

## 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24年5月25日現在

機関番号：17401

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21530956

研究課題名（和文）複式学級における算数科学習指導デザインに関する研究

研究課題名（英文）A Study on Mathematics Teaching Design in Combined Class

研究代表者

佐々 祐之（SASA HIROYUKI）

熊本大学・教育学部・准教授

研究者番号：30315387

研究成果の概要（和文）：

複式学級を担任する小学校教師へのインタビュー調査や授業分析等を通して、複式学級における学年別指導の学習指導デザインに関する示唆を得ることができた。特に、学年別指導においては間接指導時の課題設定や児童相互の学び合いの実現のために、E. Ch. Wittmann 氏の提唱する本質的学習環境の理論における操作的証明という理由づけの方法や生産的練習という練習問題の様式が援用可能であり、効果的であることを示すことができた。

研究成果の概要（英文）：

By interview research to teachers who is assigned to combined class and analyzing their mathematics lessons, I got suggestion for mathematics teaching design in combined class.

Especially, I was able to show that Wittman's "Operative proof" as a method of reasoning and "Productive practice" as a method of discovery learning are effective in improving learning activities in mathematics lessons of combined class.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	600,000	180,000	780,000
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2011年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	2,500,000	750,000	3,250,000

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：教育学，教科教育学

キーワード：複式学級，算数科，本質的学習環境，操作的証明，生産的練習

## 1. 研究開始当初の背景

近年、児童数の現象により学校の統廃合が進む中、学校数は減少しているものの、依然としてへき地の小学校においては複式学級による学級編成は行われており、それらの学校においては、複式学級という特殊な学習集団における学習指導の在り方についての研究とその成果の具体化。蓄積が急務となっている。しかし、これまで算数科の複式指導に関する研究は十分ではなく、研究成果の十分

な蓄積がなされていないことから、効果的な学習指導の確立に至っていないのが現状である。

このような課題意識のもと、これまでも、複式学級における効果的な算数科学習指導の確立を目指して研究に取り組んできており、平成18年度、19年度には、科学研究費補助金（若手研究（B））の採択を受け（課題番号18730546）、E. Ch. Wittmann 氏の提唱する「本質的学習環境」という学習指導理論を参

考として、複式学級において実践的に利用可能な教授単元のデザインを行った。それらの研究を通して、本質的学習環境デザインの考え方は、複式学級における算数科学習指導の改善に向けた具体的な方法を見いだすために有効であるという見通しをもつことができた。

本質的学習場の理論に関する研究としては、日本国内では、國本景亀氏、山本信也氏の研究が有名であるが、複式学級という特殊な学習集団を対象とした教授単元のデザインを行っていることが本研究の特色であり、その意味で、本研究は、これまでの本質的学習場の理論に関する研究をより具体化し、学校現場へ還元することのできる研究と位置付けることができる。

また、複式学級における学習指導に対応できる教員の養成という視点も、本研究の背景として位置づけられるものである。これまで大学においては、複式指導に関する教員養成はほとんど行われておらず、卒業後、複式学級を有する小規模校に赴任して初めてその指導の難しさに直面するという現実があった。本研究では、複式学級における算数科学習指導の改善を目指した研究を進めることを通して、効果的な複式指導に関する教員養成の方法を明らかにし、大学での教員養成の質の向上を図ることもねらいとしている。

## 2. 研究の目的

上記のような研究の背景のもと、本研究では、以下の3点を研究の目的とした。

### (1) 複式学級における算数科学習指導の教授単元のデザイン

複式学級で求められている算数科の学習指導の在り方を探るとともに、それらを具体化した教授単元のデザインを行う。その際、小学校算数科のカリキュラムを考慮するとともに、実際に複式学級において算数科学習指導を行っている教師の知見を得たうえで、複式学級の特性を生かした学習活動が展開できるような教授単元のデザインを目指す。

### (2) デザインした教授単元の効果の検証

実験授業等を通して、デザインした教授単元の効果を検証する。その際、実際に複式学級を担任している小学校教員の意見を参考とし、より学校現場の課題の解決に役立つ教授単元となるよう検証と改善を重ねる。

### (3) 複式指導に対応できる教員の養成方法についての検討

複式学級での学習指導に対応できる教員の養成のために、大学での養成段階でどのような知識と技能を身に付けておくべきかという問題について検討する。その際、実際に複式学級における学習指導を経験した教師らの知見を十分に生かし、複式学級のための

