

数学教育の理論・実践を創出するための探究志向の協働的なアプローチ

著者	長崎 栄三
雑誌名	第46回秋期研究大会発表集録
ページ	21-28
発行年	2013-11
出版者	日本数学教育学会
URL	http://hdl.handle.net/10297/8024

数学教育の理論・実践を創出するための 探究志向の協働的なアプローチ

長崎 栄三
静岡大学大学院

1. 問題の所在

数学教育における理論と実践の往還の重要性は、多くの場面で語られる。理論と実践の往還は、その本来の意味からすれば、図的には、理論と実践の両者から他者に向かう矢印が出るはずである。しかし、ともすると、理論を実践で応用するという一方通行の矢印になりがちである。そうだとすると、理論が実践で使われない、実践で有用な理論がないという、相互批判が出てきそうである。また、理論と実践には、その価値として、「純粹」数学と「応用」数学で前者が後者よりも上にあると考えられるのと同様に、理論の方が実践よりも上であると考えられがちでもある。このように考えると、理論と実践の往還ということには、その往還のあり方とともに、そもそも理論と実践の間にはどのような関係があるのかということが問題になりそうである。

筆者は、最近、我が国でこれまで行われてきた数学教育の研究において、授業研究を内在した研究で筆者が熟知していると思っている研究 - オープンエンドアプローチ、問題の発展的な扱い、算数・数学と社会・文化のつながりなどの研究 - を、数学的リテラシーという側面と教師教育という側面から見直してきた。前者においては、すべての人のための数学的リテラシーを学校教育に即して考える上で、子どもたちの多様性に応える学校数学のデザインを作り出すための学校種別の枠を越えた「小中高大の協働的な研究」の必要性を挙げた (Nagasaki, 2012)。後者においては、次世代の科学力を育てるための教員・指導者養成として

数学教育・科学教育等に関わる多様な人々による探究的な「協働的プロジェクト」への参加を挙げた (長崎, 2012)。それらは、理論と実践を共通な土台の上で考えて、そこで理論と実践を作り出すものであった。

そこで、本稿においては、数学教育における理論と実践の往還を促すアプローチとして、「小中高大の協働的な研究」と「協働的プロジェクト」の両面を発展・統合させて、それを、「数学教育の理論・実践を創出するための探究志向の協働的なアプローチ」とし、そして、それをもとに理論と実践の関係を考察することにする。

2. 我が国の数学教育の実践における理論

数学教育における理論と実践の往還を考えるに当たり、まず、我が国の数学教育の実践における理論について考える。一般的に、理論とは、「科学において個々の事実や認識を統一的に説明し、予測することのできる普遍性をもつ体系的知識」(広辞苑、第6版)のように定義されている。筆者が理論を考える場合には、説明、予測、体系的知識、の3つを念頭に置いている。

そして、学問の理論は、単にその学問の著作があるだけではなく、その学問に関わる辞書や事典やハンドブックの存在によって裏付けられる。我が国の数学教育においても、『数学教育学研究ハンドブック』(日本数学教育学会、2010)が作られ、全体の俯瞰ができるようになってきている。

しかしながら、理論を説明、予測、体系的知識と捉えたとすると、我が国の数学教育の実践の場

面で、どのような理論が活用できるのかと思うことがしばしばある。確かに、数学教育にはいろいろな理論があるが、実際の算数・数学の学習場面に直面すると、なぜか理論が見えにくいのである。もちろん、算数・数学の内容に則した指導の仕方は、教科書に記述されている。しかし、それが体系的であるとか、将来を予測するとかは思えないのである。そこで、我が国の数学教育の實踐において理論が見えにくい理由を推測してみた。

(1) 数学の内容体系への依存

第1の推測は、数学教育の内容が、数学の内容体系に依存しているということである。実際、ほとんどの数学教育関係の書物は、数学の内容で順序づけられている。数学は、諸学問の中で最も体系だった学問であり、そこで、数学の内容に依存している限り、体系性は保持される。従って、数学教育の理論も、ほとんどが数学の内容に沿って体系化される。

この背後には、数学は客観的な真理の体系でそれに従っていけばよいという考え方があるのではないであろうか。さらには、数学教育は数学の一部であり、数学を教えることが数学教育の任務となるという考え方もある。これらの立場に立つと、数学教育の理論は、数学の内容に沿って立てられているので、数学教育は、数学の内容を大きな軸として、そして、若干の工夫を付け加えることになる。そこで、数学教育の理論というものが明示的には見られなくなる。

