

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 5 月 29 日現在

機関番号：13902

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26380879

研究課題名(和文) 子どもの論理を反映した教授介入が割合の概念的理解に及ぼす効果

研究課題名(英文) Effects of an instructional intervention based on children's thinking on conceptual understanding of ratios

研究代表者

栗山 和広 (Kuriyama, Kazuhiro)

愛知教育大学・教育学部・教授

研究者番号：10170094

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、子どもの思考や方略という視点から割合概念の困難性について明らかにし、子どもの論理を反映した教授介入が割合の概念的理解に及ぼす効果について検討することであった。新しいカリキュラムでは、第1に、量の概念を強調する割合モデルを導入し、第2に、等全体を理解するために子ども同士の討論から気づかせる指導を行った。その結果、実験群とテキスト群において、割合の計算課題では成績の差は見られなかったが、等全体課題では、実験群がテキストより2倍以上成績の高いことが示された。この結果は、子どもの論理に基づいた教授介入の視点から考察された。

研究成果の概要(英文)：This study investigated why children have difficulties in comprehending ratio concepts by observing their thoughts and strategies, as well as the effects of instructional interventions reflecting children's thinking on conceptual understanding of ratios. A new teaching curriculum was developed based on two types of programs. Firstly, ratio concepts were introduced as a quantity rather than as a symbolic operation. Secondly, children were instructed to understand the equal-whole concept based on discussions among themselves. Results indicated that there were no differences in the performance of computational tasks between the experimental group, which used the new curriculum and the text group, which used textbooks. However, the experimental group obtained over twice the scores of the text group for equal-whole tasks. These results are discussed from the perspective of instructional interventions based on children's thinking.

研究分野：教育心理学

キーワード：割合概念 インフォ-マルな知識 認知的障害 子どもの思考

### 1. 研究開始当初の背景

子どもの学力において課題となっているのは、計算といった技能的知識ではなく、概念の意味的な理解であることが指摘されている(平成24年度全国学力・学習状況調査)。また、PISA(2009)においても、我が国の子どもは、現実の生活の中で応用できる能力の獲得が遅れていることが示唆されている。こうした問題への対応として、これまで主に行われてきた算数・数学教育からのアプローチ(教科の論理)だけでなく、認知心理学からの教授学習へのアプローチが必要であろう。最近の認知心理学からの教授学習へのアプローチとしては、実践と認知心理学の理論との融合を考えたデザイン実験の研究が行われている。そこでは、(1)カリキュラム構成、(2)認知方略を獲得させる学習指導、(3)社会的な相互作用としての協同学習などが行われている。

こうしたアプローチの中でも、子どもの思考を基にしたカリキュラム構成による指導については、海外や我が国でも研究がほとんど進展しておらず、研究すべき緊急で重要なアプローチであると考えられる。なぜならば、現行のカリキュラムの構造は、算数・数学であれば数学という論理体系の構造を、理科であれば自然科学という論理体系の構造を反映しており、いわば「教科の論理」を基にしたカリキュラムに基づく内容になっている。教科の論理に基づくカリキュラムでは、子どもの論理という視点は全く考慮されておらず、いわば大人の思考からの教科の論理による学習支援が行われている。このことが、子どもが概念的理解や実生活に活用できる学ば力の育成を困難にさせている大きな要因と考えられる。そこで、現行のカリキュラムを「教科の論理」から、子どもの知識や思考を基にした「子どもの論理」へと変えたカリキュラム構成を行い学習指導を実践することが、1つの重要な解決の方向である。

### 2. 研究の目的

本研究では以下の2つの研究の視点によるカリキュラム構成を計画している。第1は、教室で学習する以前に子どもが日常生活の中での体験から獲得しているインフォーマルな知識を具体的に明らかにすることである。割合に関するインフォーマルな知識については、割合の基本となる意味、量的な大きさなどについて、子どもは豊かなインフォーマルな知識をもっていることが既に実証されているし(栗山, 2012; 吉田・河野・横田, 2000)、割合の計算(第2用

