



理学・工学の散歩道Ⅱ



埼玉大学大学院理工学研究科・理学部・工学部 広報委員会
埼玉大学総合技術支援センター 全学広報支援プロジェクト

電子書籍版

「理学・工学の散歩道Ⅱ」 発行にあたって

埼玉大学大学院理工学研究科長

佐藤 勇一



2012年末に、「理学・工学の散歩道Ⅰ」を発行致しました。内容は、本学大学院理工学研究科に所属する教員の研究内容を専門以外の方々に出来るだけ分かりやすく紹介したものです。この本には、埼玉新聞の「サイ・テクこらむ 知と技の発信」埼玉大学理工学研究の現場」に2年近くにわたって掲載された内容が収録されており、40%近くの研究科教員の研究内容を載せることが出来ました。今回は、前回紹介できなかった教員の研究内容を「理学・工学の散歩道Ⅱ」として発行致します。

教員1名の研究紹介が見開き2ページに収められているので、十分な説明とはなっていないかもしれませんが、どのような研究がなされているかの概略を理解することは可能ではないかと思えます。また、理学、工学のそれぞれの分野でどのような研究が行われているのか、何がホットな話題なのかといったことも理解していただくと考えています。

学生の皆さんは、新聞、テレビなどで報道される研究以外にも、様々な研究が行われていることに驚かれるのではないでしょうか。理学部の教員と工学部の教員が執筆しているので、2つの学部がどのような点で似ており、また、どのような点で異なっているのかを理解する助けにもなってくれると思います。より詳しく知りたい人は、当該教員のホームページにアクセスしてみるとよいでしょう。

本稿を書くにあたり「散歩道Ⅰ」を改めて読んでみました。自分が全く不案内な分野の内容には分からないもの、また、少し関連する分野の話には比較的よく理解できるものもあります。いずれも執筆者の工夫が随所に感じられ楽しめました。

「理学・工学の散歩道」を手にとっていただき、理学、工学、そしてこれらの分野における研究について理解していただけることを期待しております。

目次

理学・工学の散歩道Ⅱ」発行にあたって

大学院理工学研究科長 佐藤 勇一

85 都会花粉症はなぜ深刻か？

環境科学・社会基盤部門 王 青躍

86 危険環境下で働くロボット

人間支援・生産科学部門 程島 竜一

87 7角形の有機化合物を扱う

物質科学部門 佐藤 大

88 花粉症と研究のミツな関係

数理電子情報部門 内田 秀和

89 宇宙を通して探る素粒子像

物質科学部門 佐藤 丈

90 行列とスパコン

数理電子情報部門 重原 孝臣

91 魔法の物質“触媒”

物質科学部門

黒川 秀樹

92 代数幾何学に王道なし

数理電子情報部門

海老原 円

93 機能を持った分子を作る

物質科学部門

石丸 雄大

94 遺伝学研究とアカパンカビ

生命科学部門

田中 秀逸

95 川のかたち 体のかたち

環境科学・社会基盤部門

古里 栄一

96 電磁環境での計測と解析

環境科学・社会基盤部門

山根 敏

97 ゲノムの解読から利用へ

生命科学部門

朝井 計

98 流動のデザイン

人間支援・生産科学部門

平原 裕行

99 歪みをもつ三員環化合物

物質科学部門

杉原 儀昭

100 無線からワイヤレスへ

数理電子情報部門

木村 雄一

- 101 音声処理での雑音との戦い
数理電子情報部門 島村 徹也
- 102 重い中性子ハロー核に迫る
物質科学部門 鈴木 健
- 103 スライムからセラミックス
物質科学部門 攪上 将規
- 104 ひねくれ者の幾何学
数理電子情報部門 岸本 崇
- 105 デジタルデータとナノ磁石
物質科学部門 柿崎 浩一
- 106 途上国の廃棄物処分問題
環境科学・社会基盤部門 川本 健
- 107 生物時計の意義とその応用
生命科学部門 足立 明人
- 108 川虫を通じた環境保全
環境科学・社会基盤部門 藤野 毅
- 109 生命を支える鉄と硫黄のクラスター(集合化合物)
生命科学部門 高橋 康弘
- 110 見えないぎずを見る
人間支援・生産科学部門 加藤 寛
- 111 錯体の化学の面白さ
物質科学部門 永澤 明
- 112 単一の光子を作り出す
数理電子情報部門 矢口 裕之
- 113 化学とコンピュータ
物質科学部門 高柳 敏幸
- 114 比例とシミュレーション
数理電子情報部門 桑島 豊
- 115 宇宙物理と技術と人
物質科学部門 田代 信
- 116 電気を通す円盤型液晶分子
物質科学部門 廣瀬 卓司
- 117 糖鎖利用しウイルス検査
物質科学部門 幡野 健
- 118 地盤をコンピュータで科学
環境科学・社会基盤部門 鈴木 輝一
- 119 コケと環境適応機構
生命科学部門 竹澤 大輔
- 120 植物の能力を有効利用
環境科学・社会基盤部門 川合 真紀

121	超音波で植物を診断	人間支援・生産科学部門	藤山 健介
122	種から増やすバイオ燃料	生命科学部門	藤木 友紀
123	古くて新しい技術、非接触給電	数理電子情報部門	金子 裕良
124	精密なオレフィン重合触媒	物質科学部門	中田 憲男
125	光波の記録と再生	数理電子情報部門	吉川 宣一
126	コンピュータで見る液滴生成	物質科学部門	本間 俊司
127	重力を含めた素粒子の理論	物質科学部門	谷井 義彰
128	塗って作る電子デバイス	物質科学部門	福田 武司
129	「私の研究した数学」	数理電子情報部門	小嶋 久祉
130	地震の揺れを予測する	環境科学・社会基盤部門	谷山 尚
131	地域の風景づくり	環境科学・社会基盤部門	深堀 清隆
132	脊椎動物の形を決める時計	生命科学部門	川村 哲規
133	衝撃波と一緒に伝わる炎	人間支援・生産科学部門	小原 哲郎
134	植物多糖と健康	生命科学部門	円谷 陽一
135	見えないモノをみる「超伝導フォトセンサー」	数理電子情報部門	田井野 徹
136	高速なアルゴリズムの設計	数理電子情報部門	山田 敏規
137	ポリピア短期学生研修から	物質科学部門	井上 直也
138	水が織りなす分離場の化学	物質科学部門	茨川 雅美
139	有機物の超伝導	物質科学部門	谷口 弘三
140	「ありふれた」材料の挑戦	物質科学部門	神島 謙二

- 131 新しい橋の構造と設計法
環境科学・社会基盤部門 奥井 義昭
- 132 波を通して関数を見る
数理電子情報部門 櫻井 力
- 133 熱を電気に変える材料
環境科学・社会基盤部門 長谷川 靖洋
- 134 生体機能を操る多様な分子
生命科学部門 小林 哲也
- 135 構造物の動力学モデリング
人間支援・生産科学部門 渡邊 鉄也
- 136 植物によるセンサの開発
数理電子情報部門 長谷川 有貴
- 137 大腸菌の膜脂質欠損変異株
生命科学部門 原 弘志
- 138 論理に基づく自動推論
数理電子情報部門 後藤 祐一
- 139 単一分子状態分析法の開発
物質科学部門 二又 政之
- 140 新しい液晶材料の展開
物質科学部門 安武 幹雄
- 151 見えない光で探る宇宙物理
物質科学部門 寺田 幸功
- 152 光で探る生体の構造と機能
物質科学部門 鈴木 美穂
- 153 岩盤における連成問題
環境科学・社会基盤部門 山辺 正
- 154 きれいな形を追いつめて
数理電子情報部門 小野 肇
- 155 河川敷に侵入する「つる植物」
環境科学・社会基盤部門 工藤 小次郎

都会花粉症はなぜ深刻か？

環境科学・社会基盤部門 環境制御システムコース 王 青躍 准教授



■世界三大花粉症

アメリカのブタクサ花粉症、ヨーロッパのイネ科花粉症、日本のスギ花粉症と合わせて世界三大花粉症と呼ばれている。近年、日本のスギ花粉症患者数は年々増加傾向にあり、都市部では約20〜40%の高発症率となり、国民の4人に1人が花粉症を患っている。さらに低年齢化も進んできている。

■スギ花粉症の原因物質とは？

これまでにスギ花粉そのものがスギ花粉症の原因物質だと思われており、また、約30ミクロンのスギ花粉は口や鼻腔より先の気道深部へは侵入しないと考えられてきた。しかし、科研費・新学術領域研究や基盤研究等の成果により、スギ花粉に含まれるCv1-1とCv1-2というアレルゲン物質の放出要因を明らかにされつつある。

■スギ花粉中のアレルゲン物質の放出と微小粒子化

Cv1-1は主にスギ花粉の表面にあるユービツシュ小体という粒に存在し、Cv1-2は花粉の内部に存在している。実際、ユービツシュ小体は花粉から剥がれて大気中に放出されたり、降水や高湿度によつて、花粉が割れたりして、Cv1-1の溶出に加え、Cv1-2も大気中に放出される。その後、環境中で再飛散されるCv1-1やCv1-2を含有する大気浮遊粒子状物質はお米の約一万分の一程度（1ミクロン以下）の大きさなので、すなわちPM2.5さらにPM1.0への微小粒子に移行して、人肺の奥深くにまで侵入し、花粉症を引き起こされるだけでなく、喘息も引き起こされる可能性もある。

■都市大気汚染によるアレルゲン物質の修飾

スギ花粉の発生源は山間部や森林地帯であるが、飛散したスギ花粉が上空を数百kmも移動して都市部へと移流しながら、大気汚染物質と接触して修飾し、また付着した大気汚染物質と同時に人体の内部に吸引さ

れることで、アシユバント効果を引き起こすと考えられている。また、スギ花粉への都市部の自動車排気ガス・微粒子等の大気汚染物質の影響を受け、スギ花粉アレルギー含有粒子の微小粒子への移行やスギ花粉アレルギーの汚染物質による化学的修飾や細胞毒性呈示などの新たな知見が得られている。

■アレルギー物質の強毒化

関東山間部で採取した新鮮なスギ花粉中のアレルギー物質に比べ、都市大気汚染物質と接触したスギ花粉アレルギー物質(Cy11)が修飾されたため、そのアレルギー性の増強が計測された。またスギ花粉からアレルギー物質の溶出は、溶液中のカルシウムイオン(Ca²⁺)濃度が上昇すると共に増加する現象が観察されている。そのため、毎年2～3月、早期飛来する黄砂観測時の降雨ではスギ花粉アレルギー物質の微小粒子PM_{2.5}とPM_{1.0}への移行が促進される可能性も考えられる。今後、花粉症を予防するため、正しい環境汚染・花粉アレルギー統合情報 の提供や疫学研究の進展が求められている。

《 12年 9月 5日 埼玉新聞掲載 》

危険環境下で働くロボット

人間支援 生産科学部門 メカノロボット工学コース 程島 竜一 助教

■ 難所調査

山間地の多い日本では岩盤崩落や落石事故を防止するために、崖などの難所の老朽化調査が数多く行われています。従来の難所調査は重機や仮設足場を用いて人が直接調査する方法や遠望観測や遠隔調査などの間接的な方法で行われることがほとんどでした。しかし、前者は工期や費用の問題が大きく、後者は高い調査精度が望めないという問題がありました。そこで、省コストで精度の高い難所調査を実現するため、ローブなどをを用いて人間が崖面を近接観察する特殊高所技術という難所調査法が導入され始めています。この特殊高所技術は、国土交通省の新技术情報提供システム(NETIS)に登録されており、有用な新技术として評価されています。

■ ザトウグモ

しかし難所調査は本質的に危険な作業であり、作業

員を育成する費用や時間も必要です。そこで、特殊高所技術による難所調査作業を自動化・安全化するため、ワイヤで支持された歩行ロボットで難所調査を行うことを提案し研究を行っています(左図)。

現在は、凹凸の激しい崖面を移動するために、自然界において岩場や樹上を活発に歩き回るザトウグモの形態を参考にして、長脚と小型胴体を有する6足歩行ロボットとワイヤ機構による自重補償装置の開発を進めています。

6足歩行ロボットを開発するに当たり特に脚のメカニズムを工夫しています。脚長を長くすると高い段差を簡単に登れますが、その反面、脚の根元に近づくほど大きなトルクを生成するための大型モータを関節に装備しなければならず、脚が重量化する問題が生じてしまいます。この問題を解決するため、複数の並列リンクで動力伝達し制御対象を操作するパラレルリンク機構と、複



数のモータ出力を相互に干渉させて脚の主要な動作を生成し、脚動作に対して可能な限り各々のモータの稼働率を最大化する干渉駆動機構を導入しています。これにより、モータの脚根本への集中配置(脚慣性の低減化)、複数自由度を確保したままでの高出力化・軽量化が実現できました。

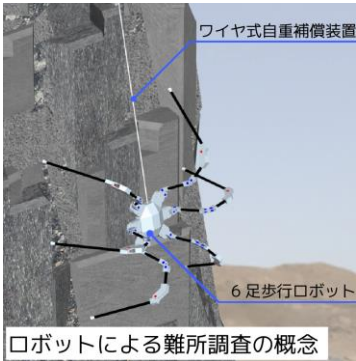
■ 実用化

これまでに、6足歩行ロボットの試作機を開発し(右図)、動力学シミュレーションにより基本的な歩行運動を検討してきました。今後はザトウグモの歩行を規範とした凹凸の激しい崖面での歩行運動生成法、視覚や触覚センサによる環境情報の取得法、ワイヤ式自重補償装置の開発などを進めていき、実際の崖面での難所調査を目指していきたいと考えています。

過酷な労働や危険な作業を人間の代わりに引き受けてくれるロボットの実現を通じて、現在は製造分野など一部の分野に限られているロボット技術を一般社会に適応できる水準まで昇華することを目標にして研究を進めています。

《 12年9月12日 埼玉新聞掲載 》

目次へ



7角形の有機化合物を扱う

物質科学部門 基礎化学コース 佐藤 大 講師



■ 構造式の利便性

結合を表す線と元素記号を組み合わせて描かれる構造式は、見慣れない人にとっては意味不明な暗号のように感じるかもしれません。しかし最低限のルールをマスターした上で眺めると、その利便さを実感できるようになります。構造式は分子の形を視覚的にイメージできる便利なツールだからです。たとえこの世に存在しない化合物であっても、構造式を用いれば紙やモニター上に簡単に表現することができます。これらの未知化合物を実際に創り出してみたい、というのが合成化学者としての研究動機の一つになります。

■ トロポノイド

基本骨格が構造式上7角形で描かれ、トロポノイドと称される有機化合物の一群があります。これらは6角形をもつおなじみのベンゼン系化合物とよく対比され、研究されてきました。これまでの先達の研究で、酸の存

在下で安定なカチオンを形成することや遷移金属イオンと錯体を形成することなど、トロポノイドに特有の性質が明らかにされてきました。これらの特性を活かせば、役に立つ(機能性)化合物を生み出すことが可能はずです。しかし機能性を指向したトロポノイド研究はほとんど行われていません。候補となる機能性分子を構造式で描き表すことができても、それらを合成する方法が無いためと思われます。7角形の基本骨格部に「欲しいもの(置換基)を欲しいところ(反応位置)だけに組み込む」方法があれば、多種多様な誘導体を合成することができ、機能性トロポノイド研究の発展につながります。

■ 合成手法の開発

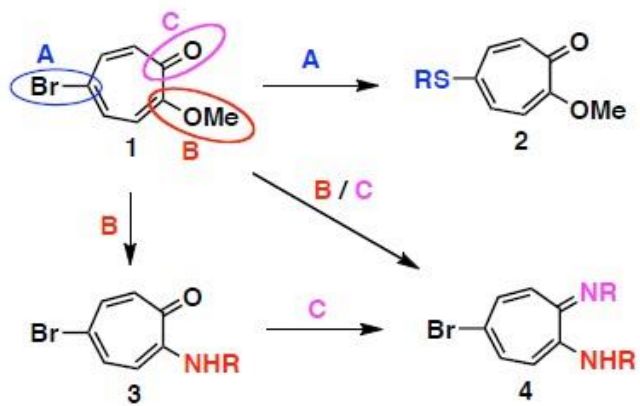
そこで私達のグループでは、トロポノイド誘導体を自在に合成できる新手法を開発するために、数年前より研究を行ってきました。その過程で、5-ブプロモ-2-メト

