



なるほど納得ゼミナール

数学体験館で制作された新作品をひとつずつ本コラムにて紹介します。

エラトステネスのふるい

素数は、1と自分自身以外に約数がない1以外の正の整数です。そして、与えられた整数n以下の全ての素数を簡単なアルゴリズムによって探し出すことができます。その数学的原理を考案したのはヘレニズム時代のエジプトで活躍したギリシャ人の学者であるエラトステネス（およそ275-194B.C.）でした。彼の業績はヘレニズム時代の学問の多岐にわたりますが、中でも天文学と数学の分野で特に大きな業績を残しました。天文学では世界で初めて地球の大きさを測定し、数学では素数の判定法を発見しました。その判定法は、数を「ふるい」にかけて素数を見つけ出す方法で、彼の名に因んで「エラトステネスのふるい」と呼ばれています。

「エラトステネスのふるい」によって、与えられた整数n以下の素数を選び出す手順は次の通りです。

図1

1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31	32	33	34	35
36	37	38	39	40	41	42
43	44	45	46	47	48	49
50	51	52	53	54	55	56

例えば、n=56とします(図1)。

(I) まず、1は定義により素数でないので消す。

図2

X	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31	32	33	34	35
36	37	38	39	40	41	42
43	44	45	46	47	48	49
50	51	52	53	54	55	56

分かりやすくするために、残っている数の下地は水色、消した数の下地は白くします(図2)

(II) 残っている数で最小のものに○印をつけ、その数より大きく、かつ、その数の倍数である数をすべて消す。

図3

X	2	3	4	5	6	7
X	9	X	11	X	13	X
15	X	17	X	19	X	21
X	23	X	25	X	27	X
29	X	31	X	33	X	35
X	37	X	39	X	41	X
43	X	45	X	47	X	49
X	51	X	53	X	55	X

残っている最小の数は2なので、2に○印をつけ、2より大きい2の倍数は全て消す(図3)。

(III) (II)の操作を繰り返し、 $\sqrt{n}$ 以下の数の中に○印をつける数がなくなったら、この操作を終了させる。

図4

X	2	3	4	5	6	7
X	9	X	11	X	13	X
X	15	X	17	X	19	X
X	21	X	23	X	25	X
X	27	X	29	X	31	X
X	33	X	35	X	37	X
X	39	X	41	X	43	X
X	45	X	47	X	49	X
X	51	X	53	X	55	X

残っている最小の数は3なので、3に○印をつけ、3の倍数は全て消す(図4)。

図5

X	2	3	4	5	6	7
X	9	X	11	X	13	X
X	15	X	17	X	19	X
X	21	X	23	X	25	X
X	27	X	29	X	31	X
X	33	X	35	X	37	X
X	39	X	41	X	43	X
X	45	X	47	X	49	X
X	51	X	53	X	55	X

残っている最小の数は5なので、5に○印をつけ、5の倍数は全て消す(図5)。

図6

X	2	3	4	5	6	7
X	9	X	11	X	13	X
X	15	X	17	X	19	X
X	21	X	23	X	25	X
X	27	X	29	X	31	X
X	33	X	35	X	37	X
X	39	X	41	X	43	X
X	45	X	47	X	49	X
X	51	X	53	X	55	X

残っている最小の数は7なので、7に○をつけ、7の倍数は全て消す。 $\sqrt{56}(=7.483\cdots)$ 以下で○印をつける数がなくなったので終了(図6)。

この一連の操作の終了後に消されずに残った数(○印のついた数を含む)がn以下の素数のすべてです。このことは、自然数mが以下の素因数をもたなければ、「mは素数である」ことで説明されます。

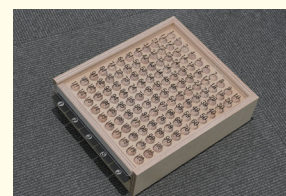


写真1

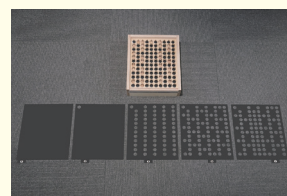


写真2

写真1、2の教具は、この原理を具現化したもので、2の倍数、3の倍数...と順番にふるいにかけて落とすことで、最終的に120以下の素数を系統的に探し出せるような仕掛けになっています(写真2)。

