

日本の理数科教育をサポートする

# Rimse

Research Institute for Mathematics and Science Education

No.7

FEBRUARY  
2014

**特集**

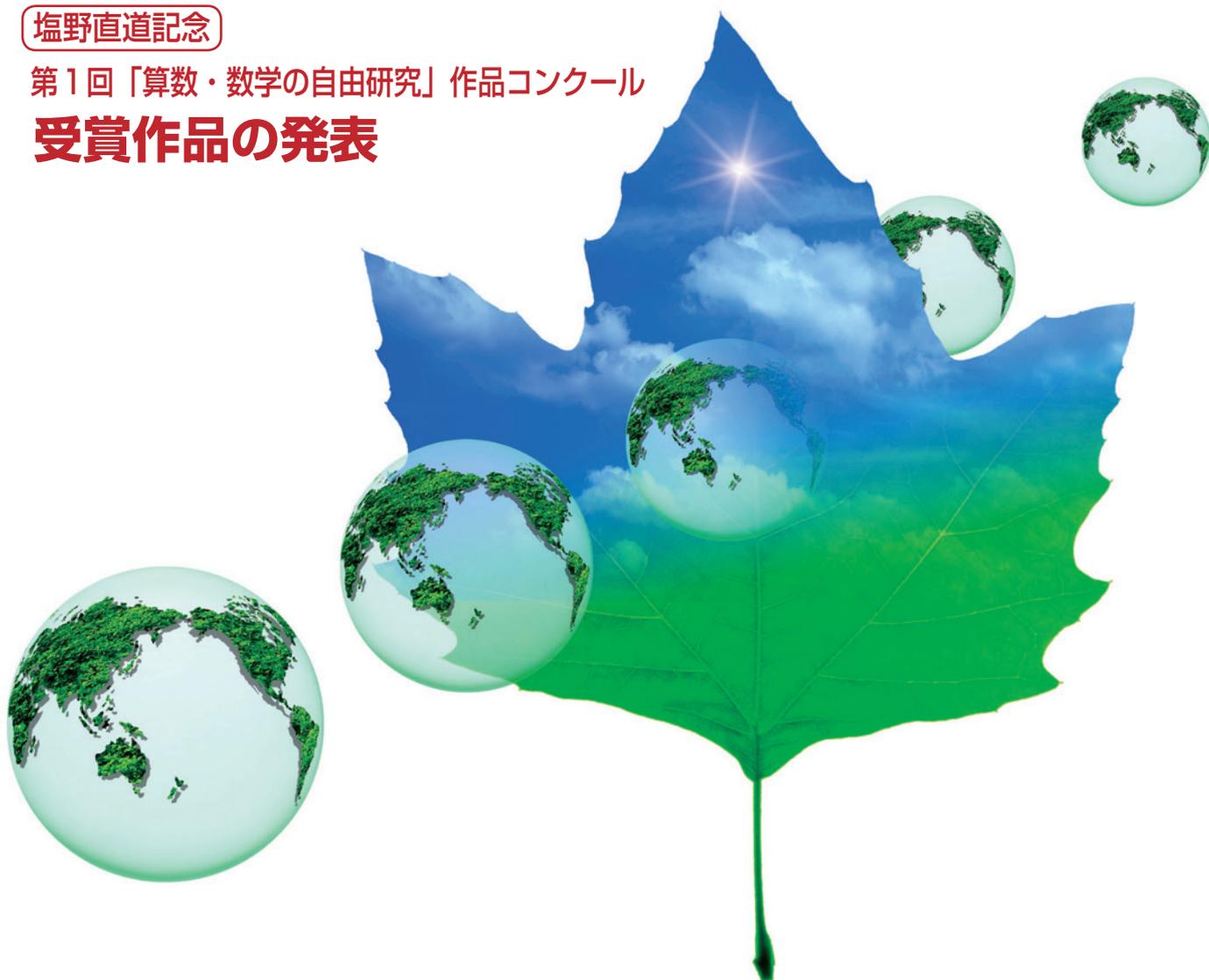
## 我が国の ESD の現状と課題 II

— ESD ユネスコ世界会議 2014 の成功に向けて —

塩野直道記念

第1回「算数・数学の自由研究」作品コンクール

**受賞作品の発表**



# C O N T E N T S

## 巻頭言

数学教育の目標と方法 …………… 表紙裏  
東京大学大学院数理科学研究科 教授 坪井 俊

## 特集 我が国のESDの現状と課題 II

— ESD ユネスコ世界会議 2014 の成功に向けて—

I 岡山市におけるESDの取り組み …………… 2  
岡山市ESD世界会議推進局長 浅井 孝司

II ESDに向けた愛知・名古屋の取り組み …… 4  
ESD ユネスコ世界会議あいち・なごや支援実行委員会

III 学校教育におけるESDについて …………… 6  
国立教育政策研究所 教育課程研究センター 五島 政一

## 塩野直道記念 第1回「算数・数学の自由研究」作品コンクール 受賞作品の発表

- 作品コンクールの開催にあたって …………… 9
- 作品の審査を終えて …………… 10
- 受賞者一覧 …………… 12
- 最優秀賞・優秀賞一受賞作品の紹介と講評 …… 18

## 連載 数学は人とともにある 第6回

数学者という人々 …………… 27  
横浜国立大学大学院 教授 根上 生也

## 連載 理科を活かして考えよう 第6回

湿度 …………… 30  
高知工科大学 教授 八田 章光

## 連載 社会の中の科学技術 第6回

ドーピング問題から考える …………… 33  
大阪大学全学教育推進機構 准教授 中村 征樹

## 広場 地域教育で活躍する人々 第6回

科学する心 …………… 36  
浜松科学館 館長 大石 隆示

## 科学史の散歩道 第7回

近代科学移植への道を拓いた杉田玄白ら  
～『かいたい解體新書』序図の巻「ひら解體図」への扉絵～… 裏表紙  
大阪教育大学 名誉教授 鈴木 善次

# 巻頭言



東京大学大学院数理科学研究科 教授

坪井 俊 / つばい たかし

1953年広島県に生まれる。1978年東京大学大学院理学系研究科数学専門課程修士課程修了。1983年理学博士。東京大学理学部助手、教養学部助教授、理学部助教授、大学院数理科学研究科助教授を経て、1993年から東京大学大学院数理科学研究科教授。2009年から2011年まで日本数学会理事長。2012年から2014年まで東京大学大学院数理科学研究科長。専門は位相幾何学。1991年日本数学会幾何学賞受賞。

著書は、『ベクトル解析と幾何学』（朝倉書店）、『幾何学I 多様体入門』、『幾何学III 微分形式』（東京大学出版会）。東京大学大学院数理科学研究科ビデオアーカイブに、大学生向けの幾何学I, II, IIIの講義のほか、高校生・一般向けの講義も公開。

# 数学教育の目標と方法

私の所属する東京大学大学院数理科学研究科の教員は、二つの種類の数学教育を行っている。一つは、教養学部の大学1、2年生に対して、それぞれの進学先の学部後期課程（3、4年生）の専門分野において、さらに大学卒業後に社会人となったときに必要とされる数学を教えることである。もう一つは、3、4年生の理学部数学科の学生、教養学部統合自然科学科数理自然科学コースの学生、さらに数理科学研究科修士課程・博士課程の大学院生を、数学の専門家として社会で活躍できるように教育することである。

このような教育にあたっているという立場から、数学の教育について思うところを述べたいと思う。

数学教育のうち、数学を専攻する学生を育てる部分では、現代の数学を体得させ、専門家として社会に出られるようにすること、あるいは研究者として新しい数学を創っていくことができるようになることを目標にしている。その方法としては、学生がテキストを読んで勉強し、その内容を教員の前で説明するセミナーという方法が最も適している。教員は、学生がテキストをただ読んでいるのではなく、数学的な内容を理解して論理的に説明しているかをチェックするために、学生に論理の要所についての質問をする。学生がそれに答えていくことで内容の理解を深めていく。これは世界中で数学の専門家を育てるために行われている方法である。セミナーの方法は、東京大学の2人目の数学の教授である藤澤利喜太郎により19世紀の終わりに日本にもたらされた。教育のためだけでなく、世界中の数学研究者が研究を進めるために日常的に行っていることで、その重要性は今でも変わらない。数学科の専門の習得のためにセミナーを通して論理の検証を徹底的に行うことは、学生が数学科を卒業して社会に出た際に、さまざまな問題に対処する方法論を与えるものである。数学科の卒業生への評価としては、手掛かりのない新しい問題に対して、平気で立ち向かえるということがあがるが、これこそが基本的な論理をおろそかにしないセミナーによって得られるものである。実際このセミナーについては卒業時における学生からの評価も非常に高い。

さて、大学生に対する基礎科学教育としての数学教育の目

標は、1年生に対しては微分積分、線形代数、2年生に対してはベクトル解析、微分方程式の基礎を習得させ、その後の必要に応えるということである。この数学教育の内容は世界で共通のものである。ただし、この目標の達成のための細かい教育内容については、また同じ内容でもどこまで教えるべきかということについては、学部後期課程から、応用の例示を望まれたり、より抽象的な取り扱いを要請されたりと、さまざまに、確固たる方法が定まっているという状態ではない。授業の内容とスケジュールはおおまかに決まっているが、実際には教員が学生の理解度を見ながら授業を進めている。この部分にはいろいろと改善の余地があると思う。学生の理解度を見るうえでも、基礎的なことを教える科目では、演習が不可欠である。現在、演習の時間をとってあり、TAとともにきめ細かく対応しようとしているが、現実には100人くらいのクラスになっているので目が届かないところが多くある。情報技術の進歩もあるので、将来の演習の方法の可能性を積極的に探ることも必要と思う。基礎数理科学教育としては、大学1、2年生で、数理統計の基礎が十分に教えられていないことも、世界との格差を感じる場所である。

この二つの種類の教育の一方で、多くの教員が、さまざまな場所で、高校生、中学生に、数学の魅力を伝えようと試みている。特に、東京大学玉原国際セミナーハウスで10年近く行っている高校生のための講座や合宿セミナーでは、「複素数」、「素数と暗号」、「多角形と多面体」、「面積と体積」、「対称性と周期性」というようにテーマを絞って数学の考え方を教えている。内容は、数学の専門家から見て、数学の考え方がどのようなものかを伝えようというものである。ここでは、大学の教員の側は全力投球している。この高校生、中学生向けの講義等のビデオは、東京大学玉原国際セミナーハウスのウェブページ (<http://tambara.ms.u-tokyo.ac.jp/>) からリンクされている。関心の高い生徒には面白いもののはずである。これは中学校や高等学校の教育の現場ですぐに使えるものではないだろうが、数学教育とその方法を考える際には参考になると思う。ご覧いただき、役立てていただいて、ご感想をいただければ幸いです。

# 我が国のESDの現状と課題 II

—ESDユネスコ世界会議2014の成功に向けて—

## I 岡山市におけるESDの取り組み



岡山市ESD世界会議推進局長

浅井 孝司 / あさい たかし

1956年大阪府に生まれる。1983年から文部省勤務。外務省や日本学術振興会ワシントン事務所での勤務、国立科学博物館普及課長等を歴任。2001年の文部科学省発足時から国際統括官補佐として、ユネスコ関係業務に従事。2006年から2年間、在バングラデシュ日本大使館に出向し、両国間での教育交流に傾注。2008年8月から2013年3月まで文部科学省国際協力政策室長。2013年4月から現職。

岡山市では、従来から推進してきた環境教育や国際交流活動を基本に、いち早く持続可能な開発のための教育（以下、ESDという）への取り組みを始めている。「国連ESDの10年」が始まった2005年の6月に、岡山地域が世界の他の6地域とともに、ESDの推進に関する地域拠点（Regional Centre of Expertise on ESD：以下、RCEという）として、国連大学から初めて認定されている。本稿では、岡山市で実施されているESDの取り組み事例と、今秋に岡山市で開催が予定されている“「持続可能な開発のための教育（ESD）に関するユネスコ世界会議」のステークホルダー会合”について紹介する。

岡山市には37の中学校区があり、それぞれの地区には公民館も置かれている。この中学校区を単位にその地域の公民館、住民、中学校、小学校、NGOなどが一緒になって地域の課題に取り組み、ESD活動を展開している。二つの事例を挙げてみたい。

### A 藤田地区—「農がつなぐ人づくり・地域づくり」

この地区には3つの小学校、1つの中学校、県立興陽高等学校があり、公民館を核として農業体験を通じてESDを学んでいる。そして、公民館を会場に小学校から高等学校までの各学校における1年間のESD活動の発表会を開催している。

## 1 岡山ESDプロジェクト

2005年4月に、ESD関係の組織・団体等の関係者で構成する岡山ESD推進協議会が設置され、この協議会を中心に「岡山ESDプロジェクト」が開始された。現在では、160団体以上がこのプロジェクトに参加している。岡山市は、推進協議会の事務局を務めるとともに、ESDコーディネーターを配置し、関係組織をつなぐ役割を果たしている。以下、「岡山ESDプロジェクト」の中から岡山の特徴の一つである地区単位によるESD活動について紹介したい。



図1 藤田第三小学校のフィールドワーク

## B 京山地区－「共生をめざした広がり」

この地区では、京山公民館を拠点に、2003年度からESD活動を実施している。毎年春と秋の2回、地域の小・中学校の児童・生徒が公民館に集まり、地域の川や空気の汚れを調べ、地域の人に結果を報告する「環境てんけん」活動、地域に多く在住する外国人との共生をテーマにする活動など、さまざまなESD的な催しを開催し、多彩な広がりを見せている。



図2 「春の環境てんけん」のようす

## 2 岡山市で開催されるステークホルダー会合等

2014年11月10日～12日に愛知県・名古屋市で開催されるESDに関するユネスコ世界会議に先立ち、岡山市では、そのステークホルダー会合が開催される。その内容は次のとおりである。

### A グローバルRCE会議

2014年11月4日～7日の4日間、国連大学および岡山市等の主催で岡山コンベンションセンターを会場に開催される。現在、世界に120か所存在するRCEの関係者が一堂に会する。これまでの10年間にわたるRCEの活動を総括するとともに、2014年以降の活動の在り方等について議論される。

### B ユネスコスクール世界大会

この会議は、ユネスコ、文部科学省、日本ユネスコ国内委員会が主催し、2014年11月6、7日のスチューデント・フォーラム、11月7日の教員フォーラム、そして11月8日のユネスコスクール全国大会の3つの会合から構成される。スチューデント・フォーラムでは、海外からの33チームと国内か

らの9チーム（1チームは教員1名とおもに高校生レベルの学生4名で構成）が参加し、これまでに学んできたESDでの実践活動を踏まえて、持続可能な社会をつくるために自分たちが今後何をしていかなければならないかを提言にまとめる。スチューデント・フォーラムは日本の高校生自身が企画・運営等に参画する形式で行われる。また、教員フォーラムでは、そうした学生を支える教員が、今後ESD活動にどうコミットしていくかの議論が行われる。最終日には、内外のユネスコスクールの教員や教育関係者等が集まり、10年の活動を振り返るとともに、これからのユネスコスクールの活動について議論を行う予定である。

### C ユース・コンファレンス

この会合は、ユネスコおよび文部科学省、五井平和財団等の主催により、2014年11月7日に開催される。18～35歳で、ESDを実践している青年たちが世界中から約50名集まり、ESDに関する知識・経験を共有するとともに、愛知県・名古屋市で青年から発表するステートメントを取りまとめる。

### D その他

このほかに、2014年11月6日には、岡山市から愛知県・名古屋市まで続く一連の会合のオープニング・セレモニーが予定されている。また、このステークホルダー会合に先駆けて、10月9日～11日には、岡山市や文部科学省等の主催により、「ESD推進のための公民館・CLC（コミュニティ学習センター）国際会議」が予定されている。これは、日本の公民館およびアジアを中心としたCLC等に関わる社会教育関係者が参加し、ESDをテーマに、これまでの取り組みの成果や今後の方向性について議論を行うものである。

11/4	11/5	11/6	11/7	11/8	11/9	11/10	11/11	11/12
火	水	木	金	土	日	月	火	水
		★オープニングセレモニー ユネスコスクール世界大会 (ホテルグランヴィア岡山・岡山大学)						
		ユース・コン ファレンス (岡山 国際交流 センター)		エクス カーシ ョン				閣僚級会合及び全体の取りまとめ会合 (愛知県・名古屋市)
		グローバルRCE会議(岡山コンベンションセンター)						
		← ESDウィーク →						

