



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。

学者猿コンサル

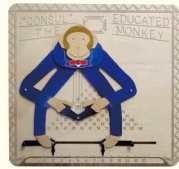


図1

図1は、1916年にオハイオ州ベルモントのウィリアム・ロバートソンが特許を取得した「学者猿コンサル」というおもちゃを再現した作品です。

まず、この猿の名前が「コンサル」になった由来について紹介しましょう。1909年にチャールズ・アーバンという映画プロデューサーが「コンサル、大西洋を横断する」という映画をつくり、人々の話題となったそうです。その映画に登場したのが「コンサル」という名前の猿だったからです。当時、ヨーロッパでは、コンサルは演技ができる猿として有名で、この映画の撮影時に、アメリカを初めて訪れたそうです。

この猿は、足元を特定の位置に合わせると、足元の二つの数字を掛け合わせた数を指でさして教えてくれます。(たとえば、足元を5と9の位置に合わせたとき、コンサルは45を指さします) また、同じ数同士の掛け算は、足元を計算したい数と正方形の位置に合わせることで計算してくれます。つまり、コンサルは1～12の数を用いた掛け算の答えがわかる賢いサルなのです。

それでは、このおもちゃはどのような仕掛けになっているのでしょうか？

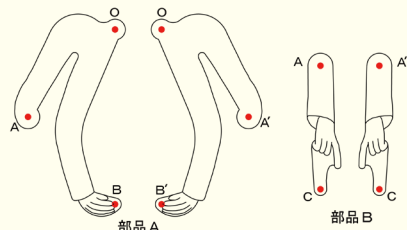


図2

まずは、コンサルの部品を見てみましょう。主に5つの部品で構成されています。可動する部品は、図2のように、脚と上腕部が一体化になった部品Aと、腕のヒジから指先までの部品Bと、それぞれ左右対称になるような部品がもう一つずつあります。赤い点のところには穴が開けてあり、各部品どうしが回転できるようにハトメで留められるようになっています。いま、それぞれの点をO、A、B、A'、B'、C としましょう。これらの点をハトメで留め、組み立てると図3のようになります。

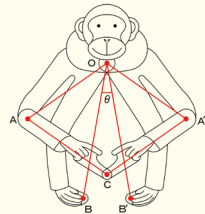


図3

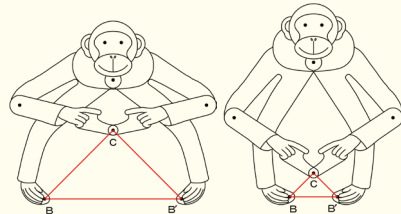


図4

図4のように左右の足の間隔BB'を広くしたり、狭くしたりすることができます。そのとき指がさす位置Cも変化しますが、BB'がどのような長さになっても、 $\angle BCB' = 90^\circ$ になり、 $\triangle CBB'$ は常に直角二等辺三角形になります。

次に、板に書かれた数字の並び方について見てみましょう(図5)。

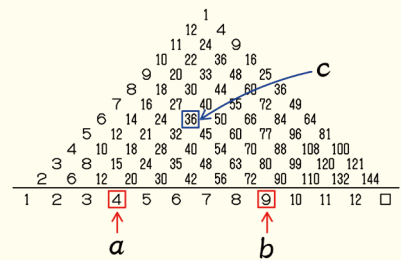


図5

コンサルの左右の足を動かして、足元にある任意の2つの数字(または正方形) a と b に合わせます。すると、ab が底辺で、 $\angle acb$ が 90° になるような直角二等辺三角形 acb となるような頂点 c の位置をコンサルは指差します。そして足元の2つの数字(または正方形) a と b は、どこに合わせても同じように頂点 c の位置が決まるので、c の位置には a と b の掛け算の答が書かれているのです。

板に描かれた数字は、これらの直角二等辺三角形の位置に合うようになっています。そしてコンサルの脚と腕を動かして、1～12の任意の2つの数の掛け算を計算することができるのです。

