

数学月間から見た教育数学

谷 克彦 (数学月間の会世話人)

1. 数学月間活動とは何か

日本の数学月間は、片瀬豊の提案で 2005 年に日本数学協会が 7/22-8/22 を数学月間と定めたことに始まります。数学啓蒙活動をこの時期に集中し、数学の重要性を社会にアピールする狙いです。この活動は、片瀬豊が小林昭七からの情報で長年にわたりウォッチングして来た米国 MAM (Maths Awareness Month : 1986 年上院決議後 4 月 17 日のレーガン宣言により米国の国家的な行事として開始され今日に至る) に影響されたものです。日本の数学月間をこの期間に定めたのは、山崎圭次郎の発案によるもので、 $22/7 \approx \pi$ 、 $22/8 \approx e$ に因みます。小林昭七によると、時期限定の MAM のほかに、米国では数学サークルという日常活動があるようで、これもぜひ手本したいものです。国家的な行事の米国 MAM は、数学系学協会が参加する JPB (Joint Policy Board for Maths) が、毎年、社会を反映した数学のテーマを選定し、この期間 (毎年 4 月) に種々のイベントが展開され、国民からの事後評価も受けます。皆が知りたいと思う時局の数学を、種々のレベルで学習できるウェブサイトは充実し、エッセイや論文が集積され、そのテーマの数学を基礎から最先端まで、学生が独習できる優れたガイドになります。MAM 期間には、一般から専門家まで、小学生から大学生まで、色々なレベルのイベントが全国で展開されます。レーガン宣言で国家的な行事 MAM を決断した背景には、国民の数学力が低下し、米国の産業力も低下するとの焦りがあったと思われますが、日本も同様な状況にあり、国家的な行事の数学月間が望まれます。数学月間発足当時は、片瀬豊らが中心に文科省にも働きかけを行いましたが具体的な進展はなく、大学や研究所などの主催するそれぞれのオープンハウスや講演会などが個別に行われているのが現状です。ボランティア・ベースの数学月間の会 SGK の活動は、7 月 22 日の数学月間懇話会の主催や、他の団体の主催する数学祭り (とっとりサイエンスワールドなど) に協力しています。

2. 数学と社会の架け橋＝数学月間

数学月間活動がボランティア・ベースである以上、本意ではありませんが活動のメニューを絞らざるを得ません。数学月間の核心を考察してみましょう。数学月間活動は、数学者のための活動 (数学界を応援する) ではありますが、数学者のための活動 (数学内輪の同好会) ではありません。つまり、数学を取り巻く周辺への働きかけです。国民の数学への関心を高めれば、畢竟、数学者のためになるのだが、現実には、数学者たちの偏狭さと自由思考のため、献身的な協力は得られていません。

2012 年から始まったフランスの数学啓蒙活動 (数学週間) を見てみましょう。数学週間は、国民教育省の企画の下、“現在の生き生きとした魅力ある数学の提示”、“数学が日常生活で果

たしている重要性の提示”などの5つの目的を掲げ、パートナーと呼ばれる20数団体が参加して、毎年3月中旬に行われます。毎年、統一テーマが決められます。また、“数学カンガルー”、“国内数学オリンピック大会”なども同時開催されます。

他分野の例も比較してみましょう。日本化学会など化学4団体が、10月23日を「化学の日」、この日を含む月曜から日曜までを「化学週間」と2013年に制定しました。10月23日としたのは何故か？ 高校の化学を思い出すと、なるほど思い当たることでしょう。そう、アボガドロ数の 10^{23} です。化学週間には、全国一斉のオープンキャンパスなどがあり、意匠登録されたロゴマークを、すべての化学啓発活動に付してビジビリティの向上を目指しています。提案4団体だけではなく、経産省や文科省、マスコミ、企業など、産官学一体となった本格的な活動が立ち上がっています。化学の日イベントは、各地の高校や大学、研究所などで実施され、月刊誌「ニュートン」、「化学」、「現代化学」、「子供の科学」などへのPR記事の掲載があります。

数学研究は孤高で周辺分野との架け橋は必要ないとの見方もありますが、数学の影響は社会のあらゆる分野に広がり、化学の比ではありません。数学月間活動の呼びかけは数学の外周へ向けた広い視野の横断的な活動でなければなりません。それにもかかわらず、数学者は、抽象化されたものを洗練することに熱中し、自ら手を染め現実から数学を抽出しようとしたがりません。物理、化学、工学、医学、社会科学、... のどの分野であろうと形而下には関心がないようです。抽出された数学は美しいに決まっているが、数学者はその美しさに自己陶醉し、その源泉である周辺分野への配慮がほとんどないので、国民レベルから数学への共感を得るに至っていません。

