



数学教育学研究への問いかけ

著者	長崎 栄三
雑誌名	第43回数学教育論文発表会「課題別分科会」
ページ	1-6
発行年	2010
出版者	日本数学教育学会
著者版フラグ	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10297/6321

第 43 回数学教育論文発表会「課題別分科会」
【数学的リテラシー分科会】

数学教育学研究への問いかけ
— 数学的リテラシー論に内在するもの —

長崎 栄三
静岡大学大学院教育学研究科

要 約

数学的リテラシーを、「すべての成人が身に付けていて欲しい算数・数学の知識、技能、考え方、態度など」として、その必要性を現代の課題との関連から検討した後、数学的リテラシーを、現代社会からの要請、将来からの要請、我が国の数学教育の現状からの要請、の3つの視点からその構成要素を明らかにした。それをもとに、数学的リテラシーという視点を持った算数・数学教育について、人間の生涯を視野におく、現在における自己実現と未来のための準備、多様な文化を総合する、という3点から考察した。そして、数学的リテラシー育成のカリキュラムの構成について、人間・社会・文化における課題による構成、数学的能力の可視化、全体的な関連付けと俯瞰、の3点から論じ、その上で、これらのことは数学教育学研究への新たな問いかけであることを論じた。

キーワード：数学的リテラシー、科学技術リテラシー

1. はじめに

— 昨年の課題別分科会とそれ以降 —

この数学的リテラシーに関する分科会は、昨年度の日本数学教育学会第 42 回数学教育論文発表会から継続して同じ発表者で行われる。昨年度は、次の主題で発表された。

岩崎秀樹：リテラシーからみえる数学教育学の課題—中等教育段階における背景の理念—

清水美穂：今日的数学的リテラシー論の特質と学校数学の課題

長崎栄三：人間の生涯を視野においた算数・数学教育—数学的リテラシー論の展望—

今年度は、これらの発表等を踏まえて、各自の問題意識をもとに発展的に「数学的リテラシー」について発表をすることとした。今回の発表討議が今後の数学的リテラシーの研

究に継承・発展されていけば幸いである。

筆者は、今年度に入り、日本科学教育学会第 34 回年会において科学技術リテラシー向上のために数学教育・理科教育・技術教育の協働の必要性を述べ（長崎,2010）、その後、EARCOM5 において「科学技術の智プロジェクト」による科学技術リテラシー（科学技術の智プロジェクト,2008；浪川,2009）の紹介と数学的リテラシーのあり方を述べた（Nagasaki,2010）。本稿では、これまでの筆者の発表をまとめて発展させる形で数学的リテラシーについて述べることにする。

2. 数学教育への現代社会からの要請

教育は、個人の成長・発展と社会の発展を目指して行われ、その結果として文化が継承・創造される。教育は、歴史的に見ると、将来の大人のための準備として行われ始めた

が、その後、教育を受けている時の子どもの活動自身を見るべきであるとされてきた。いわゆる、準備としての教育と完成としての教育である。これまでは、準備教育も完成教育も学校教育の枠内で考えられてきた。もちろん、1970年代からユネスコを中心に生涯教育論が提唱されてきたが、人生にとって学校教育は強固な土台を築くものと信じられてきた。

1990年代に入ると、このような学校教育の見方は2つの面から再検討が迫られるようになってきた。1つは、高度情報技術社会などを生きるためには個々人の高い数学的能力が必要とされるようになってきたが、高等学校までの学校教育を終えた人々にとっての数学の成果に疑問が投げかけられ始めたことである。学校で履修したことがその後の社会で保持されているのかという問いかけである。もう1つは、地球の持続可能性に関わる諸問題に民主的に取り組む成人の適切な諸能力の必要性が認識されるようになってきたことである。これらの2つの面から問いかけは、社会に出た大人が持つことが期待される数学の知識や技能や物の見方についての再考察を求め始めている。そこで、本稿では、数学教育の目標としての「すべての成人が身につけて欲しい数学に関係した知識・技能・物の見方」を数学的リテラシーと呼び、それに関わる事柄を考察する。

