

一人ひとりが使いやすい図を活用する協調的な算数授業の効果 Effects of collaborative math class that fosters free choice of diagramming strategies

中村 嘉美[†], 白水 始[‡]
Yoshimi Nakamura, Hajime Shirouzu

[†]放送大学教養学部, [‡]国立教育政策研究所
The Open University of Japan, National Institute for Educational Policy Research
nakamura.net443@gmail.com, shirouzu@nier.go.jp

Abstract

It is important for teachers and researcher of math education to examine whether children can understand notoriously difficult units by drawing and scrutinizing diagrams collaboratively. This study examines its effect in a unit of ratio by tracing the same children from their 5th to 6th grade. We found that they gradually learned to select appropriate kinds of diagrams according to content and difficulty of each problem, use them for discussion, and solve problems.

Keywords — Collaborative learning, Mathematics, Diagramming

1. はじめに

算数科の指導過程で、図表は児童の理解を助けるツールとして日常的に使われている。しかし、授業を継続観察してみると、作図は問題解決の過程に組み込まれてはいるが、作図自体は学習目標とされておらず、複数の作図に慣れることやそこからの自主的な作図選択、図を用いた説明の機会等が意図的・組織的に導入されている実践は少ない。また、児童は作図を難しいと感じており、教師の指示があれば利用するが、自ら活用する児童は少数であり、その有用性を実感できていない。

本研究は、児童が作図の有用性に気付く、問題理解や問題解決の過程で自ら図を活用する姿をめざしたものである。図を使って「分かった」「できた」という算数科ならではの成就感や達成感は、学習意欲の喚起にも寄与するものと考ええる。

また、児童が理解の困難さゆえに作図の必要性を意識することを期待できると考え、5年生「割合」と6年生「速さ」単元を題材として取り上げた。

1.1 研究の目的と意義

教師は、算数問題の理解に図表の利用が効果的であると理解しており、授業では日常的に図表を使用した指導が見られる。しかし、実態は図を使用する目的が分からないままに終わる授業があることを否定できない。特に、経験の少ない教師は一律な指導になりがちで、同じ図、同じ解法で指導し、授業の最終場面で収束的に解法を絞る。いわゆる「教え込み」と形容される授業である。教師は「教える人」、子どもは「教えられる人」という立場で固定化され、子どもは学習の主体者として尊重されず、学習活動の随所に教師の説明やまとめを入れ、子どもを指示待ちにさせてしまう。

白水(2010)は上記のような授業モデルを「収束型」と言い、「拡散型」モデルと区別している。

「協調学習において、多様な意見の『収束』が全員共通に起きるのか、各自が多様な意見を『統合』しようとはするが、その過程も結果もちがっており、そのちがいがさらなる学びを引き起こすと見るのがより大事な区分だろう。前者を『収束型』、後者を『拡散型』とよんでもよい。学びが各自の説明モデルをつくることであり、協調がちがいの相互作用を通して独自の理解を深める性質をもつものだとすれば、『拡散型』のモデルの方が協調学習の効果をいっそう高め得る。」(白水,2010,p147 より一部編集)

上記「収束型」モデルが小学校の算数授業で通常見られる形態である。第1著者の経験では、ある単元を同じ形式の解法、図で通して指導すると、

ほとんどの子どもはその解き方，その図に収束して覚える傾向がある．例えば，公式の暗記，特定の図式に数値を入れる，などである．

一人の教師に1年間学ぶことには習熟度が深まるよさがあるが，上記のように学びを狭量化してしまう危惧もある．

一方，担任の交替やティームティーチングなどで，子どもは違う解法，別の図も使えることを学ぶことがある．それらの経験を積み重ねて，子どもはメタ認知的に問題の領域や内容，難易，構成される数値などによって使いやすい図が違ってくることに気付くのではないだろうか．