キントロポン(化合物 1)と求核試薬との反応において、試薬の種類や条件によって反応位置が異なる興味深い性質(位置選択性)を見出しました。1には求核試薬と反応する部位として、図に示したA、B、Cの3カ所が想定されます。実際反応を行ったところ、求核試薬としてチオール(RSH)を用いるとAで交換がおこり化合物2が生成するのに対し、アミン(RNH₂)ではBで交換がおこり化合物3が生成しました。一方、アミンと金属試薬が共存する条件ではBとCで一気に反応がおこり、化合物4に変換されることがわかりました。4は3から合成することもできません。

■ 展望

試薬の反応位置をコントロールできるこれらの反応を組み合わせれば、新規トロボノイド誘導体を自在かつ選択的に合成することが可能になります。現在、「色が変わる」「光る」「特定物質を取り込む」「電子を授受できる」などの機能をもつ7角形有機化合物の構築に向けて、本反応を有効に活用しながら研究を進めています。

《12年9月19日 埼玉新聞掲載》



欲しいものを欲しいところだけに組み込む
 ⇒ 新しい機能をもつ7角形化合物へ

目次へ

花粉症と研究のミツな関係

数理電子情報部門 電気電子システム工学コース 内田 秀和 教授



■ 異物の排除

花粉症と聞くと忘れていた嫌な季節を思い出してしまふ方もいらっしゃるかと思えます。花粉症はご存知の通り、体が異物を排除する仕組みが過剰反応している状態で、花粉に含まれる特定のタンパク質を律儀に見つけ出してしまいます。春先には迷惑な仕組みですが、1年を通して休み無く、有害な細菌やウィルスから私たちの体を守ってくれていると考えれば、とても精巧で優秀なシステムです。この特定のタンパク質などの分子を見つける働きを担っているのが「抗体」で、これもタンパク質の小さな分子です。抗体を利用すると、狂牛病の原因となるプリオンタンパクの検出や、各種の病原体ウィルスの検出をすることができると、私たちの生活に役立つ分析装置を作ることが出来ます。

■ 抗体と酵素

抗体は精密なタンパク質分子なため、ネズミやウサギ、

ヒツジといった生きた動物の免疫システムに時間をかけて作ってもらうしかありませんでしたが、最近では鳥の卵を使って短時間に抗体を作ったり、人工的に抗体の働きをする分子を作ったりする技術が開発されて来ています。いつの日か自由にタンパク質の構造を設計して人工的に抗体を作れる日が来るかもしれません。

このような分子を見分ける力を持ったタンパク質は抗体の他にもあり、代表的なものに酵素があります。身近な例では、胃の中でタンパク質に作用して分解する酵素などが上げられます。酵素が適材適所で適度に働くことで私たちの体は健康に保たれています。例えば、特定の酵素が異常に働きすぎたりすると、病気になってしまうことがあります。酵素の働きを抑えることで正常にもどるなら、酵素の働きを阻害する分子を見つけ、薬として使うことが出来ます。

■ 分子レベル

現在、私たちはそのような薬になる分子を探すため、埼玉県を中心とする産官学連携によるプロジェクトに参加して研究をしています。例えば、葉が入った水溶液の中で、髪の毛の先ほどの小さな領域を調べて、探している目的の分子が1個あるのか無いのか、判断できるぐらいの高い検出感度をもつ測定装置を開発しました。また、酵素が働いているのか、または活動を停止しているのか、その状況を画像として捉えることができる装置を有機材料で実現することに初めて成功しました。地域の様々な分野で活躍する人との協力の中で、私たちの開発した技術が活かされ、世の中で役立つものになるよう研究を進めています。

《12年9月26日 埼玉新聞掲載》

宇宙を通して探る素粒子像

物質科学部門 物理学コース 佐藤 文 准教授

■ 存在と力

素粒子物理学が目指すものは、この世界を構成する根源的な存在(いわゆる素粒子)とそれらの間に働く力が何であるか、を解明することである。

では、その根源的な存在とは何か？ 我々の体を含め身の回りにあるものを細かく見ていくことで、現在ではクオークと電子(やその仲間のミューオン、 μ)とニュートリノが素粒子であることが分かっている。これら以外に力を媒介する光子などが存在し、現在では素粒子標準理論として一つの完成形が存在している。

■ 究極の理論

しかし完成形とはいっても、素粒子物理学者の感覚からするとこれは究極の理論とはいろいろな観点から考えにくい。そこでより細かくものを見ていく必要があるが、物を細かく見るには大きく分けて二つの方向がある。

一つは、素粒子をより高いエネルギーでぶつけることである。高いエネルギーでぶつけることにより、未知の重い粒子を作れるようになるからで、この原理に則って行われている実験が、加速器衝突実験であり、その代表が最近ヒッグス粒子を発見したLHCである。

もう一つは、高温の世界へ行くことである。あらゆる物質は高温になると、よりばらばらな状態になる。水が、温度が上がるとともに水になり水蒸気になると同じである。もちろん地上では素粒子をばらばらにするような高温には到達できないが、宇宙の始まりのころはすべての素粒子がばらばらに存在するくらい高温であったことが分かっている。ばらばらであるというのは、つまり素粒子そのものがよく見えているということである。よって宇宙発展の歴史を計算するうえで素粒子の性質がどのようなものであったのかは決定的な意味を持ち、現在の宇宙の様子をこの結果と比べることで素粒子としてど



のようなものが存在できるのかを調べることができると。

■ 暗黒の物質

この方向の研究の一つが、現在宇宙に存在している元素の量を調べることである。宇宙が広がっていく過程で元素が合成され、その合成量はほとんどは標準理論でうまく説明されるが、リチウムの存在量にちよつとのほころびがあることが知られている。標準理論のままであるとすると、現在の観測量より多くのリチウムが出来ているはず、となる。そこで、我々は、より根源的な素粒子物理学の理論の候補とされる、超対称化した標準理論においてこれを減らせるかについて調べた。元素合成に新規の影響を及ぼすには1000秒程度の寿命を持つ電荷をもった粒子が必要であるが、パラメタ次第では確かにそのような粒子があること(図1)、その粒子があるとその新規の影響は、ベリリウム(これは宇宙の歴史の中で最終的にリチウムになる)やリチウムを壊す、というものであること(図2)、を確かめた。このようなパラメタ領域は暗黒物質の存在量を説明するという観点からも都合がよいことを付け加えておく。

≪12年10月3日 埼玉新聞掲載≫

目次へ

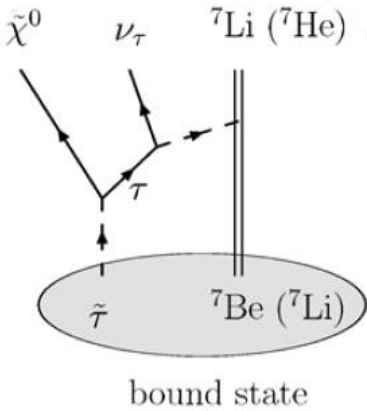


図2

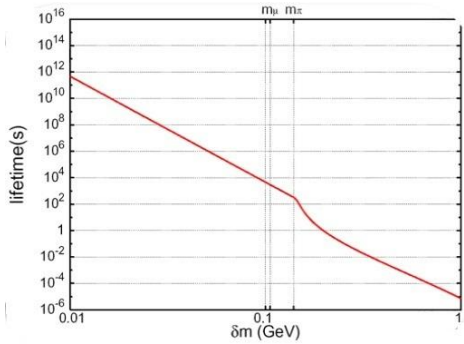


図1

行列とスパコン

数理電子情報部門 情報システム工学コース 重原 孝臣 教授

■数百万次

学生時代に数学で「行列」を学んだ方は多いと思います。数字を縦横に四角に並べて左右を括弧で括ったものが行列です。行列は自然科学や社会科学の多くの分野で頻出します。原子・分子レベルのミクロな現象を説明するための量子力学、巨大地震にも耐える安全な建物や橋梁を設計するための構造解析、走行時に空気抵抗の少ない車のボディを設計するための流体解析、アンケート調査の統計解析等々、行列を用いて記述され、その行列の性質を調べることが重要になる分野は枚挙にいとまがありません。ただし、このような実用的な問題に現れる行列は高校時代に習う2次行列のような小さな行列ではなく、数百万次から、場合によると数百万次の巨大な行列になることもあります。このような巨大な行列の性質を調べるためには超高速な計算機が必要で、まず、その性質を解明するためのアルゴリズム（計算手

順）を設計し、設計図に基づいてプログラムを作成し、最終的にはプログラムをいわゆるスパコンの上で走らせる必要が出てきます。私は、こうした行列の性質を調べるためのアルゴリズムの設計、プログラムの作成に関わる研究に携わっています。

■世界一

スパコンの計算速度のランキングで「トップ500」というのが毎年6月と11月に発表されているのをご存知の方も多いと思います。数年前の事業仕分のときに苦境に立たされたスパコン業界でしたが、関係者の多大な尽力もあって2011年6月・11月には理化学研究所の「京(けい)」が世界トップの座にすわったことは記憶に新しいところですね。トップ500は1993年以来、今日まで継続されていますが、ランキングを決めるための「試験問題」は変わることなくたった一問。それは行列の「LU分解」を求める問題です。そのくらい行列とスパコンは切



つても切れないご縁なのです。

■理工系を志す方に

理工系を志す若い方にメッセージを一つ。それは、是非身に付けておきたい三つの言語(表現法)についてです。第一に通常の言語を用いた表現。言わずもがなですが、まず何より日本語による表現を大切にしましょう。相手に自分の考えや思いが誤解なく伝わっているか、常に注意する習慣を身に付けたいものです。第二に数学を用いた表現。数学は表現できる対象は必ずしも広くはありませんが、ひとたび数学の土俵に乗る対象については、洋の東西、老若男女を問わず、万国共通の正確な意味を表現できます。第三に文化や芸術やスポーツを通じた表現。これらを言語というのは適切ではないかも知れませんが、私たちは日々こころした分野のパフォーマンスに接して感動し、勇気をもらい、夢や希望や美的センスや倫理観を育んでいます。科学技術を志す上でもとても大切なものといつてよいでしょう。

《12年10月10日 埼玉新聞掲載》

魔法の物質“触媒”

物質科学部門 応用化学コース 黒川 秀樹 准教授



私の研究テーマは、石油や天然ガスなどの原料から、我々の身の回りでたくさん使われているプラスチックを効率よく作るための「触媒」と呼ばれる魔法の物質の開発です。

■世界最高

特に近年力を入れているのは、石油から得られるエチレン、プロピレンといった物質を「触媒」によって一気に1000個程度連結して（これを“重合”という）、ポリエチレンやポリプロピレンといった我々の生活に欠かせないプラスチックを効率よく作るための研究です。これらのプラスチックは、軽量な上に自由な形に加工できるため、日用品から工業材料まで幅広い用途で使われており、一例を挙げると、自動車部品としてポリエチレンはガソリンタンク、ポリプロピレンはダッシュボードやバンパーに使われています。日本のメーカーは、世界最高水準の品質を持つプラスチックを製造しており、

その技術の中核をなしているのが高機能な「触媒」です。

■開発

我々の研究室では、ケイ素やアルミニウムを主成分とする粘土鉱物（モンモリロナイト、雲母）の層間に、鉄、コバルトあるいはニッケルといった元素をベースとした「有機金属錯体」と呼ばれる活性成分を組み込んだ独自の高性能触媒を開発しており、その触媒を用いてエチレンやプロピレンの重合反応を検討しています。

■期待

また、我々が開発した触媒は、「有機金属錯体」の構造を変えることにより、工業原料として重要な「オレフィン」と呼ばれるエチレンが2〜10個程度連結された物質も容易に製造できることから、この分野での利用も期待されています。当研究室では、我々の開発した触媒が化学プラントで使われる日を夢見て、学生と共に日

夜研究に取り組んでいます。

《12年10月17日 埼玉新聞掲載》

目次へ

代数幾何学に王道なし

数理電子情報部門 数学コース 海老原 円准教授



■ 14日間でわかる

1年ほど前、「14日間でわかる代数幾何学事始」という本を日本評論社から出版した。私の専門とする「代数幾何学」という数学の一分野の入門部分を解説したものである。

代数幾何学は、式と図形の間を論ずる学問である。与えられた多項式の値が0となる点全体のなす図形を幾何学的に調べたり、図形の定義式の代数的な性質を研究したりするので、それは高校数学の延長線上にあるともいえるが、実際のところは非常に奥が深く、応用範囲も広い。たとえば、誤り訂正符号や暗号の理論などにも代数幾何学が顔を出す。

■ ユークリッドの言葉

私の本では、「14日間にわたる講義」という形で初歩的な解説を試みた。数学書ではあるが、短歌や俳句などのパロディーを随所に散りばめ、楽しく読めるように

工夫してみた。

一冊の本を読むのに「14日間」は短すぎると思われるかもしれない。しかし、調べてみると、現在出版されている数学啓蒙書の多くには、そのタイトルに、「14時間でマスター」「8時間でなるとく」「3時間で大体わかる」といった類の惹句が並んでいる。「14日間」と比べて桁違いに短い。どうも世の中せつかちになってきているようである。

もともと、せつかちな人間は古今東西を問わず存在する。その昔、「あなたの本を読まないで、てっとり早く幾何学を知る方法はないか」と質問した王様は、数学者ユークリッドから、「幾何学に王道なし（安易な近道はありません）」とたしなめられたという。最近でいえば、科学に対して、産業への応用や地域社会への還元のみをこゝとさらに要求する人々も、科学の直接的な恩恵だけを期待するという点では、この王様の同類かもしれない。

■ 普遍的な真理

このコラムは埼玉新聞の経済面に載ることになるが、どのような場であれ、科学を語る以上は、「地域」や「経済」を越えた普遍的な真理を視界にとらえていなくてはなるまい。

そのような真理の一端を、私は本の中で述べたつもりである。具体的には、代数的集合とイデアルとの間の対応関係を述べ、多項式環の剰余環の幾何学的な意味を説明し、ザリスキー位相に言及し、環の局所化との関連を論じている。これらは、読者が将来、層やスキームの理論を勉強する際に役立つ。本全体を貫くのは、図形と関数との双対性という普遍的なテーマである。

これらのことについて、くわしく知りたい方は、実際に本を読んでいただきたい。14日間とはいえ、一冊の本に精神を集中するのは、たやすいことではないが、そうした未来の読者に、私はここでメールを送りたい。曰く、代数幾何学に王道なし、と。

《12年10月24日 埼玉新聞掲載》

機能を持った分子を作る

物質科学部門

機能材料工学コース

石丸

雄大 准教授



■ヘモグロビンと葉緑素

ヘモグロビンと葉緑素は実は同じ構造を骨格を持った基本的な分子でできています。といわれると不思議に思うかもしれませんが、ヘモグロビンは、酸素を体の中に運んだり、酸素を貯蔵したりしていますが、鉄を含んだ有機化合物をタンパク質で取り囲んだタンパク質で、有機化合物とタンパク質が共同でいろいろな働きをします。一方、葉緑素は、植物の光合成において、光から電子を作り出す働きをしています。マグネシウムを含んだ有機化合物をタンパク質が取り囲んだ構造をし、ヘモグロビンと同じように有機化合物とタンパク質が共同でいろいろな働きをします。どちらの有機化合物もポルフィンと呼ばれる基本骨格をもった化合物(図参照)です。

■生物の働きを模倣

私の行っている研究は、生物にとって重要な分子を有機合成化学的に(試験管で!)合成して、分子だけでそ

の働きを模倣できるような新しい分子を作り出すことです。特に、ポルフィン骨格やポルフィンと似た骨格を持つフタロシアニン(図参照)といわれる有機化合物を元に新しい分子を合成して、生物の行っている働きを模倣する研究をしています。模倣という言葉を使いましたが、英語では模倣を *mimic* (ミミック) といいます。そこで、私の行っている研究分野のことをバイオミメティック・ケミストリーと呼んでおり、近年では超分子化学といわれる大きな分野に発展してきて、世界中で精力的に研究が行われています。

■さまざまな応用

では実際どんな模倣をするかというと、光合成を模倣して、光から電子を効率よく取り出せる有機化合物を合成します。これら合成した化合物は、機能性色素と呼ばれ、有機化合物を用いた太陽電池に応用できます。どのように分子を設計して、実際に合成するかが

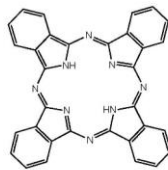
研究の醍醐味でもあり、実際に思ったような化合物が合成できるときもあればできないときもあり、日々何でだろう？と考えながら研究を行っています。また、実際思った分子ではない分子ができたときのほうが驚くような機能を持った分子ができる時もあります。