本質的学習環境デザインに必要な要素を抽出することを目指す。

## 3. 研究の方法

本研究においては、複式学級という特殊な学習集団における算数科学習指導のための学習環境のデザインを具体化するとともに、それらのデザインに有効な示唆を得ることを目的としている。しかし、複式学級における算数科学習指導に関する先行研究が少ないこと、また、これまでの研究の蓄積も十分にないことを考慮すると、このような目的を達成するためには、文献的な調査だけでは限界があると考えられる。また、平成17年に実施したアンケート調査も、質問紙調査であったために、実際の複式学級における学習指導の問題点が十分に分析されているとは言いがたい。そこで、本研究においては、実際に複式学級において学習指導を行っている小学校教師に直接インタビュー調査を行うことを通して、これまで行ってきた研究や調査の結果と学校現場での感覚のずれといったものを明らかにするとともに、現状で困難を感じている学習指導上の課題を詳細に聞き取り、その解決に向けた学習環境デザインの視点を考察することとした。

インタビュー調査に関しては、熊本県、鹿児島県（離島地域）の複式学級を担任する小学校教諭3名に対して行うことができた。調査対象としては少数であるが、複式学級における算数科学習指導の場を参観させていただいたうえで、十分な時間をかけてインタビュー調査を行うことができ、それぞれのケースにおいて有効な学習指導上の示唆を得ることができた。

さらに、インタビュー調査を通して得られた学習指導上の困難点に関する知見をもとに、それらを解決するための学習環境デザインの視点として、E. Ch. Wittmann氏の提唱する本質的学習環境の理論を援用することを検討した。具体的には、間接指導時における児童の相互作用や練習の場を想定し、理由づけの方法としての「操作的証明

(Operative proof)」、スキルの定着を発見的な学習と調和させることを目指す「生産的練習 (Productive practice)」という概念に着目し、それらを複式学級における算数科の学習指導において活用して行く方法を検討した。本質的学習環境の理論に関しては、研究の初年度に、この理論の提唱者であるE. Ch. Wittmann氏をドイツのドルトムント大学に訪ね、シンポジウムにおいて日本での学習環境デザインを発表するとともに、Wittmann氏より直接さまざまな示唆をいただいた。それらの知見をもとに、複式学級における学習環境のデザインをより具体的なものとして考察することができた。

#### 4. 研究成果

3年間の研究の成果を、本研究の基礎理論とした「本質的学習環境に関する基礎的研究の成果」、インタビュー調査等を通じた「具体的な学習環境デザインに関する研究成果」、および「今後の課題」という3点に分けて示す。

##### (1) 本質的学習環境に関する基礎的研究の成果

本質的学習環境に関する基礎的研究としては、ドイツのドルトムント大学での研究発表、学会等を通じた「操作的証明」や「生産的練習」に関する研究発表等があげられる。それらについて、以下順に説明する。

##### ① ドルトムント大学でのシンポジウムにおける発表および情報交換

研究の初年度には、ドイツのドルトムント大学を訪れ、数学教育開発研究所主催のシンポジウムにおいて研究発表を行った。ドルトムント大学数学教育開発研究所は、本研究で基礎理論としている本質的学習環境の理論の提唱者である E. Ch. Wittmann 氏を中心とした数学教育の改革プロジェクト“mathe2000”を主宰している研究所であり、今回の発表は、日本においてデザインした本質的学習環境とその実践を紹介するとともに、本質的学習環境デザインについて様々な示唆を得ることを目的としたものであった。シンポジウムで発表した本質的学習環境のデザインは、複式学級用にデザインされたものではないが、児童生徒の発見的学習を促進する学習環境の在り方等について、意見交換を行い、学習環境の改善に向けて多くの示唆を得ることができた。

また、本研究で用いた「操作的証明 (Operative proof)」や「生産的練習 (Productive practice)」についても、Wittmann 氏本人と意見交換することができ、「操作的証明」を用いて理由づけする活動の重要性やスキルの習得を発見的学習に結びつける「生産的練習」のデザインの在り方などについて、有益な示唆を得ることができた。

##### ② 全国数学教育学会のシンポジウムにおける生産的練習に関する発表と情報交換

本研究で用いた「生産的練習」の概念に関しては、先行研究を精査するとともに、Wittmann らの編纂したドイツの初等数学教科書「数の本 (Das Zahlenbuch)」において具体化されている様々な生産的練習の様式を分析するなど、基礎的な研究を行った。それらの基礎的な研究の成果は、2010年に開催された全国数学教育学会の第32回研究発表会で行われた特別企画において発表し、参加者から「生産的練習」という考え方について

様々な示唆を得ることができた。

「生産的練習」は、計算スキルなどの技能の定着を目的としながらも、パターンの発見や発見したパターンの理由づけなど探究的な学習へ接続していくという意味において、複式学級における間接指導時の学習課題として機能しうる可能性があることを示すことができた。