120以下の素数を列挙するものですから、 $\sqrt{120}(=10.954\cdots)$ 以下の素数、すなわち7の倍数を消した段階で操作は完了します。

このようにして、素数は簡単なアルゴリズムによって探し出すことができるのです。しかし素数は単純なものではなく、奥深い謎を秘めています。例えば、素数はランダムに登場するように見えて、プリヒタの素数円のように規則性のようなものが見付かりますが、これが本当に規則正しいと言えるのか？ また、「3と5」や「41と43」などのように、差が2である二つの素数の組のことを「双子素数」と呼び、いくつも現れますが、これが無数にあるのか？ など、今現在でも解明できない謎が数多くあります。また、素数と素数の掛け算で得られる数は、桁数が大きいと素因数分解が非常に困難であるため、暗号に使われています。

(文責・制作 数学体験館テクニカルディレクター 山口康之)

●お問合せ先

東京理科大学 理数教育研究センター
(事務局：学務部 学務課)

〒162-8601 東京都新宿区神楽坂1-3
TEL. 03-5228-7329 FAX. 03-5228-7330

理数教育研究センターホームページ



<https://www.tus.ac.jp/mse/>

数学体験館ホームページ



<https://www.tus.ac.jp/mse/taikenkan/>

理数教育フォーラム

Renovate Math & Science Education

第51号

2025.9

発行：理数教育研究センター

Contents

- 1 化学教育と科学コミュニケーション
- 2 生物教育と科学コミュニケーション
- 3 コロナパンデミックのリスクコミュニケーションをめぐり関連な議論—尾身茂さんらを招いた科学技術コミュニケーションセミナー配信
- 4 なるほど納得ゼミナール エラトステネスのふるい

化学教育と科学コミュニケーション



理学部第一部化学科 助教



理学部第一部化学科 教授
理数教育研究センター 併任教員

鈴木 崇広

井上 正之

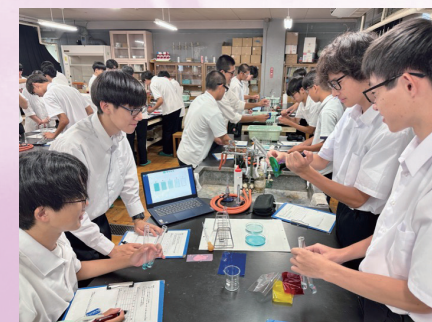
現代社会では、科学技術が日常に深く関わり、私たちは科学に基づく判断を日々求められています。こうした中で注目されているのが、「トランスサイエンス問題」という概念です。これは1972年にアメリカの核物理学者アルヴィン・ワインバーグによって提唱されたもので、「科学に問うことはできるが、科学だけでは答えることができない問題」と定義されます。ワインバーグは、原子力発電のように社会に大きな影響を与える技術については、専門家だけでなく、市民との対話を通じて意思決定すべきだと述べました。

このような視点は、化学教育においても重要な意味を持ちます。たとえば高等学校「化学」では、「ハーバー・ボッシュ法」を学習します。これは1906年に開発され、窒素と水素を高温・高圧のもとで触媒を使って反応させてアンモニアを合成する方法で、化学肥料の大量生産を可能にしました。農業生産性の飛躍的向上によって世界の食料供給と人口増加に大きく貢献した一方で、第一次世界大戦においては火薬の原料である硝酸の合成にも応用され、戦争を長引かせた一因になったとされています。科学技術が、社会的・倫理的な問いを引き起こしたという点で、ハーバー・ボッシュ法はトランスサイエンス問題の象徴的な例といえるでしょう。

近年の「プラスチック問題」も、トランスサイエンスにおける重要なテーマの一つです。プラスチックの化学構造や分解速度、代替素材の特性などは化学によって明らかにできますが、「利便性と環境保護をどう両立させるか」、「どこまで規制すべきか」といった問いには、価値観や社会的合意が関わってきます。同様に、化粧品や医薬品、農業、エネルギー材料、電池など、私たちの生活に深く関わる化学製品の多くが、トランスサイエンス問題を内包しています。