機能を模倣する以外に、構造を模倣するという事もあります。生物の仕組みでは、きれいに構造が制御されているから機能が働くということがあることも知られています。実は案外きれいに並べるといことは大変で、（人を整列させるときもエネルギーが必要！と似ていますが）科学の言葉で“自発的”に分子を並べるような仕組みを持った化合物の合成をしています。これは、将来分子導線とか分子配線への応用を目指しています。

《 12 年 10 月 31 日 埼玉新聞掲載 》



ポルフィン



フタロシアニン

目次へ

遺伝学研究とアカパンカビ

生命科学部門 生体制御学コース 田中 秀逸 教授



■ モデル生物

研究材料の中で、ある生命現象に共通な仕組みを明らかにするために用いられる生物が「モデル生物」です。対象が、「DNA複製」、「細胞分裂」など生命の基盤であれば、微生物の『大腸菌』や下等真核生物の『酵母』を用いた研究であっても、研究成果は高等生物にも共通です。農作物への被害をもたらす植物病原菌の感染に注視すれば、『いちもち病菌』等がモデル生物となると言えます。ちよつと話がそれますが、埼玉県には実験材料としての『カエル』取りの名人がいます。現代の生命科学分野では『培養細胞』もモデル生物的なものと言えます。“TPS細胞”の山中先生のノーベル賞受賞は、その将来的な効果のおよぶ範囲の広さも期待されているものとあります。遺伝学的な研究は、モデル生物から得られた“突然変異体(株)”の解析が基点です。遺伝学分野の代表的なモデル生物としては、大腸菌や酵母以外にも、植物代表

の『シロイヌナズナ』、成体が約1000個の細胞からなりその系譜がたどれる線虫『ネマトーダ』、昆虫の代表『シヨウジョウバエ』、ほ乳類では『ハツカネズミ』、そして私が使う『アカパンカビ』等が挙げられます。

■ 突然変異

『アカパンカビ』は、“一遺伝子一酵素説”の実験材料として名前をご存知の方は多いでしょう。このカビも私たちの周りに普通に存在している筈ですが、他のカビとの競争に弱いのか普段の生活の場に見かけることはありません。アカパンカビの遺伝学研究材料として最も優位な特徴は、生活環のほとんどで各染色体が1本であることです。ヒトも含め多くの真核生物の体細胞は同じ染色体を2本ずつ持ちます。仮に突然変異があつても、正常な遺伝子がもう1本の染色体上にあれば実質的な変異は滅多に現れません。アカパンカビでは1回の突然変異が起これば、少なくともその株の交雑後に得られた

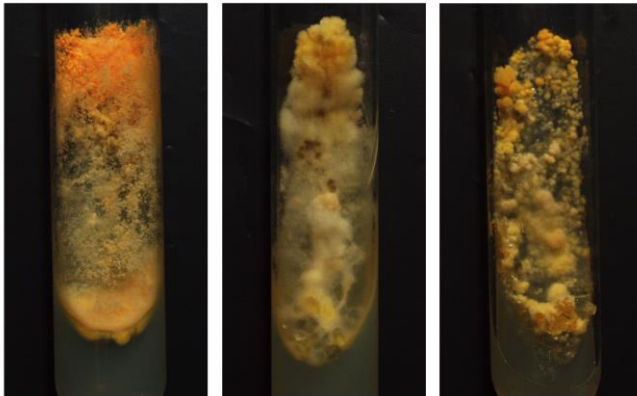
子孫株において変異が確実に現れます。しかも、交配型が1つの対立遺伝子だけで決まるため、交雑が容易で一ヶ月で子孫が得られます。

■ DNA 損傷

私の研究分野は、人物紹介にあるように生物のDNA損傷に対する応答に関するものです。我々はお日様の光を浴びれば紫外線によりDNAに傷が付きますし、普段の呼吸でさえ酸化損傷をもたらします。それらへの応答や修復の仕組みは始めの生命が出来上がった時にも存在した、すなわち生物間で基本的に共通で必須なものです。ですから、アカパンカビで自由に遺伝子をいじり、様々な遺伝子の働きを明らかにすることは、ヒトの生命科学に繋がって行くのです。

≪12年11月7日 埼玉新聞掲載≫

目次へ



アカパンカビの野生株(右)と一遺伝子変異による生育異常の株の例(中央と左)

川のかたち 体のかたち

環境科学・社会基盤部門 環境社会基盤国際コース 古里 栄一 助教

これからの河川事業を進めるにあたって、「川のかたち」と生き物の「体のかたち」の関係に着目することが重要である。

■「川の国」埼玉

案外知られていないかもしれないが、埼玉県は県土面積に占める河川の割合が日本で一番多く、「川の国」とも呼ばれている。最近公開された行田市の忍城を舞台とする映画の「のぼうの城」では、荒川と利根川の流水制御を戦術とした合戦の様子が描かれている。河川の流水は人の生活に恵みを与えるだけでなく、適切に制御しないと氾濫により甚大な被害を及ぼす。昨年発生した東日本大震災は1000年オーダーの発生確率の事象だが、カスリーン台風によって利根川と荒川で数多くの箇所が破堤して甚大な被害が生じたのはたった65年前の出来事である。我が国の治水事業は自然災害に對する「安全保障」を担っており極めて重要である。た

とえば荒川では河道整備、上流部の5ダム、埼玉大学の近くにある荒川第1調節池に加え、赤羽より下流部の荒川放水路等、数多くの洪水防御施設を設置している。

このように「川のかたち」を様々な制御して将来確実に生じうる洪水に対して防御を図るのが治水事業だが、人々の生活のためには日々の生活が快適・健全に行われる必要も同時にある。利水（飲料水や農水・工水）開発に加えて、約15年前から環境保全も河川事業における目的の一つとされ、河川法にも明記された。環境管理・制御のためには従来河川工学が研究対象としてこなかった生態系の理解が必要である、今後重点的な研究が望まれる。

■進化

「川のかたち」は空間スケールに応じて様々な要素から構成されている。源流部から河口部まで水量の増加



とともに、河床勾配や河床材料の粒径が数10 km以上の空間スケールで変化する。一方で、蛇行の程度や瀬と淵など局所的な数10 mスケールの形態も存在する。川のかたちに応じて形成された流れ場は、水中で生活する生物の生息場所でもある。水生生物から考えると、進化の結果として周囲の流れ場に適した様々な「体のかたち」の種が存在している。したがって、環境というものを河川工学の枠組みで考える場合に、「体のかたち」を考慮して数cmスケールの周囲水との関係に着目する必要がある。しかしながらこうした関係は学際領域の問題であるために案外進んでいない。

たとえばダム貯水池は、川のかたちを支える上流からの土砂輸送を分断してしまうために、下流河道の変化とこれに伴う河川生態系への影響が近年問題視されている。この対策として、置土やフラッシュ放流等による下流河川への土砂還元が実施されているが、どういった条件であれば望ましい河川環境を創造できるかという定量的、工学的な方法論は今後研究が必要だ。

■ 適応

私たちは、これまであまり着目されてこなかった生き物の「体のかたち」に着目して、河川事業に資する知見を得るための研究を開始している。水生生物にとって、降雨による流量増加時の流失は個体群に大きな影響を

与える。水生生物の多様な「体のかたち」は、多様な「川のかたち」の中で流失被害を避けるための戦略そのものである。たとえば写真は、研究室の水路で流失流れ条件の実験を行っているときのカゲロウの一種（チラカゲロウ）の体勢である。このカゲロウは「遊泳型」と呼ばれ、魚の様に泳ぐ事によって出水時の避難およびその後の復帰を容易なものとしているが、こういった流れ条件でそうした行動を起すかについては明らかにっていない。その他にも、河床の砂に潜る種、体を扁平にして流速の遅い境界層という避難所に常に避難している種、自ら強力な巣を避難所として築造するトビケラなど、いくつもの水生昆虫だけ見ても様々な「体のかたち」で「川のかたち」に適応している。これらを河道特性と合わせて定量的に評価する事で、災害に関する環境向上に役立つ研究を進めたいと考えている。なお、土砂還元に関する共同研究を、私たちは荒川上流部のダム管理者と最近開始した。基礎研究と応用研究の双方から、川の国、埼玉における河川事業の発展に貢献してゆきたい。



電磁環境での計測と解析

環境科学・社会基盤部門 環境制御システムコース 山根 敏 准教授

■ 電流と溶接

自動車や鉄構造物をつなぎ合わせる時に、材料を融かして、互いを接合します。その時に、材料を融解させるために熱が必要になります。例えば、自動車の製造において2本の電極を接合する2枚の鉄板に押し付け、約2万Aの大電流を瞬間的に流します。このようにすると接合部の接触抵抗により、ジュール熱が発生して、その接点で溶融し、接合が行われます。また、電流によりアークが発生させて、接合部をアーク熱により溶融させて、材料の接合も行われています。このように電流は生産加工を行うのに重要な役割を担っております。

■ 人体への影響

電流が流れると磁界が発生します。近年、ヨーロッパでは労働作業環境における磁界はく露が問題になっていきます。この電流により発生する磁界を計測および解析することが重要な課題になっています。磁界(磁石)は

血流を良くするように人体に有益ですが、時間変化する強い電磁界は人体に影響を与えます。具体的には、強い電界にはく露すると誘導電流が発生します。この電流が中枢神経に流れると強い刺激を感じます。視神経に誘導電流が流れると網膜閃光として感じます。一般の家電製品の電源入力は、100Vの交流電圧で、2本の入力ケーブルを束ねて使用しています。交流でするので、双方のケーブルに流れる電流の方向はそれぞれ反対になります。このため、それぞれの電流により発生した磁界の方向が反対になり、電流の大きさも同じです。で、互いの磁界が相殺され、その大きさは小さくなり、人体への影響は少ないです。

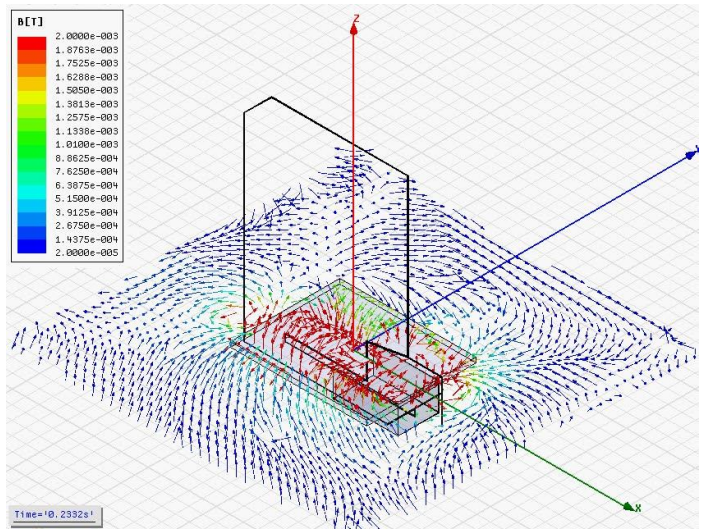
■ ばく露ガイドライン

そこで、大電流を用いる電気溶接機を対象にして、当研究室では磁界の計測を行っています。誘導電流は電磁界の大きさが同じでも周波数が高くなるとともに強



くなります。国際的なばく露ガイドラインとしてWHOの関連団体としての国際非電離防護委員会(ICNIRP)が提案しております。装置が発生した磁界の計測値がこのガイドラインに適合しているかどうかについて調べています。しかし、実測するためには、装置の周辺を詳細に調べる必要がありますが、これを実施するには時間がかかりすぎます。数値モデルを構成し、磁界の数値シミュレーションを行います。これはマクスウェルの電磁方程式を数値計算で解くことにより行われます。この結果を基にケーブルの配線方法や電流の制御方法などを検討し、磁界の低減を試みることができます。このように、電流は身近にあるものですが、近年は電磁環境にも考慮する必要ができております。

《12年11月21日 埼玉新聞掲載》



抵抗溶接機の磁界シミュレーションの例

ゲノムの解読から利用へ

生命科学部門 分子生物学コース 朝井 計 准教授

■ 遺伝情報

全ての生物は、それぞれに固有のゲノムと呼ばれる遺伝情報に基づき生命活動を行っています。このゲノムは、アデニン、シトシン、グアニン、チミンという塩基部分で区別して称される、全生物で共通の4種類の化合物が多数重合した、DNAという高分子化合物で構成されています。すなわち、生物の遺伝情報はたった4種類の塩基の配列で規定されているのです。現在では30億にものぼるヒトのゲノムの全塩基配列でも、決定することが可能で、ゲノムの塩基配列情報から、その生物の生命の設計図である全ての遺伝情報を読み解こうとする、学問分野も興っています。

■ マンモス

学問的にも産業的にも、ゲノム情報を活用した様々な取り組みが計画されています。ヒトゲノム解析で有名な米国のクレイグ・ベンター博士は、ゲノムをデザインし

てエタノールや油脂等のバイオ燃料と呼ばれる再生可能なエネルギー源を効率よく作ることに特化した生物を創りだそうとしています。また、凍結状態で発見されたマンモスの組織を用いてそのゲノム情報を解読し、マンモスを現代に蘇らそうとする計画もあります。とはいえ、現段階ではゲノムをデザインできるほど、我々は生物のゲノムを理解していませんし、たとえ塩基配列を並べてゲノムを構築できたとしても、そのゲノムを自由自在に操って、遺伝情報を発現させることができるとは言えません。

■ 複雑な制御機構

ゲノムには膨大な量の情報が含まれていて、無秩序に発現しても生物という複雑なシステムは正常に作動しません。何億年もの進化の過程で生物は、幾重にも積み重なった複雑なゲノム情報の制御機構を獲得しています。私が研究している細菌の一種である枯草菌は、納豆



菌のごく近い親戚にあたります。枯草菌のような単細胞生物でも、この制御機構は複雑で、環境変化に対応するための制御機構を7つ同時に破壊して、やつと細胞の形態異常という目に見える性質の変化が現れてきました(図)。このようにゲノム情報の発現制御機構を一つ一つ紐解き、詳細な解析を積み重ね、その全容を明らかにし、将来的には枯草菌を元にしてゲノム情報の発現を人為的に制御する細胞系の構築を目指しています。

枯草菌は自分のゲノムに、他の生物由来のゲノムを取り込めることが分かっています。地球上には目に見える生物のゲノム以外にも、ゲノムを発現する生物が培養できないために利用できない多くの未開拓のゲノム資源が眠っています。このようなゲノムも前述の細胞系で自在に発現制御できれば、全く新しい生物機能の発見やその利用も可能であると考えています。

≪12年11月28日 埼玉新聞掲載≫



7つの制御機構を破壊することで、野生株(図左上)と比べて細胞の形態異常が観察された。

流動のデザイン

人間支援・生産科学部門 機械工学コース 平原 裕行 教授



1. 乱流というもの

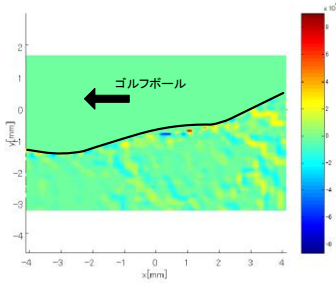
私たちの身の回りは、流体に満たされています。流体の運動そのものが物質の輸送であり、圧力の変化が伝わり、熱のエネルギーや運動のエネルギーを伝えます。流体は連続し変形する物質として捉えられていて、変形しながら運動量やエネルギーを伝え、また、その中を波動が伝わっていきます。これまでに、流体の運動解析の中心となってきたのは、乱流というテーマでした。この乱流に関しては、乱れの発生からそれが媒質全体に伝わっていく、分子のレベルにまで拡散していく過程が明らかになってきて、かなりの部分が解明されてきました。乱れ始める時に、ある一定の大きさを持つていた変動が、周りの変動との干渉によって次第に小さな空間スケールへの変動へと発展していきます。この過程こそが、物理学で非線形問題と呼んでいる部分で、流れの力学の問題を困難にしている部分です。乱流の非線形問題は、初期の

乱れ、あるいはその後の乱れに依存し、無秩序に（これをカオスと呼びます）発展していくために、数学的にきれいに解くことはできません。乱流は、ほとんどこのような発展を繰り返していつて、通常、数 m 程度（ $m \ll 100$ ）の非常に小さな単位の渦の集まりとなります。そして、最終的にはその小さな運動は、分子レベルの変動となつて熱として消散されてしまいます。

