



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。

一筆書き

18世紀の東プロシヤの都市ケーニヒスベルグ(現在のロシアのカリーニングラード)を流れる川には、図1のように7つの橋がかかっていました。街の人々は散歩をしながら、「どこかの地点を出発して、7つの橋を全て1度だけ通過して、出発地点に戻ることができるルート」を探しましたが、だれも見付けることができませんでした。さて、このようなルートは存在するのでしょうか？



図1

この問題は、1736年に数学者L.オイラーによって解決されました。この問題を解いたオイラーの手法が、現在の「グラフ理論」の起源といわれています。どのように解いたのか紹介しましょう。

図2のように、陸地A、B、C、Dを点に置き換え、橋でつながっている陸地どうしを辺で結びます。そして右端の図のように、点と辺だけの図が得られます。

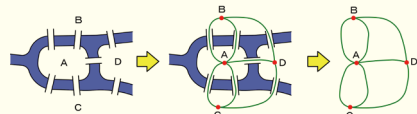


図2

このように、「点とそれらを結ぶ辺の集まり」を**グラフ**と呼びます。オイラーはこのグラフを使って、否定的に解決しました。

もしこのようなルートが存在するならば、7つの橋を全て1度だけ渡るので、そのルートはA、B、C、Dを使って8つの文字の系列(例えば、A→B→…→C→Aというような列)で表されることになります。連続する2つの文字は一つの橋を表わしています。

このグラフを見ると、AとB、AとCは、連続する2文字として2回現れて、AとD、CとD、DとBは、連続する2文字として1回しか現れません。

また、A地点において5つの橋が通っているので、2回はA地点に入って出て行き、残りの1回はA地点に入って終わるか、A地点から出るだけになります。そうだとすれば、B、C、Dはこの系列の中にそれぞれ2回現れなければなりません。そうすると、系列の中に9つの文字が現れることになり、矛盾します。

よって、ケーニヒスベルグの7つの橋を全て1度だけ通過して、出発地点に戻ることができるルートは存在しないことがわかります。

各点に接続する辺の個数をその点の**次数**といいます。一般に、「すべての辺をちょうど1回だけ通って元へ戻るルート」が存在するグラフGの各点の次数は偶数になっています。このようなグラフ、すなわち、一筆書きできるグラフを**オイラーグラフ**と呼びます。図3(a)(b)はいずれもオイラーグラフです。

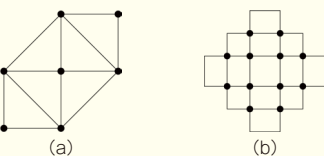


図3

一筆書きの応用のひとつとして、A/D変換器(アナログ/デジタル変換器)の設計があります。

回転ドラムがあって、その面が16等分の扇形に分けられています(図4(a))。回転したドラムがどの位置にあるのか(例えば、所定の位置から何度回転したのか)を特定することができる仕掛けを考えます。各扇形は図4(b)のように導体(オレンジ色の部)または絶縁体(白地の部)でできていて、連続する4つの扇形と同時に接触できるような端子a、b、c、d(ピンク色の部)を設置します。端子a、b、c、dは、それぞれ導体が絶縁体のいずれかに接触することによって、0、1の2元信号でその位置を知ることができます。回転ドラムの各扇形に、どのように導体と絶縁体を配置すれば、16個の異なる4ケタの数を検知できるでしょうか？

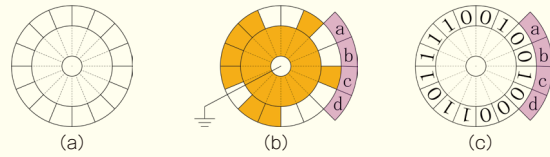


図4

まず、導体と絶縁体をそれぞれ数1、0で表せば、図4(b)は(c)になります。この図において4つの端子によって読み取った数は0010になります。ドラムが時計回りに1区分(1扇分)まわると読み取る数は1001となって1区分前と区別ができますが、ドラムがさらに2区分まわると読み取る数は0010となって最初のものと一致して区別ができなくなるので、この設計では具合が良くありません。

