

電卓・コンピュータ時代における 算数・数学カリキュラムの研究 (I)

—アメリカの『学校数学のためのカリキュラムと評価のスタンダード』を中心に—

小山正孝
(1995年9月11日受理)

Study on the Mathematics Curriculum in the Age of Calculator and Computer (I):
In Case of "Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics" in the United States

Masataka Koyama

We are now in the age of calculator and computer. The rapid development of new technology is changing our society and having an impact on school mathematics. The aim of this research is to construct the school mathematics curriculum which meets the needs of this changing society. As a first step, in this paper we try to find principles for constructing the curriculum by analyzing "Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics" in the United States.

As a result of this analysis, the following principles are described as guides in rethinking both the goals and contents of school mathematics and the teaching and learning of mathematics.

- P 1. To identify what mathematical literacy is needed in the changing society.
- P 2. To identify what educational goals are essential to mathematics education.
- P 3. To rethink mathematical contents basing on the rethought educational goals.
- P 4. To rethink mathematical contents considering the limited time for instruction.
- P 5. To make it clear what mathematics is for students.
- P 6. To make it clear how mathematics teacher should help students develop mathematically.
- P 7. To check whether teaching practices are consistent with intended educational goals.

1. はじめに

今日、社会はますます高度に技術化・情報化されつつある。その最大の動因は、近年の電卓やコンピュータなどのテクノロジーの著しい発達と普及である、と言ってよいであろう。

このような電卓・コンピュータ時代の到来を予見し、それに備えて、算数・数学教育界では10年ほど前から、1990年代あるいは21世紀の算数・数学教育はいかにあるべきかについて、国際的にいろいろと議論されてきている。そして、電卓やコンピュータなどのテクノロジーが算数・数学教育にいかなる影響を及ぼすか、及ぼし得るか、あるいは及ぼすべきか、が重要な論点となっている (Churchhouse, et al., 1986; Howson &

Wilson, 1986; Dubinsky & Fraser, 1988; Reys & Nohda, 1994)。

もちろん、望ましい算数・数学教育に対するビジョンを創造し、それを実現するために算数・数学カリキュラムを改革して、それを実施することは容易なことではない。しかしながら、こうしたビジョンや算数・数学カリキュラムを不問に付したままで、指導技術だけを問題にしてその向上に努力したとしても、抜本的な本質的な改善とはならない。

2. 本稿の目的と方法

1950年代後半から1960年代前半にかけての「数学教育現代化」の時代の算数・数学カリキュラム改革は、

主として、数学の発展を反映する新しい教育内容の導入の形で行われた。それに対して、今日、電卓・コンピュータ時代の要請に応え得る算数・数学カリキュラムを構成することが強く求められている。

それゆえ、本研究の究極的な目的は、このような算数・数学カリキュラムを構成することである。そこでまず、本稿では、算数・数学カリキュラムを構成するための視点を探ってみたい。そのための手がかりとして、全米数学教師協議会 (NCTM) が 1989 年に公刊した『学校数学のためのカリキュラムと評価のスタンダード』(National Council of Teachers of Mathematics, 1989) の序章を分析することとする。なぜなら、この『スタンダード』は世界的にみて最も電卓やコンピュータなどの影響を真摯に受けとめているものの 1 つである、と考えられるからである。

3. 数学カリキュラム改革の必要性

アメリカの『スタンダード』は、NCTM がリーダーシップを発揮して組織された「学校数学スタンダード委員会」(Commission on Standards for School Mathematics) が学校数学の改革のためにまとめたものである。その委員会が取り組んだ大きな課題は、次の 2 つである。

- 《1. 数学的手続きを実行するための道具として電卓やコンピュータに依存した社会、かつ、数学が急速に発展し、広範な分野で応用されつつある社会において、「数学的リテラシー」とは何かに対する首尾一貫したビジョン (a coherent vision) をつくること。
2. 学校数学のカリキュラムとそれに伴う評価の改善を、このビジョンへと方向づけるためのいくつかのスタンダード (a set of standards) をつくること。》(NCTM, 1989, p.1)

