

理数教育フォーラム

Renovate Math & Science Education

第 50 号

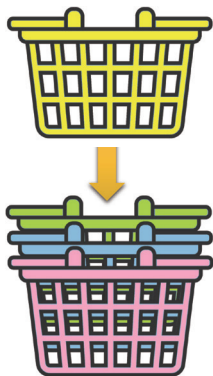
2025.6

発行：理数教育研究センター

Contents

- 1 数学教育と
科学コミュニケーション
- 2 情報教育と
科学コミュニケーション
- 3 「坊っちゃん講座」の延べ
聴講者数が1万人を突破
- 5 フィラデルフィアで開催
された全米科学教育会議
に参加して—アメリカの
教員組織集団の特色—
- 6 なるほど納得ゼミナール
円錐曲線

台形と見なせるスーパーのカゴ

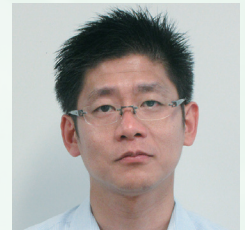


台形の活用例

数学教育と科学コミュニケーション

理学部第一部数学科 教授
理数教育研究センター 併任教員

中川 裕之



数学教育ではコミュニケーションが重視されています。その理由は様々で、例えば、理解過程で社会的相互作用を重視するため、他者理解・自己理解のための手段とするため等が挙げられます。そのような背景もあって、コミュニケーションに必要な数学的表現(表・式・グラフ、数学用語等)の学習指導にも注目が集まっています。

しかし、学校現場を見ていると、生徒たちは様々なコミュニケーションツールを習得しても、コミュニケーションしたい数学を持ち合わせていないことがほとんどです。せっかく表現形式や伝え方・話し方を学習しても、他者と議論したくなるような数学の知識をもたないために、授業外では活用する場面が少ないのです。

例えば、小学校や中学校では台形について様々な性質を学習します。台形は日常生活の様々な場面で見られますが、どれだけの生徒が台形という見方を活用しているのでしょうか。活用例としてスーパーマーケットのカゴを考えてみたいと思います。カゴは横から見ると台形の形をしています。台形の形になっているために、重ねて積み上げても高さがそれ程高くないのです。台形はこのような特徴を持つために、収納や省スペースのためによく使われています。コップも横から見ると台形の形をしていることが多いです。持ちやすいこともあります。収納や陳列で便利だからです。ただ、高級なグラスは横から見ると長方形の形をしています。こちらは重ねての収納や陳列を(傷がついてしまう等の理由で)想定していないのでしょう。

このように日常生活に活用すると台形のよさに気づき、誰かに伝えたいくなります。また、身の回りに見られる台形には用途によって様々な形があるため、分析し始めると算数や数学で学習した内容(上底や下底と高さの比や面積等)も活用するようになります。

算数で学習する台形でも少し考えただけでこれだけの気づきがあるので、中学校や高等学校で学習する数学となると、その活用範囲は広く多様になります。

科学コミュニケーションということを考えるときにも、伝え方や手段を学び増やしていくと同時に、伝えたい科学をもつことを心掛けてほしいと考えます。そうして伝えたい科学を持つことがコミュニケーション能力を高めることにもつながるはずです。



幾何ソフトを使って好きな数学を発表する
講義風景

情報教育と科学コミュニケーション



工学部 情報工学科 教授
データサイエンスセンター長
理数教育研究センター 併任教員

赤倉 貴子

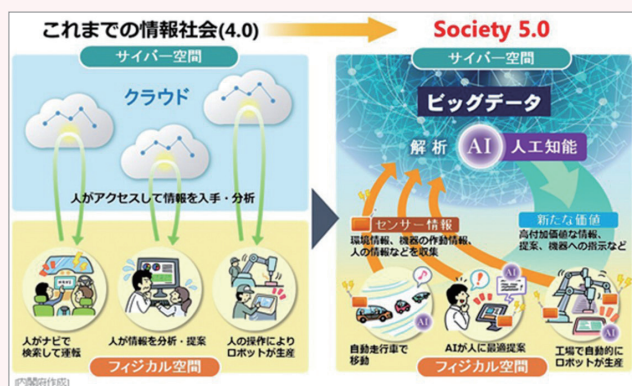
私の専門は教育工学ですが、私が大学生の頃に家庭にもどんどんPCが普及し、PCを使えばさまざまな社会的問題が解決できるプログラムを作成できることに関心を持ちました。一対多の一斉授業ではなかなか実現できない個別最適化という課題は個別の学習支援システムの導入で解決できる、などです。また、PCの計算能力は、データの分析を高度に行うことを可能にしたことから、データ解析の魅力にも惹かれました。このようなデータ解析をもとにした、システム設計・開発が私の一貫した研究テーマです。

