



なるほど納得ゼミナール

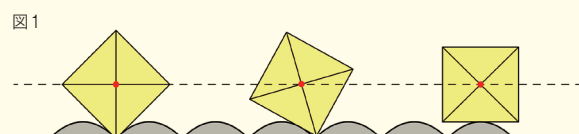
本センターで制作された新作品をひとつずつ本コラムにて紹介します。

正方形の車輪

自動車でも台車でも、車輪の形が円形であることは常識ですが、アメリカのスタン・ワゴン教授は、発想を180°転換し、「正方形」の車輪を考案しました。どのようにすれば、上手に転がすことができるのでしょうか？



正方形の車輪は、平らな地面の上では転がすことができませんが、図1のような、車道の断面がカマボコのような丸い山型を幾つも並べたような車道にすれば、正方形の車輪をスムーズに転がすことができます。すなわち、正方形の中心点の動く軌跡が水平になり、車道と車輪の接点が正方形車輪の周を連続的に動くのです。



この山型の形はカテナリー曲線（懸垂曲線）になっています。1つの山型は、カテナリー曲線の傾きが±1となる2点で切り取られた形になっていて、長さは正方形車輪の1辺の長さと同じになるような大きさにしてあります。そして、このコピーを周期的に接合して作った車道になっています。

接合部は、傾き±1どうしをつないでいるので、山型と山型の谷間の角度は90°になっています。その結果、正方形車輪の頂点はその接合部をスムーズに通過することができます。

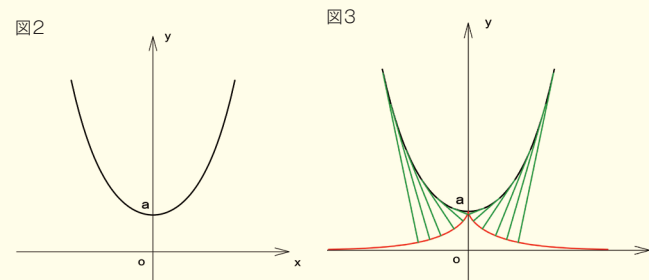
それでは、なぜカテナリー曲線なのでしょう？

カテナリー曲線は、ロープや電線などの両端を持って垂らしたときにできる曲線です。

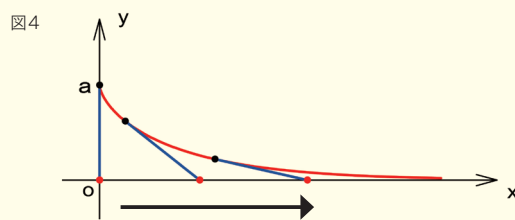
図2を式で表すと、

$$y = a \cdot \cosh(x/a)$$

となります。



カテナリー曲線の特徴のひとつは、図3のように、カテナリー曲線の頂点を端点とする伸開線（緑線）は、トラクトリックス（赤線）（牽引線、犬曲線、追跡線などともいわれています）を描きます。



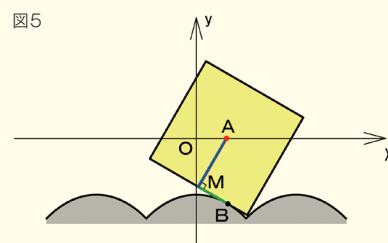
トラクトリックスは以下のように描くこともできます。図4のように、黒点がオモリ、赤点が力点、青線が長さa（一定）の紐だとします。力点は原点Oを出発して、x軸上を矢印方向に進みます。そのとき、オモリは紐に引っ張られながら引きずられると赤線のような曲線をたどりますが、このオモリがたどった軌跡がトラクトリックスになります。式で表すと、

$$x = a \cdot \log \frac{a + \sqrt{a^2 - y^2}}{y} - \sqrt{a^2 - y^2}$$

となります。

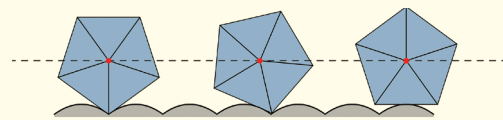
実は、青線の紐はトラクトリックスの接線であり、トラクトリックスを描く伸開線の法線になっています。

これを正方形車輪に当てはめます（図5）。

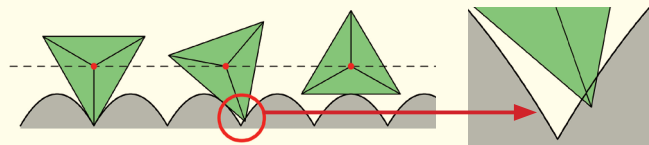


正方形車輪の中心を点A、点Aから底辺に下した垂線の足を点M、山型の車道と正方形車輪の接点を点Bとすると、AM（青線）が上記の紐、MB（緑線）がカテナリー曲線の伸開線になっています。よって、**正方形車輪の中心点Aはx軸上を水平移動することになります。**