(2) 子どもの素朴な考え方の軽視

第2の推測は、算数・数学を学ぶ子どもの素朴な考え方を軽視、または無視することである。これは第1の推測を、子どもの立場から言い直したものだとも言えよう。第1の推測のもとでは、数学は厳然としてあるのだから、子どもの考えというものが先行する余地はないのである。例えば、小学校1年生が一桁の数を学び二桁の数に入った時、「じゅういち」を「101」と書くようではその算数指導が間違っているとするようなものである。このような現象は言語の研究では「過剰一般化」と言われている(科学技術の智プロジェクト, 2008)。また理科教育では、子どもが学習以前に持っている自然現象について考え方を、ミスコン

セプションまたは素朴概念として議論されている。

子どもたちは自然現象に囲まれているので、理科には子どもの素朴概念はあるが、算数・数学は抽象的なものであるから素朴概念が入る余地がないと考えられているのであろうか。

さらにまた、算数・数学の学習はある概念を白紙の子どもの頭の中に書き込むという概念形成を問題にするのか、子どもは算数・数学でさえ素朴な概念を持っているという概念変容を問題にするのかということであろう。後者の立場に立つと、子どもの側からの理論が必要になる。

(3) 教科書の研究成果の迅速な摂取

第3の推測は、小中学校の算数・数学教科書による数学教育の研究成果の迅速な摂取である。我が国の小中学校の算数・数学教科書は、絶えずそのときの研究成果を取り入れて工夫がなされている(教科書研究センター, 2012)。その大きな要因は、小中学校の算数・数学教科書は、教師と数学・数学教育の研究者のチームによって編集され、数年ごとに改訂されることにある。それ自体は素晴らしい体制である。

しかし、教科書を使用する教師には、それが新しい研究成果を反映したものであるとは分からない。そのような理論的なことは、一般的には教師用指導書に記述されるが、現在では各教師が個人用の教科書指導書を持って読みこなすということとはほとんどない。したがって、新しい学習指導が、何のために入っているのかが分からずに、ただ教科書に入っているからということ、使われることになる。なお、高校の教科書は、相変わらず大学入試指向であり、数学教育の研究成果が摂取されるということもないようである。

(4) 個別な工夫の堆積

第4の推測は、数学教育における学習指導のための研究が、教師の個性に基づいた個別の工夫の堆積になっていることである。学習指導の工夫は、ほとんどの場合、目の前の教室や子どもを念頭に行なわれるので、特別な条件のもとであることは当然であろう。しかし、それらのある条件のもとでの有効な学習指導の工夫が、検証され、抽象化され、体系化されることはなく、極端な場合には、指導者の個性に帰されてしまう。ここには、理論

化が入り込む余地がない。

もちろん、このような個々の教師による個別の工夫は、それ自体は教師の成長や学級の学習の改善にとって重要なものではある。実際、我が国の数学教育の質の高さは、このような努力によるものであろう。しかし、それは多くの場合、一般化を目指した検証にさらされず、従って体系化されず、理論化がなされないままになる。

3. 数学教育における授業研究を内在した 研究の分析

我が国の教育においては、数学教育をも含めて、授業研究の長い伝統がある。そこで、数学教育における理論と実践の往環を促す一つのアプローチを浮き上がらせるために、授業研究を内在した研究で、現代的な意義を持ち、しかも、筆者がよく知っていると思っている研究に注目する。これらの研究をまず簡単に紹介し、その後で、これらの研究に共通な特質を抽出し、最後にそれを、数学教育における理論と実践の往環を促す一つのアプローチとして、「数学教育における探究志向の協働的なアプローチ」に総合する。

(1)対象とする研究

授業研究を内在した研究で、現代的な意義を持ち、しかも、筆者がよく知っていると思っている研究として、「考えさせる授業」、「オープンエンドアプローチ」、「問題の発展的な扱い」、「算数・数学の基礎学力」、「算数・数学と社会・文化のつながり」、「算数・数学の力」、の6つの研究を対象として、分析する。それぞれの研究を簡単に紹介すると、次の通りである。