4つの端子で0か1を読み取るので、16個の数(4ケタの2進数)を表わすことは可能ですが、連続する4つの端子をドラムのどの位置に合わせてもそれぞれが異なる2進数として読み取ることができるのでしょうか？

点abcと点bc0を有向辺で結び、その辺にラベルabc0を付けます。また、点abcと点bc1を有向辺で結び、その辺にラベルabc1を付けます。このようにして得られた有向グラフ(図5)は一筆書き可能です。また、一筆書きしたとき通過する辺のラベルが、ドラムが回転したときに現れる4ケタの数になります。

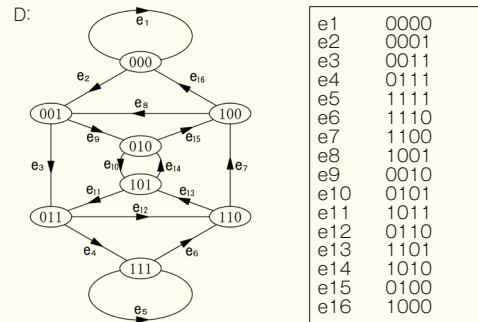


図5

このグラフDの各点の入次数、出次数はともに2なので、グラフDは有向オイラーグラフになっています。一筆書きで辺をたどりながら0か1の数の列が設計できるので(図6)。



図6

(文責・制作 科学啓発室(数学体験館) 山口康之)

理数教育フォーラム

Renovate Math & Science Education

第22号

2017.10

発行：理数教育研究センター

巡りゆく時の流れの理を見据えた教育を！

Contents

1 巡りゆく時の流れの理を見据えた教育を！

2 これからの生物教育における生物用語のあり方

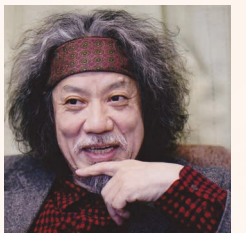
3 先生が教材作り：教員免許更新講習「数学リフレッシュ講座」のリニューアル

4 研究・教育活動紹介⑨

5 なるほど納得ゼミナール一筆書き

理数教育研究センター長

秋山 仁



今年の8月26日、27日の2日間、本学理数教育研究センター主催、文部科学省後援の下、T³ Japanの年会が理科大の神楽坂キャンパスで開催されました。T³はTeachers Teaching with Technologyの略です。T³の目的はグラフ電卓、データ収集器、パソコンソフトなどの最先端のIT機器を授業で駆使して、生徒や学生たちに時代の流れに叶った教育法やテーマを研究し、その成果や実践例を多くの教育関係者に知ってもらうことです。

今年は全国から百数十名の教員や研究者、院生などが参加し盛況でした(写真左下)。ワークショップの発表が全部で30セッション(1コマ1時間)開かれ、また、並行して関数で描かれた絵の展覧会「グラフアートカンファレンス」も開催され(写真右下)、多くの人々をご覧になり、制作した生徒や先生の説明に聴き入っていました。

今回、特に特徴的だったのは、現在文部科学省が推進しているIB校(国際バカロレアの認定校)やIBの導入を検討している学校の先生が多数参加されたことです。IBの試験ではグラフ電卓が必須で、その使い方に生徒が習熟していないと不利になりかねません。

日常生活の中で、私たちは電卓を使って、簿記や会計、在庫管理、種々の計測、データの整理などを円滑に行なっています。計算の仕組みや基礎を生徒たちにしっかり理解させた後、日常生活で直面する数理的な課題を電卓でこなす能力を身につけさせることはこれからの時代とても重要です。計算に手間暇かけないで済むので、自分の頭で考える時間が創出でき、その結果、深く粘り強くものごとを思考し、分析する能力を養うことが可能になると筆者は考えています。

来年も、今年と同様の時期に開催する予定ですので奮ってご参加ください。



全体会の様子



グラフアート作品「酉」

●お問合せ先

東京理科大学 理数教育研究センター(事務局：大学企画部 学事課理数教育推進室)