法)でさえもインフォーマルに計算できることが示されている。

第2は、新しい概念の学習に際して生じる認知的障害である。この認知的障害に関しては、わが国のみならず、海外でもほとんど研究されておらず(Jitendra et al, 2011)、割合の構成要素である基にする量、比べる量などの同定が極めて困難であることが指摘されているだけである(栗山, 2005)。栗山(2013)は、この要素の同定をカリキュラムの指導目標に入れ込み、それによって子どもの割合に対する理解がどのように変化するかを検討している。その研究から、認知的障害に関して極めて興味あるデータが浮かび上がった。それは、割合を考える際には、すべての全体は等しいという等全体の理解が基本となることが前提であるが、等全体の正答率はわずか20%という極めて低い正答率であり、まったくと言っていいほど獲得されていないことがみだされた。

そこで、研究1では、子どものインフォーマルな知識や認知的障害を明らかにする。研究2では、子どものインフォーマルな知識、学習中の障害である要素の同定に加えて、等全体を新たな指導の目標を考慮した新しいカリキュラム構成から具体的な教授介入を行う。それによって、子どもの割合概念に対する概念的理解が大きく改善されると期待できると考えられる。

### 3. 研究の方法

#### (1) 研究1

##### 参加者

A小学校の4年生58名、5年生57名、6年生69名が本研究に参加した。4年生と5年生は割合について学習していなかった。6年生は調査を行う9ヶ月前に割合について学習していた。

##### 材料

問題は、全部で8問、2枚の用紙に調査用紙として配布された。問題【1】～【6】は4年生、5年生、6年生に実施した。【7】と【8】だけが、6年生に対して実施された。

【1】%の比較による割合の意味的理解問題。  
【2】基準量が変われば割合の示す量も変わるという全体としての1の概念についての理解であり、等全体の基本となる意味を理解しているか否かを調べる。【3】全体に占める部分の割合を円グラフとして提示したときに、全体を100%として捉えて、全体部分の関係として占める値を量としての%で判断できるかを調べる問題。【4】2つの基準量が異なっている場合、

等全体の概念を反映させて比較量の大小を判断する。【5】全体は最初から一致しており、比較量の違いだけで判断するグラフ問題。【6】全体が一致していない問題であり、2つの基準量が異なっている場合、等全体の概念を反映させて割合の量の大小を判断できるかどうかのグラフ問題。グラフにより視覚的に基にする量と比べる量がわかる問題で、比べる量が同じ値であっても、基にする量が異なると、100%の示す量が違うという知識を適用できるかどうかの問題。【7】3用法において使用する式の選択問題3問。第1用法、第2用法、第3用法の問題で適切な式の選択を求める問題。【8】3用法の要素の同定問題3問。第1用法、第2用法、第3用法の文章題について各要素をそれぞれ同定できるかを調べる問題。

#### 手続き

問題は一斉形式で実施した。テストではなく調査なので、緊張しないで全ての問題に答えるように教示した。調査者と学級担任が二人で調査を実施した。

### (2) 研究2

参加者：実験群には中規模の都市の公立A小学校の5年生2クラス57名が、テキスト群には公立のB小学校5年生2クラス67名が参加した。

#### 授業

##### 1) テキスト群

5年生の割合単元(啓林館)は、合計で14時間である。その構成は、最初に差による比較と倍による比較を通して割合の学習に関心をもたせる。次の4時間で、割合の意味を導入し割合を求める割合の3用法問題の理解を深める。割合の3用法では、いずれの時間とも、問題を提示した後、関係図や線分図を使って、公式に代入して解決するように指導された。次の1時間で、%の意味と%と小数倍との関係について指導する。その後の2時間で%を使った割合の3用法の問題について指導する。その後1時間で練習問題、続いて割合のグラフが2時間、割合の応用問題が2時間、さらにたしかめと復習が1時間指導されるという単元構成である。

