



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24

石鹸膜が答を知っている！ 最短ネットワーク問題を解く

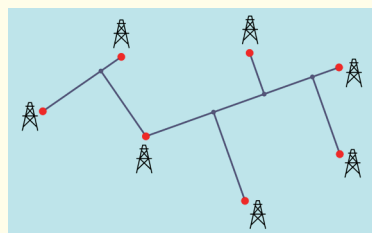


図1

図1のように、海底の7ヶ所にある油田を石油パイプラインで連結する計画があるとして、パイプラインを海底に設置する工事は、わずかな距離でもたくさんの労力と多額の費用がかかるので、パイプラインの総延長(全ての長さの合計)をなるべく短くなるように設計したいとします。そのためには油田をどのように連結すればよいのでしょうか？ ただし、油田のある地点以外でも中継点を設けてパイプラインを分岐させても良いことにします。例えば、図1の設計の場合は、パイプラインの総延長は最短でしょうか？

ところで、 n 個の地点を通信ケーブルで接続する際、どのようなネットワークにすれば、通信ケーブルの総延長が最短となるかを決定する問題があります。この問題を研究したスイスの数学者J.シュタイナー(1796~1863)に因んで「シュタイナー問題」として知られています。しかしこのような任意の n 個の地点を結ぶ最短のネットワークを探す問題は難しく、 n が大きくなるとスーパーコンピュータをつかってもそう簡単には解くことができません。

そこで、この問題を解く重要なヒントを与えてくれる、石けん液の表面張力を応用した実験を紹介しましょう。

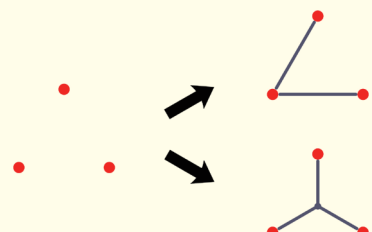


図2

図2左のように、単位正三角形の頂点の位置にある3カ所の油田を連結する場合を考えてみましょう。正三角形の2辺を結ぶ方法が最短であると考えがちですが、実際は正三角形の中心から3点のそれぞれを結ぶ方法が最短です。それぞれ総延長は $2\sqrt{3}$ (1.732)になります。このことが以下のような実験で予測することができます。

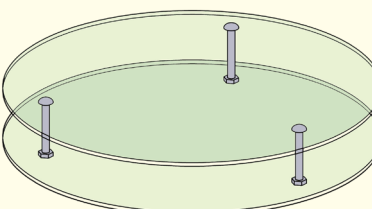


図3

透明なアクリルの円盤2枚を3本のネジを用いて、2枚の円盤の間隔が1cmぐらいになるよう、3頂点の位置で留めます(図3)。

これを石鹸水の中につけて静かに引き上げると、正三角形の中心から、石鹸水の膜が互いに 120° の角度をなすように張られます(図4)。石鹸水の膜が分岐する点のことを**シュタイナー点**と呼びます。

石鹸水の膜は、空気に触れる面積が最小となるように張る性質(表面張力)があるので、この結び方が最短になると考えて差し支えありません。

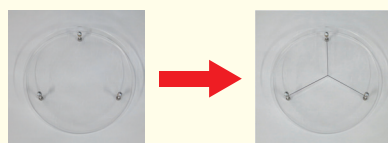
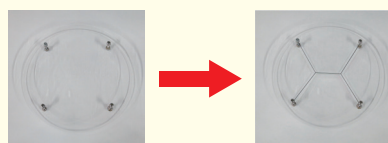
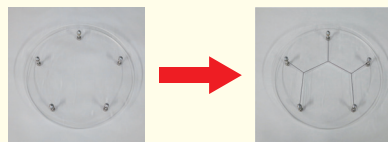


図4

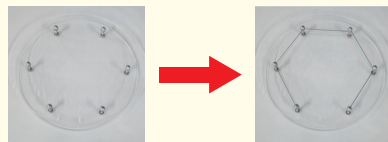
同様に、正方形、正五角形、正六角形の頂点の位置に点がある場合は、以下ようになります。



正方形の頂点の位置に油田があるとき



正五角形の頂点の位置に油田があるとき



正六角形の頂点の位置に油田があるとき

ここで分かることは、正三角形の頂点の位置に油田があるときはシュタイナー点は1点、正方形の頂点の位置のときはシュタイナー点は2点、正五角形の頂点の位置のときはシュタイナー点が3点できます。いずれのシュタイナー点でも石鹸水の膜は 120° の角度をなすように張られます。ところが正六角形の頂点の位置のときはシュタイナー点はできず、正六角形の5辺を結ぶ(1辺は結ばれない)ように張ります。