2. 流れ・音・エネルギー

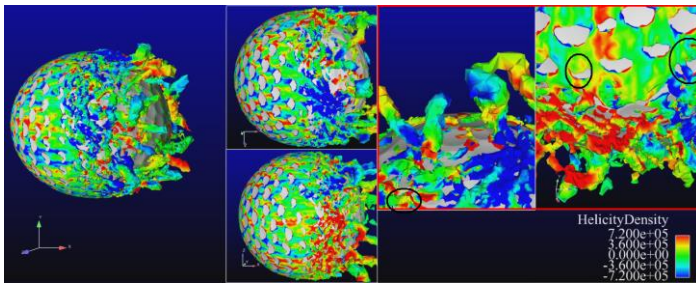
流体の運動そのものが、上述のような変動の発達過程を経るのですが、それは数 $m \ll$ 数 $100 m$ /s程度の速度での変化と、数 m から数 m の空間において発生している現象として捉えていいでしょう。これに対して、流体が関連した現象は、音の発生と伝播、波動の伝播、衝撃波の伝播や、熱の伝導なども関連しています。これらは、流体媒質の変動が関係するのですが、現象的にはまったく違う時間スケールで変化が進行します。音の伝播

は常温であれば空気中を340 m/sで進みますし、相対的には長い経路を何回も往復して共鳴を起こしたりします。また、熱の流れは、流体の流れの速度に相対的に数十倍から数百倍の時間をかけて拡散していきます。従来はこれらを個別に取り扱っていましたが、現在は、このような熱や音の伝播と輸送問題をmm、msのスケールから通常のスケールまでを同時に解析していく手法の発展が進んでいます。このような解析手法の進展の中においても、上に述べたように流れのデザインには無数の答えが存在しているので、ミクロな部分をいじる、あるいはこれまでの既存概念から離れて考えられたちよつとした発想が、新しい思いもかけない効果を生むという成果が次から次へと発表され続けています。



飛翔しているゴルフボールのディンプル近傍の気流の速度を計測した結果。ディンプル(下側を向いているくぼみがディンプルの断面)の周りに見える濃淡が渦の存在を示しています。

目次へ



バックspinしながら飛翔するゴルフボール上のディンプルによって生成される瞬間的な渦の構造を、数値計算によってシミュレーションしたもの。多角的な角度から表現しています。

歪みをもつ三員環化合物

物質科学部門

基礎化学コース

杉原

儀昭

准教授



■三員環化合物の歪み

炭素原子三つが正三角形で結合した飽和炭化水素のシクロプロパンの環内結合角は 60° である。メタンの結合角 109° との差が角度歪みとなり、その解消を反応促進力として利用できるため、シクロプロパンはメタンよりも反応性が高い。シクロプロパンの一つの炭素が酸素に置き換わったオキシラン(1)は、有用化合物合成の原料として幅広く用いられている。オキシランの合成法はこれまでに数多く開発されており、その中でもアルケンを原料とする合成法の研究は現在も活発に行われている。オキシランの酸素が硫黄に置き換わった化合物がチイラン(2)である。硫黄は、酸素と同じ第16族元素であり、周期表で酸素のすぐ下に位置する。幅広い種類の酸化数をとれることや、同一元素が連なった鎖状結合をつくりやすいことが、酸素と大きく異なる性質である。これら特性を活かすことで、チイランはオキシランよりも

幅広い利用が可能である。しかしながら、高屈折率プラスチックレンズのモノマーとして用いられているが、チイランの利用例はオキシランにくらべて圧倒的に少ない。その理由の一つとして、簡便で汎用な合成法がないことが挙げられる。実験室では、オキシランの酸素原子を硫黄原子に置換する合成法が利用されているのが現状である。いかに簡単にチイランを合成するか、それが私たちの目標である。

■硫黄の数の制御

単体硫黄(S_8)は、硫黄の安定な同素体であり、八つの硫黄原子が王冠状に連なった構造をもつ。安価な硫化剤であるが、アルケンと反応させるときには熱や活性化剤を必要とする。一般に、アルケンと単体硫黄を加熱すると、ゴムの加硫のようにポリマーを与える。私たちはこれまでに、ある種の環状アルケンの硫化が、ポリマー化することなく、硫黄原子が五つ取り込まれた七員

環化合物を与えることと、かさ高い置換基が結合したアルケンの硫化が、立体化学を保持したチイランを生成することを明らかにした。⁵⁾を用いた硫化では、導入する硫黄の数をアルケンの構造で制御することしかできない。最近私たちは、加硫促進剤(3)と酸無水物の組み合わせや(4)を用いると、かさ高い置換基をもたないアルケンをチイランに変換できることを見いだしている。現在、(3)や(4)とは異なる骨格をもつ硫化剤を用いた、さらに汎用なチイラン合成法の開発を検討している。また、チイランについての新たな知見を得るための検討では、チイランイミド(5)の単離に初めて成功している。溶液中、室温で(5)が四員環化合物(6)へ環拡大することも見いだした。

■今後の展望

汎用なチイラン合成法の開発は、チイランの化学の発展に大いに寄与するものである。また、含硫黄有用化合物合成の出発物質の幅や経路の選択肢を広げられるので、有機エレクトロニクスに代表される化学工業の発展にも寄与できるのであろう。

《12年12月12日 埼玉新聞掲載》

無線からワイヤレスへ

数理電子情報部門

電気電子システム工学コース

木村 雄一 准教授



テレビや携帯電話を始めとして、電波を利用したシステムやサービスは発展を続けています。テレビ放送は2011年7月にデジタル放送(地デジ化)に移行しました。これまで以上に鮮明な映像を見られるようになっただけでなく、データ放送などの新しいサービスも開始されました。携帯電話はその役割を音声通話からデータ通信に比重を移しつつあります。特に、スマートフォンの普及により通信量が急増しているため、一層の高速な通信環境の整備が求められています。最近の例では、2010年からLTEと呼ばれる新しい高速な通信技術が提供されています。

■ 技術の進化・高度化

電波を利用するための技術の進化に伴い、電波を送受信するためのアンテナ技術にも一層の高度化が求められています。最近の携帯電話は通話やデータ通信の機能だけでなく、GPS、Bluetooth、ワンセグ受信など

様々な機能が搭載されています。通信の仕組みそのものについても、従来の通信規格に加えて、WiFi(無線LAN)やWiMAXなど複数の通信回線が利用されるようになりました。これらの機能では異なる周波数が利用されるため、携帯端末の内部には複数のアンテナが取り付けられています。また、自動車に着目すると、テレビ、ラジオ、キーレスエントリー、GPS、ETCなど、目的に応じて複数のアンテナが設置されています。

■ 平面アンテナ

このような状況に対応するため、当研究室ではマルチバンド平面アンテナの研究開発に取り組んできました。平面アンテナは厚さ1 mm程度の誘電体基板を用いて製作され、主にGHz帯以上の高い周波数で用いられるアンテナです。小形、薄型、軽量であり、低コストで大量生産が可能という特長があります。アンテナは通常一つの周波数で利用するものですが、当研究室は

複数の周波数で利用できる新しい平面アンテナを開発しました(写真)。

■ 研究スタイルも変化

電波はこれまで「無線」と呼ばれてきましたが、最近「ワイヤレス」と呼ばれることも増えてきました。ワイヤレス時代となった今日、アンテナ技術についても様々な新しいニーズが寄せられています。また、言葉の変化は研究スタイルにも変化を与えています。これまででは多数のアンテナを試作して実験を繰り返していましたが、最近は電磁界解析シミュレータを活用してコンピュータ上で研究を進めることが主流となつていきます。無線からワイヤレスへ、時代の変化に対応すべく当研究室では新しい平面アンテナ技術の研究開発を推進しています。

≪12年12月19日 埼玉新聞掲載≫



開発されたマルチバンド平面アンテナ

音声処理での雑音との戦い

数理電子情報部門

情報システム工学コース

島村徹也 教授



■新しい試み

音声処理は、デジタル信号処理の発展とともに、その歴史を育んできました。現在の携帯電話での実到手軽な音声通信は、これまでの音声処理研究の結晶と言つても過言ではありません。しかし、時代が進展して行くにつれ、人間の要求は高まっています。ことに、近年における雑音環境下における音声処理の強靱性の追求は、大きなトピックになっています。信号処理的に雑音を抑圧する試みもあれば、最近では音声の確率モデルを利用し、技術的進展を追求する流れができてつつあります。しかし、明快な解を求めするにはまだまだ遠い感じがあるのは否めません。そんな現況において、新しい技術展開を目指した試みを行っております。その中心となるのは、骨伝導です。

■二つの音声

我々の聴覚は大きく二つに大別される音声を聞き取

つています。一つは気導音声と呼ばれる空気の振動としての音声と、もう一つは骨導音声と呼ばれる骨の振動としての音声です。

留守番電話に自分の声を録音し、それを後で聞いたときに、自分の声に違和感を覚えた経験はありませんでしょうか。通常は、異なる音声に聞こえるはずですがなぜなら、我々は発声するとき、肺からの空気の圧力で声帯を振動させ、そこで作られた音源信号と呼ばれる信号を口の開け方を変えて音声信号に変え、それを気導音声として聴覚に届けています。しかしこのとき、声帯の振動は空気を振動させるのみではなく、我々の骨部も振動させ、骨伝導として骨導音声をも聴覚に届けているのです。つまり、我々が自然発声するとき、故意に耳を塞がなければ、同時に自分の気導音声と骨導音声聞いてしまうこととなります。留守番電話には、骨導音声は届かず、気導音声のみが録音されるので、必

然的にいつも聞いている自分の声は異なつて録音されるわけです。

■骨導マイク

私は、骨導音声にたいへんに興味があります。骨伝導と呼ばれる現象は、デジタル信号処理が発展する遙か以前から知られておりました。しかし、その本質は中々掴めておりません。例えば、マイクとして骨伝導を利用することを考えてみます。すなわち、我々が自然発声したときに生じる骨導音声を、骨部の振動をピックアップして取り出すわけです。このような機能を有するマイク（スマートフォンを骨導マイクと呼んでおります。図1には、頭部に取り付けるヘッドギアタイプの骨導マイクを装着した様子があります。骨導音声は、図2にあるように、気導音声（図2(a))に比べ骨導音声（図2(b))は高周波成分が減衰される傾向にあります。よって、音質的には、骨



図1 骨導マイク

導音声の方がこもった感じになり、骨導音声のみを聞くと自然性に欠ける感があるかもしれません。そこで、骨導音声の高周波数成分を強調して、その音質を気導音声に近づける試みをしてきました。その一つの処理例が図2(c)になります。

骨導マイクは、極めて悪条件な騒音環境下においても、直接話者の骨部の振動から話者の声をピックアップできます。したがって、骨導音声を通信に利用すれば、相互に高騒音下にいる人同士でも、スムーズな情報伝達が可能になるわけで、このような新しい音声通信システムの実現を目指し、研究を進めております。

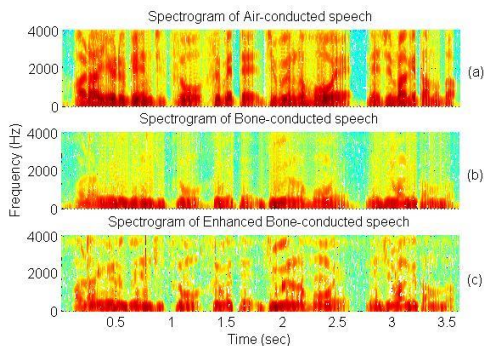


図2 スペクトログラム

重い中性子ハロー核に迫る

物質科学部門 物理学コース 鈴木 健 教授



■ 原子核の世界

私たち人間や地球は全て原子から出来ています。その原子よりもおよそ十万分1の1倍(野球場のホームベースからバックスクリーンまでの距離約100mとホームベース上に置かれた砂粒1ミリの関係が対応します)小さい原子核という対象を研究しています。ふつう、原子核ではプラスの電気を帯びた陽子と電氣的に中性な中性子とが混ざりあって構成されていますが、「中性子ハロー原子核」とは外側が中性子だけで覆われた原子核の事です。おぼろ月(日食で例えると金環日食の)のような光の輪に似た中性子のイメージがその語源になっています(図・中性子ハローのイメージ参照)。

■ 質量数

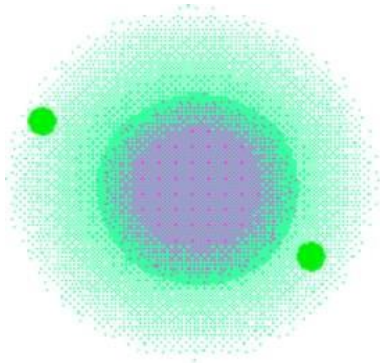
中性子の数と陽子の数の和を「質量数」と言い、理学研究所(埼玉県和光市；図・実験を行った理研加速器施設(青や緑色は電磁石)参照)での実験からハロー原

子核であると明らかになったのは「炭素—22(陽子数6・中性子数16)」です。天然に存在する安定な炭素の「質量数」は 12 もしくは 13 で、化石等の年代測定に使用されるものは 14 (陽子数6・中性子数8)です。元素の周期律表にあるように元素は陽子(その廻りを廻っているマイナスの電気を帯びた、陽子の同じ数の電子)の数で決まり物質の性質も陽子の数で決まっています。例えば、元素番号順に水素(1)・ヘリウム(2)・リチウム(3)・ベリリウム(4)・ホウ素(5)・炭素(6)……と言った具合です。そして中性子の数は物質の性質には関係ないと考えられています。これまでに中性子ハロー原子核としてリチウム—11、ベリリウム—14、ホウ素—17などが知られていました。実際の実験では大きさを測定して判明しました。原子核の半径は質量数の $1/3$ 乗に比例しますが、ハロー原子核ではこの法則が成立しません。

■ 中性子物質に向けて

ある元素で質量数が大きくなっていくにつれて、その寿命は短くなるので直ちに応用に結びつきませんが、超伝導でも最初の発見から50年余以上経つてようやく実用化がなったように、より重い(質量数の大きな)ハロー原子核の発見は、いずれは中性子だけで出来た物質に繋がるものと期待されます。宇宙には中性子星という例もあります。余談になりますが理化学研究所の実験では若い大学院生たちが昼夜を問わず活躍してくれました。また同所での113番元素発見の研究にも埼玉大学の大学院生が活躍した事を附記したいと思います。

≪13年1月16日 埼玉新聞掲載≫



スライムからセラミックス

物質科学部門 応用化学コース 攪上 将規 助教



■ ナノ構造体

セラミックスは「熱処理によって製造された非金属の無機質固体材料」と定義され、有機材料、金属材料とともに私たちの生活を支えている材料です。セラミックスの多くは、固体の反応原料の複合体を高温で加熱・焼成(す)することで工業的に合成されています。この方法は固体中の原子(イオン)を移動(拡散)させて反応させるため、多大なエネルギー(高温)を必要とします。そこで私は、反応因子ができるだけ近くに、より反応しやすいように配置された“ナノ構造体”の構築を目指しました。これを前駆体とすることで、特殊な原料を用いることなく、より穏やかな条件(低温)でのセラミックス合成を実現しています。

■ 炭化ホウ素

例として「炭化ホウ素」の合成を紹介します。あまりなじみのない物質かもしれませんが、ホウ素の炭化物で

ある炭化ホウ素(B₄C)は代表的な非酸化物セラミックスで、高硬度、低比重、高比剛性である(構造用セラミックスの中では最も硬くて軽く、変形しにくい)ことから、研磨材、耐摩耗材料、高温構造材料、中性子吸収材料などに使用されています。この炭化ホウ素の工業的製法は原料の混合物を2000℃以上の高温で焼成するというものであり、合成温度の低温化が要求されています。

セラミックスの低温合成法の一つに、有機化合物を利用する方法があります。有機化合物は反応性に優れ、目的とするセラミックスの構成元素を含む化合物を作ることができま。原料粉末の単純混合と比べて構成元素の分散性が格段に向上することから、合成温度の低温化が可能です。

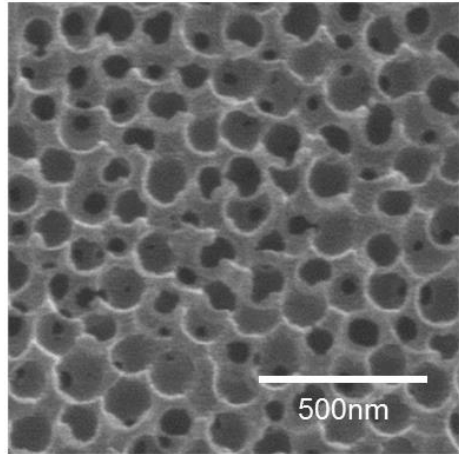
炭化ホウ素の構成元素は「ホウ素」と「炭素」です。ここで登場するのが“スライム”です。文化祭などでよく目