しかし，教師の指示を待つ学習する子どもは，自身で解法を決めることや解くための作図選択に不慣れであり，戸惑いを見せることが多い．

「拡散型」の協調学習は，こういった場面でこそ有効である．ペアやグループの少人数の形態では，多くの子どもは話しやすく，「分からない」や「説明して」を言いやすくなる実態がある．自分のかいた図や式を示す時，違った考えや違った図の出現があると，コミュニケーションの足掛かりとなり，話し合いが始まるのである．「これはどういう意味なの」「なぜ，ここに〇〇という数値が入るの」などである．同じ問題を解いているが，それぞれの子どもがとらえた表象に違いがあるからこそ，「理解したい」という学びの必然性が生まれる．同じ問題で数値や問題構造を承知しているからこそ自身の考えや作図のモニタリングが可能になる．こうした話し合いや学び合いの蓄積が，子ども一人ひとりにとって問題理解や解決のツールとして図が認知され，さらに図の質が向上することをも期待できると考えた．

子どもが選択した図等には，子どもの理解の様子が現れる．評価の観点から考えると，図やその周辺の書き込みからは，一人ひとりの理解や，思考の立ち止り，躓き等が読み取れる．これは評価のチャンスであり，教師の子どもを見る目，即ち評価力を鍛えることにも繋がると考える．

上記のように，子どもが問題理解の場面で自ら選択した図をかき，話し合いながら主体的に学ぶ

ことを目的として本研究を進めていくことにした．

1.2 先行研究の検討

植阪(2003)は「教師は授業で図表を利用することを通じて，問題解決の道具として図表を利用することを期待しているが，実際には十分に利用されていない」と述べている．そして，「図表を問題解決の道具として利用するために、『かき方トレーニング』や『言語的利用促進』という付加的な介入方法を導入し，自発的な図表の産出量が増加した」と述べている．(植阪,2003,p114 より一部引用)しかし，線分図などの抽象的な図表が必要となる問題では，不十分であり，さらに学習者が図表の有効性を「実感」することが重要であるとの市川(2003)の言も引用している．これらは「認知カウンセリング」をベースとした研究であり，特設したゼミナールに応募した中学生を調査対象として図をかかせており，多様な図の選択，作図の効果には言及していない．

また，「小学生は算数文章題に対してどの程度適切に図を書けるのか」(吉野巖ら 日本教育心理学会 50 回総会)でも，作図に関して文章理解段階における問題をもつ子どもの存在や，倍数関係を適切に表現できないことを述べている．

その他，算数・数学教育研究者による「算数文章題理解における図表の役割」等についての先行研究は多々見られるが，本研究のように同一小学生を対象に，5年生から6年生にかけての約1年を継続した実践研究はほとんど見られなかった．

これら先行研究を参考にしながら，小学校普通学級の子どもの対象に，「一人ひとりが使いやすい図を活用する，協調的な算数授業の効果」の研究に取り組むことに意義があると考えた．

1.3 研究仮説

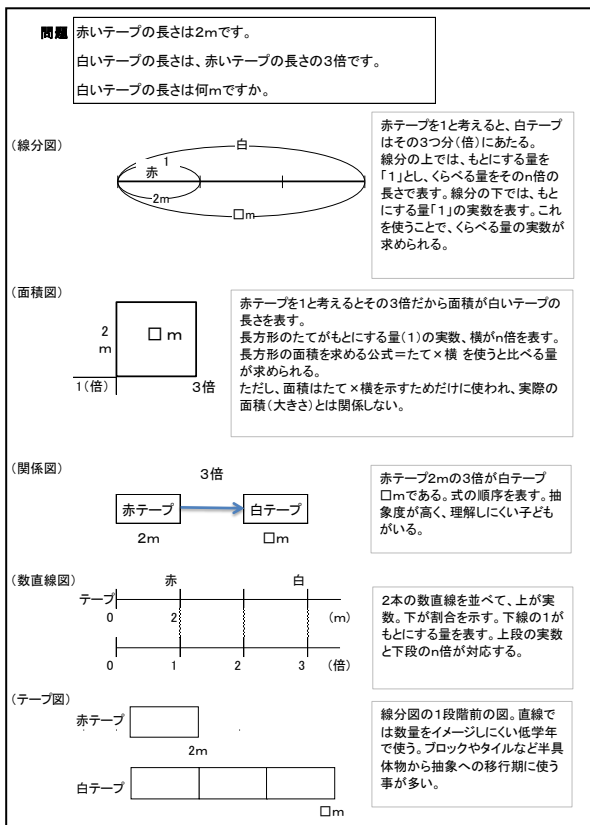
問題理解の過程で，一人ひとりが選択した図で可視化を図り，協調的な学習場面で話し合いのツールとして活用することができれば，児童の問題理解に効果が見られるだろう．

