



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。

その30

アルキメデスの思考天秤

多角形や円の面積、柱体や錐体などの体積を求めることは、それほど難しいことではありません。しかし曲線で囲まれた部分の面積や、曲面で囲まれた立体の体積を求めるのは一般に難しいです。では、それらの図形の面積や立体の場合にはどのように求めれば良いのでしょうか？ 今回はその求積方法のアイデアを紹介しましょう。



図1

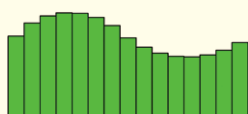


図2

ある図形(図1)の面積を求めるとき、計算しやすくするために、その図形を一定の幅の長方形の断片に分割し(図2)、各断片の面積を合計して面積を求める方法を**区分求積法**といいます。



図3

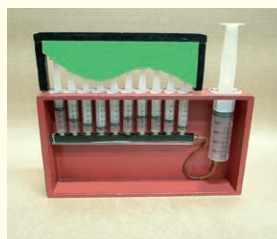


図4

この区分求積法のアイデアを、注射器を利用して紹介します。最初、図3のように、小注射器をすべて上まで持ち上げておき、緑の図形をその上から押し下げます。すると図4のように、それぞれ的小注射器が図形の対応する部分だけ下がります。これらの小注射器全部がチューブで大きな注射器につながっており、小さな注射器から送られてきた空気が大きな注射器を持ち上げます。よって、大きい注射器の目盛りを読み取れば図形全体の面積をおおよそ求めることができます。このような求積法が**定積分**の考え方を視覚化したものです。

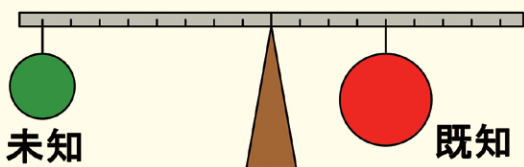


図5

定積分を用いた面積や体積の計算法の基礎を築いたのは、古代ギリシアのアルキメデスです。彼は、既知の図形(立体)と比較することによって、求めたい図形(立体)の面積(体積)を予想し、それを後から背理法によって証明しました。彼が面積(体積)を予想する際に、頭の中で天秤による力学的な釣り合いを思い浮かべたとされています。例えば、図5のように、既知と未知の2つの図形を天秤で釣り合わせて、それぞれの図形の支点からの距離で比を求め、面積(体積)を割り出しました。そのため、この方法は現在では**「アルキメデスの思考天秤」**と呼ばれています。



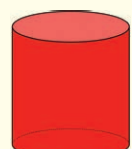
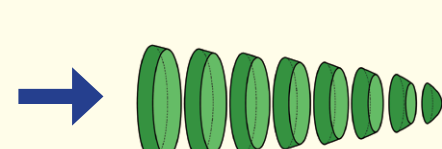
図6

アルキメデスが頭の中で思考するとき用いた天秤なので、実際にこの天秤が存在したわけではありませんが、彼のアイデアを解りやすくするために具現化したのが、この天秤です(図6)。

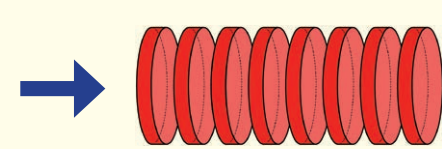
この天秤では、アルキメデスが実際に求積したとされる、回転放物面によって囲まれた立体(砲弾のような立体)の体積を、それと底面積と高さが等しい円柱と比較して求めることができます。



