

論文

小学校算数教科書の現行2例と10年前の1例との比較分析 — 第5学年「小数の乗法」を中心として —

佐藤 茂太郎

A Comparison of Arithmetic Textbooks
Involving Two Current Versions and a Ten-Year-Old One:
Focusing on the Descriptions of “Multiplication of Decimals” for Fifth-Grade Learners

SATO Shigetaro

要 旨

本稿の目的は、小学校算数科の教科書において、現在使用されている教科書(2014年度版)と過去に使用されていた教科書(2004年度版)にどのような相違点があるかを明らかにし、実現されるカリキュラムの改善を示唆するものである。特に、小学校第5学年「小数の乗法」に焦点を当てて現在と過去における内容構成上の相違点を明らかにした。その結果、計算の意味の指導では、比例関係を用いて説明する活動が充実してきている点が明らかになった。また、計算の仕方の指導でも2本の数直線を活用したり、比例関係を生かしたりした方法が顕在化されていることが明らかになった。また、現在使用されている教科書では、出版社によって説明の内容が異なることが明らかになった。

キーワード

教科書分析 小数の乗法 計算の意味 計算の仕方 比例関係

目 次

- I. はじめに
- II. 本研究の目的と方法
- III. 教科書分析
- IV. 分析結果並びに考察
- V. 今後に残された課題

文献

I. はじめに

1. 教科書分析について

一般的に小学校算数科では教科書を使用して教師は児童に教授活動を行う。教科書は学校数学では欠かすことができない中心的な役割を果たしている。その教科書は、日本では学習指導要領に基づいて各出版社(小学校算数科では6社)が教育関係者とともに作り上げていく。この過程はおよそ3年を要する場合もある。今回は、この教科書を対象に分析していくことにした。その理由について以下に述べていく。

- ②算数の教科書に対する満足度では教員のうち65.2%が肯定的、どちらともいえない割合が17.5%である。
- ③教科書を分析することで、教科書の改善・充実に関する提言ができる。(これまでも、等号記号を大切にすることをおさえる、「振り返りコーナー」「確認コーナー」の新設を提言してきている。)

これらの理由から、学校現場において教科書は非常に重要な役割であると捉えることができる。教科書の分析を通して、教科書紙面上の問題点を挙げそれらを改善するように提言していくことができれば、次代の教科書をよりよくしていくことにつながると捉えた。また、そのことが実現できれば、実際の教室で教師によりよく活用され、子供たちへの教育にも直接的に役立つものであると捉えた。

さらに、日本の教科書制度も確認しておく。

日本は表1のように初等段階(小学校課程)では民間の出版社が国の規定である「学習指導要領」をもとに作成される。この学習指導要領は、各教科についてそれぞれ解説編³⁾も併せた形式で販売される。

2. 教科書を分析する理由

1)算数の教科書の改善・充実に関する研究より(文部科学省)

文部科学省(2008)は、『教科書の改善・充実に関する研究報告書(算数)-平成18、19年度文部科学省委嘱事業「教科書の改善・充実に関する研究事業」¹⁾(みずほ総合研究所株式会社)をホームページ上に示している。そこでは次のような解説が見受けられる。以下に、概略を示すことにする。

- ①算数の教科書の使用方法に関しては、「常に教科書を中心に授業を進める」(39.4%)、「単元によってはプリントを組み合わせている」(45.6%)、「常に教科書とプリントを組み合わせている」(12.2%)、「その他」(2.4%)である。

2)潜在的に実現したカリキュラムとしての位置付け

次に教科書の位置付けについて大きな枠組み(Framework)として捉えておくことにする。Valverdeら(2002)⁴⁾は教科書の捉え方について次の図を示している。また、TIMSS(2011)⁵⁾が示している図も示しこれらに関連付けて説明して

表1 諸外国の教科書制度の特徴²⁾より抜粋(長崎(編)、2009、p. 2.)

国	制度の概要
日本	初等・前期中等・後期中等教育とも、民間が発行し、国の検定がある。初等・前期中等教育では無償供与されるが、後期中等教育では無償である。法律により教科書の使用義務が規定されている。教科書の採択は、公立学校は教育委員会、国・私立学校では学校長がする。

いく。

この図1は、教科書と3つの部門のモデルになっている。図2と共に見ていくと次のことがわかる。

図2には、intended(意図した)カリキュラム、implemented(実際に実現した)カリキュラム、そして、attained(到達した)カリキュラムが示され

