

# 琉球大学学術リポジトリ

算数科における児童のつまずきの背景に着目した授業改善：「内包量（速さ）の単元」を通して

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 琉球大学大学院教育学研究科 公開日: 2020-04-20 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 長浜, 朝子, Nagahama, Asako メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/20.500.12000/45726">http://hdl.handle.net/20.500.12000/45726</a>

# 算数科における児童のつまずきの背景に着目した授業改善

— 「内包量（速さ）の単元」を通して—

Lesson Improvement Focused on the Factors of Children's Difficulties in Mathematics:  
On Intensive Quantity of Velocity

長浜朝子

Asako NAGAHAMA

琉球大学大学院教育学研究科高度教職実践専攻・宜野湾市立嘉数小学校

## 1. 問題関心

問題やテストの際に出る誤答を、一般的には「つまずき」ととらえるであろう。算数科においては、解法は知っているが意味はわからないまま答えを出している児童もおり、子どもがこれまでの生活や学習経験をもとに得てしまった誤った概念や思い込みによるつまずきもあると推測できる。そのような子ども自身も自覚していない隠れたつまずきもあるのではないだろうか。たとえば、「混み具合」や「速さ」は「内包量」とよばれるが、児童にとってその理解は難しく、つまずきを多く生み出す単元であることが麻柄(1992, 2001)、藤村(1997, 2012)などにより指摘されており、「混み具合」の問題は全国学力・学習状況調査においても課題に挙がっている。子どもにとって、内包量はなぜ難しいのであろうか。また、なぜつまずくのであろうか。

自分が考えたことをつまずきととらえて思考したり表現したりする子どもはいないであろう。それを、教師が「問題文をよく読んでいない」「あわてて計算している」と表面的にとらえたり、原因を子どもに求めたりするのではなく、「どう考えたのか」「なぜ、そのような解答をしたのか」といった問いを持ち、子どものつまずきに着眼することから子ども理解や指導の改善・充実を図り、明日の授業に活かしていきたい。つまずきは子どもの持つ知識そのものの反映であり、その背後にある考えを理解することができれば、子どもの思考や知識を推定することが可能となり、指導方針も自ずと明らかになるはずである。

このように、教師のつまずきの見方、活かし方を変容させることで、算数の授業改善・充実に向かう新しい視点を見出すことができるのではないかと考える。

## 2. 研究目的

本研究は、内包量（「速さ」）における子どものつまずきの様相やその背景を明らかにし、これを授業改善に活かすことを目的とする。

## 3. 本研究と関連する先行研究

### (1) 本研究におけるつまずきの定義

銀林(1983)は算数におけるわかり方について、「やり方がわかる—手続きの習得(できる)」,「わけがわかる—意味・内容の理解(わかる)」という「2つのわかり方」があると述べている。そして、「この2つのわかり方は必ずしも一致しない」と言い、「やり方がわかっていても意味がわかったとは言えず、逆

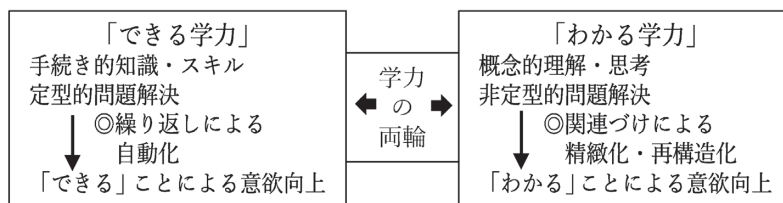


図1 学力の心理学的モデル(藤村, 2012)

に意味を理解したからといって手続きを身につけたとは限らない」と指摘している。

一方、認知心理学の領域においても、繰り返しによる手続き的知識の獲得過程と関連づけによる概念的理解の深化過程は区別されており（藤村，2012），学力を「できる学力」と「わかる学力」に分けて構造化している（図1）。

小松（1994）は、誤答を「単なる誤答」と「算数的な拮抗を促す意味ある誤答」に分類し、「単なる誤答は明らかに写し間違い等とされるもののみ」とし、手続きや概念に関わる計算ミス等も「意味ある誤答に含める」とした。この「意味ある誤答」に「生活経験に基づく誤概念」を含めた誤答を本研究における子どもの「つまずき」ととらえ、研究を進める（図2）。