にするスライムは、洗濯のり（ポリビニルアルコールという有機高分子が主成分）とホウ砂（ホウ素を含む物質）を反応させて作ります。有機化合物は主に炭素からできています。そう、スライムはホウ素と炭素を含む化合物なのです。このスライム（研究ではホウ砂ではなくホウ酸を使っています）を熱処理すると、図のようなナノ構造体が得られます。これを前駆体とすることで、1250℃の焼成（一般的には高温ですが、2000℃よりはかなり低温です）で炭化ホウ素粉末の合成に成功しています。

■ グリーンプロセスング

スライムはありふれた物質から簡単に作るができます。このような化合物を利用して優れたナノ構造体を構築することで、最終的なセラミックス合成における反応性を制御することができます。ありふれた原料から省エネルギー・低環境負荷で高性能材料を合成する“グリーンプロセスング”を実現する手法として、この合成アプローチに期待しています。

〈13年1月23日 埼玉新聞掲載〉



スライムを熱処理することで得られた
ナノ構造体(炭化ホウ素前駆体)

ひねくれ者の幾何学

数理電子情報部門 数学コース 岸本 崇 准教授

流行に身を委ねて生きるのは気楽です。最先端を気取ってかっこをつけていれば良いんですから。でも何だかしつくりきません。単にひねくれ者なんでしょうか、私は、時代遅れと言われても、少々ズレている人・モノに魅力を感じる性分です。そんな性分は、私の研究にも反映されています。

■代数幾何学

私の研究分野は大きな括りでは代数幾何学と呼ばれています。ざっくり言うと、局所的に多項式系で定義されている図形(代数多様体)の構造の解析に関心があるのですが、・・とにかく図形と言っても一般には目に見える訳ではありません。目に見えないので、どうしても外見ではなく内面的な本質に迫らなくてはいけません。確かに、実在しないというのは厄介なのですが、逆に考えれば外見に囚われない自由な発想を巡らせることができるといことが、空想癖のある自分にはピッタリです。

とは言うものの、代数多様体の心のうちを理解するのは一筋縄にはいきません。そこで色々な道具を援用します。代表的な道具としては、代数群と呼ばれるモノがあります。「代数群を、代数多様体に作用させる」と専門用語を用いて言いますが、直感的には代数多様体を輪切りにしていき、より小さい、より理解しやすい代数多様体を積み重ねたモノとして見るといった感じですよ。

■代数多様体をキャンバスに

この際、代数群の作用に関して、ある意味で不変な部分が必要になってきます。一般には代数多様体の部分集合や点は群作用に身を委ねて、じわ〜と動いていくものなのですが、中には微動だにしないひねくれ者がいます。しかし侮るなかれ、実はこのマイノリティーのひねくれ者達が全体の代数多様体を理解する本質になる場合が少なくありません。具体例を挙げている程のスペースの余裕はなく、しかしながら巧く代数群作用を端



的に表現することも難しい。敢えて言うのであれば、代数群という概念は絵の具、代数多様体は少しくセのあるキャンバスで、絵の具をどのような具合にキャンバスに塗りたくるのかという部分が群作用といった感じであろうか。更に、絵画の際立った特徴が、作用で不変な部分に対応しているように思われる。絵の具、キャンバスは予め用意されているものだが、いかに描くかという部分が画家の腕・アイデンティティーの見せ所である。

■ センス

同じ様に、代数群、代数多様体は用意しておいた上で、巧い作用を見つけることができるか？、その作用に関して不変な部分を見つけることができるか？、もっと言えばそれら不変な部分に何らかの法則性を見い出すことができるか？、という問いかけに対して、いかにアプローチをして答えを導き出すかが数学者に求められるセンスである。せつかく面白い代数群を準備しても、肝心の代数多様体の選択を誤ると作用は存在しないことも多い。そういう意味では素材選びの勘・センス、また必要に応じて温故知新で先代の諸結果を踏まえて素材の改良も求められることもしばしば。たとえ巧くはなくても、味・個性のあるような絵画を描き続けていきたい。今日も頭の中のアトリエに籠ることにします。

デジタルデータとナノ磁石

物質科学部門 機能材料工学コース 柿崎 浩一 准教授



■ HDD

現在、私たちはスマートフォンを始めとして様々なデジタル機器に囲まれて生活しています。ところで、皆さんはデジタルデータがどんな形をしているか考えてみたことがありますか？もし、デジタルデータの1つ1つが小さな棒磁石だと言ったら驚かれるでしょうか？コンピュータが発明されて以来、デジタルデータの入れ物として現在まで長らく使われてきたのがハードディスクドライブ(HDD)です。先程述べたデータ1棒磁石というのはこのHDDの中における情報の形を説明したものです。写真や音楽などのあらゆるデジタルデータは、パソコンの中にあるHDDに長さ約10 nm(1/100000 mm)の棒磁石の集合体に形を変えて保存されています。

■ バランス

ハードディスクドライブの高性能化の歴史は、この棒磁石をいかに小さくしてたくさんデータを1つの入

れ物に詰め込むかということに尽きると言っても過言ではありません。では、磁石を小さくするなどのような問題が起これるのでしょうか？実は磁石が磁石として機能するためにはある一定以上の体積を必要とするのです。これは磁石が持つ磁気エネルギーが体積に比例することと関わっていて、磁石が小さくなると磁気エネルギーが弱まり、熱エネルギーによって磁石の機能が消失してしまうのです。これは保存したデータが消失することを意味するため、何としても避けなくてはなりません。では、どうするか？小さくても熱エネルギーに負けないような強い磁石にすれば良いと思います。強い磁石にするためには結晶学的な磁気異方性を高める必要があります。この磁気異方性とは磁石のN極とS極が結晶のどの方向に向きやすいかといった指向性の強さを表すもので、これが大きいほど決まった方向にしか向かない頑固さを持つことになります。つまり熱エネルギーに負

けない強さを持つことになります。しかし、磁石を強くするとまた新たな問題が発生します。HDDにおいてデータの書き換えは棒磁石の向きを変えらることで行いますが、強い磁石の向きを変えようとするとその周りにある磁石も引きずられるように向きが変わってしまうのです。この問題を解決するためには棒磁石同士の距離をある程度離してあげる必要があります。しかし、距離を離しすぎると磁力が弱まって・・・また最初に戻ってしまいます。これをHDD性能向上のトリレンマと言って、現在のHDDはこれらのバランスを高度に取って造られているのです。

■ ナノスケール

では、当研究室で開発している磁性薄膜について簡単に紹介しましょう。磁石の材料としてはFePt合金を使用しています。これは図に示すようにFeとPtが交互に積層された超格子を形成することで非常に大きな磁気異方性を示すとして現在注目されている材料です。これをプラズマ重合反応によって形成したフッ素系樹脂の中に埋め込むことで磁石同士の距離を一定に保つことを狙っています。電子顕微鏡像の灰色の部分が樹脂で黒っぽい部分が磁石の粒子です。このようにナノスケールで薄膜の構造をコントロールして新たな機能を発現させることを目的として研究・開発を行っています。

途上国の廃棄物処分問題

環境科学・社会基盤部門

環境社会基盤国際コース

川本 健 教授



■健康被害と環境劣化

開発途上国の多くの自治体では、一般家庭や事業者から排出されるゴミ(以降、単に廃棄物)の処理・処分に問題を抱えています。特に、収集された廃棄物が最終的に運び込まれる最終処分場の大半は不衛生な開放投棄式(オープンダンプ)で、その周辺域での健康被害の発生や深刻な環境劣化を引き起こしています。

これらの最終処分場の問題改善を目指して、日本を含む多くの援助国が処分場建設や修復事業などの支援を行っています。しかし、支援を受けた政府や自治体が、建設された最終処分場を運営するための予算が確保できない、処分場施設を適切に維持管理するための自治体職員の技術的能力が乏しいなどの理由により、処分場を建設・修復しても数年で元の不衛生な状況に戻ってしまうといった事例も多く見られます。

■持続性の担保

このような途上国における廃棄物の最終処分場問題を解決するためには、対象とする相手国の社会的・経済的・技術的制約条件を十分に明らかにした上で、持続性が担保される形での低コスト・低メンテナンス・低環境負荷の環境汚染防止技術や処分場修復技術の開発・導入が不可欠になります。さらに、日本側研究者のみならず、自国の事情に精通した相手国研究者・専門家と共同で技術開発を進めることが鍵を握ります。

私は、現在 SATREPS の研究課題「スリランカ廃棄物処分場における汚染防止と地域特性を活かした修復技術の構築」(代表:本学田中規夫教授、H23~H27年度)に日本側主研究取組者として参加しています。SATREPS とは、独立行政法人科学技術振興機構(JST)と独立行政法人国際協力機構(JICA)が共同で実施している地球規模課題対応国際科学技術協力事業です。日本からは本学環境科学研究センターの他に、

埼玉県環境科学国際センター、産業技術総合研究所、早稲田大学が参加し、相手国であるスリランカからはペラデニヤ大学・ルフナ大学と廃棄物管理に関係する政府系機関が本 SATREPS に参加しています。

■ 地域特性

SATREPS では、地域特性を活かした技術開発として、現地で入手が容易なココ椰子殻の繊維や粉体を活用した汚水・重金属処理システムの開発、ココ椰子オイルを添加した土材料の遮水性評価、コンポスト添加覆土による埋立ガスの無害化評価などを行っています。これらの研究・開発を通して確立された技術や指針が、近い将来に最終処分場の持続的な汚染防止・修復技術として現地で導入・普及されることを期待しています。

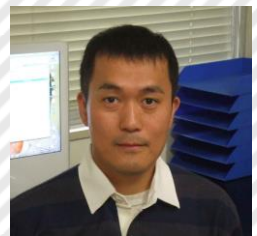
《13年2月13日 埼玉新聞掲載》



ゴミ山(廃棄物処分場)調査に向かう日本・スリランカ合同研究チーム

生物時計の意義とその応用

生命科学部門 生体制御学コース 足立 明人 准教授



■ 概日リズム

地球は24時間周期で自転します。そのため、季節によつてその長さは異なりますが、昼と夜という全く異なる環境が24時間周期で現れます。多くの生物はこの太陽の光周期をもとに正確に24時間周期で活動を行います。にもかかわらず、ほとんどすべての生物は常に暗いような、時間のたよりのない環境(恒常条件)でも、約24時間周期で活動することができます。それは生物の中には時計(生物時計)があるからです。この時計によつて発振される約24時間周期のリズムを概日リズムと呼びます。概日リズムは「概ね」「1日」のリズムを意味し、正確に24時間ではありません。ここでは、その生物時計の特徴とどうして生物の中に時計が必要なのかを説明したいと思います。

■ 制御する遺伝子

生物時計は、原核生物のシアノバクテリアからヒトに

至るほとんどの生物で概日リズムは観察され、一方、概日リズムを制御する遺伝子はヒトと昆虫(シヨウジョウバエ)の間で構造的特徴が同じです。そのため、進化的にかなり保存された現象であり、時計を持たない生物は進化の過程で淘汰されてきたと考えられています。生物時計の特徴として、恒常条件下で自律的に発振が可能点(自律性)、生物時計はまた自律的に発振するだけでなく、環境の周期に同調した発振が可能点(同調性)、また、温度変化にも影響されず、安定した周期で発振が可能点(温度補償性)の3つが挙げられます。特に、同調性では、時計を早めたり、遅らせたりして、時計のずれを毎日修正し、正確な24時間周期の発振を可能にしています。さらに、時差のある国に行つてもその場の環境周期に時計を合わせる事が可能です。

■ 規則正しい生活

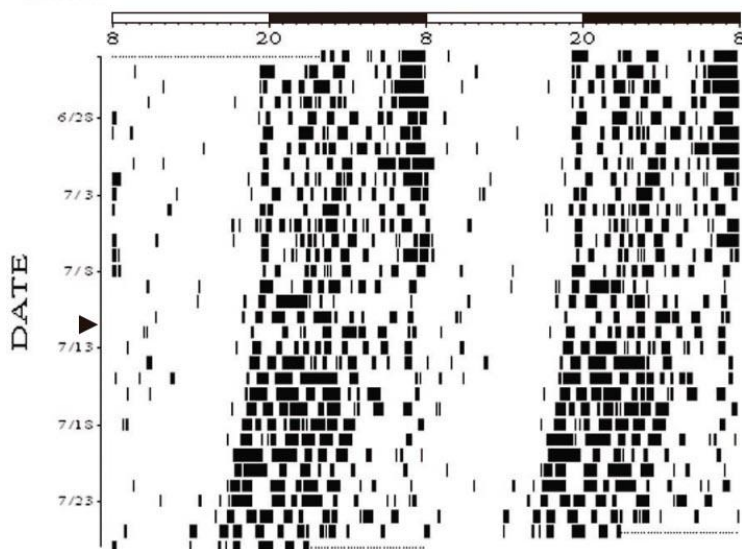
生物は時計を持つことで様々な恩恵を受けていま

す。有名なところでは鳥の渡りやハチの人の字ダンスにおいて方向決定に使われています。また、花の開花や動物の性行動など、日長に依存した1年に一回の反応(光周性)でも生物時計が使われています。また、セミの羽化では、環境が変化する前に羽化の準備をし、天敵から身を守っています。ヒトでも体温や血圧は概日リズムを示しますが、目覚める前に徐々にあがり、活動に備えています。概日リズムは行動、体温、血圧以外にも代謝、細胞周期など様々な基礎的な生理現象で観察されています。最近の研究によつて、概日リズムを示さないネズミは睡眠や行動のリズム異常だけでなく、代謝異常による肥満、ガン発症率が増加することが報告されています。一方、ヒトでも交代勤務などによる生物時計の攪乱が同様の疾患をもたらすことが報告されています。

このように生物時計はほとんどの生物が持つというだけでなく、その重要性も明らかにされています。「規則正しい生活」は「生物時計に忠実な生活」と同義であり、健康に直結すると考えられます。近年、生物時計に基づいた睡眠産業が注目を浴びています。是非とも「早寝早起きの生活」を心がけたいものです。

《13年2月20日 埼玉新聞掲載》

ID2-36



川虫を通じた環境保全

環境科学・社会基盤部門

環境制御システムコース

藤野 毅 准教授



■ 川の虫の知らせ

「虫の知らせ」と言えば、心の不安が的中することなど、決して良いことの例えには用いられないが、川の虫の知らせは河川の健全性のバロメーターであり、私たち人類にも大変重要な役割を果たす。カゲロウ目(E)、カワゲラ目(P)、トビケラ目(T)、およびその他の目において何種類の虫がいたかを、河床に置いた狭い鉄格子内の石をひっくり返して知る。その生態は様々であるが、トビケラ目は成虫になるまで石に巣を作り、数ヶ月から半年程度も大きな出水が無い限り同じ場所に留まる。水中に重金属が微量でも存在すれば体内に高い濃度で検出され、過去に遡った水域環境を評価できる。不幸なことに、原発事故で汚染された河川では、世代交代を繰り返しても今でもトビケラの体内から高いレベルの放射性セシウムが検出される。セシウムは水中でイオンになるが、より細かな粒子状態濁物に付着し、それが

餌として取り込まれる。

■ 活気あるミャンマーの裏側

今年度から「イラワジ川源流部の環境保全と技術供与」という主旨でミャンマーの環境調査が実現した。当該地域は金の採掘が盛んで、精製のために高濃度の水銀の流出が懸念される。残念ながら政情不安のため、西部アラカン山脈の少数民族が支配するチン州で河水質と底生生物種を調べることになった。しかし、ここは生物多様性が高く、薬用資源の宝庫としても知られる美しい景観の中、家畜と共に暮らす彼らの生活は前世紀まで自給自足で賄われ、狩と焼畑農業が伝統として残る。そんな地域も貨幣経済が導入されて少しずつ豊かになるも、蒟蒻をはじめ、より高い生産効率が求められて肥料が大量に散布され、焼畑の周期も大幅に短くなった。衛星写真とGIS(地理情報システム)で解析すると、多種多様な虫が生息する流域面積の三割近くが

焼畑で占められる。雨季には高い窒素を含んだ大量の土砂が河川に流出する。この三月にこうした現状を小型発電機で電気を起こしてスライド描写し、六つの集落の村長と森のレンジャーに報告し、持続可能な森林資源の利用に向けた社会調査も実施する。