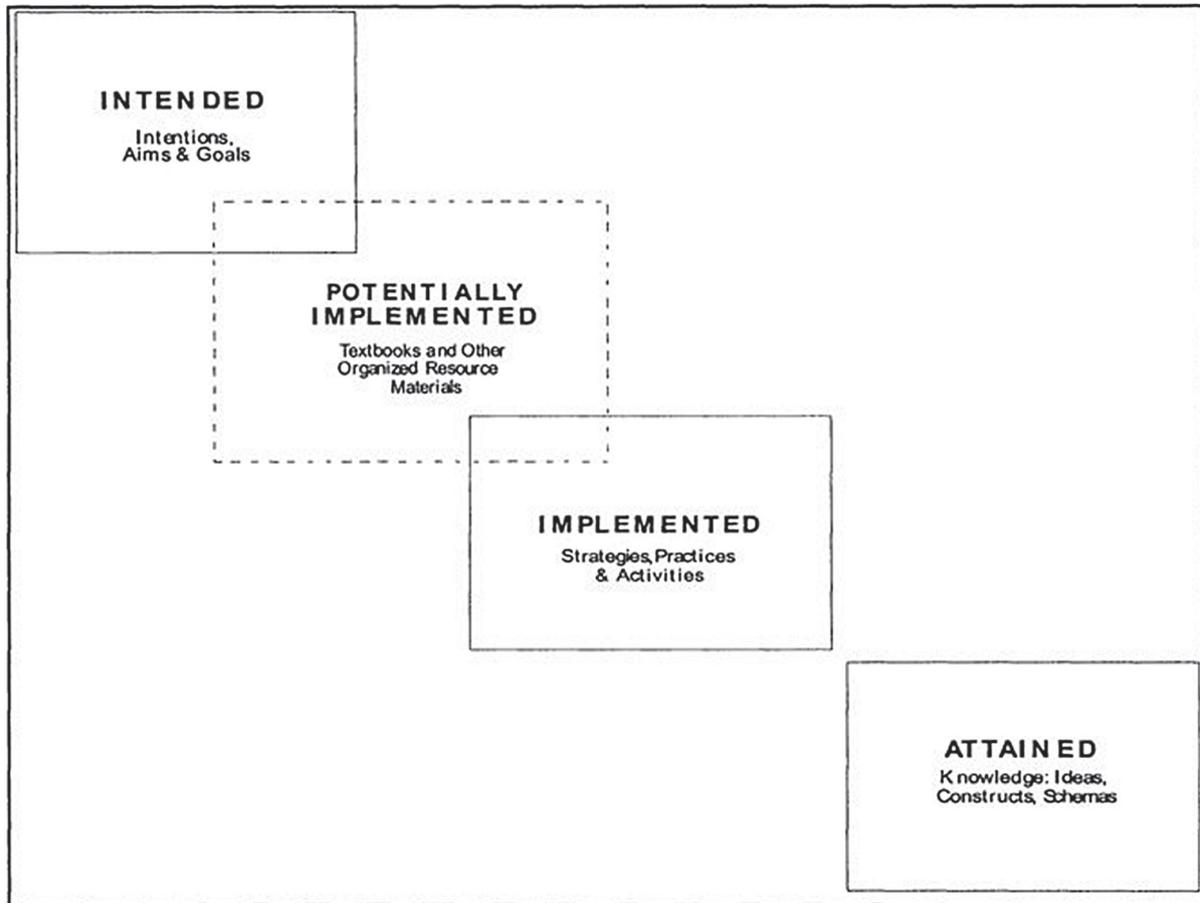


図1. Textbooks and the Tripartite Model (Valverde, G. A et al. 2002, Chapter 1, Section 5)

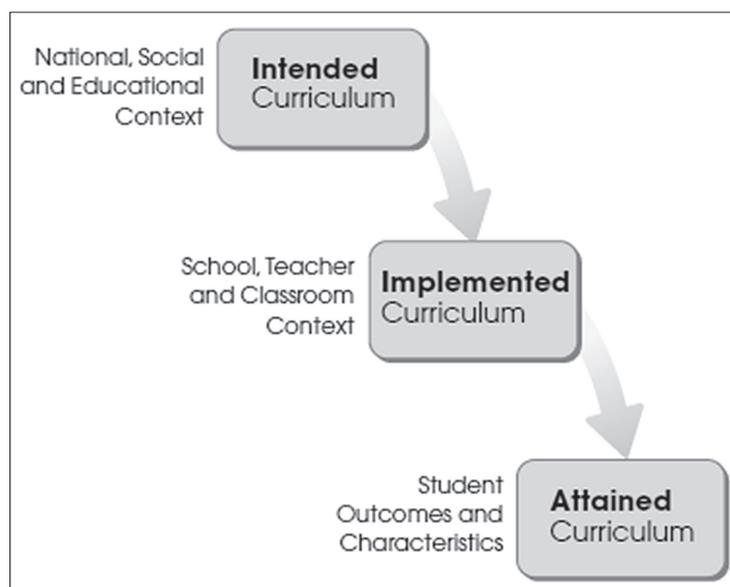


図2. TIMSS Curriculum Model (Ina V.S et al. 2011, p.10.)