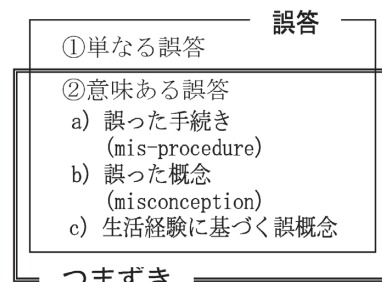


図2 つまずきと誤答のモデル  
（小松（1994）をもとに筆者が作成）

## （2）内包量に関する先行研究

### ① 内包量とは

内包量とは「強さを表す量」であり、「広がり」の量である外延量と対置され、外延量は合併という操作に関して加法性を満たすのに対し、内包量は加法性を満たさない（銀林，1992）。速度、密度、濃度などが代表的な内包量で、「速い⇨遅い」「密⇨粗」「濃い⇨薄い」など知覚による認識と結びつきやすい。内包量の多くは「速度＝距離÷時間」「人口密度＝人口÷面積」のように、通常、2つの外延量の商によって数値化されるが、内包量が2つの外延量の間で構成されるというのは子どもにとっては難しい（銀林，1992）。また、内包量は小学校中学年までの乗除法と中学校以降の関数をつなぐ結節点にあたる重要な概念であることから（藤村，2012），算数・数学教育において大きな意義を持つ重要な教材である。

### ② 内包量概念におけるつまずきについて

内包量概念の形成については教育心理学的立場からの研究も多く、これらの先行研究から得られた知見を授業改善の視点として取り入れていくことも必要だと考える。

布施川・麻柄（1989）は、「走る距離の大小や時間の大小にかかわらず同じ速さであることを理解しているか」という「速さの保存」課題を用いて、速さの単元を学習済みの6年生に対して調査を行い、速さ・距離・時間が未分化である児童が存在することや「速さの保存」の理解が成立していないことを明らかにし、教科書の「速さの定義」では説明が不十分であることも指摘した。また、麻柄（1992）は、他の内包量（人口密度と物質密度）に関する児童の理解についても調査し、公式を正しく用いることができても保存問題ではつまずく児童が多く、内包量の基本的な性質の理解が十分ではないことを明らかにしている。そして、教育実践に対する示唆として、①内包量を最初から存在している量として位置づけること、②「定義（説明）」と「表示（算出）方法」を区別すること、③保存問題を意図的に取り上げること、の3点を挙げている（麻柄，2001）。さらに、辻ら（2010）が中・高・大学生を対象に行った内包量の概念形成に関する調査においても、「内包量の保存」の理解と第3用法の関係性の理解に課題があることが確認されている。

一方、藤村（2012）は、内包量概念の獲得においては2量の符号化（2量の関係）、等価性（倍数関係）の認識、単位当たりの認識が不可欠であることを指摘し、子どもの発達視点から「わかる学力」を形成するためのカリキュラムを再構築する必要があると述べている。

## 4. 研究方法

○算数・数学に関する認知心理学の知見を活かした内包量（「速さ」）の実態把握を行い、誤答分析から子どものつまずきを把握し、つまずきの様相やその背景を明らかにする。

○つまずきを想定したカリキュラムを作成して実践を行い、その有効性を広く考察する。

## 5. 授業実践「速さ」

### (1) 対象と検証方法

授業実践は沖縄県内のA小学校（以下、A校）6学年4学級120名に対して行うが、事前・事後調査の対象者は前学年度に事前調査に参加した60名（男子28名、女子32名）である。検証は、授業内における見取りとビデオ分析による子どもの概念的理解に基づく発言や記述、つまずきに関する発言や記述、布施川・麻柄（1989）が開発した調査問題の実施とその正答率をもとに行った。

