

リテラシー・ツール・文化としての数学 一般人のライフステージにおける数学とは

科学ジャーナリスト 内村 直之

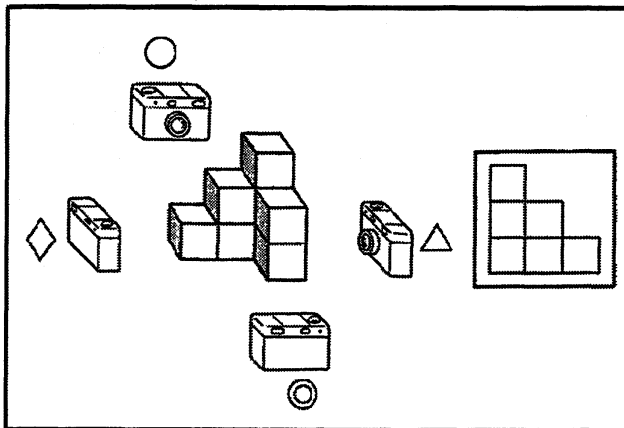
(朝日新聞社)

数学者が数学の供給者であるなら、数学の需要者もある。数学をツールとして、リテラシーとして、あるいは文化として受け取る立場から教育数学を考えてみる。ライフステージを追って数学と普通の人との関係を見るとどうなるだろうか……。

人生で人は数学に何回か出会う。その回数も深さも人によって違うだろうが、日本の教育の中ではどうしても出会わざるを得ないのである。改めてそのステージを追ってみよう。

人は生まれた時から数学に囲まれている……わけでもない。子育てをした経験から、最初に出会う数学はおやつの分け方である。「半分ずつにする」というのは分数 $1/2$ の発見であり、「大きい方を取る」は不等式 $x > y$ の解の発見といえる。それは親の保護の下では微笑ましい能力だが、戦いの時は来る。お受験である。

たかが小学校入試というなかれ。たとえば、学習院初等科の問題



四角内の図はどの方向から見たのか

というのは、立派な幾何学的把握能力を試す問題である。「 x 個のりんごを y 人で分ける」という数量能力も試されるのである。

中学校入試の問題はさらに過酷な抽象化能力を求められる。たとえば武蔵中学校の問題は

4 ○ は 6 を表しています。いくつかの ○ をたて、横に並べて数を表すことにします。
たとえば、

○○ は 12, ○○ は 36, ○○○ は 42, ○○○○ は 222, ○○○○ は 258
を表します。さらに、いくつかの ○ に記号 | を組み合わせると、

○|○ は 1, ○○|○ は 2, ○|○ は $\frac{1}{6}$, ○○|○○ は $\frac{2}{3}$, ○○○|○○ は 6
になります。このとき、次の問に答えなさい。

(1) ○○○|○○ が表している数を答えなさい。

答 ()

(2) ○ を 8 個と記号 | を 1 個用いて、3 を表すものを 4 つあげなさい。

小学校の算数という枠内でありながら、生徒の「アタマの柔らかさ」を測るために工夫され

た問題を出そうとしているのがわかる。もちろん、大人がやってもややこしい計算にてこずる問題もあるのだが……

次は高校で学ぶ数学について考えてみる。大学での理系科目の前提であり、高校でも物理、化学などの基本を支えている。しかし、そのカリキュラム（学習指導要領で示されている）は数年ごとにいじくりまわされ、ある部分（たとえば複素平面の幾何学）は出たり入ったり安定することがない。さらに、日本の高校だけでしか通用しない不思議な定義がある。微分の逆操作として定義された不定積分（原始関数）を用いて

$$\int_a^b f(x)dx = [F(x)]_a^b = F(b) - F(a)$$

で定積分を定義するのである。区分求積法での極限の困難を避けるための苦肉の策だったと思うが、数学史の伝統を無視した異様な方法としか言いようがない。これは教科書のストーリーだけであって（「発展的内容」でその事情に触れている場合もあるようだが）、心ある教師はきちんと区分求積法を（もちろん簡単な例示に限るだろうが）教えていると思われる。数学を主とする塾では、堂々と学習指導要領を批判し、大学以後の数学を見据えながら正統的に教えているところもある。高校数学がマトモであって欲しいと思うのは私だけだろうか。

