



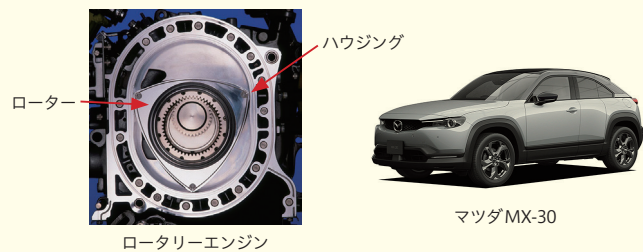
## なるほど納得ゼミナール

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。

### ロータリーエンジン

今回はロータリーエンジンについてお話しします。

マツダは、2023年にロータリーエンジンを搭載した乗用車(MX-30 Rotary-EV)を発表し、販売することになりました。ロータリーエンジンを搭載した市販車は、11年ぶりの復活となります。ただし、この乗用車は、ロータリーエンジンを動力用としてではなく発電用として搭載し、モーターを駆動して走ります。



ロータリーエンジンを発電用に使うメリットは、軽量コンパクト、音が静かで振動も少ないためにモーター走行と相性が良いことなどが挙げられます。また、デメリットとして、燃費が良くないことや、信頼性に欠けることなどが挙げられますが、発電用として使用することで、効率の良い回転域を中心に使えるため、デメリットを大きく改善することができました。

ロータリーエンジンは、マツダを象徴する技術なので、搭載する車が生産されていない時期でも、あきらめずに開発が進められ、ついに花開くことになったのです。

普通のレシプロエンジンは、ピストンの往復運動によって吸気、圧縮、爆発、排気の4工程を繰り返すことで出力を発生させています。そしてピストンの往復運動を回転運動に変換して動力にしているのです。それなりに振動があります。ロータリーエンジンの場合は、ハウジングの中をルーローの三角形のローターが回転することで、吸気、圧縮、爆発、排気の4工程を行っています。ローターの回転運動をそのまま動力にしているのが効率が良い滑らかなのです。

また、レシプロエンジンには吸気や排気のパルプがあります。ロータリーエンジンはローター自体がバルブの役目をしているので、部品点数も少なくシンプルです。おまけに、ローターの形状から、ローター1つで、レシプロエンジンのピストン3つ分の仕事ができるので、さらにコンパクトになります。

ところで、ロータリーエンジンは、ハウジングにローターが密着しながら滑らかに回転しますが、それらの形状は複雑な曲線で構成されています。いったいどのような曲線なのでしょう。ロータリーエンジンの形状について説明します。

ロータリーエンジンは、**トロコイド**という曲線で作られています。トロコイドとは、円のある曲線にそってすべらないように転がしたとき、その円に固定された内部または外部の定点が描く曲線のことです。さらに詳しくいうと、ハウジングの形状は、トロコイドの一種である**ペリトロコイド**と呼ばれる曲線です。ペリトロコイドとは、固定された円A(基円)の外周に内接するもうひとつの円B(転円)が基円にそってすべることなく転がるときに、転円に固定されたアームの先端の定点が描く軌跡です。

このロータリーエンジンの場合は、基円と転円の半径の比率が、2:3になっています。作図すると図1のようになります。図のX、Yの角度は、基円のまわりを転円がX°回転した位置にきたとき、転円と定点は、基円に対してY°回転したことを表しています。