ている。これは、カリキュラムの大きな枠組みと言える。そして、図1の教科書という媒体は (Textbooks and Other Organized Resource Materials)、intended (意図した) カリキュラムと implemented (実際に実現した) カリキュラムの間に位置する。教科書は、potentially implemented (潜在的に実現した) ある種「モノ」と捉えることができる。つまり、実際に指導する教師は、この媒体物(教科書)を利用して子供に直接的に指導する。この教科書という教材を分析したり改善していったりすることで直接的に指導する現実場面で役立つ可能性があるということである。よって、教科書分析は意義があると言える。

ここまで、教科書分析の意義について述べてきた。次に、本稿は小学校第5学年「小数の乗法

(除法)」に焦点を当てて分析をする。そのことの理由について述べていこう。

3. 分析対象を小学校第5学年「小数の乗法」とする理由

次に教科書分析の対象を小学校第5学年「小数の乗法」とする。この理由として、小学校課程のカリキュラムの中で学習内容の重要な位置付け^{6) 注1}だからである。重要な位置付けである理由を次に述べていく。

まず、小学校算数科第2学年では自然数の乗法として次のように指導する。ここでは、乗法を同数累加として定義している。以下が該当する具体的な教科書の内容である。

『1台に5人ずつの3台分で、15人です。このことをしきで、つぎのように書きます。
 $5 \times 3 = 15$ (中略) 5 (1つ分の数) \times 3 (いくつ分) $= 15$ (ぜんぶの数)』(藤井他、2014、p.6)⁷⁾

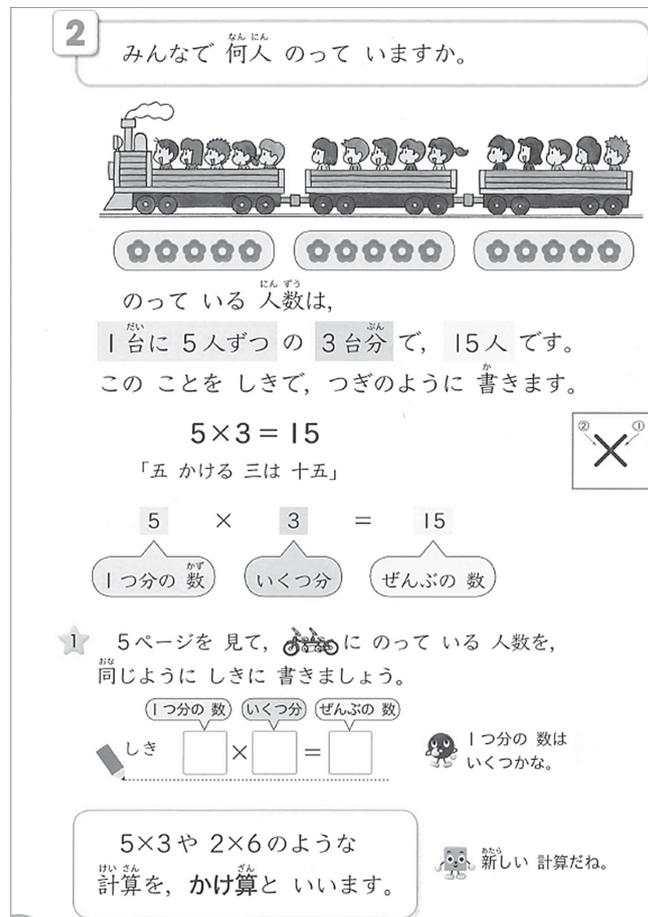


図3. かけ算を定義する場面 (藤井他 (2年下)、2014、p.6)

第2学年ではこのように示され、ここでは乗法を作用^{註2}として定義していることがわかる。作用として導入することで、乗数と被乗数を意味に基づいて区別することから定義していることがわかる。

そして、このことを受けて小学校第5学年では、数の集合を自然数 N から有理数 Q に広げる。つまり、乗法において意味の拡張が行われるのである。これは、比例関係を活用したり割合の考え方の意味付けによって、これまでの同数累加の意味を拡張して、これまでと同じ「 \times 」という記号を用いてもよいことを確認する場面であり重要な学習内容である。

この演算記号の「 \times 」を使ってもよいと決めることに関連して中村(2011)⁸⁾は、次のように乗法・除法の意味付けの重要性について述べている。

乗法・除法の意味付けにおいては、数学的な考え方の育成を目指す立場からは、割合による意味づけに教育的な価値がある。これは、整数は同数累加で導入し、乗数が小数になった段階で同数累加では意味付けられなくなる。そこで、被乗数、乗数の意味を(基準量) \times (割合)と拡張し、これまでの整数の場合も同様に用いることができるようにすることである。数学的な考え方を育成するためには、意味の拡張は重要な指導の場となってくる。