### (2) 事前調査から推測されるつまずきの背景

本研究では、まず、「速さ」の学習前の5学年の段階（2019年3月）で事前調査を行い、誤答分析から推測されるつまずきの背景を確認した（表1）。

表1 事前調査における児童の誤答例と推測されるつまずきの背景（A校、N=60）

問題の概略〔( )は解答例〕	誤答例〔( )は誤答の割合〕	推測されるつまずきの背景
㊦「速さ」の単位にはどのようなものがあるか。 (時速・分速・秒速のすべて、またはいずれか)	○km・m・cmのいくつか(25%) ○km・m・時・分・秒のいくつか(13%) ○時・分・秒のいくつか(12%) ○無答(12%)	・「速さ」と「距離」の未分化(混同)
㊧速さの単位を選択肢から選ぼう。 ②新幹線の速さ(時速○km) ⑥ボルト選手が1秒間に走る距離(m, km)	② km(12%) ⑥ 秒速○m(38%), 秒(8%), a(アール):面積の単位(3%)	
㊨(1)時速30kmで走り続ける車が20km走った時と130km走った時ではどちらが速いか。(同じ) ㊨(2)時速50kmで走り続ける車が5分間走った時と3時間走った時ではどちらが速いか(同じ)	(1)㊨20km(48%), ㊨130km(22%), 無答(5%) (2)㊨5分間(33%), ㊨3時間(25%), 無答(2%) * (1)(2)の完全正答者は15名(25%)	・速さの保存の不成立(「時速a km」ということは、走る距離の大小にかかわらず同じ速さであること)の理解 ・距離や時間が短い方が速いという誤概念
㊩あきらさんの家から学校までの距離は480mで、6分かかる。あきらさんの歩く速さは「分速○m」でも「時速○m」という答えで表すこともできるか。(できる)	・時速は車や新幹線に使う言葉だから表せない ・時速は何時間、分速は何分間歩いたかを表す ・6分しか歩いていないのに時速は変	・時速や分速の意味に対する誤概念 ・単位変換に伴う速さの同一性の理解 *理由の正答者は1人(2%)
㊪(3)秒速4mで歩く人が72m歩くには何秒かかるか。(72÷4=18, 18秒)	・無答(42%) ・かけ算の式(4×72, 72×4)→(17%) ・わり算の式(4÷72)→(3%)	・「時間」を求めること:第3用法の理解が不十分(包含除のつまずき) ・2量の関係把握の難しさ

事前調査の考察を行う。㊦の単位については、未習にも関わらず「時速・分速・秒速」のいずれかを取り上げる児童は多くおり、道路標識や各種スポーツで表示される速さに親しんでいると考えられる。しかし、距離のみ及び距離と時間の単位を同時に挙げている児童が約40%おり、速さと距離の混同が見られた。また、㊨の「速さの保存」に関する完全正答は15名(25%)、㊩の単位変換に伴う「速さの同一性」の理解に関しても理由を説明できたのは1名(2%)であり、「速さの保存」や「速さの同一性」はインフォーマルには獲得されないことが示された。㊪の「時間」を求める第3用法の問題で立式できた児童は第1・第2用法に比べて低かった。無答は42%と多く、第3用法の理解が不十分であることが示された。第3用法は包含除に対応するため、第3用法のつまずきは包含除の理解の不十分さと関連があることも推測される。包含除の作問について小学生を対象にした調査によれば、6年生の正答率は60%程度であり、第1用法にあたる等分除が約90%、第2用法にあたる乗法が約80%と比べると、低い数値となっている(藤村, 1997)。

以上の結果から、A校児童においても先行研究と同様、「速さ」のつまずきの背景には、①速さと距離の未分化(混同)、②速さの保存の不成立、③距離や時間が短い方が速いと捉える誤概念、④単位変換に伴う速さの同一性の理解の不十分さ、⑤包含除の理解(第3用法)の不十分さがあることが確認された。

### (3) 授業の概略

内包量概念の獲得には、公式運用の前に「当該内包量の保存の成立」というプロセスが必要であること(麻柄, 1992)や、自力で「内包量の保存」を獲得できる学習者は少ないことが報告されている(麻柄, 2001)。そこで、「速さの意味」ととらえさせることと「速さと距離の分化」「速さの保存の成立」「速さの同一性の理解」「第3用法の適用」の理解深化を念頭におき、麻柄(2001)らが示した教授法を参考に教科書教材に入る前に概念形成を図る3時間を加えた単元計画を作成し実践した(表2)。