とはいえ、中身が全く変わっていないわけではありません。現代はSociety 5.0時代と言われています。Society 5.0とはサイバー空間(仮想空間)とフィジカル空間(現実空間)を融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の問題解決を両立させた人間中心の社会を目指す仕組みです。Society 4.0(情報社会)では情報の検索、分析、運用は人の手で行い、人間がサイバー空間にアクセスして情報を取捨選択していました。しかし、Society 5.0ではAIがデータを処理して、必要なときに必要な情報をフィジカル空間に届けてくれます。こうした

社会に生きる私たちは、届けられた情報をどのように分析し、活用するかが益々重要になります。科学技術を社会に役立てる一例として、例えば、どのような場所に生まれた子どもも、教育の場が保障されることを目標とするなら、人口動向やその他のデータを分析し、今まで貧困やその他の理由で学校に通えなかった子どもを含め、教育の需要を的確に予想し、適時適切なサービスが整えられるようにするなどが考えられます。

個別最適化された学びの機会や場の提供は、現代ではAIが個人の学習記録を把握・分析し、個人の特性や発達段階に応じた支援を提供できることが期待されますし、ビッグデータを活用して、個別最適化もより細かくできるようになります。一方、個人の能力に合わせて学習を進めると孤立した学びに陥りがちですが、AIの力を活用しながら人間の強みを活かすための学習を目指し、協働的な学びの機会を確保することも可能です。こうした背景から、現在の赤倉研究室では、新しい情報技術、例えばVR、ARなどを用いた学習支援システム開発を主たる研究内容としていますが、いずれも個別最適化や遠隔でも協働した学びの機会を持てる教育を目指しています。

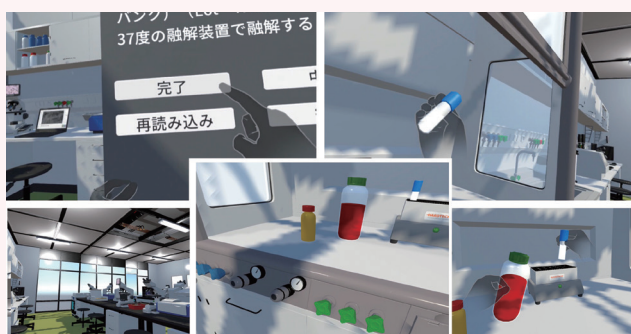
2026年4月より、東京理科大学理学部第一部科学コミュニケーション学科が新設予定です。(仮称。設置構想中。設置計画は予定であり、内容は変更となる場合があります。)私も情報工学をバックグラウンドとした教育工学を専門として、Society 5.0に生きる人間としての情報の分析・活用方法を、この分野に興味をもつ皆さんとともに研究していきたいと思っています。



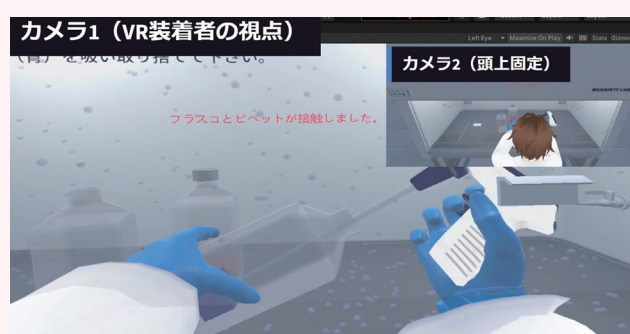
Society 5.0(出典 内閣府)



