算数科学習における深い学び

算数科学習における深い学び

盛島將太郎[1]・道田泰司[2]

The deep learning in elementary school mathematics

Shotaro MORISHIMA and Yasushi MICHITA

要　約

本研究は，小学校算数科における深い学びについて考察することを目的とした。まず，第一筆者の授業経験として，深い学びができなかった例と深い学びとなった例について振り返りを行った。それを踏まえ，中教審答申および国立教育政策研究所の報告書において深い学びがどのように記述されているか検討した。最後に，心理学で行われている小学校算数における学びの研究をいくつか確認した。これらを踏まえ，深い学びについて，概念理解，概念の活用，見取りという観点から整理を行った。

1．はじめに

本研究の目的は，小学校算数科の学習において，深い学びとは何かについて考察を行うことである。

平成29年3月に新学習指導要領が公表され，「主体的・対話的で深い学び」の実現に向けた授業改善が求められることが明確になった。また，その授業改善を通して育成すべき資質・能力が「何を知っているか，何ができるか（個別の知識・理解)」「知っていること・できることをどう使うか（思考力・判断力・表現力等)」「どのように社会・世界と関わり，よりよい人生を送るか（学びに向かう力，人間性等)」の三つの柱（以下「三つの柱」）に再整理された。中央教育審議会（2016）では，学習指導要領改訂訂に向けて，子供たちが「何を知っているか」だけではなく，「知っていることを使ってどのように社会・世界と関わり，よりよい人生を送るか」という学習プロセスの重要性が議論され，それらを実現する手段として「主体的・対話的で深い学び」というキーワードがあげられた。

実際に教育現場では「主体的・対話的で深い学び」に向けた授業改善が取り組まれているところだが，現場の教員の間でも「深い学びってどんな学び？」という疑問の声があり，「話し合い活動をやれば深い学びになる。」とか「児童が主体的になれば深い学びになる。」とか曖昧な捉えが起こっている。新学習指導要領施行になるとそういった疑問や曖昧さは更に増えるだろうと予想される。

本研究の焦点を算数科にあてた理由は，第一筆者である盛島が日々の算数授業において，子ども達の知識の習得はうまくいったが知識の活用に至らない場面が多くあるという事に課題を感じているところにある。習得したことが活用に至らないというのは，子ども達の学びが深まっていないと考えられるだろう。

そこで本研究では「深い学び」がどういった状態を表すのかについて，政策文書（具体的には中央教育審議会答申，新学習指導要領，国立

[1] 琉球大学大学院教育学研究科高度教職実践専攻，那覇市立銘苅小学校
[2] 琉球大学大学院教育学研究科教職実践講座

教育政策研究所報告書），先行研究，認知心理学の面から捉え，授業改善の際の視点となるような基準を作り，明日の授業に生かしたいと考える。ただし，いきなり行政文書なり，学問的知見の検討を始めると，日常的な授業とつながらない別世界の話となってしまう危険性もある。そう考え，まずは，第一筆者として日頃の授業を振り返り，学びが深まった経験，学びが深まらなかった経験，１時間や１単元のなかで，両者を行き来してしまった経験を振り返ることから本稿での検討を開始することとする。

２．学びの深まりと関わる学校現場での経験

2.1　赴任校での実践から考える深い学び

算数の授業では，概念的な理解が重要である。しかし，単に概念的理解を促すことだけを目指した授業を行った場合，一見理解しているように見えても，発展課題で躓くことがある。理解だけにとどまっており，深い学びになっていないのである。そのような例として，５学年の平均の学習での第１筆者の体験を紹介する。

平均は、全国的に課題のある単元である。「平均＝合計÷個数」という公式による手続き的な処理を学習する内容になってしまい，「均す（ならす)」という概念的な理解がおろそかになっているからである。そこで第１筆者は第１時では，砂，ブロック，液体という具体物を均す活動を取り入れた。第２～４時では，マグネットで作成したグラフを使い，均されていく過程が可視化できるようにした。解決をする際に式だけではなく図やグラフでも表現させ，全体交流の場面では式とグラフを対応させて説明する活動を多く取り入れた。平均から逆に合計を求めるという活動も意識的に行った。子ども達からは，量についての発言が多く見られた。そこで，体験活動や視覚的に量を捉えた活動がつながり，均すことの意味や合計の量感が身についたと考えた。

しかし第５時で，人数の異なる２つのグループの平均から，全体の平均を求める問題を扱ったとき，つまずきが見られたのである。扱った問題は，次のものである。「子ども会で，Ａ，Ｂ２つのグループに分かれて空き缶集めをしました。Ａグループは 18 人で，１人平均 15 個の空き缶を集めました。Ｂグループは 12 人で，１人平均 10 個の空き缶を集めました。子ども会全体では，１人平均何個集めたことになりますか。」正 解 は，「(15 × 18 ＋ 10 × 12） ÷（18 ＋ 12) ＝ 13」である。このときは，約２割の児童が，「(15 ＋ 10）÷２＝ 12.5」と，単純に平均同士を足して２で割るという誤答を行っていた。そこで展開場面では，両者の考えを比較し，なぜ後者の考えがうまくいかかないのか，図で説明する活動を行なった。子ども達は、前者はうまく説明できたが，誤答の理由を説明する活動では，思考が止まってしまった。図が描けている子も，うまく言葉にできずに，グループ活動が停滞していた。

第５時でも正解が多く出ていることから，それまでの活動を通して，概念的な理解はそれなりに促されていたと考えられる。しかし，誤答の説明ができず思考が停滞したということは理解の深まりに欠けていたといえるであろう。

次年度，同じく５学年の担任となったので，このときの反省をもとに，次の２点を改善の方針とした。第一に，全ての活動で「全体の量」を確認し，全体の量のイメージが意識できるようにした。というのは，誤答の説明ができないのは「全体の量」のイメージが持てていないためと考えるからである。数学的な考えに含まれる「数量化の考え方」がまだ弱いことに原因があると考え，全ての活動で全体の量を確認した。

第二に，課題解決した結果が全体の量を均したものになっているかどうか,「概念に帰着して判断させる活動」を取り入れた。というのは，それまでの学習と異なる形になると説明できなくなるのは，各学習において「全体の量を均す」という本質的な共通性を抽象し，同じものとしてまとめる統合的な考え方を働かせる場面が意識されていなかったためだと考えたからである。

基本的な単元の流れは，前年度の計画に沿って行った。１つ目の改善点である「量化の考え方の強化」に関する具体的な変更点は，第２～４時の中で，子どもが自分の考えを説明する場面で「合計が…」とか「全体の量を…」のような発言をした時に，教師が「合計（全体の量）っ

てグラフでいうとどこのこと？」というように全体に問い直し，さらに表現を促したところである。そうすることによって子ども達は，グラフの１本１本を全てくっつけてまとめたり、新たに図をかいて表現したりして全体の量を捉えていった。

２点目の改善点「概念に帰着して判断させる活動」に関しては，第２～４時の課題を解決する過程の中で，正答・誤答両方の考えについて妥当性を検討する際に、「本当にこの値が平均になっているのか」「なぜこの考え方がおかしいと思うのか」などのように、根拠を基に説明させる活動を多く取り入れた。た。その中で、子ども達は「全体を均すことが平均の考えだから…」というような概念に戻って判断する発言を繰り返し発していた。特に，誤答と正答を比較する場面では,「全体を均しているものと均していないもの」という見方をしやすかったので，より平均の概念に帰着しやすく，これまでの学習とつなげながら統合的に考えられ，深まりがあったと思われる。

前回の課題であった第５時では，前回と同様,単純に平均同士を足して２で割るという誤答がうまくいかかないのか，図で説明する活動を行なった。今回は，一度それぞれのグループの合計を計算で求め、全体の合計を全体の人数でわるという正答に多くの子どもがたどり着き、図をもとに考えを説明できた。課題としてあげられた、「平均どうしを足して２で割る」という単純な考えについての批判的な考察の場面では,子ども達は「その考えだと、代表の一人ずつを均したことになってしまい、全体を均したことにならない」という概念に基づいた根拠を持って説明することができた。