図3 ESDに関するユネスコ世界会議日程

以上のように、岡山でのステークホルダー会合では、多くのESD実践者が参集し、これまでの取り組みを振り返るとともに、2014年以降のESDの更なる推進方策等について積極的な議論が行われることが期待されている。❖

## II ESDに向けた愛知・名古屋の取り組み

ESDユネスコ世界会議あいち・なごや支援実行委員会

### 1 ESDとは

ESD (Education for Sustainable Development) は「持続可能な開発のための教育」と訳される。

社会が持続し続けるためには、環境保全と経済発展をバランスよく進めていくことが重要である。しかし、これまでの経済開発が優先されてきた社会づくりの中で、今、私たちは、地球環境、貧困、人権、平和、食料などについて、解決困難な問題を抱えている。さらに、これらの問題は複雑につながり合い、持続不可能な社会状況を生み出している。

私たちは、未来の世代のこと、今生きている人々のこと、地球の資源の有限性について考え、行動することが求められている。ESDはそのための「学びあい」・「人づくり」であり、環境・経済・社会が調和し、誰もが将来にわたって安心して暮らせる世界をつくるための学びと教育の活動である。



図1 持続可能な社会の概念図 環境の保全、経済の開発、社会の発展を調和の下に進めていくことが持続可能な開発である。(参照: 我が国における「国連持続可能な開発のための教育の10年」実施計画(2011年6月3日改訂、「国連持続可能な開発のための教育の10年」関係省庁連絡会議))

### 2 ESDユネスコ世界会議の概要

2014年11月に、愛知県名古屋市においてESDユネスコ世界会議が開催される。この会議は、国内NGOからの提言を踏まえて日本政府が提唱し、2005年から国連の主導により世界中で取り組まれている「国連ESDの10年」(2005年～2014年)を締めくくるといへん重要な会議である。

- <名称> 持続可能な開発のための教育(ESD)に関するユネスコ世界会議
- <主催> 国際連合教育科学文化機関(ユネスコ)、日本政府
- <開催時期> 2014年11月10日～12日  
閣僚級会合、全体会合等  
11月13日  
フォローアップ会合
- ※岡山市では、各種ステークホルダー会合を開催予定
- <会場> 名古屋国際会議場



図2 名古屋国際会議場

- <参加規模> 国内外の閣僚、政府関係者など約1,000人を含む数千人を想定
- ※2013年11月現在、ユネスコ加盟国は195か国。

<内 容>「国連ESDの10年」の活動を振り返るとともに、  
2014年以降の方策を議論する

### 3 開催地である愛知・名古屋の 取り組み

愛知・名古屋では、この会議を地元として支援するため、2012年5月に行政機関、経済界、教育機関など、幅広い関係者による支援実行委員会を設立し、主催者であるユネスコ、日本政府との調整を進めている。また、開催地として、地元の多様な主体によるESDの取り組みを促進し、ESDのさらなる浸透に努めている。

#### A 会議支援

主催者と連携しながら、世界会議が安全・安心で、円滑かつ快適に行われるよう、以下の項目等について万全の体制を構築する。

- 安全・安心の確保：警備協力、災害対策、衛生管理、救急対応、環境配慮
- 円滑な会議運営：宿泊、ボランティア、食事への配慮、報道対応
- 快適なサービスの提供：輸送、交通案内、バリアフリー

#### B あいち・なごやの魅力発信

会議開催を契機として、地域の多様な魅力を世界の人々に体感していただくため、公式歓迎行事、歓迎装飾、エクスカージョンを行うとともに、情報発信カウンターの設置や、地元ガイドブックの配布などにより、地元情報の提供を行う。

#### C ESDの普及啓発・取り組み促進

県民、市民の方にESDを理解していただくため、ロゴマーク（図3）の活用やリーフレット、ウェブサイト等により、普及啓発を行っている。



図3 地元ロゴマーク

また、世界会議の1年前、半年前などの節目を捉えてイベントを実施するとともに、世界会議の開催年である2014年を「ESD イヤー」と位置づけ、その幕開けとして1月13日にESD イヤーキックオフイベントを実施するなどして、ESDに対する理解の浸透と開催機運の盛り上げを図っている。



図4 ESD イヤーキックオフイベントのようす

このほかに、世界会議を契機にこの地域にESDの取り組みを根付かせるため、各主体の取り組みを「ESD あいち・なごやパートナーシップ事業」として登録していただく取り組みや、地域づくりの中核的な担い手である市町村職員の方等を対象にした「自治体職員のためのESDセミナー」（愛知県内の事業）を実施するなど、市町村、企業、団体等が行うESDの取り組みを愛知県内全域で推進している。

文部科学省と日本ユネスコ国内委員会がESDの推進拠点としているユネスコスクールの加盟拡大にも、教育委員会が中心となって積極的に取り組んでおり、愛知県内の加盟校は2013年12月現在で74校（申請中を含む）にまで拡大している。

さらに、将来、持続可能な地域づくりの担い手となる子どもたちが、学び、話し合い、その成果を発表する「子ども会議」を、世界会議に合わせて開催することとしている。2013年には、その一環として、「ESD 子どもフォーラム」を実施した。

### 4 おわりに

2005年の愛知万博、2010年の生物多様性条約第10回締約国会議（COP10）の開催を通じて、県民・市民の中に持続可能な社会づくりについての意識が育まれている。愛知県等においても、「持続可能な地域づくり」、特に環境面に関する取り組みを推進してきた。

今後も、この理念・成果を継承発展させるとともに、ESDユネスコ世界会議の開催を契機に、持続可能な社会を支える担い手づくりを一層進めていきたいと考えている。❖

## Ⅲ 学校教育におけるESDについて



国立教育政策研究所 教育課程研究センター

五島 政一 / ごとう まさかず

1958年神奈川県に生まれる。15年間の公立学校教諭を経て、1999年より旧国立教育研究所、2001年1月より国立教育政策研究所に勤務。現在、地学教育、防災教育、ESD等を研究し、政府、自治体、NGOなどあらゆる分野をつなぎ、持続可能な社会の構築を行っている。

### 1 学校教育におけるESDとは

「持続可能な開発 (Sustainable Development:SD)」とは、「将来の世代のニーズを満たす能力を損なわない範囲内で、現在の世代がニーズを満たす開発」や「人間を支える生態系が有する能力の範囲内で、人間の生活の質を向上させること」と定義されている。そのための教育が「持続可能な開発のための教育 (Education for Sustainable Development : ESD)」である。ESDとは、環境的視点、経済的視点、社会・文化的視点から、より質の高い生活を次世代も含むすべての人々にもたらすことのできる開発や発展を目指した教育であり、地球規模で思考し地域で活動する (Think globally, Act locally) 教育であり、児童・生徒が学んだことを基に持続可能な未来や社会の構築のために行動できる人の育成を目的としている。我が国では、現行の学習指導要領で規定されているように、持続可能な社会の構築の観点から指導を展開することが求められている。

学校教育におけるESDは、3つの観点で「つなげる教育」と言える。つまり、(1)学習内容や教材に関して環境、経済、社会・文化などをつなげる教育であり、(2)学習方法として地域と他の地域や世界など人や場 (人と人、人と社会、人と地球)をつなげる教育、すなわち、地域で活動し地球規模で思考する (Act locally and think globally) 教育であり、(3)学習で身に付けた能力や態度と実社会での活動や実践をつなげる教育である。

本稿では、持続可能な社会づくりの構成概念やその視点に立った学習指導で重視される能力・態度を整理し、さらに学習指導を行ううえでの留意事項である「つながり」をキーワードにして、ESDについて解説する。

### 2 ESDの学習指導を構想し展開するための枠組み

持続可能な社会づくりに関する課題には、広範囲の多くの要素が複雑に絡み合っている。ESDでは、こうした課題に対して多面的、総合的に取り組みながら学習を展開していくことが求められる。よって、学校においてESDを推進するには、特定の教科を設けるのではなく、既存の教科等に組み込み、教育活動全体を通して展開することが大切である。

国立教育政策研究所は、各教科等で取り扱う学習内容を持続可能な社会づくりの視点 (構成概念) から捉えるとともに、学習指導で重視する能力・態度や、学習指導を進めるうえでの留意事項などを、ESDの視点から整理した。

### 3 ESDの視点に立った学習指導の目標

ESDの目標としては、「持続可能な開発のために求められる原則、価値観及び行動が、あらゆる教育や学びの場に取り込まれ、環境、経済、社会の面において持続可能な将来が実現

できるような行動の変革をもたらすこと」などが挙げられる。

国立教育政策研究所では、日本の教育の目標である「生きる力」の育成の文脈で、各教科等の授業の中でESDの視点に立った学習を展開するため、ESDの目標を必要最小限に精選し、「持続可能な社会づくりに関わる課題を見いだし、それらを解決するために必要な能力・態度を身に付けること」と設定した。そして、各教科等の学習活動を進める中で、この目標の達成に向けた授業設計や授業改善を行うことが、持続可能な社会の形成者としてふさわしい資質や価値観を養うことに資すると考えた。こうした考えに基づき、「ESDの学習指導過程を構想し展開するために必要な枠組み」(図1)を提案した。

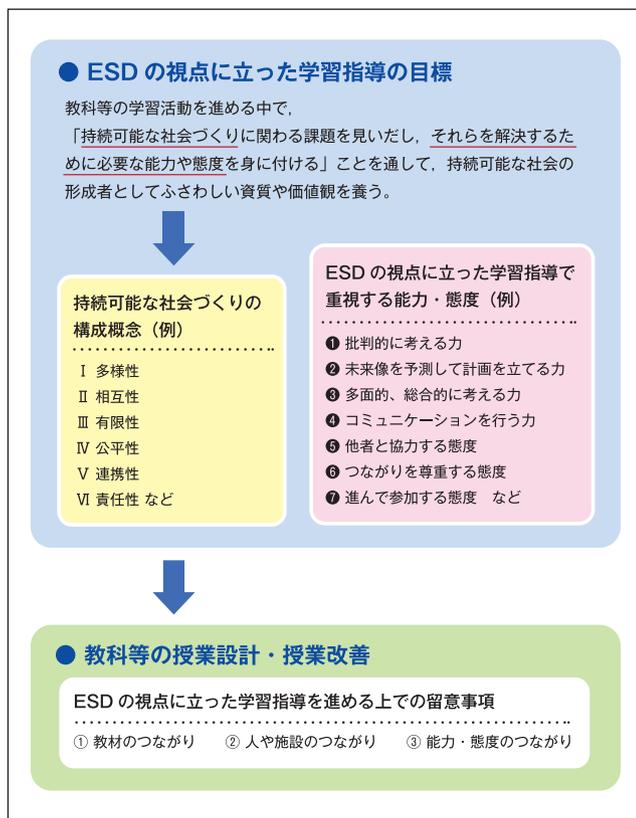


図1 ESDの学習指導過程を構想し展開するために必要な枠組み (国立教育政策研究所, 2012年)

## 4 「持続可能な社会づくり」の概念構成

「我が国における『国連持続可能な開発のための教育の10年』実施計画」や『地球の未来を守るために』(環境と開発に

関する世界委員会, 大来佐武郎監修, 1987年) などを利用して、「持続可能な社会づくり」に関連する概念等を、[1] 人を取り巻く環境 (自然・文化・社会・経済など) に関する概念と、[2] 人 (集団・地域・社会・国など) の意思や行動に関する概念の二つに大別した。さらに、この二つをそれぞれ三つの下位概念に分解し、「多様性」「相互性」「有限性」「公平性」「連携性」「責任性」という形で明確にした。

## 5 ESDの視点に立った学習指導で重視する能力・態度

ESDで重視する能力・態度については、「我が国における『国連持続可能な開発のための教育の10年』実施計画」やESD-J, ESDツールキット (R.McKeown, 2002年), ESD資源レビューツール (英国教育技能省, 2005年) などにより、さまざまな捉え方がある。

学校教育においてESDを推進・展開するために、こうしたさまざまな能力・態度を「生きる力」と関連付けて整理し、ESDの視点に立った学習指導で重視する能力・態度として以下の七つを抽出し設定した。①批判的に考える力, ②未来像を予測して計画を立てる力, ③多面的、総合的に考える力, ④コミュニケーションを行う力, ⑤他者と協力する態度, ⑥つながりを尊重する態度, ⑦進んで参加する態度である。

教科等の指導において、単元 (題材) の目標や授業の目標に、上記七つに基づいたものを付加したり関連付けたりすることによって、ESDの視点に立った学習指導が展開できる。

ESDでは価値観の変革が求められる。ESDの視点に立った授業では、具体的な課題の発見・探究・解決の過程で、児童・生徒自らが持続可能な社会づくりに関する価値観を身に付けていけるように配慮することが大切である。

## 6 ESDの視点に立った学習指導を進めるうえでの留意事項

ESDの視点に立った学習指導を進めるうえでは、(A) 教材 (学習課題, 学習内容) を内容的・空間的・時間的につなげること, (B) 学習者どうし, 学習者との立場・世代の人々, 学習者と地域・社会などをつなげること, (C) 身に付けた能

力や態度を具体的な行動に移し、実践につなげることの三つの「つながり」が重要である。

#### A 教材のつながり

ESDでは、持続可能な社会づくりに関わる課題について多面的、総合的に探究していくことが求められるので、環境、社会、経済の視点などを配慮して、総合的に学習内容を構成することが必要である。すなわち、ある教科等で取り上げる教材（事物、現象、題材、課題など）が、他の教科等や他の学年・学校種で扱われる教材ともつながっていること、実生活や実社会ともつながっていることに気づき、それらについて関心や認識を持つこと、それらを相互に関連付けて見たり考えたりすることが大切である。教材や教科等の内容的な「つながり」だけでなく、教材が教室・学校・地域・社会・国・世界とどのような空間的「つながり」にあるか、教材が過去・現在・未来とどのような時間的「つながり」に位置付けられるかなども配慮しながら、学習を進めていくことが必要である。

#### B 人や施設のつながり

ESDでは、学習の過程において、自分と他者とが時間と空間を共有しながら互いに学び合い、つながり合うことが大切である。そうした過程の中で、他者との対話やコミュニケーションの大切さを感じ取ったり、他者の活動に共感したりしながら、必要な能力や態度を身に付け、さらに新たな考えや行動を生み出していくことになる。そのためには、人と人とのつながり、人と社会とのつながり、人と自然とのつながりなどに配慮した指導が必要である。具体的には、児童・生徒どうしの「つながり」による学び合いを展開したり、地域（身近な地域だけでなく、国内や海外、とりわけ発展途上国）との「つながり」を図りながら、多様な立場や世代の人々との「つながり」が体験できる場（地域の人から学んだり、研究所などの専門家から指導を受けたりするなど、多様な学び方や学びの場）を用意したりする必要がある。さらには、将来世代や過去世代との「つながり」を想像させるなどの工夫が必要である。

#### C 能力・態度のつながり

ESDでは、関心を高めたり、認識を深めたりするだけでなく、身に付けた能力や態度を実生活・実社会における実践に

つなげていくことが大切である。そのためには、各学校・地域の実情や児童・生徒の実態に応じた課題を取り上げて、教科等における学習と活動との「つながり」や学校と家庭・地域社会との「つながり」を図りながら、実践的な「つながり」をもった指導を継続的に推進するなどの工夫が必要である。

## 7 地域づくり・文化づくりにおけるESD

課題を解決でき、持続可能な社会を構築できるような能力・態度を育成するには、発達段階に応じた体系的な活動が必要である。つまり、幼児から小学校までは環境の中での活動や実体験を中心とした教育であり、中学校段階では、自然探究活動から探究活動へと進化しつつ、基盤としての自然体験に基づいて、環境をより良く理解するために知識や技能なども身に付ける教育であり、高等学校以降では、環境問題などを解決する活動に参加し、持続可能な社会づくりに貢献する教育である。これは、児童・生徒自らが、地域の文化や自然についての問題を見いだして活動し、次の世代の教育に役立てられるような作品や教材を残すとともに、学んだことに基づいて地域の自然や文化づくりに貢献する創造的な教育である。