ここには、社会における電卓やコンピュータの普及とそれに伴う数学の広範な応用という社会の変化が、算数・数学教育の改革を迫っているという認識がはっきりと表れている。そして、まず、生徒がこれからの社会において必要とされる数学的素養としての「数学的リテラシー」とは何かを明確にしようとしている。そして次に、それを育成するための数学カリキュラムと評価のあり方について、そのガイドラインとしていくつかの基準を明示しようとしている。

このような『スタンダード』の背景とその公表に到るまでの経緯を図的にまとめると、図 1 のようになる。

このような背景と経緯で『スタンダード』が作成され公刊されたのである。まず、ここで用いられている

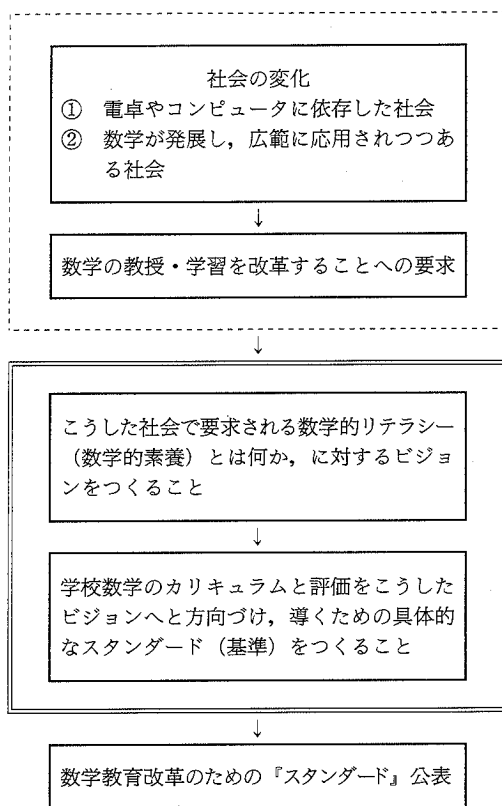


図 1 『スタンダード』の背景

次の 3 つのキーワードの意味を確認しておきたい。

第一のキーワードはカリキュラム (curriculum) である。

《カリキュラムとは指導のための運用可能なプランであり、次のようなことを詳述するものである。

- 1) 生徒が知るべき数学とは何か
- 2) 生徒はいかにしてカリキュラムの目標を達成できるか
- 3) 生徒が数学的知識を発達させるのを援助するために、教師は何をなすべきか
- 4) どのような文脈で数学の教授・学習が行われるべきか》(NCTM, 1989, p.1)

このように、ここでのカリキュラムという用語は、算数・数学教育の目標、内容、方法を含む広範で運用可能な実践的計画を意味している。そして、カリキュラムを 3 つに分類する仕方、つまり「意図したカリキュラム」、「実施したカリキュラム」、「達成したカリキュラム」によれば、この『スタンダード』でのカリキュラムは学校教育に期待されるものであるから、第一の「意図したカリキュラム」に属するものである。

第二のキーワードは評価 (evaluation) である。

《基準は、生徒のパフォーマンスとカリキュラムに関わるプログラムの両方を評価できるように、具体的にはっきりと表現されている。そして、教師が指導を改善するための基礎となる情報を収集したり、研究や管理上の目的のための情報を収集したりするうえでの評価の重要性が強調されている。》(NCTM, 1989, p.1)

このように『スタンダード』での評価は、教師が生徒の目標達成状況を把握してそれを指導に生かすためのものであると同時に、意図したカリキュラムとその実施プログラムそのものが適切であるかどうかを判断してその改善に資するためのものでもある。

そして、第三のキーワードは基準 (standard) である。

《基準とは、数学カリキュラムの質や評価方法を判定するために用いることのできる言明である。したがって、基準は、価値のあることは何か、についての言明である。》(NCTM, 1989, p.1)

当然のことながら『スタンダード』では、こうした具体的な基準を同定してそれを明示することがその中心的なねらいとなっている。NCTMはこのような基準を策定して公的に採用する理由として、①算数・数学教育の質を保证する、②算数・数学教育に期待される目標を述べる、そして③算数・数学教育の改革を促進する、という3つの理由に言及し、これらすべてを同等に重要なものと考えたと述べている (NCTM, 1989, p.2)。

