

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 15 日現在

機関番号：13902
 研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2010～2012
 課題番号：22530699
 研究課題名（和文）子どもの思考を基にしたカリキュラム構成による教授介入：割合概念の場合
 研究課題名（英文）A new curriculum construction and instructional intervention based on children's thinking : The case of ratio concepts
 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

研究成果の概要（和文）：本研究は、子どもの思考に基づいた割合概念の新しいカリキュラムを確立することであった。新しいカリキュラムでは、記号としてではなく量としての割合概念が強調された。103名の子どもが新しいカリキュラムで8時間の指導をうけ、91名の子どもが教科書に従って指導をうけた。その結果、実験群の子どもはテキスト群の子どもより、割合の概念的理解問題の解決においてパフォーマンスの高いことが示された。この結果は、子どもの思考に基づいた新しいカリキュラムの視点から考察された。

研究成果の概要（英文）：A new curriculum based on children's thinking in ratio was established in the present study. The ratio concepts as a quantity rather than symbol operations was stressed in the new curriculum. One hundred and three students participated in eight lessons based on the new curriculum and 91 received normal lessons following the textbook. Results showed that the students of the experimental group showed significantly superior performance over the textbook group in solving the problems of conceptual understanding. These results were discussed from the view of a new curriculum based on children's thinking.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2011年度	800,000	240,000	1,040,000
2012年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：心理学・教育心理学

キーワード：子どもの思考、カリキュラム構成、教授介入

1. 研究開始当初の背景

学力に関する問題が経済界やマスコミにおいて盛んに議論されている。2006年に実施された国際的な学力調査であるPISA(国立教育政策研究所, 2007)によると、日本の小学4年生の数学的リテラシーは2003年度の国際調査と比較して平均得点が低下しており、世界の参加国の中での順位も6位から10位へと低下している。また、文部科学省(2006)は、数学についての知識・技能を実際の場面で活用する力に課題があることを指摘し、算数・数学への学力低下への関心が高まっている。従来、こうした問題へは算数・数学教育からのアプローチが主であったが、最近になって、認知心理学からの教授学習へのアプローチが積極的に行われるようになってきている。そこで新しいアプローチとしては、(1)子どもの思考を基にした新しいカリキュラム構成、(2)子どもの思考についての教師の認識を変化させる、(3)社会的な相互作用としての協同学習の導入などがある。

これらの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については、研究がほとんど進展しておらず、研究すべき緊急の領域である。現在のカリキュラムは、いわば「教科の論理」を基にした内容となっている。つまり、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、子どもの思考などは全く考慮されていない。このカリキュラムで子どもが十分に理解できれば問題はないが、先述したように理解できない子どもは増加しており、小学校の高学年になると領域によれば半数の子どもが理解できていない。この現状を打破するには、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を構成し実践することが、1つの解決の方向である。

2. 研究の目的

認知心理学からの教授学習へのアプローチはいくつか行われているが、本研究では子どもの思考を基にした新しいカリキュラム構成による教授介入を、子どもの算数学習において理解することが困難な割合概念について行う。教授介入として、以下の2つの視点、(1)子どものもつインフォーマルな豊かな知識をカリキュラムに組み込む、(2)新しい概念を学習する際の認知的障害を考慮する、を取り入れたカリキュラムを構成し、さらにそれを基にした教授介入を行う。

そのために、第1に、カリキュラムを新たに構成するため、子どもがすでに獲得してい

る割合に関するインフォーマルな知識の側面である割合の意味と量とを記号に関連させる。さらに、割合の大きさを視覚的に捉えることを可能にする新たな教材を導入し、割合の量的な側面の理解を獲得させる。これにより、教科書にあるような計算を主体にした指導より、割合の記号の背景にある概念的知識が獲得されると考えられる。第2に、学習中の認知的バリアを最小にするために、基にする量や比べる量といった用語ではなく、それらを子どもの既有知識と合致する部分—全体の知識の点から理解させる。基にする量が全体、比べる量が部分という理解をすることにより、公式を利用した割合の問題解決を促進させることが考えられる。

このようなカリキュラムを構成して、実験的な介入をおこなうことにより、以下のことを明らかにする、(1)割合を計算の公式という点から理解するのではなく、量という視点から理解できるかどうか、(2)量としての理解と公式の理解とを対応させることができるかどうか、(3)割合の概念的理解が深化しているかどうか、を事前・事後・保持テストのパラダイムを使って明らかにする。