表2 「6学年：速さの単元計画」

小単元	時	ねらい	予想されるつまずき	推測されるつまずきの背景	手立て
速さの概念形成(保存性)	1	・「速さ」とはどのようなものかわかる	・「速さ」の意味 ・時間や距離が短い方が速いという感覚	・「速さの保存」の不成立 ・誤概念の存在(時間が短い方が速い、距離が短い方が速い等)	・速さを擬態語で表す ・メトロノーム等で等速運動のイメージを揃える
	2	・単位量あたりの考えを用いて、速さを比べるよさに気づく	・比較の仕方(1秒あたり/1文字あたり) ・商が表す意味	・何を基に比較するか ・結果の大小が逆 ・商が表す意味	・文字を書く速さを調べる(感覚の数値化を図る)
	3	・おもちゃの速さを実測から求める ・9秒後の距離を計算で求め、実験で確かめる	・等速運動のとらえ	・等速運動を意識していない(日常は不等速運動が普通)	・ブラレールの実験(感覚の数値化を図る) ・1あたり量を基に計測
公式の理解(第3用法)	4	・速さの求め方を知る ・速さには、時速、分速、秒速があることを理解する	・求めた商の意味や判断 ・単位の違い	・何を基に比較するか ・商が表す意味 ・単位の違い(距離と単位の未分化)	・数直線図や4マス表 ・計算で求めた速さの判断に指や図を使う
	5	・「距離」と「時間」の求め方を知る	・「時間=速さ×距離」という立式	・「距離」と「速さ」の2量の関係に基づく第3用法の理解	・日常生活に即した問題 ・速さの量感の育成(常時活動)
速さの変換(同一性)	6	・時速、分速、秒速の関係をとらえる	・時間、距離の換算 ・秒速から時速への変換は120倍(60×2)	・時間の変換(60進法)と距離の変換(10進法)の混乱 ・「速さの同一性」の不成立	・速さの変換が必要な場面を設定 ・50m走の速さを換算 ・速さの量感の育成(常時活動)
	7	・時速、分速、秒速の関係をとらえる ・ブラレールの速さから、4m進む時の時間を求める	・時間、距離の換算 ・「時間」を求めること	・時間の変換(60進法)と距離の変換(10進法)の混乱 ・「速さの同一性」の不成立 ・第3用法の理解	・第3時で求めたブラレールの速さを、分速・時速に変換する ・ブラレールの実験(時間を求める) ・速さの量感の育成(常時活動)
活用・まとめ	8	・速さを使って、いろいろな問題にチャレンジする	・単位の違い ・時間、距離、単位の換算 ・立式、公式の運用	・単位の違い(距離と単位の未分化) ・「速さの同一性」の不成立 ・第3用法の理解	・単位の特化した課題 ・非定型的課題 ・速さの量感の育成(常時活動)
	9	・既習事項のまとめ	・上記のいずれか	・上記のいずれか	・プレテストの作成

(4) 授業の経過と考察

速さの概念形成を丁寧に深めるため、第1時は布施川・麻柄(1989)が作成した読み物を一部変更した教材(図3)を活用し、第2・3時は実験を取り入れた授業を行った。第4時以降は概ね教科書の流れに沿ったが、第5～8時は問題や提示の仕方を工夫した。以下、児童の活動や発言(概念的理解に基づく発言・つまずきと関連のある発言や姿など)が顕著に現れていた時間について報告する。

- ①小人が2人ずつ同じ速さで走っている。Aの小人のスピードは「スタスタ」、Bの小人のスピードは「キーン」  
風を切る強さ(本数)は、「スタスタ」は3本、「キーン」は5本と表す  
②短い距離を走る時のAの小人の速さを予想(選択肢)→メトロノームを使った実験  
③同じ距離を走った時のAとBの小人の速さはどちらが速いかを予想  
④Bの小人が短い距離と長い距離を走った時の速さはどちらが速いかを予想(選択肢)→メトロノームを使った実験  
⑤速さについての説明(定義)。速さとは「風を切る強さ」の違いで、どんな距離や時間を走っても風の切り方は同じ、との説明  
⑥Aの小人が長い時間と短い時間を走っている時の速さはどちらが速いかを予想(選択肢)→メトロノームを使った実験と解説  
⑦「スタスタ」の速さを距離と時間を測定して定量的に表す方法の説明と、いろいろな表し方(秒速・分速・時速)の説明

図3「読み物教材の概要」

第1時は、まず、どのような速さがあるかを確認した後、道路標識や車のスピードメーターを提示し、児童がどのような知識を持っているかを確認した。その後、読み物教材を使って「速さの意味」「速さの保存」の成立を目指した。本実践では、走っている小人の「速さ」は擬態語(「スタスタ」「キーン」)を用いて定性的に表し、「速さ」を「風を切る強さ(本数)」と定義した。小人の走る速さ「スタスタ」「キーン」をそれぞれ「J=80」「J=160」の速さに設定し、メトロノームに合わせて20秒間・1分間足踏みしたり、短い距離を児童用机(約60cm)、長い距離を長机(約2m)に見立て(図4)、机の前をメトロノームに合わせて早歩きする実験を行ったりした。布施川・麻柄(1989)の実践では読み物教材を各自で読むだけであったが、上記のような活動を取り入れることで「短い距離や短時間走っている方が速い」と捉えていた児童も「速さは一定であ

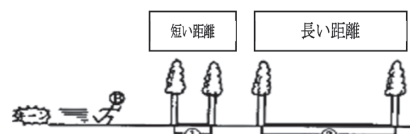


図4「速さの保存実験のイメージ」

図4は、速さの保存実験のイメージを示しています。図には、短い距離と長い距離の2つの実験セットが描かれています。短い距離では、児童用机(約60cm)を走らせる小人が描かれています。長い距離では、長机(約2m)を走らせる小人が描かれています。両方の小人はメトロノームに合わせて走っています。

