

日本の数理科学教育の現状と課題(数理科学教育の新たな展開：  
文系基礎学・市民的教養としての数理科学)

メタデータ	言語: ja 出版者: 東北大学高度教養教育・学生支援機構 公開日: 2016-04-07 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 長崎, 栄三 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10297/9333">http://hdl.handle.net/10297/9333</a>

# 報告 1 日本の数理科学教育の現状と課題

国立教育政策研究所  
名誉所員 長崎 栄三

浪川幸彦教授 (司会) :

早速それでは講演に入りたいと思います。最初に、国立教育政策研究所の名誉所員ということで、長年国研で活躍していらっしゃいました長崎栄三先生からご講演を頂きたいと思えます。よろしくお願いいたします。

長崎栄三名誉所員 :

ただ今ご紹介に預かりました長崎でございます。よろしくお願いいたします。今日は、「日本の数理科学教育の現状と課題」ということで、七つの大きなまとまりからお話をさせていただきます。

## 1. 日本の数理科学教育を考えるために

数理科学教育を考えるということですが、私の立場としては初等中等教育に足場を置いて、お話をさせていただきます。ただし最後の方で、若干、大学との関わりについて、お話したいと思いますけれども、基本的には小中高校を念頭にお話していきます。

### (1)数理科学教育の目的

数理科学教育、または、算数・数学教育は、その目的として大きく三つの軸があります。人間、社会、文化。つまり、数理科学教育を通して、人間を育てていく、社会を発展させていく、文化、この場合では数学ですが、数学を継承、発展させていくということです。人間形成的目的、実用的目的、文化的目的です。そういう三つの軸を考えながらやっているのが初等中等教育における数理科学教育です。ただし、学校教育の普通教育としての数理科学教育を考える場合には、まず人間形成的目的が問われます。



そして、この三つの軸の上で目指す社会像として、どのような社会を考えて行くのかが問われます。私自身は、持続可能で民主的な社会を目指して、数理科学教育を考えています。

### (2)教育研究におけるカリキュラム・モデル

それでは、これから数理科学教育を考察する際のモデルをご紹介します。このモデルは、1990年代ぐらいから国際的に教育研究で使われてきており、「3層のカリキュラム」と言います。まず「意図したカリキュラム」。これは社会とか教育法規、教育政策、そういうような意図した部分を指します。それから「実施したカリキュラム」。これは地域だとか教室、教師。そして「達成したカリキュラム」。これは児童生徒が何を身に付けたのかというものです。

私たちはともすると、子ども達がどうした、または学習指導要領がどうしたと個々の議論をしがちですが、このモデルでは、三つのカリキュラムの関係を意識しながら考えていくということです。

意図した、実施した、達成したそれぞれのカリキュラムの間で、実行と問題、改善という上下の関係が絶えずあり、さらに、社会でいろいろな調査が行われ、また、学会等からの提言が

あります。そういう社会との相互作用も含めて、三つのカリキュラムを相互作用的、循環的に考えて、お話ししていきたいと思えます。

### (3)現在の日本の数理科学教育の俯瞰

これから数理科学教育を考えていく前提として、現在の日本の状況を簡単に俯瞰しておきたいと思えます。

一つ目は、現在の数理科学教育のカリキュラムの基準、すなわち、現在の日本の意図したカリキュラムです。小中高校で、小学校の算数が6学年、中学校の数学が3学年、高等学校では数学Ⅰ、ここまでの義務・必修で、さらに、数学Ⅱ、数学Ⅲ、数学A、数学B、数学活用とあります。15の教科・科目があります。なお、小学校は四つの内容領域、中学校も四つの内容領域からなっています。そして、現在、小中高校で重視されているのが算数的、数学的活動と言われているものです。数理科学を活動を通して学んでいくんだと。高等学校では数学Ⅰ、数学Aに、課題学習という形で数学的活動が入っています。

なお、日本の教育構造は、国際的には、中央集権的と言われている。国の文科省で決めたことが、地方へと下りていく。それに対して、アメリカやドイツなどは、基本的にそれぞれの州で教育に責任を持つということで、地方分権的と言われている。

二つ目は、数理科学教育の評価の基準です。これも意図したカリキュラムです。評価は、公的には指導要録というもので記録されます。この様式が2001年に劇的に変わっています。それまで相対評価すなわち集団準拠評価だったものが、絶対評価すなわち規準準拠評価へと変わりました。これは何かと申しますと、相対評価の場合ですと、ある集団の平均点を真ん中に5・4・3・2・1を付けていますから、どんなに一生懸命頑張ってもよい成果を上げて、平均点より低かったら、3とか2、1になってしまいま

す。児童生徒の成果をそのまま受け止められないということがありました。また、諸外国は90年代には、絶対評価に移行していたんですが、日本は入学試験の影響で移行が遅れてしまったということです。

評価は具体的には、小中高校で、それぞれ四つの観点を基に行われています。例えば、関心・意欲・態度、数学的な見方や考え方、数学的な技能、知識・理解。なお、評価には、二つの機能があります。どれだけ身に付いたかという習得の証明と、何の教育を受けたかという履修の証明です。国によって重点の置き方が違いますが、最近の流れは新自由主義ということで、厳格に何を身に付けたのかということに動く傾向があると言われている。

三つ目は、数理科学教育の教科書で、これも意図したカリキュラムです。学校教育の教科書というのは、「文部科学省が検定をした教科書を、主たる教材として使用する義務がある」ということで行われています。

数理科学教育の教科書は、小学校算数で6種類、中学校数学で7種類、高校数学で16種類あります。ただし、高等学校は教科書発行社で見ますと、5社であり、それで16種類ですから、1社で1科目に複数種類も出しているということがあるということです。

なお、高等学校の場合、教科書の採択数と生徒数の状況を見ると興味深いです。まず数学Ⅰの教科書の採択部数と生徒数を見ると、生徒数よりも採択部数の方が約10万部多い。これはおそらく皆様の中にも高等学校の時に教科書を2冊買わされて、片方が受験用で片方が何だというのがあったのではないかなと思います。もう一つは、数学Ⅱの教科書が90%採択されています。数学Ⅱというのは微積分の入り口です。微積分を、80%以上の生徒が学んでいるということは、世界的に非常に驚かれています。

四つ目は、学校、教師、児童生徒の数です。

実施したカリキュラム，達成したカリキュラムに相当します。小学校は2万校，中学校は1万校，高等学校は約5,000校あります。教員数は小学校40万人，中高校はそれぞれ20万人ぐらいでしょうか。児童生徒数は，各年代で約100万人います。ちなみに高等学校の数学教員は12.4%ということですから，約2万人ということです。小中高校でそれぞれ10%ぐらいずつ数理学教育の専門の方がいらっしゃるということですのでよろしいのではないかなと思います。

このような意図した，実施した，達成した，それぞれのカリキュラムの前提を置きながら，現状を見ていきます。

## 2. 児童生徒の現状：達成したカリキュラム

### (1)理数系の学力低下論とは何だったのか

数理学教育における児童生徒の現状ということで，まず一つ目に20世紀末から21世紀初めにありました理数系の学力低下論を振り返っておきます。この背景には，学習指導要領の理数系教科の内容の削減と大学の大衆化という二つの問題がありました。

1998，99年告示の学習指導要領の時に，算数・数学の内容が大幅に削減されるということで大きな話題になりました。当時，突然中教審で，微積分は何のためにやっているんだという発言があったというので，大きな騒動になりました。先ほどもご紹介しましたように，90%近くの人が，微積分を一応履修しているということで，何のためという議論が出てきてしまい，理数系の不要論，軽視論が出てきました。さらに，円周率は3になったと世間的に大騒ぎになりました。けれども，円周率は3と書いたものは改訂作業ではありませんでした。何らかの意図でこのようなことが流されたのでしょうか。