このような複雑な問いに対して、化学の知識だけでは十分に対応できません。だからこそ、化学を専門家だけのものとするのではなく、社会全体で共有し、理解し、共に考えていくことが必要です。科学コミュニケーションは、その橋渡しを担う重要な営みであり、学校教育の中でも積極的に取り入れるべき視点です。

変化の激しい社会において、正解のない問いに向き合うためには、一人ひとりの思考力・判断力と表現力が不可欠です。そのために、単に知識を教えるだけではなく、考える力を育む化学教育が求められています。



高校生が実験に取り組む様子



開発した実験教材

生物教育と科学コミュニケーション



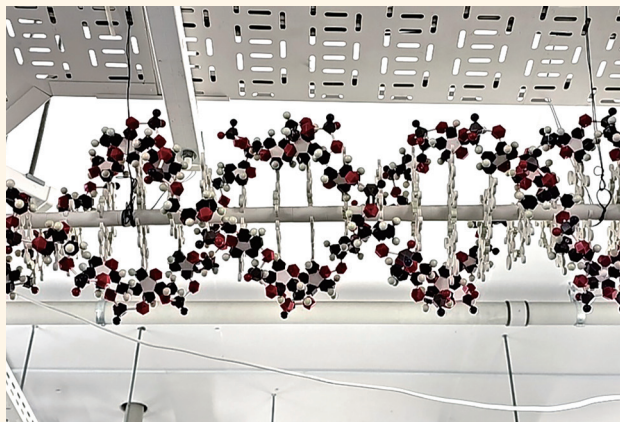
教養教育研究院神楽坂キャンパス教養部 教授
理数教育研究センター 併任教員

武村 政春

生物科目は、物理や化学、数学などと大きく異なるところがあります。それは、生物の知識を得たり教えたりする際に、国語的な読解力と表現力が、極めて大きくものを言うところなのです。

生物は、分子レベルから生態系レベルまであらゆる生命現象を扱います。内容が多岐にわたるのみならず、生命現象そのものが複雑なしくみで成り立っているため、数式や化学式などで単純に表現できるものではなく、その理解の基本は、個々の生命現象を説明する文章解釈により成されると言ってもいいでしょう。さらに、とりわけ目に見えない分子レベルで起こっている生命現象は、文章解釈による現象理解と共に、それをわかりやすくモデル化した視覚情報をいかに正確に理解するかがポイントとなります。

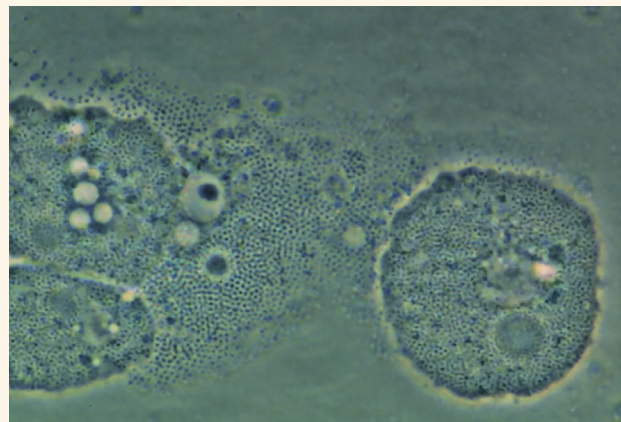
一例を挙げましょう。「遺伝子の本体はDNAである」という文章があります。遺伝子は、「タンパク質のアミノ酸配列やRNAの塩基配列を指定するDNAの塩基配列」で、塩基配列ということは化学的実体のあるものです。しかし、一般的な意味も含めて遺伝子といった場合、「遺伝する何か」というざっくりとした意味も含むため、じつは概念的な言葉なのです。その概念的なものの実体が、DNAという化学物質であるという意味で、「遺伝子の本体はDNAである」という言い方がなされます。