る」と認識することに繋がった。

子どもたちの経験から、走る場面においては時間が短い方が速いという思いは強い(例:50m走)。速さは単位時間あたりに進む距離で表されるが、1秒間あたりに走った距離では考えにくいと思われる。単位量あたりとのつながりから数値が大きくなるほど速いということがわかる速さの場面を取り入れようと思い、第2時は字を書く速さ(作業の速さ)を調べる活動を行った。グループで時間を決めて何文字書くことができるかを実測し、グループで1番多く書いた人を発表してもらいクラスで字を書くことが速いのは誰かを決めようとした。すると、児童から「各グループの秒数が違うからすぐには比較できない」「このまま比べると不公平だ」などの意見が出され、また、「5年の時にやった『単位量当たりの大きさ』と似ている」との声もあり、これをきっかけに既習と結びついた学習が展開された。①1文字あたりにかかる秒数、②1秒間あたりに書く文字数、③1分間あたりに書く文字数(公倍数の活用)の3つの比べ方が出たので、求めた値から速さを比べた。

第3時は、おもちゃの電車(以下、プラレール)を使った実験を通して等速運動を捉えさせた上で速さを数値化し、求めた速さを使って数秒後に到達する距離を計算で求め、実測で確かめる活動を行った。プラレールを5秒間走らせることを3回行い進んだ距離の平均を求め、そこから1秒間あたりに進む距離を算出した。「9秒後に進む距離」をどのように予想するかを尋ねると『1秒で進む距離×9秒』をすればわかる」とのことだったので、計算で距離を出し(理論値)、その値と実測値(実験値)が合うかを確認した。これは、「距離」を求める第二用法の学習の布石となる。振り返りに「予想と近い答えになってすごい。もっと細かくしたらもっと正確になるかもしれない」「算数は未来が予知できると考えると本当にすごい」などがあり、理論値と実験値が近似になることに驚いていた。

第5時の「時間」を求める第3用法の学習では、教科書のような定型問題だけでなく「時速25kmで進む台風8号が石垣から那覇に向かっており、このままの速さで進むと明朝の始発の飛行機は発着するか」という非定型の問題も扱った。現実世界にある事象に近づけた文脈の問題にしたり条件不足の問題を提示したりすることにより、「時間」を求める第3用法は、「距離」と「速さ」の2量に関係していることを意識させるためである。児童から「石垣-那覇間の距離を教えてください」「飛行機の出発時刻は？」などの質問があり、必要な情報を集め、数直線図等を用いながら解決を図る姿が見られた。

第6時の時速・分速・秒速の関係を考える学習は、速さの換算の必要性を持たせるために、チーター(時速110km)・カバ(時速30km)・ボルト(秒速10.4m)の速さを示し「誰が1番速いといえそうか」を考えさせた。カバとボルトを比較することになり、単位を分速に揃えて比べることになった。しばらく自力解決の時間を設けたが動きがとまっている児童が数名いたので「何に困っているのか」と尋ねたところ、S男が「1が探せない」と発言した。S男の発言に頷く児童もいたのでその困り感を取り上げて学級全体に問いを広げた。この間の筆者と児童のやり取りは次の通りであった(図5、児童はS、教師をTと略記)。「秒速の前に1が隠れている」というヒントで動き出す児童が増え「1秒で10.4mだからそれを60倍すればよい」との解決に至った。授業の終末、S男に「1を探せるようになったのか」と尋ねたところ「見えない1がいつでもあるってことだ」と自分なりのわかり方を示すことができた。また、秒速から時速への変換の際、「秒速から分速に60倍。分速から時速に60倍。60が2回あるから秒速を120倍する」という誤答が出た。単位と数値を同時に変換することの困難さと時間の単位換算の困難さが、手続き(計算の仕方)の誤りにも表れていた。

T:何に困っているの?  
 S:「1」が探せない。(それを聞いて頷く児童もいる)  
 T:「1」が探せないってどういうこと?  
 S:4ます表の1のところがわからない。  
 T:ヒントを出せる人はいませんか?  
 S<sub>1</sub>:1分は60秒を使う。  
 S:1分=60秒はわかる。  
 S<sub>2</sub>:秒速10.4mは、1秒で10.4m進むってことを使う。  
 T:どう?  
 S:まだわからない。  
 S<sub>3</sub>:「秒速」の前に1が隠れている。  
 S:あ、わかった!1は、秒速の1だ。