3. 数学月間流数学から教育数学への提言

私たちの数学月間は、社会が数学を知ると同時に、数学が社会を知る双方向活動であるべきだと思います。数学会や同好会であれば、数学だけを論じればよいが、数学月間では数学が働きかける場に立ち数学を見ます。抽象数学であってもそれが使われる場（対象）と連携した数学の話ならば、数学周辺の人々の共感を得ることでしょう。数学周辺から数学をとらえる必要があるのだが、数学者はその必要性を感じていないし、数学周辺に付随したものに気を散らすことは好まない。しかし、歴史的にも数学の発生源は、科学技術や社会課題にあり、その数学概念の発見にも現場の科学者たちが寄与しています。現在でも種々分野の実験結果や法則の中に新しい数学の萌芽があるに違いありません。教育数学においても、数学の作用する場（対象）からの数学概念の導入が望ましいと考えます。

4. 今年から始めた数学月間勉強会の目指すもの

(1) 米国 MAM は、今年から、「数学及び統計学月間」MSAM (Maths and Statistics Awareness Month) となりました。統計学が強調されたのです。複雑系、画像識別、ビッグデータ解析、レイティングやランキングの予測などが主要テーマとして登場するようになった背景には、圧倒的なコンピュータ利用と人工知能 AI の発展があります。現代は、衛星からスマートフォンまで大小のソースから、データがリアルタイムで集められます。予測解析法の革新が期待でき、数学、コンピュータ・サイエンス、データ科学、統計学には多い時期です。Google, Yahoo, Amazon, Facebook, Twitter 等々で、私たちのさまざまな情報が蓄積され、携帯電話も私たちの位置情報を送信しています。嫌なことですが、スノーデンの告発で明らかになったように、個人情報、個人メールを含むあらゆる通信情報が、米国 NSA により収集 (collect it all) され、進歩した AI 技術で検索や解析ができる監視社会になりました。それはともあれ、検索、解析、予測での数学の役割は重要です。

データ解析の基本は評価関数に対する最小二乗法にあり、例えば、材料中の化学状態分布図を得るには、単成分のスペクトルを基底に 1 次結合を作り、最小二乗法で混合状態のスペクトルを決定 (特異値分解を使う) します。大規模行列であるがランク落ちのため不定解となる画像の推定は、至る所スパースな解という条件下で最小二乗法に持ち込み、少ない観測点数でサンプリング定理を超越する驚くほど高解像度の解が得られています。天文学や医用画像などで適用され、MRI 撮影の高速化にも寄与しています。実際、画像は大部分の領域でただら変化し、急峻な変化する箇所は少ない (スパース) ので、このような圧縮センシングや画像圧縮 jpg が成功しています。離散数学はコンピュータと相性が良いわけですが、教育数学においても重要性が高いと思います。

(2) 私達の数学月間でも定例になった 7 月 22 日の懇話会のほかに、今年から、専門レベルのメニューも開始しました。このシリーズ第一弾は、「結晶空間群で物理と数学を学ぼう」で、全 4 回 [2017 年に 3 回終了し、第 4 回は、2018 年の 3 月] の予定です。

(第 1 回) 空間のデジタル化＝結晶空間。並進群、(第 2 回) 点群、

(第 3 回) 並進群を点群で拡大して結晶空間群を作る、(第 4 回) 群表現と性質の対称性
準同型定理の心と、群の直積、半直積や条件積による群拡大の仕組みが理解できます。

従来の数学では、いきなり群を定義してその抽象的な本質だけを取り扱いますが、作用する対象物があつての数学です。数学月間流の数学では、対象物 (結晶空間) に対しての群論なので、物理と数学の両方を学ぶことができ理解が深まります。歴史的にも点群や空間群の数え上げは、鉱物学者の業績だし、デジタル世界の結晶格子は、整数論への貢献も多い。それらの科学的業績は数学者には忘れ去られ、数学者は何でも始めから自分でやり直そうとするので、数学をますます孤立させています。数学を使う周辺の科学者は数学を勉強しているが、数学者は関連分野の業績 (専門用語くらいは先人と共有したらよい) をもっと利用したら良いのではないのでしょうか。具体的に数学の適用される対象の現場に立って数学を知ることは、

教育数学でも必要なことだと思います。

(注) *****

群論は、代数方程式の解法に関し生まれ、1770-1832 年代に、ラグランジュ、コーシー、アーベル、ガロアなどが係わっております。同時期に平行して、鉱物理学の現場で、結晶の幾何学から出発して、有理指数の法則[アウイ(1783)], 点群や空間群の数え上げがなされました。