ちょっと文句をいったが、話をもとへ戻す。ここまでは数学は数学という枠内の話であり、リテラシーの範囲に入るだろう。数学の抽象度はさらに増し、訳もわからずに「試験にでるから数学をやる」のであった。しかし、高校数学を駆使すれば相当の内容が具体的に展開できる。実際、物理などでは、実質的に簡単な微分方程式、過渡現象、境界値問題などにも触れていることになるのだから、ツールとしての数学の登場が可能である。問題はそれがあからさまになっていない場合も多いことだ。物理の教科書では、微積分を生に扱うことを見せていない。進度の問題もあるだろうが、せっかくのインターディシプリナリーである。どんどん使えばいいと思う。「数学は役に立つんだ！」という認識が生徒に植えつけられるはずである（物理が役に立つかどうかはまた次の段階の疑問となるが……）。

その先に進もう。人生での最大の障害として数学の能力が問われるのが、大学入試である。入試に出る数学の問題を解くのが得意かどうかで人生の駒の進め方（理系か文系か）を決めなければならないからだ。それなのに、大学入試における数学とはなにか、特に入試問題とはなにか（なんであるべきか）というのが議論されたことは、あまりないように思う。多くの数学者にとっては、「解のある問題」としていわば取り組みがいがいいからなのだろうか？ あるいは、いい入試問題を作るノウハウは門外不出なのだろうか？

高校、予備校、塾で教える教師たちは解いて正解を出すという立場から詳細に分析するが、元をたどってみれば、入試問題を解くことがリテラシーに含まれるのかツールなのかもよくわ

からない。「パズル解きに過ぎないのではないか」と思う人は少なくないと思われる。実は、そうではない、入試問題を解く能力は、十分にそののちの人生でぶつかる問題を解くのに役立つのであるということをもっと大きな声で具体的にいわないと、「人生で二次方程式なんかなんの役にも立たない」といった作家のような人間がさらにはびこるかもしれない。実のところ、二次式あるいはその平方完成というツールは、広い範囲の応用数学で基礎になっているのは一般の人にはあまり知られていないだろう。

さて、数学者にならずとも、大学入試を突破して理学、工学、医学などに進めば数学のツールとしての意味は大きい。米国などでは、科学技術を支えるのは応用数学であるとして、学生の数学能力を高めるためにはどうしたらいいかという問題について、大学レベル・学会レベルでいろいろな動きがある（ペンシルベニア州立大正宗淳氏からの私信）。日本数学会で多少の動きはあるようだが、まだ聞こえてくるほどではないようだ。私は期待したいのだが……

リテラシーといえ、社会における嘘を見破るのにも、数学的知識は重要であると思う。たとえば、精緻な数学で社会や企業の経済状態を読み取りその未来を予測しようとした（いまだにしていると思うが）経済学者や金融工学者たちのなしたことへの批判である。今の世界的な経済状況を見てみると、彼らの暴走を止められなかった責任はだれにあるのか、考えてもいいと思う。その他、医療におけるいわゆる EBM (Evidenced based medicine) データの読み解き方など数学が活躍する場面は少なくない。

さて、理系に進まなかった人にも、数学、あるいは数学者という存在は、いわば知性のシンボルとして魅力的に映るらしい。江戸川乱歩描くところの名探偵明智小五郎は、自らの知性を磨く一つの方法として、高等数学の問題を解くことを自らに課していたのである（受験雑誌である「大学への数学」の「宿題コーナー」や数セミの「エレガントな解答を求む」欄と使って頭の体操をしている方もいる）。私の書いた記事で恐縮だが、「ニッポン人脈記 数学するヒトビト」（2006 年 12 月）ほど、理文を超えた読者にウケた記事を私は書いたことがなかった。

数学は一から説明してもらえばだれにでもわかる文化ではないだろうか。たとえば、赤摂也先生が、立教大学文学部での数学講義をもとに吉田洋一先生と書いた「数学序説」（培風館）のような本格数学文化が実は求められていると思う。日本の数学出版文化は、優秀な数学者に加えて、優秀かつ熱心な編集者に恵まれたこともあって、幅広く高度であると思っている。数学の最先端にいたるまで自国語で勉強できる国はそう多くないはずだ。それは数学専攻の学生あるいはプロ数学者向けのものだが、一般向けのものも厚い伝統がある。少し前の数学者たちの中には、達意の文章で、内容的にも読みでのある数学エッセイをたくさん残している方が何人もいた。私もそういう作品で数学の魅力に惹かれたひとりである。今も、岩波新書などでは時々そういう作品が復刊されることもある。最近登場している数学啓蒙書にも結構レベルが高いものがある。さらに、数学的文化の香り豊かな作品が読めることを楽しみにしたい。

