算数科割合単元におけるアナロジ教示の学習効果

平成３０年１０月

島根大学教育学部

「教育臨床総合研究17　2018研究」

算数科割合単元におけるアナロジ教示の学習効果

The Study on Learning Effects by Analogical Instructions
in Proportion Unit of Mathematics

山　崎　裕　也*　　下　村　岳　人**
Yuya YAMASAKI　　Taketo SHIMOMURA
石　野　陽　子**
Yoko ISHINO

要　旨

小学校算数科における割合指導の難しさを克服すべく，アナロジ教示を取り入れた授業実践を行なった。また，その前後で課題テストを行ない，児童の理解度や間違える要素，困難点等について確認した。さらに，授業プロトコルの分析から，本授業実践におけるアナロジ教示による学習効果について検討した。その結果，割合単元における児童の理解を促進する上での，アナロジ教示による学習指導の可能性が示唆された。

〔キーワード〕　割合単元　アナロジ教示　学習効果　児童

1　問題と目的

割合指導に関する研究は，古くから行なわれてきており，その動向については中村（2002）にもまとめられている。中村（2002）は，これらの研究をまとめるなかで，今後の割合研究の方向性として，割合指導そのものの顕在化と，割合の実態調査の二点をあげている。以下では，この二つの視点から，割合指導の困難性について検討する。

割合とは本来，同種の量についてのみ考えるものであるが，現在の算数科の学習指導では，当然のように異種の量についても用いられるだけでなく，学習指導上，異種の量の割合を先に学習することが多い。このことについて杉山（2006）は，「今は，『単位あたりの量』として単元が作られているが，これを『異種の量の割合』と言っていたことがある。(p.297)」と述べており，同種，異種それぞれの割合を意識的に区別していたことがある様子が伺える。同種の割合指導に関する研究には，田端（2001），平山（2003），市川（2003）などがあげられる。これらの論文に共通する点としては，割合とは比べ方の一方法であるとともに，そこには比例関係が横たわっているという考え方である。この比例と言う関係を拡張し，仮定という視点をも

*真庭市立勝山小学校（元島根大学教育学部初等教育開発専攻）
**島根大学教育学部初等教育開発講座

とにすることから異種の量も割合（単位あたりの量）として捉えられている。その異種の量の割合に関する研究には，落合（1994）や廣瀬（2005）などがあげられる。落合（1994）は，算数の良さを味わうことを目的として，収穫高を比較する実践を行なっている。また廣瀬は，速さの実践を構成的抽象の視点に焦点を当てた授業分析を行なっている。このように，割合指導においては，これまでにも様々な工夫を凝らした実践が行なわれている様子が確認できる。

また，日本で行なわれたこれまでの調査からは，割合学習に関する子どもの理解の困難性について指摘されている。例えば，直近の平成29年度全国学力・学習状況調査においては，活用できるかどうかを問うB問題においては，与えられた情報から，基準量，比較量，割合の関係を捉え，選択肢を選んだ理由を書く問題における正答率が13.5%であった。また，平成25年度の実施調査では，知識・技能を問うA問題において，異種の二つの量の割合の比べ方やその表し方を理解しているかを問う問題の正答率は50.2%であった。これらの結果からは，日本の子どもたちが，活用できるかどうかに限らず，基礎的な割合の見方に困難を示している様子が伺える。現在の算数科の学習指導では，子ども同士の協働的な学びが主流となりつつある。確かに，そのような学び方により，子ども自らが発見する機会や，成功体験を持つ機会を作り出すこともできるだろう。しかし，子ども任せで授業を展開していただけでは，解法に求められる本質的な見方・考え方が習得できるとは限らない。当然のことながら，そこで教師による適切な介入が重要となってくる。とりわけ，割合の学習指導のように，昔から子どもたちがその理解に困難性を示す場面においては，教師自らが，重要となる見方・考え方を焦点化する機会を見出すことが必要となるであろう。そのような教師の介入のあり方の検討が，上記の結果の改善の一助になり得ると考えられる。

そこで本研究では，割合単元において教師自らが子どもたちに視点を与えるような指導方法の検討を行なう。

先行の学習により得た知識を後続の学習に活かすために着目したのが，「転移」という概念である。転移には様々な種類があるが，ここでは問題解決の転移として話を進める。転移の定義について心理学辞典（中島・安藤・子安・板野・繁桝・立花・箱田，1999）では「前に学習したことがその後の学習に影響を及ぼすことをいう。そして，前学習が後の学習を促進する時には正の転移（positive transfer），妨害するような場合には負の転移（negative transfer）とよんでいる。」としている。

これまで転移については様々な基準に従って分類され研究されてきた（例えば，Perkins & Salomon（1989），Mayer & Wittrock（1996））。しかし，算数の問題解決においては，正の転移がおこりにくいとされている（例えば，Reed（1987）やCarraher, Carraher, & Schilemann（1985））。その中で正の転移が起こったことが報告されているのが，アナロジ教示におけるアナロジ転移である。アナロジ転移とは，「既に記憶されている領域から…（中略）…説明の必要な領域に関係情報を転移すること」（Vosniadou & Ortony, 1989）である。つまり，アナロジ教示による転移とは，先行課題で学習した内容と関連する情報を後続課題の解決時に教示することにより，関連情報を後続課題の解決に活用することである。

アナロジ教示による問題解決過程は，認知過程・抽象化過程・マッピング過程の３つの過程を経て解決されるという（Mayer, 1992)。認知過程とは，ベース問題がターゲット問題の解決