##### 2) 実験群

第1時から第9時までが新しいカリキュラムで構成されていた。第10時から第14時は、新しいカリキュラムも指導書に従って指導されており同じであった。新カリキュラムで新しく構成された点は、量的な概念の強調、割合の3用法の指導系列、割合の構成要素として部分と全

体からの指導、等全体の指導の4点である。

子どもの量的な概念を強調するために、割合モデルと名づけた教材を利用して、割合を心的に表象させる指導をおこなった。割合モデルの図では、外側が基にする量で、内側が比べる量を示している。比べる量がどのように変化しても、基にする量と比べる量の関係から、子どもは割合に対するおよその見積もりを獲得することができる。割合の大きさを視覚的に捉えることができることにより、心的な表象が獲得できる。

指導の系列は、新カリキュラムでは、子どもがインフォーマルに既に獲得している第2用法を最初に指導し、次に第1用法、第3用法が教えられた。認知的障害を克服するために、割合の構成要素である基にする量と比べる量について、既有知識として獲得している部分と全体を用いて、基にする量は全体で、比べる量は部分として理解することを強調した。また、等全体について、2つ以上の割合の大きさを比較する際に、比較するそれぞれの割合の全体の大きさは同一であるという概念、つまり比較すべき割合の全体は1であり100%であることが、子ども同士の討論から引き出されるように指導した。

第1時は、%を割合モデルの図を用いて表現できることを指導した。そこでは、基にする量と比べる量と割合を、部分と全体という点から指導した。割合を小数倍としてではなく、%として指導した。第2時は、2つの量のどちらを基にした場合でも、残りが比べる量となって割合を示すことができることを、割合モデルから指導した。第3時は、問題を割合モデルに表して、量としての割合の大きさを見積もり、さらに割合の大きさ比較ができることを指導した。ここでは、基にする量が示されていないときの割合の大小比較の問題を提示した。第4時は、割合の大小比較は、全体が等しいときに比較できるという等全体について指導した。全体の量(基準量)が異なる問題を提示し、割合の大小について討論させた。割合の大小比較をするには、全体を100%として同一であることを指導した。第5時は、割合モデルの図を用いて、%と小数倍との関係について指導した。第6時は、基にする量と割合を知って比べる量を求める第2用法を指導した。第7時は、基にする量と比べる量を知って割合を求める第1用法を指導した。第8時は、比べる量と割合を知って基にする量を求める第3用法を指導した。公式による問題解決と割合モデルによる答えの適切性について教えた。第9時は、復習であった。

## テスト

1) 事前テスト：割合の単元開始2ヶ月前に行った。事前テストは、割合の意味表象の問題、量的表象問題、第2用法の3種類であった。意味表象の問題は、値引きによる値段の比較、全体として1の概念、部分と全体の関係、の3問であった。量的表象の問題では、円の全体のある部分に斜線が引かれていてその大きさを表現させる問題であった。第2用法に関する問題が3問であった。

2) 事後テスト：4種類のテストが、単元の学習終了後1週間以内に一斉テストとして実施された。

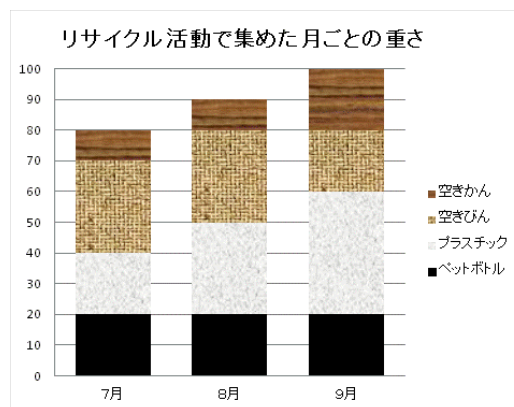
【1】3用法の解決問題3問：第1用法、第2用法、第3用法の問題が各用法ごとにそれぞれ1題出題された。【2】変換問題4問：小数を百分率へ、また百分率を小数へ変換する問題。

