

「数学をどう使うか」をどう教えるべきか、教えない方がよいか：
情報科学とデータ科学の視点から

東北大学大学院情報科学研究科 徳山 豪

“The most painful thing about mathematics is how far away you are from being able to use it after you have learned it.” 数学史家の James Newman の至言である。日本では数年前に鹿児島県の知事（東大卒）が「女の子にサイン・コサインを教えて何になる」と発言して、女性蔑視という批判に対して「サイン・コサインは私も使っていない」と弁解している。彼も交流の電気は毎日使っているとは思うのだが、エンジンの仕組みがわからなくても車が運転できるのと同じで、「数学を使っている実感」がないのだろう。

一方で、数学という学問が人材育成にとって要であり、数学を学ぶ学生に、その実用性や、自分の将来にとっての必要性を実感してもらうことは非常に重要である。筆者が所属する日本学術会議の情報学教育分科会では、現在「情報教育の参照基準」を作成中であるが、ここでも、知識体系としての情報の原理や情報の表現・認識・分析、計算とアルゴリズムなどはもちろん、ジェネリックスキルとしての

- 創造性—想像力、構想力、想像力
- 論理的・計算論的思考—論理的思考能力、論理的緻密さ、演繹能力、概念化・モデル化・形式化・抽象化を行う能力
- 課題解決・問題解決—問題発見能力、問題解決能力、システム思考、クリティカルシンキング

などの教育の多くの部分は、数学教科で教えることが想定される。また、数学のタレントを集める米国の情報産業などに太刀打ちするためにも必要であるし、米国の CS for All プロジェクトのように、「計算機科学とデータ科学を早期教育することが、将来子供たちが良い職に就くには必須」という近未来予測に対応するためにも重要であると考えており、ぜひ数学に早くから学生が興味を持つような教育の構築を希望している。

では、現状はどうだろうか。最近 6 年ほど、東北地区から選抜した 60 名ほどの高校生に向けた「科学者の卵セミナー」で「理論計算機科学への招待—数学を使った実社会の問題解決」というタイトルで 2 時間の講義をしている。担当者によると、「数学専門の先生に頼むと話が硬すぎる」ということで、参加者の評判は良いらしい。この講座のレポートの選択問題で、「あなたの好きな数学の公式（数学以外の科学でもよい）で好きなものをあげて、それが社会の役に立っているかどうかを述べなさい」という設問を出している。

それを見ると、「高校生だと、数学がどう役に立っているかは全く意識しない」というのが判る。一番人気はピタゴラスの定理だが、「役に立っているとは思わがわからない」というのがほとんど。余弦定理を含めた三角関数という答えも多いが、「ピラミッドの高さを測るのに使えるらしい」「建築に使えると思う」など。オイラーの公式 $e^{i\theta} = \cos \theta + i \sin \theta$ をあげる学生もいるが「美しいが世の中の役に立っているとは思えない」という感想。ニュートンの運動方程式、ボイル・シャルルの公式やアインシュタインの $E=mc^2$ などをあげる学生はさすがに「役立つ」ということは判るのだが、それでも「〇〇を計算するのに役立つ」というように、受験問題を解くのに役立つというメンタリティーが多い。これで良いのかしら、というのが筆者の悩みで、「自分の夢を実現するために数学を学ぶ」という教育はできないかというのが問題提起である。

でも、高校までの間に、どうすれば数学の利用を教えられるだろうか？ 先に書いた「ピラミッドの高さを測る」というのは、これは古代ギリシャのタレスの逸話として学校で教わるからこういう答えになる。もちろん科学史としては素敵な話なのだが、現代の生活では実感がないのではないだろうか。また、小学校で教わった鶴亀算、旅人算、流水算などは、「問題をどのように定式化するか」という訓練にはなるのだが、どうも「こんなことができても何が嬉しいの？」という逆効果を（特に父兄に）与えるだけのように思う。「数学を使って何ができるか」ということを教えるには、やはり驚くようなこと、夢のあること、実生活に直結することが数学でできることを示さないといけないと考えている。

では、どんなテーマで、ということになる。テレビにしても飛行機にしても電子レンジにしても、さらにはスマホにしても、最先端技術には必ず数学の関与はあるのだが、電磁気や物性について高校の数学で説明するのは至難の業であり、さらに実験なしに数理のみで説明できるものでは到底ない。また、若者が一生を懸けたいと思うような自然の神秘の解明、例えば、物質とは何か、宇宙はどうなっているか、生命とは何か、感情や意識は何か、生体の仕組みはどうやってできたか、脳の仕組みや知性とはなにか、社会とは何か、といった謎と数理の関係を示すのも、これも大作業で、どうやっていいか皆目わからない。

実際、筆者が最初に数学の必要性を実感したのは、大学に入って、一年生から物理の講義でハミルトニアン、電磁気ではマクスウェル方程式、化学では軌道のエネルギー計算が出てきて、これは数学ができないと何もできないぞと構え直した時である。ところが、当時の体験だと、物理でハミルトニアンが出てくるころにはまだ線形代数の講義は行列式の定義くらいまでしか行っていないので、基底やスペクトル分解を学ぶ前に固有方程式を物理で解かされるのが実情であり、クラスのほとんどが落ちこぼれる現状であった。筆者は現状を良くは知らないのだが、大学になったら、他の学問に先行して、重要な科学の神秘に「数学がどう使われるか」をまず教えることは可能であるし、非常に重要だと思う。

さて、話を戻して、高校生でも実感できる夢のある「数学の利用」を示さない限り、大概の学生は「受験のための数学」に嫌気がさすというのが筆者の懸念である。そういう観点で考えると、情報科学、特に最近はやりのデータ科学は非常に魅力のある対象である。数学を使う局面は非常に多く、また、通常の科学で必要な実験や観測をフィールドで行う必要はないので、説明はしやすいのかなと思っている。そして、21世紀に入ってから、情報科学技術はすべての若者に身近になるとともに、数学とアイデアだけで実現が可能なITドリームは魅力がある。特に、筆者の専門とするアルゴリズム理論は、ほとんど数学そのものであり、そのエッセンスは高校生にも、あるいは中学生にも説明できるものである。なぜなら、高校までの数学は、すべてアルゴリズムの説明であるか、そのための道具とっていいからである。一方で、その社会への影響は大きく魅力的で、若い年代に実感が持てるものである。

たとえば、J. MacCormick の「未来を変えた9つのアルゴリズム」には、下記の9つのトピックがあり、四則演算以外の数式は全く使わずに解説されている。

サーチエンジン	Finding needles in the world's biggest haystack
ページランク	Technology that launched GOOGLE
公開鍵暗号	Sending secrets on a postcard
誤り訂正符号	Mistakes that fix themselves
パターン照合	Learning from experiences
データ圧縮	Something from Nothing
データベース	The quest for consistency
デジタル認証	Who really wrote this software?
計算可能性	What is computable?

このようなテーマを用いて数学の魅力を語るのは、日本の未来を託す人材の育成に重要ではないだろうか。

講演では、いくつかの例を示しながら、数学の利用について聴衆と議論できれば幸いである。