誤答に対する考察において、平均の概念を基に説明できたというのは大きな成果である。子ども達の発言から、改善策であった「量化の考え方の強化」と「概念に帰着して統合的に考える活動」は効果があったと考える。批判的な考察をする活動において、概念理解の知識を誤答と結びつけ、活用して解決した子ども達は、理解が深化していたと考えられる。

これらの実践から考えるなら算数科学習における「深い学び」とは,「算数概念を理解し，正答の説明だけではなく，誤答の説明にも活用できる学び」であるといえるのではないだろうか。

2.2　実習校での実践から考える深い学び

赴任校の実践から，深い学びが「概念を活用できる学び」と提案したが，本節では，実習校における５年生「分数の足し算引き算」の実践から，他の視点で「深い学び」について考えていく。

この実践では，第１～２時において，ペアやグループでの対話活動を多く取り入れたが，ほとんどの子どもが自分の考えを持っているにもかかわらず「自分の考えに自信がない」「どう説明していいかわからない」と言ってうまく説明できなかった。そのため,

更に，学級の中に算数が苦手でノートもほとんど書けずに授業に参加できない子どもが数名いた。その子どもたちは，授業中においてほとんど発言することがなく，わからないことを「わからない」「どうしてそうなるの？」などと表現することもせずに「どうせ算数はわからないから」と言って諦めることが多かった。

２時間で感じた課題を整理すると,「①説明活動の経験不足，②質問や疑問の生まれない学び」の２点である。特に，②に関しては，わからないことが表現できないために課題の解決を諦めてしまい，知識の積み重ねが十分にできていないことにつながっているとも感じた。

上記の課題改善のために，次の手立てを打った。自分の考えを説明することができるようにまず，朝の活動で「仲間と学び合うことの意味」について話し，協同学習の良さや意義について共有した。それから，自己肯定感と意欲を向上させるために，全員のノートを集め一人一人の考えについて思考の過程を評価し，それぞれの学びを価値づけた。また,「誤答や間違った考えから学べる」という意識を持たせ，どんな考えでも伝えることを大事にする雰囲気を作った。

質問や疑問が生まれやすくするために，ノートが書けない子や授業に参加する意欲の低い子達と授業時間外に対話し，落ち着いて学習ができる友達やサポートできる子とペアを組ませた。

更に,「わからないから学びをスタートさせたい」「わからないは宝物」ということを伝え，一人一人の疑問を大切にする意識を共有した。そして，算数が苦手な子ども達が知識をつなげる手助けになるように，既習を活用しやすいシンプルな振り返りを心がけ，視覚化して繰り返し学び直せるようにした。

授業での変化はすぐに現れた。まず，自分の考えに自信を持って対話するようになった。対話が活性化したことにより，お互いの考えの違いに気づき，疑問が生まれた。そして，その疑問に対して図や既習をつなげながら活用して説明するようになった。第１～２時のような疑問が生まれずに知識が繋がっていかなかった学びと比べると，理解も深まったといえるだろう。

算数が苦手な子ども達も，授業を繰り返すごとに意欲的な態度に変容していき，解決に至っていなくても自分なりの考えを書くなど，ノートが充実していった。更に，わからない時は「どうしてそうなるの？」と表現するようになった。そうすることにより，周囲の子どもたちも説明を通して自らの考えについて再思考するようになり，全体的に学びが充実していった。最終的には意欲の低かった子ども達が，自力で課題が解決できるようになったり考えを説明できるようになったりして，その子達なりの深まりを見せた。

これらのことから，この実践から考えるなら算数科学習における「深い学び」とは,「説明活動の中で問いが生まれ，再思考する学び」であるといえるだろう。

３．政策文書の検討

3.1　中教審答申 (2016) に見る「深い学び」

次期学習指導要領改善の方向性を示した中央教育審議会 (2016) では,「深い学び」の語が128か所に出てくる。その大半は,「主体的・対話的で深い学び」と３つのキーワードがセットになって出てくる。そうではなく,「深い学び」の語が単独で出てくる箇所を精査することにより,「深い学び」について，より的確に理解することが可能になると思われる。

答申本文に単独で出てくる箇所のうち，全体に関わる箇所，ならびに算数に関する箇所は，以下の６箇所であった。

1. 習得・活用・探求という学びの過程の中で，各教科等の特質に応じた「見方・考え方」を働かせながら，知識を交互に関連づけてより深く理解したり，情報を精査して考えを形成したり，問題を見だして解決策を考えたり，思いや考えを基に創造したりすることに向かう「深い学び」が実現できているか (p. 50)
2. これら「主体的な学び」「対話的な学び」「深い学び」の三つの視点は、子供の学びの過程としては一体として実現されるものであり、また、それぞれ相互に影響し合うものでもあるが、学びの本質として重要な点を異なる側面から捉えたものであり、授業改善の視点としてはそれぞれ固有の視点であることに留意が必要である (p. 50)
3. 「アクティブ・ラーニング」の視点については、深まりを欠くと表面的な活動に陥ってしまうといった失敗事例も報告されており,「深い学び」の視点は極めて重要である。学びの「深まり」の鍵となるものとして、全ての教科等で整理されているのが、第５章３．において述べた各教科等の特質に応じた「見方・考え方」である。(p. 52)
4. 質の高い深い学びを目指す中で、教員には、指導方法を工夫して必要な知識・技能を教授しながら、それに加えて、子供たちの思考を深めるために発言を促したり、気付いていない視点を提示したりするなど、学びに必要な指導の在り方を追究し、必要な学習環境を積極的に設定していくことが求められる。(p. 52)
5. 子供たちの学習状況を評価するために、教員は、個々の授業のねらいをどこまでどのように達成したかだけではなく、子供たち一人一人が、前の学びからどのように成長しているか、より深い学びに向かっているかどうかを捉えていくことが必要である。(p. 60)

6. 算数科・数学科では、数学に関わる事象や、日常生活や社会に関わる事象について、「数学的な見方・考え方」を働かせ、数学的活動を通して、新しい概念を形成したり、よりよい方法を見いだしたりするなど、新たな知識・技能を身に付けてそれらを統合し、思考、態度が変容する「深い学び」を実現することが求められる。(p. 143)

まず１の記述から検討する。この文は,「深い学び」が,「習得・活用・探求という学びの過程の中で……〔中略〕……したりすることに向かう」ことに等しいことが示されている。ではその中身はどのように理解できるであろうか。後半に書かれている,「情報を精査して考えを形成したり，問題を見だして解決策を考えたり，思いや考えを基に創造したりする」という３項目は,同答申で「思考・判断・表現の過程には、大きく分類して以下の三つがあると考えられる」(p. 30) と述べられている３項目を要約表記したものであるため,「思考・判断・表現する」と置き換えることが可能であろう。そう考えるなら,「深い学び」とは端的に表現するなら,「各教科等の見方・考え方を働かせること」「より深く理解すること」「思考・判断・表現すること」の３点と理解できよう（この３点が並列かどうかは，この文章だけからは決定不可能と考えるため，現時点ではそれ以上追及しない)。

２の記述は,「主体的」「対話的」「深い」の３つの視点が,「異なる側面」ではあるが,「相互に影響し合い」,「一体として実現される」という関係性にあることが記述されている。その意味でこの３つは，本来的には別のもの，と考えてよさそうである。

３の記述は，各教科等の特質に応じた「見方・考え方」が「深まり」の鍵と書かれている。「見方・考え方」については、同答申で「各教科等で習得した概念（知識）を活用したり，身につけた思考力を発揮させたりしながら，知識を相互に関連付けてより深く理解したり，情報を精査して考えを形成したり，問題を見出して解決策を考えたり，思いや考えを基に創造したりすることに向かう」過程において「“どのような視点で物事を捉え，どのような考え方で思考していくのか” という，物事を捉える視点や考え方も鍛えられていく」(p. 33) と述べられている。この記述からは，知識を活用し新たな知識とつなげながら，思考・判断・表現していく学習の過程において「見方・考え方」が鍛えられていくと考えて良いだろう。

