

Report

ボックス図を使った割合指導の試み

－教育実験による事例的研究－

守屋誠司 *

加藤 卓 **

進藤聡彦 ***

概要: 割合問題解法のツールとしてのボックス図(乗除数量関係図)の効果を調査した。これは従来の2本数直線表現に比べて、「基になる割合である1」、「基になる量」、「比べられる量」、「比べられる量の割合」の4つの関係が、視覚的に明示できる特徴をもつ。このボックス図を用いて、割合を未習の5年生2名に対して5時間の教授介入を行った。その結果、ボックス図自体の使用は比較的容易であり、それを用いることで割合の文章題にも正しく立式できるようになることが示唆された。さらに、全国学力・学習状況調査問題の算数B問題として出題された正答率が著しく低い問題にも、正答することができた。

検索語: 割合, ボックス図, 小学5年生の算数

Abstract : The purpose of this study was to research the effects of "box diagram method" as an instrument for problem solving on relative values. Box diagram method is able to show students the relationship between real quantities and values of ratio more clearly in comparison with conventional number line method. Two fifth graders who had not learned relative values participated in this study. They took five hours classes on relative values using box diagram method. The result revealed that two students became to be able to express formulas to lead to correct answers using box diagram. Moreover, they could solve applied problems called type B in national assessment test for sixth graders.

Keywords : Relative values, Box diagram, Mathematics for 5th Graders

1. はじめに

小学校算数で特に難しいといわれる学習内容に「割合」がある。これまでに様々な指導方法が考え出されてきた。例えば、Shindo & Moriya (2016)は、倍概念の作業を通した指導、2本数直線の構造と作図の丁寧な指導、比の第2用法からの導入、未知数を□として式変形による第1用法・第3用法の指導という指導過程を提案して、教育実験を行っている。これらでは一定の教育成果が認められる一方、この方法でも、十分に理解できない児童があった。この研究の過程で、2本数直線は割

合問題を解く際に、思考の補助となっているのかという新たな課題が浮かび上がってきた。この問題について、進藤・守屋(2015)では、文科系私立大学生を対象に、割合の文章問題のみを提示して問題を解かせる群と、ヒントとなるはずの数直線が記載された同一の文章題を解かせる群を設けて、両群の正答率を比較した。しかし、数直線の有無は立式の正答率に反映されなかった。この結果から、数直線自体の理解が難しい可能性が考えられた。

数直線に代わる割合に関する問題解決の補助となる図表現として、加藤(2008, 2014)はボックス図(乗除数量関係図)を考案している。そこで、本研究では、ボックス図による割合指導の効果を確かめることを目的に予備の実験を行った。本稿ではその結果を報告する【註1】。

*(Seiji MORIYA)

玉川大学

** (Takashi KATO)

東京福祉大学

*** (Toshihiko SHINDO)

山梨大学

2. ボックス図と実験用テキストVer. 1

2.1 ボックス図による指導方針

基本のボックス図は、図 1 に示す通りである。左上の三角形の中は、常に「1 倍の割合」を記入し、左下の台形の中には「基にする量」を記入する。右下の三角形の中には「比べられる量の割合」を、右上の台形の中には「比べられる量」を記入する。割合の値と単位は全て図の中心に書き、割合の 1 倍と x 倍の値、基にする量と比べられる量は、対頂角同士で同じ単位になる。

文章題では、条件となる様々な数量が順不同に提示される。成績上位の児童は念頭操作でそれら条件を整理することによって解決できる。しかし、念頭操作では解決できない児童には次のように指導する。まず「1 倍」にあたる「基にする量」と「 x 倍」にあたる「比べられる量」が、文章中のどれである

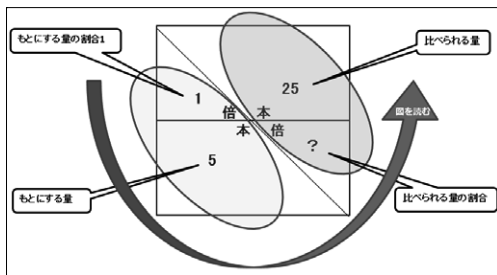


図1 ボックス図（乗除数量関係図）

求めるものは、図書委員会の定員をもとにした、希望者数の割合です。

1	倍	(割合)	→	30	人	(単位)
?	倍	(割合)	→	24	人	(単位)