3. 数学的リテラシーを考える視点

数学的リテラシーは、数学は人間にとって本質的なものの一つであるという前提に立っている。その上で、数学的リテラシーを、現代社会からの要請、将来からの要請、我が国の数学教育の現状からの要請、の3つの視点からより具体的に考察する。

(1) 現代社会からの要請

- 高度情報技術社会・生涯学習社会 -

どのような社会でも、数量や図形を扱うことは日常生活においてなくてはならないもの

であり、時代により具体的な内容は変わっても、このような数学の基礎的な知識や技能は、すべての成人が持って欲しい数学的リテラシーの中心部分を占めるであろう。

一方で、現在の社会は、高度情報技術社会、生涯学習社会などと称されており、日常生活でも新たな数学的リテラシーが必要になってきている。このような数学的リテラシーとして、社会に出て使えると思われる数学の思考方法・表現方法・協働方法（長崎ほか,2008）や、数学を生涯学ぶために感得しておきたい数学の文化的意義や価値（Bishop,1988）や数学を楽しむ態度などが考えられる。

(2) 将来からの要請

- 持続可能で民主的な社会 -

科学技術の智プロジェクトでは、持続可能で民主的な社会を日本の将来像として描いた（科学技術の智プロジェクト,2008）。持続可能な社会は21世紀の地球規模の新たな課題であり、一方、民主的な社会の構築は20世紀から引き続き課題であり続けている。地球環境を守り、持続可能で民主的な社会を構築するためには、それぞれの成人が、社会の問題に対して様々な場面で誠実に思考し判断することが求められる。そのために、科学技術リテラシーが必要とされている。

そこで、数学的リテラシーとしては、科学技術社会における数学の役割に関する知識や科学技術と数学の関係に関する知識、また実世界での数学的問題解決としての数学的モデル化の能力も求められる。さらに民主的な社会における数学的力として、統計的思考力や批判的思考力などが考えられる。

(3) 我が国の数学教育の現状からの要請

- 学ぶ意味を共有した社会 -

我が国の子どもたちは、PISAやTIMSSによると算数・数学の学習を楽しんでいないだけでなく、算数・数学を本来の意味での学ぶ意味を喪失しているようである。受験という選択肢を除いて子どもが算数・数学を学ぶ

意味を喪失しているということは、日本の社会自体が算数・数学を学ぶ意味を喪失しているとも考えられる。

数学的リテラシーとして、算数・数学を学ぶ意味の知識をもつことによって、社会に算数・数学を学ぶ意味(長崎,2007)についての合意形成を促し、そのことが子どもたちに本来の意味での算数・数学の学習に取り組むように促す。我が国の算数・数学教育が、「受験数学」(平林,2004)、「篩としての数学」(Howson et al,1981)を抜け出し、成人も子どもも算数・数学が学習を本来の意味で享受できるようにするには、長い道のりではあっても、学ぶ意味を共有する社会を作らなければならないであろう。

4. 数学的リテラシーという視点を持った算数・数学教育

数学的リテラシーという視点を持つことで、現在の算数・数学教育について新たな見方が生まれる。とりわけ、学校教育において「すべての成人」を見通した算数・数学教育を考えるということが鍵となる。ここでは、それを、人間の生涯を視野におく、現在における自己実現と未来のための準備、多様な文化を総合する、という3点から考察する。

(1) 人間の生涯を視野におく

数学的リテラシーを考えると、人間の生涯を視野に入れた算数・数学教育を構想することになる。それは、受験数学、篩としての数学とは異なることは明らかであり、算数・数学教育を一生懸命やればやるほど、算数・数学嫌いが増えるという悪循環を断ち切るものとならなければならない。数学的リテラシーは、人間の生涯を視野においており、子どもが自分の意思で算数・数学を学ぶことが求められる。