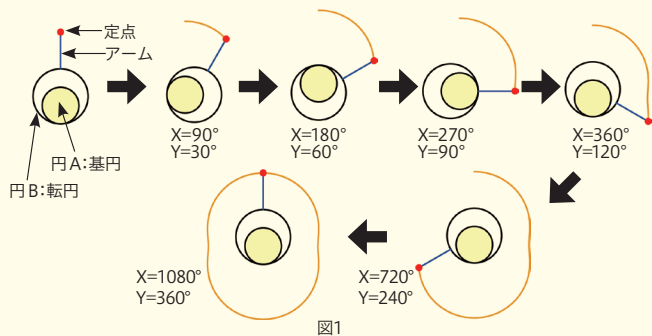


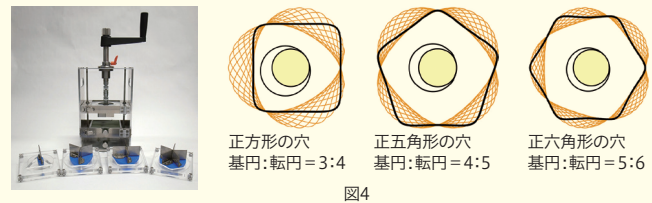
図1 基円にそって転円が3回転分動くと、転円と定点は、基円に対し360°回転し、定点の軌跡は、まゆ型状のペリトロコイドを描きます。

次に、上記とは逆に、円Aを転円に、円Bを基円にします。そして転円(円A)に上記で描いたペリトロコイドを固定します。つまり、転円が転がると、このペリトロコイドも一緒に動きます。そして転円を基円にそってすべらないように転がします。転円と一緒にペリトロコイドも動くので、その動きが残像として残るとすると、ペリトロコイドの曲線群が描かれます。

すると、曲線群がまったく通らない領域が生じ、ルーローの三角形の包絡線が描かれます。このルーローの三角形の形が、ロータリーエンジンのローターの形状になります。ローターは、3つの頂点が常にペリトロコイド曲線に接した状態で偏心しながら回転します。このことから、ローターが1回転する間に、吸気、圧縮、爆発、排気の4工程が3カ所で行われることがわかります。

上記で紹介した基円と転円の比率が2:3のロータリーエンジンは、西ドイツの技術者であるフェリックス・バンケルの発明によるもので、バンケルエンジンとも呼ばれています。ロータリーエンジンの研究は古くからおこなわれていて、トロコイドを用いた様々な形のロータリーエンジンが考案されていました。その中には、図3のような、基円と転円の比率が1:2や3:4のロータリーエンジンも考えられていたようです。

ところで、数学体験館には「万能ドリル」という、正方形、正五角形、正六角形の穴が開けられるドリルがあります。それらの穴の形は、トロコイドで近似的に作図することができるのですが、図2を作図したときと同様にトロコイドの曲線群を描くと、包絡線が万能ドリルの刃物の形になります。これらの刃物は、トロコイドに常に密着しながら、偏心回転をして穴を開けます。



トロコイドを利用した仕組みは、流体を効率よく移送できるので、コンプレッサーやポンプなどにも使われています。

(文責・制作 数学体験館テクニカルディレクター 山口康之)

# 理数教育フォーラム

Renovate Math & Science Education

## 第44号

2024.1  
発行: 理数教育研究センター

理科大の国際貢献が一步前進!!

## Contents

- 1 理科大の国際貢献が一步前進!!
- 2 高校生のためのサイエンスプログラム—あなたも1日大学生—「工学部の化学で拓く未来の『ものづくり』」実施報告
- 3 高校生のためのサイエンスプログラム—あなたも1日大学生—「実験で知る電気電子情報工学」実施報告
- 4 なるほど納得ゼミナール—ロータリーエンジン

国際化推進センター長  
牧内 博幸



秋山仁栄誉教授を中心に実施したドミニカ共和国の数学教師に対する研修の後、母国に戻った教師からお礼のメールが入ってきた。その中に、「セニョール・マキウチ。今日早速、生徒たちに秋山先生から教えてもらった教具を使った楽しい数学を見せました。生徒全員が拍手と歓声をあげながら楽しく数学を学んでくれた。」と嬉しい報告があった。秋山先生が検討を重ねた一週間の特訓カリキュラムのお陰だが、この報告で私も次のステップへのエネルギーが湧いて来た。現在、帰国した教師10名で数学活動促進グループを組織して、全国の数学教師に今回学んだ授業を広く伝える活動を始めつつあるとのことだ。