に利用できることを認知する過程のことである。問題解決者に呈示したターゲット問題が以前に学習したベース問題と類似していることや，ベース問題を使って解くという教示を与えることで認知過程の教示とする。Gick ＆ Holyoak（1980）の研究では，上記の教示が与えられると90％の問題解決者がターゲット問題を解いたが，与えられないときは，20％しか解けなかったということが報告されている。抽象化過程は，学習者が問題解決においてベース問題をターゲット問題に適用できることを認知すると，今度は問題間の関係を把握しなければならない。抽象化の過程は，問題を解く際に使用する知識・技能から一般的な特徴を抽出することである。マッピング過程は，ベース問題とターゲット問題の解の間の適切な結合を見出すことである。学習者は通常両問題の類似性を探す。それは表面的特徴の類似性であったり，構造的特徴の類似性であったりする。

このアナロジ教示による転移の研究は20年程度であり，今でも高校生や大学生が解く代数学のような問題の転移に限定されるようである（例えば，多鹿・山本，1998）。小学生の算数におけるアナロジ教示による転移についての研究はほとんどされていないのが現状である。

子どもたちにとって理解が困難である割合の学習に対して，アナロジ教示を具現化したものを子どもたちに提示し，学習効果があるかどうかを検討する。

2　研究の全体構想

（１）研究対象：附属小学校５年生１クラスを対象とした。

（２）研究期日：2017年12月７日に事前のプレテストを実施し，12月14日に授業を行ない，12月19日に事後のポストテストを行なった。

（３）研究方法：①対象児童にまずプレテストを行ない，その結果から児童がそれぞれの問題に対し，どのように解答しているのか，間違える要素はどこにあるのか，算数としての知識をどの程度獲得しているのか把握する。②それらの結果から授業内容を構想し，授業実践を行なう。③その後ポストテストを行ない，プレテストとポストテストの結果の比較と，授業プロトコルの分析によって，本授業実践においてアナロジ教示による学習効果があったかどうかを検討する。

3　プレテスト

（１）方法

①研究対象：附属小学校５年生１クラスを対象とした。男子16人，女子13人の合計29人であった。

②研究期日：2017年12月７日に対象クラスの教室で15分の時間を設けて行なった。

③設問内容：問１から問４までの４問で構成されていて，１問ごとに対象児童の単位量あたりの大きさの問題を解くために必要な知識・技能が備わっているのかを確かめる問題になっている。また作成にあたっては，「小学算数５年上」（小山ほか，2015a），「新しい算数５上」（藤井ほか，2015a）他，複数の教科書や全国学力・学習状況調査問題を参考に作成した。

問１は，図１を呈示した上で，「１．２つのうさぎ小屋（A・B）があります。どちらがこんでいるでしょうか。こんでいる小屋に○をつけましょう。（小屋A，Bは同じ広さです。）」とい

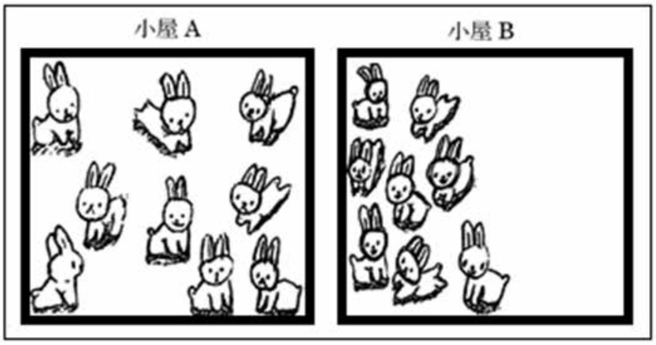

図1　プレテスト問1で用いられた図

う教示を行なった。うさぎ小屋にいるうさぎが描かれている二つの絵を見比べて，どちらが混んでいるのかを判断する問題である（図1）。この問題では，児童の中の「混んでいる」ということがきちんと理解できているかを確認する問題である。

問2は，「2．トマトが6個入り450円で売られています。トマト1個あたりの値段はいくらでしょう。」という単位量当たりの大きさを求める問題文を呈示し，立式して計算する問題である。この問題では，単位量あたりの大きさの文章問題で，既に「～1個あたり」で求めるように示唆しており，問題に沿った立式並びに解法が理解できているかを判断する問題である。

問3は，「3．学校の花だんにチューリップの球根を植えています。40㎡の花だんには8個植え，48㎡の花だんには12個植えました。どちらの花だんの方がこんでいるでしょう。」という問題文により，面積や植えてある球根の数がそれぞれ異なる二つの花壇を示し，どちらが混んでいるかを判断する問題である。この問題は，単位量あたりの大きさを求めることでどちらが混んでいるかを比べる問題である。富田（2010）は割合単元や単位量あたりの大きさの単元では二つの数量の関係を扱うがゆえに，子どもが問題場面を把握すること自体が容易ではない述べている。そのため，まずこの問題では児童が文章問題に出会うとき，問題の場面を適切に理解できているかを確かめる問題である。この問題の文章には，単位量当たりで求めて比べることを示唆するような文章は書いておらず，児童が自分で基にする量と比べる量を設定する技能が身についているかを確かめる問題である。また，この問3は児童が普段使用する教科書を参考に作成したが，その際，花壇の面積と球根の個数の数字を意図的に入れ替えた。児童が普段解いているような教科書の問題の比べる量と基にする量を意図的に入れ替えることで，児童の中にある「1㎡あたりの個数を求める」という先入観を崩し，自分の中で基にする量を設定し，きちんと単位量あたりの数字を比べるとができるかを見る問題であった。

問4は，資料（図2）を示した上で，「4．次の資料は，4月から7月までの4か月間の，各学校の本の貸出冊数の様子をまとめたものです」という教示を与え，以下の2問に答えさせた。（1）「各学校の1人あたりの貸出冊数を求めるためには，表1の□の各学校の貸出冊数の合計のほかに，どのような数が必要ですか」と質問し，「1　各学校の，図書館を利用した人数」，「2　各学校の，学校全体の児童の人数」，「3　各学校の，図書館にある本の冊数」，「4　各学校の，本の種類ごとの貸出冊数」という4つの選択肢の中から1つを選択させた。つまり，与えられた情報をもとに単位量あたりの数