3 次元の結晶点群 32 種は、ヘッセル (1830, 鉱物理学), 3 次元の空間格子のタイプ 14 種は、ブラベー (1848, 物理学), 続いて、3 次元の空間群のタイプが 230 種であることが、フェドロフ (鉱物理学), シェンフリーズ (数学), パーロー (実業家) により 1885~1894 年代に、互いに独立に数え上げられました。

5. 研究集会に参加して考えたこと

数学月間活動 (Maths Awareness) の意味は、数学が社会の場で共感を得ることであります。

教育数学のプラットフォームは、大学における学生という明確な対象があり、学習効果の評価も可能なものですが、数学月間活動のプラットフォームは、生徒・学生、その両親を含む不特定市民 (社会の一般人) です。まさに,”ブ・ナロード”という活動です。

九大のマス・フォア・インダストリーのコンセプトのうち以下の 2 点は、数学月間活動とも通ずるところです。

- ・数学サイドからの押しつけではなく、応用サイドの要請に応える。
- ・既存の数学の単なる応用ではなく、数学の新領域を作る。

数学月間活動では、マス・フォア・オールと置き換えれば、根に共通なコンセプトがあることに気づきます。

社会のさまざまな分野から、その数学を知るという数学月間活動は、実は STEM 教育と精神は通じるものがあります。近年、日本でも STEM (科学・技術芸術・工学・数学) 教育が叫ばれています。これも 2003 年に始まった米国の STEM 教育に源を発します。同時期に日本でも SSH スーパーサイエンスハイスクールなどの取り組みが始まりました。来年度には、小学校からプログラミングが教科に入るそうです。今後、ロボット制御、データサイエンスなどが次々にカリキュラムに入るのではないかと思います。このようなモノづくりに向けた学習カリキュラムは数学月間のコンセプトに似ているようです。ただ私たちが主張しているのは、これらの具体的な応用分野から数学や数理科学を見直すことであり、数学を単に応用してものづくり技術を進めることとは視点が少し違います。応用分野と数学の基礎とのつながりがギャップなく論理的になされることこそが教育数学の構築であると思います。これらの科目の中で統合的に数学を教えることが必要ですがまだ成功していません。数学月間の視点は、教育数学と共通し、表面的ではない本物の STEM 教育へ貢献ができるものと思います。

一方、生徒・学生の数学力のボトムレベルの確保は最重要であります。この場合でも、数学を押し付けるのではなく、集団の学力レベルに応じた指導が成功している事例を知りました。

これも、市民側に立ちその時点で学ぶべき数学を指導することであり、数学月間の精神と同じです。

6. 数学月間活動のこれからと NPO 法人化

現在の日本でも、数学を学ぶ同好会、塾、講習会、講演会などは種々あります。これらも重要であるのは言うまでもありませんが、我々の目指す「数学月間」活動の主力は、このような数学の内部にとどまる活動ではありません。数学がかかわるあらゆる分野を横断して、数学を紹介する一般市民に向けた活動です。前回の教育数学研究集会には参加できた片瀬豊（数学月間の会代表）が、本年（2018 年）8 月 8 日に亡くなりました。謹んでご冥福をお祈りします。88 歳でした（奇しくも 8 の 5 つ並びです）。

任意団体「数学月間の会」は、2005 年の発足以来、ボランティア・ベースながら、毎年、数学月間の初日 7/22 に、数学月間懇話会を開催し、計 37 件（付録参照）の啓蒙的な講演を一般市民に対し実施することで、数学啓蒙活動をこの時期に集中し、数学の重要性を社会にアピールしてきました。このような数学月間活動は、米国 MAM のように国家的行事として行うべき性質のもので、個人寄付金とボランティア・ベースで行う現状には限界があります。数学愛好者の同好会ではなく、活動を社会に波及させるためには、NPO 法人格を得た「数学月間の会」が、数学の内部にとどまらず社会の諸分野に横断的に呼びかけ活動し、「社会と数学の架け橋」になることが必要です。

この法人は、一般市民、学生・生徒に対し、数学が社会を支えている事例を、わかり易く啓蒙する事業を行い、数学への社会的共感を獲得し、社会の数学力の向上、数学文化を普及させ、社会の発展に寄与することを目的とします。

現在、片瀬豊の遺志（NPO 活動への寄付を預かりました）を継承し、数学月間の会の NPO 法人化に向けて準備を進めています。来年 1 月に成立見込ですので、ぜひご参加ください。数学が社会からの共感を勝ち取ることは、数学の発展に不可欠な条件で、そのためには、数学と社会（市民と同義語）の架け橋活動が必要です。数学愛好者だけが数学を楽しむ会ではなく、数学の外にいる人々に語りかけができる組織が必要です。数学自体を楽しめるのは数学愛好者だけですが、社会から見て数学がどのようにかかわっているかは、市民のだれもが知りたいはずです。