４の記述は,「深い学び」の質を高めるために,「学びに必要な指導のあり方を追求し」ということは，教師には指導の工夫が求められている。また,「必要な学習環境を積極的に設定」するということからも，状況に応じて子ども達に合った学習環境を選択・設定していくことが求められる。

５の記述は,「評価」に関するものである。「子供たち一人一人が、前の学びからどのように成長しているか、より深い学びに向かっているかどうかを捉えていく」という記述からは，統括的評価だけではなくそれぞれの学びの「深まり」を見とっていく必要があると理解できる。一人一人の学びの段階を把握することが求められている。

６の記述は，算数・数学における「深い学び」について書かれている。「数学的な見方・考え方」のうち,「数学的な見方」については，同答申において,「事象を数量や図形及びそれらの関係についての概念等に着目してその特徴や本質を捉えること」(p. 141) と整理されている。数学的な事象を概念とつなげながら理解していくことと捉えてよいだろう。「数学的な考え方」については,「目的に応じて数・式，図，表，グラフ等を活用し，論理的に考え、問題解決の過程を振り返るなどして既習の知識・技能を関連付けながら統合的・発展的に考えること」(p. 141) と整理されている。このことから「論理的,統合的・発展的」な考え方が算数・数学の深い学びにつながると考えてよいだろう。「数学的活動を通して」という記述からは,「深い学び」には「見方・考え方」をただ働かせるのではなく,「数学的活動」を学習に取り入れ，その過程の中で働かせることで「深い学び」につながると考えられる。「思考、態度が変容する」ということは,「深い学び」が実現している状態を表している。これ

らの解釈から,算数・数学における「深い学び」は,数学的活動を行う中で様々な事象を概念とつなげながら理解し，論理的，統合的・発展的に考え，子どもの思考，態度の変容が見られた時に実現したといえるだろう。

これら６つの「深い学び」に関する記述の検討からまとめると,「深い学び」とは,「各教科の特質の見方・考え方を働かせながら思考・判断・表現していく学習活動の中で知識を活用したり，数学的事象を概念とつなげて理解を深めたりする学び」と考えられる。

3.2　国立教育政策研究所 (2015) にみる「深い学び」

次に，政策文書と学術研究の中間的な性格を持つと考えられる，国立教育政策研究所の報告書を元に,「深い学び」について検討していく。検討対象とするのは，2015年に出された,『資質・能力を育成する教育課程の在り方に関する研究報告書 1～ 使って育てて 21 世紀を生き抜くための資質・能力 ～』である。これは，次期学習指導要領の中核をなす「資質・能力」についてまとめることを通じて，教育目標や内容，学習・指導方法，評価等の一体化の基本原理に関する知見を提供したものである。第４章「なぜ 21 世紀に求められる資質・能力を育成することが必要なのでしょう？」の３節「学びの質や深まりを重視する授業や教育とは？」から，深い学び（学びの質や深まり）について書かれている主要と思われる部分を抜き出し，以下に考察を加えていく。

1. 教科等の内容の学びを深めるために資質・能力を使って，内容に関する知識を学んで結びつけると，一段上の概念的な理解が可能になり学びが深まるということを表しています。(p. 52)
2. 概念を学ぶことで他の概念も理解しやすくなり，現象の不一致や例外がすっきりと理解できるようになり，新しい考えの道筋を照らし出してくれます。　このように知識の「量」ではなく,「質」を上げることや「概念」を深く理解することを目的とするならば，子供が「自分の学んだことが何の役に立ったのか」「自分の日常経験ベースの考えを作り変え世界を新たに理解できるようになったのか」という世界や自己認識の刷新を感じ取ることが重要になります。(p. 54)
3. 「知っている・できる」レベルの学習であっても，何らかのスキルや情意の形成を伴うし,「使える」レベルの学習も内容の学び深めと密接に関連している。ただし，それぞれのレベルに応じて，主に求められる知識やスキルなどのタイプは異なる。「使える」レベルや「分かる」レベルを目指す場合，活動や討論を取り入れて授業を組織する必要がある。そして，そうした活動的な授業を通して獲得されるのは，事実的知識や個別的知識といった知識の断片ではなく，そうした知識を要素として包摂し構造化する一般的な概念や原理などである。(p. 76-77)

まず１の記述について検討する。「資質・能力を使って，内容に関する知識を学んで結びつけると，一段上の概念的な理解が可能になり学びが深まる」という記述からは,「概念的な理解」が理解の階層において一段上にあるということがわかる。その概念的な理解は,資質・能力を使って知識どうしを結ぶことによって獲得できると捉えてよいだろう。前節でまとめた「各教科の特質の見方・考え方を働かせながら思考・判断・表現していく学習活動の中で，知識を活用し新しい知識とつなげ理解を深める学び」の視点から考えると,「理解を深める」ことは「概念的な理解」とつながっているといえる。

２の記述は概念に関する内容である。「概念を学ぶことで他の概念も理解しやすくなり，現象の不一致や例外がすっきりと理解できるようになり，新しい考えの道筋を照らし出してくれます。」という記述からは，学んだ概念を活用することによって理解したり新たな考えに発展したりすると捉えることができるだろう。「子供が「自分の学んだことが何の役に立ったのか」「自分の日常経験ベースの考えを作り変え世界を新たに理解できるようになったのか」という世界や自

己認識の刷新を感じ取ることが重要」ということは，役立つ知識，世界を理解するのに有用な知識が，質の高い，深く理解された知識といえるであろう。

３の記述は学習のレベルに関する記述である。２の記述と同様,「知っている・できる」よりも「使える」レベルの学習の方が学びの深まりと関連しているということである。「使える」レベルに必要な知識は,知識が構造化された「概念や原理」であり，そのような構造化された知識は活動や討論を授業に取り入れることによって獲得されるということと理解できる。

「使える」知識について，同報告書第４章では「学んだことを教室の外にも「持ち運べて」「活用でき」「(一生続く生活の中で)書き換えられる」知識だ」(p. 87) と定義されている。「持ち運べる」「活用できる」「書き換えられる」とは他の場面でも活用・転移することができるということだと捉えられる。

更に,「質の高い知識を身に付けるためには,「しっかり学ぶ」こと―学ぶ内容を断片的に覚え込むのではなく，つなげてまとめて自分なりに納得する学び―が必要です。したがって，学んでほしいことには,「答え」や「答えの出し方」だけではなく，その根拠や理由が含まれます。その学びには,「考える力(いわゆる『思考力』)」が必要になります。」(p. 88) と書かれている。根拠や理由を考えるところに思考力を使うことが質の高い知識を獲得させる。

これらのことから考えると,「使える知識」は「概念や原理」であり「深い理解を伴った質の高い知識」である。そのような知識は，根拠や理由に活用することによって「使える」レベルの学習になり学びが深まるといえる。

３つの記述をまとめると,「深い学び」とは,「概念や原理を根拠や理由に活用する「使える」レベルの学び」といえる。前節でまとめた「各教科の特質の見方・考え方を働かせながら思考・判断・表現していく学習活動の中で，知識を活用し新しい知識とつなげ理解を深める学び」と関連づけて考えると,「知識を活用し新しい知識とつなげ理解を深める学び」とは,「概念や原理を根拠や理由に活用する「使える」レベルの学び」だといえるだろう。まとめると，算数科学習における「深い学び」には，算数に関する概念や原理の理解と，算数概念の活用が重要な鍵だといえるだろう。