## 8 これからのESD

日本がESDを提唱した2002年から現在に至るまでに、さまざまなESDの取り組みが展開された結果、以前に比べれば相対的にESDは広まってきたと言える。

ユネスコと日本政府の主催するESD最終会合が、2014年11月に日本で開催される。これは、ESDを普及させ、日本が持続可能な社会づくりのトップランナーに生まれ変わるチャンスである。本稿ではESDを「つながり」を重視した教育としてとらえ、ESDを実践・展開するためのカリキュラム開発の枠組みと学習指導上の留意事項について解説した。今後、学校教育でESDの視点に立った学習指導が展開されやすくなることを期待したい。



## 塩野直道記念 第1回「算数・数学の自由研究」作品コンクール

# 受賞作品の発表



### 作品コンクールの開催にあたって

一般財団法人理数教育研究所(Rimse)では、児童・生徒が日常生活や学校での学習などから興味をもった事象を、算数・数学的な見方・考え方を活用して主体的に探究していく姿勢を培うために、塩野直道先生を記念して、2013年度から塩野直道記念「算数・数学の自由研究」作品コンクールを開催しています。

塩野直道先生(1898～1969年)は、旧文部省図書監修官として、1935年から使用された教科書『尋常小学算術』(通称緑表紙)を編纂しました。この教科書は、「数理的な面を通して人間の知性を開発する」という算数教育の目的を定め、日常生活を数理的に正しく理解することに主眼が置かれていて、その画期的な内容は、当時諸外国からも絶賛されました。

算数・数学の学習においては、特に言葉や式、図、表、グラフなどを使って数理的に考え、根拠を明らかにし筋道を立てて説明する活動が求められています。また、学習の中に算数的活動、数学的活動(特に探究的活動)などを効果的に取り入れて、思考・判断・表現する力を育み、学ぶ意義を高めることが重視されています。本コンクールがこれらの活動の手助けとなり、また、思考力・判断力・表現力の育成の一助になれば幸いです。



塩野直道先生



緑表紙(復刻版)

#### ●塩野直道賞 顕彰委員会

- 吉川弘之 東京大学名誉教授/Rimse 理事長
- 岡本和夫 東京大学名誉教授/Rimse 理事
- 清水静海 帝京大学教授/Rimse 理事
- 梶川真秀 公益社団法人 全国珠算教育連盟理事長

#### [特別顧問]

- 塩野宏 東京大学名誉教授

主催：一般財団法人 理数教育研究所

協賛：株式会社 内田洋行

株式会社 学研ホールディングス

後援：読売新聞社

公益財団法人 文字・活字文化推進機構

公益社団法人 全国珠算教育連盟

## 作品の審査を終えて

塩野直道記念 第1回「算数・数学の自由研究」作品コンクールに多数のご応募をいただきありがとうございました。全国の小学生、中学生、高校生の皆さんから合わせて9132件の作品が届きました。

作品は各地域で選考後、中央審査委員会で最終審査を行い、p.12～15のように受賞者が決定しました。



中央審査委員会（2013年12月22日、東京・アルカディア市ヶ谷）

### 中央審査委員からのメッセージ



根上委員長

### 中央審査委員

委員長	根上 生也	横浜国立大学大学院 教授
委員	五十嵐 一博	千葉市科学館 教育アドバイザー
	桜井 進	サイエンスナビゲーター
	坪田 耕三	青山学院大学 教授
	中島 さち子	ジャズピアニスト
	蒔苗 直道	筑波大学 准教授
	渡辺 美智子	慶應義塾大学大学院 教授

（五十音順）

9132。中央審査委員会で配られた表の中に書かれたこの数を目にした審査委員の皆さんは、さぞかし驚いたことでしょう。これはこの「自由研究」に応募された作品の総数です。全国から募集したとはいえ、初めてのコンクールにここまでたくさんの作品が集まるとは予想外でした。さらに驚いたことは、小学校低学年の皆さんもしっかりと研究しているということです。そして、熱い思いが感じられるレポートを書いています。一生懸命に考えて問題を克服したり、とことん調べたり、実験したり、作図したり、工作したり。中には、執念を感じさせる手間のかかった作品もありました。算数や数学の授業で学んだことが基本にはなっていますが、決して「学校」には縛られずに、自由に発想して、自由に研究してくれました。まさに「算数・数学の自由研究」の名にふさわしい作品を審査できて、とてもうれしく思います。応募してくれた皆さん、ありがとうございます。

それぞれの作品を読んで、日常の事象をこんなにも算数・数学の目から見ることができると改めて感じました。児童・生徒の鋭い感覚に感心しています。また上級学年の学習内容や、既に明らかになっている性質を追認する研究よりも、身近な場面を今までに学習した算数・数学の目で考えるということに新鮮さがあり、読む人に訴えると思います。次回さらなる応募をお待ちしています。



五十嵐委員



桜井委員

待ちに待った「算数・数学の自由研究」作品コンクールが始まりました。小学生から高校生まで応募できることから、第1回はどれだけの応募があるのかがまずは気になるところでした。9千人の皆さんのチャレンジがあり、このことだけでも日本の数学熱の高さを知ることができました。学校で習った算数・数学を、自分で気づいた「なぜ」を解決するために活用し、「なるほど」にすることができた人は立派な数学者といえるでしょう。コンクールを通して算数・数学をする感動と喜びを一人でも多くの皆さんに味わってもらえることを願っています。



坪田委員

たくさんの作品を読ませていただき、興味深いものがとても多くありました。現在の学校教育では、算数・数学の授業の中で、「速く」「簡単に」といったことばかりが目指されていることが多いようですが、本当の算数・数学の楽しみ、大きな喜びは、時間をかけてじっくり考えて、やっと結論を得るといったところにあるのだと思います。このコンクールでは、そのような楽しみを目指す姿を大切に審査しました。日本の算数・数学の教育がこのコンクール作品に表現されたような創造性豊かなものになることを期待しています。



中島委員

非常に楽しく審査させていただきました。テーマや手法、考察に独創性溢れるものが多く、単純な数理的発見でも面白い作品も多くありました。身近な題材から算数・数学の研究が生まれてくるようにワクワクし、皆さんの独創性や研究力に頭が下がると同時に、こうした試みの意義と影響力、可能性の大きさを強く感じています。テストよりもずっと頭や心をフルに動かした、一生忘れられない研究体験・自信になったのではないのでしょうか。これからも、子供たちの豊かな研究を楽しみにしています。と同時に、このような創造的学びを応援する場がますます増えていくことを期待しています。



蒔苗委員

第1回の「算数・数学の自由研究」の審査を通して、いろいろな作品を見ることができました。小学生の作品には子供らしい視点の面白い作品があり、1年生の中にも学習した範囲の算数を活用したものがありません。また、高校生の作品には数学的にレベルの高いものもありました。残念ながら賞に選ばれなかった作品中にも興味深い作品がたくさんあります。今後も「算数・数学の自由研究」が発展していくことを期待します。来年も発想豊かな楽しい算数・数学の自由研究に挑戦した皆さんの作品を待っています。



渡辺委員

今回の審査対象となった高校生の皆さんの作品は、数学的な考察のレベルが高いだけでなく、その対象が多岐に渡っていたので、審査をしていてとても楽しめました。この自由研究を通して、皆さんが身の回りの出来事や社会のことに関心を持ち、それらを数理の目で改めて見直そうとしたチャレンジ精神や創造する力・探究する力は、21世紀の国際社会が世界共通の力としてその育成に努めている大切な力です。多くの高校生が「算数・数学の自由研究」に取り組んで、力を発揮することを期待しています。

# 塩野直道記念 第1回「算数・数学の自由研究」作品コンクール

## 受賞者一覧

### 最優秀賞 (p.18 ~ 22 に作品を紹介)

#### 塩野直道賞

小学校低学年の部

3分時計を作ろう

愛知県 田原市立泉小学校 3年 小笠原 愛

#### 塩野直道賞

小学校高学年の部

手を使った数当てゲームで勝つ方法を考える

広島県 広島大学附属小学校 4年 石井 杏奈

#### 塩野直道賞

中学校の部

メロスの全力を検証

愛知県 愛知教育大学附属岡崎中学校 2年 村田 一真

#### 塩野直道賞

高等学校の部

野球の最適打順の数学的考察

広島県 広島大学附属高等学校 3年 和崎 海里, 池本 陸, 田中 大貴

#### Rimse 理事長賞

外心と傍心, 内角の二等分線の関係について

東京都 東京都立新宿山吹高等学校 3年 山下 真由子

最優秀賞の受賞者を招いて、2014年2月2日に表彰の集い(表彰式・作品発表)を開催しました。



表彰の集い(2014年2月2日, 東京・アルカディア市ヶ谷)

## 優秀賞 (p.22 ~ 26 に作品を紹介)

### 読売新聞社賞

「デザイン定規」 & 「ローリングルーラー」は、なぜ美しい図形が描けるのか？  
東京都 東京学芸大学附属世田谷中学校 2年 大村 美葵

### 内田洋行賞

富士山って、どれだけ大きい山？  
神奈川県 川崎市立下小田中小学校 4年 松本 しおり

### 学研賞

ごまたまごのはこのなぞ  
兵庫県 神戸市立木津小学校 3年 阿部 百花

### 審査員特別賞

ぶどうのみのつきかたをしらべる  
埼玉県 埼玉大学教育学部附属小学校 1年 日野原 彩乃

### 審査員特別賞

めざせ 5000 本安打!!  
岡山県 倉敷市立味野小学校 6年 片山 隆生

### 審査員特別賞

どこまでもついてくる闇の関係  
福井県 福井大学教育地域科学部附属中学校 3年 横田 千晴

### 審査員特別賞

ペン図についての七章  
愛知県 愛知県立岡崎高等学校 2年 松井 玲穂

## 奨励賞

### <Rimse奨励賞 小学校低学年の部>

作品タイトル	受賞者
入るはずないのに!!	東京都 清明学園初等学校 2年 山本 礼
ぶらり途中下車で運賃が安くなる!?	神奈川県 横浜国立大学教育人間科学部附属鎌倉小学校 3年 白水 理啓
野きゅうの 中の ゆかいな 数字たち	滋賀県 滋賀大学教育学部附属小学校 2年 加藤 真人
立方体をつんで、よく見てみよう	京都府 京都聖母学院小学校 3年 武村 薫石
そろばんで おかねの けいさんを しよう	兵庫県 姫路市立城乾小学校 1年 邑橋 凜太郎

円の外に円 円の内に円	鳥取県 鳥取市立浜村小学校3年 山田 紘未
三年生でも調べられる!? 円のまわりの長さ	広島県 広島大学附属小学校3年 杉原 真祐
算用記号は「何の形なのか?」「いつできたのか?」	福岡県 柳川市立矢ヶ部小学校3年 竹田 美咲
あたりが できる 回数は 何回?	佐賀県 佐賀大学文化教育学部附属小学校2年 伊澤 美遥
九九 ふしぎ発見!!	沖縄県 那覇市立松島小学校3年 神谷 那央

### <Rimse奨励賞 小学校高学年の部>

作品タイトル	受賞者
$\sqrt{5}$ を分数であらわすには?	宮城県 宮城教育大学附属小学校6年 小林 航輔
なぜ本を並べるとでこぼこか	千葉県 千葉市立西の谷小学校5年 菅原 響生
私のかみの毛 何本?	東京都 清明学園初等学校 5年 石永 陽香
円周率は本当に 3.14?	石川県 かほく市立宇ノ気小学校6年 宮下 大佑
算数をいかして, エ コな模様替えを!!	京都府 立命館小学校6年 中野 拓哉
曲面にかこまれた貝の体積が求められるか	大阪府 大阪市立阪南小学校6年 安田 皓誠
山頂のわき水は何日で海に着くか	大阪府 岸和田市立八木小学校6年 仙石 優太
100 m走のタイムと歩幅・歩数の関係	兵庫県 小野市立小野小学校5年 小野 兼太郎
四角形の七変化 (7 つじゃないけど)	愛媛県 愛媛大学教育学部附属小学校6年 吉村 紗葉
ローソクの燃える時間を予測せよ!	宮崎県 日之影町立宮水小学校6年 橋本 将憲

### <Rimse奨励賞 中学校の部>

作品タイトル	受賞者
めざましじゃんけんの不思議	山形県 山形大学附属中学校1年 山川 実桜
速く連絡網をまわすには?	埼玉県 埼玉大学教育学部附属中学校2年 蒲地 由華
ボールペンに突撃インタビュー ボールペンの経済的比較	千葉県 学校法人 渋谷教育学園幕張中学校1年 大野 匠海

ミウラ折りについて	千葉県 千葉市立松ヶ丘中学校2年 辻村 和樹
球の体積と表面積を求める公式を確かめる	富山県 富山大学人間発達科学部附属中学校2年 盛 耀一郎
新しい公式を自分でつくろう!	三重県 三重大学教育学部附属中学校2年 中根 有紀
対向車ナンバー予想ゲーム必勝法	愛媛県 松野町立松野中学校3年 藤岡 香穂里, 八十島 佑
板チョコを無限に食べる方法 ～本当に実現することができるのか!?～	佐賀県 佐賀大学文化教育学部附属中学校2年 山口 玲奈
出来るだけたくさんの中のものを入れたい!!!	熊本県 熊本市立竜南中学校3年 福島 優斗
平方数同士の差の不思議	熊本県 熊本大学教育学部附属中学校2年 井手田 凌

### <Rimse奨励賞 高等学校の部>

作品タイトル	受賞者
線分を任意の個数に等分する方法 “漸近法” についての考察	東京都 海城高等学校2年 井上 立之
階乗進法とベキ進法 ～n進法の拡張～	東京都 海城高等学校2年 山口 哲
青の限界	東京都 東京学芸大学附属高等学校1年 工藤 才造
何乗しても下n桁が変わらない数	愛知県 愛知県立岡崎高等学校2年 近藤 彪生
PINEAPPLE と p 進数	愛知県 愛知県立豊田西高等学校2年 鈴木 祐斗
コーヒーカップの描く軌跡	京都府 立命館高等学校3年 細見 真矢
美しい方陣	大阪府 大阪市立咲くやこの花高等学校2年 山田 凌乃介
ゲームを数学する ～新しいゲームの作成と奥深さの表現～	広島県 広島大学附属高等学校3年 宗藤 大貴, 角田 翔
汎魔方陣の研究 ～5次汎魔方陣の総数を桂馬飛び法から導く～	香川県 高松第一高等学校3年 六車 光貴, 谷本 真一郎, 野崎 光祐
データの特徴を表す関数の作成	大分県 大分県立大分舞鶴高等学校2年 田畑 陸, 指宿 竜明, 下田 晃平, 三木 聖博

全応募作品の中から、最優秀賞、優秀賞、奨励賞の受賞者のほか、下記の方々の作品が地区審査から中央審査委員会の最終審査に推薦されました。

### <小学校低学年の部>

秋田県	秋田大学教育文化学部附属小学校 2年 伊藤 誠渚
茨城県	茨城大学教育学部附属小学校 2年 川崎 文慈
東京都	清明学園初等学校 3年 諸星 真優
神奈川県	相模原市立清新小学校 3年 渡邊 慎太郎
新潟県	新潟市立東青山小学校 2年 山崎 陽
富山県	富山大学人間発達科学部附属小学校 1年 山口 泰成 富山大学人間発達科学部附属小学校 3年 井上 愛華
福井県	福井市松本小学校 3年 河合 遥音 福井大学教育地域科学部附属小学校 2年 石津 智希
愛知県	愛知教育大学附属岡崎小学校 3年 万田 暖翔 愛知教育大学附属岡崎小学校 3年 水野 まはろ 名古屋市立富士見台小学校 2年 藤田 真衣 西尾市立平坂小学校 2年 林 右恭, 林 左恭
京都府	向日市立向陽小学校 3年 西川 諒
大阪府	大阪教育大学附属平野小学校 3年 清水 麻波菜
兵庫県	小野市立小野小学校 3年 増田 智哉 加古川市立氷丘小学校 2年 富田 直人 加古川市立氷丘小学校 3年 樋上 颯人 加古川市立氷丘小学校 3年 別府 幸穂 学校法人 仁川学院小学校 2年 藤原 奈々 姫路市立手柄小学校 3年 名定 佑真 姫路市立手柄小学校 3年 増田 拓真
和歌山県	和歌山大学教育学部附属小学校 2年 奥村 莉亜
鳥取県	鳥取市立浜村小学校 3年 中林 和花
岡山県	倉敷市立味野小学校 1年 中内 月希 倉敷市立万寿東小学校 2年 奥村 一友
広島県	広島大学附属小学校 3年 北川 漱二 広島大学附属小学校 3年 濱田 倫慧
徳島県	阿南市立桑野小学校 2年 久栄 愛梨, 久栄 ほのか
香川県	高松市立多肥小学校 3年 溝淵 香乃
愛媛県	愛媛大学教育学部附属小学校 2年 久保 和夏
福岡県	福岡教育大学附属福岡小学校 1年 田中 月渚 福岡教育大学附属福岡小学校 3年 鬼塚 紗央 福岡教育大学附属福岡小学校 3年 武石 睦生
佐賀県	佐賀大学文化教育学部附属小学校 2年 加藤 寛陽 佐賀大学文化教育学部附属小学校 2年 小池 伶希
沖縄県	名護市立大北小学校 3年 仲宗根 杏珠 那覇市立松島小学校 1年 神谷 もも