つまり、基準は、質を保证するための必要最小限の基準 (minimal criteria) であり、社会的意図の広範な言明としての目標を明示することによって、望ましい算数・数学教育像としてのビジョンへ算数・数学教育界を導くために設定されている。それゆえ、『スタンダード』の究極的な役割は「改革の促進者」としての役割である、といっても過言ではなからう。

4. 算数・数学教育の目標の再検討

この『スタンダード』で述べられている数学的素養としての数学的リテラシー (mathematical literacy) についてのビジョンは、算数・数学教育の目標の再検討に基づいている。NCTMではこの目標の再検討を、工業社会から情報社会への移行という社会変化を直視して、社会の要求と生徒の要求という2つの側面から行っている。

4.1. 情報社会が要請する新しい教育目標

まず第一の社会の要求という側面からの教育目標の

再検討に当たって、NCTMは、今日の社会的・経済的変化は、少なくとも部分的に、安価な電卓やコンピュータなどのテクノロジーが利用可能になったことに帰すとの認識を前提としている。そして、《情報は新しい資本や新しい資材であり、コミュニケーションは新しい生産方法である。》(NCTM, 1989, p.3)と述べ、情報とコミュニケーションが優勢で重要な社会、つまり「情報社会」として今日の社会をとらえている。

こうした認識のもとに、いわゆる「読み書きそろばん」といわれる最小限の能力がすべての生徒に期待され、より高次のアカデミックな訓練は少数のエリートのためのものとする学校教育制度は工業社会の産物であり、今日の経済的要求には応じられない、と批判している。つまり、工業社会が算数・数学教育に要請した数学的素養としての数学的リテラシーは、情報社会においてはもはや時代遅れのものになったと断言しているのである。

そして、NCTMは、《社会が変化すれば、それに伴ってその中の学校も変化しなければならない。》(NCTM, 1989, p.5)という単純明快な論理で、これからの社会が教育に要請する目標として、以下の4つを同定している。

その第一は、数学的素養のある労働者の養成である。なぜなら、電卓やコンピュータなどのテクノロジーが浸透した情報社会においては、より高次の数学的能力が期待されており、新しい生産方法は技術的に有能な労働力を要求しているからである。

第二の目標は、生涯学習のできる柔軟な労働者の養成である。こうした目標は、今後のテクノロジーと雇用パターンの急激な変化に伴って、労働者は生涯のうち職業を少なくとも4、5回は変えるであろうとの予測に基づいている。そのため、算数・数学教育においても、固定化した数学的素養ではなく、柔軟に問題に対処できる生徒の問題解決能力の育成を重要な目標とすべきことを、次のように述べている。

《問題を表現する方法、数学的言語の意味、推測したり推論したりする方法を含んだ問題解決は、生徒が探究したり、創造したり、変化した条件に適応できたり、生涯を通じて新しい知識を活動的に創造したりできるようにするために、学校教育の焦点でなければならない。》(NCTM, 1989, p.4)

第三のそれは、教育の機会均等の保障である。これは、アメリカにおけるこれまでの学校教育における社会的不平等を是正し、誰もが平等な機会と取扱いを享受できる公平な社会をつくるために、必要不可欠な目標である。特にNCTMは、数学が我々の雇用と社会への十分な参加のための重要なフィルターとなっている

との認識から、《我々は、大多数の人々を数学的に教養の無いままに放っておくことは許されない。》

(NCTM, 1989, p.4)と述べ、すべての生徒が算数・数学教育を受けて数学的素養を身につけられるようにすべきだと勧告している。

最後の第四の目標は、賢い (informed) 有権者の養成である。なぜなら、政治的・社会的意志決定にますます複雑な技術的問題を含むようになった民主主義の国では、教育を受けた賢い有権者が極めて重要であるからである。

以上の教育目標を整理すると、図2のようになる。

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none">1) 数学的素養のある労働者の養成2) 生涯学習のできる柔軟な労働者の養成3) 教育の機会均等の保障4) 賢い有権者の養成 |
|--|