【3】関係課題2題：「さとり君の身長は、まさし君の身長の130%です。しんじ君の身長は、まさし君の身長の80%です。身長の高い順に並べましょう。」といった形式の問題。【4】作図課題2問：「公園の全体の50%が広場で、広場の10%が砂場になっています。公園の面積を下の図のように表すと、砂場の面積はどのように表せるでしょう。」といった形式の問題。【5】等全体課題3問：表問題1問「下の表は、学級の男子と女子のそれぞれが、A地区B地区のどの地域に住んでいるかをしらべたものです。男子と女子それぞれで、合計の人数を元にしたA地区に住んでいる人数の割合を比べます。男子と女子ではどちらの割合が大きいですか。」文章問題1問「1970年の農業生産額の割合は、米は60%、野菜は15%、その他が25%でした。2000年の農業生産額の割合は、米は40%、野菜は35%、その他が25%でした。米の割合が、60%から40%に減っているから、米の生産額は減っています。このことは正しいですか。」グラフ問題1問「つばさくんの学校では、リサイクル活動を行っています。つばさくんたちは、7月、8月、9月のリサイクル活動で集めたものの重さを下のようにならまとめました。7月の全体の重さをもとにしたペットボトルの重さの割合と、9月の全体の重さをもとにしたペットボトルの重さの割合を比べるとどのようなことがいえるでしょうか。1から3までのなかからただしいものを選びなさい。

1. ペットボトルの重さの割合は7月のほうが大きい。

2. ペットボトルの重さの割合は7月と9月で同じ。

3. ペットボトルの重さの割合は9月のほうが大きい。



【6】3用法の構成要素の同定問題3問：「まこと君の組は、40人です。そのうちの25%が音楽クラブに入っています。音楽クラブに入っている人は何人でしょう。棒線を引いたそれぞれの量は、もとにする量、比べる量、割合のどれにあたりますか。」といった形式の問題。

## 4. 研究成果

### (研究1)

最初に、割合を学習する前の子どもについて、割合概念のインフォーマルな知識を、どの程度獲得しているかについて検討した。割合の意味、割合の量的理解について、割合を学習する以前の4年生や5年生もかなり高い正答率を示し、インフォーマルに獲得していることが示された。

次に、等全体の概念を、子どもはインフォーマルな知識としてどの程度獲得しているかについて検討した。その結果、基準量が異なり割合は同じタイプの問題で、比較量を判断する問題【4】では、各学年とも正答率は5割程度であった。また、基準量が同じで、割合は異なる時の比較量を判断する問題【5】では、4年生と5年生は割合についての学習をしていないにもかかわらず、7割以上の高い正答率であった。このことから、等全体の概念において、基準量が同じか異なるかに関わらず比較量を求めることは、割合を学習する前からインフォーマルに半数以上の子どもは理解していることが示された。

さらに、等全体概念の理解はどのような場合に困難であるかについて検討した。基準量が異なり、割合の量を判断する問題【6】では、割合を学習する以前の4年生と5年生の正答率はそれぞれ1.7%、7%であった。さらに、割合をフォーマルに学習した6年生においても正答率

は 18.8%と極めて低かった。これらのことから、基準量が異なるときに割合を理解することは、割合の学習を終えている 6 年生でさえも著しく困難であることが示された。この問題は、基準量は異なるが比較量が同一であり、等全体の概念を獲得している子どもであれば、このタイプの問題はきわめて容易な問題であると予想されるが、そうでない子どもにとってはきわめて困難な問題となることが明らかにされた。本研究では、割合概念の認知的障害について検討することが目的の一つであったが、基準量が異なるときの等全体が子どもの認知的障害であることが明確になった。