①考えさせる授業

子どもが自ら考えるということを算数・数学の授業において実現させるために、問題解決場面で子どもが考える様相を明らかにするとともに、問題解決において子どもが考える多くの授業事例が作られた(松原, 1971; 1987; 半田, 1995)。なお、このような子どもの発想の多様性を明示的に取り入れた算数の学習指導として、多様な考えを生かす指導も提唱された(古藤ほか, 1992)。

②オープンエンドアプローチ

答えが複数あるという未完結の問題をもとに

した算数・数学の学習指導として、オープンエンドアプローチが提唱され、多くの授業事例が開発された(島田, 1977; Becker & Shimada, 1997)。ここでは、数値化による順序付け、決まりの発見、分類の3つの算数・数学の問題場面が工夫された。なお、オープンエンドアプローチの説明においては、現実の世界と数学の世界における数学的活動が図式化され、ここでは数学的モデルが明示化された。

③問題の発展的な扱い

ある算数・数学の問題を解決したら、その問題をもとに新しい問題を作るという学習場面を中心にした学習指導として、問題の発展的な扱いによる指導が提唱され、多くの授業事例が開発された(竹内ほか, 1984)。オープンエンドアプローチの発展として、その多様な考え方が可能な学習場面として、算数・数学の問題を作ることが取り上げられたものである。

④算数・数学の基礎学力

算数・数学の基礎学力を3次元の枠組み(行動類型、数学内容、数学過程)によって構成し、それをもとに作成した調査問題・質問項目によって、小中高校の算数・数学の状況が明らかにされた(国立教育研究所, 1994; 中島・清水・瀬沼・長崎, 1995)。算数・数学の問題の分類の枠組みとして、認知・情意面の行動類型、数学内容に加え、数学過程として、数学化、数学的处理、数学的検証が取り入れられた。

⑤算数・数学と社会・文化のつながり

子どもの生活や社会・文化に関連した問題の解決を図ることを中心とした算数・数学の学習指導として、算数・数学と社会・文化のつながりが提唱され、その際に、算数・数学の目標として算数・数学と社会をつなげる力が構成され、多くの授業事例が開発された(長崎, 2001)。算数・数学と社会をつなげる力は、社会における量・形についての感覚、社会の問題を数学的に解決する力、社会において数学でコミュニケーションする力、近似的に扱う力、から構成された。

⑥算数・数学の力

数学教育の目標を、数学教育の目的・人間形成的、実用的、文化的・に遡って考察し、その目標

を算数・数学の力として構成し、それをより達成するための教科書のあり方や学習指導のあり方が考えられた（長崎，2007a；2007b；教科書研究センター，2006；2007）。算数・数学の力は、算数・数学を生み出す力，算数・数学を使う力，算数・数学で表す力，算数・数学で考え合う力，から構成された。

(2)共通する特質

これらの6つの研究は、その研究レポート、成果報告書などによると、探究的、教師と研究者の協働、小中高大の教師の協働、多くの授業研究、という4つの共通な特質を持つことが分かる。これらの特質と、理論と実践の関係を考察する。

①探究的

それぞれの研究は、数学教育においてそれまでに未解決の問題を解決しようとする意図のもとに行なわれた探究的なものである。ある種の問題を解決するというプロジェクト的な要素を持ったものである。それぞれの研究が提起した問題は、子どもが考える算数・数学の授業とはどのようなものか（考えさせる授業）、算数・数学の高次目標の評価はどのように行うのか（オープンエンド、問題の発展的な扱い）、算数・数学と社会・文化とのつながりを持った授業とはどのようなものか（つながり）、そして、算数・数学の目的・目標とはどのように考えるのか（基礎学力、つながり、算数・数学の力）などであった。

このような算数・数学における問題提起に基づく探究的な研究は、算数・数学の新しい理論を作るもととなる。問題を提起することが現状の説明へとつながり、そして、問題を解決することが未来の予測へとつながっていく。

②教師と研究者の協働

それぞれの研究は、いずれも、学校の教師と大学の数学教育の研究者の協働研究である。しかも、ほとんどの研究には、複数の大学研究者が参加していた。そして、重要なことは、教師と研究者が互いにそれを尊敬するという相互信頼のもとでの協働研究であるということである。そして、これらの研究は、研究者の持つ理論を教師が単に実践し検証させられるというのではなく、理論や実践を共に考えていくというものである。