■我が国の経験を生かし、学ぶ

水俣病は有機水銀の生物濃縮によりその被害が深刻化した。当時、生物濃縮機構の説明も川の生態系を例に行われた。ヤンゴンの数少ない学会で、鉱山技術者や法律策定の専門家に対し、日本の環境政策の変遷をドキュメンタリーDVDを用いて講演したが、当時の日本および民衆の姿を真剣な眼差しで見ていたのが印象的であった。かつて「おしん」で泣き、今は「韓流ドラマ」で湧き上がるミャンマーで、まずは、現地で大量に利用できる籾殻や石膏といったローテク浄化技術を提案している。一方、チン州の豊かな自然と、何世紀もの間、その一部として暮らす彼らの生活様式から多くのことを学ばせてもらっている。

《13年2月27日 埼玉新聞掲載》



ミャンマー産のヒゲナガカワトビケラ科と巢

生命を支える鉄と硫黄のクラスター（集合化合物）

生命科学部門 分子生物学コース 高橋 康弘 教授



コファクターの機能

タンパク質のなかには、補欠分子族またはコファクターと呼ばれる有機化合物や金属を含むものが多数存在しています。例えばヘモグロビンは、コファクターとして鉄原子を結合したヘムを含んでいます。このヘムがなければ酸素を結合して運搬するという芸当はできません。このように、コファクターはアミノ酸だけでは苦手な反応を進めるのに重要な役割を担っているのです。鉄硫黄クラスターというコファクターを持つタンパク質は、総じて鉄硫黄タンパク質と呼ばれています。ヒトでは40種類以上、大腸菌では150種類以上の多種多様な鉄硫黄タンパク質が知られており、それらは呼吸鎖電子伝達系やクエン酸サイクルなどのエネルギー代謝、アミノ酸やヌクレオチドの合成／分解、さらには遺伝子の発現制御などに関与するものなど、さまざまな機能を担っています。

■鉄硫黄ワールド

鉄硫黄クラスターは不安定な錯体化合物です。特に酸素や活性酸素に不安定で、壊れるとタンパク質からはずれてしまいます。このようなものをコファクターとして用いている理由は、生命がたどってきた歴史にあります。今から40億年ほど前の地球には酸素がほとんどなく、海底の熱水孔周辺で鉄イオンと硫化物イオンから硫化鉄(FeS)さらに黄鉄鉱(FeS₂)という鉱物が生成していました。このとき生じる自由エネルギーを利用して、また鉱物の表面を触媒・鑄型としてさまざまな化学反応がおこり、これを発端として最初の生命(独立栄養細菌)が誕生したというのが“鉄硫黄ワールド”説です。このような環境では、鉄硫黄クラスターの形成など、いとも容易いことだったでしょう。その後、酸素が出現するようになると、不安定な鉄硫黄クラスターを作るために、後述の大きな装置(マシナリー)を必要とするようになりました。一方、不安定なことを逆手にとって、

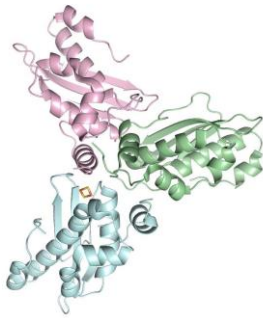
鉄硫黄クラスターを酸素濃度などのセンサーとして利用するタンパク質も現れました。真核生物のDNAポリメラーゼ(複製酵素)もそのひとつで、活性酸素の多い危険な条件では鉄硫黄クラスターが壊れて不活性型になり、しばらくの間DNAを複製しないで耐え忍ぶということに役立っています。

■ 世界の先駆け

鉄硫黄タンパク質の機能を支えているのが、鉄硫黄クラスターの生合成系です。私たちは、世界に先駆けて2種類の生合成系を見出しました。鉄硫黄クラスターは比較的簡単な構造ですが、その生合成系は多くのタンパク質が関与する大がかりな多成分酵素系(ミンナリー)です。では、そのミンナリーによって、どのようにして鉄硫黄クラスターが作られるのか? そのメカニズムを明らかにするためには、それぞれのタンパク質成分の構造や性質、相互作用を知る必要があります。なかでも重要なのは、ミンナリーの核となる成分、IscU(図)です。このタンパク質は、硫黄原子と鉄原子を受け取り、鉄硫黄クラスターの形に組み立て、それを多種多様なアポタンパク質へ引き渡すという中心的な役割を担っています。メカニズムには不明な点が多く残されていますが、その解明

は、鉄硫黄タンパク質を利用した物質生産や、生合成系の変異に起因する遺伝病の治療に役立つと期待されます。昨今の経済状況により、産業に繋がる目的指向型の応用研究が奨励されていますが、なんといつても、はじめりは基礎研究です。

《13年3月6日 埼玉新聞掲載》



IscU タンパク質の結晶構造。非対称な三量体の中に鉄硫黄クラスター中間体をひとつだけ結合している。このタンパク質は、立体構造を変幻自在に変化させる特性を持つことも分かってきた。

見えないきずを見る

人間支援・生産科学部門 機械工学コース 加藤 寛 教授



■ 非破壊的な検出

私どもの研究室では、機械に関わる材料について教育や研究を担当してきています。今まで、多種多様な研究を行ってきましたが、ここでは最近行われた研究の中から、部材のボルト締結部に発生した疲労き裂の非破壊的な検出法について紹介しましょう。

機械には、取り外すことを想定してボルトなどで組み立てられている箇所(締結部)が多くありますが、機械は使用に際して繰り返し力の力を受けます。すると、締結部に力が集中して割れ(疲労き裂)が発生し、そのき裂が次第に大きく成長していき、場合によっては締結部で破断し、大きな事故を引き起こします。

■ 超音波

機械を安全に使うためには、このき裂が発生したら、できるだけ早く見つける必要があります。しかし、き裂はボルト穴の近くの部材同士が接する面(内側の面)に

生じるため、外からこれを見ることはできません。そこで、私どもの研究室では部材の表面を伝わる超音波(表面弾性波:SAW)を使って、ボルト締結部に発生したき裂を見つける方法を研究してきました。ここで、超音波とは、耳で聞こえる周波数(毎秒20回から20000回程度の範囲)以上の高い周波数を有する振動のことをいいます。超音波検査には毎秒百万回(1MHz)から一千万回(10MHz)程度の周波数の超音波が使われます。

■ 長さもわかる

私どもの研究室で開発した超音波測定システムを写真に示します。水を入れたゴム袋(水袋)中に超音波を発信させるための探触子を挿入し、試験片に押し付けます。この際、探触子が試験片表面に対して斜めになるように取り付けます。この状態で探触子から超音波を水中に発射し、試験片表面に斜めに入射させると、試験片表面にSAWが生じ、試験片表面に沿って伝搬して

いきます。SAWは、ボルトで強く締めた接触面であつても容易に伝わっていき、接触面上にあるきず、例えば、き裂やボルト穴の縁から反射してきます。反射してきたSAWは再び、探触子で受信されます。この測定システムを用いることにより、疲労試験中に超音波測定を行うことができるようになります。特に、部材に加わる荷重(応力)の周期に合わせて超音波を発信させることにより、連続的にしかも高精度でき裂を見つけることができます。

また、部材が繰り返し返しの荷重を受ける際に、その周期に合わせてき裂が開いたり閉じたりしますが、このき裂の開閉口に応じて、き裂から反射してくる超音波信号の強さが変化することも分かりました。図にボルト締結部からの反射波形の変化を示します。この超音波強さの変化から、き裂の長さが推定できます。

《13年3月13日 埼玉新聞掲載》

目次へ

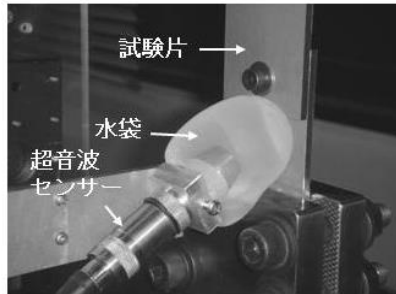


写真 水袋を用いた超音波測定システム

錯体の化学の面白さ

*物質科学部門 基礎化学コース 永澤 明 教授



■錯体とは？

錯体(さくたい)と呼ばれる物質があります。英語ではコンプレックス、複合的構造をもつという意味です。中心にある金属原子が、非金属原子や分子で囲まれて一体となった化合物です。

高校で習う「錯イオン」は、構造が複雑で静電気をもつ錯体のことです。銅原子(Cu)の周囲にアンモニア分子がついて正に帯電し、鉄原子(Fe)にシアン化物陰イオン(青酸カリの成分)が結合すると負電気を帯びるイオンとなります。このような化合物が必ずしも電気を帯びるとは限らないから、一般には「錯体」と呼びます。

私たちは、新しい錯体を設計してつくりだし、原子の組み合わせと構造を調べ、物理的な性質や化学的な反応性を研究してきました。それらが、有用な材料としても、物質の変換を助ける触媒としても、また生命現象を解き明かすにも役に立つからです。

■レアからコモンへ

錯体は日常生活でも多く見かけます。郵便番号読み取りデータを葉書表面にバーコード印刷する赤色蛍光インクとしてユーロピウム(Eu)の錯体が、有機ELディスプレイにはイリジウム(Ir)の錯体が使われ、制がん剤には白金(Pt)が含まれています。

しかし、資源が希少な金属(レアメタル)でなく、どこにもある金属(コモンメタル)を含む錯体が、未来の材料としては必要です。蛍光材料のレアメタルを、岩石の成分で半導体やシリコン油にも使われているケイ素(Si)に置き換えた錯体をつくりました。非金属原子の一部を変えることで、波長の短い青や緑などの蛍光も、強い蛍光も出せるようになりました。

■ロールキャベツと饅頭

生物も錯体を使っています。皮膚の肌色のもとであるシトクロームや血液中で酸素を運ぶヘモグロビンは鉄

(Fe)の、イカなどの緑の血液のヘモシアニンは銅(Cu)の、ビタミンB₁₂はコバルト(Co)の錯体です。これらは、金属原子が電子を貯蔵でき、必要なとき別の物質に与える分子状の畜電池なのです。中心の金属原子は、電子が通りにくいタンパク質で囲まれていて、ちょうど乾電池やロールキヤベツや饅頭が大事な中身の成分を逃がさない構造になっているのと同じです。

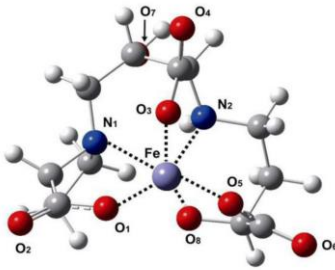
われわれは、同じ発想で、硫黄や窒素原子を含む新しい皮をつくり、鉄、銅、コバルトのほか、金(Au)や銀(Ag)などの貴金属原子も包みこみました。こうして金属原子多数が電線状につながった錯体や、一分子で電子を6個まで貯蔵できる錯体、外部の条件により電子を出し入れできる錯体などができてきました。

■細胞内に運び込む

イネ科植物は、鉄を根から吸収するために、ムギネ酸と呼ばれる物質を分泌して水に溶ける鉄の錯体をつくりまわす。日本の高城博士が麦の根から発見し、mugineic acid が国際名になっています。これと似たEDTAという合成物質は通称「エデト酸」として、石鹼や採血容器に入れてあります。石鹼が溶けにくくなったり、血液が凝固するのを防ぐため原因となるカルシウム(Ca)を取り囲んだ錯体をつくってしまうのです。これらの物質がどのように鉄を捕捉するのか、その錯体がどの

ように細胞膜を通るのかを知るため、モデルとなる物質を使って研究しています。

90種類以上ある金属原子に、20種ほどの非金属原子やその分子がコーディネート(配位)されてできる錯体は、天然やわれわれの生活のいろいろな場面で活躍しているのです。



鉄とムギネ酸の錯体の構造
(コンピュータでの計算による)

≪13年3月20日 埼玉新聞掲載≫

* 現・埼玉大学名誉教授

単一の光子を作り出す

数理電子情報部門 電気電子システム工学コース 矢口 裕之 教授



■ 光の最小単位

光を細かくしていくとそれ以上には分割できない最小単位があります。それがフォトン(光子)です。このフォトンを利用する工学はフォトリソグラフィと呼ばれ、エレクトロニクス(電子)を利用する工学がエレクトロニクスと呼ばれるのと同様です。埼玉大学では、文部科学省からの支援を受けて「フロンティアフォトニクス領域の戦略的研究推進」というプロジェクトを実施しています。「フロンティア」は「最前線の」という意味であり、このプロジェクトの担当者は皆、最前線のフォトニクスに関する研究に取り組んでいます。

■ 暗号技術

私もこのプロジェクトの担当者の一人です。私が実施している研究テーマの一つが、フォトンを一つ一つ作り出すという単一光子発生技術に関するものです。現在、インターネットで買い物をする際に暗号技術が利用さ

れているのはご存知のことでしょう。単一光子を思い通りに発生できるようにすると、決して破ることのできない量子暗号通信を実現することができるようになります。世界の研究者がこのテーマに取り組んでいます。単一光子発生を実現するために様々な方法が提案されていますが、私が行っているのは、半導体(局所的に不純物をドーピングした)局所ドーピング構造半導体を利用するというユニークな方法です。

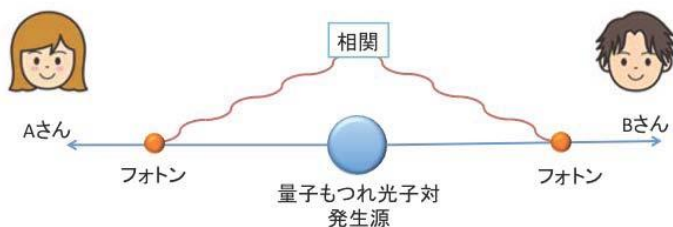
■ フォトンのペア

最近の研究成果として、局所ドーピング構造半導体から励起子分子による発光を観測することに成功しました。なぜ励起子分子による発光の観測が重要かというと、量子もつれ光子対生成への応用が可能となるからです。この量子もつれ光子対とは相互に関係をもっているフォトンのペアのことです。ペアとなっているフォトンの一方をAさんが受け取って、そのフォトンの性質(例えば偏

光)を調べたとすると、もう一方のフォトンがどのような性質を持つているかが自動的にわかります。ですからこのもう一方のフォトンにBさんが受け取れば、AさんとBさんは情報を共有できます。しかもAさんがフォトンの性質を調べるまでは、そのフォトンがどのような性質をもっているかはわからないので誰にも知られることなく二人で情報を共有できるわけです。局所ドローピング構造半導体からの励起子分子による発光に関する研究成果を論文で発表したところ、大変興味をもったとれたヨーロッパの研究グループからEメールで共同研究の申し込みがありました。現在、具体的な共同研究の計画についてEメールを通じて進めているところです。

《13年3月27日 埼玉新聞掲載》

目次へ



化学とコンピュータ

物質科学部門 基礎化学コース 高柳 敏幸 教授



■ 理論化学

理論化学という言葉をご存じでしょうか？理論物理学と言うと、相対論や素粒子論、あるいは宇宙論など、ある程度の世間の認知度があるだろうが、理論化学にはほとんどなじみがないのが実情ではないだろうか。理論化学は、簡単に言えば、物質を記述するのに基本となる量子力学や統計力学を用いて、化学現象の本質を明らかにしようという比較的新しい学問分野である。私は化学反応がなぜ、どのように起こるのかを知りたくて研究している理論化学者である。大抵の方は、化学者と言えば白衣やビーカー、フラスコなどを思い浮かべるだろうが、私は白衣も着なければ、実験もしない。私の主な研究道具は計算機、つまりコンピュータである。

■ 方程式で理解

化学反応は、狭い意味では結合の組み換えであり、この現象を支配しているのは原子の中の電子である。電子

の運動は量子力学の方程式で記述できるので、これを解けば化学反応をすべて理解することができるはずである。化学反応に関わる問題では膨大な数の方程式を解く必要があるので、コンピュータに頼ることになる。現在では、水素や水の分子1個だけであれば、コンピュータで完全に計算でき、実験するよりも正確な答えが得られる。しかし、たくさんのお原子や分子が関わる化学反応を理解するためには、スーパーコンピュータを使ってもまだまだ正確に計算することはできない。そのため、我々理論化学者は、なるべく正確性を損ねないような近似法やモデルを開発して、方程式が現実的な計算時間内で解けるように工夫をしているのである。