回転放物面の立体



円柱



回転放物面の立体と円柱の双方を薄い(等しい幅の)断片にスライスし、それぞれの断片を天秤の両側に吊るします。

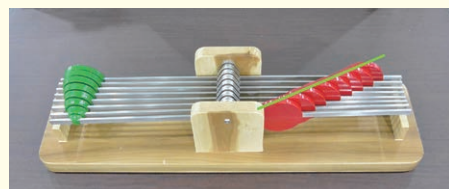


図7

体積が未知である回転放物面の断片を天秤の支点から一定の距離に吊るしたとき、体積が既知である円柱の断片をどの位置に吊るせば釣り合うかを確かめます。すると、図7のように、立体の底面をもつ断片どうしは、天秤の支点から等距離の位置で釣り合い、それ以外の円柱の断片は天秤の支点に向かって一直線上に並ぶように釣り合います。つまり、2つの立体の断片どうしは、それぞれの天秤で釣り合っていますが、これらをつなげて一つの大きな天秤と考えれば、回転放物面の立体の体積は、円柱の体積の1/2であることがわかります。

このように、アルキメデスは、2つの立体を比較する上で、立体を薄い断片にスライスし、一度、面積に次元を下げて比較することで、体積を求め易くしていたのです。これは現代では定積分の考え方です。

(文責:制作 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/>

理数教育フォーラム

Renovate Math & Science Education

第30号

2019.10

発行:理数教育研究センター

Contents

1 高校生のための
サイエンスプログラム
「医と食の発展を目指した
生物と化学の融合研究を
学ぶ!」実施報告

2 埼玉県「科学技術立県を
支える次世代人材育成
プロジェクト」の高校生
研修受け入れを実施

3 物理チャレンジ2019
開催報告

4 国際生物学オリンピック
(IBO) 支援報告

5 なるほど納得ゼミナール
アルキメデスの思考天秤

基礎工学部 生物工学科



教授 有村 源一郎



教授 西山 千春



教授 堀戸 重臣



准教授 宮川 信一

高校生のためのサイエンスプログラム 「医と食の発展を目指した生物と化学の 融合研究を学ぶ!」実施報告

生命科学や医薬に関心をもつ高校生を対象に、最新の生物と化学の融合研究について学習するアウトリーチ活動に講師として参加させていただきました。専門分野の異なる4名の教員によるオムニバス方式の講義を実施することで、高校生の幅広いサイエンスの知識の習得のみならず、好奇心を掻き立てることに微力ながら貢献できたかと思えます。以下、それぞれの講義における概要と各教員の感想を述べます。

植物の遺伝子組換え技術について学ぶ! (担当:有村源一郎)

現代では非常に身近になった遺伝子組換え植物についての座学ならびに、“光るタンパク質”であるGFPを植物細胞に発現させて蛍光顕微鏡を用いて観察する体験学習を実施しました。TAである修士学生とも打ち解け、楽しんで講義に参加していた印象です。参加した高校生は研究者志望の学生も多く、是非将来は、理科大に進学してノーベル賞を受賞するほどの研究者に育ってほしいものです!



基礎から最先端まで、免疫がスッキリ分かる1コマを体験しよう (担当:西山千春)

こちらの講義は、座学を中心に免疫の基礎を学び、実際の免疫細胞や動物、研究で使う装置を見学するコースです。まだ免疫を習っていない1年生、物理・化学受験選択中の2年生、生物選択中の2年生と、受講の目的はそれぞれでしたが、皆さん、大学レベルの授業をしっかりと理解して、医師国家試験の問題も難なく正解!免疫や研究に興味を持っていただけたら、教員・大学院生一同、嬉しい限りです。



香りの成分とアミノ酸を結合させたら何が起ころのか? (担当:堀戸重臣)

標題の化合物をエステル化により縮合する実験を体験していただきました。化合物を反応フラスコに入れる実体験のみで、反応のモニタリングから、単離精製、NMRによる構造確認は、結果を印刷物で与える体験でした。それでも指導する大学院生が刺激を受けたと言うほど参加者は新しい刺激を楽しんでいたようです。



動物の発生を観察しよう (担当:宮川信一)

私たちが研究対象としているマウスやカメが、どのように発生していくかを顕微鏡で観察しました。最終的な形は異なりますが、動物の発生のしかたは種を問わずとても似ていることに、実物を見て気付いていただけたと思います。みなさん好奇心が旺盛で、研究室にいるトカゲやミジンコにも話が及び、短い時間ではありましたが充実した内容となりました。