大学の大衆化も学力低下論の大きな要因でした。この時期に，大学の進学率は4割，5割に達します。大学が，今までの指導の仕方では

通用しないということで，出てきたのではないかなと思います。

その後，十数年経って，前者の学習指導要領については，理数系学会等の運動で，ほとんど以前の方に戻ってきています。それから大学の方は，FD活動などで指導方法を色々考えています。学力問題については，社会は一応平穏になっているのではないのでしょうか。

### (2)児童生徒の数理学の学力は国際的に高い

それでは，実際はどのようなのでしょうか。意外に思われるかも知れませんが，国際的に見ると日本の小中高生の学力は，相当高いレベルにあります。数学教育の国際調査は，1960年に第1回が行われ，第2回，第3回，その後，TIMSS，PISAと行われていますが，その結果を見てみると，いずれも学力は相当高いレベルにあります。なお，1964年の第1回では高等学校は12ヶ国中6番だったのですが，81年で15ヶ国中2番に急激に上がります。これは何も学力が付いたからではなくて，調査時期が64年は夏休み前だったのが，81年は12月にしたら上がった。つまり，それだけの半年間で，高校3年生は物凄く勉強しているんですね。

1980年代はそういう意味で，中高とも世界のトップレベルで，日本の数学教育が注目されました。世界各国から日本の教育を見に来て，あちこちに広げていくというような時代でした。ところが，2000年以降下がったと言われます。最近のPISA2012では65ヶ国中7番。1番でなければいけないという人はちょっと困るんですが，日本より上位の参加国・地域は，上海，シンガポール，香港，台湾，韓国，マカオです。これらの国は，人口をみると，2,000万とか500万とかで，1億を越えている中では日本が一番上なんですね。G8の他の国は下の方にあります。小中高の先生方は非常に頑張ってやっているといます。

なお，PISAの数学的リテラシーは，数学の

内容から言いますと、大体日本の中学校 1, 2 年位の内容です。実は PISA が始まる時に日本でこの内容のことが問題になったんですね。義務教育終了時にこれでよいのかと。ただ、世界的には、日本の中学校 1, 2 年辺りまでを義務教育できっちり身に付けていけば、一般的には、それで社会に通用すると考えられています。

### (3)成人の数理科学の学力も高い？

小中高生だけではなく、成人の数理科学の学力も、国際比較の結果を見るとすごいです。2011 年に行われた OECD の国際成人力調査の結果を見ると、日本は、おおむねどの年代でもトップです。さらに興味深いのは、ゆとり世代が学力が低かったなんて言われますが、55 歳から 64 歳よりも学力は上です。こんなことも私たちは冷静に見ていきたいですね。

### (4)生徒は数理科学を学ぶ意義が見えない

このように見てくると良いことばかりのようですが、これからは PISA の結果から見られる課題を考えていきます。一つ目が、数学を学ぶ意義についてです。これは PISA では数学における道具的動機付けという各項目への肯定的に答えた人たちの割合です。例えば、「将来つきたい仕事に役立ちそうだから、数学は頑張る価値がある」。報告書に挙げられているのは 17 ケ国ですが一番下です。唯一、「仕事に就く時に役立てたい」が 16 番目で、あとはすべて 17 番目です。韓国も日本と同じようです。PISA は日本では高等学校 1 年生の 7 月ぐらいに調査をしていますが、その生徒達を見る限り、何のために数学を学ぶのか、それも数学の実用性については、非常に低いレベルにあります。

### (5)生徒は数理科学を学ぶ意欲が低い

二つ目の課題は、学ぶ意欲とか興味・関心です。「数学についての本を読むのが好きである」、「数学で学ぶ内容に興味がある」などという項目です。この指標もやはり、17 ケ国中 16 番目です。意外なのは、オランダやフィンランドも

低くなっています。日本の生徒の意欲の低さは、これまでの調査でもたびたび言われていることですが、きちんと直視する必要があります。

### (6)生徒は数理科学を学ぶ自信がありません

三つ目の課題は、自己効力感です。数学の問題を解くのにどれだけ自信を持っているのかということです。項目別に見ると、列車の時刻表を読むとか、テレビが 30%引きで値段はいくらだとか、床にタイルを張るけれども何枚張れるとか、新聞のグラフを読めるかとか、実生活と結びついた数学の問題は 17 ケ国中で下の方です。ところが、一次方程式を解くという純粋な計算問題だけは高い肯定率になっています。つまり、数学の問題でも、計算問題は自信を持っているけれども、実生活と結びついた問題は自信を持っていない。このようなことも、私たちはこれから考えていかないといけないのではないのでしょうか。

### (7)生徒の数理科学の学力には格差がある

四つ目の課題は、数理科学の学力の性差です。高等学校では、日本を含め多くの国で性差が出てきています。男子の方が女子よりも高い。ただフィンランド、シンガポール、アメリカ、台湾、上海は性差はないです。なお、以前は日本は中学校も性差があったんですけども、現在の TIMSS を見ている限りでは、小中学校では数理科学の学力の性差がなくなってきました。公平、平等という観点から、高等学校の今後の教育は重要な課題を抱えています。

数理科学の学力の格差については、PISA の結果からは、学力全体として広がりがあるということも注目したいと思います。「直接的な推論を行うだけの文脈において場面を解釈し、認識できる」という生徒が約四分の一に達するとされています。同じような学力の広がった状況は、国内の全国学力・学習状況調査の中学校 3 年の結果からも出ています。もう一つの格差は、経済状況による学力の格差です。これは日本だ

けではありませんが、経済状況によって教育全体で格差があるということは、社会が真剣に取り組む大きな課題だと思います。

### 3. 教師・教室の現状：実施したカリキュラム

それでは、次に、教師や教室の状況、つまり、実施したカリキュラムを考えてみましょう。

#### (1) 小学校教師の評価は国際的には高い

一つ目は、ここにいらっしゃる方にはちょっと意外かもしれないんですが、日本の小学校の教師は、国際的には、数理科学教育について評価が高いものになっています。これには理由が二つ考えられます。一つは、少なくとも高等学校1年までは数学を履修しているということです。ほとんどの先進国は、中学校段階で数学は終わって、その後は選択になります。ですから、嫌でも数学を学んでいるということを何とかしたいですね。もう一つは、現職教育としての「授業研究」というものが、小学校では盛んです。日本では、どこに行っても小学校の先生は授業研究というものをやりながら、自分のスキルアップを図っています。

授業研究は、現職教育の方法でもありますが、また現場に根差した教育研究法でもあります。日本から発信しているものです。数学教育の研究者も加わった授業を主体とした教育研究法として、日本独自のいろいろな指導方法が開発されてきています。「多様な考えを生かす」、「オープンエンドアプローチ」、「発展的な問題づくり」、「社会とのつながり」など。特に、オープンエンドアプローチは、児童生徒の創造性を伸ばし多様性に応じるために、数学の問題の解が多様になる問題場면을授業で作ろうということで1970年代ぐらいから行われてきた研究です。この成果をまとめた本は、英文に訳されてアメリカで出版されています。

#### (2) 高校の数学の指導の状況

ところが、高等学校の数学の指導の状況はど

うでしょうか。2013年に高等学校を対象に「論理的な思考」の調査が行われました。その中で、数学の先生にも指導方法について、「あなたはどのような指導をしていますか」と尋ねました。

「例題を丁寧に説明する」を初めに、「考えさせる」、「解かせる」、「説明する」が多いのです。つまり、高等学校の数学の授業では、生徒は1人で考えて、先生が説明をしている。「話し合わせる」や、最近よく言われている協働的のようなものに相当する指導は、3割ぐらいの先生しか行っていないようでした。

