発問を用いる条件

考えのよさを共有する(1)から(4)までの場面にお
いて、Why発問を用いたが、具体的な学
習内容でみたときに、「式をよむ」という学習活
動において、Why発問は使用される。杉山(1990)
は「式をよむ」ことについて、式の読み方を7つ

あげている。その7つは、①素朴なよみ、②具体的に引き戻すよみ、③特殊の中に一般をみるよみ、④意図や法則を「よむ」、⑤具体的に法則をよみこむ、⑥問題のからくりをよむ、⑦能率的合理的な処理をするためのよみ、である。この中で、④意図や法則を「よむ」は条件の(4)に該当し、⑦能率的合理的な処理をするためのよみは条件の(1)(2)(3)に該当する。赤本教諭、野口教諭がWhy発問を用いた場面をみても、式を④の観点からよむ活動や⑦の観点からよむ活動において、Why発問を用いていたことを確認している。

7. 発問の有効性の検証

これまでの考察を通して得た、共有を促す発問と、その発問を用いる順序性とタイミングについて、共有を促す発問が用いられている授業実践の分析を行い、共有を促すことが可能となるのかについて検証を行う。分析は、教師と子どもとの発話プロトコル及び、授業観察の記録をもとに行う。

(1) 授業分析①

北海道教育大学附属釧路中学校、赤本教諭が行った第3学年、「1章多項式」16/19時間目の授業である。本時の目標は「連続する2つの偶数の積に1を加えた数がどんな数になるのか予想し、それがいつでも成り立つことを証明することができる。」となっている。

導入場面では「連続する偶数の積に1を加えると、どんな数になるだろうか」という問題が提示された。生徒は、「奇数になる」「ある数の2乗になる」「間の数の2乗になる」といった予想を立てた。その予想をもとに、「その性質がどんな数でも成り立つだろうか」という問いが教師から与えられ、生徒は成り立つかどうか証明することを考えていった。その後、「 $2n \times (2n + 2) + 1 = 4n^2 + 4n + 1$ 」が黒板に示された。ここで提示された図2のような文字式を使った考えは、本時の目標の後半部分である「いつでも成り立つことを証明することができる。」を達成する上で欠かせない考えであり、子ども全体の共有が求められる。

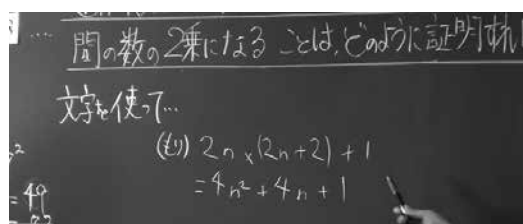


図2 目標達成のために共有を必要とする考え

T: 皆さんちょっとMoriさんがこんなふうに書いてます。彼が考えてることがわかる人どれくらいいますか? 半分くらいだね。

生徒Moriが提示した考えに対して下線部のような解釈を促す発問(How)をしている。この発問によって挙手を促し、「わかる」と表明する生徒と「わからない」と表明する生徒に立場が分かれた。このときの状況としては約8割の生徒が挙手していた。

T: Saguさんはどの辺が苦しいですか?

S: えっと、そもそもその意味がわからない。

T: そうですよ。そもそもこの意味がわからないでしょ? という人もいます。それが皆さんがわかるようにちょっと周りの人に喋ってみて。

「わからない」と表明している生徒Saguに対して赤本教諭は、解釈するうえで困難となっている部分を聞き出している。生徒Saguの発話から、生徒Saguは式が何を表しているのかが読み取れておらず、この段階では考えの共有が図られていないことがわかる。「そもそもこの意味がわからないでしょ?」という問いかけに対して数名の生徒が頷いた姿が確認され、生徒Saguと同様の状態にいる生徒が他にも存在したことが考えられる。赤本教諭は生徒Saguの困難点から下線部のようなWhatの発問を用いてペアトークを行わせた後に、再び生徒Saguと、生徒Saguとペアトークを行った生徒Kikuを黒板前に呼んだ。

T: よし、じゃあちょっとSaguさんとKikuさんちょっときってもらっていいですか? Saguさ

ん自分がわかってるところまで言ってみて。

S : n の場所は偶数と奇数が入ってもいい場所です。で、偶数が奇数が入ったとしても奇数かける 2 にしたら偶数になってないので $2n$ になって、 $2n+2$ は、えっと…