埼玉県「科学技術立県を支える次世代人材育成プロジェクト」の高校生研修受け入れを実施

教育支援機構理数教育研究センターでは、埼玉県教育委員会の委託事業として、7月29日(月)に本学神楽坂キャンパスにおいて埼玉県「科学技術立県を支える次世代人材育成プロジェクト」の高校生22名(男子16名、女子6名)に対して、化学、数学分野の研修を実施しました。

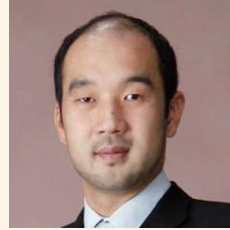
このプロジェクトは、埼玉県教育委員会が県立高校(SSH校を除く)の生徒を集めて実施しており、新しいイノベーションを創出できる科学技術人材育成のため、大学や研究機関等と連携し、高校生のうちから本格的に研究に打ち込む機会を通じてその能力・才能の伸長を促し、将来、科学技術を支え、世界で活躍できる埼玉県人の育成を図ることを目的としています。

昨年度も本学で研修を行っており、今回も化学、数学の教員が講義や実習を行い、数学体験館の見学を行いました。

実施内容、タイトル	担当
科学のチカラ ：定説を疑う心	科学教育研究科科学教育専攻 渡辺正嗣託教授
数学体験館 見学	数学体験館スタッフ(本学学生)
生態系の数理モデル	理学部第二部数学科 伊藤弘道准教授

受講者の感想には、「科学の世界において定説を覆すのがいかに難しいか、また素晴らしいことであるかが分かった。」、「『数学体験館』の見学、『生態系の数理モデル』の講義を通して、“数学を使って物を見る”という面白さがよく伝わってきたので、とても良かったです。進路の参考になりました。」、「これから自分が社会と関わっていく上での物の見方を少し変えられた所と、数学という1つの言葉だけで、想像以上に細かいことまで表せてしまうことに驚き、数学の有用性を再認識できた点が良かった。」とあり、有意義な研修を実施することができました。

真贋を見抜く目



理学部第二部
数学科 准教授

伊藤 弘道

昨年度に引き続き、この研修を喜んで担当させてもらいました。それは、高校生のあの「学びたい」という澄み切った眼差しに直面すると、教員・研究者としての原点を思い出させてくれるからです。今年もそんな貴重な体験ができたので、ここに埼玉県教育委員会はじめ関係者の方々に感謝申し上げます。

さて今回、生物の個体数変化を微分方程式で表し、それを解くことによって未来を予測するといった内容で講義を行いました。微分もまだ十分に習っていない高校1、2年生にとっては難しく、新鮮な内容だったと思います。しかし、あえてこのテーマを選んだ理由は2つあります。1つは高校までの数学は計算が中心なので、数学体験館で数学を体感した後に、実際に身の回りで起きている現象を解析するのに、数学がいかに重要かを伝えたいと思ったからです。事後の感想をみると、これまでに習ってきた数学とは全く違ったという反応があり、目的の1つは達成できたのではないかと安堵しています。もう1つの理由は、物事の本質を見抜く目を養って欲しいと思ったからです。これは奇しくも渡辺正先生の講義のテーマである「定説を疑う心」と共通しており、とても光栄に思います。講義では、様々な数理モデルを、パソコンを使って数値的に解くことをしてもらいましたが、同時に現実のデータとは異なることを確認しました。それは数理モデルには必ず前提条件があり、異なる条件下では結果も当然異なるからです。

昨今、膨大な様々な情報が容易に手に入るようになりました。しかし、入手した情報が本当に正しいのか否かはどうしたら見分けられるのでしょうか?いくらインターネットで検索を繰り返しても、最後に真偽を判断するのは自分自身です。ですので、この講義を通じて、真理を探究する姿勢や真贋を見抜く目が大切だと伝えなかったのです。それが学問と向き合い、教養を身に付ける意義なのではないかと思います。