#### (3) 指導への試験の圧力

それから、もう一つは試験の指導への圧力ということで、学力調査と入学試験があります。特に、高等学校教育の目標が、入学試験問題を解ける能力を身に付けることだけになってしまふという、テスト主義の弊害があります。そういうものをどうやって考えていくのかということ、真剣に考えていく必要があるのではないかなと思います。

#### (4) 試験の圧力：歴史から

なお、入学試験については、1世紀前近くから、日本の数学教育の中で問題であるということが言われてきています。多分ご存知の方が多いと思いますが、1924年に公刊されました小倉金之助の『数学教育の根本問題』という非常に有名な本があります。その中ですでに、「何故に生徒は数学で苦しめられるのか、何故に学校を出れば忘れてしまふのか、何故に数学は殆んど生活と没交渉なのか、何故に学校では能率の上がない数学を教へるのか」ということが書かれています。ここからどのように脱却していけるのかということです。

### 4. 教科書の現状：意図したカリキュラム

数理科学の教科書の現状を見てみましょう。これは意図したカリキュラムの状況です。

初等中等学校の数理科学の教科書の国際比

較から、日本の状況を浮き上がらせてみましょう。12ヶ国の比較です。まず、教科書一般のシステムに大きな違いがありました。例えば、教科書の検定は欧米ではほとんどありませんし、採択権限は欧米では学校や先生にあり、そして、使用義務は欧米にはありません。

数理科学の教科書について、いろいろな違いがありました。日本の教科書は、数理科学と実生活や職業との関わりとか、ICTに関するものが、諸外国に比べて非常に少ないんです。他の国際比較から分かっていることですが、日本の先生たちは、教科書に依存する割合が非常に高いです。教育を変えるには、教科書も変えていく必要があります。

## 5. 社会からの要請

3層のカリキュラムと相互作用的に働く、社会からの要請ということで、皆様よくご存知のことを三つほど挙げていきます。

### (1) 数学的リテラシー

一つ目は、「すべての成人」が持って欲しい数学的リテラシー。これは浪川先生を初め数学者、数学教育者の方が、「科学技術の智」プロジェクトの一環として、ご提案されたものです。数学的リテラシーを、「数学の世界 A：数学の対象と主要概念」と「数学の世界 B：数学の方法」から構成されています。

### (2) 「数学」から「数理科学」へ

二つ目は、大学学部の数理科学分野の参照基準。日本学術会議において、森田先生を初め数学者、数学教育者、教育学者等が関わって作成されたものです。数学と実世界の関係を見直して、「数学」に加えて「統計学」、「応用数理」も含めて「数理科学」としようというものです。なお、ここでは、大学学部の数理科学教育において育成可能なものとして、数理科学分野に固有な能力とともに、他分野により転移する批判的な思考や抽象的な思考などのジェネリック

スキルも提案されています。

### (3) コンピテンシー・スキルの育成を

三つ目は、コンピテンシーやスキルの育成。このような能力面の重視は、1960年代に社会の変化が急激になってユネスコが生涯教育論を提唱した頃に遡ります。21世紀に入ると欧米の経済界を中心に、新たに、批判的思考、論理的思考、コミュニケーション能力、協働的学習能力、ICT活用能力などが叫ばれています。教育を通して、教科の内容だけではなく、教科の方法も身に付けて、さらには他分野に転移可能な方法、能力をとということです。

## 6. 数理科学教育史の教訓

これからのことを考える上で、これまでの数理科学教育の歴史を教訓ということで簡単に振り返っておきます。

### (1) 国際的な動きを振り返ってみると

国際的に見ると、20世紀後半から、初等中等教育の数理科学教育の教育内容として、数学的な内容とともに数学的な方法を入れようという動きがありました。数学的モデル化、問題解決、コミュニケーションなどです。

それらが、1989年のイギリスのナショナル・カリキュラムの「数学を利用し応用すること」、2000年のアメリカのスタンダード2000の内容基準とプロセス基準となり、そして、2000年のPISAの数学的リテラシーとなりました。

### (2) 国内の動きを振り返ってみると

日本を振り返ってみると、数理科学のカリキュラムで内容に方法も加えるという動きは過去に3回ありました。1回目は、1940年代の「数学一類」、「数学二類」です。この時に、中等教育に初めて微積分や確率・統計が入ったんですが、数学の趣旨として「既成の数学の注入を排し、事象に即して数理を発見し」、「事象を数学化し」とされていました。2回目は、1950年代に単元学習によって、実社会での問題解決

能力が提唱されました。そして、3回目は、1950年代後半に、高等学校の数学で、数学的な考え方を目標とした方法論的内容として「中心概念」が提唱されました。ただし、これらの3回とも、いずれも次の改訂で消滅しました。消滅の大きな理由は、当時の指導的な数学者の方からのご批判でした。数学の体系がなくなるというものでした。

そして、2008年から小中学校では、算数的活動、数学的活動が内容領域となり、高校でも重視されるようになりました。数学の内容や体系という考え方と数学の方法やコンピテンシーやスキルをどうやって両立させていくのかは、今日的な問題でもあります。

## 7. 今後の課題

これまでのことを踏まえまして、今後の数理科学教育の課題を九つ挙げます。

### (1)誰のための数理科学教育か

一つ目は、誰のための数理科学教育なのか。数理科学教育は、すべての人々のためであり、多様な人々がその意義を分かり、意欲的に、そして自信を持って学んで欲しいと思っています。特に高等学校については、必修の数理科学以降の生徒の旅立ちを見据えて考えたいと思います。理数系大学に進学する生徒、非理数系大学に進学する生徒、専門学校に進んだり就職したりする生徒、それぞれに有用な数学の姿を経験して欲しい、数理科学教育の目的が「後で分かる」ということはないでしょう。

その際に、数理科学を、数理科学の規則性を考える、証明で体系化する、数理科学を使う、という多様な面から考えたいと思います。

### (2)数理科学教育と現実世界をつなげる

二つ目は、数理科学教育を現実世界とつなげていくということです。数理科学教育の意義は、民主的な社会からの要請にあり、誰もが社会において数理的な判断を求められ、その背後では

数理科学的思考が必要になります。

なお、「数理科学と現実世界」というような内容領域を、小中高校の数理科学の学習指導要領に新設することがあってもよいのではないかと思っています。

### (3)数理科学教育で育成できる力を明確に

三つ目は、数理科学教育でどんな能力、方法を身に付けて行くのかということをしきんとしていくこと。数理科学の方法を身に付けて、「力」としていくということを構造化し育成していくことになります。そして、それを社会の場面で発揮できるようにする必要があります。それが、ジェネリックスキルともつながってきます。

そして、そのような力を育成するためには、内容と方法が一体化した中での数理科学的活動というものを考えていく必要があります。

### (4)数理科学教育の内容の検討

四つ目は、数理科学教育の内容をもう一度検討していくこと。次のような原則で考えます。a.すべての児童生徒が取り組む(必修部分)、b.現実世界との関係、c.小中高校の数理科学の系統性、d.社会で使えるコンピテンシー。

現在ある内容の再検討の候補としては、図形(小～)、関数(小～)、統計(小～)、確率(小～)、ICT(小～)、近似値・単位の扱い(小～)。

現在ない内容の検討の候補としては、中学校では三角比、高校では内容の中に隠れているんですが、行列だとか離散数学でしょうか。

### (5)数理科学の教科書のあり方

五つ目は、教科書を検討していく必要があるということです。特に高等学校の教科書です。例えば、次のような観点が考えられます。数理科学のあり方・目標・内容の考え方を反映させること。具体的には、数理科学と現実世界のつながりに配慮する、他教科の内容を取り入れる、数理科学の方法に配慮するなどです。