今回の研修は当初、ドミニカ共和国政府の経費で往復旅費を負担してもらい、滞在費のみを日本側で捻出する方向で考えていた。しかし、ドミニカ共和国側の負担は難しいとの話が伝わってきたため、急速、科学技術振興機構(JST)に往復旅費及び滞在費の全額を申請することにした。有難いことに今年の4月にJSTの採択が得られ、9月2日~10日までの研修準備が出来た。

今回最も学んで欲しかった点は次の5項目だった。①どの生徒にとっても楽しくワクワクする数学の授業 ②“なぜそうなるか、なぜそうするか”の理由が根本からわかる教え方、例えば、分数の足し算の時、分母を揃えなければならないのはなぜか? 割り算の時に、引っくり返して掛けるのはなぜか?等々 ③双方向的で、生徒全員が授業に参加できる授業づくり ④授業で学んだことが単に知識に留まらず、社会に出てからも応用できる工夫 ⑤パソコンを活用した数学の授業づくり。これらに対して、秋山仁栄誉教授による「数学の威力を生徒に伝える実験」や初等算数教育で活躍する渋谷区子ども科学センター・ハチラボの奥山勇太郎講師による授業など7つの授業を行った。10名の教師からは、「今回の研修は非常に勉強になったので、是非これからも理科大の先生方から多くを教えてもらいたい」との強い希望が寄せられた。

理科大の成果としては、ドミニカ共和国の教師に対し英語で数学体験館の教具について説明した学生インストラクターの英語力が向上したことだ。約3カ月前から英語による説明訓練を行ってきたが、今回の実践で人前で英語で話す自信がついたと大いに喜んでた。今後ともこの種の国際交流を通じて学生の国際化と英語学習への意識を高めていきたい。



数学体験館インストラクターによる教具説明



JSTさくらサイエンスプログラム修了書授与





## 高校生のためのサイエンスプログラム —あなたも1日大学生— 「工学部の化学で拓く未来の『ものづくり』」実施報告



工学部工業化学科  
教授  
杉本 裕

模擬実験：有機化学分野

### 不思議なポリマーを作ってみよう！

日常生活に欠かせない「繊維・プラスチック」がどのようにして製造されているかを知るためにモデル実験を体験していただきました。まずは大元となる「ナイロン」と染色のための「インジゴ」を合成し、その後、それらの組み合わせで染色も行っていただきました。慣れぬ作業に戸惑いつつも、楽しく実験を行っていただけたようで、「初めて目にする器具や初めて扱う薬品がたくさんあって新鮮な体験だった」、「高校・中学校ではできないような実験ができて楽しかった」、などご好評をいただきました。「百聞は一見に如かず」です。このような実体験の驚きや楽しさが、将来の進路を決めるきっかけや指針になることを期待しています。



工学部工業化学科  
准教授  
国村 伸祐

模擬講義：無機化学・分析化学分野

### 電磁波を使ってももの情報を得る方法を役立てよう！ ～さまざまなものの起源を見分ける～

この講義では、本研究室で行っているポータブルX線分析装置を用いる合成繊維の元素分析に関する研究を紹介しました。わずか一本の繊維の測定により、その製造方法に由来する元素の情報が取得でき、たとえ同種同色の繊維であっても検出された元素の種類に違いがみられれば、それらが異なる衣類等の繊維製品由来と判断する材料になるため、この分析技術は科学捜査に活用可能と説明しました。参加者の皆様が真剣な表情で説明を聞いておられたことが印象に残っており、今後もさまざまなことに意欲的に取り組んでいただければと思います。



工学部工業化学科  
准教授  
伊村 芳郎

模擬講義：物理化学分野

### 化学×ナノで組み合わせたものづくりを学ぼう！

先進材料である金ナノ材料のナノテクノロジーに関する模擬講義を行いました。本年度のノーベル化学賞が「量子ドット」であったことから本講義に興味を抱いた参加者も多く、終了後には積極的に質問にも来ていただきました。日常生活で身近な界面活性剤といった有機化合物が、ナノ結晶合成の分散剤や形態制御剤としても機能することを紹介しました。さらに、金ナノ結晶の色調や触媒特性の制御についても説明していきましました。続けて行った研究室見学ツアーでは、模擬講義で説明した金ナノ結晶を実際に示し、どのようにしてナノ結晶を合成しているのかを見てもらいました。