〒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://oae.tus.ac.jp/mse/>

数学体験館ホームページ <https://oae.tus.ac.jp/mse/taikenkan/>

これからの生物教育における生物用語のあり方



理学部第一部 教養学科 教授

武村 政春

生物用語は、過去様々な変遷を経て、その時代に明らかに
なった生物学的現象にマッチした形で成立してきたものですが、それでもなお、現在の生物用語には、実際の生物学的現象
にそぐわないものも散見されます。

私は現在、ある科研費の分担研究者として、教科書によって
異なる表記・説明がなされている生物用語をリストアップし、その全体像を把握して、後の改訂に役立てることを目的とした研究
に参画していますが、ほかにも生物系学会による生物用語の検討が行われています。

本年9月、日本遺伝学会が、発刊した遺伝学用語集において
いくつかの用語（訳語）の改訂を提案しました。表1に、改訂された主な用語の一覧を示しました。この中で最も有名な
“不適切”用語が、メンデルの遺伝の法則の一つを説明する、「dominant」と「recessive」に対する「優性」と「劣性」という用語でしたが、これが「顕性」と「潜性」という用語に改訂されました。「優性」と「劣性」は、それぞれ「優れている」「劣っている」と誤解される表現でしたから、この改訂は非常に価値あるものです。

また、「mutation」の対訳としてこれまで「突然変異」という用語が使われてきましたが、これもまた、「変異」という用語に改めることとなり(ただし、場合によっては「突然変異」を用いて

もよい)、さらにこれまで「variation」の対訳として使われてきた「変異」は「多様性」という用語に改められました。実際の現象に則した言い方に変更されたのと同時に、「突然変異」と「変異」というよく似た用語を用いることによる生徒側（時には教師側）の混乱が避けられるという意味でも、この改訂は歓迎すべきものだと思います。

こうした用語は、その時々に応じて改訂することが可能ですが、生物分野にはもう一つ、厄介な問題もあります。生物現象は非常に複雑であるため、物理や化学などと比べ、それを説明するための文章が一般的に長くなる傾向にあります。入試で、生物問題のボリュームが物理や化学の問題のボリュームよりも多くなる傾向にあるのは、そのためです。文章が長くなると、その構成や文脈上、それを書く人の個性がにじみ出やすくなりますから、教科書ともなれば、必然的に教科書ごとの表現の差異が目立ちやすくなります。

たとえば「遺伝情報」という用語がありますが、これをどのように説明しているかが、教科書によってバラバラであるという現状があります。ある教科書では「遺伝子部分の塩基配列」、「タンパク質合成における遺伝情報」という具合により詳細な説明がなされている一方、別の教科書では「遺伝するもの全体」という具合により広い概念として説明がなされています。このことは、学んでくる教科書によって、生徒の中で形成される生物学的知識・概念が違ってくる可能性を示唆しています。

いかにして用語の説明を統一し、教科書間の“ゆらぎ”をなくすか。もちろんそうした“ゆらぎ”、いわば多様性もまた、生物教育の一つの良さであるとも言えますが、現状のままでいいとは決して言えません。このことは、これからの生物教育を考えていく上で、非常に重要な問題になってくるでしょう。

表1 日本遺伝学会が改訂した生物用語（遺伝学用語）*

英語	旧・訳語	新・訳語
dominant	優性	顕性
recessive	劣性	潜性
haploid	半数体	単数体
allele	対立遺伝子	アレル（対立遺伝子）
mutation	突然変異	[突然]変異
variation	変異、彷徨変異	(1) 多様性 (2) 変動
diversity	多様性	(1) 多様性 (2) 分岐
color blindness	色覚異常、色盲	color vision variation、色覚多様性
centromere	動原体	セントロメア
kinetochore	キネトコア	動原体（キネトコア）