### <小学校高学年の部>

秋田県	秋田市立旭川小学校 6年 小森 あかり 秋田市立桜小学校 5年 泉 千花穂
千葉県	千葉市立本町小学校 5年 江村 淳
東京都	府中市立府中第三小学校 5年 野口 ほのか
神奈川県	横浜国立大学教育人間科学部附属鎌倉小学校 5年 栗原 唯花
新潟県	燕市立吉田小学校 6年 阿部 翠 長岡市立阪之上小学校 6年 水島 未有
富山県	富山市立豊田小学校 6年 青木 太志
石川県	能美市立辰口中央小学校 6年 中村 未優
福井県	福井市松本小学校 6年 森 淳
愛知県	愛知教育大学附属岡崎小学校 5年 服部 真奈 名古屋市立江西小学校 5年 安田 健一郎 西尾市立平坂小学校 5年 緑谷 拓海 美浜町立上野間小学校 4年 坂本 健太郎
三重県	津市立南が丘小学校 5年 秦 靖
滋賀県	滋賀大学教育学部附属小学校 4年 山崎 桜花
京都府	京都聖母学院小学校 6年 小嶋 結輝, 西脇 千紘, 金原 有里紗, 野村 楓 京都聖母学院小学校 6年 廣安 幸志郎, 松田 健志 同志社小学校 5年 池田 はるな 同志社小学校 5年 酒井 翔平 立命館小学校 5年 安本 智哉 立命館小学校 6年 中島 花音
大阪府	池田市立池田小学校 6年 若槻 匠哉 河内長野市立長野小学校 5年 北村 麻衣
兵庫県	明石市立山手小学校 6年 斎藤 ほの香 姫路市立城乾小学校 6年 邑橋 琴葉 姫路市立手柄小学校 5年 飯田 茜央乃
鳥取県	倉吉市立西郷小学校 4年 吉岡 佑菜 鳥取市立遷喬小学校 6年 平野 優紀 鳥取大学附属小学校 4年 植田 望未
岡山県	岡山市立大元小学校 5年 竹入 瑠莉
広島県	広島大学附属小学校 4年 望月 幸樹
香川県	香川大学教育学部附属高松小学校 4年 松浦 鳳
愛媛県	愛媛大学教育学部附属小学校 5年 宮内 唯衣
福岡県	大牟田市立吉野小学校 5年 立石 悟 北九州市立中井小学校 5年 相浦 光 福岡教育大学附属福岡小学校 4年 石川 実祈 福岡教育大学附属福岡小学校 6年 北川 聡大

佐賀県	佐賀市立赤松小学校 5年 井手 佑亮, 炭屋 ゆき 佐賀大学文化教育学部附属小学校 6年 岡本 健二郎 佐賀大学文化教育学部附属小学校 6年 中島 玲
宮崎県	小林市立須木小学校 5年 小河 友樹 日之影町立宮水小学校 6年 原田 亮介

## <中学校の部>

秋田県	秋田大学教育文化学部附属中学校 3年 中川 はるな
埼玉県	埼玉大学教育学部附属中学校 2年 佐々木 香穂 埼玉大学教育学部附属中学校 2年 本間 友菜
千葉県	市川市立下貝塚中学校 1年 津村 志保 学校法人 渋谷教育学園幕張中学校 1年 大野 元暉
東京都	世田谷区立用賀中学校 2年 竹内 ひまわり 東京学芸大学附属世田谷中学校 2年 町田 遥佳 練馬区立三原台中学校 3年 菊地 彩華
神奈川県	横浜国立大学人間科学部附属横浜中学校 3年 奥田 知華
石川県	石川県金沢錦丘中学校 1年 東原 竹蔵
福井県	福井大学教育地域科学部附属中学校 2年 中村 こころ
長野県	信州大学教育学部附属松本中学校 3年 佐々木 志織
愛知県	愛知教育大学附属岡崎中学校 1年 小野 優花 愛知教育大学附属名古屋中学校 1年 清水 智絵 愛知教育大学附属名古屋中学校 1年 原 亜維 東海中学校 2年 秀島 東悟
滋賀県	滋賀大学教育学部附属中学校 2年 五月女 滯
京都府	京都市立西京高校附属中学校 3年 北本 佳誉 京都市立西京高校附属中学校 3年 橋本 知己 京都市立西京高校附属中学校 3年 和田 有輝也
大阪府	大阪教育大学附属池田中学校 2年 塚本 奈都子 大阪教育大学附属池田中学校 2年 長谷川 眞子 大阪市立咲くやこの花中学校 2年 内田 翔 関西大学中等部 2年 石井 歩
兵庫県	姫路市立安富中学校 1年 花畑 香奈 姫路市立安富中学校 2年 中野 なつみ 兵庫教育大学附属中学校 1年 宇佐美 利緒子 兵庫教育大学附属中学校 1年 岡本 梨花
鳥取県	鳥取市立北中学校 3年 田淵 統志郎
島根県	島根大学教育学部附属中学校 2年 金坂 淳平 島根大学教育学部附属中学校 3年 仲井 慧悟
岡山県	岡山県立岡山操山中学校 1年 亀沖 真希
広島県	広島大学附属東雲中学校 1年 川崎 のん

山口県	山口大学教育学部附属山口中学校 1年 秋本 愛佳 山口大学教育学部附属山口中学校 1年 讃井 達也
香川県	香川大学教育学部附属高松中学校 3年 山内 康太郎
愛媛県	愛媛大学教育学部附属中学校 2年 佐野 栞
佐賀県	佐賀大学文化教育学部附属中学校 2年 山口 颯仁
熊本県	熊本市立託麻中学校 1年 潟口 雅人 熊本市立託麻中学校 1年 林 大智 熊本市立藤園中学校 3年 杉本 梨紗 熊本市立北部中学校 2年 岩井 沙彩 熊本大学教育学部附属中学校 2年 岩瀬 優里香 熊本大学教育学部附属中学校 2年 田中 眞結

## <高等学校の部>

東京都	海城高等学校 2年 恩田 直登 海城高等学校 2年 増田 康隆 東京学芸大学附属高等学校 1年 高久 瑛理子 東京学芸大学附属国際中等教育学校 2年 柴谷 佳弥 東京学芸大学附属国際中等教育学校 2年 福永 大介 東京学芸大学附属国際中等教育学校 2年 堀井 美幸
愛知県	愛知県立岡崎高等学校 2年 尾崎 宗海 愛知県立岡崎高等学校 2年 加藤 夕貴 愛知県立岡崎高等学校 2年 金子 明央 愛知県立岡崎高等学校 2年 中島 弘瑛 愛知県立岡崎高等学校 2年 水野 彩子 愛知県立豊田北高等学校 1年 玉腰 寛人
京都府	京都府立洛北高等学校 1年 ホッジルネ 倫 立命館宇治高等学校 1年 岩田 悠里 立命館宇治高等学校 1年 酒匂 晴菜 立命館高等学校 3年 岡本 紗也加 立命館高等学校 3年 音瀬 早映
大阪府	関西学院高等部 1年 番庄 智也, 萩倉 丈, 井上 理哲人, 平林 直樹
広島県	広島大学附属高等学校 1年 鞆 宏隆
香川県	観音寺第一高等学校 3年 秋山 雄貴, 牧野 史明
福岡県	福岡県立八幡高等学校 3年 花田 脩
大分県	大分県立大分舞鶴高等学校 2年 生野 柗大, 岡崎 真里, 神崎 貴裕, 首藤 真也, 藤田 友梨香
沖縄県	沖縄県立球陽高等学校 1年 古波蔵 真大 沖縄県立球陽高等学校 1年 比嘉 碧 沖縄県立球陽高等学校 1年 和氣 幹

# 最優秀賞・優秀賞—受賞作品の紹介と講評

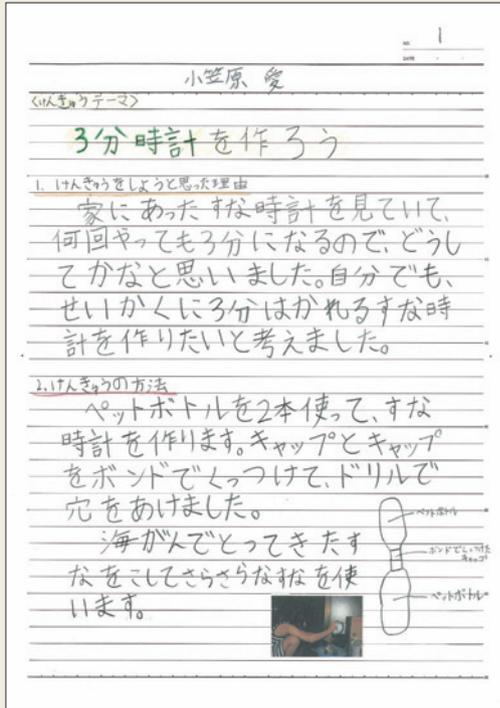


**塩野直道賞**  
小学校低学年の部

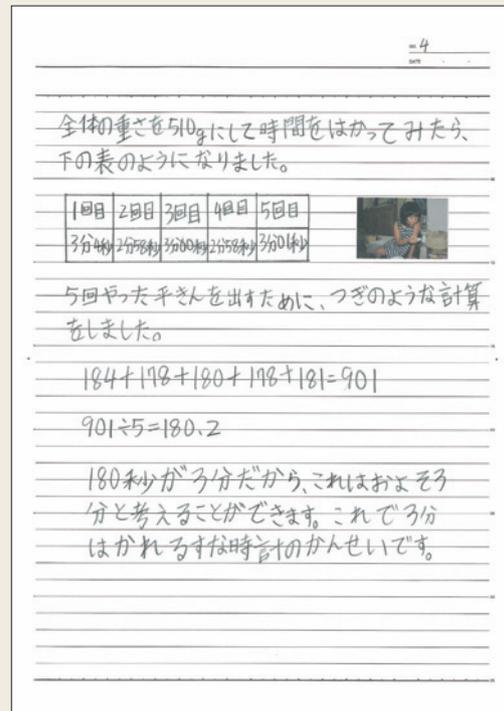
3分時計を作ろう

愛知県 田原市立泉小学校 3年 小笠原 愛

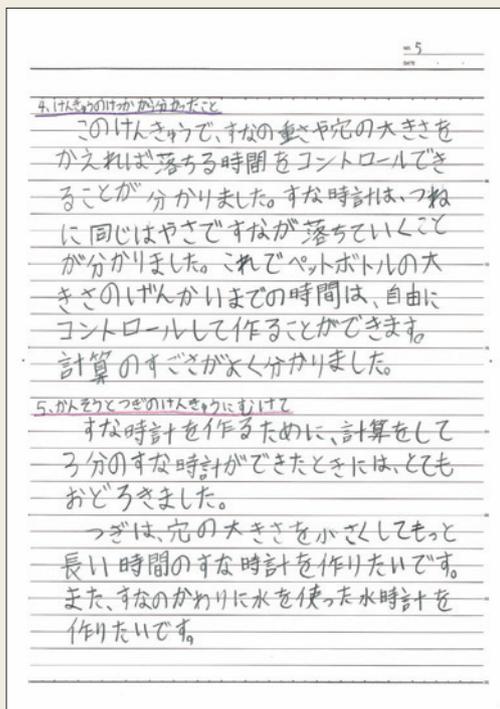
全5ページ



▲1ページ目



▲4ページ目



▲5ページ目

## 講評

ペットボトルを2つ組み合わせて3分が測れる砂時計を作成しています。90秒間で流れ落ちる砂とペットボトルの重さから、必要な砂の量を予想したり、実験結果を統計的に判断して、時計の精度を検証したりと、随所に算数的な考え方が現れる優れた作品です。

中央審査委員会







# 塩野直道賞 高等学校の部

## 野球の最適打順の数学的考察

広島県 広島大学附属高等学校 3年 和崎 海里, 池本 陸, 田中 大貴

全 10 ページ

**I 概要**

今日の日本プロ野球界では打率が高く本塁打をよく打つ最強打者を 4 番に置くことが多いが、他国では 3 番に置くことがあるなど、打順に関する意見は様々である。どのような打順が効率よく点が取れるのかというのは勝敗に大きくかわり、重要な問題である。我々の研究の目的は、チームが最も効率よく点を取るには最強打者を何番に置けばよいかを調べることに、さらに、その理由を数学的に考察することである。

実際の野球の打順は何万通りもの組み合わせがあるため、まずは、1 人の最強打者と 8 人の平均的な能力の打者の計 9 人で打順を組むとした場合、チームの 1 シーズンの総得点を最大にするには、最強打者は何番に置くべきかという実験をした。その結果、1 番に最強打者を置くべきであることがわかった。次に、実際の野球の打順構成に近付けるために、9 番に投手を置いた場合について同様に実験した。すると、4 番に最強打者を置くべきであるという結果になった。さらに、上位打線・下位打線、盗塁・犠打等の作戦を考慮したところ、同様に最強打者は 4 番に置くべきであるという結果になった。そして、そのようになった理由も数学的に考察をした。

**II 研究方法**

最適打順を求めていく指標として、私たちは "The Bill James Baseball Abstract 1983" [1] にあるピタゴラス公式を用いた。

$$\text{勝率} = \frac{\text{総得点}^2}{\text{総失点}^2}$$

この式は、1 シーズンの総得点と勝率との正の相関を表す。この式から、総得点を増やせば勝率が上がるということがわかる。よって、我々は 1 シーズンあたりの総得点が最大となる打順を最適打順とした。総得点を計算するために実際の野球を数理モデル化し、最強打者の打順を変えながら、モンテカルロ法を用いて、期待される得点を算出した。具体的には、表計算ソフトで発生させた乱数をもとに、打席結果などを 1 試合分繰返して理想的に試合を行い、それによって得られた 150,000 試合の得点を 1 シーズンあたりの総得点に換算し比較した。また、先行研究でも同様に最適打順を調べているものは存在するが、その結果の理由は説明されていないため、我々は求めた打順の総得点が最大となった理由も数学的に考察した。

**III 数理モデル**

試合の流れを以下の 5 つの行程に分類し、仮想的に試合を進め、得点を計算した。

- (1) アウト数・塁状況確認
- (2) 打席結果
- (3) 打席結果による進塁
- (4) 走者の能力による進塁
- (5) 得点計算

野球の試合をモデル化するにあたって、以下の 1~5 を仮定する。

1. 試合、インニングの終了

▲2ページ目

1~6 番に、下位打線型選手は 6~9 番に置くものとした。最強打者は 2~5 番のいずれかに置いた。実験の結果を精査し、盗塁は 1 番打者のみがあると仮定した。盗塁は成功すると走者が 1 進塁し、失敗すると、アウト数が 1 つ増えるとした。盗塁を企圖する状況はアウト数にかかわらず、走者一塁のときとした。成功率は 0.746、盗塁企圖率は 0.5、犠打は行わないとした。進塁率は 0.5 とした。

**② 結果**

シーズン当たりの総得点の結果は、表 8 のようになった。

最強打者の打順	1	2	3	4	5
総得点 (盗塁あり)	551.46	556.63	553.75	551.52	551.52
総得点 (盗塁なし)	555.76	554.76	556.38	554.70	554.70

**③ 考察**

1 番打者が盗塁を行うとき、最強打者を 4 番に置いた場合も総得点が高くなるという結果になった。なお、実験 3 の結果と比較したところ、盗塁すると総得点が減少するという結果になっている。これは盗塁失敗の際に走者がアウトになってしまうことが、最強打者が打席に入る打点の減少につながり、総得点が減少したと考えられる。ホームランバットが後続にいる場合は盗塁を行わず、走者がいる状況で打席を回すことを優先すべきであるということが言える。