1 倍 が、 30 人 のとき、

? 倍 は、 24 人 です。

式は、 $30 \times ? = 24$

$24 \div 30 = 0.8$

図2 テキストの内容構成例（太字は学習者が本

来記入する部分)

かを読み取らせる。次に、条件を整理してから立式をさせる。条件を整理しても立式できない児童には、条件をボックス図に記入させ、図の「1 倍」からスタートして反時計回りに読ませ、4数量の関係性を正しく理解させてから立式させる。

さらに、数量の関係性を理解しても立式ができない児童は、求めるべき数量を「?」で表し、第2用法の「基にする量 $\times$ 割合 = 比べられる量」で立式させてから、逆思考による主格変換を行う方法で解決させる（図2参照）。

第2用法からの手立てでも立式ができない児童は少数存在する。それら児童には最後の手立てとしてボックス図の数量の位置関係、すなわち、上下関係が割り算で、下の段の左右関係がかけ算となることから立式させる。図2の場合の?は、24を20で割るとよい。このようにブロック図は、「くもわ(OT)図」や速さで使われる「はじき図」を包含する図表現でもある。

2.2 ボックス図を使ったテキストの作成

筆者らは、ボックス図の考案者である第二著者が原案を作成したテキストの検討、修正を重ね、ワークシートの機能を兼ねた実験用テキスト Ver.1を作成した。作成の方針としては、検定教科書である藤井ら(2015)の単元「比べ方を考えよう(2)」に掲載されていた例題等はそのまま引用し、数直線のみをすべてボックス図の解説と図2のボックス図に基づく問題に置き換えた。なお、ボックス図自体が初出であるため、最初にその解説を詳細に掲載した。

一般に、文章題に関して正しく立式できる児童でも、解決過程を適切に記述できるとは限らない。そこで、本教育実験では、問題解決過程も適切に記述できることを目指した。そのような記述力を高めるためには、適切な記述方法を教授し、その方法にしたがって繰り返し書く経験が有効だと考えられる。そこで、本テキストでは、「①文章問題文→②求める答えの確認→③条件の整理・記述→④ボックス図の作図→⑤条件・図の読み(立式の根拠確認)→⑥立式→⑦計算→⑧解答」を適切な記述方法として、これを繰り返し書かせ、記述力を習得できるように構成した。この構成は表現活動に関わり、

どのように考えて解法したのかを児童自身で説明できるようにするためでもある。その際、図 1 のボックス図で、左上から矢印の順に右上までの数値を読むことによって、適切な説明の補助になると思われる。

3. 教育実験(教授介入)

3.1 目的

ボックス図の利用が、現行の割合指導の改善になるか否かを教育実験から確認するために、以下の4点の検証を目的とした。

①学習者は文章題とボックス図の関係を理解し、ボックス図を自らかき表せるようになるか。

②学習者はボックス図を基に立式し、正答できるか。

③全国学力・学力状況調査問題の算数 B 問題(記述式)の割合に関する問題にもボックス図を利用した指導が影響を及ぼすか。

④ボックス図を用いることで問題解決過程を適切に説明できるようになるか。

3.2 方法

①実施日 2015 年 12 月 28 日と 29 日の約 5 時間

②参加者 公立小学校に通う5年生 A, B の2名であり、小数の乗除は既習であるが、割合は未習であった。なお、B は 4 年生であった 2014 年 12 月下旬に、Shindo & Moriya(2016)の数直線に関わる教育実験での指導を一部受けている。その実験では小数の乗除が未習だったために計算は電卓を使用した。今回の実験時点では、計算が苦手で、 0.35×100 の筆算では、0 の段も書いたり、小数点の位置を時々間違えたりした。

③手続き

Shindo & Moriya(2016)で得られた結果と比較することによって今回の効果を確認するため、守屋・進藤・清水(2015)や Shindo & Moriya(2016)で用いられた以下の問題を事前・事後テストとして課した。問題1～問題3は単純な型の問題であり、問題4～問題6は日常の文脈に即した文章題であった。このうち、問題1と問題4、問題2と問題5、問題3と問題6はそれぞれ第1用法～第3用法の問題であった。さらに、事後テストでは平成 25 ～平成