T : ハイストップ。今 n は何って言っていました？

S : 整数。

T : 整数とおいたんだね。どうですかね。ここまではよさそう？。ここまできゃね。n を整数と置く。そしてその後どうなるの？

生徒Saguはここまでの発話から、n が何を表しているのかまでは共有されているが、 $2n+2$ の部分が何を表しているのかまでは共有されていない。ここで赤本教諭は生徒Saguの説明をとめ、ここまでわかっている所を整理した後、生徒Kikuにこの続きがどのようなようになるのかを説明させた。

S : はい、例えばn に7とか3とか奇数が入ったとしても2 にすれば必ず偶数になるんですよ。だから偶数を2倍しても奇数を2倍しても結局偶数になるので偶数を表すために $n \times 2$ で $2n$ になる。

T : ここの数って言うのは例えばこの式だったらどこに当てはまりそうですか？

S : それはこっちです。

T : どうですか？ピンとくる？じゃあこれは？

S : これは連続した整数で、この式でも連続した整数を表したいので、 $2n$ の次にくる偶数は $2n$ に 2 を足せばいいので $2n+2$ です。

赤本教諭はn が何を表しているかまで全体で共有された後、 $2n$ 、 $2n+2$ が何を表しているかを共有していくために、生徒Kikuに説明をさせながら、具体的な数値をもとに下線部のようなWhat発問を用いて文字式と数値との対応関係を問い返しながらか確認している。生徒Kikuによる $2n \times (2n+2) + 1 = 4n^2 + 4n + 1$ の式が表す意味の説明がされた後、この続きがどのようなようになるの

かについて考えていった。次に赤本教諭はこの続きがどのようなようになるのかが分からないと表明していた生徒Mishiを指名し、困難な部分を説明させた。

T : ちょっと今まわって聞いてたのですが、いいやりとりをしてたところがあったのでみんなと共有したいと思います。Mishiさんがまだ苦しい状態なんだね？今どのへんが苦しいですか？

S : 私はこれを数字で括りたかったんですけど、共通の数字がなくて、括れなくて、そこからどうしていいか分からなかったです。

T : ここで分からなくなったのね。はいどうぞ。

生徒Mishiの困り感を引き出した後、生徒Nakaに説明をさせた。

S : えっと、この形のやつがあったの覚えていますか？これを因数分解したときに、あ、これをまず共通因数がないことがわかるから、この形にした時に、こういうことしたら、これを2乗して2乗したら $4n^2$ で順番に展開していったら $4n$ でここをプラスしたら1で、これとこれがおんなじになるから、これをまずこの形に変えます。

T : 今変えるときにNakaさんは何をするって言いましたか？

S : 因数分解。

T : 書いておくよ。因数分解した。なんのために因数分解したの？

S : 共通でくくれるものがないので…もっかい言って欲しい。

T : はい、どうですかここ。助けてくれるって人。Ihaくん助けてくれる？

S : $4n$ の2乗プラス $4n$ プラス1 が共通因数とかがなくてその数で括ることができないため、だから、因数分解の公式を使ってここが2乗で文字も一緒だから、2乗の数をつくった。その理由が、括弧の2乗の形がその2乗になるって証明になるからといった感じでした。

T：今のところピンと来たって人どれくらいいます？正直言うとちょっと怪しいところある？ほーいける。なるほど。なんのためにやりましたか？

S：えっと間の数の2乗にしたいから2乗にした。

T：なるほど。Mishiさんお願いします。

S：はい、さっきIhaくんが言ってたように間の数の2乗になることを証明するために、括弧の2乗の形にした。

T：どうですか。皆さん。オッケーですかね。ありがとうございます。

$4n^2 + 4n + 1$ を因数分解をし、 $(2n + 1)^2$ にしたことをWhat発問「今変えるときにNakaさんは何をするって言いましたか？」に対して、「因数分解」という生徒全体の発話から式の変形の仕方については共有されていた。その後、「なんのためにやりましたか？」というWhy発問に対して生徒MishiとNakaは間の数の2乗になることを証明するために因数分解をしたという部分が共有されていなかったが、生徒Ihaが介入して説明したことで、共有された姿を確認することができた。このWhy発問によって、因数分解をすることで、証明で示したいことを的確に示すことができるという、数学のよさ（的確さ）を共有している。これは、「④意図や法則をよむ」活動でもある。