図2 情報社会が要請する新しい教育目標

4.2. 生徒のための新しい教育目標

第二の生徒の要求という側面からの教育目標の再検討を、NCTMは、《生徒のための教育目標は数学的リテラシーの重要性を反映しなければならない。》

(NCTM, 1989, p.5)という原理に基づいて行っている。そして、幼稚園から第12学年までの算数・数学教育に共通する目標として、図3のような、すべての生徒のための5つの一般的目標をはっきりと述べている。

第一の「数学の有用性がわかるようになること」という目標には、①数学とそれが発展してきた歴史的状況との相互の関わりと、②そうした相互作用が我々の文化や生活に及ぼしてきた影響を生徒がわかるように教育するという意図が込められている。それゆえ、この目標での有用性には、数学の日常生活での有用性という単なる実用的目標だけでなく、人間が創造してきた文化としての数学と我々の文化と生活との関連という文化的目標も包括されているといえる。

第二の「数学をすることに自信をもつこと」という目標は、数学学習の成果として、生徒が彼らを

- | |
|---|
| <ol style="list-style-type: none">1) 数学の有用性がわかるようになること2) 数学をすることに自信をもつこと3) 数学的問題解決者になること4) 数学的にコミュニケーションできること5) 数学的に推論できること |
|---|

図3 生徒のための新しい教育目標

取り巻く世界の新しい問題状況を理解するために、彼らの成長しつつある数学的力を用いることができるという自信をもたなければならない、ということの意味する。ここには、算数・数学教育において情意的目標を重視しようとする考えと、すべての生徒に《数学をするということは、共通の人間の活動である》(NCTM, 1989, p.6)という数学観をもたせよう、という強い期待が込められているように思われる。

第三の「数学的問題解決者になること」という目標は、NCTMが1980年代から一貫して重視し続けていることである。なぜなら、生徒が数学的問題解決者になることは、《生産力のある市民になるために欠かすことのできないことである》(NCTM, 1989, p.6)と考えられているからである。そして、個々の生徒の問題解決能力を発達させるためには、生徒は次のような問題に取り組みなければならない、と提言している。

- 1) 解決するのに数時間、数日、さらには数週間を要するような問題
- 2) 生徒が個々別々に遂行すべき比較的単純な問題
- 3) 小集団あるいはクラス全体で協同的に取り組む問題
- 4) 正解がただ1つに限られないようなオープンエンドな問題
- 5) 数学的に定式化することが要求される問題

このことから、『スタンダード』での数学的問題解決は、適用すべき概念や手続きが明白なルーチンな問題の解決だけでなく、問題状況から数学的問題それ自体を定式化したり、オープンエンドな問題に取り組んだりするような、広義の問題解決であることがわかる。そして、長時間を費やして問題解決に取り組んだり、プロジェクトを組んで協同して問題解決に取り組んだりすることを通して、忍耐力や協調性をも育成しようとしているように思われる。

第四の「数学的にコミュニケーションできること」という目標は、既に指摘したように、《コミュニケーションは新しい生産方法である》という情報社会におけるコミュニケーションの重要性に対するNCTMの認識を反映したものであろう。さらに、この目標は、《数学を用いる力の発達には、数学の記号や用語を学習することが含まれる》(NCTM, 1989, p.6)という記述に示唆されるように、数学を言語としてみる数学観に基づいていると考えられる。さらに、この目標では、生徒が教師や他の生徒との間で彼らの考えについてコミュニケーションすることを通して、考え方をはっきりさせたり、洗練したりできるようになることを期待している。

第五の「数学的に推論できること」という目標は、

生徒がある事柄を推測し、その証拠を集め、そしてそのような考えの正当性を主張するために議論を組み立てられるようになることを意味する。この目標それ自体は算数・数学教育の本質的で普遍的な目標であるといってもよいであろう。それゆえ、新しい目標とはいえないが、《筋道立った妥当な推論を例証することは、問題の正答を見つける能力よりも高く評価されるべきである》(NCTM, 1989, p.6)という強調点の置き方に注目したい。

最終的に、NCTMでは、これらの目標の達成を目指して算数・数学教育を行うことによって、生徒が数学的力 (mathematical power) を獲得することをねらっており、またそう確信している。