このほかの観点としては、数理科学を学ぶ意



義について記述する、対話を積極的に行えるようにする、ICTの積極的な利用を図る、生徒の多様性に配慮する、などが考えられます。

#### (6)児童生徒が主体となる数理科学の指導・学習を

六つ目は、指導、学習を考えようというものです。第1に、児童生徒が主体的に自分の考えを示すことができるようにしたい。それは、唯一の「正しい」考えを教え込むのではなく、児童生徒の素朴な考えを大事にして指導で活かすというものです。第2に、児童生徒が協働的に話し合っただけで考えるようにしたい。そこでは、対話という「相互作用」で互いに変わるという考えを大事にし、しかも、「すべての」児童生徒が話すようにします。第3に、総合的な話題を工夫したい。それは、現実世界との関係があり、長い転移が可能になるものであり、例えば、プロジェクト学習、グループ学習、ICT活用などによるでしょう。そして、第4に、評価は、児童生徒の学びを見取る評価でありたい。

#### (7)高校と大学学部で必要な数理科学の接続へ

七つ目は、高校と大学学部で必要な数理科学の接続です。入学試験が行われているところは学力について文句が出ないんですが、入学試験が行われなくなったところでは相変わらず大学生は学力が低いというのが出てきていると。やはり、高大ともに意識の改革が必要であり、数理科学の接続を考える必要があります。高校は、先程も述べましたが、多様な高校生の要求に応える必要があります。そして、大学も、特に数理科学の大学入試はないが学部の授業では数理科学が必要になる経済学部などは、多様な学生に応える必要があると思います。

#### (8)数理科学教育の目的に沿った教員養成を

八つ目は、中等教育、特に高等学校の先生のための教員養成をどう考えるのか。これはほとんど理学部で行われています。その教育をどういうふう構成していくのかをきちんと考え

る必要があると思っています。先に述べました中等教育の数理科学教育の目的、人間形成的、実用的、文化的という三つの目的。大学受験だけのための中等教育になっていないでしょうか。そして、中等教育の数理科学教育に沿った指導内容や指導方法。例えば、指導内容については、生成的に考えたり、実世界の応用を考え、指導方法については、生徒との対話など。また、授業研究など現職教育の重要性にも触れたいですね。

#### (9)数理科学・数理科学教育についての社会への働きかけ

九つ目、最後になりましたけれども、社会への働きかけです。世間には、こんな神話があるんじゃないでしょうかということでも三つほど考えました。第1に、数理科学は社会的有用性がない（なくてよい）。第2に、数理科学の能力には性差がある。第3に、数理科学教育の目的は入試のためだけにある。そこで、数理科学・数理科学教育に関わる人々は多様な形で社会に働きかけたいですね。

数理科学を学ぶということが、これからの社会で生きていくための基礎となる知識や技能や考えたり話し合ったりする力や関心・意欲・態度を身に付けていくんだということで、ぜひみんなでもって考えていけたらと思います。

#### 浪川幸彦教授 (司会) :

どうもありがとうございました。最初から、厳しい問題提起がございました。

教育関係共同利用拠点提供プログラム 学習指導法:S-01  
東北大学 専門教育指導力養成プログラム  
2015年10月26日(月)

数理科学教育の新たな展開  
-文系基礎学・市民的教養としての数理科学教育-

日本の数理科学教育の現状と課題

1. 日本の数理科学教育を考えるために
2. 児童生徒の現状:達成したカリキュラム
3. 教師・教室の現状:実施したカリキュラム
4. 教科書の現状:意図したカリキュラム
5. 社会からの要請
6. 数理科学教育史の教訓
7. 今後の課題

長崎栄三

国立教育政策研究所名誉所員、元静岡大学教職大学院

1. 日本の数理科学教育を考えるために

(1)数理科学教育の目的

初等・中等教育における数理科学教育(算数・数学教育)

- ・意図的な活動としての教育
- ・数理科学教育は文化としての数理科学を通して、児童・生徒の発達を促す、社会や文化の発展に寄与する

数理科学教育の目的

- ・人間形成的目的(または陶冶的目的):人間を育てる
- ・実目的:社会を発展させる
- ・文化的目的:文化を継承・発展させる

⇒数理科学教育の目標、内容、方法、評価

目指す社会像:持続可能で民主的な社会

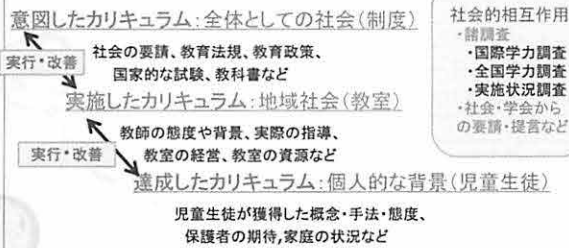
長崎栄三(2010)『目的・目標論』『数学教育学研究ハンドブック』東洋館出版社、pp.24-29.

長崎栄三(2007)『算数教育の目的はどう考えるか』『算数教育の目標はどう考えるか』『何のための算数教育か』東洋館出版社、pp.12-47.

1. 日本の数理科学教育を考えるために

(2)教育研究におけるカリキュラム・モデル

3層のカリキュラム



国立教育研究所編(1996)『小・中学生の算数・数学、理科の成績』東洋館出版社、3

(3)現在の日本の数理科学教育の俯瞰

①数理科学教育のカリキュラムの基準

意図したカリキュラム:学習指導要領(現行:2009、2009年改訂)

教科・科目	時間・単位	内容
算数1年	4・必修	数と計算、量と測定、図形、数量関係、[算数的活動]
算数2年	5・必修	数と計算、量と測定、図形、数量関係、[算数的活動]
算数3年	5・必修	数と計算、量と測定、図形、数量関係、[算数的活動]
算数4年	5・必修	数と計算、量と測定、図形、数量関係、[算数的活動]
算数5年	5・必修	数と計算、量と測定、図形、数量関係、[算数的活動]
算数6年	5・必修	数と計算、量と測定、図形、数量関係、[算数的活動]
数学1年	4・必修	数と式、図形、関数、資料の活用、[数学的活動]
数学2年	3・必修	数と式、図形、関数、資料の活用、[数学的活動]
数学3年	4・必修	数と式、図形、関数、資料の活用、[数学的活動]
数学I	3・必修	数と式、図形と計量、二次関数、データの分析、[課題学習]
数学II	4	いろいろな式、図形と方程式、指数関数・対数関数、三角関数、微分・積分の考え
数学III	5	平面上の曲線と複素数平面、極限、微分法、積分法
数学A	2	場合の数と確率、整数の性質、図形の性質、[課題学習]
数学B	2	確率分布と統計的な推測、数列、ベクトル
数学活用	2	数学と人間の活動、社会生活における数理的な考察

小学校算数の目標「算数的活動を通して、数量や図形についての基礎的・基本的な知識及び技能を身に付け、日常の事象について見通しをもち筋道を立てて考え、課題する能力を育てるとともに、算数的活動の楽しさや数理的な処理のよさに気付く、進んで生活や学習に活用しようとする態度を育てる。」

②数理科学教育の評価の基準

意図したカリキュラム:2001年の評価の改革  
指導要録:指導の改善と成績の証明  
集団準拠評価(相対評価)から規準準拠評価(絶対評価)に転換  
児童生徒の成果をそのまま受け止めたい。  
諸外国は1980年代に転換、日本は入学試験の影響で遅れた。  
実際の評価では、指導内容ごとに評価の観点に沿った規準を作成