この後、確認問題として「連続する奇数の積に1を加えると、どんな数になるだろうか」という問題が出されるが、文字式を用いた考えを解釈することに困難をもっていた生徒もこの考えを用いて問題を解決する姿が確認された。この授業では、本時の目標達成に繋がる文字式を用いた考えが、最初は共有されていなかった生徒にも共有された姿を認めることができた。

(2) 授業分析②

次に分析を行った授業は北海道教育大学附属釧路中学校、野口教諭が行った第1学年、1章正負の数「正負の利用」の授業である。本時の目標は「正の数・負の数を利用して平均を求めする方法を説明することができる」となっている。授業の導

入では、「5人の身長を平均を求めよう」という問題を提示した。初めに5人の合計を求め、 $\div 5$ をして平均を求めた考えを提示した後に、「別の方法もある」という生徒の声を引き出し、基準からの差を利用して平均を求めた生徒の考えの式の一部 $\{6 + (-3) + 0 + (-1) + 3\} \div 5$ が黒板に提示された（図3）。仮平均によって求めたこの考えは本時の目標達成に繋がるため、共有することが必要となる。

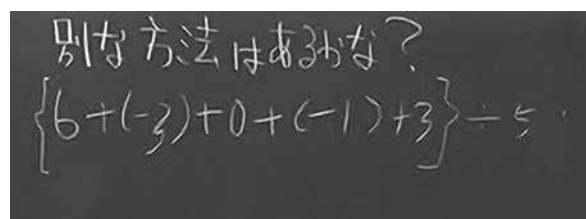


図3 目標達成のために共有を必要とする考え②

T：ちょっと顔あげてください。いま他の方法もあるかって話をしてるんですね。Hashiさんが書いてた式の一部だけ書いてます。皆さんHashiさんの考えが見えますか？

S：みえる。

T：みえるの？みえるって人どれくらいいるの？

下線部のHow発問によって、考え方が「わかる」と表明する生徒と「わからない」と表明する生徒とに立場が分けられた。このとき挙手ができていない生徒は約6割存在した。

T：Toriさんどこが引かかるの？

S：数字の全部が…。

T：数字の全部が？例えば？

S：えっと、何で-3なのか、0とか、-1なのかな？

T：-3とか0とか-1とか。君たちは引かからないの？同じように困っている人どれくらいいる？いるじゃない。ほらほら、だって、どうだろう？-3とかあるかな？

野口教諭は挙手してない生徒に「どのへんが苦

しい?」と解釈する上での困難となっている部分を聞いている。生徒Toriの下線部の発話から生徒Toriの考えを解釈する上での困難となっている部分は「式の中の中括弧の数が何を表しているのか」であり、共有されていない状態である。また生徒Toriが疑問点を表明したことによって、同様の疑問を抱えている生徒も多数いることが分かった。

T: どうでしょう。この数字ってどこからきたか、読み取れますか? 読み取れるという人どれくらいいるの? 増えた? ちょっと近くの人と交流してごらん。

生徒Toriの疑問から、下線部のWhat発問が生成された。この発問から、生徒は式の各数字が何を表しているのかを明らかにするための話し合いを行った。

T: ちなみにFujiさん達はクリアしたの? これどうなるのか。まだちょっと怪しい?

S: ちょっと微妙。

T: ちょっと微妙。じゃあYasuさんFujiさんとやりとりして。

S: 例えばこの-3は150基準でやるってAshiさんが言ってたから。

T: うんAshiさんが150を基準って、言ってたね。

S: って言ってて-3は、何て言うんだろ。147が150からどれだけ離れて、離れてる? 差を表してると思って、147は、150センチより、3センチメートル低いからマイナス3で3センチ低いってことを表してるから。

T: これは、もう一回言ってもらっていい?

S: えっと150センチより、3センチ低い。

T: ここから、3センチ低い。

S: 0は150が基準で150は150から離れてないから0になる。-1は…。

T: Fujiさんと確認しながらやってね。

S: あ、はい。わかる? -1は149が150より1センチ低いことを表してる。

T: で、最後は? +3は?

S: 153は、150センチより3センチ高いから、+3センチ。

T: 今の話わかったよって人どれくらいいるの? Uziさんまとまった? もう一步? もう一步。じゃあYoさん説明してくれる?