図5「1あたりにつまずく姿」

事前調査や授業中の児童の様子から「単位」と「速さの同一性」に関してのつまずきが見られたの

で、第8時はそれらに特化した問題を行った。「サニブラウンが1秒間に走る距離」の単位を問うと「m」「km」「秒速」に分かれ図6のようなやりとりがあった。「秒速」を選んだ児童は、「秒速は1秒間あたりに進む距離で表した速さ」という定義から「距離と速さは同じ」と捉えていることがうかがえ、それが速さと距離の単位の混同を引き起こす一因と考えることができる。また「速さの同一性」の問題では、「200mを40秒で走る人の速さを分速や時速で表すことができるか」と問い、理由の説明を求めた。「1分を求めると200mをこえてしまうから分速で表せない」「1分も走っていないから分速で表せない」という児童が半数近くいた。

S<sub>4</sub>: 「1秒間に走る距離」と言っているから「秒速」。  
 S<sub>5</sub>: 「距離」と言っているから「mかkm」でしょ。  
 S<sub>4</sub>: 「秒速」は「1秒間に進む道のり」だから秒速でしょ。  
 T: 教科書の説明を見てみよう。「秒速は、1秒間あたりに進む道のりで表した速さ」  
 S<sub>5</sub>: だから、この場合は速さじゃなくて距離だから「m」になる。  
 S<sub>6</sub>: 速さの単位は秒速〇mとかで、距離の単位は、ただの「m」か「km」。

図6 「単位につまずく姿」

前時までの学習で、秒速⇄分速⇄時速の変換は多くの児童ができていたことを考えると、「分速」とは1分間走らなくても表すことができるという本質的な理解には至っていないという可能性がある。一方で、換算に関しては「秒速を求めてから分速に換算する」「40秒の半分の20秒で100mだから60秒で300m」「40秒の1.5倍で60秒になるから、200mの1.5倍で分速を求める」の3種類の解法が出た。いずれも「同じ速さで走っているとしたら」という等速の前提と「速さの同一性」は理解していると考えられる。

次に、事前・事後調査に基づく考察を行う。事後調査は事前調査と同じ内容（図の公式理解の問題のみ改変）で、事前調査でつまずきの多かった問題について $\chi^2$ 検定を用いて変容を検討した（表3）。

表3 「事前・事後調査の正答者数及び誤答者数と独立性の検定結果」（A校、N=60）

問題の意図と概略〔( )は解答例〕	事前(5年時) 事後(6年時)	正答者数	誤答者数	$\chi^2(1)$	$p(p<0.05)$
<b>㊦ 速さの単位</b> 速さの単位にはどのようなものがあるか(秒速・分速・時速)	事前(5年時) 9 事後(6年時) 46	9	51	45.95	$p<0.001$
<b>㊧ 速さの単位 (適当なものを選択肢から選ぶ)</b> ② 新幹線の速さ (時速〇km)	事前(5年時) 53 事後(6年時) 54	53	7	1.29	0.255
<b>㊨ ボルト選手が1秒間に走る距離 (m, km)</b>	事前(5年時) 32 事後(6年時) 30	32	28	0.13	0.715
<b>㊩ 保存問題 (2問完全正答)</b> (1)時速30kmで走り続ける車が20km走った時と130km走った時ではどちらが速いか。(どちらも同じ) (2)時速50kmで走り続ける車が5分間走った時と3時間走った時ではどちらが速いか。(どちらも同じ)	事前(5年時) 15 事後(6年時) 58	15	45	61.70	$p<0.001$
<b>㊪ 同一性の理解 (理由が適切なもの)</b> あきらさんの家から学校までの距離は480mで6分かかる。あきらさんの歩く速さは「分速〇m」でも「時速〇m」でも表すことができるか。(できる)	事前(5年時) 1 事後(6年時) 29	1	59	32.4	$p<0.001$
<b>㊫ 公式の理解 (3)時間を求める問題 (第3用法) *式・答え完全正答</b> この自転車で6500m離れたバルコシティまで行くには何分かかかるか。(6500÷250=26分) *速さは(1)で求めている	事前(5年時) 20 事後(6年時) 48	20	40	26.61	$p<0.001$

㊦㊧の「速さの単位」について考察する。㊦の「速さの単位」を問う問題では有意な差が見られたが、㊧の単位を選択する問題に関しては有意な差がなかった。特に㊧の②の誤答として、半数の児童が「秒速〇m」と「速さの単位」を選択していることが注目される。単元終了後の振り返りには「速さと道のりの区別がつかない」「どの単位をつけるのか混乱する」という「単位の難しさ」に関する感想が約25%と最も多く、「速さと距離の未分化」の解消には至らなかった。