《数学的力とは、ノンルーチンな問題を解決するのに多様な数学的方法を効果的に用いることのできる能力はもとより、探究したり、推測したり、論理的に推論したりすることのできる個人々の能力とそれに対して自信をもつことを意味する。》(NCTM, 1989, p.5)

4.3. 算数・数学教育の目標の再検討の視点

本節ではこれまで、NCTMの『スタンダード』において算数・数学教育の目標がどのように再検討されているかをみてきた。以下では、これに基づいて、目標の再検討の視点について考察してみたい。

まず第一に、今日あるいは今後の社会において、いかなる数学的素養が要請されているか、をはっきりと把握しなければならない。そして、第二に、算数・数学教育において本質的に重要な目標は何か、を明確にしなければならない。

こうした視点から考えると、電卓やコンピュータを使用することによって、数や式の演算やグラフ作成などはやくしかも効率的に実行できるので、少なくとも、数学的技能 (skills) の習熟を算数・数学教育の第一の目標とすることは再検討されなければならないであろう。

さらに、このことと関連して、特にコンピュータは多量のデータを貯蔵したり処理したりできるので、数学的知識の量や数学的問題解決の結果を過度に重視することも再検討を要するであろう。数学的知識をたくさん記憶したり結果を求めたりすることが数学的活動の本質ではないからである。むしろ、数学的知識を関連づけて理解しそれを問題解決に活用できること、状況や現象から問題を意識してそれを数学的問題に定式化して解決し適切な判断をするという一連の過程の方が本質的に重要である。

結局のところ、いくら電卓やコンピュータが発達し

て普及したとしても、算数・数学教育において数学をするのは生徒 (人間) であり、電卓やコンピュータ (機械) ではない。その意味で、機械に何を任せて人間は何をすべきかという視点、すなわち算数・数学教育の人間化という視点から、その目標を再検討することが最も重要であると考えられる。

5. 算数・数学教育の内容の再検討

さて、NCTMの『スタンダード』では、どのような視点から、算数・数学教育の内容を再検討しているのであろうか。本節では、このことをみてみよう。

5.1. 数学の特徴をふまえた内容の再検討

NCTMでは、数学カリキュラムに含めるべき基本的な数学的内容を決定することは容易ではないと断ったうえで、まず、次の3つの数学の特徴を基準に盛り込むという基本原理に立って、内容の再検討を行っている (NCTM, 1989, p.7)。

第一の数学の特徴は、数学を「知る (knowing)」ということは数学を「する (doing)」ということである。したがって、『スタンダード』では、数学的内容を、「知る」べき概念や手続きとして列挙せずに、数学的活動として「する」べきことを強調するようにしている。

第二の数学の特徴は、数学は他の学問の基礎学問であり、そこでの有用性に即して成長するものであるということである。したがって、多くの学問に应用可能な数学的モデルや構造、シミュレーションの理解を深めるような機会をすべての生徒に提供できるような数学的内容を取り入れるようにしている。

そして第三の数学の特徴は、数学それ自身が成長し、

- 1) すべての学校段階のすべての生徒が、いつでも適切な電卓を使用できること。
- 2) 各教室にデモンストレーション用のコンピュータを設置すること。
- 3) すべての生徒が、個人学習あるいはグループ学習のためにコンピュータを使用できるようにすること。
- 4) 生徒が問題を探究したり解いたりするために、情報を処理したり計算をしたりするための道具としてコンピュータを使用できるようになること。

図4 電卓やコンピュータの使用に関する勧告

変化してきているということである。これは、《新しいテクノロジーが、計算やグラフ化を簡単にしただけではなく、数学にとっての重要な問題の本性や数学者が問題を探究する方法をも変えてしまった。》(NCTM, 1989, p.8) ということに代表される。

そこで、『スタンダード』ではこうした数学の特徴を反映して、電卓やコンピュータの使用に関して図4に示したことが推奨されている。これらは、算数・数学教育の内容そのものではなく、教授・学習環境の整備に関わることである。しかしながら、このように電卓やコンピュータがいつでも利用できる環境は、そこで取扱い得る数学的内容の決定に大きく影響を及ぼすことは間違いない。