4月から7月までの4か月間の 各学校の 本の貸出冊数の様子

表1「各学校の月ごとの貸出冊数（冊）」

学校＼月	4月	5月	6月	7月	合計
A小学校	986	2918	3414	2420	9738
B小学校	849	2523	2938	2095	8405

図2　プレテスト問4の資料

を求めるためには，どのような情報が必要かを回答させた。（２）「⑴の問題を解くときに，重要だと思った部分や注意した部分に線を引きましょう」と教示し，子どもたちが問題を解く際にどの部分に注意して問題を解こうとしているかを確認した。

（２）結果

プレテストの結果，正答していたのは，問１は96.55％（28人），問２は96.55％（28人），問３は44.83％（13人），問４⑴は41.38％（12人）であった。

（３）考察

プレテストについて考察する。問１の二つの絵では同じ面積のうさぎ小屋Ａ・Ｂがある。Ａのうさぎ小屋のうさぎは全体に広く分布させているが，Ｂのうさぎ小屋のうさぎは左側の方に詰めて分布させている。一見片側に詰めて分布されているＢのうさぎ小屋の方が混んでいるように見えるが，全体を均してみるとＢよりもＡにいるうさぎの数の方が多く，Ａのうさぎ小屋の方が混んでいるのである。問１は96.55％の児童が正答しているので，このクラスの児童は単位量の重要な概念のひとつである「均す」という感覚は身についていると考えられる。

問２は96.55％の児童が正答しているので，単位量当たりの数字を求めるように示唆している文章題において，立式してその式を解く力は身についていると考えられる。

問３の問題では，この問題の正答率は44.83％と低い結果となった。児童の解答を見ると，空欄で解答している児童はいなかったため，問題を把握し解決しようとする姿勢は見られた。この問題の不正解者の中で最も多かった間違いのパターンは「式の内容と説明内容の混同31.3％」であった。以下に誤答の代表例を示す（具体例１）。

40÷８＝５←<u>１㎡あたり５個</u>　　48÷12＝４←<u>１㎡あたり４個</u>
・１㎡あたり５個と１㎡あたり４個では５個の方が多いので，
40㎡に８個の球根を植えた花だんの方が混んでいる。

具体例１．プレテスト３「式の内容と説明内容の混同」例

児童の中で基にする量と比べる量が混同してしまい，本来は上記の式だと「１個あたりの使用面積」を比べなければならない部分で「１㎡あたりの個数」として比べてしまっているためであると考える。新堀（2000）は，教科書には現実的場面の絵に引き続いて人数と面積の表が記述しているとき，子どもが混み具合を比べる際には人数だけに着目しやすい傾向があると述べている。今回の問題においても，児童の中に面積とチューリップの球根の個数を求める際に，不正解者が立式した後で球根の個数で比べようとする傾向があるために上記のような間違いが多かったのではないかと考える。このようなことが起こらないためには，児童の中で比べる量や基にする量がきちんと定まっていれば，このような誤答が起こらなかったのではないか。何かしらの方略によって基にする量や比べる量を明確にする必要がある。そのためには，説明の最初の一文で何を比べるのか，何を求めるのかをはっきりさせておくことが良い

表１．プレテスト問３最初の一文と正誤関係のクロス表

プレ問３最初の一文有無	プレ問３正誤	
	誤答	正答
書いていない（人）	13	10
書いている（人）	3	3

表２．プレテスト問３最初の一文有無と正誤関係のMcNemar検定の結果

度数	29
正確な有意確率（両側）	.092

（p.＜10）

のではないかと考えた。表２はプレテスト問３で説明の最初に何を求めるか，何で比べるかを書いている人と書いていない人，プレテスト問３を正解した人と不正解した人のクロス表である。プレテスト問３で最初に何を比べるか，何を求めるかを明確にしている児童と正誤関係を見るために，McNemar検定を行なった。最初の一文を書いている児童と正誤関係は有意であった（表３）。この結果から，プレテスト問３のような問題を解く際には，最初の一文で何を比べるか，何を求めるかを明確にすることが間違えにくくなることが言える。

また不正解者の中で，「最終解答の間違い・説明なし」という間違いパターンが25%いた。この児童たちも上記のような式を立てたうえで最終解答を間違えている。この児童の中にもどちらで比べていいのかが分からず，１㎡あたりの個数を求め，その個数で比べて多い方が混んでいるという解答をしておけば問題ないのではないかという先入観があったのではないかと考えられる。

問４⑴に関して正答率は41.38%と低い結果になった。よって単位量あたりの大きさを求めるために必要な情報が何かが理解できていない児童が半数を占めていることが言える。また問４⑵において，「１人あたりの貸出冊数」の部分に線が引いてある児童は58.6%であった。⑴の正答者の内，「１人あたりの貸出冊数」に線を引いていた児童は75%であった。表４は，プレテスト問４⑵で「１人あたりの貸出冊数」に線を引いていた児童，線を引いていない児童とプレテスト問４⑵の正誤関係のクロス表である。ここから１人あたりの貸出冊数を求めることに気を付けている児童は，そのまま正答率が高くなると考えられたが，これについてMcNemar検定を行なったところ，有意な差は認められなかった（表２）。