##### ③ 操作的証明に関する基礎的研究の成果

本研究で言及した「操作的証明」に関しては、「おはじきと位取り表を用いた操作的証明」を中心に、考察を進めることができた。

まず、「操作的証明」という概念について先行研究を精査することを通して、その特徴や性格について明らかにした。その結果、「操作的証明」は、数学的な問題状況の探究という学習活動に統合された証明であり、適切に表現された数学的対象に施された操作の結果にもとづく証明であるという特徴を明確化することができた。さらにこの「操作的証明」は、國本の先行研究における「前形式的証明」に含まれる概念であり、学習場面における理由づけの活動という意味合いを強調したものであることが明らかとなった。これらの成果については、全国数学教育学会の学会誌 (第16巻第2号) に論文として掲載された。

また、「おはじきと位取り表を用いた操作的証明」に焦点化して、小学校高学年の児童に対するインタビュー調査を行い、おはじきと位取り表の操作に関する活動の特徴や困難点を明らかにすることができた。「操作的証明」において用いるおはじきと位取りの操作については、操作のプロセスを説明することの困難性はあるものの、おはじきと位取り表を用いた簡単な表現の練習から入って、徐々に慣れさせていくことによって、小学校高学年の児童でも十分に対応できる活動であることが明らかになった。これらの成果については、全国数学教育学会での2回の研究発表を経て、学会誌 (第18巻第2号、印刷中) に掲載予定である。

##### (2) 具体的な学習環境デザインに関する研究成果

複式学級における学習環境デザインに関する研究については、インタビュー調査による複式算数科学習指導の困難点の聞き取りと、「操作的証明」「生産的練習」を用いた学習環境デザインの可能性の検討が挙げられる。以下、それらについて順に説明する。

##### ① 複式学級における算数科学習指導の困難点

本研究では、より実践的な学習環境のデザインを目指すため、実際に複式学級において

指導している教師に対するインタビュー調査を実施し、複式学級における算数科学習指導の困難性やその改善の方向性について考察することとした。インタビュー調査は、2010年の9月に、熊本県内の教師1名、鹿児島県離島地域の教師2名を対象として実施した。インタビュー調査の対象となった教師は少数であったが、インタビューに際してはそれぞれの教師の授業の様子を観察し、授業を踏まえて1人あたり十分な時間をかけてインタビューを実施した。また、インタビュー調査の内容と授業ビデオとを分析することを通して、インタビューから見えてくる教師自身の考え方やそれが授業においてどのように表れてくるかという観点での分析も行った。

インタビュー調査と授業ビデオの分析を通して明らかになったのは、複式学級における算数科学習指導では、学習指導に対する教師の信念が、授業スタイルに大きく反映されるということ、また、複式指導のノウハウの蓄積に関しては、学校や地域性によって大きな差があるということであった。実際、授業において「まとめ」を重視している教師の指導においては、授業の終了時刻が学年間で異なっても、必ず教師が両方の学年を渡ってまとめを行っていたり、「児童の自律的学習」を重視している教師の授業では、間接指導時の学習の流れを示したマニュアルを用意したりするなど、授業スタイルに大きな違いが見られた。また、鹿児島県の離島地域では恒常的に複式学級が編成されているため、教具や学習プリントなどの蓄積もあり、複式学級の経験のない教師でも、比較的スムーズに複式学級担任ができているのに対して、熊本県の小学校では、年度によって複式学級が編成されたりされなかったりするため、逆に複式指導に関するノウハウの蓄積がなく、ベテランの教師でも指導体制を確立するために苦労している様子を見ることができた。

このような地域や教師の個性による授業スタイルの違いはあるものの、今回インタビュー調査をした教師が共通して困難を感じていたのは、間接指導時における学習課題の設定であった。複式指導においては、1名の教師が2つの学年を渡って指導を行うため、常に片方の学年は教師の直接的な指導がない間接指導の状態となる。この間接指導の間に、定着のための練習問題を解いたり、子どもが教師役をすることによって、発見した性質や法則を発表したりする学習活動が展開されることとなる。しかし、実際には、定着のための練習問題を解いていたとしても、児童の学力差などによって、早く終わった児童と時間のかかる児童とがでてしまい、学習活動に集中できなかつたり、ちょうど良いタイ

ミングで渡ることができなかつたり、また、ガイド学習においてマニュアル的な意見発表に終わってしまったりと、困難を感じる場面が多いということが明らかとなった。

インタビュー調査と授業分析を通して明らかとなったこれらの困難点に対して、本研究では、本質的学習環境の理論から「操作的証明」と「生産的練習」という概念を援用し、複式学級における間接指導時の学習活動の改善を図ることを提案した。