４. 認知心理学的研究から考える「深い学び」

国立教育政策研究所 (2015) は，認知心理学をはじめとする学習研究の成果をもとに論じられている。そこで本節では，本研究で深めたい算数科に関する認知心理学的研究を検討することで，より具体的に，算数科における「深い学び」について深めていきたい。

その際には，算数の問題解決はどのような過程で行われるのか，および，どのような条件の下で数学的概念の理解が促進されるのか，の２つの観点から検討を行う。

4.1　算数の問題解決過程

算数文章題解決には，文章題の理解過程と解決過程に区分される（多鹿，2002)。さらに，理解過程は，一文ずつの意味内容を理解するための言語知識や文理解のための意味的な知識を使う変換過程と，理解した意味内容を，スキーマを働かせて統合する統合過程に区分される。解決過程は，理解した内容を反映した式を構成するための方略に関する知識を使用するプラン化過程と，演算するために四則計算を適用する実行過程に区分される（多鹿，2015)。ここで論じられている変換過程，統合過程，プラン化過程において使用する知識は，手続き的知識ではなく，数概念の原理や数量概念に関する宣言的知識のことである。宣言的知識とは,「１＋２＝３」のような算数の事実や出来事に関する知識であり，概念的知識とも呼ばれる。宣言的知識は,個々の算数の事実が関連しつながった意味ネットワークとして捉える（多鹿，2002)。宣言的知識の他にも，変換過程，統合過程，プラン化過程，実行過程それぞれの過程において，どのような解き方をすればよいかを吟味したり，解決過程を振り返って得られた結果が適切であるかを判断したりするためのメタ認知的な知識も必要であり，問題解決過程で利用される知識の活性化に連動し，全ての過程において必要とされると考えられる（多鹿，2015)。

児童が算数問題を解けないことについて多鹿（2015, p.14）は,「通常は問題理解の下位過程における知識の利用に問題があるようだ」と述べる。すなわち「理解過程」が重要なのである。文章題を理解するということは，子どもが文章題を読んで一文毎の意味を理解し（変換過程），記述されている内容に関連する算数の知識を利用して文間の関係をまとめ上げる（統合過程）ことによって知識構造を構成することであり，多鹿（2002）はこの知識構造をメンタルモデルと呼んでいる。そして，算数の文章題が正しく解けるということは，学習者が算数問題文の文意を理解し，かつ問題解決を支えるメンタルモデルの構成に最適の算数概念の知識を分位の理解と統合した結果であると指摘している。すなわち，自身の持つ算数の知識（スキーマ）と，問題文が求める数量関係の知識を統合する「統合過程」が重要であり，本稿のテーマである「深い学び」の鍵となるのである。なお，統合できているかどうかを確認する方策として，多鹿（2015）は，問題文を記銘させて再現させるというやり方を紹介している。統合できていないと，数量関係を示す関係文が適切に再現できないために，学びが深まっていないことがわかるのである。

前節で「概念や原理の理解」と「概念の活用」の重要性について述べたが，メンタルモデルの構成過程において概念的知識を活用することによって理解が促され，さらに新しい概念や原理の理解につながると考えられる。

4.2　数学的概念理解の促進

どのような教授・学習活動によって数学的概念理解が深まるのかについて検討した研究に，藤村（2011）がある。この研究では，単に知識が増えるのではなく，多様な知識が関連付けられて知識構造が変化することを，概念理解の深化ととらえている。藤村は，これまでに行われて実験研究を整理して，数学的概念の理解がどのような条件下で促進されるのかについて，５つの観点でまとめている。それは，認知的葛藤，領域内の既有知識の利用，他領域の既有知識の利用，他者の持つ知識の利用，他者との協同である。以下，この５条件それぞれに対応すると考えられる研究を筆者らなりにピックアップしながら，算数において概念深化が見られた研究を整理していく。

第一の条件は「認知的葛藤」である。子どもが持つ概念や方略の誤った側面と，科学的事実を示す実験や観察結果との間に認知的葛藤を生じさせることで，概念変化を促すやり方で，理科教育で多く行われている。ただし認知的葛藤だけでは概念変化につながらないという指摘もある。

算数において認知的葛藤を活用していると思われる研究に，進藤・中込（2007）の，小学生の誤った内角概念を利用した研究がある。数学では,角の大きさについて180°未満の角を劣角，180°よりも大きい角を優角と呼ぶ事がある。進藤らが小学４・５年生に対して行った調査から，子ども達は180°を超える優角を角として認めない傾向にあるという事が明らかになった。頂点とは尖っているところだという誤概念があるのである。このような誤概念を有していることにより，星形十角形の内角の和を求めるような発展的な問題の解決が困難であると進藤は指摘している。そこで，進藤らは，優角を含む四角形・六角形を授業で取り上げ，その内角の和について検討させる授業介入を行った。

優角をもつ四角形の内角を求める解決過程において，教師が「４つの線で囲まれているから四角形の仲間である」ことを教示したところ，優角部分に対して「尖っていないのに頂点というのか」という質問があった。頂点は,「２本の辺が交わった点」が正しい理解である。その後,「頂点っていうのはどういうところ」という教師の問いかけに対し,「２つの辺が交わっているところだと思う」という子どもが現れた。しかしこの知識は不活性な知識のようで,次に,T「では,この四角形には内角はいくつあるでしょう。」，C「四角形だから内角は４つある。」，T「プリントに内角を４つ赤で書き込んでみてください。」とやり取りの後に作業をさせると，鋭角部分を３か所塗りつぶして，C「あれ，おかしいな」と，内角が３つしかないことに気づいた。ここで,「頂点は尖っている」「四角形の内角は４つある」という事実の間で認知的葛藤が生まれたのであろ

う。しばらく図形を眺めた後，C「ここかな」「ここしかない」と，ようやく優角部分を塗り始めた。さらに，内角の和が360°になることを確認させると優角も内角であることに納得することができた。

この場面では，学習したばかりの「四角形の内角の和は360°である」という知識の使用が，優角も内角になることへの納得を得させていると進藤は述べている。「優角は内角ではない」という誤概念と「内角の和が360°になった」という事実の対立が優角を内角と認めることへの納得を得させ誤概念が修正された。これは，誤概念が新たに学んだ概念と統合することによって，知識の再構造化がおこった瞬間といえる。さらに，四角形の次の優角をもつ六角形の内角の和の学習や，発展的な星形十角形の内角の和の学習においても，優角を内角として認める概念の転移が見られ正答率が高かった。これらのことから，進藤は，優角が内角となり得るか否かを巡っての認知的な葛藤を生起させることが，角や図形の外延の拡大，教科内容の深化に重要であると指摘した。誤概念を含む課題を提示することにより，自らの既有知識が不完全であることに気づき，認知的葛藤が生まれ，それを他者と共有することで新しい概念と統合し，概念理解が促されたと考えられる。概念理解が促進するということは「深い学び」が実現しているといえるだろう。またこの研究より，学びの深まりを見取るには，優角のような非典型例が適切に理解できているかを見るのも有効であることがわかる。

数学的概念理解が深まる第二の条件は「領域内の既有知識の利用」である。子どもの既有知識の誤った部分に着目した方法である認知的葛藤とは違い、子どもが発達によって得てきた部分的に適切な既有知識を利用する方法である。子どもの持つ考えの肯定的な側面に着目することで、概念の変化を促すことを目的としている。