遠隔にいる3人がそれぞれVR空間上で協働で化学実験を行っているところ



VR実験室での実験



VRを使った細胞培養

「坊っちゃん講座」の延べ聴講者数が1万人を突破



東京理科大学 客員教授 (元教授)
東京大学 名誉教授

松田良一

はじめに

科学技術立国を目指す日本において、最近、特に理工系の大学院進学者数は減少を続けていることは大きな課題です。毎年、大学院生数が増えている中国や欧米諸国とは対照的です(文献1、2)。この傾向は国際的な競争力にも影響を及ぼすため、その改善に向けた取り組みが求められます。東京理科大学では2018年度から中高校生向けに研究の面白さやスリルを伝え、進路選択に資するために理数教育研究センター主催「坊っちゃん講座」を毎月1回、土曜日の午後を開講しています。当初は東京圏の聴講者中心の対面講義でしたが、コロナ禍を経てZoom配信にしたことで全国のみならず、海外からも参加者が増え、多様な聴衆を形成しています。また、2025年度からは開講時刻を15時に遅らせたことで、土曜日でも忙しい中高生に対応しました。聴講者は中高生や大学生に加え、教員や一般社会人の皆様です。幸い、「坊っちゃん講座」は広く認められ、開講7年目の2025年4月19日の講座(講師は先進工学部電子システム工学科の谷口淳教授)において、ついに延べ聴講者数が1万人を突破しました。

公開講座の歴史的背景

研究者による組織的な公開講座は200年以上の歴史があります。イギリスでは19世紀初頭にRoyal Institution(Ri)で始まりました。代表的な講師は、6つの新たな元素を発見した研究者で詩人としても評価されるハンフリー・デーヴィー(1778-1829)でした。彼の講義の一つでは、死体に電流を流すと動く(筋収縮が起こる)というショッキングな内容が話題となり、多くの聴衆にインパクトを与え、多くの若者に影響を与えることで、科学への興味を喚起してきました。そのRiの講堂の聴衆の中には後に電磁誘導を発見する21歳のマイケル・ファラデー(1791-1867)や、「フランケンシュタインあるいは若きプロメテウス」(1818)を執筆する14歳のメアリー・シェリー(1797-1851)がいました。二人とも若い時に聞いたデーヴィーの講演から大きな影響を受け、その後の人生が決まったといえます。

マイケル・ファラデー

ファラデーは学校教育をほとんど受けていなかった見習いの製本職人でしたが、仕事の合間に製本中の百科事典『ブリタニカ』などを読みあさっていました。その製本屋のお得意さんが勉強

好きのファラデーに好感を持ち、デーヴィーの講演4回分のシリーズ聴講券をプレゼントしました。これはかなり高価でしたので見習い職人には買えないものでした。当時の科学講座は裕福な貴族たちのエンターテインメントだったようです。理科大の「坊っちゃん講座」は全員が無料ですので、大きな違いです。デーヴィーの講義を聞いた若きファラデーは感激し、科学への道を志しました。彼は講義メモを清書後、その得意な技術で製本し(図1)、デーヴィー宛に自分を実験助手に雇ってほしいと書いた手紙と共に製本した講義ノートでRiの守衛に託しました。デーヴィーはファラデーの熱意と理解力、そしてノートの素晴らしさを高く評価し、助手の欠員が生じた時に彼を採用することにしました。二人の最初の研究テーマは、炭坑内での爆発の原因となる引火を防止する安全灯の開発でした。この安全灯のおかげで炭坑の爆発事故は激減し、安全な石炭生産と英国の産業革命を後押ししました。その後、ファラデーはRiの独立研究者となり、発電の原理である電磁誘導など数々の大発見を行い、19世紀を代表する科学者の一人になりました(図2)。彼の発見がなければ、現代の携帯電話やテレビ、新幹線などの実現は大きく遅れたと思われます。さらに注目すべきことに、ファラデーは自らの経験から良質な教育と指導者との出会いが若者の進路を大きく変える可能性を認識し、一般向けの公開講座とともに青少年向けのクリスマス講座を熱心に行いました(図3)。彼はまさにサイエンス・コミュニケーションの原点のような科学者でした。彼は数々の業績を上げながらもつつましく生きたそうです。本来であればファラデーのお墓はウエストミンスター寺院に葬られてしかるべきですが、彼の意志により郊外のハイゲート墓地でひっそりとたたずんでいます(図4)。これもファラデーの人柄を象徴しているようです。

自然への科学的な好奇心をもつ若者が増えることは、社会全体の技術革新や持続可能な発展にも寄与する重要なステップであり、人類の未来につながります。延べ聴講者数が1万人を超えた現在の「坊っちゃん講座」のような取り組みはもっと多くの大学や研究機関で行われるべきです。その取り組みが若い世代に科学への夢と興味を根付かせ、将来、新しいファラデーが誕生する契機になることを期待します。

文献

1. 科学技術指標2024・html版
科学技術・学術政策研究所 (NISTEP) 3. 2
高等教育機関の学生の状況
2. 「博士離れ」浮き彫り、学生2年連続減
就職状況厳しく
日本経済新聞 2022年8月24日
3. Katherine Mathieson (2024): The Royal Institution.
Director's Choice. Scala Arts & Heritage Publishers Ltd.