それでは、冒頭の7つの油田を石油パイプラインで連結させる問題を、実際に確かめてみましょう。図1と同じ位置になるようにアクリル板に穴を開け、実験を行います。すると、石鹸水の膜は図5のように張りました。

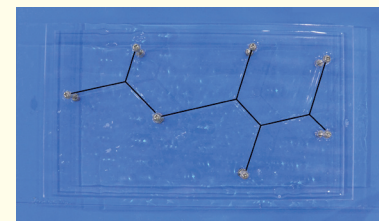


図1

数学的に解こうとすると難しい問題ですが、石鹸水の膜が正解のヒントを教えてくれるのです。

(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：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://oea.tus.ac.jp/mse/>

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

理数教育フォーラム

Renovate Math & Science Education

第24号

2018.3

発行：理数教育研究センター

Contents

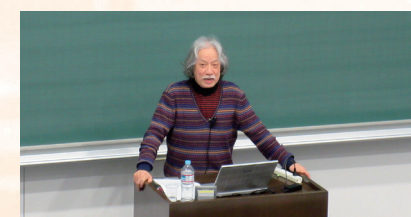
1 研究会「生まれ変わる高校理科とセンター入試」開催報告

2 「第10回 算数／数学・授業の達人大賞」開催報告

3 ドミニカ共和国見聞録

4 「教員の資質向上のための研修プログラム」報告

5 なるほど納得ゼミナール 石鹸膜が答を知っている！



写真①



写真②



写真③



写真④

研究会 「生まれ変わる高校理科とセンター入試」 開催報告

理数教育研究センター 理科教育研究部門長

渡辺 正



従来のセンター試験は2020年度から「大学入学共通テスト」に変わり、2022年度実施の高校次期学習指導要領に合わせて2024年度から「学力評価テスト」も再び改まります。さらには、高校生の学力をみる「高等学校基礎学力テスト(仮称)」が2019年度に試行され、2023年度から本格実施となる予定です。

そこで、高校理科とセンター試験の行く末にからむ研究会を2017年12月3日(日)の午後、神楽坂キャンパス2号館212教室で開催しました。翌日の夕刻に高校次期学習指導要領案が公表予定のことをもって広く関心を呼び、参加者は中高校教員51名(高知、福岡、大阪、広島など遠方からも多数)、本学教員7名、他大学教員11名、本学学生15名、他大学学生3名、科学技術振興機構1名、本学関係者3名、企業等職員18名、その他13名の計122名を数えています。

まずは、前日の夜にドミニカ共和国から帰国した直後の秋山理数教育研究センター長(写真①)が基調講演「理想の理数教員像」で、「やる気にさせる」教育の大切さを訴えました。そののち、東洋大学の後藤 顕一 教授(2017年3月まで国立教育政策研究所。化学。写真②)より、「これから求められる資質・能力と理科教育の在り方」と題する講演で、国際動向も見すえた教育改革の必要性和課題、理念、次期学習指導要領の骨格などを紹介いただきました。続いて、大学入試センターの伊藤 圭 准教授(物理。写真③)より、「新テスト『大学入学共通テスト』導入の背景と実施に向けた取組について」と題し、記述問題の追加を含めた新テスト導入の背景と異議、大学入試改革の全体像、今後のスケジュール、試行調査(プレテスト)のあらましなどを紹介いただいています。

講演3件のあと、後藤・伊藤講師に本学の伊藤 稔教授(科学教育研究科長。数学)と川村康文教授(物理)も交えたパネルディスカッション(写真④)を行い、新テストの点数配分、生徒の「やる気」を引き出して表現力や「失敗を恐れない気持ち」をつけさせる方策、高校の授業スタイル変化、教員の意識変革などに関する意見交換が進みました。昨年と同じ「録音なし」の方針が、議論の盛り上がりにより寄与したようです。

参加者からは、「さまざまな動きの最新情報を当事者から伺えてよく理解できた」「新入教員として秋山先生のお話が心に落ちた」「新テストの内容と具体的なサンプルを見て、今後の目標がはつきりした」など多くの感想が寄せられたため、まずまず有意義な会だったと思えます。

「第10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

算数／数学・授業の達人大賞は、第9回まではホームカミングデーのイベントの一つとして行われていましたが、今回から独立して、理数教育研究センター・数学教育研究部門が主催／企画し、東京理科大学数学教育研究会が共催し、第10回を迎えました。授賞式・模擬授業は、2017年12月10日(日)に神楽坂キャンパス2号館2階221教室で開催されました。これは小・中・高等学校において、意欲的な研究や、創造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3名の先生方です。