3. 研究の方法

実験群にはA小学校5年生3クラス103名、統制群にはB小学校5年生3クラス91名が参加した。

(1) テキスト群

教師は教科書にしたがって指導した。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3時間で、割合の意味を導入し割合を求める問題の理解を深める。次の1時間で、%の意味と%と小数倍との関係について理解する。その後の2時間で%を使った割合の3用法の問題を解決する。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2時間指導されるという単元構成である。

(2) 実験群

実験群は、第7時までが新しいカリキュラムで構成されていた。第8時から第14時は、実験群も指導書に従って指導されており同じであった。実験群で新しく構成された点は、量的な概念の強調、指導系列、割合の構成要素として部分と全体からの指導の3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。この図では、量としての割合の大きさに応じて内側の図を長くしたり短くすることにより、割合が100%以下でも100%以上でも関係なく表すことができる。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、テキスト群では第1用法、第2用法、第3用法と指導された。実験群では、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。

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。ここでは、100%以上の%を割合モデルで表すことができることを指導した。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。最初の3時間では、割合の公式は全く指導されなかった。割合の意味および量としての割合の大きさが割合モデルを基にして教えられた。

第4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された。小数倍については、この時間に初めて教えられた。

第5時は、基にする量と割合を知って比べる量を求める第2用法が指導された。第2用法の公式が教えられ、公式を用いて問題を解く方法が指導された。問題を解いた後、割合モデルを用いて答えが適切であるかを確認できることも教えられた。第6時は、基にする量と比べる量を知って割合を求める第1用法が指導された。公式を用いて問題を解くことが教えられた。第7時は、比べる量と割合を知って基にする量を求める第3用法が指導された。ここでも、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られた。第5時から第7時までは、公式による問題解決と割合モデルの利用による適切性の判断が指導された。第8時は、復習であった。

(3) テスト

①事前テスト

割合の意味に関する意味表象の問題では、品物の値引き問題、「%」で全体を分解する問題、全体としての1の概念についての問

題、が3問、量としての大きさについての量的表象問題は、全体の50%、75%、25%、90%に斜線が引かれていてその大きさを%で表現させる3問、第2用法に関するインフォーマルな知識についての問題は、20人乗りのバスで25%の人数は？ 30人乗りのバスで50%の人数は？ 40人乗りのバスで75%の人数は？ の3問であった。これらのテストは、割合の単元開始1ヶ月前に一斉におこなわれた。

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。a)3用法の問題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問出題された(例：ちなつさんのクラスは35人で、このうちの7人が宿題をやっていません。宿題をやっていない人は、クラス全体の何%でしょう。)

b)関係課題2問：つばさ君の身長は、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。

c)作図問題1問：A市の今年の人口は、20年前の人口の120%になっています。20年前の人口を下の図のように□で表すと、今年の人口はおおよそどのように表せるでしょうか。

③保持テスト

2種類のテストが単元の終了後の7ヶ月後に実施された。保持テストに参加した子どもは、実験群で102名、テキスト群で62名であった。

a)3用法の問題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問出題された。

b)作図問題3問：

ア。(値引き問題)みきさんは買い物に行きました。ぼうしに「定価の30%引き」という札がついていました。ぼうしの定価の大きさを下の図のように表すと、30%引きの値段はおおよそどのように表せるでしょうか。同じように四角形を用いて斜線をひいて表しましょう。

イ。(人口問題)A市の今年の人口は、20年前の人口の120%になっています。20年前の人口を下の図のように□で表すと、今年の人口はおおよそどのように表せるでしょうか。斜線を引いて表しましょう。

ウ。(公園問題)公園全体の面積の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□で表すと、砂場面積はおおよそどのように表せるでしょうか。斜線を引いて表しましょう。

4. 研究成果

(1) 事前テスト

教授介入前に関する知識について、意味表象の問題、量的表象の問題、第2用法の知識、から検討した。意味表象の問題では、実験群の正答率は94%、テキスト群では94%であった。量的表象の正答率は、実験群は81%、テキスト群は83%であった。第2用法の知識では、実験群は60%、テキスト群は55%であった。いずれの課題でも、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、介入前の割合に関する知識について、両群の違いはないといえる。

また、割合概念を学習する以前から、日常生活の中で子どもは割合の基本的な意味を理解しており、%を量という視点からかなり理解していることが示唆される。さらに、既有知識を用いて、割合の第2用法の問題も解決することができることが示唆される。