実は、正方形に限らず、正n角形（n=5, 6, 7, ...）の車輪に関しても、正方形車輪と同様に、カテナリー曲線状の山型の車道が最適で、接合部の角度は、正n角形の内角と一致するように作れば良いことが知られています。



しかし、正三角形の車輪の場合は理論上は転がすことができそうなのですが、実際には、車輪の先端（正三角形の頂点）が山型の道路に刺さってしまうので転がすことはできません。



（文責・制作 科学啓発室（数学体験館）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/>

その33

理数教育フォーラム

Renovate Math & Science Education

第33号

2021.3

発行：理数教育研究センター

Contents

- 1 東京理科大学坊っちゃん講座 第4回講師からの開催報告
- 2 「第13回 算数／数学・授業の達人大賞」開催報告
- 3 数学体験館がサントドミンゴにオープン
- 4 研究会「心に残る理数教育—卒業後にも色あせないもの—」開催報告
- 5 なるほど納得ゼミナール 正方形の車輪

東京理科大学坊っちゃん講座 第4回講師からの開催報告



薬学部 薬学科 教授
高橋 秀依



【坊っちゃん講座とは】

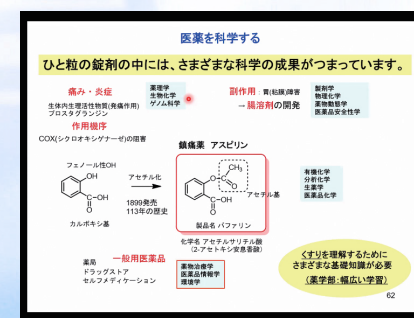
世界にはまだ、未解決の謎がたくさんあります。また、その謎を解き進めると素晴らしい未来、技術につながることもたくさんあります。

東京理科大学では、これらの謎の解明やその応用研究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語る公開講座シリーズ「東京理科大学坊っちゃん講座」を開講しています。

最初に「坊っちゃん講座」のお話をいただいたときは、2020年3月7日が予定されておりまして。しかし、新型コロナウイルス感染症が猛威を振るい、あえなく延期となりました。感染症は全然おさまりませんし、今年はもう無理かと思っていたのですが、2020年11月7日にオンライン開催するとの連絡が入りました。オンラインでは相手の顔が見えないので躊躇する気持ちもありましたが、やるだけやってみよう、と気持ちを切り替えて当日に臨みました。

事前にいただいた情報から、参加者には中高校生も多いことがわかりました。そこで、講演内容は難しい研究のお話だけではなく、医薬品がどうやってつくられているのか、なぜ自分は軸不斉の研究をするようになったのか、薬学部はどんなところなのか、についてお話をしました。カメラに向かってスライドを示しながら話すのは本当に手ごたえがないもので、1時間余の講演はあっけなく終わりました。しかし、チャットでの質問の時間になったら、カメラの向こうの皆さんからたくさんの質問が来ていてびっくりしました。司会の松田良一先生が読み上げてくださって全部にお答えしましたが、鋭い質問や素朴な疑問など、身振り手振りを使ってお答えし、いつの間にか聞いてくださる皆さんが目の前にいらっような感覚になっていました。

オンラインでの講演は味気ないものだと思っていた。しかし、坊っちゃん講座を経験させていただいて、考えが変わりました。たとえカメラを通してでも、四国や東北までも私の思いは伝わるのです。新型コロナウイルスは私たちが人と接触する機会を奪いました。しかし、オンラインでも私たちはつながることができます。まだしばらく不自由な日々が続きますが、オンライン開催の坊っちゃん講座が科学に興味を持つ人々を結び付けていくことを期待したいと思います。



坊っちゃん講座の様子（配信画面）

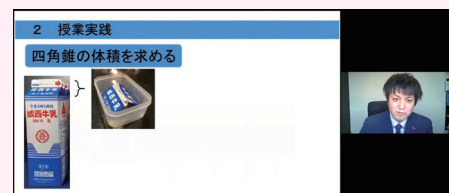
「第13回 算数／数学・授業の達人大賞」開催報告

理学部第一部 数学科 助教
岡田 紀夫

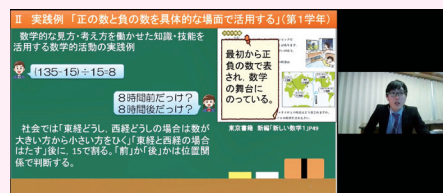
東京理科大学理数教育研究センター・数学教育研究所が主催／企画し、東京理科大学数学教育研究会が共催する、第13回を迎えた算数／数学・授業の達人大賞 授賞式・模擬授業が、2020年12月6日(日)に神楽坂キャンパス3号館6階362教室から、新型コロナウイルス感染症の影響に鑑み、リモートで開催されました。この企画は、小・中・高等学校において、意欲的な研究や、創意あふれる指導により、優れた授業を実践した数学科の教員を顕彰するものです。今回受賞されたのは、最優秀賞2名、優秀賞2名、優良賞2名、審査員特別賞1名の先生方です。今回は、コロナ禍に対するリモート授業の優秀さを評して、審査員特別賞が設けられました。