４　授業実践

（１）方法

①研究対象：附属小学校５年生１クラスを対象とした。男子16人，女子13人の合計29人であった。

②研究期日：2017年12月14日の２時間目を頂いて授業を行なった。

③実験授業の計画：

実験授業は，第５学年「単位量あたりの大きさ」単元において計画した。その中で本時は，本単元全14時間の学習時間のうちの最終時間にあたる。授業は表３のように計画し，実際の授業はおおよそ計画通りに進行された。

事前に行なったプレテストの結果からは，子どもたちは単位量当たりの大きさを図で認識する様子や，与えられた問題の中に単位量当たりで求めるように指示されている文があるときは，比較的高い正答率であるのに対し，単位量当たりで求めるように指示されていない問題では正答率が低くなる様子がみられた。このことは，認知過程やマッピング過程では大きな問題はないものの，自分たちで比べる量や基にする量の設定を要する抽象化過程において困難を示す子どもの様子が明らかとなった。よって，アナロジ教示を用いた本実験授業では，比べる量を明確にするといった抽象化過程を重視した授業を計画の中心に据えることとした。

表３　授業の計画

（１）問題把握場面（プレテスト結果の紹介）
（２）個人解決場面および集団解決場面①（個人解決をもとにした解答の検討）
（３）集団解決場面②（誤答例をもとにした解答の追究）
（４）アナロジ教示による抽象化過程の顕在化と問題の焦点化
（５）アナロジ教示をもとにした解法の適用と本時のまとめ

授業の実際

授業は，指導者が本日の授業で扱う問題を提示する場面から始まった（表３(1)）。以下は，その場面にみられた発話の実際である。

T1　今日何するかってことなんだけど・・・
（問題文を黒板に貼る）
C1　どっかで見たことある
T2　どっかで見たことある？
C2　やった～。このまえやった～
C3　前のテストで出たやつだ。
T3　これね、ちょうど１週間前かな。算数のテストで出した問題なんだけど、覚えてる？
C4　覚えてない
C5　出た出た
T4　このクラスって何人いる？
C6　29 人。29。
T5　29 人かぁ。この問題に正解した人、13 人しかいなかったんよ。
C7　えぇ！？本当？
T6　本当に。13 人しか正解しなかったんよね。
C8　16 人間違えたってこと？
T7　そう。でもちょっとこれだけ間違えるのはまずいかなぁと思ったので、この問題を最初に考えていこうかなと思います。
C9　何間違えたんだろ…？

教師が問題を提示した問題（Ｔ１）を，以前に解いた問題であると認識する子どもがいる様子（Ｃ１，Ｃ２，Ｃ３）が確認できる。その問題の正答人数について教師が示すと（Ｔ５），子どもは驚きの様子を示している様子もみられる（Ｃ７）。さらにＣ９の子どもからは，自身が間違えていたことを予想したと思われる発言が確認できるとともに，「何を」という問題を振り返ろうとする様子も伺える。

問題提示場面では大きな混乱はなく，授業は以下に示す個人解決場面（表３(2)）へと進んだ。

（各自で問題を解いている。）
C10　先生、もうできたよ。
T8　後で答え合わせするけん、ちょっと待ってて。
T9　さぁ、５分経ったけど、どうでしょうか。
C11　これ答え書いていいの？
T10　もちろん、この問題は最終的には何を答えないとだめかな？
C12　答え？
T11　まぁそうなんだけど、どっちが混んでますか？って聞いてるから、どちらが混んでいるかを書かんといけないよね。
T12　はい、じゃあだれか前に出て書いてほしいです。じゃあＡさん。
（指名を受けたＡさんが前に出て解答を板書する）
T13　じゃあＡさん、そのまま説明して下さい。
C13(Ａさん)　えっと、40 ㎡の花壇には、球根を８個植えて８個を１個にするので 40 ㎡を÷８して５にして、球根１個につき５㎡。で、こっちは 12 個を÷12 して１個にして、48 を 12 で割って 48÷12 で４㎡になる。だからこれは球根１個につき ４㎡なので、どっちが混んでいるかと聞かれているので、1 個につき５㎡の方が混んでいるから、40 ㎡の花壇の方が混んでいる、ということになりました。
C14　いいです。
C15　いや？違います。
T14　なんか賛否両論ですね。どうこれについて？
T15　じゃあ、Ｂさん。
C16(Ｂさん)　僕は１個につき４㎡ある 48 ㎡の花壇の方が混んでいると思って、1 個につき１㎡が５個あるのと、1 個につき１㎡が４個あるのでは、数が少ない４㎡の方が小さいと思うので、48 ㎡の方が混んでいると思いました。
C17　いいです！
T16　どう？Ａさん？なんとなくわかった？
C18(Ａさん)　（黙ってうなずく）

この記録の前半では，子どもの答えを書くかという質問（C11）に対して，教師が何を求めているのかに意識を向けさせようとする発言（T11）を確認することができる。集団解決場面では，教師は意図的指名によりAさんの説明（C13）が行なわれている。その説明に異を唱えたBさんの説明からは，教室での賛意を得る（C17）とともに，Aさんも納得する（C18）様子が確認できる。

ここまでの授業では，問題の正誤については明らかにされつつあるものの，問題の本質については，触れられていない様子であった。以下は，教師からの新たな問いかけによって問題の本質は何かに注意が向けられる場面の発話記録である（表３⑶）。