5.2. すべての生徒のための数学という立場からの内容の再検討

NCTMが内容を再検討する際に重視している第二の視点は、すべての生徒にとって適切な数学的内容とは何かという立場から再検討を行うことである。もちろん、《生徒は、異なった生まれつきの才能(talent)、能力(ability)、学力・達成(achievement)、要求(need)、興味(interest)を示す》(NCTM, 1989, p.9) ということは承知のうえで、すべての生徒が21世紀において生産力のある市民になるために必要とされるであろうと考えられるものを、算数・数学教育の内容としている。それは、教育の機会均等を保障し、一部の知的エリートを生み出して二極分化した社会をつくらないためでもある。

つまり、『スタンダード』に明示されている算数・数学教育の内容は、すべての生徒が学習する機会を与えられるべき数学的トピックスであり、その取扱いの深さと広さを変えることによって、生徒の多様な個性や進路に対応しようとしているのである。こうした対応の仕方は、『スタンダード』からの次の引用によく表れている。

《我々が期待するのは、すべての生徒が重要な数学的トピックスに関連した典型的な問題状況と出会う機会をもたなければならないということである。しかしながら、生徒たちの経験は、そこで用いられる用語や記号、議論の複雑さなどの点で異なるであろう。》(NCTM, 1989, p.9)

NCTMはこれら2つの大きな視点から教育内容としての数学的トピックスの検討を行っている。その結果、数学的トピックスそれ自体としては、それまで教えられてきているものとほとんど変わらない。しかしながら、どの数学的トピックスのいかなる学習を強調するか、という強調点の置き方が以前とはかなり異なっ

ているのが特徴である。

5.3. 算数・数学教育の内容の再検討の視点

本節ではこれまで、NCTMの『スタンダード』において算数・数学教育の内容がどのような視点から再検討されているかをみてきた。そこで、以下では、これに基づいて、内容の再検討の視点といくつかの具体的な問題について考察してみたい。

算数・数学教育の内容の再検討を行う際に重視すべき第一の視点は、当然のことながら、再検討された目標に照らして内容の再検討を行われなければならないということである。具体的には、どのような内容を軽減あるいは削除するか、追加するか、また、そのままにするか、を考えることである。そして、第二の視点は、限られた時間的制約の中で算数・数学教育を行わなければならないという現実をふまえて、内容の再検討を行うということである。

こうした視点から、算数・数学教育の内容に関する2, 3の問題について言及しておきたい。

まず、算数教育においては、電卓の影響として、筆算による数計算に関わる内容を大幅に軽減しようという傾向がみられる(NCTM, 1989)。その代わりに、電卓を適切かつ有効に使えるようにしたり、見積もりや近似の能力、さらには数感覚を育成しようとしたりしている(小山, 1992)。

アメリカでは電卓を積極的に算数教育に取り入れて生徒に使わせようとしている(Becker, 1993)。それとは対照的に、わが国の学校では、生徒はほとんど電卓を使っていないし、使うことが許されていない(長崎, 1987)。アメリカのようにすべての学年で電卓を使用すべきかどうかについては議論の余地があるが、少なくとも、数計算に関する内容を、筆算、暗算、電卓、見積もりのバランスとその指導順序を中心に再検討していく必要がある(Shigematsu, Iwasaki & Koyama, 1994; Koyama, 1994)。

次に、数学教育においては、アメリカをはじめとする諸外国では、離散数学やアルゴリズムなどのコンピュータに関する数学的内容を新たに導入したり強調したりする傾向がみられる。また、確率や統計さらには数学の応用的側面が強調されている。その結果、微積分学が伝統的に強調されてきたことが疑問視されている(Howson & Wilson, 1986)。

このように数学教育では、必要なら新しい内容を導入しなければならないが、むしろ、強調すべき内容の再検討を、より実験的・探究的な数学学習を実現するためのコンピュータ(グラフ電卓を含む)の活用方法の追究とあわせて行う必要がある。また、特に高等