数学月間の会の活動は、数学者内部にとどまらず、さまざまな分野で数学を用いている人々と力を合わせる分野横断的で、STEM 教育とも似たところがあります。数学者や数学愛好者は、広い視野を持って数学の周辺分野に出ていきましょう。この活動は、数学者にありがちな抽象数学を教えるという上から目線とも違うし、役に立つ数学だけを奨励しているわけでもありません。

社会に呼びかける啓蒙活動は、その対象も不定であるし、成果の評価基準も漠然としていてやりにくいのです。文科省の 21 世紀 COE などでも、成果の明確でないこの分野は避けています。このような活動は、米国のように国家的な組織で行うべきですが、数学月間の会はこ

それを傍観することはできません。及ばずながらできる限りの努力をします。それでは、NPO 数学月間の会はどのような方針で活動すべきでしょうか。数学月間の会は、数学者も含め数学の周辺のさまざまな分野の人々が参加する連絡会の性格であると私は考えます。

日本各所で数学の大衆化を個人レベルでおよりの我々の同志が、たくさんおられることは、多くの優れたウェブサイトの存在が示す通りです。また、さまざまな数学同好会や勉強会も活動しています。様々な分野や産業界、例えば、装置設計でも現象物理の記述、モデリング、シミュレーションが必要で、いろいろな課題に数学を使っている方々が多数います。そのような方々にも呼びかけます。ぜひ数学月間の会に参加して、力を合わせてそれぞれの活動を増幅し、社会に浸透させようではありませんか。

数学を学ぶ同好、塾、講習会、講演会などは種々あり、これらも数学月間のメニューとして重要であるとは言うまでもありませんが、我々の目指す活動の主力は、数学内部にとどまらず、数学外部のあらゆる分野を横断連携して、一般市民に数学の活躍の様子を伝えたいのです。この問題を解決するために、数学月間の会は、一般市民、学生・生徒に対し、数学が社会を支えている事例を、わかり易く啓蒙する事業を行います。ぜひ活動にご参加ください。数学への社会的共感を獲得し、社会の数学力の向上、数学文化を普及させ、社会の発展に寄与することを目指しましょう。

数学月間の会 (<https://sgk2005.org>)、問い合わせ：sgktani@gmail.com

付録：数学月間懇話会の記録

シーボニアにて		
2006. 07. 22	数学月間の π と e の連分数展開、公開鍵暗号	山崎圭次郎
	数学と社会	真島秀行
	ゲストスピーチ	鈴木裕道
議員会館にて		
2006. 08. 06	財政再建と数学：TQC 手法	(日科技連)
ルベソンペールにて		
2007. 07. 22	シミュレーション	谷口健英
以降は東大数理科学研究科 002 教室にて		
2008. 07. 22	数学月間	片瀬豊
	ある数学者たちの物語	上野正
	数学と基礎科学	谷克彦
	秘宝-数学的オブジェの照明	岡本和夫, 河野俊丈
2009. 07. 22	宇宙のかたち	河野俊丈
	造血幹細胞移植データベースと統計	田淵健
	生体情報のゆらぎとフラクタル性	河野貴美子
	MRI の数学的原理	真島秀行

2010. 07. 22	手と目で観賞，数学曲面と多面体	手嶋吉法
	教育数学の試み	岡本和夫
2011. 07. 22	サイバー世界のモデリング	北川源四郎
	量子コンピューティングの考え方	荒井隆
	米国 MAM 複雑系と日本の原発事故	谷克彦
2012. 07. 22	物理化学の探検－化学の中の数学の世界	細矢治夫
	じゃんけんの必勝法を論じて，統計的思考に	石黒真木夫
2013. 07. 22	考える楽しみわかる喜び	水谷一
	最小二乗問題の新解法と逆問題への応用	速水謙
	数学祭り	谷克彦
2014. 07. 22	人口の集合関数としての「民力指数」	松原望
	スパゲッティを巡る旅	中西達夫
2015. 07. 22	十年目の数学月間	片瀬豊，高窪正明
	対称性	細矢治夫，谷克彦
	テラー展開	鈴木啓一
2016. 07. 22	数学者って，どんな顔をしている？	亀井哲治郎・河野裕昭
	世論調査は正しいか？	松原望
	がん登録の可能性	田渕健
2017. 07. 22	社会調査の実際	森本栄一
	ブラックホールの形を見る	池田思朗
	星型正多面体の体積比較（模型も作るよ！）	小梁修
東大数理科学研究科 002 教室にて		
2018. 08. 22	企業での数学活用の実際	渡邊好夫
	エントロピーと対数，対称性	宮原恒昱
	パズル玩具と数学の接点－ 「解ければ終わり」ではもったいない	秋山久義