詳細

部品Aのハトメの穴O、A、B、A'、B'の位置は、 $\angle OAB = \angle OA'B' = 90^\circ$ で、三角形OABとOA'B'は直角二等辺三角形になっています。

部品Bのハトメの穴A、A'、Cの位置は、 $AC = A'C = OA = OA' = AB = A'B'$ になっています。(図2、図3)

$\angle BOB'$ を θ とします。四角形OACA'は菱形なので、 $\angle AOA' + \angle CAO = 180^\circ$ になります。よって
 $\angle BAO = 90^\circ$ 、 $\angle AOB = \angle A'OB' = 45^\circ$ なので、
 $\angle BAC = \angle BAO - \angle CAO = 90^\circ - (180^\circ - OA')$
 $= 90^\circ - (180^\circ - (45^\circ + \theta + 45^\circ)) = \theta$ 。

同様に、 $\angle B'A'C = \theta$ になります。三角形ABC(およびA'B'C)は三角形OB B' と相似で、相似比は $1:\sqrt{2}$ です。したがって、 $BB':BC$ (およびB'C) $= \sqrt{2}:1$ になります。つまり、三角形CBB'は、 $\angle BCB' = 90^\circ$ の直角二等辺三角形になります。

(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21号

2017.6

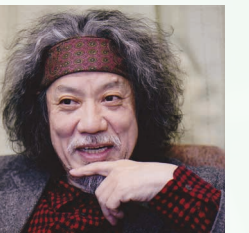
発行：理数教育研究センター

Contents

- 1 数学体験館 —近況報告—
- 2 理科用語にみる 高大断絶
- 3 研究・教育活動紹介⑦
- 4 研究・教育活動紹介⑧
- 5 なるほど納得ゼミナール 学者猿コンサル

数学体験館 —近況報告—

理数教育研究センター長
秋山 仁



■ A. オッペンハイマー氏が来館

中南米他スペイン語圏で情報発信力の最も高いジャーナリストの一人、A. オッペンハイマー・マイアミ Herald 紙論説委員が夫人同伴で4月3日来館されました。彼は1987年にピューリッツァー賞を受賞後、数多くの賞を受賞している人物です。

オッペンハイマー氏が数学体験館を訪ねた目的は、日本のロボット政策、ロボットが社会や雇用や経済に与える影響について視察することでした。また、「日本でロボットが社会に受け入れ易い理由」についても調査し、数学・科学技術教育とICT社会の関連についても強い関心を持たれていました。

日本の科学・技術の水準の高さが数学力や教育力に大きく依存していることを説明しました。と同時に、いくらICT教育機器が発達しても、生徒・学生の心に好奇心の火を点し、やる気を起こさせるのは先生の仕事であることは将来も変わらないのではないかと筆者の考えを伝えました。



オッペンハイマー夫妻

■ 来館者数5万人達成

3年半前に数学体験館がオープンしましたが、5月6日来館者数が5万人に達しました。この日は丁度、ゴールデン・ウィークの谷間の土曜日で体験館は朝から賑わっていました。5万人目は小金井の女子高生でお母様と一緒に数学を体験しに来られ、インストラクターの理大生の説明を熱心に聴き入っていました。5万人目の認定書の授与が行なわれた後、数学的英智を振り絞って制作された正十二面体くす玉を割ってお祝いました。



小田花音さん
(東京都立多摩科学技術高等学校)

■ ドミニカ共和国への数学教育支援

この春に、ドミニカ共和国のH.ドミンゲス大使や駐ドミニカ共和国の牧内博幸大使が何度も数学体験館に足を運ばれました。カリブの国々は、OECDなどの国際学力比較による数学リテラシーや理科リテラシーに関する調査結果が良くないそうです。そこで、まず、子どもたちに算数、数学に関心をもたせることから始めるため、数学体験館を視察に来られたのです。



ドミンゲス大使(後列左から3番目)

