



じっきょう

数学資料

No. 82

巻頭 高大接続—新指導要領—高等学校教科書 数学科

東京大学名誉教授 岡本 和夫

少し前、2014年12月の中央教育審議会答申『新しい時代にふさわしい高大接続の実現に向けた高等学校教育、大学教育、大学入学者選抜の一体的改革について』にまとめられた教育改革は、大学入試に特化されて議論され、何故か、あるいは当然か、一旦頓挫した。2018年3月の『高等学校学習指導要領の全部を改正する告示』によれば、今回の指導要領の改訂でも統計が重視されている。数学という教科の中で扱う統計は統計学の一部であるが、統計の基礎の大切な一つは数学に由来する。

間もなく2022年度から新しい教科書が使われるが、それに先立ち大学入試センター試験は大学入学共通テストと名前を変えて、コロナ禍の中、実施された。

今、新しい教科書を世に出すにあたり、筆者は教科書編修の傍ら教育の現状はもちろん社会的に取り上げられている課題を考慮しつつ、数学の在り方についても改めて自ら問い直した。個人的な考えではあるがその一端を紹介することで巻頭言としたい。

感染症に関するSIRモデルは、データに基づく古典的数理モデルで現在も研究されている¹。

¹ 授業との関連については、じっきょう数学資料 No.81 参照

しかしコロナ禍でこのようなモデルの解析による予測がなされたとき、これに対する社会の反応は私にとって残念なものであった。世の中すべてが数学を使った解析の詳しい話を聞かなくてもかまわないが、数理モデルについての全くの無理解がテレビのコメンテータや政策決定に関わる人たちにまで及んでいることが分かってしまった。数学的な見方・考え方を身に付けることの重要性は中等教育の目的にも関係する重要な要素であるはずが、社会で共有されてはいない。言い古されたことではあるが、数学的な見方・考え方という原点に戻って教育を考えることが不可欠である。

数学的な見方・考え方と統計的な見方・考え方は確かに同じではない。この二つの立場を区別するためには、まずそれぞれがどのような形をしているのか理解していることが重要である。基礎科学としての数学から見れば、統計学は自然科学への導きであり、社会生活に関係するいろいろな理解への道でもある。数学的な考え方、統計的な見方、が全く理解されていないのならば、総合的・俯瞰的な判断はできないと思われる。その意味で成程、学校教育法にも言う「学力の三要素」つまり、「知識・技能」、「思考力・判断力・表現力」、「主体性・多様性・協調性」は重要だ。

も く じ

巻頭	
高大接続—新指導要領—高等学校教科書 数学科…	1
特集	
新課程 数学教科書のご紹介……………	4

特集	
コロナ禍で行ったりリモート授業の記録……………	10
大学研究室探訪	
明治大学 総合数理学部 FMS 学科……………	18

高等学校数学科の指導要領は、内容については大きな変更はない。形の上では『数学C』が復活した。科目としての『数学活用』がなくなったが、この内容は『数学A』、『数学B』、『数学C』に分散して残っている、というより強化されている。いずれにせよ、全部学ぶ生徒にとってはこれまでと変わらない。注意しなければいけないことは『数学C』、『数学B』が下の図のように横並びとなったことである。すなわち『数学Ⅲ』・『数学C』ではなく、『数学Ⅱ』・『数学B』・『数学C』となった。一時期問題となった「ベクトルを学ばない文系生」問題は見かけ上の必然ではない。

数学Ⅰ (1) 数と式 (2) 図形と計量 (3) 二次関数 (4) データの分析	数学A (1) 図形の性質 (2) 場合の数と確率 (3) 数学と人間の活動	
数学Ⅱ (1) いろいろな式 (2) 図形と方程式 (3) 指数関数・対数関数 (4) 三角関数 (5) 微分・積分の考え	数学B (1) 数列 (2) 統計的な推測 (3) 数学と社会生活	数学C (1) ベクトル (2) 平面上の曲線と複素数平面 (3) 数学的な表現の工夫
数学Ⅲ (1) 極限 (2) 微分法 (3) 積分法		

大学入試センター試験を後継とする大学入試共通テストでも『数学Ⅱ・数学B・数学C』を教科とする方向に動いている（2021年1月現在）。とするといわゆる文系生にとっては受験上の負担増となるわけで、教育の現場にも影響は大きい。

これに加えて上述の統計関連単元の重視について一般的な傾向を強調する代わりに社会の大きな動きを紹介したい。そのために、「数理・データサイエンス・AI教育プログラム認定制度検討会議」の報告²から引用する³。報告書の冒頭には「人々の格差や弱者を生み出さないために、幼児教育や初中等教育において幅広くリテラシー等の教育の機会が提供されるほか、社会人や高齢者の学び直しの機会の提供が求められる」とある。リテラシー・レベルの教育プログラムは大学・高専卒業生全員（50万人／年）が対象、そのうちの半数に「AI応用力の習得」を求めるという。

² 「数理・データサイエンス・AI教育プログラム認定制度（リテラシー・レベル）」の創設について、2020年3月

³ 詳細は内閣府のホームページ等からダウンロードできる。

そのための課題として、この報告書の終わりの部分には今後の課題がまとめられている。その一つを以下に引用する。

大学入学時点の基礎的要素の底上げ及び習熟度の把握について、リテラシー・レベルの習得を実現するためには「高等学校段階においては、データサイエンス・AIの基礎となる数学（確率・統計）・情報等の素養については、その活用力について「理系／文系」による差異をなくし、大学等に入学する者全てが一定程度の知識と活用力とを習得していること」が望ましい、と述べられている。