(中村、2011、pp.74-75)

中村(2011)⁸⁾もこのように述べていることから、第5学年の乗法の意味の拡張は教育的意義があると解釈できる。現在の指導では、比例関係を活用するケースが多く、そのことに基づいて自然数から有理数に拡張した場合にも「 \times 」という同じ記号を用いてよいという理由を考える数学的活動⁹⁾が行われる。以上のことから、小学校第5学年「小数の乗法」に焦点を当てることには意義があると言える。

Ⅱ. 本研究の目的と方法

1. 本研究の目的

本研究の目的は、多くの日本の先生が使用する小学校算数科の教科書において、現在使用されている内容と過去に使用されていた内容がどのような相違点があるかを明らかにし、指導上の改善を示唆するものである。

2. 本研究の方法

研究の方法は、過去に使用されていた教科書と現在使われている教科書を比較すること。また、現在使用されているシェアが高い2社を比較して分析することである。

Ⅲ. 教科書分析

教科書分析に入る前に日本の計算指導について確認しておく。小学校における計算指導は、大きく「意味(演算決定)」を理解させる指導(計算の意味の指導)と「計算方法」を理解させる指導¹⁰⁾(計算の仕方の指導)、そして計算の習熟に関する指導の3つに分けられる。

本稿では、計算の意味の指導と計算の仕方の指導を分析の対象としている。計算の仕方の指導については、学習指導要領に初めて明記されたのは1998年の告示の時である¹¹⁾。よって、この年度以降を対象として分析を実施することにした。また、分析対象の出版社は東京書籍編とした。その理由として、日本で6社の算数科を扱っている教科書出版社のうち、シェアが高い出版社だからである。

それでは、2014年度版の東京書籍編、2004年度版の東京書籍編の内容構成を確認する。次に、2014年度版の啓林館編の内容構成を確認する。この出版社も東京書籍編のようにシェアが高い

出版社なので選定した。最後に、過去と現在の内容構成等の相違点、現在使われている2つの出版社の内容構成の相違点を分析する。

1. 現在使用されている教科書（東京書籍編（5年上）、2014、pp.35-36）¹²⁾

図4は、左から35・36・37ページとなっている。

まず、35ページの内容構成から確認する。計算の意味の指導に該当する部分である。問題は、リボンの長さ（m）と代金に比例関係が成り立っている場面である。また、教師のキャラクターは、自然数倍から有理数倍に拡張している点を顕在化している。さらに、子供のキャラクターの吹き出しの中には、演算記号をどのようにしたらよいか悩んでいる様子が示されている。

次に、比例関係が成り立つ前提が確認されたので、2本の数直線^{注3}が描かれている。そして、立式をどうしたらよいか問うている。この時、3人の子供のキャラクターがそれぞれ根拠を説明している。「ひろき」は、言葉の式、「たくみ」は、有理数倍に拡張したのでどのように思考を進めたらよいか錯誤している、「みほ」は、「比例」という言葉を使って説明しようとしている。

36ページに入ると、「ひろき」「みほ」がそれぞれ、

言葉の式（1mのねだん×買った長さ（m）＝代金）と比例関係を根拠に説明し「 80×2.3 」と演算を決定している。ここまでが計算の意味の指導の内容構成である。続いて36ページに進むと、計算の仕方の指導場面である。

ここでは、「たくみ」は、0.1m当たりの値段を求めて23倍する方法を示している。「かおり」は、リボンの長さを10倍すると代金も10倍するので、1840円（23m分）を「 $\div 10$ 」して2.3m分を求める方法を示している。また、計算の仕方の説明では、演算を決定した場面で活用した2本の数直線が使われている。

2. 過去に使用されていた教科書（東京書籍編（5年上）、2004、pp.73-75）¹³⁾

図5は、左から73・74・75ページとなっている。

まず、73ページの内容構成から確認する。計算の意味の指導に構成する部分である。問題場面はリボンの長さ（m）と代金の2量の比例関係になっている。買い物をしている場面で、自然数倍から有理数倍に拡張する様子が描かれている。比例関係を明示的にはしていないが、テープ図と数直線が一体となった図を用いて、立式するための補助的な道具を示している。また、キャラ