T17　そう。今日皆に見てもらいたいのがあってね。
（間違い例を貼る）
C19　たぶん俺もその間違いしてる！
T18　どこが間違っているか分かる？じゃあＣさん
C20（Ｃさん）この式（Ａさんの式）とこの式（間違い例）は同じなんだけど、Ａさんの図（計算の図）では、８個を１個にするから 40 ㎡も一緒に÷8 するから、これも本当はこの８個を１にするから 40÷8 なのに、これ（間違い例）では 40 ㎡の方は１㎡あたりになってしまうので、これ（Ａさんの書いた式）とは全然わけが違って、これ（40 ㎡）を１㎡にすることになってしまうから、この絵とこの式は違うから、これはあってないんじゃないかなと思いました。
T19　えっとね。式はあってる？
C21　ん～。まぁ、まぁ。
T20　だってＡさんはこの式で、最後ちょっと間違えちゃったけど、この式で答えは出せるじゃん？でも、同じ式だけど、この説明の方はどうだろう。言葉で説明してる方は、どこが違うと思う？この文のどっか１部分を直すと、これは答えに持っていけるんだけど。じゃあ、Ｄさん。
C22（Ｄさん）えっと、48÷12 とか 40÷8 にするには、１㎡あたりにするのではなくて、１個あたりにして、あたりが１㎡あたりだと、式が 8÷40 とか 12÷48 とかになるから、だから、１個あたり５㎡で、４個の方は１個あたり４㎡なので、48 ㎡の方が混んでる。

教師の提示した誤答例に対して，Cさんは図と式の関連を用いながら誤りを指摘している（C20）。その説明に対して教師は，T19の発問を通しながら何を求めている式なのかを明確にさせようと揺さぶりをかける様子がうかがえる。さらにDさんは，その教師の問いかけに的確に答える様子がうかがえる（C22）。この後，「何を求めるのか」を示す抽象化過程を顕在化させるため，教師から以下のような指導が行なわれた（表３⑷）。

T21　でまぁ、勘違いもあるとは思うけど、いつも勘違いしとるのはまずいかなぁと思うんよね。で、もう１個見てほしいものがあって。
（正解例を貼る）
T22　これね、すごいきれいな解答していて。どう？
C23　こんなには書いてないわぁ。
T23　このみんながよく間違えてた解答と、こっちの解答の書き方だと、確かに細かく書いてる部分はあるんだけど、これ先生はすごく良い解答だなぁと思って。どこが良いと思うって聞いたら、多分いろいろ出てくると思うんだけど、先生が思う１番いい所ってのは、ここなんよ。
（「１個あたりの面積を求めます。」の板書部分に線を引く。）
T24　どう？
C24　あ～。まぁ確かに。
T25　この文章があったときに、40÷8 っていう式と 48÷12 っていう式が、何を指しているのか、この１文を見たらすぐに分かると思わない？
C25　うんうん
T26　あぁうんうんっていう子もちらほらいるね。だから今後こういう問題を解くときに意識してほしいって思うことが、一番最初に「何を出すか」っていうことを書いてほしいと思います。
T27　その問題の中にきっと何を求めて、どう比べるのかってことが書いてあると思う。それで、最初に「１個あたり～」とか「１㎡あたり～」とか、この文を一番最初に書く。そうしたら、この式から説明に行く時に、勘違いとかが起こらないんじゃないかなぁって先生思うんよね。なので、ちょっとそれを意識しながら、次の２問目の問題を解いてください。

ここでは教師が，T23の発言によって重要点を示すだけでなく，その部分に下線を引き強調する様子がうかがえる。その事柄については，子ども自身も価値づけを行なう様子がうかがえ

る（C24）。さらに，この点は単位量あたりの大きさを捉えるうえでの重要点との考えから，その手続きを実行するよう促している（T26，T27）。以下はT27の発言を受け，適用問題に取り組む場面にみられた発話記録である（表 3 ⑸）。

（子どもは各自で問題 2 に取り組んでいる）

T28　ちゃんとこれ意識してよ。何を出すかを求めるものを書くってことね。

T29　どうでしょうか。ちゃんと意識した？この一番最初に何を出すかっていうのを書くの。じゃあ、誰か 2 つ目の問題を誰か解いてください。

T30　じゃあ E さん。

（指名された E さんが、自身の考えを板書する。）

T31　じゃあ E さん、そのまま説明をお願いします。

C26（E さん）えっとまず 1 ㎡で何kg取れるかを求めて、A 小学校は何kgの 70 から何㎡の 28 で割って 2.5kg で、B 小学校は 126kg から 45 ㎡で割って 2.8kg なので、A 小学校は 1 ㎡で 2.5kg。B 小学校では 1 ㎡に 2.8kg なので、B 小学校の方が 1 ㎡でとれた量が多いので、B 小学校の方が良く取れたといえると思います。

C27　いいです。

T32　オッケー？E さんはちゃんと意識して解いてくれました。1 ㎡で何kg取れるかをきちんと書いて（解答の「1 ㎡あたり何kgかを求めます」に線を引いていた部分）、この通りに解いていますね。

T33　一番最初に何を求めるのか、「1 ㎡あたり何kgか」「球根 1 個あたり何㎡か求めます」を求めます、とか比べます、とかを一番最初に書くことが大事だなというのが今日先生が一番言いたかったことです。今日言ったこと、一番最初に「1 ㎡あたり何を求めるか」「何を比べるか」を最初に書いて解いていってほしいなと思います。それでは、これで授業を終わります。

ここで教師は，問題を解くにあたり必要な手続きを再度確認する様子がうかがえる（T28，T29）。そして，その手続きを踏んだ上で解答を行なったEさんを評価する様子も確認できる。また，授業後に回収された授業で用いたプリントからは，多くの子どもが抽象化の一文が大事であるといった内容の記述がみられた。

5　ポストテスト

（1）方法

①研究対象：附属小学校 5 年生 1 クラスを対象とした。男子16人，女子13人の合計29人。
②研究期日：2017年12月19日の 2 時間目の15分を頂いてポストテストを行なった。
③設問内容・目的：ポストテストは問 1，問 2 ⑴，問 2 ⑵の 3 問で構成されている。ポストテスト作成に当たって，プレテスト同様『小学算数 5 年上』（小山ほか，2015a）ほか複数の教科書や全国学力・学習状況調査問題を参考に作成した。