少なくとも、わが国で永く続いた、理系／文系を数学で分ける時代の終わり、の始まりである、ともいえよう。それ以上に、数学的な見方と統計的な見方の違いを理解し活用できることは、むしろ文系の者に求められる。社会の具体的な場面で政策決定を行う人たちが彼ら／彼女ら、なのである。

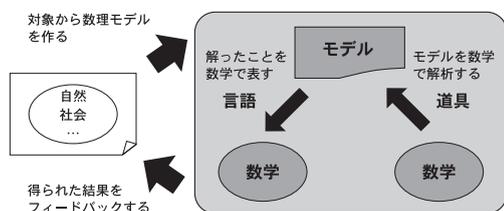
数学の形について本稿の筆者はこれまでいろいろな場面で話したり書いたりしてきた⁴。数学の形を考え議論することは数学的な見方を身につける上で大切であり、以下にその一端を紹介する。とは言っても、数学とはいかなる学問であるか、という大問題を論じるつもりはないので、まずは数学の役割について考えてみよう。

数学には三つの働きがある。すなわち「言語としての数学」、「道具としての数学」、「対象としての数学」である。まず「対象としての数学」は作り出させるものである。その本は自然現象、社会の様相などあるがそこから数学として扱う対象を作る。この過程がモデル化、数理モデルを作ること、である。モデル化する対象は数学の外だけではなく、数学そのものでもありうる。たとえば「図形」とか「代数方程式」、「関数」等。

このモデルを調べるときには「道具としての数学」が大いに働く。その解析の結果として得られたものを「言語としての数学」で表現する。こう

⁴ 「数学 理性の音楽」薩摩順吉氏、桂利行氏と共著、東京大学出版会

して初めて結果が新しい「道具としての数学」として働かし、「対象としての数学」となることもある。数理モデルを作り、数学で調べ、結果を数学で表す、この一連の働き全体が数学の形を造っている。数学の形全体を単に「数学」と呼んでもいいだろう。最も重要なことはこの「数学」の結果を本の現象にフィードバックすることである。これを図式化すると次のようになる。



この図で、フィードバックする過程は必ずしも数学の役割とは言えない。たとえば感染症の数理モデルの解析を考えてみよう。それにより得られた結果が社会的に到底容認できない場合には、社会に対しロックダウン、三密を避ける、などの介入が行われる。その介入が適切ならば悲惨な結末が避けられるわけだが、数理モデルについてみれば介入はパラメータの値の変更に現れる。古典的なSIRモデルは微分方程式で表されるから解析は簡単ではないが、全体の働きは理解が難しいものとは言えない。

対象となる現象が社会に関わることで対象となる数理モデルが統計モデルである場合でも「数学」に関係する部分は他の数学と変わらないが、得られた結果をフィードバックするときには検証が必要である⁵。「不確定的な現象をくり返し観測する中で不変なことを見つける行為」⁶を通してモデルを作る時はもちろん、現象に戻すときに統計的な見方・考え方が必要となる。

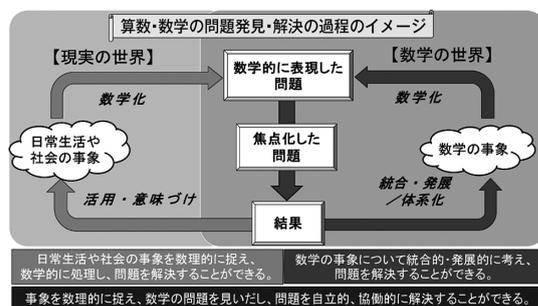
以上述べている数学の三つの働きや数学の形の話は高等学校数学の範囲でも理解できるはずである。今回の指導要領改訂では探究がキーワードの一つである⁷。理科や社会科の諸科目で探究が強

⁵ 数理モデルの再考が求められることもありうる。

⁶ じっきょう数学資料 No.62 の景山三平氏の論考から引用

⁷ 授業との関連について、じっきょう数学資料 No.80 を参照

調されているように思える。数学については普通のことだが、たとえば対象が図形ならばどのような性質に注目するか、から学習あるいは探究が始まる。問題発見・解決の過程を表す図として多用されているのが次図である。筆者が提示している数学の形と学習過程の形は対象が違うから、この図から直ちに教育現場での数学について何か言えるものではない。少なくとも私の考える「数学の形」と矛盾はしていない。



最近のキーワードをもう一つ上げればデジタル化であろう⁸。行政の場面はともかく教育の現場では状況は様々で、紙ベースで昔ながらの授業をしている日本の高等学校の一つと、デジタル化された授業を展開しているどこかの国の高等学校の一つを挙げて、遅れている、進んでいる、と言っても先に進まない。達成度などのエビデンスもなく比較していること自体に後進性が表れているともいえるが、筆者の知る現代日本の高校生は図形ソフトなどを上手に使って面白い性質を発見し普通に証明している。ICT環境など制度面では遅れているが現場レベルでは差が大きく、教育でのデジタル活用は進んでいない、というのが現状であろう。数学については、これまで積み上げてきた算数・数学の教育の成果と経験の上に、発想の転換が必要となるだろう。

新しい時代の数学も結局は現場の教育次第である。私たちの教科書が教える方にとっても学ぶ方にとっても、一助となることを期待している。

⁸ じっきょう数学資料 No.79 の渡辺美智子氏の論考を参照