■最優秀賞

東京大学教育学部附属中等教育学校 小張 朝子 先生

●授業タイトル「**美術館で数学を体験する**」

奥州市立江刺南中学校 小山 淳 先生

●授業タイトル「**グラフからお湯の増え方を説明しよう**」

■優秀賞

西東京市立谷戸小学校 工藤 尋大 先生

●授業タイトル「**図形に対する見方を引き出す「円の面積」の導入**」

田園調布学園中等部・高等部 細野 智之 先生

●授業タイトル「**色々な関数**」

■優良賞

秋田県立秋田高等学校 岩見 進 先生

●授業タイトル「**ST-F授業への取り組み**」

金光学園中学・高等学校 田中 誠 先生

●授業タイトル「**留学生とおいしいブドウにありつく方法を知ろう!**」

栃木県立高根沢高等学校 薄井 裕樹 先生

●授業タイトル「**原因の確率**」

授賞式は、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、その後、秋山仁理数教育研究センター長から受賞者への賞状、記念品等の授与、続いて同センター長から講評がありました。それぞれの授業の概要については以下のURLをご覧ください。

<http://www.rs.tus.ac.jp/rime/>

その後、最優秀賞受賞者2名による模擬授業が行われました。お二人とも実際の生徒さんを相手にするように模擬授業を展開され、その後閉会となりました。



受賞者と審査委員の先生方

「教員の資質向上のための研修プログラム」報告

理学部第一部 数学科 教授
清水 克彦

今年度、独立行政法人教職員支援機構の「平成29年度教員資質向上のための研修プログラム開発支援事業」のなかの次世代型研修プログラム開発事業に採択され、次世代型の学習を実現するための教材ならびに研修プログラムの開発を1年間かけて行いました。このプログラムは本学と川口市教育委員会が連携して、川口市立の高校・中学の教員を研修対象とするものでした。研修のテーマは「ICTを活用したRLA(Researcher Like Activity:研究者の活動を模した活動)導入研修プログラム(数学教育を事例として)」で、研究者が行う問題の設定・理解・解決、論文の作成(生徒はポスターの作成)、発表(生徒はポスターセッション)を生徒が模して行うことで、主体的・対話的で深い学びを実現しようとするものでした。

また、「RLAを取り入れたアクティブラーニングを実現する次世代教材」を川口市教育委員会と協働で開発し、そのような授業を川口市の中等教育教員が行えるような研修プログラムも同時に開発しました。ICTとしては、タブロイドコンピュータ、数学ソフトウェアGeogebra, Venier Quest(データロッガー)、電子黒板、デジタル教科書などを活用し、数学をビジュアルに提示することができるよう工夫し、生徒が数学を主体的・対話的に観察・実験できるような工夫を行いました。

実際に開発された教材は、「フィボナッチ数の整除性に見られる性質の探究」、「三角関数とノイズキャンセリングイヤフォンの結びつき」、「絶対値をもちいて様々なグラフをかくことの探究」、「歩き方とそのグラフ・身の回りの現象のグラフ」の4つでした。それぞれに生徒が使用するアクティビティシート、アクティブラーニングにそった指導案、教材の解説、ICTの使用法マニュアルを作成し、先生方がすぐに授業に取り組めるようにしました。また、そのほかに次世代型の学習像とRLAについての解説書、電子黒板の使用法についての分かりやすい説明書、デジタル教科書の主な機能の説明書も作成して、先生方が次世代型学習についての理解を深めることができるようにしました。

このような準備のもと、2017年10月19日、11月14日に約20名の川口市の中等教育教員の方々に本学のアクティブラーニング教室にお越しいただき、研修を行いました。研修プログラムの開発も一つの目的になっていましたので、事前に、研修プランシートを作成しました。1回目は約3時間の研修の中で、次世代型学習のねらい、RLAのプロセスがどのような意味でアクティブラーニングの実現に貢献するのか理解を促し、電子黒板などICTの使用法の研修も行いました。この研修では、先生方のグ



11月14日(東京理科大学)開催の研修

ループごとのディスカッションやアイデアをKJ法で整理するなど、研修自体も主体的・対話的に進められるように工夫しました。2回目は、1日の研修で午前と午後で開発した教材を用いてICTを用いたRLAによるアクティブラーニングを生徒の立場に立って、経験していただきました。その後、経験してみた感想や川口市の学校に取り入れるときにはどのような効果が期待でき、どのような問題点が予想されるかをディスカッションしました。