■ 現状と将来

理論化学は一見すると不思議に思えるような化学現象を原理から説明してくれるので、なぜそうなるかを理解することができる。今後は、実験結果を説明する

だけでなく、結果を予測するために使われると考えられる。実際、そのような研究が世界中で行われつつある。例えば、高校の化学ではヘリウムは不活性原子とされ、化合物をつくらないと教わるが、理論化学を利用するとヘリウムを含む分子の存在を予言することができる。私の研究室では最近 HeBeO や HeCuF などの分子ができると予測している。また、星間分子と呼ばれる宇宙に存在する分子がどのようにできるかについても研究している。宇宙は希薄で極めて冷たい空間であるため、実験室では宇宙環境を簡単に作りだすことができないが、コンピュータにはそのような制約はないからである。近い将来、理論化学と計算機がもっと発展すれば、何かと何かを混ぜて、どんな生成物がどれくらいできるかをコンピュータで予測できる時代が来るのではないだろうか。

《13年 4月3日 埼玉新聞掲載》

目次へ

比例とシミュレーション

数理電子情報部門 情報システム工学コース 桑島 豊 助教



■動き再現

比例するという言葉は日常でも使われる。二つの大きさの間につながりがあり、一方が倍に増えるともう一方も倍に増え、3倍に増えるともう一方も3倍に増えるような関係を指す。例えば、ボールがある方向に同じスピードで転がっているとき、倍の時間をかければ進む距離は倍になるため、時間とボールの進んだ距離は比例すると言える。二つの量が比例しているとき、その比は比例定数と呼ばれる。比例定数は時間と距離のつまりり速度であり一定である。現実には同じ速度で動いていることはめったにないが、それでもボールが転がっている様子をビデオカメラで撮影しスローモーションで再生すれば等速で動いているように見えることから感じられるように、一瞬を切り取れば時間とボールの進んだ距離は比例しており、比によって瞬間的な速度は知ることができる。そのためボールがどのように動いたとしても、

時刻とその時刻における速度を（その一瞬における比例関係として）関連づけることができることになり、逆に言えば時刻と速度の関係が記述できていれば、その動きの再現がコンピュータ上でも可能となる。

■変化と行列

とはいえ、これで未来のボールの動きを予測できるようにはならない。未来の時刻の速度が必要になってしまうからである。つまり、時刻ではない他の要因からの影響によって記述することにする。風が吹いており、ボールの動きに影響を与えている状況を考える。ボールの位置によって受ける風の強さが変わり、ある位置での風の強さが1メートル先の風の強さに影響を与えるため、瞬間的にはボールの位置と風の強さの変化量が相互に比例関係にあり、比例定数が4つ現れることになる。これらは縦横2マスずつの格子状に値を配置して記述すると便利で、この表記は行列と呼ばれる。横方向の並びを行、

縦方向の並びを列とすることからきている。

■ 未来の予測

ボールの位置と風の強さだけではボールの動きを表すことは不十分であるが、未来の動きの予測は稚拙ながら可能となったことになる。精度の高いシミュレーションをしようとする、さまざまな要因を考慮することとなり、非常に大きい行列を扱うこととなる。

行列に関する理論を体系的に扱う数学の分野は線形代数と呼ばれ、コンピュータで行列を効率的に扱う分野を数値線形代数と言う。私は数値線形代数の行列の大きさに関わる重要な量である固有値や特異値を効率よく扱う方法について研究している。

《13年4月10日 埼玉新聞掲載》

宇宙物理と技術と人

物質科学部門 物理学コース 田代 信 教授

天文学は、神学や医学と並び、文明の発祥にまで遡るものとも古い学問の一つといわれます。暦は、農業という基幹産業を効率的にすすめる鍵であり、太陽や月を観測し暦を定める天文学は、国力にかかわる重要な実学でした。その一方で天文学は、占星術などを通じ、人の「来し方・行く末」を宇宙からの視点で語る学問でもありました。

■ 宇宙観の変遷

近世以降の天文学は、物理学と結びつくことで大きく様相を変えながら、それでも産業と人類の世界観に深く関わりつづけています。400年前の望遠鏡の発明は、すぐに天体観測に応用され、木星のガリレオ衛星群の発見へと結びつきました。これはヨーロッパでの地球中心の宇宙観がくずれ、地球を相対化してとらえる新しい宇宙観へ変わるきっかけとなり、さらに天上と地上を一つの法則で結ぶニュートン力学へ、そして、現代のインフ

ラとなった人工衛星へとつながっていきます。時代を下つて、20世紀に実用化された電波通信技術は、その発展の過程でおこなわれた背景雑音の調査の中で、人類を宇宙からのマイクロ波背景放射の発見へと導きました。これはビッグバン宇宙という現代の宇宙観へとつながります。

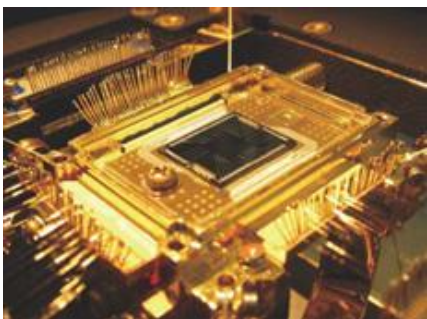
現代の我々は、自らを138億年前に爆発的なエネルギー解放からはじまった、広がり続ける世界に住んでいると考えています。これは、それまでの人類が考えてもみなかった新しい宇宙像です。このように天文学は、科学技術の発展をきっかけに大きく進展し、それによって社会にあたらしい宇宙観をもたらしてきました。

■ X線観測装置の開発

埼玉大学理工学研究科にある私どもの研究室ではいま、人工衛星をつかって100億年まえの宇宙を観測しながら、元素がどのように作られてきたのか調べようとしています。人工衛星の名はアストロH。2015年に



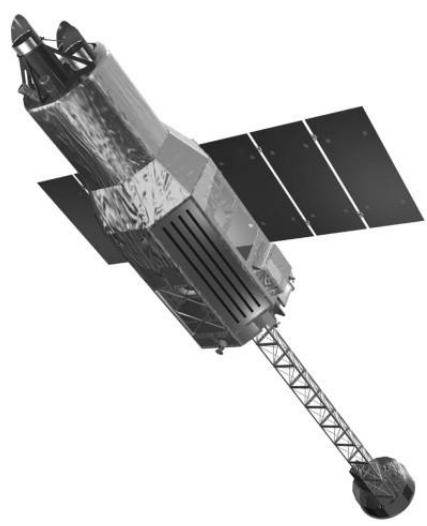
HTA ロケットで打ち上げ
予定の日本で6機目X
線天文衛星です。この衛
星には、X線光子一つ一
つのエネルギーを 1/1000
の精度で決定する計測
器が置かれます。この装
置は、極低温で物質の比
熱が急激に小さくなる
性質を利用し、X線光
子が物質に吸収された
ときのごくわずかな熱を、
温度上昇として測定するX線マイクロカロリメータとい
うものです。JAXA 宇宙科学研究所や埼玉大などの日
本のグループと、NASA やオランダ宇宙研究所などが長
年にわたって国際共同開発してきたもので、冷凍機をふ
くめ400 kg 以上にもなり人工衛星搭載機器としては、
これまでになく大きな装置ですが、その中には機械式
冷凍機を宇宙で長時間動作させる日本の低温技術な
どが用いられています。



■ 物質の「来し方・行く末」

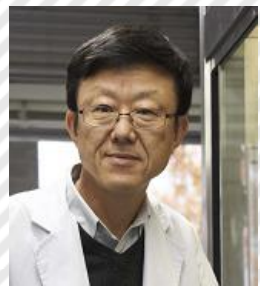
宇宙ができてまだ数十億年、激しく星や銀河が生ま
れては爆発していた若い時代に、どんな元素がつくられ
ていたのか。我々は、高温のガスから放射される元素輝
線や吸収線を先端技術で得られるX線光子の情報を
もとに調べようとしています。我々の身体をつくる元素
は、ほぼすべて、かつて恒星を形作っていた物質からで
ています。それも宇宙ができてから何代もの恒星を經て
きた物質と考えられます。先端の技術で、太古から現
在に至る物質の「来し方・行く末」を探ろうとしていま
す。

《13年4月17日 埼玉新聞掲載》



電気を通す円盤型液晶分子

物質科学部門 応用化学コース 廣瀬 卓司 教授



■電池切れ

携帯電話のディスプレイが突然真っ暗になって焦った、そんな経験はありませんか。モバイルPC、ゲーム機、最近ではスマートフォンが急速に普及し、必要な情報、動画を簡単に見ることができるようになりました。しかし、いくら便利な機械でも電池が切れてしまつては役に立ちません。では、どうしたら電池切れの心配をしなくて済むでしょう。

太陽電池はよくご存じだと思います。腕時計や電卓に利用されていますし、屋根に取り付けられている家も多くなりました。シリコンの結晶などが使われていて、少々重く硬い電池です。もっと軽くて軟らかい薄型太陽電池を電子機器に張り付けることができれば、電池切れを心配しなくて済みます。

■液体と結晶の間

最近のテレビ、PCのディスプレイのほとんどに、有機

物質の液晶分子が使われています。有機物質は金属などの無機物質より軽く、加工しやすい点、原料が手に入りやすい点が利点です。液晶とは「液体」（水や油のように）と「結晶」（氷や砂糖のように）の中間の状態のことで、液晶分子は液体のように動き、同時に結晶のように規則的な構造を持っています。液体にしやすい液晶分子は、さらに取り扱いが簡単な材料です。ディスプレイに使われる液晶分子は棒のような形で、例えば箸を並べたように整列した構造を作ります。私たちは、お皿を積み重ねるように整列して（図の右側）、電気を流す円盤型の液晶分子の開発を行ってきました（図の左側）。円盤型液晶分子は、4〜8本の腕を持ったクモヒトデのような分子です。

■有機物質

普通、有機物質は電気を流しません。しかし、白川英樹先生（2000年ノーベル賞受賞）が電気の流れるプラ

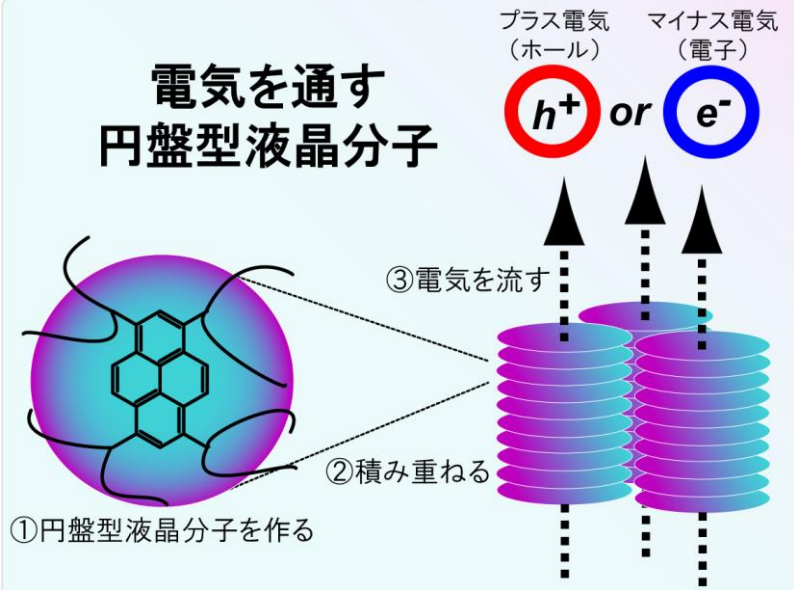
スチックを開発されてから、電気を通す多くの有機物質が開発され、有機ELディスプレイ、有機太陽電池などが研究されています。

私たちが作った円盤型分子の多くが結晶になってしまい、やつと液晶分子を開発しても電気を流すと焦げてしまいました。それでも3年ほど前、やつと性能の低いシリコン程度に電気を通す液晶分子の開発に成功しました。円盤型分子の間を、プラスの電気(図の右側:ホールh⁺)が動くことで電気が流れます。その後が開発した円盤型液晶分子は、その1/10程しか電気を流しません。もつと電気が流れる液晶分子を開発してくれる日を楽しみに、学生諸君の研究を眺めながら電子(e⁻:マイナス電気)を流すことのできる液晶分子を作ることも勝手に計画中。難しい研究課題に取り組むことで成長してくれると信じながら、願いながら。

≪13年4月24日 埼玉新聞掲載≫

目次へ

電気を通す 円盤型液晶分子



糖鎖利用しウイルス検査

物質科学部門 機能材料工学コース 幡野 健 准教授



■ 感染ルート

インフルエンザウイルスをはじめとするウイルスの多くは、細胞表面にある糖鎖を足がかりに細胞内に侵入、感染する。その糖鎖を多数集積化(クラスター化)するとウイルスの接着性が向上することが知られており、われわれはこの点に着目し、ウイルスの糖鎖接着を検出できるバイオセンサーとして蛍光性糖鎖クラスター化合物を創製した。

■ 検出

この化合物は、ケイ素原子(Si)を分岐点とした樹木上の分子(カルボシランデンドリマー)に糖鎖を人工的にクラスター化し、さらに蛍光性のシロール誘導体を中央に付与している。シロール誘導体部分は、その凝集状態によつて紫外線照射時の発光強度が変化するため、ウイルスが検体中に存在すると発光色変化や蛍光消失を起こすことで検出を可能にしている。この検査方法で

は、検体と化合物を混合・紫外線照射するだけの実に簡単な作業だけで検体中にウイルスなどが存在するかどうかである。その検査に必要とされる時間はたったの5分程度である。この化合物に用いる糖鎖構造を交換することで、さまざまなウイルスや毒素、細菌の検出が可能になる。また、青、緑、赤と異なる発光色のシロール誘導体を利用することで、1つの検体から3種類を同時検出することも可能である。

■ 迅速・簡便

現在、ウイルス感染の検査には抗原抗体反応を使うイムノクロマト法をはじめPCR(ポリメラーゼ連鎖反応)法、培養法などがある。イムノクロマト法は機器が不要で簡便だが、検出対象に制限がある。PCR法は高額装置が必要、培養法は検査に数日以上を要する。われわれの開発技術だと必要な機器は安価な紫外線ランプだけで検出対象は50種類以上、検査費用は数百円と見

積もっている。医師や特別な知識を持った人でなくても、「誰でも何処でも迅速・簡便」に感染症の検査をおこなえる方法の早期実現を目指している。

《13年5月1日 埼玉新聞掲載》

目次へ

地盤をコンピュータで科学

環境科学・社会基盤部門 環境社会基盤国際コース 鈴木 輝一 教授



■縁の下の力持ち

東日本大震災では地震予知などの科学技術が大きな綻びを露呈した。災害時に人的被害を減らし安全性を確保するためには、現在の科学技術によって何ができて何ができないのかを把握することが重要であることをあらためて認識させられた。広範囲な規模で起こる液状化現象(写真1マンホールの浮上がり)や斜面崩壊など地盤が災害に関わる事例は多い。また、高層ビルなどの地上構造物やトンネルなどの地下構造物は地盤によって支えられている。地盤はまさしく“縁の下の力持ち”の役目を担っている。

■必要な数値解析

地盤は構造部材として用いられる鋼やコンクリートの人工材料と違って自然材料である。地盤は強さや変形性などの材料特性にばらつきがあり、人工材料のように規格品として一様に扱うことができない。また、土粒

子、地下水、それに空気やメタンガスなどで地盤は構成されている。それゆえに鋼やコンクリートと比べて非常に複雑な挙動を示す。実際の複雑な挙動を解析的に予測するためには、理論解が得られている数学の単純な問題と違ってコンピュータによる数値解析が必要になる。

筆者が約20年間、建設会社に勤務し、主として設計解析業務に携わってきた経験から、地盤の挙動を数値解析によって定量的に予測することが、一般的な構造物と比較していかに難しいかを痛感している。実際には数値解析だけでなく模型実験、現場観測、それぞれ一長一短のある手法などによって総合的に挙動を予測しているのが地盤工学の現状である。

■個別要素法で予測

著者の研究室では、個別要素法による地盤挙動の予測に取り組んでいる。この手法では地盤を粒子の集合体として解析する。計算は単純で、粒子を1個ずつニュー

トンの第2法則で仮に移動させて、移動させた所に他の粒子があれば反力を作用させ、最終的に荷重とつり合いが得られるまですべての粒子について計算して、全体的な挙動を求めると。その際、挙動を支配する基本原理はクーロンの摩擦則である。押さえつける力が大きいほど大きなすべり抵抗力が生じる。数値解析手法として普及している有限要素法では複雑な構成モデルが別途必要になるが、個別要素法では基本的な原理だけで、地盤のさまざまな微視的現象を定性的に可視化することができる。地盤分野に限らず生体力学、粉体力学などの応用範囲も広い。まだ課題は残っているが定量的な挙動予測や対策工法の開発などに適用できる可能性がある。ある研究分野である。