領域内の既有知識を活用し、数学的概念の理解が促進されている研究に，栗山・吉田（2013）の児童のインフォーマルな知識を利用した研究がある。

数学概念の中で割合概念は理解が困難な概念のうちの一つである。栗山らは，割合概念の理解における子どもの持つインフォーマルな知識を基にした以下のカリキュラム構成を行なった。①量概念としての割合を強調する。量概念としての割合は%で表される。割合は，５年生になって初めて学習する概念であるが，日常生活の中では，お店の割引セールやジュースの成分表示，天気予報などでしばしば接している。%は算数に出てくる記号だけではなく，生活に密着したものである。子どものインフォーマルな知識である量概念としての割合を強調し，教科書の小数倍からではなく%から指導した。②割合モデル図を活用した。子どもの量的な概念を強調させるために，全体量と部分量が見えるような割合モデルと名付けた図を活用した。③第２用法「比べる量＝もとにする量÷割合」を最初の指導内容とした。通常は割合の公式の第１用法「割合＝比べる量÷もとにする量」から指導し，その変形としての第2と第３用法が指導されるが，子どもがすでにある程度獲得している第２用法から指導した。これらの教授介入後にインフォーマルな知識をもとにした新しいカリキュラム編成による指導を行った新カリキュラム群と、教科書のカリキュラム通りに指導したテキスト群に対し４つの事後課題「①割合の３用法を問う計算問題，②変換問題（小数倍から百分率へ，百分率から小数倍へ変換する），③関係課題（数量ではなく割合のみを提示し身長の高い順に並べる），④作図課題（120%増加した人口に対するもとの人口を図で表現する）」を与えた。

事後課題の結果から，手続き的知識を必要とする３用法問題と変換問題において両群とも高い正答率を示し差はみられなかったが，その解決方略を比べると，新カリキュラム群は見積もり方略を活用した人数がテキスト群より多く，有意な差がみられた。見積もり方略といった他の方略を用いることができるのは，割合概念の心的な表象ができていると考えられる。また，関係課題と作図課題においては新カリキュラム群が高い正答率を示し有意な差がみられた。関係課題は数量が用いられておらず，問題文に出てくる事象の質的・量的な意味が理解されていなければ解決することができない。作図課題の

誤答分析からは，テキスト群は問題文の表現をそのまま書いている誤答が見られた。これは，テキスト群では，割合の意味と量を記号に関連させせることができていないことを示していると考えられる。栗山らは，割合の意味表象が獲得されていないと解決ができない関係課題や作図課題の結果において有意な差が見られたということは，割合についての概念的な知識を獲得しているといえると指摘している。これらの事後課題の結果から，インフォーマルな知識の活用により概念的な理解が促されたといえる。

栗山らが行なったこの研究は，子どもが触れる機会が多く，イメージしやすい百分率という既有知識を活用している。割合を学習する前の子どもは，百分率に対する深い理解は持ち合わせていないが，日常生活を通して百分率に対する個々の概念は持ち合わせていると考えられる。これは，部分的ではあるが割合概念の肯定的な知識になり得るだろう。これらのことから考えると，インフォーマルな知識のような、子どもの持つ領域内の既有知識を授業に活用することが，概念的な理解を促進し「深い学び」につながるといえる。またこの研究からは，深い学びを見取るには，見積もり方略の活用や，作図や説明などによる事象の関係性についての理解のような，概念の心的表象ができているかを見取るも有効であるといえる。

数学的概念理解が深まる第三の条件は「他領域の既有知識の利用」である。問題解決に有効な既有知識は，領域内だけではなく他領域にもみられる。この場合，その領域に直接的に関わる知識ではなく，アナロジーの転移が挙げられる。アナロジー転移とは，アナロジー（比喩）を教示することによって，後続の課題解決が促進されること，すなわち転移が起きることを指す（多鹿・山本，1998）。

麻柄（1992）は，アナロジー転移により内包量概念に関する子どものつまずきの修正を試みた。内包量の速さに関する理解について，走る距離や時間の大小に関わらず速さが変わらないという保存性を理解していないということが，これまでの研究から明らかになっている（布施川・麻柄，1989）。麻柄（1992）が行った調査でも，人口密度や物質の密度の課題において人口や物質の土台量が大きいほど密度が大きくなるとい認識している子どもが多くいることがわかった。このことについて麻柄は，人口密度に関しても物質の密度に関しても，「単位量あたりの大きさ」として説明すると，かなり多くの子どもが内包量の基本的な性質（内包量の保存）を理解できなくなると指摘した。そこで，麻柄はドット図を用いて密度のつまり具合を表現し，「単位量あたりの大きさ」に代わる説明として「つぶ（原子や分子）のつまり具合を『密度』という」という説明を与えた。さらに，「となりのつぶまでの距離が短いほど，つまり具合が大きい」とい主旨の説明を加えた。以上の説明をした上でその説明を用いて解決する密度の保存問題に取り組ませたところ，正答率が60％で調査での正答率（36％）より有意に高かった。この結果から，となりの粒までの距離に着目させて，つまり具合を「密度」と説明するという方法は有効であると考えられる。「つぶの間の距離」というモデルは，「単位量あたりの大きさ」として定義されている内包量領域において他領域の知識といえる。他領域の知識を有するモデルの提示というアナロジーの活用が内包量概念の理解を促進したといえるだろう。麻柄は保存問題の理解について，「ある概念の真の理解を見ようとする場合には保存の達成が一つの指標とされてきた」（p.296）と述べている。保存概念を理解できたということは内包量概念の理解が深まったといえる。この研究からは，「深い学び」を見とる方法として，保存問題のような理解に課題のある概念の理解を見とる方法も有効であるといえる。

さらに麻柄（2001）は，「速さ」や「物質の密度」以外の「ペンキの濃さ」といった内包量の保存の理解を促す実験を行った。「速さ」や「物質の密度」は科学者の創意によって生み出された概念である。内包量には「ペンキの濃さ」や「自動車の燃費」のような日常的な概念も含まれる。この研究では，日常的な内包量である「ペンキの濃さ」に関する保存概念の理解において，速さや人口密度と同様に理解できていない子どもが多いことが調査により明らかになった。そこで，前述した「つぶの間の距離」というモデル

を活用し，内包量は「全体量÷土台量」という計算によって初めて存在する量としてではなく，最初から存在している量として定義づけ，保存問題に取り組む授業を行った。他にも，「速さ」の保存の理解を促すために，高速道路の防音壁（数メートル）から見える車を撮影したビデオを見せながら，この瞬間にも速さが存在することを子どもと話し合った。そして，速さとは「距離÷時間」という計算によって存在する量ではなく，動いている物が最初から持っている量であることを理解させ，公式と結びつけた。その授業から一年以上経過した後に同じ集団に，異なる内包量である「ペンキのこさ」に関する保存問題に取り組ませたところ，90％に近い子どもが正答することができた。この結果は，事前に行った「ペンキの濃さ」の保存の理解に関するに関する同様の調査（32％）よりも有意に高かった。速さや人口密度で成立した保存概念が，ペンキの濃さという別の内包量の保存概念の理解にアナロジー転移を起こしたと考えられるだろう。

麻柄（1992）の研究では，「物質の密度」の保存に関する教授介入により，同内包量の保存概念の理解が促された。麻柄（2001）では，「速さ」と「物質の密度」の保存に関する教授介入後「ペンキの濃さ」といった異なる種類の内包量に転移し保存概念の理解が促された。麻柄（1992）と麻柄（2001）の異なる点は，教授介入した内包量とは異なる内包量の保存概念の理解に成果が見られたことである。

麻柄（1992，2001）の研究の結果から，他領域の既有知識（アナロジー）を活用することが概念的理解を促進し，「深い学び」につながるといえる。またこれら研究からは，「深い学び」を見取るには，調査により領域内の課題を明らかにし，課題のある問題についての理解を見取ることが有効であるといえる。

数学的概念理解が深まる第四の条件は「他者の持つ知識の利用」である。他者の有する様々な知識や方略を利用することで子どもが事前に有する知識を豊富化し，活性化させることにより，概念的理解を深化させる方法である。