また、割合を学習した 6 年生に、等全体概念と公式の選択問題や割合の 3 用法の構成要素の同定の正答率についての関連を検討した。基準量が異なる問題【6】と公式の選択問題【7】の関連や、問題【6】と 3 用法の問題【8】の関連がみられることから、基準量が異なる場合についての等全体の理解と、公式の選択や 3 用法の構成要素の正しい理解との関連性が示された。このことから、等全体における基準量が異なる場合について理解できるかどうか、公式の選択や 3 用法の構成要素の同定への理解、ひいては割合の概念的理解と関連のあることが示唆された。

現行の算数のカリキュラムでは、この等全体という概念は、学習目標としては設定されていない(啓林館, 2014)。そのことが、割合を学習した 6 年生において、基準量が異なる問題における割合の量の判断の理解の困難さをもたらしていると考えられる。また、3 用法の構成要素の同定と等全体の概念との間に強い関連があるという結果からも、割合の概念的理解を深化させるには、等全体の概念を組み込んだ指導が重要であると考えられる。

## (研究 2)

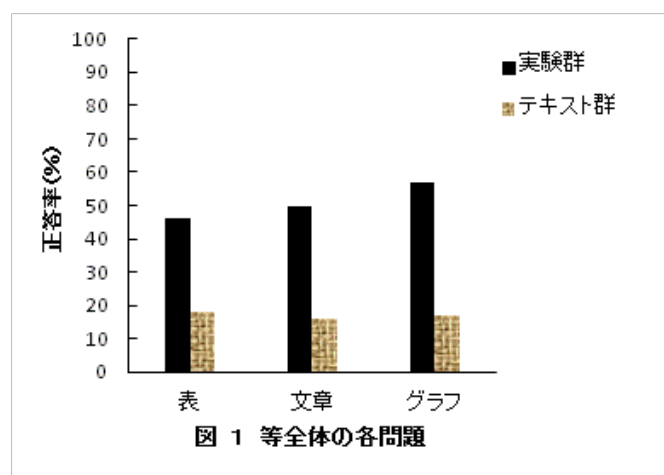
1) 事前テスト 教授介入の知識について、意味表象の問題、量的表象問題から検討した。意味表象の問題の正答率は、実験群は 94%、テキスト群は 94%であった。量的表象の問題の正答率は、実験群は 77%、テキスト群は 75%であった。いずれの問題でも、実験群とテキスト群において統計的な差はなかった。これらのことから、教授介入前の割合に関する知識について、両群の違いはなく等質であると考えられる。

## 2) 事後テスト

【1】3 用法の解決課題：第 1 用法、第 2 用法、第 3 用法の 3 問全体の正答率は、実験群 67%、

テキスト群 57%であった。両群の統計的な差はみられなかった。【2】変換問題：実験群の正答率は 86%、テキスト群の正答率は 88%で、両群の統計的な差はみられなかった。変換課題は、小数を分数へ、また百分率を小数へ変換する問題であり、両群とも高い正答率であることから、子どもは小数と百分率への変換への困難性を持っていないことが示唆される。【3】関係課題：正答率は、実験群 73%、テキスト群 50%で、両群の差は有意であった( $t(125) = 3.00, p < .01$ )。関係課題は、公式を用いずに量の大きさの見積もりだけで解決する問題である。実験群は統制群より、見積もる能力の高いことが示唆される。

【4】作図課題：実験群の正答率は 59%、テキスト群の正答率は 21%で、両群の差は有意であった( $t(125) = 5.84, p < .01$ )。作図課題は、数式を使用しないで問題を解決する問題である。部分と全体の意味を十分に理解していないと解決することが困難である。このことから、実験群はテキスト群より部分と全体の意味関係をよく理解していることが示唆される。【5】等全体課題：表問題、文章問題、グラフ問題の正答率を図 1 に示した。等全体課題の表問題、文章問題、グラフ問題のいずれにおいても、実験群の正答率はテキスト群のそれより有意に高いことが示された( $F^2 = 11.73, df=1, p < .01$ ;  $F^2 = 17.37, df=1, p < .01$ ;  $F^2 = 21.87, df=1, p < .01$ )。