いくつかの注釈

- (1) **数学教育と教育数学** なかなか門外漢にはわかりにくいのだが、数学者が扱う教育と教育者があつかう数学とは若干、認識の差があるらしい。日本数学会と日本数学教育学会という二つの学会の違いは嗅覚としては感じるが、具体的にどう違うか、それは教育を受ける方にとってどう違うか、ということはよくわからない。
- (2) **入試問題について** 数学における入試問題をきちんとアカデミックに研究した例というのはあるのだろうか？もちろん、受験産業界では微に入り細に入り年々の傾向、指導要領との関係など調べているのだが、あくまでも受験生の入試におけるバリエーションを低くするためである。入試問題とその後の学ぶ数学との関係、あるいは数理的な能力との関係などは調べておくべきことだと思う。高校レベルまでの数学の内容というのは、確かに大学教育の基礎となるべきものだが、入試問題というのはまた別の「文化」を持つという印象があるのだ。物理や化学の入試問題はもっと具体的だから、高校レベルと大学レベルは比較しやすいが、抽象的な数学というのは、難しい面がある。
- (3) **応用数学と数理工学** 応用数学、あるいは数理工学的なセンスは、非常に重要だと思う。最近の数学科では応用系の数学を先行した人材を大いにとっていると見えて評価できるのだが、教育面で、そのような応用数学的・数理工学的なセンスを磨くことはまだまだ不足していると思う。昔、森口繁一先生の講義を受けたときにその教育的センスに目を見張ったものだが（そのエッセンスは最近ちくま学芸文庫で復刊された「応用数学夜話」に見られる）そのような教育が、もっと基礎のレベルで会ってもいいように思う。式の形についての知識やカンが必要だが、さらにそれにどんな意味を込めるかということも物理・力学以外の応用をもっと取り込むべきなのではないか。ただ、それが入試で試されることになると、あまりにも材料が多くなりすぎて負担が重すぎることは確かだろう。
- (4) **数学のリテラシー** 311 以後の状況でも感じたことだが、数値できっちりと求め、その意味を理解することは、いろいろな局面で判断するためには不可欠なことといえる。しかし、そういうことができるための力は、一般ではまだまだ不足しているし、専門家でさえも自らの根拠となる数値をきっちりおさえずにいい加減な言説を出してしまうことが多かったように思う。放射能の問題は典型であった（たとえば、牧野淳一郎氏の議論を参照してほしい＝http://jun.artcompsci.org/articles/future_sc/face.html の 97 以下、あるいは公開用日誌 <http://jun.artcompsci.org/journal/journal.html>）。こういう場合にごく簡単な考察で問題となる値のオーダーを求めるリテラシーは万人にほしい。今回は「文化としての数学」を最後に強調したが、実際のところ、数学（簡単な物理や化学の知識も含めて）を使って現状を把握する力の育成は不可欠である。

発表と議論の後に

○ 予稿の文章と注釈、「発表と議論の後に」の間には、9ヶ月近い時差がある。その間には、3月11日の東日本大震災、福島第一原発事故という、日本のだれにも大きなショックを与えた事件が挟まっている。教育と数学、あるいは市民生活と数学という研究会のテーマにもこの事件は大きな関係を持っており、そのことが、しばらく、私の頭を離れていない。問題点だけ思いついたままにさらっておきたい。順不同である。

○ 数学だけではなく、科学・技術を担ってきた科学者・技術者、特にいわゆる「専門家」という存在への信頼が大きく揺らいでいることは誰しも感じている。地震・津波と原発事故の危険性の余地ができず、それどころか、真逆の「安全、問題なし」のキャンペーンにまで科学者・技術者が加担してきたと見られているのである。さらに、問題を把握できるはずの科学者・技術者が（全ての、とまではいかないだろうが）、問題に目を向けず消極的な姿勢を取り続けたということも問題とされる。もちろん、研究・開発・教育を続ける科学者・技術者ばかりでなく、「横」からクチを出してきただけの「科学ジャーナリスト」（私も含めて）にも通じる批判である。