ポストテストの結果とプレテストの結果が授業実践の前後でどのように変わったのかを比較するため，ポストテストの問 1，問 2 ⑴，問 1 ⑵はそれぞれプレテストの問 3，問 4 ⑴，問 4 ⑵と類似させた，もしくは同問題に設定した。なお，認知過程とマッピング過程においては，プレテストの結果の段階で子どもたちが混んでいるという概念は理解できていると判断したため，ポストテストではプレテストにおける問 1，問 2 に値する問は出題しないことにした。

ポストテスト問 1 は，「1．はるきさんの家とかすみさんの家には庭があります。はるきさんの90㎡の庭には12本の木が植えてあり，かすみさんの62㎡の庭には 8 本の木が植えてあります。どちらの庭の方が混んでいるといえるでしょうか。言葉・図・式などを使って説明してください。」という問題文を呈示した。つまり，それぞれ面積や植えてある木の本数が異なる二つの庭を示し，どちらが混んでいるのかを判断する問題であった。プレテスト問 3 と同様，自分で基にする量や比べる量を設定して，単位量あたりの大きさを求めることでどちらの庭が混

んでいるのかを比べる問題である。またポストテストでは，授業実践を通して，児童の解答欄に「単位量あたりの大きさを求めます」などの抽象化の一文を解答欄に書くことを意識している児童がどれだけ増えたかを確認するために出題された。

ポストテスト問２⑴・⑵は，プレテスト問４⑴・⑵と同様，または類似させた問題とした。問２⑴では，プレテストに比べて正答率が上がるかどうかを検証する。問２⑵では，授業実践を通して児童が抽象化の一文に意識を向けることができているのかを確認する問題である。またプレテストにはなかった説明を記述してもらう指示もしてあり，児童がどのような考えでこの選択肢を選んだのかを見る問題になっている。

（２）結果と考察

ポストテストの結果は，問１は55.17％（16人），問２は62.06％（18人）が正答した。

プレテスト問３では，20.7％の児童が抽象化の一文を解答欄に書いていたのに対し，その主旨に該当するポストテスト問１では69.0％の児童が抽象化の一文を解答欄に書いていた。正答率は44.83％から55.17％となり，プレテスト問３と比べて10.34％上昇した。

ポストテスト問２⑴について，正答率は41.38％から62.06％となり，プレテストに比べて20.68％上昇した。ポストテスト問２⑵では，問題文にある「各学校１人あたりの貸出冊数」という部分に児童がどれだけ着目できるようになったかを判断するテストであった。プレテストの時点では55.17％（29人中16人）の児童が線を引いていたが，ポストテストでは65.5％（29人中19人）の児童が線を引いていた。また，問２⑴正解者の中で「各学校１人あたりの貸出冊数」の部分に線を引いていた児童はプレテストでは12人中９人（75％）いたのに対し，ポストテストでは18人中14人（77.8％）に上がっていた。

ポストテスト問１はプレテスト問３と同様にどちらが混んでいるかを説明しながら解答する問題であった。表３は，プレテスト問３で抽象化の一文を書いていた人と書いていなかった人，ポストテスト問１で抽象化の一文を書いていた人と書いていなかった人のクロス表である。表４は，ポストテスト問１で抽象化の一文の有無と正誤関係のクロス表である。プレテスト問３とポストテスト問１で抽象化の一文を書いているかについてMcNemar検定を行なったところ，有意であった（表６）。よって本研究授業によって児童は最初の一文を書くことに意識を向けることができていると言える。

表７はプレテスト問３の正誤とポストテスト問１の正誤のクロス表である。このプレテスト問３とポストテスト問１の正誤関係についてMcNemar検定を行なったところ，有意な差は認められなかった（表８）。

またポストテスト問１の不正解者の中で最も多かった不正解のパターンは「最終解答の間違い」（69.23％）であった。抽象化の一文や式に表す過程，その後の説明の部分も問題なく進んでいた児童のほとんどが最後に選択するべき正答ではない解答をしてしまっていた。以下に問題文と誤答例を挙げる（具体例２）。

このような誤答が多かった原因として，プレテストの段階でも述べたことが原因にあると考える。子どもたちの中には，やはり普段教科書でどちらが混んでいるかを調べる問題において，面積ではなく人数や個数で比べようとする傾向が子どもの中に強く残っているのではないだろ

うか。

ポストテスト問２は，プレテスト問４と同問題である。表８はプレテスト問４⑴とポストテスト問２⑴の正誤関係のクロス表である。プレテスト問４⑴とポストテスト問２⑴の正誤関係についてMcNemar検定を行なったところ，有意な差は見られなかった（表10）。

プレテスト問４⑵とポストテスト問２⑵で「一人あたりの貸出冊数」の部分に線を引いていることについて授業の影響があったかを調べる。表10はプレテスト問４⑵とポストテスト問２⑵で抽象化の一文に着目しているかどうかのクロス表である。これらが授業で影響があったかを見るためにMcNemar検定を行なったところ，有意な差は見られなかった（表12）。