●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/>

理科用語にみる高大断絶

理数教育研究センター
理科部門長

渡辺 正

中高校の理科教科書は、「固体→気体」の変化(ドライアイスが好例)を「昇華」と書きながら、逆向きの呼び名をあいまいにしてきました(逆向きも「昇華」とした1990年代以降、「名無し」にして現在に至る)。けれど逆の現象を同じ名で呼ぶのも、名無しにするのも理科(自然科学)の姿勢とは思えません。

2012年ごろ某社が教科書に使った「凝結」に誰かが異議を唱え、それを契機に日本化学会は2014年2月、化学用語検討小委員会を立ち上げます(小職が委員長。理科教育研究部門の理学部第一部化学科・井上正之教授も委員)。この際というわけで小委員会は中高校の教科書を調べ上げ、下記3点に合わない用語(約30個)の代案をつくりました。

- ①意味がすんなり伝わるか?
- ②大学の教育・研究と整合するか?
- ③国際慣行に合うか?

代案は化学会のHPに載せて会員から意見を求め、集約後に理事会の承認、文科省の了解を経たのち最終案を化学会の機関誌に公表しました(改訂中の高校『化学基礎』と『化学』に合わせ、2015年4月と2016年3月)。同じころ教科書会社5社の編集者に参集いただき、説明会を開いています。

本稿では、検討した約30語の一部を適当に分類して紹介しましょう。どれも会員から賛同をいただいた代案です。

なお発端だった「昇華の逆」には、中国語圏で使用中の「凝華」を提案した結果、ほとんどの教科書会社が採用してくれました(まだ脚注レベルですが)。

■「高大断絶」の用語

大学に入ると使わない化学用語には、次のようなものがあります。

イオン式(Ca^{2+} などの呼称)

イオンを特別視する必要はないため、**化学式**でよい(教科書会社は抵抗中だが、次期の高校指導要領で正常化の気配あり)。

価標($\text{H}-\text{Cl}$ などの「-」)

名前をつける必要なし(教科書会社は抵抗中)。

融解塩電解

大学と産業界が100年近く前から使っている**溶融塩電解**に戻すのがよい(教科書会社も採用)。

電子式(「 $\text{H} \cdot$ 」のような表記)

正式名は**ルイスの記号**だが、名前をつける必要なし(教科書会社は抵抗中)。

希ガス(rare gas)

発見当時(19世紀末)の「見つけにくさ」を表す歴史的用語。欧米が以前から使っている**貴ガス**(noble gas)に直すべき(教科書会社もほぼ同意)。

化合

高校以上で使わないため(「中高断絶」の語)、**反応**でよい(なお次期の中学校指導要領は、小委員会提案を採用したのか、**化合**を使わないこととした)。

■誤誤と思える用語

質量作用の法則(law of mass action)

massの第一義は「(粒子などの)集団」で、一定体積なら「濃度」だから、意識でも**化学平衡の法則**とするのがよい(教科書会社はおおむね採用)。

気体反応の法則(law of combining volumes)

反応体積比の法則などが適切。

定比例の法則(law of constant proportion)

組成一定の法則などが適切。

倍数比例の法則(law of multiple proportion)

倍数組成の法則などが適切。

ちなみに後半の2語は、形容詞proportional(比例する)に引きずられた誤訳だと思えます(ご承知のとおり「定比例」「倍数比例」という数学用語はありません)。

■あやしい『学術用語集』

初中等の教科書検定で、文科省は用語を『学術用語集』に従わせます。けれど計32分野の『用語集』は全部が事実上の絶版で、「化学編」だと1986年の版から30年以上も改訂されていません。もはや時代遅れの文書なのです。

それはともかく本稿にからむ話でいうと、中高校教科書に太字で印刷される**イオン式**や**電子式**は『用語集』にありません。また、併記された英語のうち**化合**のcombinationも**価標**のbondも、英語圏ではまず通用しないでしょう。