教師と研究者の協働研究においては、理論と実践は共通の土台の上にある。そこで、理論と実践は離れたものではなく、理論から実践が生まれ、実践から理論が生まれ、そして、理論は実践によって修正され、実践は理論によって修正される。

ここでの理論と実践には、それぞれの主従関係はなく、互いが他を生み出したたり修正したりするものとなっており、そのことで理論と実践の往還のバランスが保たれる。

③小中高大の教師の協働

それぞれの研究は、いずれも、小中高大の教師が参加した協働研究である。ただし、協働の仕方は、最初から小中高大の教師が揃っている場合や、ある時期にある学校段階の教師が参加した場合など異なっている。しかしながら、いずれも何らかの形で小中高大の教師が参加している。

このような小中高大の教師の協働は、すべての人々のための研究へとつながっていく。ある原則や事実が小学校だけではなく中高校でも試み確かめられることで、小学生、中高生にも同じようにその原則の妥当性が確かめられる。つまり、ある学年のある内容についてではなく、いろいろな学年の子どもたちを対象とした研究は、すべての人々へと延びていく可能性を持っている。

さらに、このように対象が年令的に幅を持つことによって、その原則や事実自体の普遍性が高まっていく。

④多くの授業研究

これらの6つの研究には、いずれも例外なく、授業研究が包含されていた。とりわけ、考えさせる授業、オープンエンドアプローチ、問題の発展的な扱い、つながり、の4つの研究は、小中高校の多くの算数・数学の授業研究をもとに行なわれた。考えてみると、1つの主題について多くの人々によって授業研究が行われ、それらが授業事例、証拠として蓄積されているというのは驚きである。

授業研究は、教育における自然な状況での研究方法である。したがって、そこでの研究は、他の状況への応用可能性が高い。そして、授業研究においては、授業をある種の原則の下で構築し、授業による子どもの変容が探究され、その原則の妥当性が検証される。とりわけ、授業後の授業検討

会の機能は、子どもの探究や原則の検証にある。そこで、多くの授業研究が行われることは、得られる理論の実践における検証が多面的になされることになる。

(3)多様性の再考

我が国の算数・数学の授業においては、多様に考えることが重視されてきた。背景には、混合能力学級での一斉指導での個々の子どもへの対応があった。このことは、先程の6つの研究のうち、考えさせる授業、オープンエンドアプローチ、問題の発展的な扱い、の3つの研究で特に顕著である。この場合、多様さは、子どもの考えた、解法の多様性、解の多様性、問題の多様性、である。それは、「子ども」が考えたものではあるが、解法、解、問題という算数・数学の内容・方法に内包されているものと考えられてきた。

しかし、これは子どもの立場から見ると、すべての子どもが算数・数学に何らかの形で参加することを可能にするものであると考えられる。例えば、オープンエンドの問題で、「分類の問題は分類の結果(解)が多様である」ということは、問題場面の設定の仕方では、「すべての子どもが算数・数学において分類できる」ということになる。

このように考えてくると、算数・数学の内容・方法から生ずる多様性は、子どもの多様性となり、さらには、「すべての子どもの参加」につながる。算数・数学において「多様性を大切にすること」は、算数・数学に「すべての子どもが参加する」ということにつながると思われる。

(4)数学教育における探究志向の協働的なアプローチ

これまで分析してきたような、数学教育において、問題提起による探究的であり、教師と研究者の協働研究であり、しかも、教師は小中高大の教師から構成され、そして、多くの授業研究が行われているような研究を、「数学教育における探究志向の協働的なアプローチ」とする。そして、それは、先の共通する特質で分析したように、数学教育における理論と実践の往環を促す一つのアプローチとなると思われる。なお、それぞれが「多様性を大切にすること」ということから、そこには、「すべての子どもが参加する」ということを包含した

ものと考えことにする。

(5)数学教育における実践のための理論化の努力

数学教育における探究志向の協働的なアプローチは、理論と実践を創出する。このアプローチでは、理論または実践だけを創るのではなく、両者を同じ土台で創り出し、そのことによって、理論と実践のバランスが保持される。