○ これは倫理の問題である。見えているのに黙っていることは許されない。組織の論理にぬくぬくと包み込まれていることも許されない。個人としての倫理を徹底し、義務と考えていかなければならないことを改めて思い出さねばならない。科学・技術と言論は、以前とは変わっていかねばならない（311から半年たち、真摯な反省・自己批判をしている科学者・技術者が見えている一方で、沈黙を守り続けている人たちもいる）。

○ 数学を含む「科学リテラシー」を万人の手にするために、以前から気になる状況について書いておきたい。電子ジャーナル化によって科学技術の専門知識が一部に限られる傾向が出てきている危険性についてである。発表後の議論でも触れ、高橋陽一郎先生からもコメントを頂いた問題である。

海外出版社における科学技術雑誌の電子ジャーナル化とその強引な契約によって、現在の大学図書館では紙媒体に変えて電子ジャーナルで雑誌を購読する場合が非常に多くなっている。アカデミアに属する人々にとっては、自席で読める、ファイリングも簡単、場所も取らない（これは図書館の蔵書スペースの問題も解決する）とあって、その価格以外についてはほとんど問題を感じていないのが実情である。しかし、大学図書館というところは、学外の人間にも公開している場合が多く、そういう人達にとっては、環境は大きく変化したのである。紙の媒体では、だれもが自由に手に取り、読んで、必要ならコピーを取ることもできた。しかし、今、電子ジャーナル化によって、その自由は「アカデミアの人間」のみに限られるようになった。出版社との契約上、アカデミアに属さない人間は電子ジャーナルを使用することが許されないのである。これは、学問の自由という観点からすれば明らかな後退である。

図書館というものは、公共的なもの、あるいはアカデミアに属するものも含めて、各所から流布される情報を集め、不特定多数の情報を必要とする人間に配布する役割を担っていたはずだ。そういう観点からすれば、紙媒体は利用できるのに電子ジャーナルは利用できないというのは、出版社の都合だけで決まっている明らかにおかしな仕組みだ。

テレビの地上波もデジタル化され、新聞もデジタル化が進んできている。こういう動きは明らかに、利用者を囲い込み管理しやすい環境に落とし込もうというメディア側の作戦である（デジタル波でつかわれる CAS カードはまさにそのためにある）。公共的であるべきメディア、あるいは図書館がこれだけ「非公共的」な動きにまきこまれていいのかどうなのか、考えるべき点はいろいろあると思うのだが、アカデミアの人々に訴えても反応は聞こえない。先日の議論で、高橋陽一郎先生が、数学ではある論文がいつ参照されるかは全く不明なので、数学の図書館はすべての文献をできるだけ集めておかないといけない、バックナンバーが（出版社が契約を切れば）使えなくなるような状況は誠に危険、という趣旨の発言をされた。数学というのは最新流行ばかりがもてはやされる「科学・技術」とはやはり一味違う世界で素晴らしいな、と感心した次第である。

今回の放射能問題などで、かなりな専門事項についても一般人がアクセスしなければならないという必要性があり、その道は残さねばならないことは多くの人が気づいた。インターネットではたとえば、国立情報学研究所の論文情報ナビゲータ（CiNii）、科学技術振興機構（JST）の Journal@rchive や GoogleScholar など専門論文にアクセスできる仕組みがある。しかし、そこには著作権のバリエーションが存在するはずで、一般人に専門論文へのアクセスを完全に保障する仕組みはない。電子ジャーナルの契約を変更することはかなり難しそうだが、紙媒体ならいわゆるフェアユース的な扱いでコピーができるだろう。

教育とはややずれるが、一般人の科学リテラシー増進への手がかりという意味で、このことを書いておきたい。

○世の中の森羅万象について「不確実な理解からさらに確実な理解へ」進めることが科学・技術の役割であったはずだ。そういう意味からすれば、どんなことがあろうとも科学離れは危険である。いま、「科学は信じられない」と一般人がつぶやき続ける時代であっても、手引きとなるのは科学・技術しかない。たとえば、不確実なことを整理して考え、より確実な方向にもっていこうというのは、統計学や医学における疫学的な考え方である。もちろん、原発事故解析における確率的手法（PSA）や地震の発生予測確率など、使い方をもっと工夫すべき「科学・技術」がいくつも存在する。それを放置することなく、一般に向かってよりよい世界を作るための手法としての科学・技術を主張し続け、実践し続けるのが、科学者・技術者の責任のとり方ではないかと思う。私も出来るだけのことをしてお手伝いしたいと思う。（了）