表４．ポスト問１抽象化の一文と正誤関係のクロス表

ポスト問１抽象化の一文有無	ポスト問１正誤	
	正答	誤答
書いている（人）	11	19
書いていない（人）	5	4

表５．プレテスト問３抽象化の一文有無とポストテスト問１抽象化の一文有無のクロス表

プレ問３抽象化の一文有無	ポスト問1抽象化の一文有無	
	書いていない	書いている
書いていない	9	14
書いている	0	6

表６．プレテスト問３抽象化の一文有無とポストテスト問１抽象化の一文有無のMcNemar検定の結果

度数	29
正確な有意確率（両側）	.00

（p<.01）

表７．プレテスト問３正誤とポストテスト問１正誤関係のクロス表

プレ問３正誤	ポスト問１正誤	
	誤答	正答
誤答（人）	8	8
正答（人）	5	8

表８．プレテスト問３とポストテスト問１の正誤関係のMcNemar検定の結果

度数	29
正確な有意確率（両側）	.581

（p>.10）

（例）１㎡あたりの木の本数を求めます。
90÷12=7.5　　62÷8=7.75
はるきさんのところは7.5本、かすみさんのところは7.75本。多い方が混んでいるのでかすみさんの庭が混んでいます。
A.かすみさんの庭

具体例２．ポストテスト問１の誤答例

表９．プレテスト問４⑴とポストテスト問２⑴正誤関係のクロス表

ポストテスト問２⑴正誤	プレテスト問４⑴正誤	
	誤答	正答
誤答（人）	9	2
正答（人）	7	11

表10．プレテスト問４⑴とポストテスト問２⑴正誤関係のMcNemar検定結果

度数	29
正確な有意確率（両側）	.180

（p>.10）

表11．プレテスト問４⑵とポストテスト問２⑵の抽象化着目のクロス表

プレテスト問４⑵抽象化着目	ポストテスト問２⑵抽象化着目	
	線を引いている	線を引いていない
線を引いている(人)	15	2
線を引いていない(人)	4	8

表12．プレテスト問４⑵とポストテスト問２⑵の抽象化着目のMcNemar検定の結果

度数	29
正確な有意確率（両側）	.687

（p>.10）

6　まとめ

（1）総合考察

今回の研究では，アナロジ教示を用いて授業実践を行なうことにより，子どもたちに抽象化の過程を意識することを教示することで，単位量あたりの大きさの問題解く際に間違えにくくなるのではないかを検証するものであった。プレテストとポストテストの成績の結果を比較すると，プレテストの問３，問４(1)の正答率はそれぞれ44.83%，41.38%だったのが，ポストテストの問１，問２(1)の正答率はそれぞれ55.17%，62.06%まで上昇した。また，プレテスト問３で何を求めるかを明確にする抽象化の一文を書いている児童は27.6%だったが，ポストテスト問１で最初に何を求めるかを明確にする抽象化の一文を書いている児童は69.0%であった。プレテスト問３とポストテスト問１で抽象化の一文を書いているかどうかについてMcNemar検定では有意な差が認められた。しかし，プレテスト問４(2)とポストテスト問２(2)で，抽象化の一文に着目しているかどうかの関係性についてMcNemar検定を行なったところ有意な差は見られなかった。これは，プレテスト問４とポストテスト問２は同問題であり，最初から抽象化の一文が記されていたため，線を引く必要はないと考えた児童が多かったからではないかと考える。さらに，本授業実践は一時間しか行なっていないため，児童に今回の授業内容が定着していない可能性も考えられる。また，プレテスト問３とポストテスト問１やプレテスト４(1)とポストテスト問２(1)の正答率には有意な差は認められなかった。その理由として，それぞれ検定にかける母数が少なかったからではないかと考える。実際それぞれに有意な差は認められなかったが，単純に正答率を見ると，正答率がそれぞれ10.4%，17.2%上昇しているし，抽象化の一文を書いている児童も大幅に増えていることから，本研究のアナロジ教示が児童の問題解決能力に影響を与えることができたと言えるのではないだろうか。

プレテスト問３で，何を求めるのかを明確にする文章を書いていた児童の内，正答者は８人中３人（37.5%）に対し，ポストテスト問１で何を求めるのかを明確にする一文を書いていた児童の内，正答者は20人中11人（55.0%）であった。プレテスト問４(1)の正答者の内，「各学校１人あたりの貸出冊数」の部分に線を引いていた児童は12人中９人（75.0%）であったが，ポストテストの問２(1)（同問題）の正答者の中で同じように「各学校１人あたりの貸出冊数」の部分に線を引いていた児童は18人中14人（77.8%）に人数が増えていた。このことから，単位量あたりの一文を意識することで，それぞれの問題の正答率が上がったことが言える。同時に，単位量あたりで比べることを示唆する抽象化の一文があることで，式と説明で混同することが少なくなったことも言える。

授業プロトコルの分析からは，他者からの指摘によって，子ども自らが間違いに気づいていく様子がうかがえた（C16, C18）。ここから，子ども同士の相互行為が，子ども自身の考えを修正したり，再検討の機会を与えたりする働きをもつものと考えられる。また，教師から示された誤答例での検討を通す活動では，同じ式であっても，その式によって何を求めようとしているのかを理解したり，確認したりすることの必要性について検討されている（T19, T20, C22）。ここでは，どこを間違えたのかわからないと言っていた子ども達が（C９），その式が何をもとめているのかにこだわりもちながら説明をする（C22）ようになっている。さらにこの点については，問題を解くうえでの重要点ともいえる抽象化過程を教師自らが強調することに

よって（T23，T25），子どももその点が重要であることを許容する内容（C24, C25）が読み取れる。ここでは，問題の解法における式への意味づけを通す中で，これまでの子ども達の知識や着眼点に修正が加えられ，新しい知識として再構築されたものと考えられる。ポストテストの結果からも，この教師の強調が子どもの理解に影響を与えたと思われる内容（何を求めているのかを明示してから回答する）が確認されている。本実践は，現在主流となりつつある「建て前は子ども主体，本音は子ども任せ」の算数科授業への警鐘と捉えられるのではないだろうか。今後の算数科教育では，全てを子どもに見いださせるという視点だけではなく，教師が焦点化すべきことや役割とは何かという視点を加えたうえでの授業の検討が必要であると考える。以上全体を通して小学校算数科におけるアナロジ教示の可能性について考察してきた。一部成績の向上結果が出なかったが，今回の研究では児童に抽象化の過程について意識させることができたと言えるだろう。今回の研究では，アナロジ教示を単位量あたりの大きさの単元に当てはめて授業実践を行なったが，他の算数の単元においてもこのアナロジ教示の内容を単元の内容によって当てはめることで，同じような効果が得られるかもしれない。当然，それぞれの単元毎にアナロジ教示を組み込んで授業を行なうべきかはしっかりと吟味しなければならないが，アナロジ教示が算数科の授業において効果的に作用する可能性が示されたといえるのではないだろうか。