ペア交流の後、野口教諭の理解の確認に対して、生徒Fujiは「ちょっと微妙」と発話した。その後、生徒Yasuが説明を行い、野口教諭が「今の話わかったよって人どれくらいいるの?」と再度聞き、生徒Fujiは挙手をした。この時まだ挙手していない生徒Uziがいたことから、生徒Yoを呼び、再び説明を行った。

S: まず、6っていうのは、基準が150センチだから、156センチ、150より6センチ大きいから、+6で。

T: って言ってますが、Uziさん大丈夫ですか? はい、それで?

S: -3は147と150だったら、3センチ小さいから-3になって、0は基準が150で同じだから変わらない。差はないから0になって。

T: これはこれと同じになって、変わらない。

S: で、-1は150と、150より少し低いから、マイナス1になって、で、最後の+3が153センチは150センチより3センチ高いからプラス3で3センチの3になります。

生徒Yoの説明の後に、式の続きについての説明が行われた。その後、確認問題が出され、生徒は仮平均を用いた考えを用いて平均を求めていた。ここまでの過程から、生徒には仮平均を用いた平均の求め方についての共有は図られていた。次に、野口教諭は確認問題の答えを確かめた後に生徒と次のようなやりとりをしている。

T: そうしたら、今出た? 402って。ちなみに、ここ最初400をもとにして計算したって話だったけど、こっちのこんなふうには足した人っている? ちょっと聞いてみるね。こう

いうふうに全部足して計算したって人は？
 こんなふうにもとにして計算したって人は？
 皆さんこっちなんですか？何でいいか近くの
 人と交流してごらん。

T：はい、Hayaさんはどうしてあっちなんですか？

S：あんまりノートを使わなくていいし。

T：おお。ノートを使わなくていい。って言うてるけどどう？気持ちわかる？

S：数が少ないから。パパって計算できる。

T：数が少ないからパパって計算できる。同じような思いの人ってどれくらいいるの？これが多いのかな？計算がなんて言ったっけ？

S：楽になる。

T：ああ楽になる。こっちのほうは計算が楽ですか。

この場面では、なぜ仮平均を利用した求め方を用いようとしたのかについて下線部のWhy発問を用いている。この発問から、仮平均を利用した方が効率的に平均を求めるといえるという数学のよさ（能率的）が共有されている。また、この場面での学習活動は、「⑦能率的合理的な処理をするためのよみ」の活動でもある。

この後の練習問題においても、生徒は仮平均の考えを用いて、平均を求めている姿が確認された。この授業においても最初、本時の目標達成に繋がる仮平均の考えが共有されていなかった生徒が、授業後半の練習問題では、仮平均の考えを用いて問題を解く方法について説明しており、仮平均の考えが共有された姿がみられた。

8. 成果と課題

本研究の成果は3点ある。

1点目に、子どもの考えを共有することを促す発問には、①解釈を促す発問（How）、②解釈する上で困難となっている部分を問う発問（What）、③その考えのよさを問う発問（Why）の3つを提案したことである。

2点目に、これらの発問を用いる有効な順序性を明らかにしたことである。熟練教師2名は、How発問で他者の考えを解釈することを促し、共有を困難としている部分をWhat発問によって聞き出し、共有を図っていることが分かった。How→Whatによって、本時の目標を達成する上で重要となる考えの共有がされていなかった子どもが共有されていく様子を確認することができた。さらに、考えのよさについても共有を図りたい学習内容においては、How→What→Whyの順序で用いることが有効であった。

3点目に、これらの発問を使用する有効なタイミングを明らかにしたことである。タイミングとしては、「考えの一部または全部を提示した後に、How発問を用いる。」「子どもの解釈する上で困難となっている部分を聞き出し、それをもとにWhat発問を用いる。」「How→Whatによって考え方の共有が図られた後に、その考えのよさについて共有したい場合にWhy発問を用いる。」が有効であった。また、Why発問を用いる条件についても明らかにした。Why発問は考えのよさを共有する場面に用いられ、よさの種類として、(1)能率的にすることができる。(2)正確にすることができる。(3)的確にすることができる。(4)既習事項によって解決できる。が挙げられた。特に「式をよむ」活動での、「意図や法則をよむ」や「能率的合理的な処理をするためのよみ」をする場面において、Why発問は用いることができる。