27 年度の全国学力・学習状況調査問題算数 B 問題の割合に関する問題を追加した。なお、問題1～問題6には、数直線の添付はなかった。

問題1 39 kg は 13 kg の()倍です。

問題2 () m は 2.5 m の 3.2 倍です。

問題3 7.5 kg は() kg の 1.5 倍です。

問題4 30 cm の細長い竹があります。A さんは工作のために 18 cm 切りました。切り取った長さは、最初にあった竹の長さの何倍でしょうか。

問題5 B さんの組全体の人数は 40 人です。B さんの組の男の子の人数は全体の 0.6 倍です。B さんの組の男の子の人数は何人ですか。

問題6 C 君は妹におはじきを 15 個あげました。妹にあげたおはじきの数は、はじめに C 君がもっていたおはじきの 0.6 倍です。C 君がはじめに持っていたおはじきの数はいくつですか。

事前テストの終了後、児童らに実験用テキストを配布し、筆頭著者が指導者となってテキストに掲載の内容の順に指導を行った。

4. 結果

4.1 事前テスト

事前テストの結果は表 1 に示す通りであった。なお、数直線が記載されている問題(数直線 有)によって、6 年生 5 名に調査した守屋・進藤・清水(2015)と 5 年生 23 名に調査した Shindo & Moriya(2016)の結果を比較のために表 1 に示す。

今回の参加者 A, B ともに単純な型の問題ではすべて正解であった。小数の乗除の基本は習得しているといえよう。しかし、文章題では A は第 1 用法、第 2 用法で立式は可能であったが、第 3 用法では誤答であった。B は全問不正解であった。B は、第 3 用法では計算をした後で、答えが不適であることから、正しい式には書き直せた。B は、一度立式して計算し、その結果を検討して再立式するという方略を採っている。

A と B の違いは、単純な型の問題の解答方法に見られた。A は直接、計算しているが、B は 1 年前に学習した方法を用いていた。すなわち、まず第 2 用法で□を使った立式をして、式変形から

表 1 事前テスト結果

	問題	A	B	正答率	守屋ら 数直線 有	Shindoら 数直線 有
事前テスト	1	式 $\bigcirc 39 \div 13 = 3$	$\bigcirc 13 \times \square = 39$ $39 \div 13 = 3$	100%	100%	96%
		答え $\bigcirc 3$ 倍	$\bigcirc 3$	100%	100%	
	2	式 $\bigcirc 2.5 \times 3.2$	$\bigcirc 2.5 \times 3.2 = \square$ $\square \div 3.2 = 2.5$ $2.5 \times 3.2 = 8$	100%	80%	67%
		答え $\bigcirc 8\text{m}$	$\bigcirc 8$	100%	80%	
	3	式 $\bigcirc 7.5 \div 1.5$	$\bigcirc 7.5 \div \square = 1.5$ $1.5 \times \square = 7.5$ $7.5 \div 1.5 = 5$	100%	100%	71%
		答え $\bigcirc 5\text{kg}$	$\bigcirc 5\text{kg}$	100%	60%	
	文章題	4 式 $\bigcirc 18 \div 30 = 6$	$\times 30 - 18 = 12$ $12 \div 30 = 0.4$	50%	40%	87%
		答え $\times 6$	$\times 0.4$ 倍	0%	40%	
		5 式 $\bigcirc 40 \times 0.6$	$\times 40 \div 0.6$	50%	60%	78%
		答え $\bigcirc 24$ 人	$\times$ 無答	50%	60%	
		6 式 $\times 15 \times 0.6$	$\times 15 \times 0.6 = 9$ $15 \div 0.6 =$	0%	60%	78%
		答え $\times 9$ つ	$\times$ 無答	0%	60%	

$\square$ を求める方略を利用した。ただし、文章題ではその方略が使われていないことから、文章題の適切

以下に、特徴があった内容を記述する。

な意味表象の生成に課題があると思われる。

1 目 目

指導過程①～③(第1用法) 割合の定義が行

4.2 教授学習の過程

実験用テキスト Ver.1 を元に、通常の一斉授業となるべく同じように、筆頭執筆者の守屋が発問や指示・解説・説明等を行い、児童らはテキストの課題を解いて、それを互いに発表して確認するという形式で進めた。指導過程は次の通りであった。