■最優秀賞

- 山形市立第一中学校 岩田 栄彦 先生
●授業タイトル「牛乳パックの体積を調べよう」
奥州市立江刺東中学校 田村 敬清 先生
●授業タイトル「時差について考えよう」



岩田栄彦先生の授業「牛乳パックの体積を調べよう」



田村敬清先生の授業「時差について考えよう」

■優秀賞

- 西宮市立鳴尾東小学校 久保田 健祐 先生
●授業タイトル「台風の数について考えよう」
東京都立大江戸高等学校 今井 陽一 先生
●授業タイトル「観覧車のゴンドラから地上までの高さを求めてみよう」

■優良賞

- 秋田県東成瀬村立東成瀬小学校 三浦 裕子 先生
●授業タイトル「180度より大きい角度の求め方」
秋田県東成瀬村立東成瀬小学校 長瀬 亜希子 先生
●授業タイトル「四角形の4つの内角の和」

■審査員特別賞

- 田園調布学園中等部・高等部 中島 照人 先生
●授業タイトル「オンラインで協同して極限值としての確率に対する理解を深める授業」

授賞式は、司会の眞田克典先生の進行のもと、まず清水克彦数学教育研究部門長の開会の挨拶で始まり、続いて共催者として、伊藤稔数学教育研究会会長の挨拶、その後、選考委員長の秋山仁理数教育研究センター長のリモートによる講評、賞状賞品の授与がありました。そして、最優秀賞受賞者2名によるリモートでの模擬授業が行われ、閉会となりました。

ご参考までに、以下のURLもご覧ください。
<http://www.rs.tus.ac.jp/rime/>

研究会「心に残る理数教育—卒業後にも色あせないもの—」開催報告

理数教育研究センター 理科教育研究部門長
理学研究科 科学教育専攻 教授
松田 良一

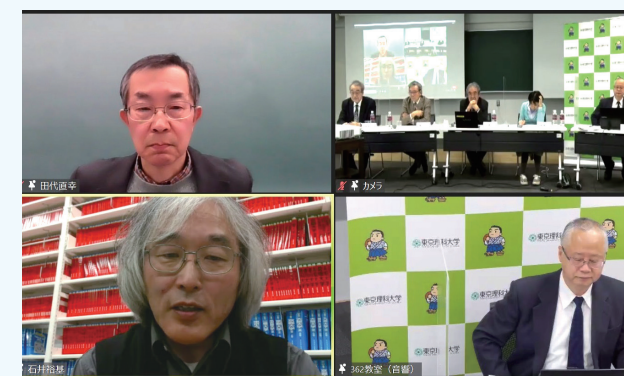
2020年12月13日(日)13:00~17:30に、恒例の理数教員研究会をオンラインで開催しました。今年度のテーマは「心に残る理数教育—卒業後にも色あせないもの—」です。7名(うち2名はオンライン参加)の講師に御登壇いただき、全国から150名を超える参加がありました。

基調講演:秋山仁理数教育研究センター長(本学特任副学長)が、まずA.アインシュタインの「教育とは学校で学んだことを忘れた時に残ることである」を引用し、教科書中心ではなく、教師の自然に対する興味に忠実な宮澤賢治の教育方法を紹介しました。賢治は生徒たちを神社に連れて行き、「しめ縄」(雲、雨、稲妻を表すシンボル)を指しながら、稲妻による大気窒素固定が肥料効果をもたらすと語りました。この郷土の文化と農業や理科、特に窒素と肥料の関係までを論じた授業は、卒業後何十年たっても多くの生徒の心に残っていたそうです。秋山センター長は、この研究会では、生徒の心に定着する理数教育とは何かを皆様と考えたいと結びました。

講演1:北原和夫氏(本学元教授、ICU名誉教授、東工大名誉教授)は、物理の学習において、答えの分かっている問いしか許さないならば、発見や理解の喜びを阻害することになるのではないかと指摘しました。

講演2:渡辺正氏(本学嘱託教授)は、生徒たちに原子や分子のサイズや数の多さ、動きの素早さを説明することの重要性や、意外性への驚きが本物の化学の理解につながることにについて語りました。