ところで、数学教育における探究志向の協働的なアプローチを考え出すもとなった6つの研究では、本稿で挙げた参考文献を初め多くの研究成果が公表された。そして、実践はそれらの文献の授業記録を通して見ることができる。しかし、それらの研究成果は、理論化されたのであろうか。少なくとも、私自身は、これらの研究では実践を作ることに重点を置いていたと思う。

理論化を図るには、単に記述的な表現だけではなく、規範的、標準的な表現が必要になってくる。しかし、これらの研究の報告書等を改めて見ると、多くが記述的な表現である。このアプローチが、真に理論と実践の往還を成し遂げるには、記述だけに終わらずに、それを規範的、標準的な表現で理論化する努力が必要であろう。

しかも、これらの原典はほとんど絶版のようである。オープンエンドアプローチは英文に訳され、現在でもアメリカで発行されていると言われる。筆者も、外国の会議で「日本の教師はみんなオープンエンドアプローチをやっているのか」と質問されたことがある。翻って、日本では、オープンエンドアプローチの原典は絶版になってしまっている。

理論と実践を往還させるには、研究成果を理論化するだけではなく、研究成果かまたはその理論を何らかの形で継承する努力が必要なのである。

4. 数学教育における探究志向の協働的なアプローチから生み出される理論

数学教育における探究志向の協働的なアプローチにおいては、理論化を図ることが重要である。しかしながら、先に述べたように、一般論として我が国では理論が見えないだけではなく、このアプローチのもとになった6つの研究でも理論が明示的に見られないようであった。

そこで、数学教育における探究志向の協働的なアプローチでも理論化が可能であることを示すために、先に述べた6つの研究から、どのような理論が生み出されていたのかを仮説的に示すことにした。そこで、6つの研究の成果から理論と言えそうなものを事例的に抽出してみることにした。その結果は、大きく、目的・目標の理論、子どもの理論、学習指導の理論、にまとめられた。以下は、あくまでも理論化の可能性を示すために事例的に挙げたものであり精緻化は十分ではない。なお、それぞれの事項の階層化は、アルファベットの個数で示してある。

(1)目的・目標の理論

数学教育の目的・目標の理論は、基礎学力、つながり、算数・数学の力、の数学教育の目的・目標を目指した3つの研究から抽出できる。なお、ここでは、目的の方が目標よりも上位概念で、目的は「なぜ教育するのか」に答え、目標は「目的を受けて、被教育者は何を身に付けるのか」に答えようとするものである。数学教育の目的・目標の理論を階層的に示すと、次の通りである。

- A. 算数・数学の教育は、人間・社会・文化の発展に寄与する。
- AA. 数学教育の目的は、人間形成的、実用的、文化的の3つによって語る事ができる。
- AAA. 算数・数学の学習の目的は、人間形成的、実用的、文化的のいずれかで説明できる。
- AAAA. 算数・数学の学習の目標は、子どもに算数・数学の力を付けさせるとともに、算数・数学の概念を使えるようにして、合わせて、算数・数学の見方や態度を育てることにある。
- AAAAA. 算数・数学の学習の目標は、子どもにとって発展的なものである。
- AAAAA. 算数・数学の力は、算数・数学を生み出す力、算数・数学を使う力、算数・数学で表す力、算数・数学で考え合う力、の4つから考えられる。

算数・数学を学ぶ目的を問われ、「後で分かる」と答えたり、「論理的思考」(だけ)と答えたりすることがあるようである。それに対して、もし、このような目的・目標の理論を持っていれば、実践の場において、子どもや保護者、そして社会一

般に対して、より適切な答えができると思われる。

(2)子どもの理論

算数・数学における子どもの理論は、考えさせる授業、オープンエンドアプローチ、問題の発展的な扱い、つながり、の4つの授業研究が主体の研究から抽出できる。授業研究においては、子どもの様子が必然的に分析されるからである。特に、授業を評価するためには、子どもの反応を分析する必要が出てくる。そのような子どもの反応から、算数・数学における子どもの姿が浮かび上がる。算数・数学における子どもの理論を階層的に示すと、次の通りである。

- A. 子どもは、算数・数学を考え楽しむことができる。
- AA. 子どもは、算数・数学において、分類したり、決まりを発見したり、順序付けたり、問題を変えたりすることができる。
- AAA. 子どもは、問題の構造が表現に着目して、問題を変える。
- AB. 子どもは、算数・数学と実世界の関連を見出して楽しむことができる。