①ブロック図の説明とかき方の教授

②第1用法(比べられる量÷もとにする量＝割合)による割合の定義の教授

③割合の百分率・歩合表示の教授

④第2用法(基にする量×割合＝比べられる量)の教授と百分率の割合への変換(例えば、20%を0.2に変換させることの教授。この変換作業はボックス図の端にサブボックスをかき、その中に変換後の割合の値を記すことによって行われた)

⑤第3用法(比べられる量÷割合＝もとにする量)の第2用法による $\square$ を利用した立式の教授

⑥30%引き・30%の利益などの応用的要素が付加された問題の導入

⑦演算決定の方法の確認と練習問題の出題

⑧3つのB型問題の出題

⑨児童自身による復習

われた後、ボックス図上で各量がどのように表現されているか確認するよう求めた。新しい問題を解く際にはA、Bとも前ページを見て確認しながらボックス図をかいていた。

本テキストは割合を既習の6年生を対象に編成されているため、最初の方で演算の判定方法が復習内容としてまとめてあった。被験者が割合を未習の5年生であるため、この段階では、文章題から演算を判断する方法は扱わず、指導過程⑦でまとめて指導することとした。ただし、わり算では大きい数÷小さい数だけでなく、小さい数÷大きい数があり、問題によっては、商は1より小さいこともあることを確認させた。この時点でもBは $\times 100$ と $\div 100$ で小数点を間違いやすい。

指導過程④(第2用法) 果汁20%であるジュース300mlのうちの果汁の量を求める問題で、A、Bともに、「ジュースに入っている果汁の割合」と捉えていた。問題を読み直させて、「果汁の量」であることを確認させた。その後は、ボックス図を正しくかいて、正答を導き出せた。

練習問題の3000円のセータの90%はいくらか

という問題に対しては、2人とも正しく問題解決できた。そこで、これまでの内容をどう思うか尋ねたところ、A は分かるという返答だったが、B は、「分かるけど頭の中がぼーっとしている」との回答であった。B は、既習のページを見ながら解くことが多く、まだ、解き方が整理されていないと思われる。

指導過程⑤(第3用法) 168g の猫が、生まれた直後の体重の 160% のとき、生まれた時の体重を求めるという問題では、2人ともボックス図と式、答えとも独力で解答できた。その後で、「? (基にする量) × 割合 = 比べられる量」でまず立式し、その後で、「? = 比べられる量 ÷ 割合」と式変形をして解答するとよいことを教授した。昨年この方法を学んでいる B は、□を使う式を書き込み、確認していた。A には初めての内容であったので、□を使った式について指導を行った。

B は、文章を読み、条件を書き出す部分が正しいと、正答に至る。昨日の 90% で 144 円になっている牛乳の昨日の値段を求める問題では、条件部分で、「1 倍 → 144 円、90% → ?」としたために、ボックス図も第2用法の図となってしまった。そのために $144 \times 0.9 = 129$ と計算し、誤答となった。もう一度文章題を読ませ、今日と昨日ではどちらが安いのかを確認させたところ、「1 倍 → ? 円、90% → 144 円」と条件を修正して、ボックス図もかき直した。式では、 $\square \times 0.9 = 144$ 、 $144 \div 0.9 = 160$ として、正答に至った。

指導過程⑥ 応用的問題の導入 250 円の 30% 引きの値段を求める問題では、教科書通りの実験用テキストでも、 $100\% - 30\% = 70\%$ として第2用法で値段を求める構成であった。しかし、A、B ともに、まず 30% の値段 75 円を求めてから、 $250 - 75 = 175$ として正答していた。この後で、直接求める方法を行いたが、これにも正答した。

2 日目

最初に前日の指導過程⑥の続きとして、仕入れ値 600 円の筆箱に利益 30% を加えて売る値段を求める応用的問題を出題した。30% 分を計算してからその分を加える方法で A、B ともに正答した。しかし、30% 加えることを自分から 130% とすることはできなかった。2名とも前日に取り上げた応用的問題から、条件の記述で「25% 引く」や「30% 加え

る」と書くことはなく、最初は単に 25% や 30% と書くのみであった。その量がどのように変化するかを明確にすることは大切だと考えられたので、この点に注意することを口頭で指導した。