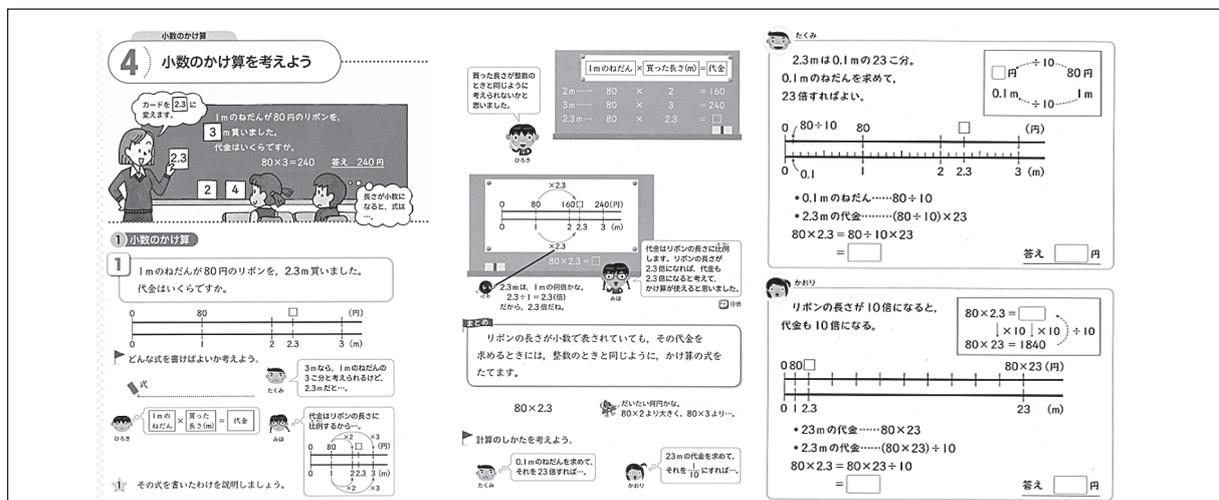


図4. 小数の乗法の導入場面（東京書籍編（5年上）、2014、pp.35-36）

クターのロボットは、自然数倍を同様の図で想起して、有理数倍になった場合にも解決の手立てとして捉えられないか示唆している。そして、74ページにかけて言葉の式(1mのねだん×買った長さ(単位m) = 代金)から「 90×2.6 」と演算を決定している。

74ページから75ページにかけて「りつこ」と「まこと」がそれぞれ計算の仕方の説明をしている。「りつこ」は、0.1m当たりの値段を求めて26倍する方法を示している。「まこと」は、リボンの長さを10倍すると代金も10倍するので、2340円(26m分)を「 $\frac{1}{10}$ 」して2.6m分を求める方法を示している。また、計算の仕方の説明では、演算を決

定した場面で活用したテープ図と数直線が一体となった図が使われている。

3. 現在使用されている教科書(啓林館編(5年)、2014、pp.36-38)¹⁴⁾

図6は、左から36・37・38ページとなっている。

まず、36ページの内容構成から確認する。計算の意味の指導を構成する部分である。問題は、リボンの長さと代金に比例関係が成り立っている場面である。また、買い物の場面の子供のキャラクターは、吹き出しの中に次のことを発話している。それは、「2mください。」「わたしは3m

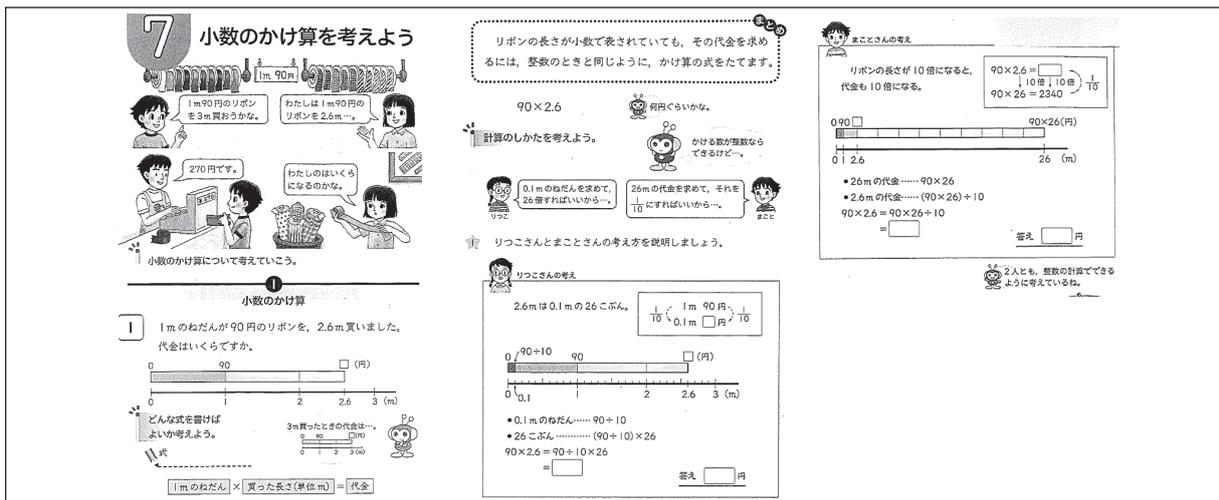


図5. 小数の乗法の導入場面(東京書籍編(5年上)、2004、pp.73-75)