1.3.1 一人ひとりが多様な図を選択する意義

図のそれぞれに違いがあり、問題の難易、子ども一人ひとりの学習履歴や分かりやすさ、抽象度、表現力や好みの違い、教科書に掲載の有無、教師の選択基準や使用頻度など、子どもの選択に影響を与える要素は多々ある。図を単一に絞ることは、子どもによっては負担であり、理解に影響を与えることが予想される。

また、選択を子どもに委ねることは、子ども自身によって習熟度を高めること、学習ツールとして認知することにつながり、以降の学習への活用が期待できると考える。

なお、本研究で子どもたちが使った図の詳細は次の囲みの通りである。



1.3.2 協調的な学習を取り入れる意義

白水の「拡散型」学習モデルでも述べたが、協調的な授業形態の基本は、人に話したり、図を示したりしてグループの子ども一人ひとりの考えが見えることである。また他人の考えが見えたところで、互いの考えを比べて共通点や違う点を探し、その差異を新たに自分の考えに取り入れたり、深めたりするための素材として活かすことができる。

本研究においては、子ども一人ひとりの選択が多様であるからこそ、様々な学習形態に協調過程が求められる。問題把握を可視化するツールとしての図に違いがあることで、その集団には分かり合うための話し合いが必要となるからである。図は、コミュニケーションのきっかけとして作用し、互いに「聞く・話す」を繰り返すことは、モニタリング機能も期待できると思われる。

協調によって子ども一人ひとりの知識構築が支援でき、さらに、教師にとっては子ども一人ひとりの学習過程を知ることができる。作図の記録はポートフォリオ的な形成的評価も可能になると考えた。

2. 研究方法の概要

2.1 調査期間

2014年1月～2月(5年生)

2014年4月、7月、9月～10月(6年生)

2.2 調査対象

石川県公立小学校5年生～6年生(同一)

1クラス(児童数 33人)

2.3 授業の概略

同一クラスで5年「割合」6年「速さ」で授業実践した。「割合」は授業者が少人数担当教員で第1著者が補佐、「速さ」は第1著者が授業者、担任が補佐をした。

5年時は「問題理解のための作図を学習過程に入れる」「協調的な学習形態の導入」を指導目標とし、6年時は、「一人ひとりが使いやすい図を選択できるようにする」「協調的な学習過程で、選択した図をコミュニケーションツールとして活用する」を指導目標とした。

2.4 データ収集の方法

・5年時 第1著者による授業発話の筆記、「割合マスターになろう」(児童自己評価カード)、写真(板書、WB含む)、テストプリント、第1著者による座席表カルテ(形成的評価)、アンケート

ト

- ・6 年時 毎時ビデオ録画, IC レコーダー録音, 「速さ博士になろう」(児童自己評価カード), 写真(板書含む), 児童ノート, テストプリント, 第1 著者による座席表カルテ (形成的評価), アンケート, インタビュー

3. 研究実践結果

3.1 5 年「割合」授業

事前調査では, 使いやすい図として数直線図を挙げる児童が多かった. 学習過程では, 教科書に掲載され, 教師が例示した関係図と線分図をかく児童がほとんどであった. 第7 時の場面である.

定価 45,000 円のテレビがあります. このテレビを定価の 6 割引で買いました. 何円で買いましたか.