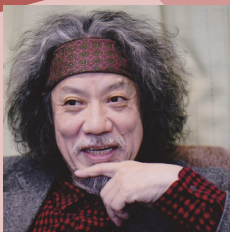
このような研修を経て、2018年1月12日に川口市立川口高等学校で本教材を用いた研究授業を実施しました。研究授業は同学校の2年生1クラス生徒34名を対象に実施され、同高校の教員、川口市教育委員会の学校教育部長、市内の高校・中学の教員ら約40名が参加しました。生徒たちは4-5名で1グループとなり「フィボナッチ数の整除性に見られる性質の探究」についてGeogebraを用いて見出したり、予想したりしたことを議論し、ポスターセッション形式で説明や質問をし、発見したことを共有したり、学びを深めることができていました。

その後の研究協議の場では、活発な議論が交わされ、生徒にとって今回が初めての体験であったにも係わらず、主体的・対話的で深い学びできる可能性が見出せたことが、確認されました。この研修プログラムの開発のために、本学と川口市において協議会を設置し、合計10回の協議会が開催され、8ヶ月にわたり多くの時間を割いて、検討を進めておりました。授業後の生徒の感想を見ると、非常に好意的・肯定的なものが多く、この1年、川口市の先生方と協働して進めてきたことの成果が感じられたことは、筆者にとっても喜びでありました。



1月12日(川口市立川口高等学校)開催の研修

ドミニカ共和国見聞録

理数教育研究センター長
秋山 仁

コロンブスが1492年に発見し、こよなく愛した国、ドミニカ共和国は、キューバの隣のカリブ海の小さな島にある。サミー・ソーサーをはじめ、素晴らしいベースボールプレイヤーが輩出した野球強国であり、今年の元旦の朝日新聞で、15歳の幸福度が世界で一番高い国として紹介されていたことでご記憶の方もいるだろう。これは2015年度の学習到達度調査(PISA)の一環として調べた結果で、生活に満足している割合が47カ国・地域で一番高かったという。記事は「経済成長率は6.6%で3年連続、中南米カリブ地域のトップだが、経済的に苦しい人が少なくない。2017年の世論調査で国民の42%が「3年以内に国を出たい」と答えた。教育政策も十分行き届いているとは言えない。PISAでは、数学と科学部門で72カ国・地域で最下位だった」とも紹介した。

■数と質、間違ってもアツケラカン

講演会場となっていた各大学へ、何台かの車に数学デモンストレーション用の機材を詰め込み、連日出掛けて、数学ショーを行った。どこの会場にも大使館のスタッフやJICAのスタッフが駆けつけて手伝ってくれた。

オープニングは、毎回覚え込んでいたスペイン語のスピーチで始めた。私の頭の中で、昔大相撲の表彰式の名物になったパンナム航空のジョーンズさんをイメージした。上手にやろうと無理はせず、聴衆の顔を見て下手でも一生懸

命気持ちを伝えようと心掛けてやった。集まった皆さんは私のカタコトのスペイン語を歓迎してくれて、一気に雰囲気はアミーゴになった。

小・中学生をバス十数台に分乗させて大学に集めて何回か講演する機会があった。子どもたちは、さすが幸福感世界一なことだけはあった。明る

い、明るい。ポツンとしている子はいない。みんなニコニコしてスッキリした顔をしている。全体的に意地悪やズルイところやブリッコなところが全然無く、各自の心が充足していることを感じた。講演中の彼らの反応はすごく良好で、何か質問すると殆ど全員が挙手する。ところが、答えを聞いてみると、大抵正しくない。だけど、答えた人も聞いていた人も、全然そんなことはヘツチャラでアツケラカンとしている。普段の授業もきっとこんな感じで先生や大人たちは、子供たちが伸び伸びと授業に参加するように温かく包み込んでいるのだろう。

■多くのものを与えてもらった

今回の活動で何にも増して改めて大切な事だと感じたのは、幸福感についてだ。玩具やお菓子、洋服や御馳走は、有るに越したことはないが、それらは



メビウスの輪で遊ぶ子どもたち



ベドロ・エンリケ・ウレーニャ大学(UNPHU)にて講演

二の次の問題で、『どんなときでも自分の存在を認め、温かく無償の愛で包み込んでくれる大人がいることこそ子供にとって幸せなのだ。』ということをドミニカの大人たちに接して感じた。