(2) 事後テスト

①割合の3用法の解決

第1用法、第2用法、第3用法の3問の全体の正答率を図1に示した。両群に統計的な差は見られなかった。

子どもの解答を分析したところ、計算そのものを書いた方略(計算方略)、図を描いて答えの大きさを推定している方略、答えの大きさを推定して計算している方略(見積もり方略)、何も記入していない未記入などがあった。こうした方略の頻度が全問題に占める割合を求めた。その結果、計算方略について、実験群は61%、テキスト群は88%であった。見積もり方略について、実験群は36%、テキスト群は9%であった。未記入は、実験群、テキスト群とも3%であった。両群とも、計算方略を用いる子どもが多かった。しかし、見積もり群では、実験群が統制群より、計算方略を多く用いる子どもの割合が高かった。こうして、実験群は、問題解決において、公式を用いるだけでなく、見積もりや図などの方略を利用していた。一方、テキスト群の子どもは、公式に依存して解決するのみであった。多くの研究で、問題解決における見積もり方略の重要性が指摘されている(Mulligan & Mitchelmore, 1997)。実験群の子どもは、公式に依存するだけでなく、柔軟に見積もりといった他の方略を用いることができることは、割合概念の心的な表象ができていると考えられる。心的な表象が構成されていれば、量としての見積もりが可能であると考えられる。しかし、テキスト群は、公式を用いた解決するという記号系による指導が多く、見積もりによる方略を用いることは期待できないと考えられる。

②関係課題

関係課題2問の全体の正答率を図1に示している。実験群はテキスト群に比べて高い正答率を示した($t(192)=2.81, p<.01$)。関係課題は、数が用いられておらず、量的な解

決でなく質的な解決が要求される課題である。こうした課題を解決することは、子どもにはかなり困難な課題である。しかし、実験群がテキスト群より正答率が高いことが示された背景には、実験群の子どもが、割合の心的な表象を獲得できていることが考えられる。

③作図課題

正しく作図できた子どもの正答率が図1に示してある。実験群はテキスト群に比べて高い正答率を示した($\chi^2=24.58, df=1, p<.01$)。作図課題は、割合の基本的な意味としての表象が獲得されていないと正答できない。実験群では、割合の意味的表象が獲得されているといえよう。

次に、正しく作図できなかった子どもの誤りについて分析した。誤りには、計算で書いている誤り(例: $\times 1.2=$)、不適切な図を書いている誤り(例: 比べる量と基にする量が逆になっている)、問題文中の表現をそのまま書いている誤り(例: わり算, かけ算, 20年前の120%, 120%の増量)、未記入などの誤り方略が見られた。誤答した問題についてだけ、問題ごとにどの誤り方略を用いたかの頻度を求めて、誤答した全問題中の割合を示した。実験群では、不適切な作図の誤りが多く見られたが、テキスト群では、問題文中の表現をそのまま書いているだけの誤りが多く見られた。