単元末に「割合の差から比べる量を求める」学習課題があるが, 本時は未習の段階で上記は練習問題の中の一問である. グループで協調的な話し合いの後, 全体で交流した.

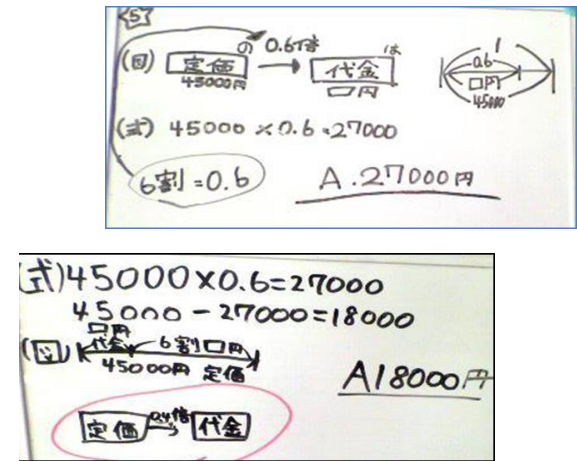


図1 グループの考え方を提示する白板

2通りの答えが出たことにより, 多くの児童が話し合いに参加できた. しかし, 「6 割」と「6 割引」の違いを言葉で説得させることができず, 教師説明に終わってしまった. 関係図, 線分図が示されていても活用できなかった例である.

図にはそれぞれ違った利点があり, 使用する図を限定すると, 苦手とする, あるいはかけない児童がいる. 本単元では, 黒板や白板を児童に任せ

て関係図, 線分図, 数直線など複数の図を使い, 問題解決の過程や立式の根拠を繰り返し説明し合う場があったにもかかわらず, 作図の定着には至らなかった. 原因として図の抽象度が高く児童にとって難しかったと考えられるが, 「なぜ図を使うのか」「どのようにかくか」といった理解と習熟に充てる時間も必要だったと思われる.

「割合」学習全般が, 児童にとって難しい単元であることを再確認した形になった. 中には「図が得意になった.」と振り返りカードに記述する児童もいたが, 図をかいて問題を理解すること, 図をかいて考えてみること自体が, 多くの子どもにとっては自身の理解を助けるものと認識されておらず, 今後さらに継続的な指導が必要であると考えた.

協調的な学習過程を取り入れたことに対する児童の反応は, 「一斉学習より説明や質問がしやすい」と好印象を持ち, 話し合いのツールや理解の外化として複数の図を比較する様子が見られた. 単元終了後のアンケートでも「楽しかった」, 「他の単元や教科でも協調的な学習活動をしたい」という感想があった. 教師の教授的な指導を待つ従来型の授業と比較して, 日頃は参加度の低い児童が発言したり, 反応したりしていることを歓迎する記述も複数名に見られた.

3.2 6 年「速さ」授業

平成 26 年度 4 月実施の全国学力・学習状況調査で「割合」関連問題を調べると, A, B 問題にテープ図, 線分図が提示されている. (次頁図 2 参照) 作図理解の違いが正答率に表れているのではないかと考え, 「速さ」単元学習時の作図選択を以下の 3 種に分けて調べてみた.

表 1 図選択にみる正答率

	児童のタイプ	A 問題	B 問題
図 選 択	主に線分図(a,b)	93.8	65.6
	主に面積図(c,d)	44.4	38.9
	併用 (e,f)	100	62.5

(記号は, 図 4 における基準を表す)

この数値から、「主に面積図」選択児童は、5年時に線分図表現の理解が不十分であったためA問題の正答率で差が大きかったと予想できる。

B問題においても、このグループでは無答が見られ、6年4月の時点では「割合」概念及び線分図、テープ図の理解が十分でなく、その後の作図選択に影響を及ぼしたと思われる。