ここでは、「子どもは」は「すべての子どもは」ということである。数学教育における探究志向の協働的なアプローチにおいては、子どもが算数・数学を考え楽しむことを目指して研究が行われるが、その結果として、学級のすべての子どもがそのような状況を示すことを見出すことができる。

ここでの子どもの姿で重要なことは、子どもが唯一つの正答を求めることができるのか、形式通りの証明を書くことができるということではないことである。このような子どもの理論を持っていれば、実践の場において、新たな子どもの姿を見出したり、また、子どもの実態に応じた学習指導の改善へと結びつけたりすることができる。

(3)学習指導の理論

算数・数学の学習指導の理論は、6つの研究から抽出できる。それぞれの研究において、授業を構成する際に使われた共通な事項を、学習の構成の原則として抽出した。それぞれの研究においては、これらの抽象的な原則のもとに、それぞれの主題に合った授業を構成していった。階層的には、下方に行くほど、具体的で細かな工夫になってい

く、学習指導の理論を階層的に示すと、次の通りである。

- A. すべての子どもが算数・数学の学習に参加している。(全員参加の原則)
- AA. 問題解決の場面で多様な取り組みが可能な操作活動を取り入れる。
- AB. 算数・数学の事象を多様な観点から分類できる問題場面を取り入れる。
- B. 算数・数学の学習は社会とのつながりを持っている。(社会性の原則)
- C. 算数・数学の学習には話し合いがある。(話し合いの原則)

なお、「すべての子どもが算数・数学の学習に参加している。」は、先に述べたように、多様性由来する原則である。一般には、学習指導の事柄は、階層では下方の具体的で細かな工夫で議論されて、学習指導が単なる技法的なものになってしまう。

このような学習指導の理論を持っていれば、実践の場で、それまでの学習指導を振り返ったり、新しい学習指導を工夫したりする際の規準を持つことになる。

(4)その他

- A. 評価のためには、まず、数学的活動ができる学習場面を作る。

この原則は、オープンエンドアプローチと問題の発展的な扱いの研究からのものである。数学教育における高次目標の評価方法の開発を目指して行われた研究が、最後に辿りついたのは、まず豊かな数学的活動が行える学習場面を開発することであった。評価の研究を行うときには心しておきたいことである。

5. 今後の課題

数学教育における理論と実践の往還を促すアプローチとして、数学教育の理論・実践を創出するための探究志向の協働的なアプローチを考察してきた。それは、探究的で、小中高大の教師と研究者が協働で行うものであり、多くの授業研究を含むものである。そして、このアプローチのもととなった6つの研究、すなわち、考えさせる授業、オープンエンドアプローチ、問題の発展的な扱い、

算数・数学の基礎学力、算数・数学と社会・文化のつながり、算数・数学の力、は実践だけではなく理論も創り出していたと思われる。

数学教育の理論・実践を創出するための探究志向の協働的なアプローチは、科学的な研究方法としてのデザイン研究・デザイン実験(例えば、岡崎, 2007; 益川, 2012)に類似している。デザイン研究・デザイン実験に照らしてみると、このアプローチは、授業だけではなく子どもに関する資料をより多く収集・分析しその実証性をより高め、そして理論化をすることをより意識することが必要だと思われる。良い授業を作ろうとしていろいろな工夫をすると共に、その授業の原則的なことも考察するようにしたい。

数学教育の理論・実践を創出するための探究志向の協働的なアプローチは、また、教師教育としても有効であることは明らかであろう。ある意味では、それは教師にとって、「研究者としての教師」を目指す状況論的学習とも言えよう。探究的、すなわち、自らの問題を発見・提起しそして解決しようとするのが一番大切である。学校や地域における研究でも、多様な人々の参加を得てこのアプローチの条件を満たすことができる。このアプローチを通して、教師一人ひとりが、そして集団としても成長・発達していけるであろう。なお、筆者が現在所属する教職大学院の実習や課題研究もまさしくこのアプローチになっていると思っている。そこでは、研究者と多様な現職教師が協働して授業を作り行い分析しているからである。

学習指導の理論における構成の原則として、すべての子どもが参加することを挙げた。一方で、話し合いも原則として挙げた。しかし、6つの研究においては、話し合いがされてはいるが、「すべて」の子どもが話しているわけではない。グループ学習も取り入れられてはいるが、すべての子どもが話すような工夫はなされていない。概念変容における思考の外化の重要性を考えると、「すべての子どもが話す」ことは大きな課題といえる。それができるようになると、先に挙げた学習指導の構成の原則は変わるであろう。