指導過程⑦ 演算決定の方法の確認と練習問題 演算決定が十分でないため、第2用法を基本にした立式と解法を再度指導した。すなわち、ボックス図の ? を □ と表し、「基にする量 × 比べられる量 = 割合」に当てはめて立式させることを教授した。

なお、この際に、ボックス図の中に、矢印  をかき入れさせ、教授されている基本の式と矢印が対応していることを強調した。

第3用法の問題であるビニールハウス 48% の 132m^2 にカーネーションを育ているとき、ビニールハウス全体の面積を求める問題では A、B とも 1 倍を 132 とするボックス図をかいて立式した。「ビニールハウスとカーネーション畑では、どちらが広いの?」と聞き、正しいボックス図をかいて、考え直すよう求めた。A は $0.48 \times 132 = \square$ としたため、 を考えるように指示し、 $\square \times 0.48 = 132$ と立式しなおして正答に至った。B は、□を使った立式をして正答に至った。

やはり第3用法は難しく、文章を理解して問題全体をイメージ化、図表現できることが必要であろうと思われる。

③3つのB型問題の出題 B問題1(平成 25 年度問題 4(1))は第3用法と第1用法を使う課題であるが、割合を知らなくても文脈から解答できる問題であった。A は自分で完全解答がかけ、説明も文章でしっかりかけた。B は 1 試合あたりの観客数は求められたが、何倍かを求めることができない。ボックス図を書くように指示すると正解に至った。

式 $33000 \div 3 = 11000$
 $11000 \div 1100 = 10$

答 10倍

説明
 まずワールドカップ後の1試合あたりの観客数を求めるとき、観客数の合計÷試合数をしたら、1試合あたりの観客数になったからワールドカップ後も観客数の合計÷試合数をした。そのあと求めなければいけないワールドカップ前と後の試合あたりの観客数の何倍にふたつあるといっているから前と後の試合あたりの観客数を比べると10倍になり

ワールドカップ前
 11000 ÷ 1100 = 10倍

図3 Aの解答例

B 問題2(平成 26 年度問題 5(3))は第2用法を2回使う。A は自分で完全解答がかけた。B は、1 アタの長さまで求められた。ボックスを 2 つかかないと解けない問題であると助言すると、その後は自力で正解した。

B 問題3(平成 22 年度問題 5(2))は第2用法を使って比較する課題である。2人とも3商品の値引き値段を計算して比べ、正解した。

⑨児童自身による復習 ⑧の終了後、自分で実験用テキストを最初から復習するように指示した。A , B とも、色ペン等を使いながら復習を行った。特に、すべてのボックス図に  をかき入れて、計

算式の立て方を確認していた。

4.3 事後テストの結果

実験直後に実施した事後テストでは、最初にボックスをかいて、それを基に立式するように指示した。事後テストの結果は表2の通りであった。なお、守屋・進藤・清水(2015)の事後テスト結果や Shindo & Moriya (2016)の数直線が付されない場合の事後テストの結果も、本実験の結果と比較するために掲載した。