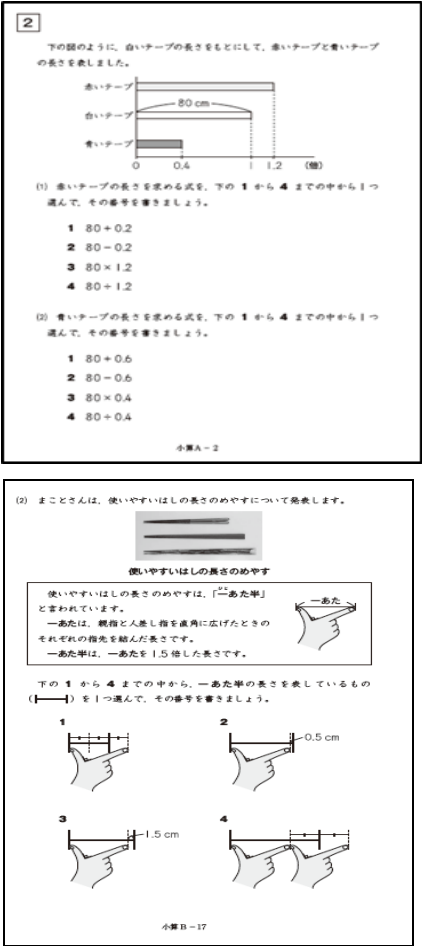


図 2 H26 年度 4 月実施全国学力・学習状況調査 A,B 問題の一部（国立教育政策研究所）

6 年進級で担任が交代し、5 月以降分数の乗除算等で、児童は面積図などさらに多様な図を学習し、作図の習熟も図られた。そこで、9 月「速さ」単元では「一人ひとりが使いやすい図を見つけて、活用しよう」を目標に設定した。

図 3 は、作図選択の推移を実施順に表したものである。当初は図がかけない児童もいた。しかし、様々な形態の協調的な学習過程で周りの児童の複数種類の図を見たり、説明を聞き合ったりするう

ちに、試行錯誤を繰り返しながら、自分にとって最適の作図選択ができるようになっていったと思われる。特に、線分図理解が十分ではなかった児童が、面積図を選択するようになっていったと推測できる。（表 1 参照）

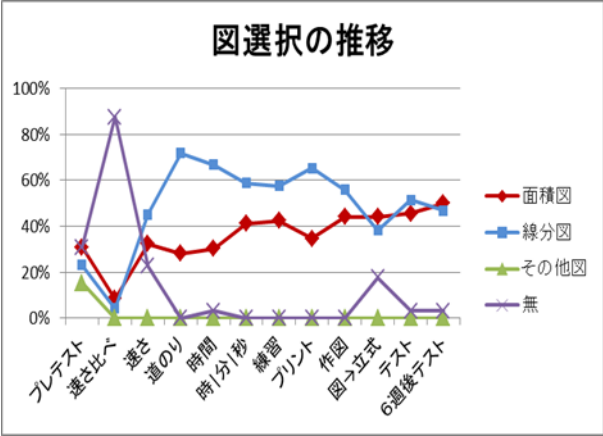


図 3 児童自身が選択した図の推移

作図選択の推移を単に座席やグループに依存したものではないかとの予想もできたが、ノートと座席表カルテの追跡で、結果として毎時の選択は、協調的な話し合いでそれぞれの良さを理解すると、その図を試行したり、選択が移行したりしている。しかし、再び元の図種に戻ったり、複数の図を使ったり、と一人ひとりが様々に変化していることが分かった。さらには、問題文の難易度や使用単位の複雑さなどから、自由に図を使い分ける児童も出現してきた。

次に、作図選択の理由を質問紙によるアンケートで調べると、「かんたん」「かきやすい」がどの図の選択にも多かった。目立ったのが、面積図選択児童に多い、立式時の有用性を挙げる回答であった。面積を求める公式が児童に最も熟知されたものであり、比例関係に基づく乗除算で解答を求める問いでは、成績下位の児童にも効果を示すことが分かった。今後の図の活用について、1 名の無答を除き全員が「現在使いやすい図」を「今後も使う」と答え、図の有用性に気付いている。