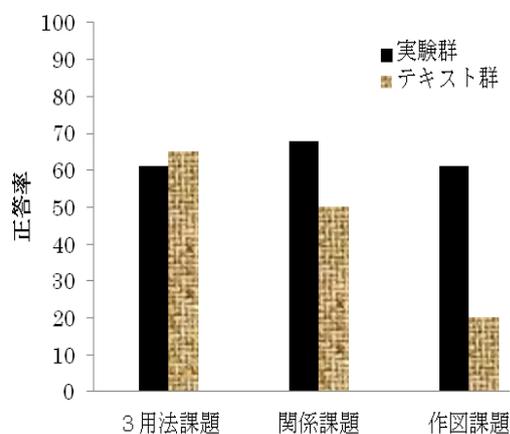


図1 課題ごとにおける正答率

(3) 保持テスト

①割合の3用法の解決

第1用法、第2用法、第3用法の3問の全体の正答率を図2に示した。両群に統計的な差は見られなかった。

②作図問題

作図問題3問の正答率を図2に示した。

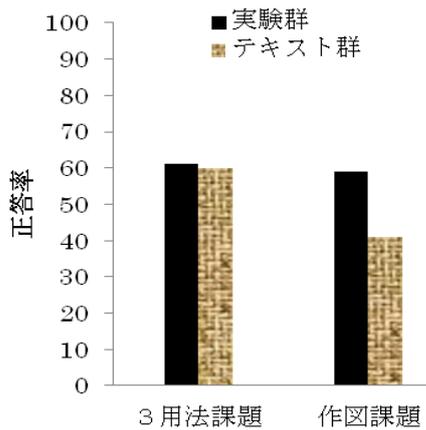


図2 課題ごとの正答率

実験群はテキスト群に比べて高い正答率を示した ($t(162)=3.47, p<.01$)。3問についてそれぞれの問題ごとに分析した。値引き問題において、実験群の正答率は63%、テキスト群は45%であった。実験群はテキスト群に比べて高い正答率を示した ($\chi^2=5.06, df=1, p<.05$)。人口問題において、実験群の正答率は66%、テキスト群は46%であった。実験群はテキスト群より高い正答率を示した ($\chi^2=5.91, df=1, p<.05$)。公園問題において、実験群の正答率は43%、テキスト群は20%であった。実験群はテキスト群より高い正答率を示した ($\chi^2=10.17, df=1, p<.01$)。これらのことより、作図問題3問のいずれにおいても、実験群は統制群より高い正答率を示した。正しく作図ができることの背景には、割合の意味的表象が獲得されていることを示すものである。実験群は、深い概念的理解をもたらしていると考えられる。

(4) 新たな認知的障害

また、実験の進行中において行われたテキスト群の別の問題において、新たな認知的障害である等全体の問題が見いだされた。等全体とは、全ての割合でいずれも全体の大きさは等しいという概念である。等全体の理解は、割合の概念的理解においては、極めて重要な概念であるが、それを正しく理解している子どもはわずか20%であった。これは驚くべきことであり、今後の割合の概念的理解において重要な示唆を与えると考えられる。

(5) 総合考察

本研究では、子どもの思考を基にしたカリキュラム構成による教授介入が、割合の意味表象を獲得させるのに効果的であることが示された。伝統的な公式に基づく指導では、子どもは割合の基本的な意味を十分には学習できないことが示された。知識習得には、

ある領域において手続き的知識と概念的知識を習得させることであると主張されている (Hiebert & Carpenter, 1992)。手続き的知識とは、形式的な記号の操作についての知識であり、概念的知識とは、いくつかの事実を相互に関連づけたネットワークを構成した意味的な知識である。実験群の子どもは、概念的知識を獲得しているが、ドリル学習を主に学習したテキスト群は手続き的知識だけを獲得していることが示された。算数・数学についての知識・技術を実際の場面で活用することが弱いことが指摘されている (文部科学省, 2006)。そこで、本研究において示した子どもの思考を基にしたカリキュラム構成による教授介入は、こうした指摘に対しての効果的な解決策の1つになることが示唆される。

今後の課題としては、割合における等全体の認知的障害を含めて、それぞれの教材概念における問題点を分析し、それぞれの領域で、子どものもつインフォーマルな知識や思考を具体的に明らかにしていくことが必要である。そして、現行の教科の論理に基づいたカリキュラムでなく、子どもの論理をもとにしたカリキュラム構成を行い、その効果を実証することである。そうすることにより、現行のカリキュラムから、子どもの思考を基にしたカリキュラムへと変換できる道が開けると考えられる。

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2件)

- ① 栗山和広・吉田甫 (2013) 子どもの思考を基にした教授介入：割合概念について 愛知教育大学研究報告, 査読無, 62, 99-104.
- ② 栗山和広 (2012) 割合の学習 以前に子どもがもつインフォーマルな知識 愛知教育大学研究報告, 査読無, 61, 83-88.

[学会発表] (計3件)

- ① 栗山和広・吉田甫 (2012) 子どもの思考に基づいた教授介入(1): 割合概念の場合, 日本心理学会 76 回大会, 2012 年 9 月 12 日, 専修大学
- ② 栗山和広・吉田甫 (2011) 割合の学習前に子どもがもつインフォーマルな知識, 日本教育心理学会第 53 回総会, 2011 年 7 月 25 日, 北翔大学

- ③ 栗山和広・高垣マユミ (2010) 子どもの思考に基づいた学習支援のあり方について考える, 日本教育心理学会第 52 回総会, 2010 年 8 月 28 日, 早稲田大学

[図書] (計 1 件)

- ① 栗山和広 編著 (2010) 子どもはどう考えるか ―認知心理学からみた子どもの思考― おうふう 231 頁

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: 1 0 1 7 0 0 9 4

(2) 研究分担者

吉田 甫 (YOSHIDA HAJIME)
立命館大学・文学部・教授
研究者番号: 8 0 0 9 4 0 8 5

研究分担者

高垣 マユミ (TAKAGAKI MAYUMI)
実践女子大学・生活科学部・教授
研究者番号: 5 0 3 5 0 5 6 7

(3) 連携研究者

なし