今後の課題は3点ある。

1点目は、発問の順序性に関する課題である。今回How→What→Whyが有効であると結論付けたが、この他の順序による検証を実施することができなかった。そのため、今後様々な順序による発問の検証を行うことでより有効性を高めていきたい。

2点目は、発達の段階による課題である。今回は中学生を対象としたが、これが小学校段階の子どもに対して有効であるのかについても検証が必要となる。

3点目に、既に共有がなされている子どもへの

影響についての課題である。分析を通して、共有が図られていない子どもに対して、話し手側の説明の仕方が変容する場面が見られたことから、共有が図られていない子どもがいることで、話し手側の表現がより洗練されていったり、別の表現に変化したりする可能性が示唆された。話し手側の変化に焦点をあてた研究についても進めていきたい。

引用文献

- 一柳智紀 (2012). 授業における聴くという行為に関する研究—バフチンの対話論に基づく検討—. 風間書房.
- 加古希支男 (2019). 発想の源を問う. 東洋館出版社.
- 紙本裕一 (2019). 数学学習における学習者の聴く活動の固有性についての考察. 東京未来大学研究紀要(13). 35-44.
- 熊谷光一 (1999). 算数授業におけるある子どもの学習過程—社会的相互行為論の観点から—. 数学教育論文発表会論文集 (32). 379-384.
- 熊谷光一 (1997). 共有の観点からの算数・数学の授業への接近. 日本数学教育学会YEAR BOOK. 49-60.
- 小池嘉志 (2018). 算数・数学の解法理解と精緻科に関する考察. 日本科学教育学会研究報告. 41-46.
- 国立教育政策研究所 (2019). 平成31年度全国学力・学習状況調査報告書【小学校 算数】 <https://www.nier.go.jp/19chousakekkahoukoku/report/19primary/19math/> (2020.7.10最終確認)
- 国立教育政策研究所 (2019). 平成31年度全国学力・学習状況調査報告書【中学校 算数】 <https://www.nier.go.jp/19chousakekkahoukoku/report/19middle/19math/> (2020.7.10最終確認)
- 志水廣 (2000). 算数科：子どもの発言に対する教師のCR能力の研究. 愛知教育大学教育実践総合センター紀要(3). 145-151.
- 志水廣 (2003). 子どもの発言に対する教師のCR能力の研究. 数学教育論文発表会論文集 (36). A208-A213.
- 杉山吉茂 (1990). 「式をよむ」ことについて. 学芸大数学教育研究(2). 17-25.
- 高澤茂樹 (2000). リスニングとしての数学指導. 数学教育論文発表会論文集 (33). 49-54.
- 中島健三 (1950). 中学校数学科の一般目標及び指導内容について. 数学教育 4 (5-6). 11-15
- 永田潤一郎(2016). 数学的活動に対する教師の意識調査. 文教大学教育研究所紀要 (26). 93-102.
- 長崎栄三・滝井章 (2007). 算数の力 数学的な考え方を乗り越えて. 東洋館出版社.
- 早勢裕明 (2020). 算数・数学科「問題解決の授業」における教師の働きかけの再考—教師の発問の精選に焦点をあてて—. 北海道教育大学釧路校研究紀要 (52). 79-91.
- 早勢裕明 (2015). 北海道における算数・数学の授業に対する若手教員の意識について. 北海道教育大学紀要. 教育科学編65(2). 117-126.
- 蒔苗直道 (2011). 戦後教育改革期にみる数学教育における「よさ」の用語の起源—GHQ/SCAP文書の分析を通して—. 日本数学教育学会誌93(5). 2-11.
- 正木孝昌 (2016). 受動から能動へ. 東洋館出版社.
- 森本明 (2006). 算数の授業における「聞く」という行為への接近：「考える」ともなう「聞く」. 日本数学教育学会誌. 88(12). 11-18.
- 文部科学省 (2018). 中学校学習指導要領 (平成29年度告示) 解説数学編. 日本文教出版.
- 和田義信 (1950). 数学教育の改善. 数学教育 4 (5-6). 2-7.
- Lo, j.j., Wheatley,G.H. (1994). Learningopportunities and negotiating social norms in mathematics class discussion.Educationalastudiesainamathematics27. 145-164.

(亀田 崇仁 釧路校大学院研究科
令和2年度修了)
(早勢 裕明 釧路校教授)