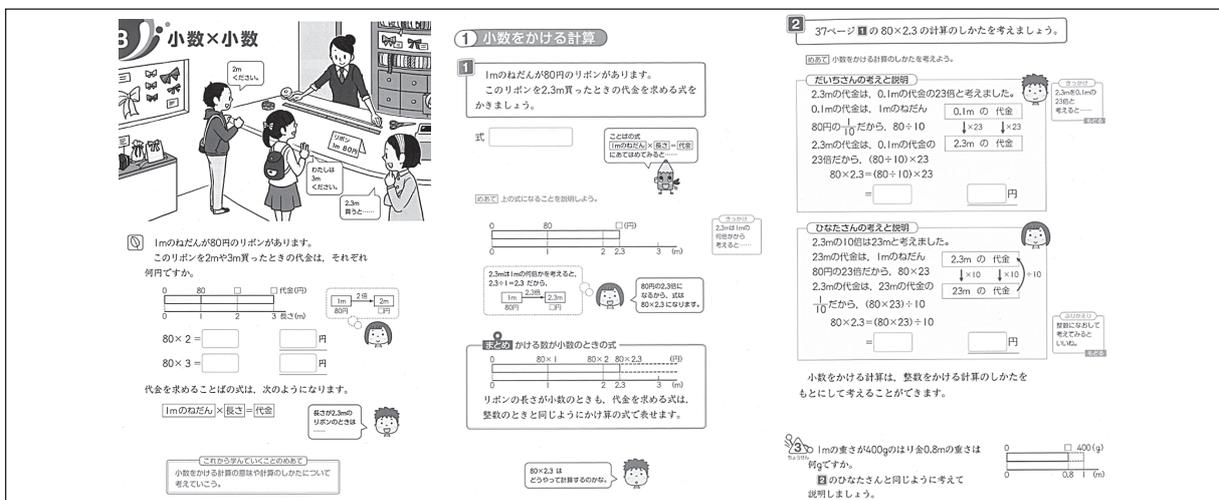


図6. 小数の乗法の導入場面(啓林館編(5年)、2014、pp.36-38)

ください。」と発話していることから自然数倍を顕在化している。そして、右側の女性は、「2.3m 買うと…」と発話し、有理数倍に拡張した場合にはどのようにしたらよいか示している。

次に、36ページの問題は、自然数倍のみをテープ図と数直線によって表し、「ことばの式」を示している。37ページで、新出問題(有理数倍の場面)を提示する。エンピツのキャラクターは、「ことばの式」に当てはめて 80×2.3 と一応の演算を決定させている。その後、「めあて」で、 80×2.3 でよいわけを図によって説明する。この時、「比例」という言葉は明記されていない。

38ページに進むと、計算の仕方の説明が示されている。「だいち」と「ひなた」の説明である。「だいち」は、0.1m当たりの値段を求めて23倍する方法を示している。「ひなた」は、リボンの長さを10倍すると代金も10倍するので、1840円(23m分)を「 $\div 10$ 」して2.3m分を求める方法を示している。また、この時、図は示さず言葉による説明を中心としている。

IV. 分析結果並びに考察

分析に際しては、次の視点で捉えていく。1つ目は比例関係を生かした構成になっているか、2つ目は計算の意味の指導のあり方について根拠が明確か、3つ目は計算の仕方の指導のあり方について根拠が明確かである。この3つの視点をもとに以下に考察していく。

1. 比例関係を生かした構成になっているか

今回の分析対象は、どの問題場面もリボンの長さや代金に比例関係が成り立つ場合の問題を設定している。これは、第2学年からの乗法の指導と関連付けられている。そして、これらは、自然数の集合から有理数の集合への拡張を意識し

た展開がなされていることが顕在化されていることがわかった。

比例は現行の学習指導要領³⁾から第5学年に位置付けられた内容であり、このことを根拠として演算記号の「 \times 」を同数累加から有理数倍も統合していく過程を重視する意図がうかがえる。過去使用されている教科書と現在使用されている教科書を比較すると、「比例」を一層顕在化していることがわかる。よって、この関係は自然数倍から有理数倍になることを説明する根拠となることがわかる。

一方で、現在使用されている啓林館編では「比例」という文言はこの紙面上では表れておらず、演算決定の根拠として位置付けることの検討が必要なことがうかがえる。

2. 計算の意味の指導のあり方について根拠が明確か

計算の意味の解釈には、言葉の式だけでなく、図(2本の数直線やテープ図と数直線をセットにした図)を用いて説明させるようにしている。過去の教科書紙面上では、言葉の式が中心になっている様相が見られるが、現在は図を根拠としていることがわかる。また、過去と現在の教科書を比較すると、子供の吹き出しが付け加わり、計算の意味の指導を充実させるねらいが含まれると捉えることができる。