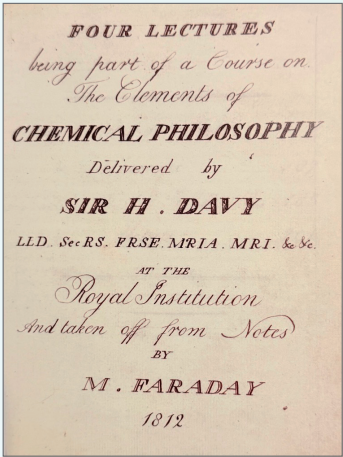


図1
ファラデーが書いて製本したデーヴィー講演会の聴講ノートの表紙。
(王立研究所蔵。文献3より)



図2
ファラデーが電磁誘導の発見に使用した電磁石コイル。王立研究所の博物館に常設展示されている。
(2025年3月筆者撮影)



図3
1855年のファラデーによるクリスマス講義の様子。講義は毎年行われ、一般聴講者は15～20歳の若者を同伴している。
(文献3. より)



図4
ロンドン郊外のハイゲート墓地にあるファラデー夫妻のお墓。
(2025年3月筆者撮影)

＊坊っちゃん講座とは

高校生・中学生の皆さん、世界には未解明の謎がたくさんあります。謎として認識されていないことも多いでしょう。そして、その謎の解明に挑むことから新しい科学的発見や技術的発明が生まれて来たことは歴史が示しています。

東京理科大学では、これらの謎の解明やその応用展開において世界をリードしている研究者が高校生・中学生向けにわかりやすく研究内容と自らが歩んできた道を語り、進学意欲の向上と進路選択に資するため、公開講座「東京理科大学 坊っちゃん講座」を開講します。

＊イメージキャラクター『坊っちゃん』とは

「坊っちゃん」とは、夏目漱石の小説『坊っちゃん』で、主人公が東京理科大学の前身である東京物理学校を卒業し、松山の中学校に数学の教師として赴任した設定にちなんで、東京理科大学のイメージキャラクターとして誕生しました。



「坊っちゃん講座」の開催日程

	日程	講師	タイトル
第1回	2025年4月19日(土)	谷口 淳(先進工学部 電子システム工学科 教授)	目に見えない小さな突起でくっきり見える?!
第2回	2025年5月17日(土)	横山 英志(薬学部 生命創薬科学科 教授)	タンパク質のかたちの理解から創業へ
第3回	2025年6月7日(土)	渡邊 万里子(経営学部 経営学科 講師)	今の学びが君の未来を変える? 起業家教育の長期的影響
第4回	2025年6月21日(土)	駒場 慎一(理学部第一部 応用化学科 教授)	電池の歴史と東京理科大学(最古の乾電池から最新技術まで)～世界初の乾電池から最新バッテリーまで～
第5回	2025年7月19日(土)	高嶋 隆太(創域理工学部 経営システム工学科 教授)	決めることを科学する～データに基づく政策の決定を目指して～
第6回	2025年9月13日(土)	大浦弘樹(教職教育センター 教授)	ネットの情報、どれが本当? ―中高生のための情報リテラシー
第7回	2025年10月4日(土)	松澤 智史(創域理工学部 情報計算科学科 准教授)	コンピュータ科学とDX
第8回	2025年10月25日(土)	橋本 卓弥(工学部 機械工学科 准教授)	人間共存型ロボットの現在・過去・未来
第9回	2025年11月8日(土)	板場 綾子(教養教育研究院 葛飾キャンパス教養部 准教授)	代数学入門～環論の世界へようこそ～
第10回	2025年12月20日(土)	崎山 夏彦(工学部 建築学科 助教) ※工学部建築学科卒業生、理窓博士会第18回学術奨励賞受賞者	温度センサで守る! 建物の安全性を見守るテクノロジー
第11回	2026年1月24日(土)	杉山 睦(創域理工学部 電気電子情報工学科 教授)	半導体の無限の可能性 ―物理と化学を駆使して植物と会話する方法―
第12回	2026年3月14日(土)	長嶋 泰之(理学部第二部 物理学科 教授)	反粒子の物理学