他者の持つ知識を活用して，概念的理解を深化させた研究に，河崎・白水（2009）の複数解法の比較説明による学習効果について明らかにした研究がある。河崎らは，算数文章題（混み具合問題）の解法比較を行うことで，学習効果に違いがあるか検証した。課題には混み具合比較課題（単位量あたり量）を使用した。検討した学習活動は以下の４条件である。①複数解法＋説明活動。単位あたり解法と引き算解法という複数解法を提示した後に，それらの解法でなぜ答えが導きだせるのか説明活動を行う（以下IF説明条件)。②単一解法＋説明活動。同種の単位あたり解法を二回提示し，その後説明活動を行う（以下FF説明条件)。③複数解法＋評価活動。単位あたり解法，引き算解法の複数解法を提示し，その後，個人の理解度を４件法で自己評価する（以下IF評価条件)。④単一解法＋評価活動。同種の単位あたり解法を二度提示し，その後自己評価を行う（以下FF評価条件)。４つの条件のうち，複数解法を含む条件が他者の持つ知識にあたる。複数解法が提示されるということは，他者の考えが表出された状態として捉えることができる。

４条件を行なった授業後，他の混み具合比較課題を解いて自分が考えた理由を記述する事後課題を課したところ，IF説明条件が他条件よりも，単位あたり量方略の意味説明ができた正答者が優位に多かった。自分が考えた理由を記述する事後課題において式や数字の意味が記述できるということは，混み具合の概念を理解していることを示す。複数解法の提示と説明活動が，概念的理解を促進したといえる。このことについて河崎らは，「１人目の引き算解法の説明活動において，異種量を結びつける気づきが，２人目の単位あたり解法を聴取あるいは説明する際に「今度の解法はどのように面積と花の数を結びつけるか」という把握を可能にし，事後の混み具合比較課題で意味説明を表現することにつながった可能性が考えられる」（p. 20）と指摘している。引き算解法といった他者の持つ知識の提示により，込み具合の解法に関する知識が豊富化され，単位あたり解法にも共通する「同じ面積の花の数で比べれば混み具合を比べることができる」という原理の理解を促進したと考

えられる。これらのことから，他者の持つ知識の活用は概念的理解を促進するといえる。

河崎らは，さらに追加実験を行った。前述した４条件に加えて，説明活動をペアで行う，⑤複数解法＋ペア説明活動(以下IFペア説明条件)，⑥単一解法＋ペア説明活動（以下FFペア説明条件）といった２条件についてもその学習効果を検討した。①～④の条件と同じように教授介入した後，混み具合比較課題を解いて自分が考えた理由を記述する事後課題を課したところ，複数解法＋ペア説明活動を行なった条件が，IF説明条件，FF説明条件を加えた４条件の中で，式の意味や商の数字が表す意味に関する記述ができる児童の割合が有意に多かった。さらに，ペアで説明活動を行う際に「ここはすいている感じで，ここは５つあるから，こっちの方が埋まっている感じがして」のような［スペースの有無］に関する発言や，「１㎡４本入っているから，少しその分スペースがなくなるから，それ掛ける７と５だから，こっちの方が混んでいるように見える」のような［均等分布」に関する発言といった，意味に着目する発言をしていた児童は，速度の転移課題において単位量あたり方略を転移活用できる割合が高いことがわかった。河崎・白水はこれらの結果から，「ペアによる説明活動の促進により，一人での説明活動では至りにくいレベルまで引き算解法の解釈が進み，単位あたり解法の均等分布を理解する上での足掛かりとなる原初的な理解を引き出す事が促され，それを単位あたり解法の説明活動に利用する事で転移課題１に適用可能な均等分布の概念理解に到達する児童がみられたと考えられる」(p. 23）と述べている。ペアで解法の理由を考えるということは，お互いの知識を共有し統合することにつながる。ペアという他者の持つ知識の存在が，子供の事前に有する知識と統合することで豊富化し，話し合いによってその知識がさらに活性化し，概念的理解につながると考えられる。このことから，複数解法という他者の知識の活用が知識を豊富化し，ペアで説明活動を行うことによって，さらに他者の持つ知識との統合が起こり知識の活性化につながり，概念や原理の獲得を促進するといえる。

ペアでの説明活動の中で，意味に着目した児童が転移課題において単位量方略を転移することができた割合が多かったということは，問題の理解と解決の一連の過程において，手続き的知識ではなく，混み具合に関わる正しい概念的な知識を活用した結果である。意味に着目した発言をしているということは，混み具合の概念に着目しているといえる。これは，知識が活性化している状態といえるだろう。このことからも，他者の持つ知識の活用が知識を豊富化・活性化させ，理解が深化するといえる。

このように，河崎らの研究からは，多様な解法の活用という他者の持つ知識やペアによる他者の持つ知識との統合が概念理解を促し「深い学び」につながるということがわかった。また，深い学びを見取る方法として，解法の意味について説明させることや，意味に着目した発言が出現しているかについて発話分析を行うことも有効であるといえる。

数学的概念理解が深まる第五の条件は「他者との協同」である。他者の知識を利用することの有効性については前述したが，河崎・白水(2013）の追加実験では，ペアという他者との協同を通した知識の再構造化が概念的理解を促進させた。他者の知識と自分の知識の統合を促進するものとして，他者との協同的問題解決が有効性をもつのではないかと考えられる。

河野（2012）は，図的表現を協同学習に活用することによる学習効果について研究した。河野は「算数・数学においては，ある一つの概念や考え方が多様な表現を用いて説明されることが多くある。その表現からは，発言者である個々の子ども達の特性が見える。多様な表現がそのまま内容やその表層を吟味されずにいると，表現が異なっていても同一の対象や概念を表象していることが認識されず，個別の具体的な学習や個人的な思考様式となるため，他者との共有ができない（中略）すなわち，子ども達は，目前の「数学に関する多様な考えを表出する」という課題に取り組んでいるものの，そこでなされている行為が数学的にどのような意味を持つのか，数学概念としてどのような表象が見出されるのかといった数学的な問いや議論が生じな

いのである。」と述べ，個々の多様な考えを包括して表象している図的表現を話し合いに活用することが問いや議論を生み，考え直したり思考錯誤したりすることにつながり，より理解が深まると指摘した。

研究事例は小学校算数の小数の乗法の授業である。数直線図のかき方を学習した後に既習の乗除法を思い出すオリエンテーションを行い，2時間の導入授業を行った。導入授業では同じ文章題を使用して「式が正しいことを説明する」課題と「答えが正しいことを説明する」課題に取り組んでいる。オリエンテーションでは乗法の概念につながる発言が見られたものの，そこから概念の拡張までには至らなかった。導入授業の１時間目では，全ての子どもが立式できたが「式の正しさ」を説明することができないでいた。２人の子どもが文章題の言葉のみに着目した説明をしたが，他の子ども達もこの説明に大きく同意するといった様子も見せなかった。この時点では，他者の意見をもとに自分の考えを振り返ったり，吟味したりするといったことは見られていない。次の時間では「答えが正しいことを説明する」課題に取り組んだが，前半は各々の考えを発展させていくような話し合いには展開しなかった。しかし，教師が即興でリットルマスを提示したところ，マスの絵を描いて問題場面を説明しようとする子どもが現れ，他の子どもがその図に対して「つけたし」として発表し，それをまた他の子どもに説明を促した。そこからさらに乗法概念につながる多様な発言が出たり，新たな図で考えを表象する子が現れたり，考えの共有や吟味へと展開していった。一人の子どもの考えを表象した図が媒介となり，図を通して多様な考えに一つの共通する性質を持っていることが可視化され，問題解決が発展していったのである。

この事例では，はじめは形式的な数式操作による説明で疑問は出ず，子ども達はそれを受け入れていたが，一人の子どもの図的表現の表出により試行錯誤につながった。抽象的な図的表現が個々の理解を表象させる媒介となり，多様な意見が表出し既有知識の共有につながったと考えられる。個々の理解が共有されることで知識の統合が促され、子ども達の理解が深化したといえるだろう。このように，図的表現が学習者間にある多様性を可視化することで，お互いの説明を理解したり誤った考えに気付いたりしていく。他者との協同において図的表現を活用し，子どもの理解について話し合うことが，子ども間の課題共有や質問や考えに関するやりとりを刺激し，他者との相互作用を通して既習の概念が拡張し理解が深まる「深い学び」になると考えられる。またこの研究では，深い学びを見取るには既有概念に関する発言や，図的表現の活用について見取るのも有効だと考えられる。