研究室見学ツアーの様子



模擬実験の様子①



模擬実験の様子②

## 高校生のためのサイエンスプログラム —あなたも1日大学生— 「実験で知る電気電子情報工学」実施報告

高校の科目には「工学」がありません。高校生にとっては「電気電子情報工学科」で何が学べるのか、いまひとつピンとこないのではないのでしょうか。

このプログラムでは、電気電子情報工学科での学びを「体感」できるように、はんだ付けやマイコンプログラミングを体験してもらいました。



創域理工学部電気電子情報工学科  
教授  
星 伸一



創域理工学部電気電子情報工学科  
教授  
前田 譲治

### 電気をためて、つかおう！

プログラムの前半は、2年生や3年生の学生実験で使用している12号館2階の学生実験室に集合し、最初に今回のプログラムのガイダンスと「電気電子情報工学科」の紹介を行った後、小学生の頃から現在に至るまで、この分野に進んだ理由などを交えて自己紹介を行いました。続いて電気エネルギーの重要性や、題目にある「電気をためて使うこと」の必要性を説明し、太陽電池で発電した電力を電気二重層キャパシタ(EDLC)に蓄えて、スイッチ(ケースのふた)を押すと白色LEDが光る簡単な回路の作成をもらいました。初めてはんだ付けをした受講者もあり、部品を取り付ける方向を間違えてしまうこともありましたが、TAのサポートで無事に受講者全員が完成させ、雨天のためスポットライトの光を太陽電池に当ててEDLCに充電したエネルギーでLEDを光らせることに成功しました。

また、時間が押して駆け足での紹介になりましたが令和5年度の大学入学共通テストの物理の問題が本テーマに関連しているので、持ち帰った回路を活用しながら高校の授業内容をより身近に感じて、学ぶことの楽しさを知るきっかけになれば嬉しく思います。

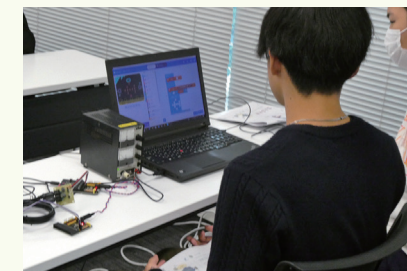
### 光通信してみよう！

プログラム後半は、7号館4階の中庭を望む教室に移動して、標記の題目でグループ実習を行いました。

この実習では、2つのマイコンの間で光ファイバを用いたデータ伝送を行います。マイコンは小学生にもなじみのmicro:bitで、マイコンボードに実装されている5×5のLED表示器の図柄データを送受信します。オーディオ用のプラスチックファイバに、市販の光送受信モジュールを組み合わせて光リンクを構成します。

送信器のプログラムは私が準備して、受講生には受信器のプログラムを考えてもらいました。実習は3～4人でグループを組んで進めました。最初は戸惑っていたようですが、ヒントをもらうごとに次第にペースが上がり、すべてのグループが受信器を完成させました。

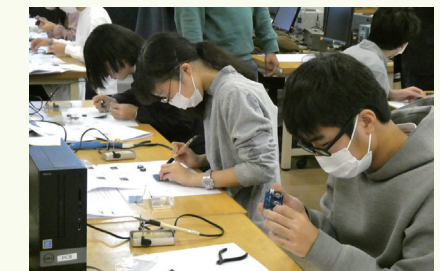
改めて感じたのは、プログラミング教育の難しさです。ある目標に向けて合理的な手順を実現するのがプログラミングですが、その認識が定着していないように感じました。この実習が、プログラミングとは何かを改めて考えるきっかけになってくれれば幸いです。



プログラミングの様子



実習の様子①



実習の様子②