人間の生涯を視野におくということは、教育は学校でだけ完了するものとは考えないことである。人間は社会に出ても学び続けると

いうことである。教育システムをそのように変えるとともに、一人一人の意識もそのように変えていかなければならない。学習指導においても、実世界とのつながりをつけつつスパイラル的に継続的に指導をすることが求められるようになる。

(2) 現在における自己実現と未来のための準備

数学的リテラシーを意識すると、普通教育のカリキュラムには、未来への準備と子どもの自己実現という2面性があることが明確になる。算数・数学の内容には、数学的リテラシーとなるように未来への準備のために学習する内容がある。それに対して、すべての成人が保持することはあまり期待されていない内容もある。それらの内容では、子どもたちはある程度妥当な数学的活動をすること、すなわち、子どもなりの自己実現が可能にする必要がある。

しかし、これらの面は、実際の指導では厳然と分けられるものではない。そこで、数学的リテラシーからすると、学校教育において、自己実現の面が強い指導と、未来への準備の面が強い指導と、そして、両者が重複する指導との3つについて考察することが求められる。数学的リテラシーの育成を目指す内容については、いろいろな場面で形は違っても繰り返し指導することが必要になろう。

(3) 多様な文化を総合する

数学的リテラシーは、すべての成人のための算数・数学教育と、将来数学を使ったり数学を発展させたりするために理工系に進む人々のための算数・数学教育を総合させることになる。数学的リテラシーの要素となると思われる数学の本質や数学の活用事例は、単にリテラシーとしてすべての成人にとって有用であるだけでなく、理工系に進む人々が自らの進路を俯瞰できるようにする。また、理工系に進む人々は、現在における自己実現を通して、理工系に必要な知識・技能・考え

方などを身に付けることができる。

このように数学的リテラシーによって、理工系と人文系という2つの文化（スノー,1967）を総合し、また理論志向と応用志向（Shimada,1979）を総合することも可能になる。さらに、数学的リテラシーは民主的な社会のすべての成人を対象としているので、異質な子どもたちが一緒に協調的に学習することが必要不可欠になる。これは OECD のキー・コンピテンシーの「異質な集団で交流する」という考えにもつながるものである（ライチェンほか,2006）。そして、それは多様な文化をも総合することになるであろう。

5. 数学的リテラシー育成のカリキュラムの構成

数学的リテラシーの育成を考えるには、数学的リテラシーという教育目標を実現するための教育内容をどのように構成するのかという段階がある。一般的には、教育目標を実現する教育内容をどのように構成するかは、大別すると、既成の学問の体系に従って構成する仕方とデューイが提唱した経験によって構成する仕方がある。いわゆる、本質主義と経験主義である。ところで、科学技術の智プロジェクトでは、科学技術リテラシーを、既成の科学技術の学問の体系を意識して構成した部分と、科学技術による現在の課題の解明で構成した部分がある。現代の課題とは、水、食糧、エネルギーなどである。

ここでは、これまでに論じてきた数学的リテラシーを考える視点などを念頭に置き、一方で教育内容の構成のあり方を参照して、数学的リテラシー育成のカリキュラムの構成について、人間・社会・文化における課題による構成、数学的能力の可視化、全体的な関連付けと俯瞰、の3点から考察する。

（1）人間・社会・文化における課題による構成

数学的リテラシーは、すべての成人を念頭

に置き、人間の生涯を視野に置く。成人は、家庭的、社会的、文化的の日々の出来事に直面し、そこで思考や判断を迫られる。学校などの学習機関で体系的な学習をすることができればそれに越したことはないが、成人は普通個人個人がその場その場で考えなければならぬ。そこで、数学的リテラシー育成のための教育内容は、現在及び将来の社会を見据えて、人間・社会・文化における典型的な課題に基づく単元によって構成することが望ましいであろう。その単元においては、それぞれの課題について、その課題の見方や解決のあり方などについて数学を使って考えていく。

数学的リテラシー育成のための課題は、人間の心身両面での生き方、家庭での生活、社会における諸問題、文化に関わる事柄などになる。とりわけ、地球の持続可能性や民主的な社会に関わる課題は大事である。それぞれの課題を数学で解明することで単元を作り、それらを集めて教育内容とする。学習者は、それらの課題についての単元を読んだり議論したりすることで数学的リテラシーを身に付けていくことが期待される。