**V 結論**

実験 1 より、下位打線がないチームであれば最強打者は 1 番に置くべきであるということ、また、下位打線があるチームでは、最強打者は 4 番に置くべきであるということが分かった。そして、4 番は塁上に走者がいる状況で最も打席に立ちやすく、打点を挙げやすいというだけでなく、生還点も比較的多く、総合的に最も得点に周年しやすいつ打順である。よって、その 4 番に最強打者を置くことで最強打者の能力を最大限に活かせるということが理由であるとわかった。

**VI 今後の課題**

今回の結果は 2 種類の最強打者で実験して得られたものであるため、最強打者の能力を変えても今回と同じ結果が得られるかどうかをわからない。ゆえに、異なる能力の最強打者が検証する必要がある。また、実際の野球では打順に並ぶ 9 人の能力がそれぞれ違うので、今後の実験では、選手の能力にさらにバリエーションを持たせて実験し、いずれは、実際のプロ野球チームのデータを用いて実験することを最終目標とした。

**VII 謝辞**

この研究を進めるに際し、逐次、数学的考察方法についてご指導とご助言をくださった青谷先生に感謝いたします。

また、この論文を作成するに際し、文章の構成と表現についてご指導くださるとともに添削くださった砂原先生に感謝いたします。

**VIII 参考文献**

- [1] James, B. (1983) *The Bill James Baseball Abstract 1983* Ballantine Books
- [2] セイバーメトリクスによる最適打順決定モデルとそのシミュレーション 島越規夫(東海大学理学部) 薄井一樹(東海大学理学部) 時光順平(東海大学理学部)

▲10 ページ目



### 3. 実験 3

実験 2 と同様に実際の打順構成に近付けるために、普通打者の代わりに、上位打線型選手と下位打線型選手と最強打者の 3 タイプの選手で打順を組むときを考えた。

#### ① 設定

上位打線型選手と下位打線型選手を設定し、それぞれ 4 人ずつと最強打者 1 人の計 9 人で打順を組むとした。それぞれの打者の打撃能力は表 1 のとおりである。上位打線型選手は 1~5 番に、下位打線型選手は 6~9 番に置くものとした。最強打者は 1~5 番のいずれかに置いた。盗塁、犠打等の作戦は一切行わないとした。進塁率は 0.5 とした。

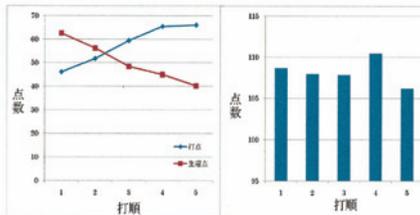
#### ② 結果

シーズン当たりの総得点の結果は、表 8 のようになった。

最強打者の打順	1	2	3	4	5
総得点	553.39	555.76	554.76	556.38	554.70

#### ③ 考察

実験 2 と同様に、最強打者を 4 番に置いた場合も最も 1 シーズンあたりの総得点数が高くなるという結果になった。このような結果になった理由について打点、生還点、周年得点の観点から考察してみる。



生還点は 1 番打者が最も高く打点は 4 番打者が最も高いというのは実験 1 と同じ傾向であるが、周年得点では 4 番打者が高くなるという結果になった。この理由は、下位打線を考慮したことによって 1 番打者が打席に入る打点が増えたこと、つまり、1 番打者が打席に入った際の塁上の走者数が増えたことだからだと考え、各打順の打席に入った際の走者数を調べた。これを表したのが図 7 である。

▲7ページ目

## 講評

数学的なモデルにより野球の打順の最適化を考察した作品で、モデルを精緻化していく手順も含め、高く評価できます。複雑な条件が絡み合う野球の試合結果をモンテカルロシミュレーションによって再現し、最強打者の打順をどこに置くかの具体的な結論を導き出しており、数学で現実問題に取り組んだ意欲的な研究になっています。

中央審査委員会



Rimse 理事長賞

外心と傍心、内角の二等分線の関係について  
東京都 東京都立新宿山吹高等学校 3年 山下 真由子

NO. 1  
DATE

外心と傍心、内角の二等分線の関係について 山下真由子

1. はじめに  
 $\triangle ABC$  が与えられたとき、 $\angle B, \angle C$  の二等分線の足を結んだ直線は、初等幾何の問題で頻りに現れる。しかしこの直線と直線  $BC$  のなす角は、 $\angle A, \angle B, \angle C$  を用いた簡単な形で表すことはできない。私はこの単純だがよく分からない直線の傾きに興味を持った。そこで色々調べて調べていくうちに、この直線は、外心  $O$  と傍心  $I$  を結んだ直線  $OI$  と垂直なのではないかという予想が立った。この研究ではこの命題を、射影幾何を用いて初等的に示す。

命題 1  
 $\triangle ABC$  の  $\angle ABC$  の二等分線と  $AC$  の交点を  $X$ 、 $\angle ACB$  の二等分線と  $AB$  の交点を  $Y$  とする。  $\triangle ABC$  の外心を  $O$ 、 $\angle BAC$  の内角の傍心を  $I$  とする。このとき、 $OI \perp XY$  が成り立つ。

この命題は、 $AB=AC$  であれば明らかに成り立つので、以下では  $AB \neq AC$  とする。すなわち一般性を失うことなく  $AB > AC$  とし、以下で  $AB > AC$  とする。

▲ 1 ページ目

NO. 4  
DATE

3. 命題 1 の証明

3.1 方針  
 実は、次の命題が成り立つ。  
 命題 1'  
 $A, B, C, X, Y$  を命題 1 と同様にとる。  $\triangle ABC$  の外接円を  $\Gamma$ 、 $I$  を中心とした外接円を  $\Gamma'$  とする。  $\Gamma, \Gamma'$  の共通外接線と  $\Gamma$  との接点を  $U, V$  とする。  $U, V, X, Y$  は同一直線上にある。

$UV \perp OI$  であるから、命題 1' から命題 1 が従う。  
 そこで以下では命題 1' を示すことを目標とする。  
 $BX \cap \Gamma = P, CY \cap \Gamma = Q, \Gamma$  の弧  $BQ$  の中点を  $M$ 、 $PQ \cap (A \text{ での } \Gamma \text{ の接線}) = K, MA \cap BC = D$  とする。  
 $UV, XY$  はともに  $K, D$  を通る。 (このことを示せば十分である。  
 ( $AB \neq AC$  を仮定しているため  $A \neq M \neq B$  であり、 $AM$  は  $A$  での  $\Gamma$  の接線と一致せず、 $K \neq D$  である。)  
 以下、これを示していく。

3.2  $UV, XY$  がともに  $K$  を通ることの証明 (図 1)  
 Pascal の定理 (定理 2.5) を退化した大角形  $BAACQ$  に適用すれば、 $BA \cap CQ = Y, AA \cap QP = K, AC \cap PB = X$  より  $XY$  は  $K$  を通る。  
 $AB, AC$  に接し、内  $\Gamma$  に内接する円  $\omega$  と  $L, \omega$  と  $\Gamma$  の接点を  $A', \omega$  と  $AB, AC$  との接点をそれぞれ  $T_0, T_c$  とする。

補題 3.2.1  
 $A', T_0, Q$  は同一直線上にある。

▲ 4 ページ目

NO. 10  
DATE

$\angle ATW = \angle BAC = \angle ABC = \angle CAA' + \angle ABC$  (補題 3.3.1)  
 $= \angle CAA'$   
 $= \angle AAM' = \angle AMW$

よって  $A, M, T, W$  は同一円周上にある。この円を  $\omega_1$  とする。  
 $MN$  は  $\Gamma$  の直径なので、 $\angle TRN = \angle W'AN = 90^\circ$  であり、 $\angle TM'N = \angle WM'N = 90^\circ$  である。  $TRNM', W'AM'N$  はそれぞれ円に内接し、  
 一方で定理の逆より  $MT \cdot MR = MM' \cdot MN = M'W \cdot M'AT$  である。  
 よって定理の逆より  $T, R, A', W$  は同一円周上にある。この円を  $\omega_2$  とする。  
 $\Gamma$  と  $\omega_1$  の根軸  $AM$  は  $D$  を通り、 $\omega_1$  と  $\omega_2$  の根軸  $TW$  も  $D$  を通る。  
 よって  $\omega_1, \omega_2$  の根軸は  $D$  となり、 $\omega_1$  と  $\omega_2$  の根軸は  $D$  を通る。  
 よって  $R, A', D$  は同一直線上にある。  
 したがって、命題 3.2(2) から  $SJ$  は  $D$  を通る。 よって示された。

4 おわりに  
 外心傍心内角の二等分線の足という、非常に単純な構図でありながら、証明は一筋縄では行かず、結構苦戦した。初等幾何の色んな手法が組み合わさった証明が出来た時には、初等幾何の美しさが感じられた。  
 この証明に出でくると  $\triangle ABC$  の  $A$ -mixtilinear incircle という名前がつけられて、色々な性質が知られている。それを活用して、簡単な証明が見つけられるかも知れないので、考えたい。

▲ 10 ページ目

講評

命題は教科書で習う初等幾何の中に自然に見いだされていて、そのオリジナル性が高く評価できます。射影幾何やいくつかの初等幾何の性質を重ねて用いたその証明から、作者の数学にチャレンジする喜びと感動、そして幾何学の奥深さと面白さが伝わってくる優れた作品です。

中央審査委員会

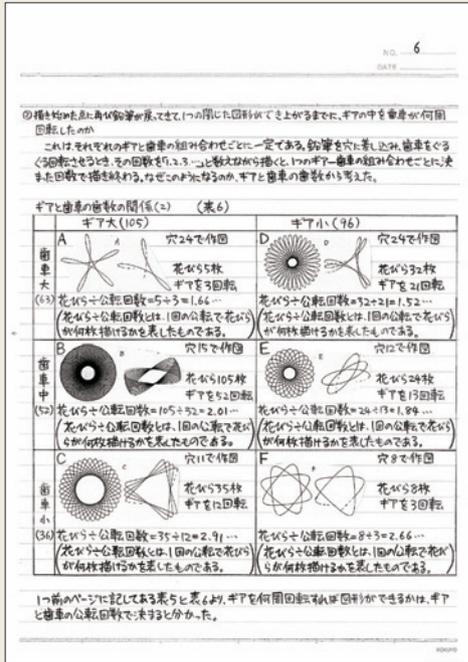


### 読売新聞社賞

「デザイン定規」 & 「ローリングルーラー」は、なぜ美しい図形が描けるのか？

東京都 東京学芸大学附属世田谷中学校 2年 大村 美葵

全10ページ



▲7ページ目

#### 講評

身近で入手できたデザイン定規を使って、描くことのできる図形を1つ1つきれいに描き、まとめている点に、緻密さや丁寧さを評価できる作品です。定規と歯車の組み合わせを変えることによって異なるタイプの図形が描けることや、その図形のタイプと、定規や歯車のギア比との関係にも言及し、その関係をわかりやすくまとめています。

中央審査委員会

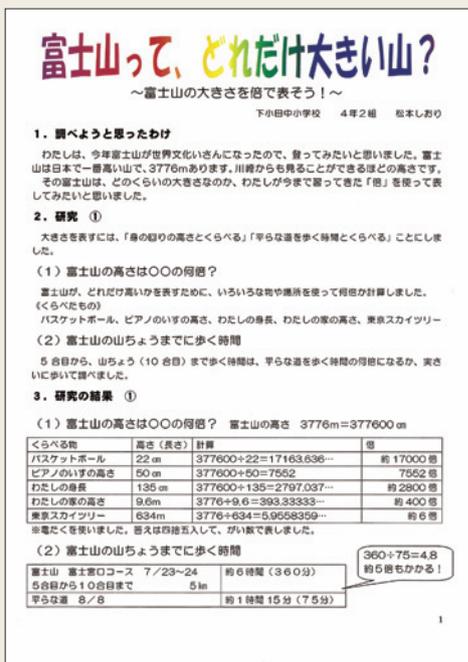


### 内田洋行賞

富士山って、どれだけ大きい山？

神奈川県 川崎市立下小田中小学校 4年 松本 しおり

全5ページ



▲1ページ目

#### 講評

世界文化遺産となった富士山の高さに興味を持ち、他の長さと比較して、その大きさを表そうとした研究です。小学生が不得手とする割合の意識を持ち、さまざまな長さを単位として比べているところがたいへん面白く、特に岩手県の「わがせん人トンネル(和賀仙人トンネル)」が1倍だという発見も愉快なものでした。優れた内容です。

中央審査委員会



## 学研賞

ごまたまごのはこのなぞ  
兵庫県 神戸市立木津小学校 3年 阿部 百花

全5ページ

「ごまたまごのはこのなぞ」  
あべももか

私は東京駅で「ごまたまご」をおみやげ  
にかいました。  
家でよく見るとはこの形がとても  
おもしろくてきょうみをもちました。



まえ      よこ      うえ

おもしろい形だと思ったのに上から見ると  
牛乳パックのようでした。  
牛乳パックではこの形にしてみるとぐらぐらして  
しまいました。  
牛乳パックだとどうしてぐらぐらしたのか  
な?と思い「ごまたまごのはこのなぞ」をよく見て  
みるとそこがまっすぐではないよう気が  
しました。そこではこをつかしてみました。

▲1ページ目

### 講評

東京土産の「ごまたまご」の箱が見る方向によって形が異なることを出発点に、算数的な探究をしています。その展開図を作り、牛乳パックと比較して、特殊な形の箱が安定して立つことや、5個がうまく収納される仕組みを明らかにしており、興味深い研究です。

中央審査委員会



## 審査員特別賞

ぶどうのみのつきかたをしらべる  
埼玉県 埼玉大学教育学部附属小学校 1年 日野原 彩乃

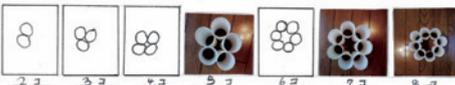
全3ページ

・きついたこと ③

みのつきかたはひだりとみぎで10=ほど  
さかがあるたいようのあたりかたでちがうのが  
もれない。そしてきをちゅうしんにしてまろく  
ついでいもしがもうえしたのじやまにならぬ  
ようにすれてもいた。

・えだにみがまるくつくようす

ころ半はずどにかげました。おおいとむずかしい。  
70ほどしてもかげないのてくらうはした。



20      30      40      50      60      70      80

おおいなるのなかにはさくたくせしかく、ほし  
なごがいたくさんかくれていてきれいです。

・かんそう



まえにテッシュでくわいのぬいぐるみを  
つくったとき、ぜんせいがかむくかんむ  
してすうじでいはいのせいはいつを  
かき、ほんものそくりにつくられた

むしをみせてくれました。うつくしいものなかには、  
すうじがかくれているのだとおもいました。こんかいはみの  
ことをしるべのてつははらばのこをしらべてみたいです。

・せんこうしたほん

①はじめてでもできるかんたんテッシュエッセイごみみせひろし

▲3ページ目

### 講評

自然の中から数理的な性質を「発見」している優れた研究です。動機が身近なこと、ブドウの粒の数え方、全体を大きくとらえた結果「房が長いほうが粒の個数が多い」と推測している過程が面白いです。左右や上下の粒の付き方と太陽の光の当たり方を関連させた洞察もたいへん鋭いですね。小学校1年生の挑戦としても、素晴らしい作品です。

中央審査委員会



### 審査員特別賞

めざせ 5000 本安打!!  
岡山県 倉敷市立味野小学校 6年 片山 隆生

全 5 ページ

めざせ5000本安打!!