指導要録:評価の観点

年	小学校	中学校	高等学校
2002年	算数への関心・意欲・態度 数学的な考え方 数量・図形についての表現・処理 数量・図形についての知識・理解	数学への関心・意欲・態度 数学的な見方や考え方 数学的な表現・処理 数量・図形についての知識・理解	関心・意欲・態度 数学的な見方や考え方 表現・処理 知識・理解
2010年	算数への関心・意欲・態度 数学的な考え方 数量や図形についての技能 数量や図形についての知識・理解	数学への関心・意欲・態度 数学的な見方や考え方 数学的な技能 数量や図形などについての知識・理解	関心・意欲・態度 数学的な見方や考え方 数学的な技能 知識・理解

成績の証明:習得の証明か履修の証明か—新自由主義:厳格な習得の証明

③数理科学教育の検定教科書

日本では、学校教育においては、文部科学省が検定をした教科書を、主たる教材として使用する義務がある。

意図したカリキュラム:教科書(2015年度)

教科・科目	発行者	教科書種類数	採択部数	生徒数	割合
小学校算数		6種類			
中学校数学		7種類			
高校・数学I		16種類	1,265,028	1,125,856	112%
高校・数学II		16種類	993,839	1,109,975	90%
高校・数学III		14種類	267,142	1,075,092	25%
高校・数学A		16種類	1,071,854	1,125,856	95%
高校・数学B		15種類	634,306	1,109,975	57%
高校・数学探究		2種類	27,118	1,075,092	3%

高校数学が必修で、数IIで微積分を80%以上が履修しているのは世界的に珍しい。しかも、数Iの教科書を2冊持っている生徒もいるようである。

文部科学省(2015)『小学校教科書目録』『中学校教科書目録』『高等学校教科書目録』時事通信社『内外教育』2015年1月30日、pp.10-11.

#### ④学校、教師、児童生徒

実施したカリキュラム・達成したカリキュラム:

学校、教師、児童生徒(2015年度)

区分	学校数	教員数	児童生徒数
小学校	20,601	417,151	6,543,114
中学校	10,484	253,705	3,465,245
高等学校	4,939	234,965	3,319,122
中等教育学校	52	2,509	32,317
特別支援学校	1,114	80,896	137,895
合計	37,190	989,226	13,497,693

\* 高等学校数学科教員:高等学校教員数の12.4%

文部科学省(2015)『学校基本調査 平成27年度(速報)』  
文部科学省(2015)『学校教員統計調査 平成25年度』

7

#### 2. 児童生徒の現状:達成したカリキュラム (1)理数系の学力低下論とは何だったのか

##### 20世紀末から21世紀初め:理数系の学力低下論

- ・平成10・11年告示の学習指導要領:算数・数学の内容の削減  
理数系の教科の不要論:「何のための微積分?」  
(高校生の80%以上が微積分を履修)
- 「円周率は3」の騒ぎ(円周率は3.14、目的に応じて3)
- ・大学の大量化:大学生の数学の基礎技能の剥落への不安

⇒前者:理数系学会等の運動

平成20年・21年告示の学習指導要領の改訂

後者:大学教育でのFD活動、大学生への補習教育

⇒社会:一応の平穩(大学は収まっていない?)

その後の2つの国際数学学力調査:学力低下の不安をさらに解消

8

#### (2)児童生徒の数理科学の学力は国際的に高い 国際的に見た日本の児童生徒の数理科学の学力

実施年	国際調査の名称	国際順位 (日本/全参加国)
1964年	第1回国際数学教育調査	中2: 2/12 高3理数系: 6/12
1981年	第2回国際数学教育調査	中2: 1/20 高3理数系: 2/15
1995年	第3回国際数学・理科教育調査	小4: 2/26 中2: 3/41
1999年	国際数学・理科教育動向調査1999年調査 (TIMSS1999)	中2: 5/38
2000年	生徒の学習到達度調査2000年調査 (PISA2000)	高1: 1/31
2003年	TIMSS2003	小4: 3/25 中2: 5/46
2003年	PISA2003	高1: 6/40
2006年	PISA2006	高1: 10/57
2007年	TIMSS2007	小4: 4/36 中2: 5/49
2009年	PISA2009	高1: 9/65
2011年	TIMSS2011	小4: 5/50 中2: 5/42
2012年	PISA2012	高1: 7/65

9

- ・PISA2012の7番目(65か国中)とは。  
主要8か国(G8)の中では一番高い。

順位	PISA2012・国名	平均得点	人口(万人)
1	上海	613	2425万
2	シンガポール	573	541万
3	香港	561	723万
4	台湾	560	2344万
5	韓国	554	5143万
6	マカオ	538	53万
7	日本	536	1億2714万
8	リヒテンシュタイン	535	3万
9	スイス	531	787万
10	オランダ	523	1649万

・国立教育政策研究所編(2013)『TIMSS2011算数・数学教育の国際比較—国際数学・理科教育動向調査の2011年調査報告書—』明石書店。  
・国立教育政策研究所編(2013)『生きるための知識と技能⑤ OECD生徒の学習到達度調査(PISA) 2012年調査国際結果報告書』明石書店。

PISAの数学的リテラシーの内容は、最も高いレベルで、日本の中学校2年ぐらい。文字が少し入るが、図形の論証はほとんど入らず、図形は計量的なものである。つまり、義務教育・必修レベルの数学としては、日本の数学は欧米と比べて高いレベルにある。

10

#### (3)成人の数理科学の学力も高い?

OECD国際成人力調査(PIAAC:2011年度)の数的思考力

国名(23か国)	平均	16~24歳	25~34歳	35~44歳	45~54歳	55~65歳
日本	288	283.2	297.3	296.6	291.5	273.2
フィンランド	282	284.8	302.5	292.0	279.3	260.0
オランダ	280	285.4	293.0	287.4	277.1	262.0
ベルギー(フランドル)	280	282.8	295.0	289.3	280.3	259.9
スウェーデン	279	278.2	287.8	286.1	276.3	268.3
デンマーク	278	273.1	286.7	290.0	276.8	265.3
ノルウェー	278	270.9	284.9	289.0	280.3	264.7
オーストリア	275	279.3	282.1	281.4	274.5	257.5
ドイツ	272	275.1	282.0	278.6	268.2	256.4
OECD平均	269	271.3	279.4	275.4	265.5	252.7
オーストラリア	268	270.1	275.1	275.8	264.7	250.4
カナダ	265	268.3	276.5	271.9	260.7	251.4
韓国	263	280.9	280.7	270.6	251.1	231.8
イギリス(EN,NI)	262	256.5	266.7	268.7	258.9	256.6
アイルランド	256	257.9	265.5	260.5	249.6	238.3
フランス	254	263.4	269.4	262.1	246.0	234.1
アメリカ	253	249.4	259.8	257.7	249.8	247.2

国立教育政策研究所編(2013)『成人スキルの国際比較 OECD国際成人力調査(PIAAC)報告書』明石書店。(日本は11,000人を無作為抽出し5,173人が回答)

11

#### (4)生徒は数理科学を学ぶ意義が見えない

・数学を学ぶ意義についての意識

数学の社会的有用性、数学を学ぶことと将来の職業との関係

PISA2012 国名	「数学によける道具的動機付け」指標	将来つきたい仕事に役立つからだから、数学はがんばる価値がある	将来の仕事の可能性を広げてくれるから、数学は学びたい	自分にとって数学が重要な科目なのは、これからは勉強したいことだから	これから数学でたくさんことを学んで、仕事につくときに役に立ちたい
シンガポール	0.40	90.4	88.2	87.4	85.5
イギリス	0.32	88.0	90.8	73.0	81.1
ニュージーランド	0.28	86.2	88.5	76.5	83.0
カナダ	0.25	82.2	85.7	73.4	79.0
オーストラリア	0.24	84.3	86.1	73.8	80.0
アメリカ	0.14	80.6	80.2	70.0	80.2
アイルランド	0.13	79.9	88.3	66.2	75.6
上海	0.01	78.2	72.7	79.0	66.3
フィンランド	-0.01	73.2	85.4	70.3	73.8
OECD平均	-0.03	74.3	77.3	65.3	70.2
ドイツ	-0.13	66.4	76.0	51.9	67.2
フランス	-0.16	71.6	72.9	63.3	61.0
イタリア	-0.19	68.6	71.9	64.7	65.5
香港	-0.23	69.2	71.7	66.3	58.6
台湾	-0.33	65.3	62.1	64.4	57.9
オランダ	-0.36	57.8	71.3	61.3	62.2
韓国	-0.39	59.3	63.1	61.4	50.2
日本	-0.50	56.5	51.6	47.9	53.5