問題解決の過程でボックス図の使用については、A が問題3で第2用法のボックス図をかいたものの、

表2 事後テスト結果

	問題	A		B		正答率	守屋ら 数直線 無	Shindoら 数直線 無
			Box		Box			
事後テスト	1	式	$\bigcirc \quad 13 \times \square = 39$ $39 \div 13 = \square$ $\square = 3$	$\bigcirc$	$\bigcirc \quad 13 \times \square = 39$ $39 \div 13 = 3$	$\bigcirc$	100%	96%
		答え	$\bigcirc \quad 3$ 倍		$\bigcirc \quad 39\text{kg}$ は 13kg の3倍です		100%	
	2	式	$\bigcirc \quad 2.5 \times 3.2 = \square$ $\times \quad 3.2 \div 2.5 = \square$ $\square = 1.28$ 助言後 $\bigcirc$ $2.5 \times 3.2 = \square$ $\square = 8$	$\bigcirc$	$\bigcirc \quad 2.5 \times 3.2 = \square$ $3.2 \div 2.5 = 1.28$	$\bigcirc$	100%	67%
		答え	$\times \quad 1.28\text{m}$ 助言後 $\bigcirc \quad 8\text{m}$		$\times \quad 12.8\text{m}$ は 2.5m の3.2倍です 助言後 $\bigcirc \quad 8$		0%	
	3	式	$\times \quad 7.5 \times 1.5 = \square$ $1.5 \div 7.5 = 0.2$ $\square = 0.2$ 助言後 $\bigcirc$ $\square \times 1.5 = 7.5$ $7.5 \div 1.5 = \square$ $\square = 5$	$\times$ 第2 助言後 $\bigcirc$	$\bigcirc \quad \square \times 1.5 = 7.5$ $7.5 \div 1.5 = 5$	$\bigcirc$	50%	71%
		答え	$\times \quad 0.2\text{kg}$ 助言後 $\bigcirc \quad 5\text{kg}$		$\bigcirc \quad 7.5\text{kg}$ は 5kg の1.5倍です		50%	
	4	式	$\bigcirc \quad 30 \times \square = 18$ $18 \div 30 = \square$ $\square = 0.6$	$\bigcirc$	$\bigcirc \quad 30 \times \square = 18$ $18 \div 30 = 0.6$	$\bigcirc$	100%	9%
		答え	$\bigcirc \quad 0.6$ 倍		$\bigcirc \quad$ 最初にあった竹の長さの0.6倍です		100%	
	5	式	$\bigcirc \quad 40 \times 0.6 = \square$ $\square = 24$	$\bigcirc$	$\bigcirc \quad 40 \times 0.6 = \square$ $\square = 40 \div 0.6$ 助言後 $\bigcirc \quad 40 \times 0.6 = 24$	$\bigcirc$	100%	67%
		答え	$\bigcirc \quad 24$ 人		$\bigcirc \quad$ まさお君の組の男の子の人数は24人		100%	
	6	式	$\bigcirc \quad \square \times 0.6 = 15$ $15 \div 0.6 = \square$ $\square = 25$	$\bigcirc$	$\bigcirc \quad \square \times 0.6 = 15$ $15 \div 0.6 = 25$	$\bigcirc$	100%	45%
		答え	$\bigcirc \quad 25$ 個		$\bigcirc \quad$ あきら君がはじめにもっていたおはじきは25こ		100%	

助言後は正確に記述できている。A, Bともに文章からボックス図を正確にかいていた。

また、立式においては、かかれたボックス図に基づき、適切な立式ができていた。さらには、第2用法に基づき $\square$ を使った立式が可能であった。しかしA, Bとも問題2の第2用法では、 $a \times b = \square$ と立

式するものの、 $b \div a = \square$ として計算してしまった。

特に、Bではこの誤答が一般化されていた。そこで、 $a \times b$ はそのまま計算できることを助言すると、誤りに気づき修正することができた。

5. 考察

5.1 ボックス図の効果の検証

以下ではまず、冒頭に掲げた実験の目的別に今回の実験の効果を検証する。

① 文章題をボックス図にかき表せるか

対角線になっている1と割合をまず記入する。第1用法の問題の場合は、この段階で間違えることはなく、割を?と記述できた。この後で、1にあたる量(基になる量)と割合にあたる量(比べられる量)を書き入れるのだが、その際、初期の段階では2量を取り違える誤答が起こった。また、A、Bともに第3用法では、文章からの読み取りが不十分であったため、文章題から適切なボックス図をかくことが課題となっていた。ボックス図が正しくかけると立式は可能である。

これらから、何を1とするかは、テキスト上の「条件の記述」欄だけでは不十分で、文章題で設定されている状況全体の把握が必要になる。ボックス図表現の前段階で、文章題の意味表象を適切につくることができ、それから条件記述、ボックス図表現という過程が考えられる。つまり、文意を理解するための図表現などと数量関係を明確にするボックス図表現という、目的の違う2つの表現ができることが正解にいたる必要条件となろう。当然、前者についてはボックス図の使用に拘わらず、いかなる方法を用いるにしても、問題解決のためには必要不可欠である。

なお、実験の最後で復習場面を設けた際に、各用法の問題を比べてどこが違うかを確認させた。このような、各用法の異同を学習者自身が整理する機会を設けることも、ボックス図の適切な使用の促進に有効だったと考えられる。

0.8 倍と 0.75 倍ではどちらが大きいかというような問題については、これをボックス図上でかき分けることはできない。割合の指導段階では、数直線上での 0.8 倍と 0.75 倍の大きさの位置関係については既知である必要がある。そのためには、横地(1980)が提案している倍の数直線表示の指導が効果的であると考えられる。