*日本遺伝学会ホームページ(<http://gsj3.jp/revisionterm.html>)より

先生が教材作り：教員免許更新講習「数学リフレッシュ講座」のリニューアル



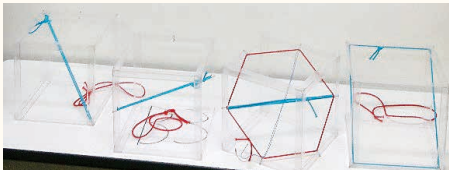
理学部第一部 数学科 教授

清水 克彦

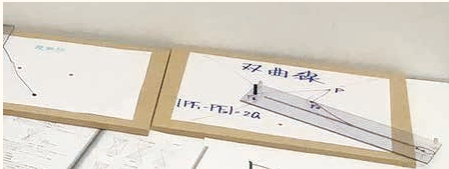
本学の数学の教員免許更新講習は、これまでは座学が中心の講習になっており、時代が求めるアクティブ・ラーニング的な要素が不足しているという問題点がありました。そこで、本年度から実際に教具を作成し、それを用いた授業作りを中核にした講習にリニューアルいたしました。幸い本学には数学体験館があり、数学科の体験的教具を作成する技術が蓄積されています。こちらで用意した教具は、中学高校それぞれ向けに立方体の切断をシミュレーションできるスケルトン立方体と、放物線、楕円、双曲線を描くことができる円錐曲線描画ボードでした。

最初に90分かけて、これら2つの教具キットから実際の教具へと、先生自身一人ひとりに作成してもらいました。先生方にとって教具の作成は意外に難しいようです。次に先生方がグループになって実際に作成した教具のどちらかを選んで、どのような授

業を展開するかを議論してもらいました。私も議論に参加しましたが、とても活発な議論が交わされていました。さらに、それらの内容を指導略案としてポスターを作成してもらいました。それをもとに、最終日には各グループがポスターを貼って、自分たちの案を説明したり、他のグループの略案に質問したりするポスターセッションを開催して、参加者の様々な略案を共有しました。事後評価では、この活動は非常に高評価で、それに加えて他の座学の講義の評価も今までより良い評価を得ました。講習の一部がアクティブな活動により主体的・対話的になったことで、講習全体を豊かなものにしたと思います。
 来年度からもさらに工夫を加えて行きたいと思います。



スケルトン立方体



円錐曲線描画ボード

研究・教育活動紹介⑨



理学部第二部 数学科 講師

伊藤 弘道

私の専門分野は解析学の偏微分方程式論で、破壊現象の数学解析を研究テーマにしております。未解決な問題がたくさん残っていますが、現象解明と地震への応用を夢見て研究しております。研究室には教員志望の学生が多く在籍するので、数学教育に関する、分野横断的な、または社会と結びつくような教材研究なども行っています。私の学生指導のモットーは、学生が興味あることを自由に研究し、それをサポートしてあげること、学生の自由な発想を潰さないよう教員側からは強制しないこと、と考えています。ところが、「どんな研究がしたいの?」、「どんなことに興味があるの?」と尋ねても返答がなく、困ってしまうことが少なからずあります。その原因を考えてみますと、日本の学生は海外の学生と比べても知識や能力に引けを取っているわけでは決していないと思うのですが、とてもおとなしく、ミスを執拗に恐

れ、いつも完璧な回答をしなくてはならないという観念に固執しているのではないかと感じます。

一方、数学教育は現在過渡期にあり、学生が主体的に学べるよう、指導法にICTを利用したり、アクティブ・ラーニングを積極的に取り入れたりと随分変わってきています。また、コンピュータが急速に進化し、多くの場面において短期間に目に見える成果が求められる時代になりつつあります。しかし、そんな時代だからこそ、学生にはスマホばかりでなく、身近で起きていることにもっと目を向けて欲しいのです。世の中、特に自然にはまだ解明されていない不思議な現象がたくさんありますので、色んなことに興味を持って、自由な発想でチャレンジしてもらいたいと思います。たくさん失敗できるのは学生の特権だと思いますし、指導する側はそれに寛容でありたいと肝に銘じています。



研究室の謝恩会にて。この年は金融工学に興味があるとの要望があり、専門外の確率微分方程式のゼミをしました。感謝してもらえると教員冥利に尽きます。