## ②複式学級における操作的証明の活用

「操作的証明」とは、形式的証明のように高度な形式性と一般性を備えた数学的証明ではなく、代表的特殊に対する学習具等の「操作」を通して一般的に成り立つことを証明しようとするもので、小学校段階における理由づけの活動として注目されているものである。「操作的証明」は、学習具に対する操作を根拠として数学的内容を証明しようとするため、数式や数学記号、論理記号によって形式的に記述される形式的証明のように、証明のプロセスを記録することには向いていないが、操作しながら説明するという証明の特性から、学習具等を用いた児童相互のコミュニケーションの中で行われる理由づけの活動として有効に機能するといえる。

複式学級における間接指導時には、教師がいない場面で、児童同士が考えを提示し合い、互いに自分の考えを説明するということが求められる。しかし、ガイドと呼ばれる教師役の児童が司会を務めながら学習活動が進行するため、一方的に意見を出して終わってしまうような、マニュアル的な学習の進行になりがちである。しかし、操作的証明を用いることによって、実際に学習具を操作しながら説明するという活動が行われるため、児童にとっては説明がしやすく、また、具体的な例(代表的特殊)の場面において説明するため、説明を聞く側の児童にとってもわかりやすいという利点が生まれるのである。また、操作的証明を行うに当たっては、児童が自己の操作を振り返ることを通して一般性を認識しようとするため、間接指導時の自己学習の場面においても、有効に機能すると考えられる。

本研究においては上記のような「操作的証明」の特性を生かした複式学級における算数科学習指導のための学習環境デザインが可能であることを示したが、具体的な学習活動のデザインと実証的研究までは行うことができなかった。これらの課題については今後、継続的に研究を進めていきたい。

## ③複式学級における生産的練習の活用

「生産的練習」とは、練習問題の中にある種のパターンを組み込むことによって、問題

の解決とそれに続く探究活動を可能とした算数科の練習問題の様式である。もともと、この概念は、「数学化する」「発見する」「推論する」「表現（コミュニケーションする）」という数学学習の一般目標と、計算スキルや基礎的な技能の習得という内容的目標とを同時に達成しようとした Wittmann によって提唱されたもので、H. Winter の練習の考え方を参考として考案されたものである。

生産的練習を用いた練習の活動では、ある種のパターンが組み込まれた練習問題を解いて答えを求めるだけでなく、そこにどんなパターンが組み込まれているかを発見し、それを説明したり、続けて問題をつくったり、場合によっては意図的にパターンが崩されている部分を修正したりすることが求められる。このような学習活動を行うことによって、定着のための学習は、単なるドリル学習ではなく、パターンの発見という探究的な学習活動に統合されることとなるのである。

このような生産的練習は、複式学級における間接指導時に課題設定として有効に機能すると考えられる。なぜなら、基本的には計算技能等の基礎的な技能の定着のための学習でありながら、早く解決できた児童は、そこにどのようなパターンが組み込まれているのかを探究することができる。そのため、従来のドリル学習のように、早く解決してしまった児童と解決に時間がかかっている児童の差が大きく、学習活動の集中力が途切れてしまうといったことが解消されるのである。また、ガイド学習によって、児童が発見したパターンを発表して行くという学習活動も可能となり、教師側からすれば、練習問題が終わったところに渡らなければならないという渡りのタイミングに対するプレッシャーから解放されるという利点がある。

本研究では、生産的練習に関する基礎的な研究の成果として、上記のような複式学級における算数科学習指導での生産的練習の活用について提案することができた。なお、これらの成果については、インタビュー調査の詳細と併せて、熊本大学教育学部紀要（第60号人文科学）に論文として掲載された。

### (3) 今後の課題

本研究に関する今後の課題は、大きく分けて2つある。1つは複式学級における算数科学習指導に関する実証的研究、もう1つは、複式学級指導に関する教員養成モデルの検討である。以下これらについてそれぞれ説明する。

#### ① 複式学級における算数科学習指導の実証的研究

本研究では、本質的学習環境に関する基礎的研究を行い、その中から「操作的証明」「生

産的練習」という2つの概念に関して、複式学級における算数科学習指導への援用可能性を検討することができた。それらの成果は、論文としてまとめるとともに、熊本県内のへき地教育の研修会等においても紹介することができ、研究成果の普及という面でも一定程度の成果を残すことができた。