問題によって図を使い分けている児童に 1 対 1 の対面でその理由を尋ねると、次ページ表 2 のようにそれぞれ自身の基準があると答えた。

表2 図を使い分ける基準

図	インタビューで児童が話した内容
主に線分図	・ 分数の乗除算は面積図 ・ 一番分かりやすいのは数直線図.問題によって図を選ぶ.線分図は単元によって ・ 位置関係が簡単.上に時間,下に距離,図は得意
主に面積図	・ 簡単だから.時々は線分図.関係図は「割合」だけ ・ 面積図は×算か÷算かがすぐ分かる.「割合」は関係図.今は面積図,「比」も面積図 ・ 面積図で解決できない時,線分図.単位が違う時とか.分からない時は,線分図をかくてから面積図をかく.「割合」から図が好きになりよく図をかくようになった.
複数	・ 頭の中で「面積図→式」は作りやすい.かくのは線分図.式がすぐに分からない時は面積図,すぐ分かる時は線分図を選ぶ.

3.3 5、6年を通した作図と成績

「速さ」学習時の図選択により、児童を下記の基準でa～fに分け、文中の数字を使い1回の立式で解答できる易問題の正答率推移を調べた(図4).最も理解度が低かったdグループも速さ②では90%近くまで上昇したことが分かる.

- a：ずっと線分図を使い続けた
- b：最初はかけなかった線分図をかき始めた
- c：ずっと面積図を使い続けた
- d：最初はかけなかった面積図をかき始めた
- e：両方を使い分けた
- f：途中から図の選択をかえた

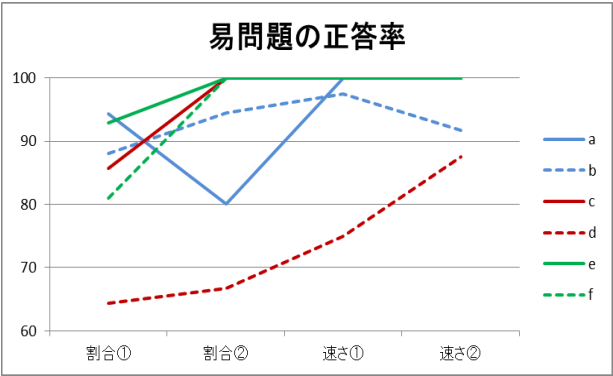


図4 作図選択グループ別正答率の推移

一方、複雑な問題や複数の立式を要する難問題では、成績上位児童には成果が見られたものの、下位児童（特に面積図選択）は作図ができなかったり、解答を得られなかったりした.

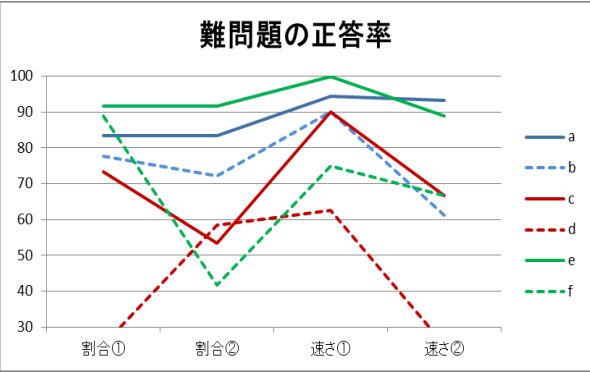


図5 作図選択グループ別正答率の推移

その理由を考えると「割合①」「割合②」「速さ①」は、単元終了時に実施した市販の単元の総括的評価テストの結果である.「速さ②」は教科書会社作成問題から出題しており難易度が高かった.さらに単元終了6週間後の実施であり条件面に違いがあったことが違いに表れた.

3.4 児童の変容

約1年に及ぶ授業観察を経て、学級や児童に変容が見られた.