中～高～大に見えるこうした用語の断絶は気になります(介入すべき旧文部省の中核に、理系人材がほぼゼロという現実のなせるわざ?)。3月に日本地球惑星科学連合が企画した「理科用語の問題点」シンポで上記のことを披露した際、生物や地学の分野も同様な悩みを抱えているとわかりました。私のような老人ではなく若い方々がそれを認識し、改善への一歩を踏み出していただけるよう期待中。



断絶の多い教育用図書たち

研究・教育活動紹介⑦



理学部第二部 数学科 准教授

佐藤 隆夫

皆さんこんにちは。理学部第二部数学科の佐藤と申します。私の専門は代数的位相幾何学です。特に、曲面上の自己微分同相写像たちのなす群の構造を代数的に研究しています。前理数教育研究センター長の新妻弘先生から数学教育研究部門の併任教員を依頼され、早くも4年が経ちました。卒業研究ゼミについて少しお話しさせていただきたいと思います。

6年前に京都大学より着任して一番驚かされたのは、理学部第二部の学生の学修意欲と習熟度の高さでした。通常、偏差値が与えられれば、学生分布はその値を中心とした正規分布になりますが、社会人やシニアの学生など様々な境遇の学生が在籍している理二ではそれが当てはまらないのです。山がいくつもある感じです。そうなると、教育も一筋縄ではいきません。4年生のゼミでは、成績や進路などを勘案してテキストを決め、輪読を行っ

ています。

大学院進学希望の学生には入試の面接に耐えられるよう厳しい質問を、教員志望の学生には学問の背景が分かるコメントを、学力が不十分な学生には達成感を持てるような基本的な質問をするように工夫しています。多様な学生を指導することは教員にとっても平易なことではありません。

時には、「こんなことも分らないのか」とため息をつきたくなることもあります。一生懸命に学問に取り組む社会人学生を見ると、とてもそのようなことは言えません。東京大学の大学院生だった当時、研究者を目指す私は大変厳しく指導されました。そのおかげで研究者として独立できたことにはとても感謝していますが、それと同じ感覚で指導されたらたまらないでしょう。教育的配慮とは何か。私自身考えさせられる日々が続いてもう7年目になります。

これまで6回ほど、学生を社会に送り出しました。老若男女の学生に慕われ囲まれるということは通常の大学では絶対に経験できないことで、私の掛け替えのない財産です。



平成27年3月、佐藤研究室謝恩会にて

研究・教育活動紹介⑧



理工学部 数学科 講師

馬場 蔵人

馬場研究室では、微分幾何学とよばれる、曲線や曲面などの図形に微積分を応用して性質を調べる分野について研究を行っています。この分野はC.L.ガウスによって基礎理論が確立され、その発展の過程で多様体とよばれる抽象的な図形概念がG.リーマンによって提起されました。多様体は現在もお活発に研究されている図形概念であり、数学に限らず自然科学や工学と様々な関わりを持っています。例えば、理科大のロゴマーク(右図)は太陽の重力によって光の軌道が曲げられる様相を表していますが、その物理理論である一般相対性理論もこの分野の数学が応用されています。こうした現実の世界が厳密な論理を積み上げた数学によって把握されていく過程は大変不思議であり、数学の持つ魅力に惹きつけられます。

私は、多様体の中でも対称空間とよばれるクラスについて研

究をしています。対称空間は微積分だけでなくそれ自身が持つ対称性に着目することで幾何学的な性質や定理を詳しく調べることができます。数学に限る話ではありませんが、研究をしていると2つの異なった理論に類似性や関連性を発見することがあります。近年、井川治氏(京都工芸繊維大学)、笹木集夢氏(東海大学)との共同研究で対称空間を拡張した異なるクラス間に双対性とよばれる関連性があることを発見しました。この発見は、従来の対称空間の理論で知られていた双対性を一般化したものとなっており、微分幾何学だけでなく数学の様々な分野で重要な役割を果たすことができると期待されます。また、この研究で得られた知見をもとに無限次元の対称性を持つ多様体の研究にも貢献したいと考えています。



$$\text{Ric} - \frac{1}{2}Sg = T$$

図：理科大のロゴ(左)とEinstein方程式(右)