学校の場合には、数学カリキュラムのテクノロジーやコンピュータ科学への対応とともに、生徒の多様性に応ずる数学カリキュラムの「分化」が重要な課題であると考えられる。

6. 算数・数学教育の教授・学習の再検討

わが国の学習指導要領に記述されるのは、その性格から、算数・数学教育の目標と内容が中心である。一方、NCTMの『スタンダード』では、これまでみきた目標や内容に関するに加えて、数学を「する」ことに伴う、期待される生徒の活動や教師の役割についても言及されている。そこで、本節では、この生徒の活動や教師の役割に関する記述を通して、算数・数学の教授・学習の再検討について考察してみよう。

6.1. 期待される生徒の数学的活動

期待される生徒の活動を記述する際、NCTMの『スタンダード』は、次の2つの一般原理に基づいている。

《1) 活動は問題状況から生まれる。

2) 学習は、数学との受動的な関わりと同様に、活動的な関わりを通して起きる。》(NCTM, 1989, p.9)

これら2つの一般原理から、算数・数学教育における教授・学習に対する次のような示唆が導かれる。それは、生徒に数学的知識を与えるのではなく、数学的活動が生まれるような問題状況を設定することが、算数・数学の学習にとって本質的に重要であるということである。

さらに、『スタンダード』では、《生徒は真の問題を常時、経験する必要がある》(NCTM, 1989, p.10)と述べている。これは、適切な解法を発展させる必要のあるような(適度に複雑な)状況としての問題に生徒が取り組むことが重要である、ということ指摘したものである。そして、学習指導は、まず①直観的、経験的レベルで、次に②一般化することによって、そして最後に③正当化(証明)する、という問題追究の順に行うべきことが述べられている。結局、これらのことは、生徒の算数・数学の学習を指導する過程は、真の問題解決の過程に従うべきだということを主張している、と解釈できる。

このような主張を支持するために、『スタンダード』では心理学的研究の結果を引用している。それは、学習は受動的な吸収のみによっては起こらないということであり、《むしろ、多くの状況において、個々人は既

有の知識を使って新しい課題にアプローチし、新しい情報を同化し、自分自身の意味を構成する》(NCTM, 1989, p.10)という、構成主義的な算数・数学の学習観である。

6.2. 期待される教師の役割

このような活動主義的で構成主義的な算数・数学の学習観に立って、『スタンダード』では、期待される教師の役割として、まず第一に、次のような多様な指導形態を採用することの重要性が述べられている。

《1) 適切なプロジェクト学習

2) 集団と個人の課題

3) 教師と生徒、生徒同士の討論

4) 数学的方法の練習

5) 教師による説明・解説》(NCTM, 1989, p.10)

第二に、教師は、《生徒を励まし、考えを徹底的に突きとめ、生徒の思考や表現の成熟度を注意深く判定する者》としての役割が期待されている。さらに、教師は問題状況を設定する際に、その問題状況が数学的かつ文化的成熟度と生徒の経験に適するようにしなければならない。つまり、《問題状況は、生徒が取扱い得る程度に単純で、かつ、多様なアプローチがとり得る程度に複雑であるべきである。》(NCTM, 1989, p.11)ということである。

期待される教師の第三の役割は、生徒が数学的なつながりを理解できるように、異なった数学的トピック間での考えや手続きをつなげたり、他の内容領域とのつながりをつけたりするよう、意図的な指導をしなければならないということである。

6.3. 算数・数学の教授・学習の再検討の視点

これまで本節でみてきたことから、算数・数学の教授・学習の再検討を行うための視点として、次のことが指摘できる。

第一の視点は、数学とは何かということ、つまり数学観や数学的認識論に関わることである。NCTMの『スタンダード』では、数学をすべての人間に共通する活動としてとらえ、生徒は活動を通して数学的知識、すなわち数学の意味を構成する、という構成主義的な数学的認識論に立っていると見える。こうした立場は、近年、算数・数学教育界では注目され、肯定的に受けとめられつつある。

第二の視点は、教師は生徒の算数・数学の学習をいかに指導したらよいかということ、つまり教師の役割や指導観に関わることである。もちろん、この視点は第一の視点と密接に関連している。例えば、近年、算数・数学の学習における生徒の主体性を重んじて、教