6年 片山 隆生

今年の夏、イチロー選手が、日本通算4000本安打の偉業を達成した。この記録は日本人では初めて大リーグでもう一人目という素晴らしい記録だ。  
ぼくは、あこがれのイチロー選手にせむい5000本安打も達成してほしいと思った。だから今までの成績から、いっごう5000本安打を達成できるか予想してみようとした。

1.イチロー選手の成績から打率を求める

年	試合数	打数	安打	打率(安打数÷打数)
1992	40	95	24	0.253 2割5分3厘
1993	43	64	12	0.188 1割8分8厘
1994	130	546	210	0.385 3割8分5厘
1995	130	524	199	0.382 3割4分2厘
1996	130	542	193	0.356 3割5分6厘
1997	135	536	185	0.345 3割4分5厘
1998	135	506	181	0.358 3割5分8厘
1999	103	411	141	0.343 3割4分3厘
2000	105	395	153	0.387 3割8分7厘
2001	157	692	242	0.350 3割5分
2002	157	647	208	0.322 3割2分2厘
2003	159	679	212	0.312 3割1分2厘
2004	161	704	262	0.372 3割7分2厘
2005	162	679	206	0.303 3割3厘
2006	161	695	224	0.322 3割2分2厘

▲1ページ目

#### 講評

イチロー選手が 4000 本安打の偉業を達成したことをきっかけに、ファンである著者がイチロー選手がいつ 5000 本安打を達成できるかを予測した研究です。これまでの打率を詳細に分析し、いろいろな場合にに応じた予想を立てています。遅くとも 2020 年 9 月 24 日に達成するだろうという、小学生らしい、面白い研究です。

中央審査委員会



### 審査員特別賞

どこまでもついてくる闇の関係  
福井県 福井大学教育地域科学部附属中学校 3年 横田 千晴

全 11 ページ

★以上のことより、折り方には関係なく、  
点の数 + 面の数 - 1 = 線の数  
の関係があることがわかった。

(研究3) 折り紙の形について調べた結果、以下のようになった。

折った回数	点の数	線の数	面の数
0	0	1	1
1	2	3	2
2	5	8	4
適当な折り方			
1	2	3	2
2	5	8	4

★円形の折り紙の場合でも、折り方には関係なく、  
点の数 + 面の数 - 1 = 線の数  
の関係があることがわかった。  
ゆえに、折り紙の形にはよらないこともわかった。

★ただし、円形で折った回数が0回の場合だけ、この規則に当てはまらなかった。(例外)

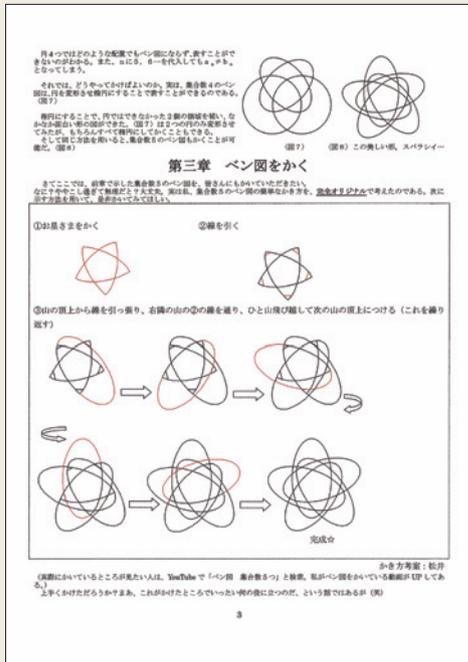
(研究4) 折り紙を適当に折って、色々な形が重なっても  
点の数 + 面の数 - 1 = 線の数 の関係が成り立っていたので、  
追加の実験として、2枚の折り紙を適当に重ねた場合についても  
成り立つのか試してみた。

▲9ページ目

#### 講評

折り紙を折ってできる点や、線分、面の数の関係に見られる規則について、特殊から一般へ、また、円や折り紙を重ねた場合、フリーハンドでかいた形へと実験、考察を進めています。そして、この規則を隠れた「闇の関係」と表現し、どのような場合もこの規則が変わらないことを「追いかけてくる」ようだ振り返っている点がユニークな作品です。

中央審査委員会



▲3ページ目

**講評**

3つの集合を表すベン図なら、3つの円周を組み合わせて簡単に描けますが、4つ以上の集合では簡単にはベン図が描けません。この研究では、さまざまな工夫をして、それを可能にしています。特に、5つの楕円を組み合わせたベン図を目にしたときには感激しました。

中央審査委員会

塩野直道記念

第2回「算数・数学の自由研究」作品コンクールへのお誘い



●応募資格

- 全国の小学生、中学生、高校生
- ・小学生…低学年の部（1～3年）と高学年の部（4～6年）に分けて審査します。
  - ・中学生
  - ・高校生(高等専門学校3年次までを含む)

●応募作品

日常生活や社会で感じた疑問を算数・数学の力を活用して解決する、あるいは、算数・数学の学びを発展させて新たな数理的課題を探究する中で、気づいたことやわかったこと、自らの解決の方法などをレポートにまとめてください。

- ・小学生…A4判の用紙（片面）で5枚以内、またはA3判の用紙（片面）で2枚以内
- ・中学生・高校生…A4判の用紙（片面）で10枚以内

※立体的な作品や、立体的な制作物を添付した作品の応募はお断りします。

●応募方法

ホームページにある応募票に必要事項を記入し、作品と一緒に送ってください。

送付先：〒543-0052  
大阪市天王寺区大道4丁目3番23号  
(財) 理数教育研究所

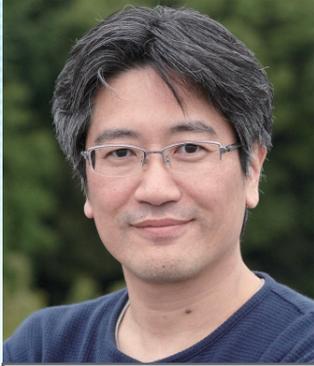
「算数・数学の自由研究」係  
受付期間：2014年8月20日～2014年9月10日  
(当日消印有効)

●応募にあたっての注意

- ・作品は図や写真も含めて、応募者本人のオリジナル作品に限ります。
  - ・他のコンクールなどで審査中の作品や過去に入賞した作品の応募はお断りします。
- ※応募についての詳しいことは、理数教育研究所のホームページをご覧ください。

## 第6回

## 数学者という人々



撮影：宮島正信

横浜国立大学大学院 教授

根上 生也 / ねがみ せいや

1957年東京都に生まれる。東京工業大学理工学研究科博士課程情報科学専攻(1983年中退)。理学博士。東京工業大学助手を経て、現在、横浜国立大学大学院環境情報研究院教授。「計算しない数学」を提唱する数学者。2013年から始まった「算数・数学の自由研究」作品コンクール(理数教育研究所主催)の中央審査委員長を務める。独特な数学の世界を展開する啓蒙的な論説や著作多数。「頭がしびれるテレビ」「和算に恋した少女」などを監修。

## 生まれたときから数学者

高校生や一般の方たちを対象に講演すると、よく次のような質問をされます。

「根上先生は、いつから数学に興味を持ったのですか？」

それに答えて、私は

「いつからってことはないですよ。生まれたときからそうだから」と言います。

もちろん、小さい頃は「数学」という言葉は知らなかったし、中学生になるまで数学という学問に触れたことはありません。

せん。でも、振り返ってみれば、小さい頃から数学的なことが好きで、得意だったと思います。

例えば、母から聞いた話ですが、私は、親から数の数え方を教えられる前から、自分独自の数の管理の仕方を心得ていたそうです。

その頃は、おばあちゃんと近所のお菓子屋さんに行って「グリコ」を買ってくるのが日課でした。そのグリコにはキャラメルの入った箱とは別に小箱があって、その中にいわゆる「おまけ」が入っていたのです。小さなトラックとか飛行機とかロボットとか。それを毎日毎日買っているのだから、当然同じものが集まってしまいます。

で、母が言うには、私は突然「ない、ない、ない！」と騒ぎ出すことがよくあったのだそうです。母が「何が無いの？」と聞くと、私は「トラックがない」と答える。しかし、目の前にはたくさんのトラックがある。そして、必死に探し回って「あった！」と言うのだそうです。数を知っていれば、「トラックは20個あるはずなのに、19個しかない」と言えたのですが、数を知らないから「ある・ない」としか言えなかったわけです。

後に親から数の数え方を習うことになるわけですが、きっとそのときに私は「だったら、早く教えろよ」とぼやいていたかもしれません。もちろん、私の記憶にはないのですが。

こんな話をしてしまうと、私が生まれたときから数学が得意な特別な人間だったと言っているように聞こえるかもしれませんが、それはそうだと思いますが、この連載を通じて訴えたいことは、「生まれたときから数学が得意」というのは特別な人間だけのことではないということです。前回の話でいえば、誰の中にも基本的には数学をする力がある、その力を活用すれば、誰だって数学の研究ができますよ、ということでした。

## 日本独自の数学を築いた人

とはいえ、世間から数学者として認められ、研究者として活躍する人は、やはり特殊な人だと言わざるを得ないでしょうね。いずれにせよ、あなたはそういう特殊な人たちを何人くらい知っていますか。

オイラーやガウスといった歴史に名を残す数学者を思い起

こそと、ついついヨーロッパの人たちを挙げがちですが、日本にだって、たくさん偉大な数学者がいます。それを知らないのは日本人として残念ですね。

そこで、今回は日本人として知っておきたい日本人数学者について解説しましょう。



関孝和

日本人が西洋で生まれた今日的なスタイルの数学に直接触れる機会はほとんどありませんでした。そのため、中国から伝わった数学が日本人向けにアレンジされた和算が広まってきました。その和算の普及に大きな貢献をしたのが、吉田光由（よしだ みつよし、1598～1673年）が著した『塵劫記（じんこうき）』です。その中では、日常的话题を巧みに用いた問題がすてきな図版とともに解説されています。当初、寺子屋の教科書として普及しましたが、庶民の興味をそそり、井原西鶴や十返舎一九をはるかに凌ぐベストセラーになったと言われています。

関孝和はその『塵劫記』に記された解答のない問題や、他の先人たちが「遺題」として残した難問を次々と解き、頭角を現しました。さらに、中国から伝わった方程式の解法である「天元術」を研究し、画期的な改良を加えました。天元術では、「算盤」と呼ばれるボードに「算木」を並べ、それを操作することで方程式の解を求めるのですが、関は、そのような器具を使わずに、紙に書いて行える「傍書法」という計算法を編み出しました。また、ヨーロッパで発見されるよりも早く、行列やベルヌーイ数に相当するものを発見していたとも言われています。

関孝和は円周率の計算でも優れた業績を残しています。その研究を引き継ぎ、改良を加え、当時の西洋の数学を越えるレベルにまで発展させたのが、関の弟子の一人だった建部賢弘（たけべ かたひろ、1664～1739年）でした。また、建部

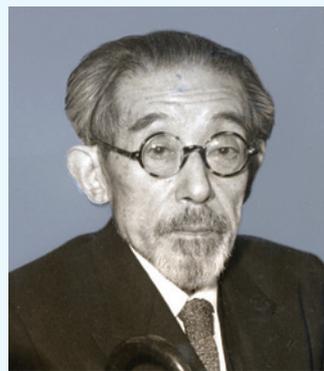
その筆頭は、やはり関孝和（せき たかかず、1640頃～1708年）でしょう。江戸時代初期に日本独自の数学「和算」の基礎を築いた人物です。

当時は、日本が鎖国していたこともあり、

は改暦を行うために、日本で初めて三角関数表を作り、『算歴雑考』を著しました。

明治維新を迎え、江戸時代に花開いた日本独自の和算は、西洋から輸入された今日的な数学「洋算」に取って代わられることとなります。しかし、和算から洋算への移行がスムーズに行えたのも、関孝和をはじめとする優れた和算家たちが築いた土台があったからです。

## 世界が認めた日本人数学者

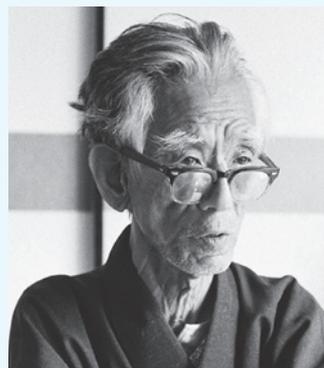


© 講談社 / アフロ

高木 貞治

明治以降、世界の仲間入りをした日本人は、数学の世界でも活躍することになります。そして、初めて世界的に認められた日本人数学者が高木貞治（たかぎ ていじ、1875～1960年）です。代数学の専門家ですが、『解析概論』の著者として有名です。私が学生の頃には、数学科に進学した者は高木貞治の『解析概論』を買っておくべきだと言われていました。現在ではたくさんの微分積分学の教科書が出版されていますが、この『解析概論』を越えるものはないと言われています。

高木貞治は、1932年に第1回フィールズ賞の選考委員に選ばれ、1940年には文化勲章を受章しています。



© 読売新聞 / アフロ

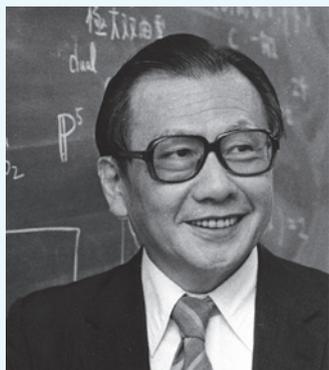
岡 潔

高木貞治に続いて世界が認める数学者となったのが、岡潔（おかきよし、1901～1978年）です。岡潔は多変数複素関数論の専門家で、フランス留学中に、当時のヨーロッパの数学者が驚くような研究を成し遂げ、有名になりました。また、日本人の情緒や心、文化、教育などについて多くの随筆を残しました。その風貌や奇行のため、変人としても有名です。「数学者は変人だ」

というイメージは、この岡潔に始まったと言っても過言ではないでしょう。小川洋子さんの『博士の愛した数式』に登場する数学者も岡潔のイメージにつながります。岡潔は、1960年に文化勲章を受章しています。

## フィールズ賞を受賞した日本人数学者

さて、高木貞治が選考委員を務めた「フィールズ賞」は、数学における最高に権威のある賞で、「数学のノーベル賞」と呼ばれています。1936年を第1回として、第二次世界大戦による中断をはさんで、1950年以後4年に1回開催される国際数学者会議において、顕著な業績を上げた40歳以下の若手数学者に授与されます。フィールズ賞を受賞した日本人数学者は3人いるのですが、あなたは全員言えるでしょうか。



© 朝日新聞社/amanaimages

小平 邦彦

日本人で初めてフィールズ賞を受賞したのは、小平邦彦(こだいらくにひこ、1915～1997年)です。高木貞治の弟子だった彌永昌吉(いやながしょうきち、1906～2006年)に師事し、調和積分論や代数幾何学の研究をしました。1954年に第3回フィールズ賞を受賞し、1957年には日本学士院賞と文化勲章を受章しています。師の彌永昌吉も、長年、数学界の重鎮として活躍し、1970年にはフィールズ賞の審査委員を務めたほか、自身も多くの賞を受賞しています。



© 朝日新聞社/amanaimages

広中 平祐

続いて、広中平祐(ひろなかへいすけ、1931年～)が1970年に第7回フィールズ賞を受賞しました(ご健在の先生なので呼び捨ては失礼ですが、歴史上の人物と考えて敬称を省略しています)。代数幾何学の専門家で、

1975年には文化勲章を受章しています。1980年から毎年、全国の高校生を集めて「数理の翼夏季セミナー」を主催して、数学や科学に強い関心を持つ高校生たちが地域を越えて交流できる機会を作るなど、子供や若者たちの育成にも尽力しています。



© 読売新聞/アフロ

森 重文

そして、3人目はやはり代数幾何学の専門家である森重文(もりしげふみ、1951年～)です(同様に、敬称略)。1990年に京都で開催された国際数学者会議において、第12回フィールズ賞を受賞しました。その同じ年に、日本学士院賞を受賞し、文化功労者になりました。

フィールズ賞ではありませんが、2006年に第1回ガウス賞を受賞した伊藤清(いとうきよし、1915～2008年)も忘れてはいけません。伊藤清は確率微分方程式の生みの親で、その研究成果は金融工学におけるブラック・ショールズ方程式の理論に応用されています。2008年には文化勲章を受章しています。ご高齢ではありましたが、その年に亡くなられたのが残念でなりません。

## 日本全国に数学者がいる

ここでは権威のある賞を受賞した数学者を紹介しましたが、数学を愛し、研究を続けている人たち(=数学者)は、日本全国にたくさんいます。私もその一人。日本において「位相幾何学的グラフ理論」という研究分野を生み出しました。専門家として数学の研究をすることは、もちろん特殊な状況です。でも、この連載で強調しているように、本来、数学は特殊な人間だけが楽しむものではありません。その証拠に、2013年度の「算数・数学の自由研究」作品コンクールには、9000を超える応募があったのですよ。❖

## 第6回

## 湿度



高知工科大学 教授

八田 章光 / はった あきみつ

1963年愛知県に生まれる。京都大学工学部電子工学科卒業、同大学院修士課程電子工学専攻修了、博士後期課程単位取得退学。大阪大学工学部電気工学科助手、高知工科大学電子・光システム工学科助教授を経て、現在は同システム工学群教授、ナノテクノロジー研究所長、国際交流センター長。2012年より高知県教育委員会教育委員を務める。博士（工学）。専門は放電プラズマ工学、薄膜電子材料、エネルギー環境教育。