A児は「割合」学習時にはほとんど活躍の場面が見られず、グループ活動でも孤立している印象があり、評価テストの得点もふるわなかった.しかし、学びに対する真摯な態度は、ふりかえりカードの自己評価に「分かった」「分からない」内容が的確に表現されていることで印象に残っていた.しかし、教師や第1著者の問いかけには答えることは無かった.

そのA児が、6年後期の学級委員に立候補し信任されたのである.「速さ」単元の途中からは一貫して面積図を使い、指名すれば黒板に図をかき、途中までではあっても説明し、グループでの話し合いにも自然に参加するようになっていた.「速さ」単元終了時にインタビューすると、A児は、以下のように答えた.

(面積図は) 式が面積の公式でやりやすい. 公式は面積÷横とか決まっているから, 割算かけ算かすぐ分かる. 線分図は, 分からんしいや. 面積図は分かるけど, 自信があるとまではいかない. どんな問題でも解けるわけじゃないし. 「速さ」テストは100点でうれしかった.

担任の学級経営上の配慮の成果ではあるが, A児自身が「自分が使える学び方」を獲得し, 意欲的な学習態度を見せていたことの成果であろう.

まわりと同じでないと不安を見せていた児童たちが, 自分自身の解法や作図の選択に自信を見せ, さらに他の解法や図に関心を広げていく変化は, 授業中や第1著者との自信ある答え方に見ることができた.

4. 考察

本研究の成果は, 児童が協調場面で自らの解法とは違う図を使って問題解決ができることを経験し, その繰り返しの中で, 児童自身にとって使いやすい図を見つける姿である.

研究開始時は, 教師の指示や板書で, 教科書掲載の図を見たり, 写したりして図をかいてはいるものの, 自らの解法方略として活用できる児童はごく少数であった. せっかくかいた図がありながら, ことばや式を使った説明に頼り, 話し合いの成立自体が困難であった. つまり, 作図の目的を認知していたとはいえない状態であり, 活用しきれないのは教師も同様であった.

教師(大人)と児童の認知バイヤスもあり, 「なぜ分からないのか」を巡り, 互いに理解しあえないままに作図方略の良さも「割合」の理解も不十分なまま単元, そして, 5年生が終了した. 3つの公式や「くもわ」に頼る児童の姿があり, この時点では児童にとって下学年時の絵図やテープ図と比較して数量を線で表す抽象度の高さが理解困難の原因であろう.

6年生になり担任が替わり, 4月の全国学力・学習状況調査後から, 分数の乗除を始めとする「割合」関連の学習単元が続く. 分数の授業では, 指

導法として定評がある面積図を使い, 多様な作図方略があることを経験し, 習熟の機会も意識的に多くした.

また, 担任は日常的に, ペアやグループでの協調過程を多く取り入れていた. 一斉学習においては黒板を児童に開放し, 児童自身の学習履歴を重視したノート作りを算数学習の要としていたことも挙げておきたい.

「速さ」単元で, 授業者は第1著者に替わり, 作図選択を児童自身に委ねるようにした. 単元導入の授業で, 作図方略を勧めると, 「先生, どんな図をかくのですか?」という質問が返り, 「どんな図でもいいよ. 得意な図をつくろう.」と答えた時が分岐点であった. 児童は戸惑った表情をみせたものの, 以降はまわりの児童にとらわれることもなく学習の主体者として自ら作図を選択していた. さらに, 問題理解の場面でどこから着手するかについても自己選択する様子が見られた. それまでは, 教師が指示する順に式, 図, 答えを書き, 最初に躓けば, そのまま止まっていた児童に, 試行錯誤する姿が見られるようになった.

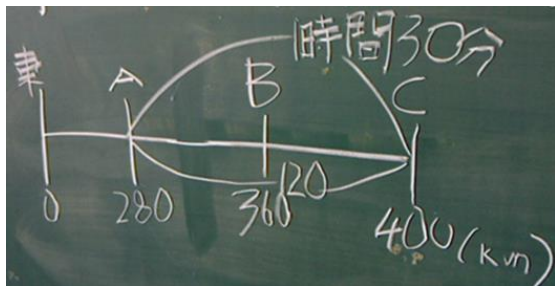
この推移を継続的に観察すると, 児童は自分自身にとって有用な図を認知できるようになり, その選択が日々変化した. 結果, 易問題ではほとんどの児童が高い正解率を示し, 「割合」から「速さ」へと正答率は上昇し続けた. この結果から, 作図選択を児童自身に委ねたことには一定の意義があったと言えるだろう.