百分率(%)と割合(倍)間を相互変換する作業等では、ボックス図作成段階で追加のツールとしてのサブボックスが必要であるが、これは児童自身が適当なボックスを付け足して容易にできていた。

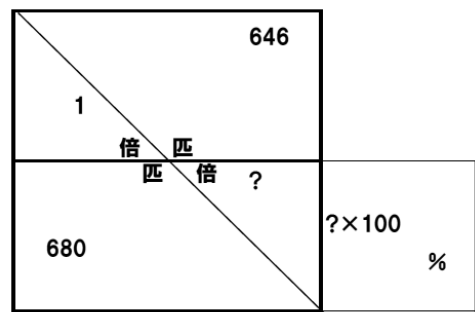


図4 答えを%表示するサブボックスが付いた図

%を割合に直すことは簡単であるが、答えの割合を%に直すサブボックス(図4参照)を最後に付け足すことは、忘れがちであった。そこで、最初のボックス図作成段階で何を求めるかを確認させて、この段階でサブボックスをあらかじめ書かしておく必要があると思われる。

② ボックス図を基に立式し、正答できるか

事後テストの後でボックス図についてどう思うかを尋ねるアンケートを実施した。選択肢の「面倒くさい」や「役立たない」、「複雑になってしまう」、「かきかたが分からない」は選ばれず、2人とも「ボックス図を使うと分かりやすく、解きやすいので役に立つと思う」という選択肢を選んだ。このことから、短期間でボックス図が指導されたにも拘わらず、A、Bともにボックス図を使いこなした上で、解法のヒントとしての価値を認めていることが分かる。

ボックス図からの立式では、第2用法を基にして、方向での立式から始めると分かりやすく、第1用法、第3用法は未知数を□として立式させると抵抗なく受け入れられることが確認された。ボックス図と第2用法による解決の相乗作用といえる。

先に記したように、指導過程⑥の応用的な問題で、児童の自然な思考としては、30%引きの問題では、値引きの30%分を先に求め、もとの値段から引く方法が、もとの値段の70%を求める方法よりも、現実との対応関係がイメージしやすく確証をもてるのであろう。

③ 全国学力・学習状況テストB問題への対応

今回扱ったB問題は、第1用法、第2用法を多数回利用するものである。3つの問題の全国正答率は、各年度の全国学力・学習状況調査報告書(平成22年、25年、26年発表、【註2】)によると、順

に 43.4%, 33.3%, 17.4%であった。これらと比較して2名の正答率が高いことから、ボックス図利用による指導の一定の成果が確かめられた。すなわち、B問題のような多段階の内的、外的操作を要する問題の解決にもボックス図の効果が転移したことを意味する。

④ 問題解決過程の説明

図3にその例を見ることができるよう、全体としてボックス図に沿って説明がなされていた。これはボックス図を媒介にして、問題解決の過程が明示されることによってもたらされたことを示唆する。

5.2 今後の改善に向けて

以下では、教授学習過程を通じてみてきた教育実践への示唆と改善点についてまとめる。

① ボックス図を利用した今回用いたテキストは、既に数直線を利用して割合を学習しているが、それを苦手としている6年生を対象にした内容構成であった。したがって、本の実験のように割合について初学である5年生を対象にするには、テキストの初めに記述されていた演算決定の方法部分は、第2用法の指導以降でまとめるとよいと思われる。

② 25%引きや 30%の利益という課題では、直接的に $\times(100 - 25)$ 、 $\times(100+30)$ とする発想はなく、25%や 30%を求めてそれを足し引きする方法で行っていたことから、この方法をまずやってから、次に直接の方法を扱う流れがよいと考える。また、これを生かして、日常では2割引のことを、「8掛け」といっている意味を考えさせると、第2用法との関係が分かりやすいと思われる。

③ 立式を間違えたり、立式はできても計算で間違えたりする。文章を読み、答えの予想を立て、計算結果が文意と一致するかを確かめるという一連の操作の指導が必要である。特に、答えを文章題に当てはめて、現実の事象と対応するかについて検討する機会を問題ごとに設け、最終的にはそれらを自分で確認できるようになる構成にすることが必要であろう。