さらに、現在使用されている2社を比較すると、言葉の式と比例を根拠とした説明が並列的に扱われている出版社と、一度「 80×2.3 」になりそうだという推論を働かせてからその根拠を図で考えるという出版社がある。「比例」は既習事項なので、顕在化して指導をする場面があってもよいと判断できる。

3. 計算の仕方の指導のあり方について根拠が明確か

計算の仕方の指導では、過去と現在の教科書を比較すると、例えば0.1m分の値段を求める場合、過去は「2.6mは0.1mの26こぶん。」としてのみ示されているが、現在は「2.3mは0.1mの23こ分。0.1mのねだんを求めて、23倍すればよい。」と示され、紙面上では、現在の方が問題解決の計画の内容に具体性がある。よって、幾分この説明の根拠が明確になっている。

また、現在使用されている2社を比較すると、演算決定で使用した図と計算の仕方の説明を両方示している出版社、そうではなく言葉のみで計算の仕方の説明をしている出版社があり、大きな相違があることがわかった。ただ、いずれも子供が説明する活動について重視していることがわかった。

過去と現在、それから現在使用されている2社の教科書分析を行った。過去と比較すると「比例」が顕在化されている点、計算の意味の指導、計算の仕方の指導、共に説明の内容は異なるが、重視していこうとする傾向が見受けられた。

V. 今後に残された課題

今回明らかになった点はⅣの中で既に述べてきた。一方、教科書分析をする中で次の事柄において不明確な点があると捉えることができた。

それは、出版社によって教科書の内容の構成、吹き出しなどの文言、図が異なっていることである。もちろん、学習指導要領の下で作成されるので、その原則さえ守れば検定は通過するのであるが、出版社による相違点はいくつか見ることができた。例えば、計算の意味の指導では、「比例」を明らかにしていない点、また、計算の仕方の指導では図も同時に扱っていたりいなかったりする点が見受けられた。

したがって、今後は教科書にどのような内容が示されることが望ましいのか、その妥当性を検討していくことが必要である。つまり、子供に求めていく説明の内容を明らかにしていくことである。この内容を明確にすることで、教科書分析が潜在的に実現したカリキュラムに通じるものになると捉えられ現場の指導でも役立つ可能性がある。

さらに、諸外国の小数の乗法の指導内容、あるいは系列(系統性)、教科書の扱いはどのようになっているかということも比較対象として、日本で指導している内容との相対化を図っていく。そして、日本の算数教育のよさを国際的に発信していくことが今後の課題になる。

注

注1 中島(1997)は、『整数ではじめて情報を考え出すときの約束は、 $a+a+a$ を $a \times 3$ というように、いわゆる累加の考えにもとづいているわけであるから、そのままの考えでは、 $a \times 3.5$ や $a \times 0.8$ のような場合には用いられない。そこで、乗数が小数や分数の場合にも「かけ算」が用いられるようにしたい。どのように、その考えを新しく見直すか。見直すといっても、整数の場合も含むように、広く拡張した形であるので、これを乗法の意味の拡張と、一般にはいったわけである。とにかく、それまでは、「かけたら、もとの数より大きい数になる」といった見方であったものを、「かけても、小さい数が出る」ような場面を含むようにするわけで、子どもたちにとっては、一面やっかいなことでもあろうが、算数としては、大変すばらしいことだとして考えてほしいところで、算数での創造といった場合に、極めて大事な場面でもあるわけである。』(中島, 1997, p.4)と述べている。小学校課程の重要な場面であると捉えることができる。

注2 代数的には、積といった時、2項演算と作用として2つの意味を持っている。その2つの意味について岩永(2005)を参照し、具体的な数(5×3, 5×4, 5×7)でイメージを持つことにする。2項演算について以下のように述べている。

集合Xの直積集合
 $X \times X = \{(x, x') \mid x, x' \in X\}$
 とからX自身への写像または関数
 $p: X \times X \rightarrow X$
 が定義されているとき、pをX上の2項演算と呼び、任意の元 $(x, x') \in X \times X$ に対して、pによる像を $p(x, x') = x \cdot x'$ と表して、これを通常 x と x' の積と呼ぶ。
 (岩永, 2005, p.2)

このことを自然数の集合でイメージした図が次の図7である。

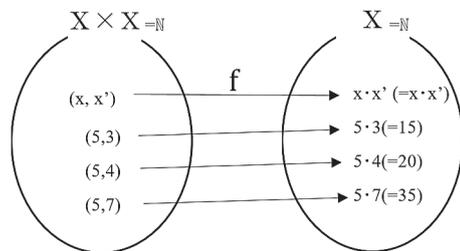


図7. 2項演算のイメージ図

この図7から、 $X \times X$ は自然数の集合の元(ペアリング)がそれぞれあり、それぞれの元(ペアリング)がXの集合にいくと、それぞれかけ算が定義されている。これは、同じ集合において入力が2つで、出力が1つになっていること