しかし、複式学級の算数科学習指導において「操作的証明」や「生産的練習」を取り入れた授業についての実証的研究までは行うことができなかつた。そのため、今後の課題としては、「操作的証明」や「生産的練習」を取り入れた複式学級における算数科の学習環境デザインを継続するとともに、それらの実証的研究を重ねることによって、汎用性を高めていくことが挙げられる。

#### ② 複式学級を指導できる教員の養成に関する研究

また、本研究の目的には、複式指導に対応できる教員の養成方法についての検討も挙げていたが、これに関しては十分な成果を上げることができなかった。しかし、大学院生に対する授業等においては、「操作的証明」や「生産的練習」の複式学級への応用について議論し、生産的練習の様式や探究的な学習環境を実際にデザインするなどして実践的な演習形式の授業を行った。また、複式学級における学習活動に限定したものではなかったが、授業でデザインした生産的練習や学習環境をイギリスの大学の学生に紹介して意見交換を行うこともできた。これらは、教員養成における一定の成果といえるが、「操作的証明」や「生産的練習」の活用といった部分的なものではなく、学年別指導や合同学習、年間カリキュラムの作成など、複式学級における算数科学習指導を総合的に扱った教員養成モデルの確立は、今後の課題である。

### 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5件）

① 佐々祐之、複式学級における算数科学習環境デザインに関する研究～間接指導時の課題設定のための生産的練習～、熊本大学教育学部紀要、査読無、第60号、2011、237-246。

② 佐々祐之、樋脇正幸、中学校数学科における操作的証明に関する研究～形式的証明へのステップとしての操作的証明～、日本数学会第44回数学教育論文発表会論文集、査読有、第2巻、2011、735-740。

③ 佐々祐之、数学教育における操作的証明に関する研究、日本科学教育学会年会論文集、査読無、Vol. 35、2011、52-55。

④ 佐々祐之、山本信也、数学教育における「

操作的証明(Operative proof)」に関する研究～おはじきと位取り表を用いた操作的証明を例として～, 全国数学教育学会誌 数学教育学研究, 査読有, 第16巻第2号, 2010, 11-20.

⑤佐々祐之, 山本信也, 数学教育における操作的証明に関する研究～おはじきと位取り表による操作的証明の事例から～, 日本数学教育学会第42回数学教育論文発表会論文集, 査読有, 2009, 553-558.

[学会発表] (計9件)

①樋脇正幸, 佐々祐之, 中学校数学科における「かけ算十字」を用いた学習環境の研究開発, 全国数学教育学会第35回研究発表会, 2012.1.21, 愛知教育大学(愛知).

②佐々祐之, 樋脇正幸, 中学校数学科における操作的証明に関する研究～形式的証明へのステップとしての操作的証明～, 日本数学教育学会第44回数学教育論文発表会, 2011.11.12, 上越教育大学(新潟).

③樋脇正幸, 佐々祐之, 中学校数学科における操作的証明に関する研究, 九州数学教育学会平成23年度第1回研究発表会, 2011.10.30, 宮崎県婦人会館(宮崎).

④佐々祐之, 数学教育における操作的証明に関する研究, 日本科学教育学会第35回年会, 2011.8.23, 東京工業大学(神奈川).

⑤佐々祐之, 数学教育における「操作的証明(Operative proof)」に関する研究(Ⅱ)～おはじきと位取り表の操作に関する臨床的インタビュー調査を通して(2)～, 全国数学教育学会第34回研究発表会, 2011.6.26, 広島大学(広島).

⑥佐々祐之, 数学教育における「操作的証明(Operative proof)」に関する研究(Ⅱ)～おはじきと位取り表の操作に関する臨床的インタビュー調査を通して～, 全国数学教育学会第33回研究発表会, 2011.1.22, 愛媛大学(愛媛).

⑦佐々祐之, 山本信也, 数学教育における操作的証明に関する研究～おはじきと位取り表による操作的証明の事例から～, 日本数学教育学会第42回数学教育論文発表会, 2009.11.7.8, 静岡大学(静岡).

⑧ Shinya YAMAMOTO, Hiroyuki SASA, Children's Learning Activities with 'Bamboo numbers', 19 Symposium mathe2000, 2009.9.19, ドルトムント大学(ドイツ連邦共和国).

⑨佐々祐之, 山本信也, 数学教育における「操作的証明(Operative proof)」に関する研究～おはじきと位取り表を用いた操作的証明を例として～, 全国数学教育学会第30回研究発表会, 2009.6.27, 広島大学(広島).

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

佐々 祐之 (SASA HIROYUKI)

熊本大学・教育学部・准教授

研究者番号: 30315387