講演3:田代直幸氏(常葉大学教授)は、生物分野には、生老病死など人生にかかわるテーマが多く、それらを導入として使うことが有効と指摘しました。



パネルディスカッションの様子1(配信画面)

講演4:久田健一郎氏(日本地学教育学会会長)は、近年の日本を襲う地震、台風等自然災害の激甚化、疫病の蔓延を踏まえ、「生存のための理科教育」を構築する必要があると強調しました。

講演5:石井裕基氏(香川県立観音寺第一高校数学教諭)は、生徒たちが主体となって取り組んだデータ・サイエンス研究「無難に外角一辺倒」について紹介しました。先輩や大学の研究者から確率論や統計学について聞きながら研究を進め、生徒たちが「学びって面白い」、「考えるって楽しい」と実感し、教師の役割は「学びとの出会い」のプロデューサーに徹したことについて話されました。

講演6:佐野寛子氏(東京都立小石川中等教育学校生物教諭、獣医師)は、生徒主体の授業運営の実践例として「人間活動と経済—国産部材の魅力を伝える」、「中絶、差別、ゲノム情報と人権」等を紹介しました。また、生徒たちが考案したプロジェクトが「高校生による社会貢献プロジェクトSAGE」の日本大会および国際大会で高く評価され、この授業の影響で進路を変えた生徒たちが続出したことを報告しました。

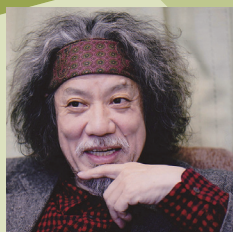
パネルディスカッション:参加者から寄せられた質問に関して討論が行われました。1)物・化・生・地の4科目必修に戻さないと日本の理科教育はあぶないのでは(渡辺)。2)一度、学んだ分野は、後からでもキャッチ・アップしやすい。若い時に広く学ぶことが望ましい(秋山)。3)防災教育が必要(久田)。4)生徒が主体的に探究課題を決め、評価は生徒個人の成長を重視する(田代、石井、佐野)。5)大学の教員養成課程においても、広く分野を越えて教えることができる教員を養成すべきだ(北原、渡辺)などの点が議論されました。

まとめ:参加者からは、生徒のモチベーションを上げる方法に関心を持った、今後の授業に活用したい等の声が数多く寄せられました。終了後、参加者から今後取り上げてほしいテーマを数多くいただきましたので、それらを参考に来年度も継続して開催していきたいと思います。



パネルディスカッションの様子2(配信会場)

数学体験館がサントドミンゴにオープン

理数教育研究センター長
秋山 仁

令和2年(2020年)12月14日、ドミニカ共和国サントドミンゴ市に、五感を数学を体感することを目的に「数学体験館(Sala de la Experiencia Matemática)」がオープンしました。

開館式には日本を代表して牧内駐ドミニカ共和国大使が出席し、ドミニカ(共)からはアビナデル大統領、アルバレス外務大臣等が出席しました。

筆者が牧内大使と初めて会ったのは、2015年で、スペインのカタルーニャ工科大学の開講式でした。その際に、五感を総動員して数学を学ぶという教授法に大使は大変な関心を抱かれました。彼は、2016年にドミニカ(共)に特命全権大使として赴任した直後から、当国の数学教育発展のためにドミニカ(共)政府に数学博物館の建設を提案したことが、この事業の発端となりました。「開始は簡単であるが、維持は難しい。来場者の理解を深めるためにはイ

ンストラクターの養成が不可欠であることから、体験館の職員たちに研修を重ね、優秀なインストラクターを育成しました。この数学体験館での経験を通して、創造的で情熱的な生徒や先生が多数現れ、将来的にこのスペースにドミニカ人数学者が開発した教具も並ぶこと望んでいる」と期待を述べました。

また、アビナデル大統領は数学振興に向けた支援に謝意を表明しつつ、「科学には、国境、人種等関係なく、極めて正確な世界共通の言語である。この体験館はその言語を学ぶ場所であり、難しい定理を、簡単且つ楽しい方法で学習することができる。ドミニカの子供達のため、この数学体験館を起点として、より普遍化させたパイロットプランを立て、あらゆる分析能力、想像力の源である数学教育の振興を提案したい」と展望を述べられました。

筆者は2017年及び2018年にドミニカ(共)を訪れ、教具の供与、生徒向け及び教職員向けの数々の講演を含む活動を行い、当国における数学教育の振興に務めました。新型コロナウイルス感染症の感染拡大等を受け、開館式への出席は叶いませんでしたが、筆者の拙いスペイン語でのお祝いのビデオメッセージが上映されました。

式典終了後、牧内大使、アビナデル大統領等によるテープカットが行われ、展示スペースの視察が行われました。



左から牧内大使、アビナデル大統領