割合における等全体とは、2 つ以上の大きさを比較する際に、比較すべき割合の全体は 1 (100%)であるという概念である。割合概念において獲得すべき重要な概念であるにもかかわらず、栗山・吉田(2016)で見られるように割合を学習した 6 年生でも正答率はわずか 18.8%であった。このように等全体の獲得は極めて困難である。しかし、実験群の正答率はテキスト群のそれよりも約 3 倍も高いことが示された。

【6】3 用法の構成要素の同定問題：実験群の

正答率は89%,テキスト群の正答率は48%で、両群の差は有意であった ( $t(125) = 7.71, p < .01$ )。実験群の正答率はテキスト群のそれより、3用法の構成要素について約2倍も概念的な理解を獲得していることが示唆された。

これらのことより、子どもがもつ豊かなインフォーマルな知識と認知的障害を基にした新しいカリキュラムを構成し、それを基にした教授介入は、等全体の概念、関係課題、作図課題といった概念的知識の理解を深化させることが明らかになった。こうしたアプローチは「子どもの論理」という視点からのカリキュラム構成による教授介入であり、現行の「教科の論理」によるカリキュラムとは異なるものである。21世紀型学習スキルでは、知識構築が重要な課題であり、既存のカリキュラムとは異なる子どもの思考を取り入れた新しいカリキュラム構成は、知識構築獲得への重要なアプローチとなる可能性をはらんでいる。

今後の課題としては、比率や比例などの他の多くの概念においても、子どもの持つインフォーマルな知識や認知的障害を明らかにしたうえで、「子どもの論理」に基づいたカリキュラム構成を検討する必要がある。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計3件)

栗山和広・吉田甫・中島淑子(2017). 子どもの思考に基づいた新しいカリキュラム 割合概念の場合 愛知教育大学研究報告, 査読無, 66, 69-76.

栗山和広・吉田甫(2016). 割合概念の学習における認知的障害 等全体のインフォーマルな知識に着目してー 教授学習心理学研究, 査読有, 12(1), 1-9.

栗山和広・村瀬暁耶 (2015). 割合概念における等全体の発達 愛知教育大学研究報告, 査読無, 64, 1-6.

[学会発表](計5件)

栗山和広・吉田甫・中島淑子 (2016.10.8). 子どもの思考を基にしたカリキュラム構成 割合概念における等全体に及ぼす効果 日本教育心理学会第58回総会, サンボ-トホ-ル高松・かがわ国際会議場(香川県).

栗山和広・小田切歩・佐藤浩一・吉田甫 (2015.8.27). 認知心理学と算数・数学教育実

践の融合に向けて 知識構築活動の支援から考えるー 日本教育心理学会, 朱鷺メッセ(新潟県).

栗山和広・吉田甫・中島淑子 (2015.8.26). 子どもの思考を反映した教授介入 割合の概念的な理解の保持についてー 日本教育心理学会第57回総会, 朱鷺メッセ(新潟県).

栗山和広・吉田甫・中島淑子(2014.11.8). 子どもの論理を反映した教授介入 割合の認知的障害に及ぼす効果 日本教育心理学会第56回総会 神戸国際会議場(兵庫県).

栗山和広・吉田甫 (2014.9.10). 割合概念における等全体のインフォーマルな知識 日本教育心理学会第78回大会, 同志社大学(京都府).

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

栗山 和広 (KURIYAMA KAZUHIRO)

愛知教育大学・教育学部・教授

研究者番号: 10170094

### (2)研究分担者

假屋園 昭彦 (KARIYAZONO AKIHIKO)

鹿児島大学・教育学部・教授

研究者番号: 30274674

吉田 甫 (YOSHIDA HAJIME)

立命館大学・文学部・非常勤講師

研究者番号: 80094085