㊨「速さの保存」㊩「速さの同一性」㊫「第3用法の適用」に関しては、有意差が認められた。「速さの保存」課題である問題㊨の事後正答者は58名(97%)と高い値を示し、教科書教材に入る前に「速さ」を擬態語で表し定性的に定義したりメトロノームで等速のイメージをつくったりしたことや、実験やゲームを通して様々な速さを数値化することによって速さの概念形成を図ってきたことによって「『時速 a km』ということが距離の大小や時間の長短に関わらず同じ速さであることの理解が成立(布施川・麻柄, 1989)」したと考える。単元終了後の振り返りに「速さの意味を捉えることが大切」

と書いている児童がいたのでどういうことかをインタビューすると、「同じ速さで走っているということが大事だ」と答えた。これは速さの本質を捉えた発言とみなすことができる。ほかに「速さを音で表すのが分かりやすかった」「プラレールの実験のおかげで教科書の問題もすらすら解けた」という感想もあり、量感を意識した活動が有効であったと言えよう。さらに、事前・事後の変容を詳しく見るためにマクネマー検定を行った(表4)。事後調査の正答者58名の内、事前調査の誤答から事後調査で正答に変化した児童が43名で有意な差が見られた( $\chi^2=41.02$ ,  $df=1$ ,  $p<0.001$ )。「内包量の基本的な性質の認識は、内包量の保存問題への正答をもって定義される(麻柄, 2001)」に照らし合わせると「速さの保存」は成立したと言えるであろう。

表4「速さの保存」問題(人)

		事後		合計
		○	×	
事前	○	15	0	15
	×	43	2	45
合計		58	2	60

㉔「速さの同一性」については事前・事後で有意差があり、一定の成果は得られた。「秒速から分速や時速への換算という計量的問題が解決可能であるためには『速さの保存』が獲得されている必要がある(布施川・麻柄, 1989)」との指摘通り、㉔の「速さの保存」と㉕の「速さの同一性」のクロス集計(表5)から「速さの同一性」を理解している児童の約半数は「速さの保存」が獲得されていることがうかがえる。

表5「速さの保存と同一性の反応分布」(人)

		同一性		合計
		○	×	
保存性	○	29	29	58
	×	0	2	2
合計		29	31	60

しかし、「速さの同一性」の事後調査の正答者が約半数にとどまったことは課題である。誤答の多くは「1時間も歩いていないから時速では表せない」というものであった。分速80mと時速4.8kmが同じ速さ(量)であるという「速さの同一性」をどう捉えさせるかは、今後明らかにしていきたい。

㉖「公式の理解：第3用法の適用」についての事後調査の正答者は48名(80%)で、布施川・麻柄調査(1989)の59%と比較しても高い。現実世界に存在する事象に可能な限り文脈や状況を近づけたオーセンティックな学習(奈須, 2017)を意識して台風の問題等を実施したことや、プラレールの実験を通して「時間」を求める際に必要なものは何かに着目させたことが有効であったと考える。

つまずきを想定した単元計画の有効性について検証するため、本校児童に行った事後調査を同一地区のB小学校児童59名(以下、B校)に対して行った(表6)。なお、授業は教科書に沿って担任教師により行われており、事後調査は単元が終了した2ヶ月後に実施され、その間、速さに関する授業は行われていない。

表6「A校児童とB校児童の事後調査結果の比較」

問題の意図 (問題文は表3を参照)	N (人)	正答者数	誤答者数	$\chi^2(1)$	$p(p<0.05)$
㉓速さの単位 ・速さの単位を挙げましょう	A校 60 B校 59	46 16	14 43	29.26	$p<0.001$
㉔速さの単位 ②新幹線の速さ	A校 60 B校 59	54 47	6 12	2.48	0.116
⑥ボルト選手が1秒間に 走る距離	A校 60 B校 59	30 27	30 32	0.21	0.644
㉕保存問題 (2問完全正答)	A校 60 B校 59	58 17	2 42	58.90	$p<0.001$
㉖同一性の理解 (理由が適切なもの)	A校 60 B校 59	29 9	31 50	14.98	$p<0.001$
㉗公式の理解(*式・答え完全正答) (3)時間を求める(第3用法)	A校 60 B校 59	48 37	12 22	4.36	0.037