※2025年度より開催時間が変更となっております。各回とも15:00～16:30となります。

お申込みはこちら→



フィラデルフィアで開催された全米科学教育会議に参加して ーアメリカの教員組織集団の特色ー



理数教育研究センター 教授
近代科学資料館長

伊藤 稔

2025年3月26日～28日まで、アメリカ・フィラデルフィアで開催された全米科学教育会議に参加しました。

全米科学教育協会 (NSTA: National Science Teaching Association) は、主にアメリカ社会の小・中・高校の科学(日本の理科(生活科、物理、化学、生物、地学・地球科学; Earth Science、STEM等)を担当している全米約3万5,000人の現場教師集団です。最近は科学教育の専門家、SDG'sやSTEM教材開発を通して、児童・生徒や学生の科学分野の効果的学習プロセスを探究している研究者も含まれています。アメリカ教育省のA Framework for K-12 Science Education (Framework) and the Next Generation Science Standards (NGSS) についての実践研究等もNSTAが取り組んでいるテーマの1つです。

アメリカ合衆国は、このような教科ごとの教師専門職集団の他に、全米教員組織として1857年に発足し160年以上の歴史ある全米教育協会 (National Education Association; NEA) や全米教職員組合 (American Federation of Teacher; AFT) 等、様々な全国規模の教職員組織があります。

その理由の1つは、基本的にアメリカの公立学校(public school; 英国では私立学校を意味することがあります) は、各学校運営は、市町村ごとに独立した教育委員会の下で、学校経営が行われています。州ごとの学力向上政策に関しては、州と地方自治体から補助金が支給されます。その補助金の算定基準は、各学校の児童・生徒の**在籍者数ではなく、出席率**(毎日学校にどれ位の子どもたちが登校してきているか)その人数に基づいて学校運営に関する公的資金が支



ペンシルベニア大学図書館



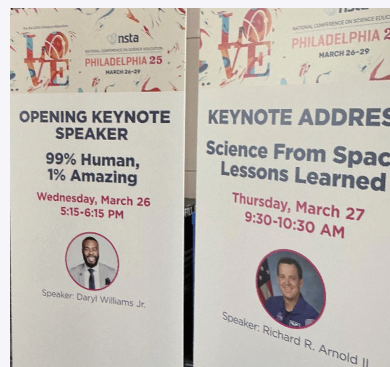
ペンシルベニア美術学校美術館
(手前の右側建物、奥は市役所)

給されています。

その為、毎日学校の授業が面白くなって、子どもが登校しない場合は、学校への公的資金援助は削減されます。要するに各学校の教師は、子どもたちが学校に通いたくなるような授業をすることが基本的に求められています。そのために教師は、「毎日子どもたちが目を輝かせて学校に通いたくなる」授業をしなければ、お役御免になります。

全米の初等・中等教育学校の教師は、自分が担当する教科指導力の向上に務めることが求められています。毎年学期ごとに、教育委員会の指導主事等が、教師の授業評価を行い、子どもからも授業評価を受けて、教師の授業力がチェックされています。その結果、標準以上ならばボーナスやワークショップ研修費が支給されます。満たない場合は、懲戒処分を受けたり失職することもあります。

今回のフィラデルフィアのコンベンションセンターで開催されたNSTAのような教師の授業力向上のための研修会やワークショップが、全米規模各州、自治体ごとに盛んに実施されています。特に近年の生成AIの出現は、教師にとって代わる汎用AIの普及に伴い、世界中で教師による従来の授業方法や教育職員研修の在り方も含めて、変革の時であることをNSTAに参加して実感しました。



全米科学教育会議の様子



円錐曲線

楕円、放物線、双曲線などの2次曲線は、円錐を平面で切ったときの切り口に現れる曲線で、総称して**円錐曲線**と呼ばれます。今回は円錐曲線についてお話しします。

円錐曲線は、古代ギリシアのメナイクモス(B.C. 380年頃～B.C. 320年頃)が発見したとされています。その後、アポロニウス(B.C. 262年頃～B.C. 190年頃)やパップスらの研究により、円錐面と平面や球を組み合わせることで様々な性質が詳らかにされました。16世紀から17世紀にかけて、ケプラーやニュートンらの研究により、宇宙が2次曲線で支配されていることがわかってきました。特に、ニュートンによる万有引力の法則や運動の法則の確立は、天体の運動が2次曲線(円や楕円、放物線、双曲線)のいずれかであることを明らかにしました。