## 乾燥

日本の家は夏の暑さ対策に重きを置いた風通しのよい建物が伝統的でしたが、最近の家は気密性が高く冷暖房が行き届いています。冬の寒さに耐えるような経験は少なくなりましたが、冬といえば乾燥を気にすることが多くなりました。

筆者は乾燥が苦手です。乾燥によって鼻の奥や喉が乾いた感じになるのが嫌いです。それが原因で風邪を引いたり喉を痛めたりした経験から、喉だけでなく鼻うがいをして、喉と鼻を潤すようにしています。

冬になると乾燥肌も厄介です。相性のよい石鹸やボディシャンプーを選ぶことや、さまざまなスキンケアもあるようですが、どうも面倒で、筆者は足の脛がかさかさになって、今



日もカリカリ搔いています。さらに怖いのはインフルエンザ。筆者はたまたま、これまでインフルエンザの経験がありませんが、空気が乾燥すると、喉や鼻が乾いて免疫力が失われること、ウイルスが長時間空気中に漂いやすくなることなどにより、インフルエンザが流行しやすくなるようです。

暖房のきいたホテルやオフィスの空気は極端に乾いていて、気の利いたホテルでは加湿器を備えているところもあります。加湿器がないときは、濡れタオルを枕元において寝ると少しは効果があります。ベッドが濡れないように、バスタオルを畳んだ状態で枕の横に敷き、熱湯で濡らしたフェイスタオルをあまり絞らずにバスタオルの上に置いて寝ます。エアコンはOFFにするか、できるだけ風量を少なくします。バスタブにお湯を残してバスルームのドアを開けておく手もありますが、換気扇をOFFにしないと効果がありません。

## 飽和水蒸気圧

理科で学んだように、空気は窒素約78%と酸素約21%に加えて、アルゴンが約1%、二酸化炭素が0.034%程度で構成されていますが、この中に水蒸気は含まれていません。空気中の水蒸気量は気候や気象条件によって大きく変化するため、通常は水蒸気を除いた乾燥空気の成分を示しています。では、実際に空気中にはどれくらいの水蒸気が含まれているのか考えてみましょう。

図1は水の飽和水蒸気圧を示しています。図2(a)のように密閉した容器に水だけを入れて、水蒸気以外の空気をすべて真空排気して放置すると（容器には大きな大気圧がかかっ

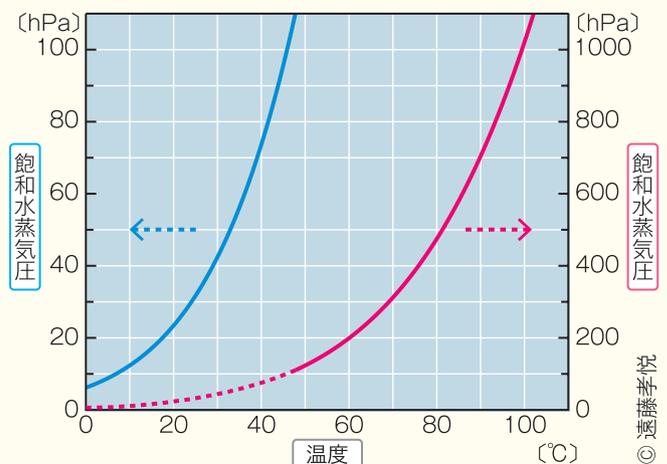


図1 水の飽和水蒸気圧

ています) , 水が存在しない空間は水面から蒸発した水蒸気で満たされます。このときの水蒸気の圧力は水の温度で決まり、これを飽和水蒸気圧といいます。水蒸気圧が飽和水蒸気圧よりも低いときは水がさらに蒸発して水蒸気圧を高め、水蒸気圧が飽和水蒸気圧より高くなると水蒸気が水に戻ることで、水蒸気圧が飽和水蒸気圧に等しくなります。

図 2 (b) のように、容器に小さな穴を開けて中に空気を入れてみましょう。簡単に考えるため、水の温度と外気の温度は同じとし、外気は水蒸気を含んでいない乾燥空気としましょう。穴から空気が入って平衡状態に達したとすると、容器内の圧力は大気圧になります。容器内は飽和水蒸気圧の水蒸気が存在していたので、大気圧との差の分だけ空気が入ってきます。大気圧は低気圧や高気圧の影響で変わりますが、平均すると約 1013hPa です。例えば 20℃における飽和水蒸気圧は図 1 より約 23hPa なので、残り 990hPa を満たすように空気が入ってきます。この状態で空気の組成は約 2.3% が水蒸気、残り 97.7% を前述の空気の成分で占めることになります。

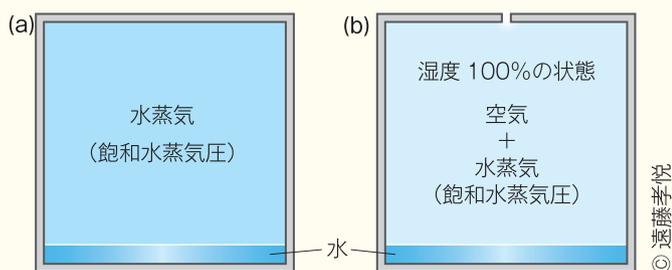


図 2 密閉容器の水蒸気 (a) および 空気と水蒸気の混合 (b)

図 2(b) の状態で穴をふさいで密閉した場合、あるいは穴が小さく空気の出入りがほとんど無視できる場合には、容器内の水蒸気分圧は飽和水蒸気圧に保たれています。この状態が相対湿度(一般には単に湿度) 100% です。このように空気が入り替わるような流れがなく、水と空気と同じ温度であれば湿度は 100% に保たれます。図 1 のように、飽和水蒸気圧は温度に対して指数関数的に増加するため、同じ湿度 100% であっても、水蒸気量は温度によって大きく異なります。

## 蒸発熱

常温(25℃)の水が蒸発して水蒸気になるためには 44kJ/mol、身近な単位で表記すると 583cal/g の蒸発熱(気化熱)が必要

です(100℃では 40.7kJ/mol)。水の質量比熱は 1cal/g・℃なので、水 1g を 0℃から 100℃まで加熱するための熱量は 100cal ですが、水 1g を蒸発させるためには 600cal 近い大きな熱が必要です。水が蒸発して水蒸気になるときは、これだけの熱が水から奪われ、逆に水蒸気が水に戻るとき熱が生じます。

周囲の湿度が 100% でなければ水は蒸発を続けるので、水は冷却され、水温は周囲の気温よりも若干低くなります。空気が乾燥するほど蒸発が盛んになり、気温に対して水の温度が下がることから、気温と水温の差によって湿度を測定するのが、乾湿計という湿度計の測定原理です。

湿度が高いと、風が吹いても汗が蒸発しなくなるため、不快指数が高くなります。逆に乾いた風が強く吹くと、蒸発熱が奪われるため、体感温度が低下します。不快指数や体感温度には湿度と空気の流れが深く関わっています。

## 換 気

学校ではインフルエンザ予防や酸素の欠乏を防ぐために教室の換気に気をつけますが、せっかく暖房した空気を外の冷気と入れ替えてしまうのはもったいない気もします。ここでは 6 畳の部屋を考えてみましょう。天井の高さを 2.4m とすると、部屋の容積は  $3.6\text{m} \times 2.7\text{m} \times 2.4\text{m} \div 23.3\text{m}^3$  です。部屋の中の空気(水蒸気を含む)のモル(mol)数は、物理や化学で学んだ気体の状態方程式から求めることができますが、簡単に標準状態では 1mol が 22.4L であることから、 $23.3 \times 1000 / 22.4 \div 1040$  (mol) となります。

空気の主成分である窒素と酸素は二原子分子で定圧モル比熱はおおよそ気体定数  $R$  を用いて  $7R/2 \div 29\text{J/mol} \cdot \text{K}$  なので、この部屋の空気を、例えば 0℃から 20℃まで加熱するには、 $29 \times 1040 \times 20 \div 603200$  (J)  $\div 144$ (kcal) が必要です。6 畳の部屋で 20℃の空気を 0℃の外気と完全に換気をするには 144kcal の熱が空気とともに逃げ、もとの温度まで暖房するには 1000W (1kJ/s) のヒーターで約 600 秒、10 分間加熱する必要があります。

では部屋の水蒸気が逃げることによる熱の損失はどうでしょうか。前述のように、20℃で十分に加湿された状態では飽和水蒸気圧 23hPa、濃度 2.3%、したがって  $1040 \times 0.023 \div 24$  (mol) の水蒸気が含まれています。換気によってこの水蒸気が

室外に逃げます。外気が  $0^{\circ}\text{C}$  であるとすれば、仮に湿度 100% でも水蒸気圧は 6hPa、水蒸気濃度は 0.6% で  $1040 \times 0.006 \div 6$  (mol) しかありません。失われた 18mol の水蒸気を新たに発生させる蒸発熱は  $18 \times 44 \div 792$  (kJ)  $\div 189$  (kcal) となります。空気中のわずかな水蒸気が持って逃げる蒸発熱は、乾燥空気全体が持って逃げる熱に匹敵する量です。このように水蒸気は空気の流れや拡散により熱を運ぶ役割を果たしています。

湯や温かい料理が冷めてしまうのは、水蒸気が蒸発し、蒸発熱が奪われることによる冷却効果が大きいので、水蒸気が逃げないようにふたで密閉することにより、冷めにくくなります。図3(a)のように断熱性の容器に湯を入れて、ふたをしなければ、湯の温度で決まる飽和水蒸気圧によって水蒸気が次々に発生し、拡散や対流、風によって熱を持って逃げてしまいます。図3(b)のようにふたをすると、ふたの内側が飽和水蒸気圧になるまでは蒸発しますが、飽和水蒸気圧に達すると蒸発が止まります。

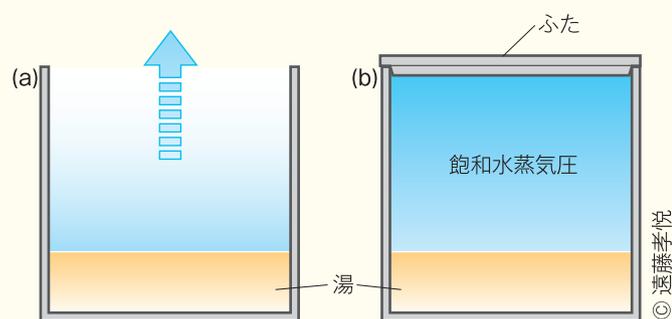


図3 容器のふたの効果

## 結露

氷水の入ったコップなど、周囲より冷たいものの表面で水蒸気が水に戻るのが結露です。水蒸気が水に戻ることで熱を生じ、氷が融けたり水温が上昇したりする効果があります。結露が始まる温度を露点と呼びますが、露点は空気中に実際にある水蒸気量（水蒸気分圧）がちょうど飽和水蒸気圧になる温度に相当します。

図3(b)で、ふたの温度が湯の温度より低い場合、ふたの内側表面で結露し、ふたを内側から温めます。その熱は、ふたの材料の熱伝導によってさらに外気に逃げます。結露し、水蒸気が減少した分だけまた蒸発し、さらに中身の湯は冷めていきます。

## 加湿器

暖房で気温が高くなると飽和水蒸気圧が高くなり、相対的に湿度が下がります。都市ガス（メタン）のヒーターはガスの燃焼で多量の水蒸気が発生します。灯油の燃焼の場合、発生する水蒸気が少ないので、石油ストーブを使うときは、やかんで湯を沸かしておくのが効果的です。エアコンや電気ヒーターで暖房する場合は、特別な加湿機能のついたものを使うか、別途加湿器を併用する必要があります。加湿器には、加温型や超音波型などの方式があり、それぞれ長所・短所がありますが、湿度を適度に高めるポイントは加湿そのものよりもむしろ結露への対策にあります。

気密性のよい部屋で加湿器を使うと、部屋のどこかに結露を生じやすくなります。図4のように部屋で一番冷たいところ、通常は外気と触れる窓ガラスやアルミサッシがピシヨリ濡れたり、あげくの果てにはカビが繁殖したりします。空気の熱対流も手伝って、加湿された温かい空気は窓ガラスに触れて結露し、窓ガラスなどの温度で決まる飽和水蒸気圧まで水蒸気を減らして、しかも冷却されて戻ってきます。つまり、部屋の冷たいところは、その温度で決まる飽和水蒸気圧まで除湿する働きをします。



図4 窓ガラスやアルミサッシで見られる結露

水蒸気は目に見えないので（白く見えるのは湯気で、液化した水の微粒子）その流れは想像するしかありませんが、温かい空気は上昇し、冷やされた空気は降下するという理科の知識を活かし、部屋の中の空気の流れを思い描いて、今より効率よく暖房、加湿する方法を工夫してみましょう。❖

## 第6回

ドーピング問題から  
考える

大阪大学全学教育推進機構 准教授

中村 征樹 / なかむら まさき

1974年神奈川県に生まれる。1997年東京大学教養学部教養学科科学史・科学哲学学科を卒業、2005年東京大学大学院工学研究科先端学際工学専攻博士課程終了。博士(学術)。東京大学先端科学技術研究センター助手、文部科学省科学技術政策研究所研究官を経て、2007年より現職。専門は科学技術社会論・科学技術史。最近の編著に『ポスト3・11の科学と政治』(ナカニシヤ出版、2013年)。

## ドーピングの是非

「ドーピングは許されるか？」

そのように聞かれたとしたら、多くの人は戸惑うのではないだろうか。

「許されるはずがない。聞くまでもなく当たり前のことではないか。スポーツはフェアな条件で競争することに価値があるのであり、ドーピングのようなズルを行うことは決して許容されない。」

予想される返答はおおむねそんなところだろう。

ドーピング規制の世界的な基準となっている「世界ドーピ

ング防止規程」(2004年発効、2009年改定)によれば、スポーツ精神は倫理観やフェアプレー、誠意、健康、優れた競技能力、人格、チームワーク、真摯な取り組み、勇気などによって特徴づけられる。ドーピングはこのような「スポーツ精神に根本的に反するものである」。

そのような理念のもと、これまでオリンピックをはじめ多くのスポーツ競技でドーピングが規制され、選手の検査が行われてきた。事前のドーピング検査により不正な薬物の使用が発覚した選手は出場失格となり、試合後の検査で発覚した場合は成績が取り消され、メダルが剥奪されてきた。<sup>\*1</sup>

## 治療目的外利用としてのドーピング

ドーピング規制で使用が禁止されている薬物は多岐にわたる。興奮剤のように古くから用いられてきた薬物のほか、筋肉増強剤として使用される蛋白同化薬(ステロイドなど)やホルモン調整薬、酸素運搬能上昇や筋肉増強作用をもつペプチドホルモン、成長因子、交感神経興奮作用をもつベータ2作用薬などである。また、酸素運搬能を強化する血液製剤の投与や、競技能力を高める可能性のある遺伝子操作を行う遺伝子ドーピングも禁止リストにあがっている(「世界ドーピング防止規程 2014年禁止表国際基準」)。

禁止薬物のリストを見て気づくのは、本来、治療目的で開発された薬物が、運動能力の向上目的で利用されることが少なくないことである。

例えば、骨髄での赤血球産出に関わるのが、腎臓で作られるエリスロポエチン(EPO; ペプチドホルモンの一種)である。エリスロポエチン製剤は、透析患者など腎機能に障害を抱えている患者の貧血治療薬として開発された。そしてエリスロポエチンが赤血球・ヘモグロビンを増加させ、酸素運搬能を向上させることに着目したのが、エリスロポエチン製剤の不正利用によるドーピングである。

本来、患者の治療目的で開発された薬剤を、スポーツ競技で勝つための手段として利用すること。人類に恩恵をもたらすはずの科学技術を、望ましくない目的のために「悪用」すること。前回のテーマを踏まえるならば、ドーピングにはそのような「デュアルユース」(科学技術の用途の二重性・二面性)という側面がある。

## 「治療を超えて」

だとすると問題は、科学技術の成果としての薬剤の利用を、治療という本来の目的に限定し、ドーピングのような目的外の利用を制限すればよいということなのだろうか。

どのような用途が許容され、どのような用途は許容されないのか。実を言うとその線引きはそれほど簡単ではない。そして近年、バイオテクノロジーの進展に伴い、線引きを揺るがすような事態が次々と生じてきている。