㉔㉕の「速さの単位」について考察する。㉔については有意差があったが、㉕に関しては、有意差は見られなかった。特に㉖の誤答は両校児童とも「秒速」と答えており、「速さと距離の分化」を促す手立てが必要である。

㉔㉕㉖については、有意差が認められた。㉔「速さの保存」についてB校では「速さの保存」の成立を目指すプロセスは行っておらず、「自力で『内包量の保存』を獲得できる学習者は少ない」という麻柄(2001)の指摘通り、「速さの保存」の成立は17名(約30%)であった。㉕「速さの同一性」と㉖の「第3用法の適用」に関する両校の指導の違いは、B校では教科書問題とドリル学習が中心であったのに対し、A校においては「速さの保存」の成立を目指す学習があったことと、教科書のような定型的問題以外にも理由を問う問題や、現実事象を扱った非定型問題などを多様に行ったことである。

以上、A校児童の事前・事後調査結果及びA校とB校との事後調査結果の比較より、つまずきの様相や背景を明らかにし、それらを反映したカリキュラムによる実践は概ね有効であったと考える。



### 6. まとめと今後の課題

本研究では、内包量（「速さ」）における子どものつまずきの様相やその背景を明らかにし、授業改善に活かすことを目的とした。速さの単元におけるつまずきの背景を整理したことで、本時のねらいを達成するための活動や問題を焦点化できることが見いだせた。たとえば、「等速運動や速さが一定であることを捉えさせるためにメトロノームを活用する」等である。また、量感を意識した活動を多様に行いながら概念形成を図ることも、「速さ」の理解深化に繋がったと推測される。そして、速さを「定性的に定義する」ことやその「保存の成立を目指すプロセス」を組み込んだカリキュラムによる本実践で「速さ」の概念的理解をより促せたことから、他の内包量単元も同様なステップで授業展開を行うことが有効ではないかと考える。

一方、「速さと距離の未分化」や「速さの同一性」については課題が残り、十分な理解深化に繋げることができなかった。「単位の難しさ」に言及した振り返りも多かったことから、「速さと距離の未分化」解消に向けては、「時速〇km」に替わる単位の記号化（km/時）が解決の糸口となり得るかもしれない。また、「速さの同一性」に関しては、速さの単元の中で最も理解しづらい概念であることがわかった。授業では「秒速 10.4m と時速 30 km」の比較の仕方にやや重点が置かれてしまったため、「速さの同一性」に着目しにくかったと考えられる。そこで、「速さは等速である」ということを捉えさせるだけでなく、たとえば秒速 5 m と分速 300m が同一の速さ（量）であることや、時速とは 1 時間走らなくても表すことができるという速さの本質に着眼させることが肝要と思われる。ほかにも、「1」を探せないことにつまずく児童もいたことから「1あたり量認識」の不十分さがあることも本研究で示唆された。「速さ（内包量）」を「1あたり量」として捉えさせることによって理解を助けることも必要となるため、「潜在化している基準の『1』を顕在化させる活動（中村，2016）」を意識的に、そして系統立てて行うことも不可欠であろう。

今後は、上記の課題改善を進め、他の内包量学習も外延量単元同様概念形成を丁寧に図る授業を展開し、また、他の領域においてもつまずきの背景を十分にとらえた授業づくりを行っていきたい。

### 文献

- 藤村宜之（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』風間書房，pp.177-197.
- 藤村宜之（2012）.『数学的・科学的リテラシーの心理学：子どもの学力はどう高まるか』有斐閣.
- 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』第 37 巻（1），pp.55-66.
- 銀林 浩（1983）.『子どもはどこでつまずくか：数学教育を考えなおす』国土社，7 版，pp.184-185.
- 銀林 浩（1992）.『量の世界：構造主義的分析』むぎ書房.
- 小松幸代（1994）.「概念・手続きにおける『つまずき』に関する一考察：procept な見解に基づく新たな誤答分析の手法を目指して」『第 27 回数学教育論文発表会論文集』pp.131-136.
- 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』第 40 巻（1），pp.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』第 25 巻（5），pp.295-303.
- 中村享史（2016）.「乗法・除法，割合，分数における基準としての『1』の価値」，筑波大学附属小学校算数研究部（編）『算数授業研究論究Ⅷ』第 103 号，東洋館出版社，pp.4-7.
- 奈須正裕（2017）.『「資質・能力」と学びのメカニズム』東洋館出版社.
- 辻千秋・伊禮三之・石井恭子（2010）.「内包量概念の形成に関する調査研究」『福井大学教育実践研究』第 35 号，pp.97-102.