12

(5) 生徒は数理科学を学ぶ意欲が低い  
 ・数学を学ぶ意欲：数学を学ぶ内容への興味

PISA2012 国名	「数学における興味・関心(楽しみ)」指標	数学についての本を読むのが好きである	数学の授業が楽しみである	数学を勉強しているのは楽しいからである	数学で学ぶ内容に興味がある
シンガポール	0.84	68.1	76.8	72.2	77.1
上海	0.43	50.1	54.4	49.3	60.6
香港	0.30	44.4	49.8	54.9	52.4
イギリス	0.19	34.0	50.9	40.8	56.5
オーストラリア	0.11	34.7	45.3	39.0	53.7
ニュージーランド	0.11	33.3	46.1	38.2	55.4
アメリカ	0.08	33.8	45.4	36.6	49.9
台湾	0.07	40.4	37.8	40.3	41.7
アイルランド	0.06	33.3	40.2	37.0	49.6
カナダ	0.05	34.7	39.7	36.6	53.9
イタリア	0.01	31.4	29.0	45.8	57.4
OECD平均	-0.01	30.0	35.5	38.2	52.9
フランス	-0.02	31.8	23.8	41.5	65.2
ドイツ	-0.11	18.0	36.9	39.0	51.6
韓国	-0.20	27.2	21.8	30.7	47.2
フィンランド	-0.22	21.0	24.8	28.8	44.3
日本	-0.23	16.9	33.7	30.8	37.8
オランダ	-0.33	12.1	19.8	32.4	44.6

13

(6) 生徒は数理科学を学ぶ自信があまりない  
 ・数学の自己効力感：数学の問題を解く自信

PISA2012 国名	自己効力感の指標	列車の時刻表	テレビが30%引き	床にタイルを張る	新聞のグラフ	$3x+5=17$	縮尺1万分の1の地図	$2(x+3)=(x+3)(x-3)$	ガソリンの燃費
上海	0.94	90.8	95.2	91.8	90.3	96.9	92.8	95.1	80.0
シンガポール	0.47	79.6	94.4	79.8	77.9	93.3	81.2	86.9	73.4
ドイツ	0.33	92.1	83.9	79.2	89.0	89.4	59.6	73.4	64.4
香港	0.22	80.3	92.9	78.7	82.0	92.9	65.3	81.2	51.3
台湾	0.18	77.8	89.6	73.1	76.1	84.9	69.6	75.7	47.0
アメリカ	0.13	79.5	76.1	73.4	84.1	94.2	55.3	83.9	68.8
カナダ	0.11	80.6	78.6	76.9	83.8	89.7	57.8	79.2	57.4
オーストラリア	0.06	86.6	76.2	72.9	85.2	87.2	56.0	73.1	54.0
イギリス	0.03	87.3	84.2	68.7	84.3	86.8	48.9	70.2	50.7
アイルランド	0.01	85.9	83.2	69.2	87.9	80.2	46.7	72.6	53.0
フランス	-0.01	79.5	76.4	65.3	85.7	82.6	49.7	65.1	58.9
OECD平均	-0.01	81.2	79.6	68.0	79.1	84.8	56.4	72.0	56.3
イタリア	-0.10	81.2	83.4	68.1	78.7	87.0	50.7	84.0	48.7
ニュージーランド	-0.15	79.7	76.9	67.1	82.3	79.6	48.6	63.0	47.5
オランダ	-0.17	72.4	85.5	70.0	82.6	77.4	59.7	60.8	59.4
フィンランド	-0.27	83.8	72.3	58.0	59.4	83.7	54.2	61.9	46.4
韓国	-0.36	63.7	67.6	55.4	71.8	81.5	38.2	73.9	31.0
日本	-0.41	67.6	60.6	43.7	54.0	90.6	48.1	83.4	28.3

14

(7) 生徒の数理科学の学力には格差がある  
 性差による格差：数理科学

PISA2012・国名	男子：平均得点	女子：平均得点	男女差：得点差
フィンランド	517	620	-3
シンガポール	572	575	-3
アメリカ	484	479	5
台湾	563	557	5
上海	616	610	6
フランス	499	491	*9
カナダ	523	513	*10
オランダ	528	518	*10
OECD平均	499	489	*11
イギリス	500	488	*12
オーストラリア	510	498	*12
ドイツ	520	507	*14
ニュージーランド	507	492	*15
アイルランド	509	494	*15
香港	568	553	*15
イタリア	494	476	*18
日本	545	527	*18
韓国	562	544	*18

・小中学校の算数・数学の得点では男女差はない。(TIMSS2011)  
 ・数理科学本来の探究的な学び  
 「直接的な推論を行うだけの文脈において場面を解釈し、認識できる」というレベル2以下の生徒の割合が約4分の1 (PISA2012)  
 ⇒ 国内調査でも得点分布から同様の傾向  
 ・その他の格差経済状況により格差：教育全体

15

3. 教師・教室の現状：実施したカリキュラム  
 (1) 小学校教師の評価は国際的には高い

小学校教師の国際的な評価の高さ

- ・高校までの必修の数学
- ・現職教育としての授業研究(Lesson Study)

授業研究を中心として開発されてきた指導法：

児童生徒の多様性を活かす指導(小中が中心)

- ・多様な考えを生かす
- ・オープンエンドアプローチ
- ・発展的な問題づくり
- ・社会とのつながり



長崎栄三(2013)「数学教育の理論・実践を創出するための探究志向のアプローチ」  
 日本数学教育学会第46回秋期研究大会発表集録, pp.21-28.  
 ステイグラー他(漢三郎訳)(2002)『日本の算数・数学教育に学べ—米国が目指すjugyou kenkyuu』教育出版。

16

(2) 高校の数学の指導の状況

あなたは、日頃の授業などにおいて、どのような指導をしていますか。	よくしている	どちらかといえばしている	肯定的
(1) 例題を丁寧に説明する	73.1	20.6	93.7
(2) ある問題について考えたらそれに似た問題を考えさせる	45.0	43.1	88.1
(3) できるだけ多くの問題を解かせる	46.9	40.6	87.5
(4) 論理的に考えることが大切であることを説明する	39.4	46.9	86.3
(5) 1つの問題についていろいろな考え方をさせる	16.3	46.3	62.6
(6) 数学を発展させる考え方について具体的に説明する	14.4	43.1	57.5
(7) 自分の考えを述べるときは、根拠が適切かどうか確かめさせる	15.0	41.9	56.9
(8) 実社会での数学の応用例を取り上げてその考え方を説明する	21.3	35.0	56.3
(9) 複数の情報から必要な情報を選んで使わせる	8.8	36.9	45.7
(10) 反例を挙げることが必要な問題場面を設ける	7.5	36.9	44.4
(11) 生徒に自分の考えや意見を発表させ、話し合わせる	8.8	22.5	31.3

高校の数学の授業では生徒は一人で考え、教師は説明をする。生徒同士が話し合うことは少ない。

国立教育政策研究所(2013)『特定の課題に関する調査(論理的な思考)』

17

(3) 指導への試験の圧力

・小中学校の悉皆の学力調査の圧力：地方の首長

趣旨：現行学習指導要領の前宣言(B問題：思考力、表現力、判断力)  
 1960年代の全国学力調査の失敗の繰り返し

順位の発表で首長・議会から圧力、不正が行われる

何のためのテスト？ テストでみんなの学力は上がるのか、副作用は

高校でも「高等学校基礎学力テスト」(仮称)

2019年度から希望者に：

・中学・高校の入学試験

目的が入学試験問題が解けることに(社会が望む?)