武村研の天井に吊り下げられたDNA。
果たしてDNAの本当の姿を捉えているのだろうか？

では、「DNAは遺伝情報を担う物質である」という文章はどうでしょう。ややニュアンスが異なりますが、学術的にはどちらも正しい言い方です。ここでは「本体」と「担う」に注目していただきましょう。名詞と動詞という違いはあるにせよ、「本体」は受動的、「担う」は積極的な意味をもちます。両者が学術的に正しいというのは、DNAが「遺伝子の本体としての役割を担う」という意味を含んでいるためです。でも、もし「遺伝子の本体としての役割を担う」のであれば、他の役割を担っていてもいいと思いますよね。実際、最近のDNA研究は、DNAに遺伝情報を担うという役割以外のはたらきがあることを徐々に明らかにしつつありますから、「遺伝子の本体はDNAである」は正しいけれども「DNAは遺伝情報を担う物質である」は必ずしも正しいとは言えない時代がやってくるかもしれません。こうしたことは今の教科書だけではわかりません。教員と生徒との双方向的なやり取りの中で、そしてより「正確に伝わる」文章表現を高めていく中で、育まれていくものです。

そのために生物教育において今最も求められているものこそ、文章表現を基軸とした「科学コミュニケーション」なのだと、私はそう思っています。



光学顕微鏡で可視化できる巨大ウイルス（無数の細かい粒）。
生物教育に活用が可能。

コロナパンデミックのリスクコミュニケーションをめぐり闊達な議論 —尾身茂さんらを招いた科学技術コミュニケーションセミナー配信



理数教育研究センター
アドバイザー
高橋 真理子

元政府コロナウイルス感染症対策分科会会長の尾身茂・結核予防会理事長を招き、科学技術コミュニケーションセミナー「コロナと闘って見えたこと—リスクコミュニケーションの課題」を6月28日(土)午後2時から約2時間、オンライン配信した。堀口逸子・元東京理科大学教授が二人目の演者となり、後半の討論には内閣感染症危機管理統括庁の池上直樹・内閣参事官も加わった。

135人の参加があり、参加者からは「大変役立ちました」「尾身先生の話は当事者ならではの内容で興味深かった。もっと時間をかけて聞きたかった」「教訓を共有して未来へ伝える必要があると改めて感じました」といった声が寄せられた。

尾身さんは、日本は「感染抑制」を目指し、結果として100万人あたりの死者数は他国と比べて相当低かったこと、一方でGDPの落ち込みは同じぐらいだったことを説明。その理由として①一般市民の協力②政府・自治体：繰り返し行ったハンマー＆ダンス③保健医療機関関係者の献身的な努力、の3点を挙げた。ハンマー＆ダンスとは、感染拡大の際は厳しい制限(＝ハンマー)をかけ、落ち着いてきたらそれを緩める「ダンス」期間に入る、という意味だ。さらにオリンピック開催をめぐるやりとりや、専門家が「前のめり」と見られた背景など具体例を振り返った。



尾身茂・結核予防会 理事長

堀口さんは「クラスター対策専門家からのSNS発信を担当して」と題し、リスクコミュニケーションとは何かとい

う基本の解説も入れながら、実際にどのようにツイッター(現X)の発信をしていたか、その体験から得られた教訓などを語った。

後半の討論では「ワクチンの効果と副作用」から「誤情報・陰謀論への対処法」まで、多岐にわたる参加者からの質問が取り上げられた。

尾身さんは「マスクやワクチンの効果は、科学的に調べようとしても限界があり、正解というものはない。各人の価値観と立場で情報を選択することになる」と、人によって意見や考えが違うのは当然だと説明した。堀口さんは「発言は自由。一方、SNSは議論する場ではない。ところが、専門家はいっぱい言いたくなる。専門家も、情報提供とはどういうことか、ちょっと考える必要がある」と指摘した。



堀口逸子・東京理科大学 元教授



パネル討論の様子

議論が進むと「リスクコミュニケーションとは、自分の考えを相手に理解させることではなく、相手の考えや相手がなぜそのように考えるのかを知ろうと対話すること」「誤情報の拡散を防ぐには、その時点での正しい情報を淡々と発信し続けるしかない」といった認識が共有されるようになった。



開会挨拶をする北村春幸・東京理科大学
特任副学長



開会挨拶をする眞田克典・理数教育研究
センター長

司会は筆者が務めた。政府の対応に関する池上さんからの説明もあり、充実した議論ができた。登壇者と質問を寄せてくださった皆さん、関係した全ての方に感謝している。