がわかる。 $X \times X$ からXへ一つの元(ペアリング)が対応している。

これに対して、作用については、次のように岩永(2005)は述べている。(文献:15)である)

代数系Aと集合Xについて、直積集合
 $A \times X = \{(a, x) \mid a \in A, x \in X\}$ または $X \times A = \{(x, a) \mid x \in X, a \in A\}$ からXへの写像
 $\lambda: A \times X \rightarrow X$ または $\lambda': X \times A \rightarrow X$
 が定義されているとき、 λ をAのXへの左作用、 λ' をAのXへの右作用と呼ぶ。
 (岩永, 2005, p.2)

このことを自然数の集合でイメージした図が次の図8である。

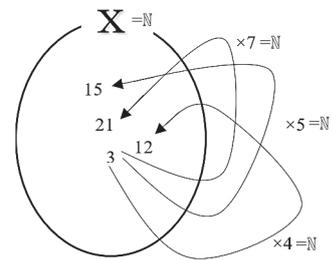


図8. (右)作用のイメージ図

この図8から(右)作用のイメージは、NがNに作用していることがわかる。例えば、自然数3に対して、それぞれ4, 5, 7が乗法として(右)作用していることがわかる。乗数と被乗数の概念は、この作用の考え方に基づいている。したがって、ここでは例えば、 3×4 と 4×3 は区別される。作用は、一般に交換法則は認められない。
 注3 文部省(1986)、『小学校 算数 指導資料 数と計算の指導』p.292の中で「2本の数直線」としてのことから、本稿ではこの文言を用いることにする。

文献

- 1) 飯高茂他. 『教科書の改善・充実に関する研究報告書(算数)―平成18, 19年度文部科学省委嘱事業「教科書の改善・充実に関する研究事業」―』
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/kyoukasho/seido/08073004/003.htm. (2008) (2018年7月18日最終確認).
- 2) 長崎栄三(編). 『世界の算数・数学教科書～理数教科書に関する国際比較調査結果から～』. 財団法人教科書研究センター. (2009).
- 3) 文部科学省, 『小学校学習指導要領解説 算数編』, 東洋館出版社. (2008).
- 4) Valverde, G. A., Bianchi, L. J., Wolfe, R. G., Schmidt, W. H., & Houang, R.T. According to the book: using TIMSS to investigate the translation of policy into practice through the world of textbooks [Kindle version]. Retrieved from Amazon.com (2002).
- 5) Ina V.S.Mullis, Michal O. Martin, Graham J. Ruddock, Christine Y. O'Sullivan, and Corinna

- Preuschoff, TIMSS & PIRLS International Study Center: TIMSS 2011 Assessment Frameworks. BOSTON COLLEGE.
- 6) 中島健三.『算数教育50年—進展の軌跡—』. 東洋館出版社. (1997).
 - 7) 藤井齊亮他.『新編 新しい算数 2下』. 東京書籍株式会社. (2014).
 - 8) 中村享史. 演算の意味・手続き, 日本数学教育学会 (編),『数学教育学研究ハンドブック』(pp.73-82). 東洋館出版社. (2011).
 - 9) 佐藤茂太郎,『これからの算数教育で大切にすべきことは何か—数学的活動を中心として—』松本大学地域総合研究第19号, pp.21-33. (2018).
 - 10) 佐藤茂太郎,『有理数の乗除計算に関する研究』松本大学研究紀要第16号, pp.33-43(2018).
 - 11) 清水紀宏. 計算の仕方を考える.『日本数学教育学会学会誌 算数教育』,92 (12), 52-53-125. (2010).
 - 12) 藤井齊亮他.『新編 新しい算数 5上』. 東京書籍株式会社. (2014).
 - 13) 広中平祐,杉山吉茂他.『新編 新しい算数 5上』.東京書籍株式会社. (2004).
 - 14) 清水静海,船越俊介,根上生也,寺垣内政一他.『Mathematics わくわく 算数5』.株式会社振興出版社啓林館. (2014).
 - 15) 岩永恭雄. 算数・数学の指導に必要な数学の知識・素養について,『信州大学教育学部紀要』, 119. 1-6. 信州大学教育学部. (2005).
 - 16) Fujita, T. & Jones, K. Reasoning-and-proving in school mathematics textbook in Japan. International Journal of Educational Research, 64, 81-91. (2014).
 - 17) Jones K. & Fujita, T. Interpretations of National Curricula: the case of geometry in textbooks from England and Japan. *ZDM Mathematics Education*, Volume 45, Issue 5, 671-683. (2013).