（2）今後の課題

アナロジ教示自体がまだ研究が始まってまだ間もない状況にあることは第1章の部分で触れたが，やはり今回の研究においても調査不足が表れる結果もある程度出てしまっている。特に今回の研究では，算数と日常生活が結びつくような何かしらの結果を得ることはできなかった。先行研究からも明らかである通り，算数の授業で得た知識が日常生活に上手く転移することができている研究は非常に少ない。しかし，このアナロジ教示にはまだ研究年数も少ないことから，非常に多くの可能性を秘めていると考える。そのため，今後の課題として，このアナロジ教示がいかに算数と日常生活を結び付けられるものにならないかを調査することが挙げられるのではないだろうか。

また，今回授業実践をした単位量あたりの大きさからも大きな課題が挙げられる。それは子どもたちが算数で得ることができる知識や技能をきちんと理解できているかを確かめることが必要になってくることである。その理由として，プレテストやポストテストの解答に，児童の先入観による解答が非常に多く見えたことが挙げられる。求めるべき値まで正答であるにも関わらず，最後に違う解答をしてしまっている。これは，子どもたちの中で基にする量と比べる量の大小関係が混同しており，どのような状況においても数値が大きい方が混んでいるという先入観に縛られているのではないかと考える。今回は筆者の授業実践能力が低いためにあまり良い結果が出なかったが，この問題の解決には，何で比べるのか，何を求めるのかを明確にする抽象化の一文が効果的であることはプレテストのMcNemar検定で明らかなので，児童に抽象化の一文を意識させ，式との関係性をしっかり見つけさせていくことが必要である。

引用文献

Carraher,T.N., Carraher,D.W., & Schilemann,A.D.（1985）. Mathematics in the streets and in school. *British Journal of Developmental Psychology,* 3, 33-81.

Gick,M.L. & Holyoak,K.J.（1980）. Analogical problem solving. *Cognitive Psychology,* 12, 306-355.

平山 秀人（2003）. 児童の割合に対する理解の深化を促す学習指導－加法方略と対峙に焦点を当てて－日本数学教育学会誌, 85, 14-22.

廣瀬 隆司（2005）. 算数教育における『速さ』の概念獲得過程に関する研究⑸－『速さ』の授業における抽象的構成を中心にして－　日本数学教育学会第38回数学教育論文発表会論文集, 73-78.

市川 啓（2003）. 割合の見方を育てる小数倍の意味指導　日本数学教育学会誌, 85, 31-41.

Mayer,R.E.（1992）. *Thinking, problem solving, cognition.* 2nd edition. Freeman

Mayer,R.E. & Wittrock,M.C.（1996）. Problem-solving transfer. In Berliner,D.C. & Calfee,R.C.（Eds.）, *Handbook of educational psychology,* 47-62　Macmillan.

中島 義明・安藤 清志・子安 増生・板野 雄二・繁桝 算男・立花 政夫・箱田 裕司（1999）. 心理学辞典　有斐閣.

中村 享史（2002）. 割合指導に関する研究の動向と今後の方向　日本数学教育学会誌, 84, 14-21.

落合 早苗（2004）. 感覚を豊かにし，よさを味わう算数科学習－量と測定の指導を通して－日本数学教育学会誌, 76, 108-113.

新堀 栄（2000）. 数学的道具としての概念形成を目指した教材構成に関する研究－「単位量あたりの大きさ」を例として－ 上越数学教育研究, 15, 61-74.

杉山 吉茂（2006）. 豊かな算数教育をもとめて　東洋館出版社.

Perkins,D.N. & Salomon,G.（1989）. Are cognitive skills context-bound? *Educational Researcher,* 17, 16-25.

Reed,S.K.（1987）. A structure-mapping model for word problems. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition,* 13, 124-139.

田端 輝彦（2001）. 小数倍の導入についての一考察－小数倍に表すよさに焦点をあてて－　日本数学教育学会誌, 83, 2-12.

多鹿 秀継・山本 克仁（1998）. 算数文章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.

富田 一志（2010）. 割合単元において子どもが知識として形成する固執modelの発達と役割上越数学教育研究, 25, 39-50.

Vosniadou,S. & Ortony,A.（Eds.）（1989）. *Similarity and analogical reasoning.* Cambridge University Press.

教科書・参考文献

藤井斉亮ほか（2015a）. 新しい算数５上　東京書籍株式会社
藤井斉亮ほか（2015b）. 新しい算数５下　東京書籍株式会社
小山正孝ほか（2015a）. 小学算数５年上　日本文教出版株式会社
小山正孝ほか（2015b）. 小学算数５年下　日本文教出版株式会社
清水清海ほか（2015）. わくわく算数５　株式会社新興出版社啓林館
坪田耕三ほか（2015）. 小学算数５　教育出版株式会社
平成25年度「全国学力・学習状況調査 算数A」
平成29年度「全国学力・学習状況調査 算数B」

島根大学教育学部附属教育支援センター研究紀要
『島根大学教育臨床総合研究 2018 Vol.17』掲載