講義「生態系の数理モデル」

物理チャレンジ2019開催報告



教育支援機構
教職教育センター 准教授

興治 文子

物理チャレンジは、国際物理オリンピック出場にもつながる中学生・高校生のための全国規模のコンテストです。毎年春に募集があり、実験課題レポート提出及び全国各地の会場で行われる理論試験の第1チャレンジと、合宿形式での第2チャレンジで構成されています。15年目の開催となった本年、第2チャレンジが8月17日(土)から20日(火)の日程で本学野田キャンパスにおいて行われました[1,2]。

第1チャレンジ参加申し込み者は1,388名で、第2チャレンジにはその中から優秀な100名が参加しました。

初日は5時間の実験試験が行われ、課題は大問2問、「デジタルマルチメータによる電気抵抗の測定」と、「コンデンサーに蓄えられた電荷と電気エネルギー」でした。

2日目は朝から5時間の理論試験が行われ、課題は大問3問、「テニス壁打ち」、「流体の流れと砂の流れ」、「電気回路」でした。合宿後半は、物理の魅力を伝える活動が主です。午後は、様々な研究紹介ブースの出展(金井要先生、岡崎竜二先生他)、光触媒国際研究センター

見学(鈴木孝宗先生案内)、なるほど科学体験館見学(体験館TA)が行われました。

3日目には生徒たちは東京大学柏キャンパス見学で様々な研究分野について知見を広げ、夕方からは問題解説会で試験の出題意図を学びました。先生方はこの間、採点作業をしています(田村雅史先生支援)。夕食は立食形式で、先生方やスタッフとして参加してくれた大学生たちも含めて交流を深めました。

最終日は表彰式。松本洋一郎学長もご臨席され、ご自身がまだ若手研究者であった頃の研究内容が、今回の試験の題材として用いられていることに触れ、生徒たちを鼓舞するような講話をいただきました。

なお、夏期休暇中の実施に際し、理事会、学長室、教職員等、沢山の皆様のご支援をいただきました。生徒向けの事後アンケート調査では、非常に満足度の高い大会となったようです。

[1] <http://www.jpoh.jp/index.html>

[2] 北原和夫,理数教育フォーラム第18号(2016).



国際生物学オリンピック(IBO)支援報告



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

松田 良一

生物の多様性と物質的基盤の理解を目指す生物学は、近年、新たな社会的使命を帯びています。それは地球人口の急激な増加に伴う環境汚染等、人類の存続を脅かす事態の改善に、生物学に関連した分野の専門家及び生物学的マインドを持った一般市民の果たす役割が大きいと考えられるからです。そのために、世界各国で生物学的啓蒙活動や生物学教育の活性化を盛んに進めています。

国際生物学オリンピック(以下、「IBO(International Biology Olympiad)」)は1990年に創設された事業で、世界中の中学生・高校生(20歳未満かつ大学入学前の生徒)において生物学分野に秀でた才能を発掘及び育成すること、将来の生物学者同士の国際的なネットワークを構築すること、より良い生物学教育を国際的に検討することを目的としています。加盟国・地域数は増加の一途をたどり、現在は75カ国を越えています。

IBO大会は年1回、8日間に亘って開催され、各国から選抜された4名の代表者(中学生・高校生)が出場します。また、出題された問題の検討と翻訳のため、数名の生物学教育研究者が参加します。日本は2004年からIBOに加盟し、2009年には筑波大学で第20回IBO大会を開催しました。今年の第30回大会はハンガリーのセグド市、来年の第31回大会は長崎県佐世保市で開催されます。その後もポルトガル(2021年)、アルメニア(2022年)、ロシア(2023年)での開催が予定されています。

東京理科大学では、毎年、日本における代表生徒を選抜するための国内予選の実施に協力し、試験会場を提供しています。さらに、来年の第31回IBO長崎大会の事務局スペースを提供しているほか、IBO全体の議長を2018年から筆者が勤めるなど、多くの面で日本と世界のIBO活動を支援しています。



出典:国際生物学オリンピック2019ホームページ <http://ibo2019.org/node/69>