（2）数学的能力の可視化

数学的リテラシー育成のための課題は、数学的能力を明示的に使うことで解明されるようにする。それぞれの課題は、ほとんどが現実の生活や社会の内容からなっている。そこで、それらの課題についての単元では、その課題を解明するのに必要な数学的能力を抽出して見えるようにする。現代の課題に対処する数学は高度であっても、その核心となる考え方や見方を分かり易く表現して、数学的能力を可視化する。

それぞれの単元における数学的能力には、例えば、筆者らによる算数・数学の力、すなわち、数学を生み出す力、数学を使う力、数学で表現する力、数学で考え合う力などが考えられる。また、最近強調されている、数学化、グラフの読解、数学的モデル化、総計的

思考などや、より一般的な能力としての、論理的思考、批判的思考なども含まれる。現代の課題に即してこれらの数学的能力を可視化することで、それらの能力を身に付けやすくするとともに、数学の現代社会における意義も感得しやすくする。

(3) 全体的な関連付けと俯瞰

数学的リテラシーを育成する教育内容は、それぞれの課題や数学的能力が関連付けられ、そして全体的な俯瞰が可能になるようにする。数学的リテラシーは、究極的には個人の中で有機的に関連付けられて統合されたものとならなければならない。単なる課題や数学的能力の羅列ではなく、人間・社会・文化における課題と数学との関連、数学の諸分野の関連、数学的能力のそれぞれの関係などを図式化するとともに、言語的に表現をしていく。

このような全体的な関連付けを図式化して俯瞰した試みとしては、科学技術の智プロジェクトが科学技術の各分野のリテラシーを図式化した「曼荼羅」(科学技術の智プロジェクト,2008)や、数学的活動を図式化した「現実世界と数学世界における数学的活動」(島田,1997)、また、最近の数学について俯瞰した「数学世界の俯瞰図」(秋山,2005)などがある。重要なことは、人間・社会・文化と数学を関連付けることであり、また、数学についても数学外への応用の関連付けだけではなく、数学内での発展の関連付けが必要であろう。さらに、言語による概念の関連付けは、ICTのハイパーテキスト機能を使い、そして、図式化と言語表現の両方で関連付けて俯瞰されていくとよい。

6. 数学的リテラシーの育成に向けて

今後、数学的リテラシーという教育目標を実現するには、そのためのより具体的な計画が必要になる。

アメリカで1985年に始まった科学技術リテラシーの育成を目指した「プロジェクト

2061」は現在でもその活動を続けている(米国科学振興協会,2005)。プロジェクト2061は、科学技術リテラシー論である『すべてのアメリカ人のための科学』(1989)を公表したあと、各学年の学習内容(ベンチマーク,1993)、教師用解説書(リソース,1997)、科学教育改革の提言(ブループリント,1998)、科学の概念や考え方の関係図(アトラス,2003)、カリキュラム開発の方法論(デザイン,2004)などを継続的に公刊している(阿部,2006)。

なお、前項で述べた数学的リテラシー育成のためのカリキュラムは、社会での成人を対象として使用することを念頭に置いたものであるが、このような考え方は、現在の学校数学にも通じる。現行の課題学習や新教育課程の高校数学の「数学活用」はこのような考え方に相当するものであろう。大切なことは、課題学習や数学活用は、長期的な意図からすると、数学的リテラシーの育成を狙っているとみなすことであろう。

科学技術の智プロジェクトでは、プロジェクトで科学技術リテラシーをオープンに議論していくこと自体が、全体の科学技術リテラシーの向上につながるとしている。数学的リテラシーの育成は、数学教育者、数学者を含む多様な人々の、長期的な視野と強い意思と協働が求められる。