入学試験の圧力：教科書の改善も拒む

すべての内容を指導しなければならない

：発展、練習の内容を入れられない

それどころか、入試問題集に

18

#### (4) 試験の圧力: 歴史から

小倉金之助『数学教育の根本問題』(1924、イデア社)  
 「何故に生徒は数学で苦しめられるのか、何故に学校を出れば忘れてしまふのか、何故に数学は殆んど生活と没交渉なのか、何故に学校では能率の上から数学を教へるのか」(p.4).  
 ⇒ 国際的な数学教育近代化運動  
 1901年のイギリスのベリーの講演『数学の教育』を引き継いだ  
 当時の主張: 実世界を重んじること、難問主義を排すること、  
 試験のための数学から脱却すること  
 ⇒ 学校で出会う数学は、人間を選別する「篩としての数学」か。  
 (ハウスン他、1987)

入学試験が、教育目標、教育内容、教育方法を支配する  
 ……テスト主義教育

天野都夫(2007)『増補 試験の社会史』平凡社ライブラリー。  
 ハウスン他(島田茂他監訳)(1987)『算数・数学科のカリキュラム開発』共立出版 19

#### 4. 教科書の現状: 意図したカリキュラム

##### 教科書の国際比較

アメリカ、カナダ、イギリス、フランス、ドイツ、フィンランド、オランダ、韓国、中国、台湾、  
 日本: 検定、使用する義務  
 ・検定は欧米のほとんどの国ではない。  
 ・採択権限はアジアは教育委員会や学校であるが、欧米は学校や教師。  
 ・供給はアジアは無償給与か有償であるが、欧米は無償給与が多い。  
 ・使用義務はアジアにはあるが、欧米にはない。  
 ・ほとんどの国は、日本よりもページ数が多く当然値段も高い。  
 ・各国で探究的な扱いなどの内容への多様なアプローチがなされている。  
 ・各国が児童・生徒の多様性に応じて練習問題を増やすなどの対応している。  
 ・ほとんどの国が、実世界との関わりを強め、他教科の内容を扱っている。  
 ・多くの国がICTを積極的に取り入れている。  
 ・算数・数学を学ぶ意義を、学習者や保護者向けに明示している国もある。

公益財団法人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』公益財団法人教科書研究センター。 20

#### 5. 社会からの要請

##### (1) 数学的リテラシー

科学技術の智プロジェクト・数理科学専門部会  
 「すべての成人」が持って欲しい数学的リテラシー  
 「数学とは」: 数学の基礎は数と図形である。数学は抽象化した概念を論理によって体系化する。数学は抽象と論理を重視する記述言語である。数学は普遍的な構造(数理モデル)の学として諸科学に開かれている  
 「数学の世界A: 数学の対象と主要概念」: 数量、図形、変化と関係、データと確からしさ  
 「数学の世界B: 数学の方法」: 言語としての数学、問題解決・知識体系の構築としての数学の方法

Eizo Nagasaki(2015), *Mathematical Literacy for Living in the Highly Information-and-Technology-Oriented 21st Century: Mathematics education from the perspective of human life in society. Selected Regular Lectures from the 12th International Congress on Mathematical Education*, Springer, pp. 607-628.

科学技術の智プロジェクト(2008)『数理科学 専門部会報告書』科学技術の智プロジェクト

米国科学振興協会(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』日米理数教育比較研究会(三慶総合研究所内) 21

##### (2) 「数学」から「数理科学」へ

数理科学: 日本学術会議・数理科学分野の参照基準検討分科会  
 大学学部の数理科学分野の教育  
 数学と実世界の関係を見直し、  
 「数学」に加え、「統計学」、「応用数理」をも含めて「数理科学」としている。

数理科学分野に固有の能力とともに、ジェネリックスキルとして、  
 数字を批判的にとらえる思考力と感覚、本質を見極めようとする態度、抽象的思考、物事を簡潔に表現し、物事を的確に説明する能力、誤りを明確に指摘する能力、未知の問題に積極的に立ち向かい、冷静に分析し対処していく態度

日本学術会議数理科学委員会数理科学分野の参照基準検討分科会(2013)『報告 大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準 数理科学分野』日本学術会議。 22

#### (3) コンピテンシー・スキルの育成を

1960年代: 社会の急激な変化に対する教育の必要性が顕在化  
 ユネスコ: 生涯教育を提唱、学ぶことを学ぶなど  
 1996年、生涯学習の4本柱として、「知ることを学ぶ」、「為すことを学ぶ」、「共に生きることを学ぶ」、「人間として生きることを学ぶ」  
 21世紀: 持続可能な社会、グローバル化、高度情報化社会など、社会の変化に対応する教育の目標として、経済界などを中心に社会で必要とされるスキル、コンピテンシー(能力と態度など)の重要性が叫ばれ始めている。  
 最近では、国際的にも国内的にも、教育目標として種々の能力  
 批判的思考、論理的思考、抽象的思考、創造的思考、分析的思考、  
 コミュニケーション能力、協働的学習能力、ICT活用能力など

グリフィン他(三宅なほみ監訳)(2014)『21世紀型スキル 学びと評価の新たなカタチ』北大路書房

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。 23

#### 6. 数理科学教育史の教訓

##### (1) 国際的な動きを振り返ってみると

##### 初等・中等教育における算数・数学教育

20世紀後半から国際的に  
 教育内容として 数学的な内容とともに数学的な方法を  
 1979年、ユネスコ『New Trends in Mathematics Education』(ICMI編) 数学的モデル化  
 1980年、アメリカ全米数学教師協議会(NCTM)『An Agenda for Action』 問題解決  
 1982年: イギリス・コッククロフト委員会『Mathematics Counts』 コミュニケーション

世界的に大きな影響 数学の方面への着目は学校数学のカリキュラムにも反映  
 1989年: イギリスの『National Curriculum』「数学を利用し応用すること」(問題解決、コミュニケーション、数学的推論)  
 2000年: アメリカのNCTM『Standard 2000』内容基準とプロセス基準(問題解決、推論と証明、コミュニケーション、つながり、表現)  
 2000年: PISAの数学的リテラシー

長崎栄三(2007)『数学的な考え方の再考』「算数・数学の力へ」『算数の力』東洋館出版社。 24

(2) 国内の動きを振り返ってみると

1940年代:旧制中学校での「数学 第一類」「数学 第二類」  
 中等教育への、微積分、確率・統計、近似式の導入  
 「既成の数学の注入を排し、事象の即して数理を発見し」  
 「問題には具体的素材を多く取り、事象を数学化し…」  
 1950年代(戦後直後):小中高校での単元学習  
 社会的な問題解決能力の育成  
 1950年代後半(1956年):高等学校・学習指導要領  
 一般教養としての数学的な考え方  
 方法的な内容として「中心概念」  
 いずれも次の改訂で消滅  
 2008・9年  
 小中高校で算数的活動・数学的活動  
 長崎栄三(1980)「数学第一類・第二類の検定教科書の編纂とその思想—戦時下の中学校数学教育—」『国立教育研究所研究集録』第21号, pp. 43-58.  
 長崎栄三(2013)「高等学校数学科における「中心概念」の誕生とその後」『日本数学教育学会誌』第95巻数学教育学識随時増刊, pp.249-258.