反面, 複雑な内容や複数の立式を要する難問題で, 下位児童は試行錯誤の形跡を残しながらも, 形式的に図や式に数値をあてはめてしまう従来の姿が見られ, 今後の課題である. 公式に数値を代入するだけの解法等に依存し, 解答が得られればよしという指導ではなく, 作図の過程まで吟味した意味理解が必要であり, さらに作図に習熟し, その有用性を実感させる教師の意図的, 継続的な支援が必要である.

問題理解の方略としての効果は, まだ十分とは言えないが, 複雑な問題に直面した時に, 従来選択していた図では理解できないと判断し, 別の図

をかいてみたり、複数の図で試行したり、さまざまに加工したりして挑む児童が見られた。この姿には、未来の自立した学習者としての足掛かりを期待できる。

下の板書写真は、日頃は面積図選択タイプの児童が、列車の時速を求める問題で線分図に数直線の要素を取り入れ、時間と距離を線分の上下で使い分けたものである。このように、自身で問題理解に役立つように図を柔軟に加工していく姿は、本研究のめざすところである。



次单元「変わり方を調べて」の授業でも、自ら作図方略を選択する児童の姿を見ることができた。この单元では、教科書に図の記載は全く無く、教師の板書提示もなかった。しかし、机間巡視をすると線分図、数直線図、面積図とそれぞれに図を使って解決できないかと試し、自発的な作図選択の定着が伺われた。さらに、作図選択の理由を問うと、その図の特性と問題内容を関連付けて語る姿に驚かされた。

学習指導案を見ると、教師の指導観に作図の有用性を認める記述は、随所に見られる。しかし、その有用性を児童が実感できるような配慮が現状では十分ではない。例えば、問題理解の過程で作図方略を取り上げた場合、解の数値的な大小の見通しを持つ、解の確認をする、など複数場面でその図を活用することができる。解答を得た場合に、図にその数値を置き換えて正解の確認が可能であることなど、学び方としての作図方略のよさや有用感を児童自身が実感できるような指導を意識的かつ丁寧に取り入れていくことを提案したい。

現行教科書(h27年度版)は、比例数直線の使用が多数を占めている。これは、図式が問題理解

や解決に有効であることを、経年的に理解を重ねていく点では非常に有効であろう。しかし、子ども一人ひとりの分かり方、認知過程には違いがある。その多様性を認識できるよう認知科学の知見を得ることを若い教師に伝え、子ども自身が作図方略を「使える解法」「使える図」と認識していけるような協調的な学習方法の研究を共に進めたい。

参考文献

- [1] 植阪友理(2003), “数学的問題解決の道具としての図表の利用を定着させる授業法の提案” 学校臨床研究 2(1)東京大学 pp114-119
- [2] 植阪友理(2014), “数学的問題解決における図表活用の支援”, 風間書房
- [3] 三宅なほみ, 白水始(2003), “学習科学とテクノロジー”, 放送大学教育振興会
- [4] 白水始(2007), “協調学習における理解深化プロセスをどうとらえるか” 秋田喜代美ら編 “はじめての質的研究法 教育・学習篇” 所収, 東京書籍
- [5] 白水始(2010), “第9章 協調学習と授業”, 高垣マユミ編著 “授業デザインの最前線Ⅱ”, 北大路書房
- [6] 白水始(2014), “第5章 新たな学びと評価は日本で可能か”, 三宅なほみ・益川弘如・望月俊男(監訳・著)『21世紀型スキル: 新たな学びと評価の新たなかたち』, 北大路書房, pp.207-223.