この問題に真正面から取り組んだのが、2003年、米国の大統領生命倫理評議会がとりまとめた報告書『治療を超えて：バイオテクノロジーと幸福の追求』（邦訳：2005年、青木書店）である。

大統領生命倫理評議会は、2001年11月、バイオテクノロジーの進展に伴う生命倫理上の問題について大統領に勧告するため、ジョージ・W・ブッシュ大統領（当時）により設置された。同評議会が議論の中心に据えたのが、「治療を超える目的のためのバイオテクノロジーの利用」というテーマであった。

評議会議長のレオン・R・カスは報告書の冒頭で述べる。従来、バイオテクノロジーは、「病人やケガ人を治療し、病んでいる人の苦痛や苦悩を和らげる」という望ましい（ものだと一般的に見なされてきた）目的に貢献するべく利用されてきた。しかし現在では、「病人を癒やすためというよりも、健やかな人間をさらに向上させようという…新たなテクノロジーの使用可能性に直面する確率が次第に増えてきている」（邦訳12ページ）。

## 成長ホルモン

どういうことか。例えば成長ホルモンを例にとろう。<sup>\*2</sup>

平均よりもかなり身長が低い低身長症の子供に対して、1980年代から、成長ホルモンが投与されてきた。しかし身長が低いことに悩んでいるのは、低身長症の子供やその親だけではない。成長ホルモンの分泌不全による低身長症ではないものの、身長が低いことに悩んでいる人は少なくない。米国では医学的には何ら問題がないのに、成長ホルモンが利用

される事例が増えている。やや古いデータであるが、1996年の時点で全体の40パーセントがそのような「適用外」の利用だという。

低身長症の子供の治療のために開発されたテクノロジーが、やはり低身長に悩んでいる子供の身体的成長を促すために利用されること。成長ホルモンのこのような目的外利用を、どこまでとがめられるだろうか。

医学的には、成長ホルモンの投与が必要とはいえないかもしれない。しかし本人やその家族からしてみれば、低身長症の子供と同様に、低身長は大きな悩みのたねであり、それによって日常生活や人間関係に支障をきたしているかもしれない。そのような悩みを簡単に切り捨ててしまうことができるのだろうか。低身長症と診断されるためには、平均身長より標準偏差の2倍以上、身長が低いことが基準となっているが（人口全体の2.3%に相当する）、この基準よりほんの少しだけ身長の高い子供やその親の抱える悩みは、低身長症と診断された子供の抱える苦悩とどれだけ異なるといえるのだろうか。

自分の身長に悩みを抱えているのは、相対的に身長が低い子供や家族だけではない。例えば、バスケットボール選手を夢見る子供にとっては、まわりの人々から見れば特に身長が低いわけではなくても（場合によっては平均身長より高くても）、もっと身長が高ければと強く望んでいるかもしれない。成長ホルモンは、そのような子供に対しても効果をもたらす可能性がある。

もちろん筆者は、自分の身長に悩みや不満を抱えている人々すべてに成長ホルモンが投与されるべきだとか、投与を許容すべきだと主張しているわけではない。ここで重要なのは、成長ホルモンが当初の目的を超えて多くの文脈で利用される可能性が否定できないこと、少なくとも潜在的な欲望は少なからず存在するであろうことである。

大統領生命倫理評議会が取り組んだ「治療を超える目的のためのバイオテクノロジーの利用」とは、まさにそのような問題であった。

## 治療か？ 増強か？

この問題を考えるにあたって、大統領生命倫理評議会は、

「治療」と「増強」というキーワードに着目する。

「治療」では、既知の病気や障害、損傷を持った人たちの健康や機能を正常な状態に回復させるためにバイオテクノロジーが利用される。これに対して「増強」とは、既に「正常」に働いている人間の身体や心理に介入して、生来の資質や活動能力を強化・向上させようとするものである。

このような区別は、倫理的で許容されるバイオテクノロジーの利用と、非倫理的で許容されないそれとを区別するうえで有効なように思われるかもしれない。しかし、と報告書は述べる。

第一に、「健康であること」と「健康を損なうこと」、「正常であること」と「異常であること」を明確に定義することは、どこまで可能だろうか。例えば対人恐怖症と極度な内気の違いはどこにあるのか。医学的に一定の線引きをすることは可能かもしれない。しかしその線引きはどこまで説得的なものといえるのだろうか。

第二に、人間の能力はその多くが連続しており、正規分布している。低身長症と診断される子供と、わずか0.5cm、身長が高いがゆえに低身長症とは診断されない子供の違いは、本質的なものなのだろうか。低身長症の診断基準が平均身長と標準偏差に依存するものである以上、時代によって平均身長や身長の分布が変化すると、低身長症と診断される基準も変わってくる。同じ身長であっても、まわりの子供の身長が違えば、低身長症と診断されたり、そうではないと診断されたりすることが生じてくる。このようなことは、どこまで合理化できるのだろうか。

「治療」と「増強」という区別を持ち込んだとしても、両者の間の線引きはそれほど自明ではないのではないか。それが生命倫理評議会報告書の一つの論点であった。

そもそも人はさまざまな欠点を持ち、多くの問題を抱えている。その中で、幸福や成功を追い求め、自尊心を追求する行為は、ある意味で極めて「人間らしい」ことである。

スポーツ選手は少しでも優れた成績をあげるために、厳しいトレーニングを重ねる。寝る間を惜しんで少しでも長い時間をトレーニングに費やす。トレーニングの効果を上げるため、科学的手法を取り入れるとともに、優れた監督の指導を仰ぐ。体脂肪を低下させ、筋肉量を増強させるため、高タンパク質の食事を意識してとる。ゼロコンマ1秒を競って

シューズやウェアにも気をつかう。すべては優れた成績をあげるためである。

では、これらの努力と、それに加えて酸素運搬能を高めるエリスロポエチンの注射や、筋肉量を増大させるタンパク質同化ステロイドを利用することの間には、どれほどの違いがあるのだろうか。優れた指導者の指導を仰ぐためには少なからぬ金銭的負担が必要となることを思えば、ある意味でバイオテクノロジーを利用するほうが平等かもしれない。しかも、例えばタンパク質同化ステロイドの利用は、それだけで運動能力が向上するわけではなく、ウェイトトレーニングなどの厳しいトレーニングとセットになって効力を持つてくる。努力をせずに高い成績を求めるのではなく、より優れた成績をあげるための努力の一環としてバイオテクノロジーが利用されるのである。

生命倫理評議会報告書では、これらの問題が、公平性や平等性、強制の問題、副作用、さらには人間活動の尊厳や競争の意味にいたるまで、かなり突っ込んだかたちで議論される。そこで浮き彫りになるのは、治療目的外でのバイオテクノロジーの利用が非倫理的で許容されないということは、少なくとも思ったほど自明ではないことである。

これらの問いは、科学研究をめぐる、人々に恩恵をもたらす利用と、望ましくない結果をもたらす利用との区別がそれほど自明ではないことを気づかせてくれる。科学技術の「悪用」を防ぐだけでは解決できない問題が登場しているのである。

とりわけバイオテクノロジーの進展は、男女の産み分けや老化の遅延をはじめ、さまざまなことを可能にする。科学技術によって目の前の問題が解決され、ささいな欲求がかなえられる。これらが積み重なっていったとき、どのような未来が訪れるのだろうか。長期的に見たとき、本当に個々の問題の解決は人々に本質的な「幸せ」をもたらすのだろうか。

「治療を超えた」バイオテクノロジーの展開は、そのような根本的な問題を考えることを求めている。 ❖

#### 補注

※1 日本アンチ・ドーピング機構監修『アンチ・ドーピングを通して考える一スポーツのフェアとは何か』(2013年)

※2 低身長症に関する議論は、マイケル・J・サンデル(林芳紀・息吹友秀訳)『完全な人間を目指さなくてもよい理由—遺伝子操作とエンハンスメントの倫理』(ナカニシヤ出版、2010年)の第1章を参考にした。

# 科学する心



浜松科学館 館長

大石 隆示 / おおいし たかじ

JR浜松駅で下車し、東に7分程度歩くと、浜松科学館がある。科学館の前にはサイエンスパークという芝生広場があり、虫たちやニュートンのリンゴの木が出迎えてくれる。ここでは、万年日時計、ウォーターガン、アルキメデスのポンプなど、遊びや体験を通して学べるものもある。入館前から科学館の楽しさを感じ、期待感をいっそう高めてくれる。



図1 サイエンスパーク

浜松科学館は1986年5月に開館した。今年で27年目となり、年間20万人前後の来館者がある。現在の運営は指定管理者である公益財団法人浜松市文化振興財団が行っている。

浜松科学館の施設は、6つのコーナーに分かれた常設展示とプラネタリウムからなる。

## 常設展示

「自然」のコーナーには、地元遠州地方のジオラマ（1万分の1）がある。また、「足の下・100倍の世界」では、この地方に生息する小動物の100倍模型を展示している。この地方の大地のつくりや生き物について学ぶことができる。

「宇宙」のコーナーでは、太陽を館の中心として、おもな天体を、太陽から館外のサイエンスパークへと太陽系が広がっているように配置している。落下年代が訂正されたことで最近話題となった、浜松市に落ちた「笹ヶ瀬隕石」の展示もある。



図2 「宇宙」のコーナー

「音」のコーナーには、地元の大手楽器メーカーが工夫をこらした展示物がある。さまざまな音を作り出したり、音の伝わる仕組みを学んだりすることができる。

「力」のコーナーには、力の伝わり方やはたらき方について、体を使って学ぶことができる現代的展示物がある。そのうえ、からくり人形や組紐など日本の伝統を引き継いだ展示物もあり、日本文化に触れることもできる。

「エレクトロニクス」のコーナーでは、目に見えない電気を、体を通して感じる事ができる。浜松出身でテレビの父といわれる高柳健次郎が、世界で初めてブラウン管に映し出した「イ」の文字が、丸形ブラウン管で再現されている。

「光」のコーナーでは、いろいろな光と、光が起こすさまざまな現象や、目の錯覚でものの見え方が変わることを体験できる。

## プラネタリウム

直径 20m のプラネタリウムでは、コンピュータグラフィックスを駆使した、全天 360 度の臨場感あふれる高画質映像の満天の星の下、スタッフによる星空解説を楽しむことができる。

2014 年 3 月 29 日にはデジタル機器がリニューアルされ、これまでよりも鮮明な画像を映し出すことができるようになる。東京・池袋のサンシャインや東京スカイツリーのプラネタリウムと同じ品質の画像を提供できる。

日中に浜松科学館に来られない人のために、月 2 回程度、金曜日の閉館時間後に「ナイトプラネ」を実施している。音楽の街・浜松の良さを生かし、地元の演奏家による「プラネタリウム&コンサート」などの企画も実施しており、より多くの人たちにプラネタリウムの魅力を感じ取ってほしいと願っている。

## その他の催し

浜松科学館は常設展示やプラネタリウムというハード面とともに、講座などのソフト面にも力を入れている。そのいくつかを紹介する。

### 子供向けの事業

毎週土曜日と日曜日にそれぞれ 2 回、20 分程度、小学校入学前の子供から大人までを対象に「サイエンスショー」を実施している。内容は空気砲、氷点下の世界、大気圧の謎、空気の不思議などである。

このほかにも、「ふしぎな科学講座」、「わくわくものづくり講座」、「浜松サイエンスアドベンチャー」、「つくり隊！あそび隊！」などを実施している（材料費は実費）。また、親子一緒に楽しんでもらえる講座も数多く用意している。

### 共催事業

科学館には、学校と企業や大学とをつなぐ役割もある。地

域企業の技術者や大学の研究者を講師にした講座を実施したり、学校に講師などを紹介したりしている。

### 学校・地域連携事業—GOGOサイエンス

小・中学校や特別支援学校に出かけて「サイエンスショー」を実施する事業である。地理的な問題などでなかなか浜松科学館に来館できない学校を中心に、年間 25 回程度、出前講座を実施している。好評を博しており、応募校が多いため、すべての学校の要望に応えることができない状況である。

### 相談事業

浜松市は、浜松科学館名誉館長が創設した<sup>さくらば</sup>櫻場賞があるほど、理科の自由研究は盛んである。浜松市内の小・中学生の 3 人に 1 人が、理科の自由研究を提出している。特に中学 1 年生は、2 人に 1 人が提出している。その研究をサポートすべく、理科の自由研究の相談事業も実施している。

### 特別展

毎年夏休みには特別展を実施している。東京と大阪のちょうど中間という地理上のメリットもあり、他県からも多くの来館者がある。

### その他

浜松科学館は社会教育施設でもある。一度館外に出ると再入場には半券が必要であることを、幼少のころから学べるように、券売機に 0 円券のボタンを設置した。❖

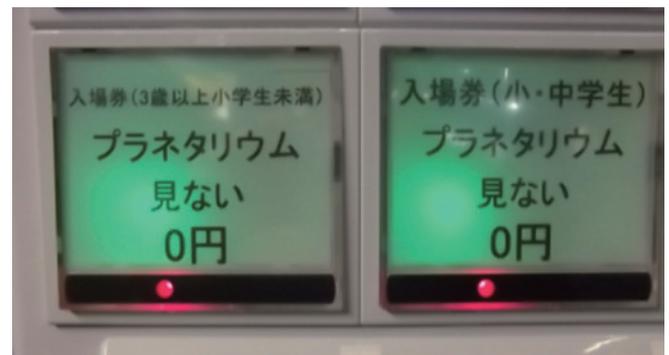


図3 再入場に配慮した券売機

## 編集後記

特集「我が国の ESD の現状と課題」第 2 弾をお届けします。また、塩野直道記念 第 1 回「算数・数学の自由研究」作品コンクールの受賞作品を発表します。算数・数学の力を活かしたたくさんの作品をご応募いただき、ありがとうございました。第 2 回の作品コンクールにも奮ってご参加ください。次号の特集は、今教育界で話題となっています ICT を取り上げる予定です。

(財)理数教育研究所 事務局

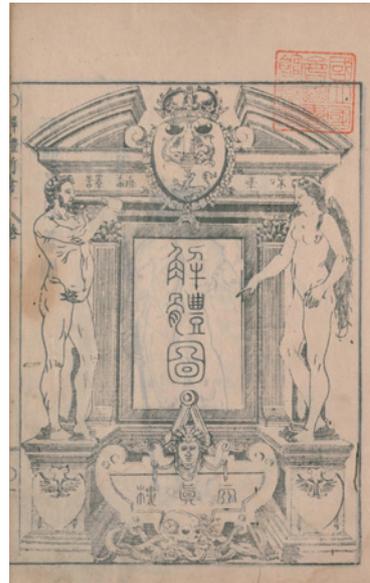
## 近代科学移植への道を拓いた杉田玄白ら

～『<sup>かいたい</sup>解体新書』序図の巻「<sup>ひら</sup>解体図」への扉絵～

今では16名のノーベル賞受賞者を数えるまでになった日本の科学界ですが、そうした成果をもたらすうえで一つの役割を果たしたのが江戸後期から明治期にかけての科学用語の訳語づくりであったといわれています。その一例がここに紹介する図が載っている『解体新書』(1774年)を出版した杉田玄白(1733～1817年)らの活動です。彼らはドイツ人クルムス(1689～1745年)が書いた『解剖学図譜』(1722年)のオランダ語訳書(1734年)を手手に刑死体の腑分けに立ち会い(1771年)、その解剖図の正確さに感激し、人々に正しいことを伝えようという熱意のもと、数年にわたる苦勞の末、世に紹介したのです。ここには近代科学がもつ重要な実証精神が示されているように思えます。

今、私たちが普通に使用している「神経」という言葉は彼らの造語です。

大阪教育大学 名誉教授 鈴木 善次 / すずき ぜんじ



提供：国立国会図書館/アフロ

Rimse (リムス)

No.7

編集・発行 (財)理数教育研究所

### 大阪オフィス

〒543-0052 大阪市天王寺区大道4丁目3番23号  
TEL.06-6775-6538 / FAX.06-6775-6515

### 東京オフィス

〒113-0023 東京都文京区向丘2丁目3番10号  
TEL.03-3814-5204 / FAX.03-3814-2156

E-mail : info@rimse.or.jp

http : //www.rimse.or.jp

※本冊子は、上記ホームページでもご覧いただけます。

印刷所：岩岡印刷株式会社

デザイン：株式会社 アートグローブ

本文イラスト：株式会社 アートグローブ

表紙写真：葉と地球

©a.collection RF/amanaimages