数学者の批判  
 ・数学の体系による批判(岩波『科学』13巻9号, 1943)  
 ・てんぶら単元

中心概念  
 a. 概念を記号で表わすこと。  
 b. 概念・法則などを拡張すること。  
 c. 演繹(えんぎ)的な推論によって知識を体系化すること。  
 d. 対応関係・依存関係をとらえること。  
 e. 式や図形について不変性を見いだすこと。  
 f. 解析的方法と図形的方法の関連。

7. 今後の課題

(1) 誰のための数理科学教育か

すべての人々のため  
 多様な人々が意義を分かり、意欲的に、そして自信を持って  
 ・小中学校:多様な児童生徒、自由な考えや意見を  
 ・高等学校:必修数理科学以降の生徒の旅立ちを見据えて  
 理数系大学進学、非理数系大学進学、就職  
 それぞれに有用な数学の姿を経験する  
 「後で分かる」ということはない  
 何のための数理科学教育:人間的、実用的、文化的  
 1つの数学から、多様な数理科学に  
 数理科学の規則性を考える、証明で体系化をする、数理科学を使う  
 アーネスト著(長崎栄三・重松敏一・瀬沼花子監訳)(2015)『数学教育の哲学』東洋館出版社。  
 26

(2) 数理科学教育と現実世界をつなげる

・数理科学教育の意義:民主的な社会からの要請  
 誰でもが、社会において数理的な判断を求められる  
 その背後では数理科学的思考必要  
 ・社会の諸セクター(工学系、社会科学系、人間科学系など)からの要請  
 ・数理科学からの要請  
 大学の数学が「数理科学」に:現実と数学の距離:数学的モデル化  
 ・小中高の数理科学で、社会とのかかわりを明示的に考える  
 課題学習の活用、総合的な話題、  
 「数理科学と現実世界」という内容領域を新設する。  
 現実世界を考えるには「価値観」を考えることが必要  
 ビショップ(漢三郎訳)(2011)『数学的文化化—算数・数学教育を文化の立場から展望する—』教育出版。  
 27

(3) 数理科学教育で育成できる力を明確に

数理科学の方法を身に付け、「力」とする  
 社会の問題場面で力を発揮できるようにする  
 ・概念を創り出す  
 ・概念間の関係をつける  
 ・概念を確証する  
 ・概念を使う  
 ・概念を表現し対話をする  
 算数的活動・数学的活動  
 ・既習の数学をもとに性質を見だし  
 発見させる  
 ・日常生活や社会で数学を利用する  
 ・数学的な表現で説明し伝え合う  
 内容と方法が一体化した中での数理科学的活動  
 「数理科学の力」、「数理科学的思考力」の構造化と育成  
 社会で期待されるより汎用性の高い力の育成へも  
 長崎栄三(研究代表)(2007)『算数・数学において育成する諸能力とその系列に関する研究』国立教育政策研究所研究資料集。  
 長崎栄三(2007)「今なぜ算数・数学の力が注目されるのか」『算数・数学の力の構造化』『算数の力—数学的な考え方を乗り越えて』東洋館出版社, Pp.18-27,40-61, 28

(4) 数理科学教育の内容の検討

・現在ある内容について、たとえば次の原則を基に再検討  
 a. すべての児童生徒が取り組む(必修部分)  
 b. 現実世界との関係  
 c. 小中高校の数理科学の系統性  
 d. 社会で使えるコンピテンシー  
 ・現在ない内容について、学会、社会等からの要請をもとに検討  
 現在ある内容の再検討の候補  
 ・図形(小～)、関数(小～)、統計(小～)、確率(小～)、ICT(小～)…  
 ・近似値・単位の扱い(小～)  
 現在ない内容の検討の候補  
 ・三角比(中)、行列(高)、離散数学(高)…  
 29

(5) 数理科学の教科書のあり方

数理科学のあり方・目標・内容の考え方を反映させる  
 ・数理科学と現実世界のつながりに配慮する  
 他教科の内容を取り入れる  
 ・数理科学の方法に配慮する  
 数理科学を学ぶ意義について記述する  
 対話を積極的に行えるようにする  
 ICTの積極的な利用を図る  
 生徒の多様性に配慮する  
 ・発展的な話題を取り入れる  
 ・下学年の内容を含めた練習問題を豊富にする  
 30

### (6) 児童生徒が主体となる数理科学の指導・学習を

児童生徒が自分の考えを示す・・・主体的

唯一の「正しい」考えを教え込むのではない

児童生徒の素朴な考えを大事にして指導で活かす

児童生徒が話し合って考える・・・協働的

対話という「相互作用」で互いに変わる

しかも、「すべての」児童生徒が話す

総合的な話題を工夫する・・・現実世界との関係、長い転移

プロジェクト学習、グループ学習、ICT活用

児童生徒の学びを見取る評価を

大橋理枝(2015)『「日本」という土壌』『科学技術リテラシーに関する課題研究報告書 改訂版』科学技術振興機構, pp.37-62.

長崎・長尾・吉田・一楽・渡辺・國宗編著(2004)『授業研究に学ぶ 高校新数学科の在り方』明治図書。

稲垣佳代子・波多野雄余夫(1989)『人はいかに学ぶか 日常的認知の世界』中公新書。

31

### (7) 高校と大学学部で必要な数理科学の接続へ

大学入学試験の機能: 関所・学術の基準確保とそのための選抜

数学の入学試験が行われている: 関所が機能して学力低下論が聞こえない?

数学の入学試験が行われない: 関所がなくなり学力低下論がなりやまない

入学試験の復活は無理: 生徒の減少と大学の経営

なぜか: 数学の理論的・体系的な知識・技能を要求する

高大ともに意識の改革が必要: 数理科学の接続

高校: 多様な高校生の要求に応える: 理数系大学、非理数系大学、職業系

・数理科学の式表現よりも、表、数、グラフ、図的表現からの意味の解釈

・問題状況・場面、グループ学習、現地調査

大学: 多様な学生に応える工夫?(または職場でも?)

・数理科学のプロセスが必要な学生同士の議論(グループ話し合い、ゼミ)

・数理科学のプロセスをブラックボックスにして入出力の意味の解釈

・思いこみの小中高の学習履歴に頼らない。「使わなければ忘れる」

同じ数学的表現でも分野によって規約が異なることを意識する。

言葉にする工夫、たとえば、自然数の四則で説明する。道具を上手く使う。

32

### (8) 数理科学教育の目的に沿った教員養成を

中等教員養成: 大学理学部の数理科学教育法

初等中等教育の数理科学教育の目的

人間形成的目的、実用的目的、文化的目的、そして、数理科学とは

・・・受験のための数学になっていないか

中等教育の数理科学教育に沿った内容

・数理科学を生成的に考えさせていく。

・数理科学の実世界の応用を考えさせていく。

・指導と学習を区別する。生徒の考えから始める。

中等教育の数理科学教育に沿った方法

・生徒との対話を

現職教育の重要性

・生徒の理解と指導法の更新

33

### (9) 数理科学・数理科学教育についての社会への働きかけ

3つの神話: こんなことが世間に広がっていないでしょうか

1. 数理科学は社会的有用性がない(なくてよい)。

2. 数理科学の能力には性差がある。

3. 数理科学教育の目的は入試のためだけにある。

数理科学・数理科学教育に関わる人々は多様な形で社会に働きかけたい。

数理科学を学ぶということは、これからの社会で生きていくための基礎となる能力を身に付けているのだと。

ご清聴ありがとうございました。

34