最後に、価値観について触れておきたい。このような数学教育の理論・実践を創出するための探

究志向の協働的なアプローチは、ある価値観を持っている。少なくとも、子どもを大切にするという価値観を持っている。このアプローチとそのような価値等との関連の検討は、このアプローチには含まれてはいなかった。理論と実践の往環が、より意味を持つために、数学教育の哲学的研究、歴史的研究、比較的研究、民俗学的研究など多様な研究方法による理論の創出とそれと実践との往環が必要である。

本稿の6つの研究においては非常に多くの方々のご指導、ご助言をいただきました。これらの研究の中心的な役割を果たされた、松原元一先生、古藤怜先生、島田茂先生、竹内芳男先生、中島健三先生、三輪辰郎先生、茂木勇先生、そして、これらの研究に参加された多くの先輩、友人たちに心よりお礼申し上げます。

引用・参考文献

- Becker, J. P. & Shimada, S. (1997) *The Open-Ended Approach: A New Proposal for Teaching Mathematics*. National Council of Teachers of Mathematics.
- 半田進編 (1995) 『考えさせる授業 算数・数学実践編』東京書籍。
- 科学技術の智プロジェクト (2008) 『人間科学・社会科学専門部会報告書』科学技術の智プロジェクト, p.82. <http://www.jst.go.jp/csc/science4All/>
- 教科書研究センター (小学校算数教科書研究会) (2006) 『新しい時代に即した児童の学ぶ意欲や考える力などを一層高めるための小学校算数教科書の開発研究』教科書研究センター。
- 教科書研究センター (中学校算数教科書研究会) (2007) 『新しい時代に即した生徒の学ぶ意欲や考える力などを一層高めるための中学校算数教科書の開発研究』教科書研究センター。
- 教科書研究センター (2012) 『初等中等学校の算数・数学教科書に関する国際比較調査 調査結果報告書』教科書研究センター。
- 国立教育研究所 (1994) 『児童・生徒の基礎学力の形成と指導方法との関連に関する総合的研究—国語, 算数・数学, 英語—』国立教育研究所。
- 古藤怜・新潟算数教育研究会 (1992) 『算数科多様な考えの生かした方まとめ方』東洋館出版社。
- 益川弘如 (2012) 「デザイン研究・デザイン実験方法」日本教育工学会監修『教育工学研究の方法』ミネルヴァ書房, pp.177-198。
- 松原元一編 (1971) 『思考の様相—算数・数学の指導事例から—』近代新書出版社。
- 松原元一編 (1987) 『考えさせる授業 算数・数学』東京書籍。
- 長崎栄三 (2012) 「数学教育に関わる協働的プロジェクトへの参加—次世代の科学力を育てるための教員・指導者養成—」『日本科学教育学会年会論文集』Vol.36, pp.2-3。
- Nagasaki, E. (2012) *Mathematical Literacy for Living in the Highly Information - and - Technology - Oriented in the 21st Century: Mathematics Education from the Perspective of Human Life in Society*, 12th International Congress on Mathematical Education.
- 長崎栄三編著 (2001) 『算数・数学と社会・文化のつながり』明治図書。
- 長崎栄三・滝井章編著 (2007a) 『何のための算数教育か』東洋館出版社。
- 長崎栄三・滝井章編著 (2007b) 『算数の力 数学的な考え方を乗り越えて』東洋館出版社。
- 中島健三・清水静海・瀬沼花子・長崎栄三 (1995) 『算数の基礎学力をどうとらえるか』東洋館出版社。
- 日本数学教育学会編 (2010) 『数学教育学研究ハンドブック』東洋館出版社。
- 岡崎正和 (2007) 「数学教育研究方法論としてのデザイン実験の位置と課題」全国数学教育学会誌『数学教育学研究』第13巻, pp.1-13。
- 島田茂編著 (1977) 『算数・数学科のオープンエンドアプローチ』みずうみ書房。(新訂版, 東洋館出版社, 1995)。
- 竹内芳男・沢田利夫編著 (1984) 『問題から問題へ』東洋館出版社。