④ 3量の位置関係で演算を決定するという、機械的で簡易な立式方法をどの時点で指導するかは課題である。実際には児童自身で気づくような指導をすべきであろう。ボックス図から安易にそれだけを覚えさせることを急ぐと、意味を理解できな

いままで立式だけの指導だと評判の悪い、「くもわ図」、「はじき図」、2本数直線での「N字方式」と同様なものになってしまい、ボックス図利用のねらいである問題解決力や表現力の養成の効果が期待できなくなる。

⑤ ボックス図の利用が、現行の割合指導の改善になるか否かの視点から、今回のテキストは、検定教科書の例・説明・問の内容とその配置順などを変えずに構成した。そもそも、この流れが適当であるか否かが検討されなければならない。著者らは、横地(1980)の低学年から倍概念を作図等の作業を通して学習するという指摘に同意するものであり、この延長に立ったテキストの作成が必要であると考えている。検定教科書との違いは、割合の導入として第2用法から始める点にある。その点を考慮すると、「第2用法のボックス図」→「第2用法の立式」→「第1用法のボックス図」→「□を使った第2用法での立式」→「式変形から第1用法の立式」→「割合の定義」→「第3用法のボックス図」→「□を使った第2用法での立式」→「式変形から第3用法の立式」の順番で構成し直す必要がある。

⑥ テキストを学習し終わっても、学習者は自分の中で学習内容が整理されていないため、復習の時間を取り、3種類の問題場面と計算方法を確認し、それらを整理する学習過程を設定する必要があると考えられる。

本研究の参加者は2名に過ぎず、結果の一般化には問題がある。その点で予備的研究の域を出ない。その一方で、学習過程を詳細に観察することができた点は事例研究として一定の意義があると考えられる。今後は、実際の教室の中でボックス図の効果を検証していくことが求められる。また、速さの指導でもこのボックス図が有効であろうと考えられるため、速さの指導のためのボックス図を基本にしたテキストの作成と教育実験を試みたい。

参考・引用文献及び注

1. 加藤卓, 「数量関係図」の導入により算数の苦手意識を克服する ～実質・形式陶冶の両面強化を図り、思考の筋道を明示し説明に使う「数量関係図」の開発～, 『平成 20 年度 優良教

育研究概要』, 一般財団法人山形県教育共励会, 2008, 34-35

2. 加藤卓, 「単位当たりの量に関する指導内容の改善について」, 『数学教育学会誌臨時増刊 2014 年度数学教育学会秋季例会発表論文集』, 2014, 29-30
3. 進藤聡彦・守屋誠司, 「割合に関する問題解決の困難さ ―数直線の把握の観点から―」, 『日本教育心理学会第 57 回総会発表論文集』, 2015, 605
4. Shindo,T. & Moriya,S., Number Lines as an Instrument for Solving Problem on Relative Values, *Beitraege zum Mathematikunterricht 2015*, 2016, 856-859
5. 守屋誠司・進藤聡彦・清水光, 「数直線の指導による割合問題の指導改善について」, 『数学教育学会誌臨時増刊 2015 年度数学教育学会春季年会発表論文集』, 2015, 54-56
6. 藤井斉亮・他, 『新編 新しい算数 5下』, 東京書籍, 2015
7. 横地清, 「倍と割合の見直し」, 『授業の創造』 No.8, 教育研究社, 1980, 29-34

【註1】本稿は, 次の口頭発表に, より詳細な内容
と新たな分析結果を追記してまとめなおしたものである。

Kaoto T. & Moriya S. & Shindo T. ,
Effects of diagrams showing
relationships between variables in
solutions of problems concerning relative
values , *Beitraege zum
Mathematikunterricht 2016* , 2016 ,
517-520

【註 2】各年度の問題と正答率は, 文部科学省・
国立政策研究所により, 『全国学力・学習状況
調査報告書』として報告されている。
(2016.9.19 確認)

平成 22 年度

http://www.nier.go.jp/10chousakekkahouko/ku/02shou/shou_4s.pdf

平成 25 年度

<http://www.nier.go.jp/13chousakekkahouko/ku/data/research-report/13-p-math.pdf>

平成 26 年度

<http://www.nier.go.jp/14chousakekkahouko/ku/report/data/pmath.pdf>

付記

本研究の実施にあたっては, JSPS 科研費補助金 15K04510 (代表者 加藤卓) の助成を受けた。