7. おわりに—数学教育学への問いかけ—

数学的リテラシーは、現代と将来を見据え、そして、人間の生涯を見通して、算数・数学教育を、そして、数学教育学の研究自体を見直すことを要求している。

筆者は、数学的リテラシーを、科学技術リテラシーの枠組内で考えてきた。そこで重要な位置を占めたのは、科学の本質、数学の本質、技術の本質である。このことから数学教育学の学問としての位置付けを考えざるを得なかった。

そしてまた、これまでの数学教育学の研究

は、主として、人間の生涯の中の幼稚園から大学までの定型的な教育機関における数学教育を対象としていた。しかしながら、20世紀後半から科学技術の急激な発展により知識が爆発的に増え、生涯学習社会が到来した。さらに、21世紀に入ると気候変動などにより地球の持続可能性が問われるようになってきた。そして、何よりも、我が国が多大の犠牲を払って獲得した民主主義が未だ成熟したものになっていない。数学的リテラシーを考察することで、このように対象や課題が大きく変わる現代において、数学教育学はどのような貢献ができるのかを考えざるを得なかった。

今こそ、数学教育学は、数学教育学における、哲学的、科学的、技術的、芸術的な研究、さらには最近注目されているデザイン科学などを駆使して、これらの困難な諸課題に取り組むべきであろう。

本研究の一部は科研基盤(B)20300262(代表者:長崎栄三)の助成を受けて行った。

参考文献

阿部好貴(2006)「数学的リテラシー育成を目標としたカリキュラムの構築に向けた基礎的研究—AAAS・プロジェクト2061の考察をとおして—」『日本数学教育学会数学教育論文発表会論文集』第39回, pp.31-36.

秋山仁(2005)「「離散数学」デジタル化社会が求める新しい数学」『ILLUME』第34号, pp.4-23.

米国科学振興協会著(日米理数教育比較研究会訳)(2005)『すべてのアメリカ人のための科学 科学, 数学, 技術, におけるリテラシー目標に関するプロジェクト2061の報告書』日米理数教育比較研究会(三菱総合研究所内).

http://www.project2061.org/publications/sfaa/SFAA_Japanese.pdf

Bishop, A. (1988) *Mathematical Enculturation A Cultural Perspective on Mathematical Educa-*

tion, Kluwer Academic Publishers.

平林一榮(2004)「高等学校数学教育理念の問題」『授業研究に学ぶ 高校新数学科の在り方』明治図書, pp.165-195.

ハウスンほか(島田茂他訳)(1987)『算数・数学科のカリキュラム開発』共立出版.
科学技術の智プロジェクト(2008)『総合報告書』科学技術の智プロジェクト.

<http://www.science-for-all.jp/>

長崎栄三(2007)「算数教育の目的はどう考えるか」『何のための算数教育か』東洋館出版社, pp.12-34

長崎栄三(2010)「科学技術リテラシーの発展に向けた数学教育・理科教育・技術教育の協働-」『日本科学教育学会年会論文集』34, pp.73-74.

Nagasaki, E(2010) *Mathematical Literacy for Living in the 21st Century and Project "Science for All", The 5th East Asia regional Conference on Mathematics Education (EAR-COM5) Proceedings vol.1*, pp.127-135.

長崎栄三, 国宗進, 太田伸也, 五十嵐一博, 滝井章, 近藤裕, 熊倉啓之ほか17名(2008)「算数・数学教育の目標としての「算数・数学の力」の構造化に関する研究」『日本数学教育学会誌』第90巻第4号, pp.11-21.

浪川幸彦(2009)「日本における数学的リテラシー像策定の試み」『日本数学教育学会誌』第91巻第9号, pp.21-30.

ライチェン, サルガニク編著(立田慶裕監訳)(2006)『キー・コンピテンシー 国際標準の学力をめざして』明石書店.

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, p.15.

Shimada, S.(1979) *Calculators in School in Japan*. Working Paper on HAND HELD CALCULATORS IN SCHOOLS. IEA International Working Group on Calculators. pp.34-38.

スノー(松井卷之助訳)(1967)『二つの文化と科学革命』みすず書房.