５．総合考察

本稿では，算数科学習における「深い学び」について，政策文章の記述と認知心理学における概念理解の観点から検討してきた。中央教育審議会（2016）の深い学びに関係する記述から読み取れる「深い学び」とは，各教科の特質の見方・考え方を働かせながら思考・判断・表現していく学習活動の中で，知識を活用したり，数学的事象を概念とつなげて理解を深めたりする学びである。国立教育政策研究所（2015）の深い学びに関する記述から読み取れる「深い学び」とは，概念や原理を根拠や理由に活用したり，他の場面に転移したりする「使える」レベルの学びである。これらの政策文章の内容から，概念の理解や概念の活用が重要であると読み取ることができ，算数概念の理解と活用が深い学びの鍵になると考えられた。それを踏まえて，多鹿（2002，2015）から，算数概念の理解には，自身の持つ算数の知識（スキーマ）と，問題文が求める数量関係の知識を統合する「統合過程」が重要であることが明らかになった。

算数概念の理解を促進する条件として，藤村（2011）は，認知的葛藤の活用，領域内の既有知識の活用，領域外の既有知識の活用，他者の知識の活用，他者との共同の５つに整理した。この５つと，先に挙げた「概念の理解」「概念の活用」との関係について，表１に整理した。認知的葛藤の活用は，子供の持つ誤概念や誤った方略を利用する方法である。進藤･中込（2007）の，小学生の誤った内角概念を利用した研究では，

誤概念を含む非典型課題を提示することによって認知的葛藤が生起した。認知的葛藤の生起が，新たな知識と子どもが有する知識の統合に繋がり，知識の再構造化が起こり，「概念的理解の深化」が見られた。領域内の既有知識の活用は，子どもが発達によって得てきた部分的に適切な既有知識を利用することによって算数概念の理解を促す方法である。栗山・吉田（2013）の研究では，子どものインフォーマルな知識を授業に活用することによって割合概念の心的表象ができ，学びの深まりが見えた。領域外の既有知識の活用は，他領域の知識との共通点を問題解決に活用する方法である。麻柄（1992，2001）の研究では，つぶの間の距離という外延量を活用することにより，内包量概念の理解が深化し転移可能な概念となった。他者の知識の活用は，他者の有する様々な知識や方略を利用する方法である。河崎・白水（2009）の研究では，複数解法を提示してその意味について説明させることによって，子どもが事前に有する知識を豊富化・活性化させ，概念的理解を深化させた。他者との協同は，共同学習を通して，他者の知識と自分の知識の統合を促進する方法である。河野（2012）は，図的表現を協同学習に活用することによって，個々の理解を表象され，多様な意見が表出し既有知識の共有につながった。個々の理解が共有されることで知識の統合が促され、子ども達の理解が深化した。

次に，それぞれの先行研究が「深い学び」をどのように見取っているかについて考察する。その見取り方も多様である。進藤・中込（2007）は，図形概念の適切な理解といった学びの深まりを見取るために，優角を含む四角形のような教科書には出題されていない非典型課題を提示し，内角に色を塗らせてどれが内角かを説明することができるかどうかを見取った。これは算数概念の理解の見取りである。さらに，優角を含む六角形と星型十角形いう転移課題を提示し，その正誤を見取ることによって理解した算数概念の活用を確認した。

栗山・吉田（2013）は，割合概念の心的表象という学びの深まりを見取るために，割合の３用法を活用する課題を解く際に，用いた方略を消さないように支持し，計算のプロセスを確認することで，公式に依存しない見積もり方略のような，概念理解に基づいた方略の使用を確認した。それだけではなく，作図課題や関係課題のような，概念理解ができていないと解決できない課題に対する正誤を見取ることによって，割合概念の心的表象を確認した。これらの見取りはどちらも算数概念の理解の見取りと言える。

麻柄（1992，2001）は，内包量概念の理解という学びの深まりを見取るために，調査により領域内の課題を明らかにし，速さや密度などの保存課題のような正答率の低い課題に対する正誤を確認した。これは算数概念の理解の見取りである。さらに，概念の活用という深い学びを見取るために，ペンキの濃さの保存課題といった，授業内容とは違う他の内包量の正答率の低い課題に取り組ませた。

河崎・白水（2009）は，解法の意味理解という学びの深まりを見取るために，混み具合比較課題のような典型課題を提示し，解答の理由を言葉や式や絵などでできるだけ詳しく書かせ，手続きの意味説明を見た。さらに，内包量概念の均等分布の理解という学びの深まりを見取るために，ペアによる説明活動の中でスペースの有無や均等分布といった，特定の概念について触れる発言の有無を見た。これらの見取りはどちらも，算数概念の理解の見取りである。

河野（2012）は，概念理解という学びの深まりを見取るために，問題解決の際に自発的に図的表現を作成・使用しているかを見た。他にも，説明活動の際に図的表現を使用した解法の説明を通して，既有概念に関する発言の有無を見取る事により，学びの深まりを見取った。これらの見取りは，どちらも算数概念の理解の見取りである。

これらのことから，「深い学び」を見取るのに有効な方法は以下のように整理できると考えられる。①優角を含む四角形のような非典型課題において，概念理解に基づいた説明をすることができるかを見取る。②優角を含む四角形のような非典型課題に対する正誤で見取る。③課題を解く際に，用いた方略を消さないように指示し，公式に依存しない見積もり方略のような概

念理解に基づいた方略の使用を見取る。④作図課題･関係課題，速さや密度の保存問題のような，正答率の低い課題に対する正誤で見取る。⑤ペンキの濃さの保存問題のような，同領域内の正答率の低い課題に対する正誤で見取る。（④と⑤に関しては，どちらも正答率の低い課題であるが，栗山・吉田（2013）と麻柄（1992）はどちらも指導内容と直接関係する正答率の低い課題という点で共通しているため一つにまとめた。麻柄（2001）に関しては，指導内容とは異なる種類の内包量の正答率の低い課題を扱っているので④とは区別した。）⑥混み具合比較課題のような典型課題を提示し，解答の理由を言葉や式や絵などでできるだけ詳しく書かせ，手続きの意味説明で見取る。⑦説明活動の中で，特定の概念について触れる発言の有無を見取る。⑧問題解決の際に自発的に図的表現を作成・使用しているかを見取る。⑨説明活動において，図的表現を使った説明を通して，既有概念につなげる発言の有無を見取る。

さらに以上の９つの見取り方を，算数概念の理解と算数概念の活用といった視点で分類すると，①③④⑥⑦⑧⑨は課題そのものに対する理解につながる思考過程を見取るものであるため，算数概念の理解に分類される。②⑤は基礎的な算数概念や原理を他の問題へ転移する事が必要となるために，算数概念の活用に分類できる（表１）。

このように深い学びの見取り方についてまとめてみると，深い学びをいつ見取っているのかという視点でも分けられることがわかる。一つ目は，授業中における深い学びの見取りである。①③⑥⑦⑧⑨の５つの深い学びの見取りは，問題解決過程の活動に対する見取りであり，授業中に行われている。二つ目は，授業後における見取りである。②非典型課題に対する正誤で見取る。④作図課題･関係課題，速さや密度の保存問題のような，正答率の低い課題に対する正誤で見取る。⑤ペンキの濃さの保存問題のような，同領域内の正答率の低い課題に対する正誤で見取る。これら３つの深い学びの見取りは，子どもの概念獲得を意図した授業後に，ある種の転移課題を与えその正誤により深い学びを見取っているため，授業後の見取りといえる。（図１）