師の「支援者」としての役割が強調されている。しかしながら、すべてを生徒に任せることは教育を放棄することにもつながりかねない。それゆえ、生徒の主体性を重んじたり、電卓やコンピュータを算数・数学教育に導入したりすることは大切なことではあるが、たとえそうでも、教師には「指導者」として果たすべき役割があるであろう。

そして、第三の視点は、算数・数学教育の実践において、数学観や学習観と指導観とが適合しているかどうかということである。数学では結果よりも過程が大切で、生徒の主体的な構成的活動を重視しなければならないと言っても、実際の指導が数学的知識の詰め込みになっているという実態が少なくないからである。

7. おわりに

本稿では、電卓・コンピュータ時代の要請に応え得る算数・数学カリキュラムを構成するための視点を探るために、アメリカの NCTM が公表した『スタンダード』の分析を行った。

その結果、まず、算数・数学教育の目標を再検討するための視点として、①今日あるいは今後の社会において、いかなる数学的素養が要請されるかをはっきりと把握しなければならない、②算数・数学教育において本質的に重要な目標は何かを明確にしなければならない、という2つの視点を析出した。

次に、算数・数学教育の内容を再検討するための視点として、③再検討された目標に照らして、どのような内容を軽減あるいは削除するか、追加するか、また、そのままにするかを考える、④限られた時間的制約の中で算数・数学教育を行わなければならないという現実をふまえて、内容の再検討を行う、という2つの視点を指摘した。

そして、算数・数学の教授・学習の再検討を行うための視点として、⑤数学とは何かということ、つまり数学観や数学的認識論に関わること、⑥教師は生徒の算数・数学の学習をいかに指導したらよいかということ、つまり教師の役割や指導観に関わること、さらに⑦算数・数学教育の実践において、数学観や学習観と指導観とが適合しているかどうか、という3つを指摘した。

これらの視点は、電卓・コンピュータ時代のわが国の算数・数学カリキュラムを構成する際に、考慮しなければならない点であることは間違いないであろう。しかしながら、いずれの視点も大きな指針であって、具体的な算数・数学カリキュラムを構成するには、なお多くの作業が必要である。

〔付記〕本稿は、『日本科学教育学会年会論文集 19』（1995年7月, pp.39-40）に掲載された論文をもとに、それに大幅な加筆・修正を加えたものである。

引用及び参考文献

- Becker, J. P., 1993, Current Trends in Mathematics Education in the United States: With Reference to Computers and Calculators. *Hiroshima Journal of Mathematics Education*, 1, 37-50.
- Churchhouse, R. F. et al. (Eds.), 1986, *The Impact of Computers and Informatics on Mathematics and its Teaching*. New York, NY: Cambridge University Press.
- Dubinsky, E. and Fraser, R. (Eds), 1988, *Computers and the Teaching of Mathematics: A World View*. The Shell Centre, University of Nottingham.
- Howson, A. G. and Wilson, B. (Eds.), 1986, *School Mathematics in the 1990s*. New York, NY: Cambridge University Press.
- [三輪辰郎 監訳, 1988, 『1990年代の数学教育』, 聖文社.]
- 小山正孝, 1992, 「アメリカの算数教育における見直し指導: その現状と基本的な考え方」, 『広島大学教育学部紀要』, 第二部 第40号, 87-94.
- Koyama, M., 1994, Research into Relationship between the Computational Estimation Ability and Strategy and the Mental Computation Ability: Analysis of the Fourth, Fifth and Sixth Graders in Japan. *Hiroshima Journal of Mathematics Education*, 2, 35-44.
- 長崎栄三, 1987, 「電卓の導入に関する中学校数学科カリキュラムの論点」, 『日本科学教育学会年会論文集 11』, 363-366.
- National Council of Teachers of Mathematics, 1989, *Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics*. Reston, VA: NCTM.
- Reys, R. E. and Nohda, N. (Eds.), 1994, *Computational Alternative for the Twenty-first Century*. Reston, VA: NCTM.
- Shigematsu, K., Iwasaki, H., and Koyama, M., 1994, Mental Computation: Evaluation, Curriculum, and Instructional Issues from the Japanese Perspective. In Reys, R. E. and Nohda, N. (Eds.), *Computational Alternative for the Twenty-first Century*. Reston, VA: NCTM, 19-30.