図1は直円錐を、その頂点を通らないいくつかの平面で切った際に切り口に現れる曲線を示しています。直円錐の軸に垂直な平面で切ると切り口には円が現れます(図1(a))。平面を少し傾けると切り口には楕円が(図1(b))、円錐の母線に平行に切ると切り口には放物線が(図1(c))、平面をさらに傾けて切れば切り口には双曲線が現れます(図1(d))。

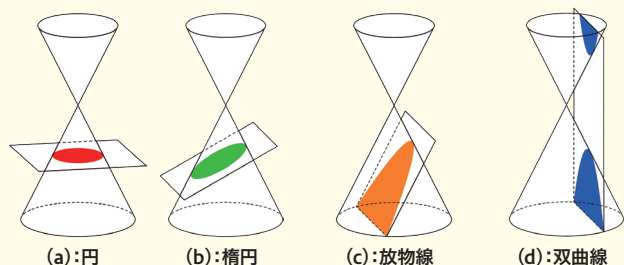


図1

図2～図4は、1822年にベルギーの数学者ダンデリン(1794年～1847年)によって、楕円、放物線、双曲線の性質を幾何学的に証明したものです。

●円錐の切断面に現れる曲線が楕円の場合(図2)

円錐に内接し、かつ、切断面に上方、または下方から接する2つの球と切断面との接点が**楕円の焦点(2点)**となります。円錐と球の

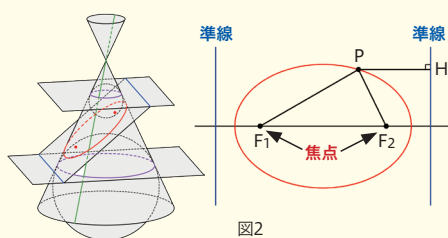


図2

交わりの円を含む平面と切断面の交線が**楕円の準線(2本)**となります。楕円は、2つの焦点F1、F2からの距離の和が一定である点Pの集まりであることを示しています。

●円錐の切断面に現れる曲線が放物線の場合(図3)

円錐に内接し、かつ、切断面にも接する球が存在し、切断面と球の接点は**放物線の焦点(1点)**となります。また、円錐と球の交わりの

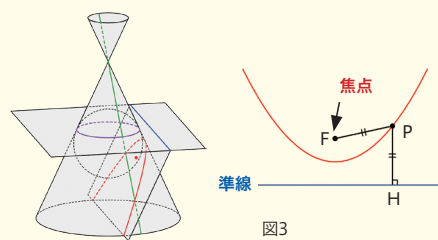


図3

円を含む平面と切断面の交線が**放物線の準線(1本)**となります。放物線は、平面上において準線と焦点Fからの距離が等しい点の集まりであることを示しています。

●円錐の切断面に現れる曲線が双曲線の場合(図4)

円錐に頂点をはさんで内接する2つの球と、切断面との接点が、**双曲線の焦点(2点)**となります。円錐と球の交わりの円を含む平面と切断面の交線が**双曲線の準線(2本)**となります。双曲線は、2つの定点F1、F2(焦点)からの距離の差が一定である点Pの集まりであることを示しています。

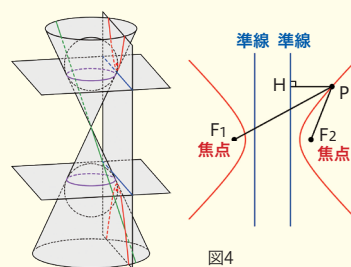


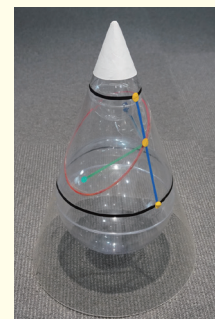
図4

なお、これらの曲線(放物線、楕円、双曲線)上の任意の点Pから(それぞれの)曲線の焦点Fに至る距離をPF、点Pから(それぞれの)準線に至る距離をPH(点Hは点Pから準線に下した垂線の足)とすると、

$$\frac{PF}{PH} = e \text{ (離心率)}$$

は、 $0 < e < 1$:楕円、 $e = 1$:放物線、 $1 < e$:双曲線であることも示しています。

ところで、ダンデリンは、これらの美しい円錐曲線の性質を1822年に発見したのですが、古代ギリシア時代の緻密な研究では発見されていなかったことは意外な事実であるとされています。



(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/>