次に，算数概念の理解と活用には順序性があるのかを検討する。算数概念の理解に関する見取りは，石井（2015）の主張する意味理解を問

表１　概念変化を促す方法と深い学びの見取り

概念変化を促す方法（藤村，2011）	概念変化を促す方法と関わる先行研究	深い学びの見取り	概念の理解	概念の活用
認知的葛藤の生起	誤概念の活用（進藤・中込，2007）	①優角を含む四角形のような非典型課題において，概念理解に基づいた説明をすることができるかを見取る。	○	
		②優角を含む四角形のような非典型課題に対する正誤で見取る。		○
領域内の既有知識の活用	インフィーマルな知識の活用（栗山・吉田，2013）	③課題を解く際に，用いた方略を消さないように指示し，公式に依存しない見積もり方略のような概念理解に基づいた方略の使用を見取る。	○	
		④作図課題や関係課題のような，正答率の低い課題に対する正誤で見取る。	○	

領域外の既有知識の活用	アナロジーの活用（麻柄，1992．2001）	④速さや密度の保存課題のような，正答率の低い課題に対する正誤で見取る。	○	
		⑤ペンキの濃さの保存問題のような，同領域内の正答率の低い課題に対する正誤で見取る。		○
他者の持つ知識の活用	複数解法の活用（河崎・白水，2011）	⑥混み具合比較課題のような典型課題を提示し，解答の理由を言葉や式や絵などでできるだけ詳しく書かせ，手続きの意味説明で見取る。	○	
		⑦説明活動の中で，特定の概念について触れる発言の有無を見取る。	○	
他者との協同	図的表現の活用（河野，2012）	⑧問題解決の際に自発的に図的表現を作成・使用しているかを見取る。	○	
		⑨説明活動において，図的表現を使った説明を通して，既有概念につなげる発言の有無を見取る。	○	

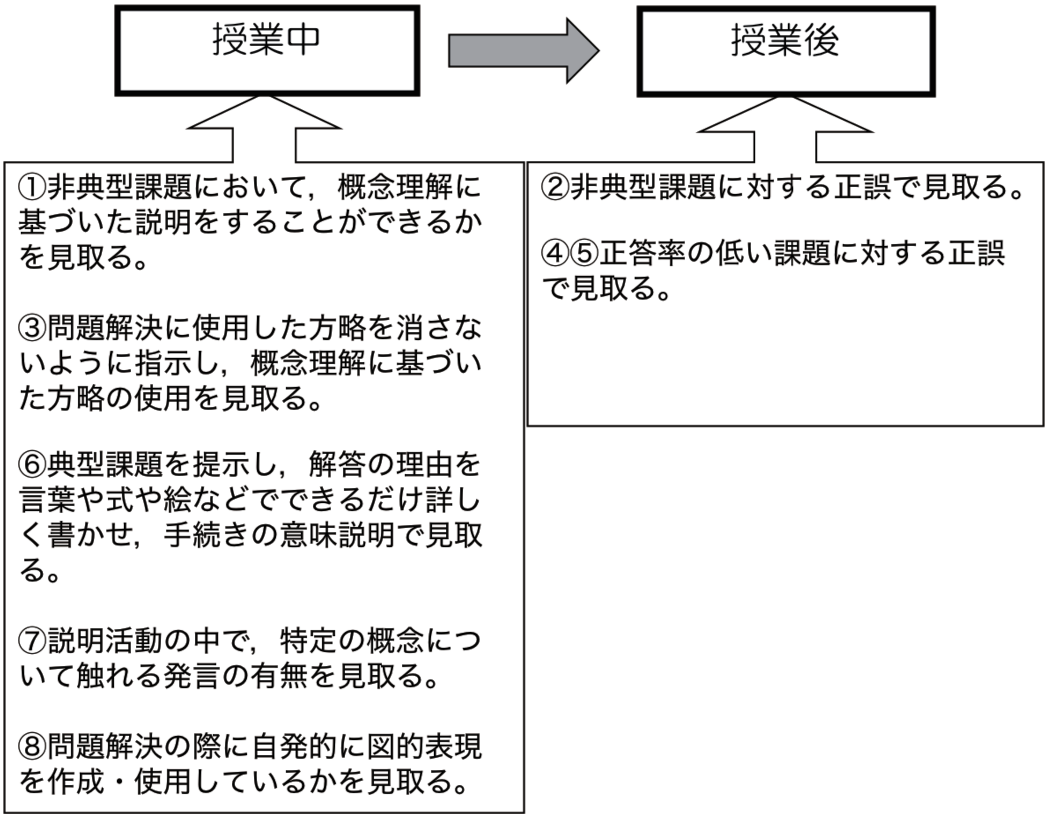

図 1　深い学びの見取りの種類

う課題（「わかる」レベルの課題）と関連づけることができ，後者の算数概念の活用に関する見取りは，知識・技能の総合的な活用力を問う課題（「使える」レベルの課題）と関連づけることができると考えられる。このレベルについては，階層になっており学習の質的なレベルによって分けられている。進藤・中込（2007）では，正しい内角の選択ができる（算数概念の理解）ことにより,転移課題の解決に繋がった（算数概念の活用)。麻柄（1992．2001）では，速さと密度の保存の理解（算数概念の理解）の授業を行うことによって，ペンキの濃さの保存といった，他の内包量の概念の理解に繋がった。これらの流れから，算数概念の理解が達成することによって算数概念の活用につながるという順序性があることがわかる。石井（2015）の主張する通り，概念の理解と活用は学習レベルの階層になっており，概念の活用がより深い学びといえるだろう。

最後に，これまで「深い学び」を実現させる方法やその見取り方について考察してきたが，これらは必ずしも単一での活用では考えないことが重要である。前述した先行研究においても，誤概念と図的表現を組み合わせたり，複数解放についてペアで話し合ったり，複数の方法を活用している。これらの結果からは，多様な指導方法を教師が提示する事によって，「深い学び」の実現をより促進させると示唆している。

６．引用文献

中央教育審議会 (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） 中央教育審議会

国立教育政策研究所 (2015)．『資質・能力を育成する教育課程の在り方に関する研究報告書 1～ 使って育てて 21 世紀を生き抜くための資質・能力 ～』 国立教育政策研究所

藤村宣之 (2011)．教授・学習活動を通じた数学的概念の変化　心理学評論，54，296-311.

布施川博美・麻柄啓一 (1989)．「児童の速さ概念に関する教授心理学的研究」 千葉大学教育学部研究紀要，37，55-66.

石井英真（2015）．『今求められる学力と学びとは～コンピテンシー・ベースのカリキュラムの光と影～』 日本標準，20-30

河崎美保・白水始 (2011)．「算数文章題の解法学習に対する複数解法説明活動の効果−混み具合比較課題を用いて−」 教育心理学研究，59，13-26.

河野麻沙美 (2012)．『算数授業における協同的な学習過程の検討』 風間書店

栗山和宏・吉田甫 (2013)．「子供の思考を基にした教授介入：割合概念について」 愛知教育大学紀要，62，99-104.

麻柄啓一 (1992)．「内包量概念に関する児童の本質的なつまずきとその修正」 教育心理学研究，40，20-28.

麻柄啓一 (2001)．「内包量に関する学習者の誤概念」 科学教育研究，25，295-302.

文部科学省 (2016)．小学校学習指導要領解説（算数編） 文部科学省

進藤聡彦・中込裕理 (2007)．「小学生の誤った内角概念を利用した発展的な学習」 教授学習心理学研究，３，13-19.

多鹿秀継・山本克二 (1998)．「算数問題解決における転移効果」 愛知教育大学教育実践総合センター紀要，創刊号，１−８.

多鹿秀継 (2002)．「算数問題解決に影響を与える知識の吟味」 愛知教育大学研究報告，51，53-60.

多鹿秀継 (2015)．「小学生の算数文章題の解決過程」 心理学ワールド，70，13-16.

附記

本研究は，科学研究費基盤研究Ｃ「21 世紀型能力としての批判的思考力を育成する中学校の授業デザイン」（代表者：道田泰司　課題番号 16K04306）の助成を受けたものである。