《13年5月22日 埼玉新聞掲載》

目次へ



液状化現象で浮き上がったマンホール

コケと環境適応機構

生命科学部門 生体制御学コース 竹澤 大輔 准教授

■ 淡水の藻類から進化

地球の陸地は植物であふれています。日本では、都市部に住む人でも、少し足を伸ばせば山には豊かな森林が、野原には様々な草花が自生する風景を当たり前のように見ることができず。しかし、長い地球の歴史から考えると、陸地に植物が生育するようになったのは比較的最近のことで、それまで大陸はまさに「不毛の地」でした。陸地に植物が見られるようになったのは、今から約4億7千万年〜8千万年前に淡水にすむ藻類（藻の仲間）から進化した植物の祖先が陸上環境への適応に成功したことが始まりで、現存する全ての陸上植物は1つの共通の祖先から進化した単系統群であると言われています。

■ 祖先的な形質

植物のイブとも言うべきこの最初の陸上植物は、コケ植物のような小さな植物であったと考えられています。

多様な藻類の中で、なぜこの植物だけが上陸に成功したのかは不明ですが、さまざまな遺伝子の改変から陸地での生育に必要なからだのしくみを進化させたことは間違いありません。

陸上は水中と異なり、生殖や成長に必要な水が十分でない場合が多く、最初の植物は、乾燥や急激な温度変化に対応するしくみを進化させたはずで、私は、植物の陸上環境への適応進化に興味を持ち、陸上植物の起源に近いと言われるコケ植物を用いて、植物の環境適応機構の解明に取り組んできました。

コケ植物は、はじめて地上に現れた当時から変化の少ない「祖先的な形質」をもち、しかも他の植物にはない環境変化への高い適応能力を備えています。たとえば水がなくなると多くの植物は枯れてしましますが、コケ植物は水のない、ほぼ乾燥した状態で何年も生き続けることが可能です。このような性質は、植物陸上化の初期に



重要な形質であったと考えられますが、その機構はよく理解されていません。

■優れた生存戦略

私たちの過去の研究からは、種子をもたないコケ植物が、乾燥種子などに多く蓄積する「レア」と呼ばれる細胞保護タンパク質を多量に蓄積し、また、一般の植物にはない特殊な糖を保護溶質として蓄積していることがわかってきました。最近では、コケ変異株のゲノム解析を行い、高い環境耐性を支配する遺伝子の単離にも成功しました。今後、コケの高い環境耐性のしくみが明らかになれば、干ばつに強い作物を育種したり、細胞や組織の凍結・乾燥保存に利用可能な保護物質を作り出すことができるかも知れないと考えています。

これから雨の多くなる季節、道ばたには普段よりコケが目につくようになります。でも雨の降らない季節にもコケは同じ場所で乾燥したままじっと耐えて生きています。そんながまん強い植物の中には、多くの植物が進化の過程で失った、優れた生存戦略が隠されています。

≪13年5月29日 埼玉新聞掲載≫

植物の能力を有効利用

環境科学・社会基盤部門 環境制御システムコース 川合 真紀 准教授

■他の生物から摂取

「生き物はみんなつながっている」そんな言葉を意識することはありますか？

近年、高まっている地球環境悪化への危機感から、「持続可能な社会の構築」や「生物多様性の確保」への取り組みが進められています。地球には多種多様な生物が生育しており、それらが住める地球環境を維持していきますしよう、という概念をもとにした取り組みですが、そもそもなぜ、人間が生きて行く為に他の生物が必要なのでしょうか。

大学の生化学の講義の中で「必須アミノ酸」や「必須脂肪酸」の話が出てきます。人の必須アミノ酸とは、トリプトファン、リジン、メチオニン、フェニルアラニン等のアミノ酸のことです。必須脂肪酸として、リノール酸、リノレン酸、アラキドン酸があります。人は、体内でこれらの物質を合成できないために、他の生物から摂取する必要があります。

があるのです。つまり、我々は、他の生物を食べずには生きていくことができないわけです。

■アミノ酸を合成

では、そうした物質は誰が作っているのでしょうか？
それが、植物なのです。

植物は、太陽の光エネルギーを使って、水と二酸化炭素から糖や脂質を合成し、これに地中から取り込んだ窒素化合物を結合させてアミノ酸を合成します。植物を食べなければ生命を維持できない私たちにとって、命の源は、めぐりめぐって太陽にあるといえます。

私たちの研究グループでは、そんな植物の物質合成能力を高めるための基礎研究をおこなっています。植物が光エネルギーを使って物質を作り出す能力が「光合成」です。光合成では、大気中の二酸化炭素を消費して、酸素が発生します。このため、地球温暖化の原因とされる温室効果ガスの一つである二酸化炭素量を低減さ



せるためにも、植物の光合成能力を利用することは有効であると考えられています。より多くの二酸化炭素を物質生産に使わせることによって、作物の収量を増加させることができれば一石二鳥というわけです。

■光エネルギーを利用

太陽の光が植物の葉に到達すると、光エネルギーは、化学エネルギーであるATP(アデノシン三リン酸)と還元力であるNADPH(ニコチンアミドアデニンジヌクレオチドリン酸)という物質へと変換され、様々な物質の合成に使用されます。そこで、モデル実験植物であるシロイヌナズナやイネに遺伝子組換え技術を用い、ATPやNADPHの量を増やすような代謝変化をおこないました。すると、それらの植物体では、二酸化炭素の吸収量が増加し、アミノ酸の含有量などが増えることがわかりました。これは、より多くの光エネルギーを、植物が利用できるようになったために起きたと考えています。

こうした基礎研究を、すぐに実際の作物に応用することは難しいのですが、植物の光合成能力を理解し、これを上昇させるための代謝変化の手法が明らかになることで、今後、有用物質を植物に作らせたり、より生産性の高い作物を育種することが可能になると考えています。

≪13年 6月5日 埼玉新聞掲載≫

超音波で植物を診断

人間支援・生産科学部門 機械工学コース 蔭山 健介 准教授

■ 発泡の超音波検出

植物は昼間光合成を行うときに葉から水が蒸発していきます。そのため、根から水を引き上げていますが、その時水が運ばれる通路（木部）では、空気の泡が破裂する発泡現象が生じ、塞栓ができます。これは水の輸送を妨げるため植物にとつて有害ですが、健全な植物は修復することができます。この発泡は超音波を含む破裂音も生じるので、茎に図のような振動センサを取り付けて、発泡の超音波（アコースティック・エミッション、AEと呼びます）を捕らえることで発泡がいつ起きたか検出することができます。私の研究では、トマトなどの茎でAEを検出してそれを野菜栽培時の健全度診断に役立てることを目指しています。

このような茎部での発泡現象は水が不足した時に生じやすいので、十分に水やりをすればほとんど発生しません。しかし、ある程度水が足りない状態でストレスを与

えて育てた方が、根が発達するなど元気な植物になります。そして、このような元気な植物は、水が不足して多数の発泡現象が生じて、それに耐えることができません。

■ 発生頻度を比較

私の研究では、この発泡現象に伴うAEの発生頻度を調べて、トマトのような野菜の栽培に役立てることを考えています。例えば、ミニトマト栽培において図のように水やり前後のAEの発生頻度を比較します。健全なミニトマトは水が不足しても活発に活動しており、AEが多く発生しています。そして、水やりで水が十分になると活動を休止し、水やり後にAEの発生数は低下します。しかし、水不足で不健全なミニトマトは水やりにより活動を開始します。この場合、水やり後にAEの発生数は逆に増加します。このように水やりなどのストレスが変化する刺激を与えた時、AEの発生数がどのように変化

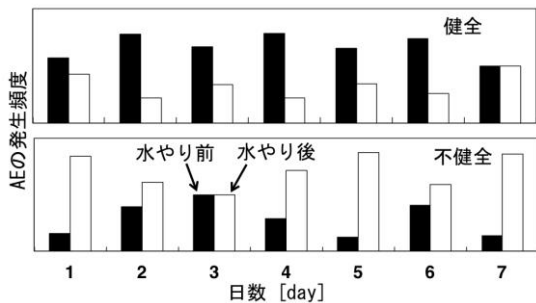


するかを調べてその時の植物の健全度を調べようとしています。

■ 植物の作物栽培

植物の健全度を調べる方法は、土壌の水分を調べたりや光を用いる方法など様々な手法が提案されています。この手法のメリットは、簡単でかつ直接植物内部の情報を得られることです。また、振動センサを茎部に取り付け測定機器で監視をすれば、常時監視も可能です。そして、得られる情報は温度のような間接的なものではなく、人体に対する聴診器のように植物の内部の活動状態を直接知ることができます。日本の農業は、高齢化とコスト削減が大きな課題となっていますが、ビニールハウスのような従来の栽培設備にこのような診断装置を追加するだけで誰でも簡単に高品質の作物を栽培できるようになることを目指して、研究を進めています。

《 13年 6月12日 埼玉新聞掲載 》



種から増やすバイオ燃料

生命科学部門 分子生物学コース 藤木 友紀 助教

■ 再生可能エネルギー

自然エネルギーへの関心が高まっている。太陽熱、水力、風力や生物由来のエネルギー源（バイオマス）など形は様々だ。石油や石炭などいずれ枯渇してしまう資源に対して、再生可能エネルギーと呼ばれることもある。現実に目を向ければ、石油などの化石燃料や原子力無しに現代文明は成り立たない。しかし、福島原子力発電所の事故以降、自然エネルギーへの期待はこれまでになく高まっている。

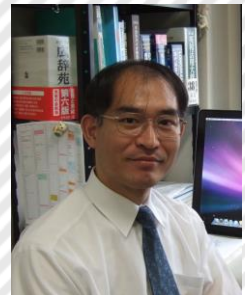
■ 菜種の油脂に脚光

青森の下北半島を旅していたときのこと、一面に広がる菜の花畑に思わず車を止めた。菜の花の作付面積日本一を誇る横浜町だった。これでも昔より大分菜の花が減ったそうだ。地元の方に理由を尋ねると、「今時、菜種油使う人いますか？」と寂しげに笑った顔が印象的だった。一見影の薄くなった植物油ではあるが、菜種や大

豆などの油脂（トリアシルグリセロール）から作られるバイオディーゼル燃料が、持続可能な資源利用として再び脚光を浴びている。すでに欧米では自動車用燃料としての普及も進んでいるという。油脂の品質や生産量を向上させた作物の開発を各国が競い合い、新たなテクノロジーによるブレイクスルーが期待されている分野なのである。

■ シロイヌナズナ

植物の種には、油脂のほかにタンパク質も大量に蓄積されていて、芽生えの成長に使われている。種子の限られたスペースと栄養（炭素）を油とタンパク質が分け合っているから、タンパク質を減らした分、油を沢山溜めることができる計算だ。簡単なアイデアと思われるだろうが、油脂増産に昇華させた実例は皆無に等しい。種子のタンパク質削減が困難だからだ。そこで、われわれが注目したのがシロイヌナズナというアブラナ科の植物で

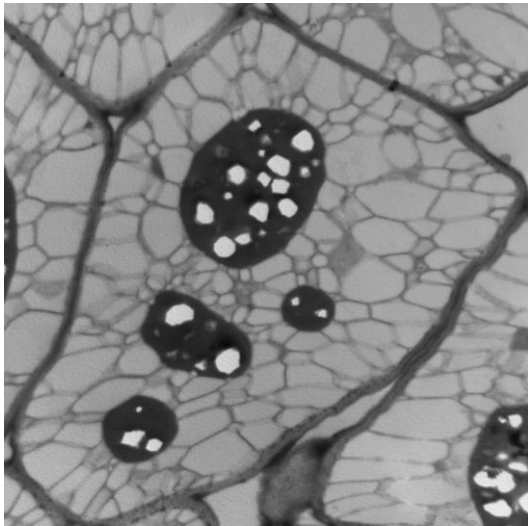


ある。菜種の近縁であるこの小さな植物は、分子生物学の最新の技術を自在に駆使できるばかりでなく、種子貯蔵タンパク質の遺伝子の数が少なく、容易に貯蔵タンパク質を減らすことが可能だ。12 S グロブリンと呼ばれる貯蔵タンパク質の変異体を作ってみると、果たして種に含まれる油脂の量が増えていた。さらに12 S グロブリンの欠損は予期せぬ恵みをもたらした。植物が花を沢山咲かせ、種を大量につけたのである。当然、一本の植物から生じる油脂の総生産量も増大することになる。油脂に限らず様々な作物(種・実)の増収をも可能にする栽培技術として特許出願を行い、実用化に向けて夢もふくらむ。

■ 人類の英知結集

誰もが幼いころに一度は読んだであろうイソップ童話の「アリとキリギリス」。将来の備えを怠ったキリギリスになつてはいけなさと教わつたに違いない。今の自然エネルギーによる発電量では原子力発電を補えないという指摘は正しい。が、いつまでも石油や原子力に依存できると思つてはキリギリスの愚かさを笑えまい。今こそ自然エネルギーの開発に人類の英知を集結して取り組まなくてはならない。手遅れになる前に。

《 13年 6月 19日 埼玉新聞掲載 》



種子の細胞。中央の黒い塊(かたまり)がタンパク質(プロテインボディ)、その周りはずべて油脂(オイルボディ)

古くて新しい技術、非接触給電

数理電子情報部門 電気電子システム工学コース 金子 裕良 准教授



■ 話題の技術

電磁気学の物理量である磁束密度(磁力の束の密集度)の単位(T)に名を残しているニコラ・テスラ(1856-1943)が、電磁誘導による無線送電実験を行ってから約100年。非接触給電は、電動ひげ剃りや電動歯ブラシ、電話子機など一般家庭にある小電力機器の充電に必要不可欠な技術であり、昨今、電気自動車の次世代充電方式として話題の技術である。

電磁誘導方式の非接触給電の原理は、磁束が通る経路にギャップ(すきま)があるトランス変圧器で、交流の電気エネルギーを磁気エネルギーに変換して、ギャップ中を空間伝送した後、再び電気エネルギーに逆変換する仕組みである。電気エネルギーのまま空間伝送する放電(雷など)と異なり、無線で安全に電力を送電する方法である。

■ 大電力を伝送

充電側(電力受信側)の電圧上昇と装置の小型化のために、交流電力の周波数を数十kHzに上げ、トランス巻線の漏れインダクタンス(有効な電力成分を減らす要因)を補償するため、共振コンデンサを電源側(電力送信側)と充電側の回路に追加する。近年省エネ家電のために発達してきたインバータ技術によって、高い周波数で大電力を発生させることが容易となり、我々は、30〜50 kHzの周波数で1.5〜10 kWの電力を7 cm〜20 cmのギャップ間に伝送可能な小型(40 cm×40 cm以下)の電気自動車用非接触給電システムを開発している。

大電力を伝送する場合、電力伝送の効率を上げ、伝送中の損失(主に熱となって放出)を如何に減らすかが重要となる。我々は、理論的な解析ができる効率の式を提案し、高い効率の非接触給電トランスを容易に設計できるようにした。また、2006年にマサチューセッツ工科大学が発表して有名になった電磁界共鳴方式と、

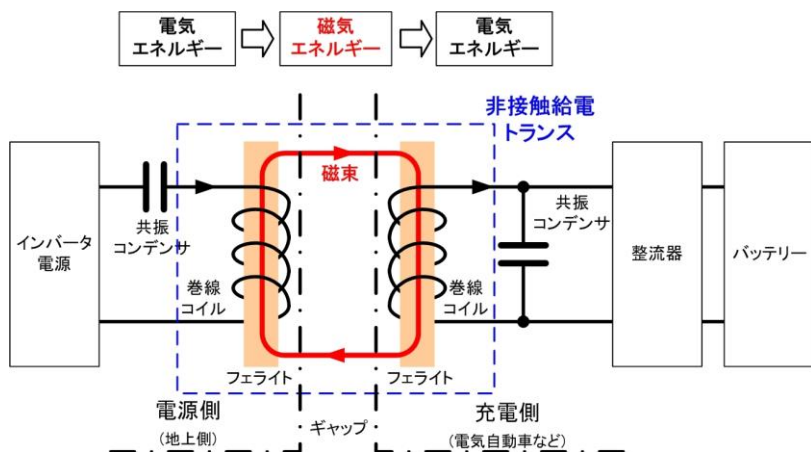
我々が研究してきた電磁誘導方式の最大理論効率式は等しく、結合係数(送信側と受信側の巻線間の結合度合で、ギャップが大きくなると減少)とコイルQ(巻線の形状や巻き方、周波数により決まる係数で、周波数が高いと上昇)の大きさによって決まることを明らかにした。これは、周波数と効率が同じ条件において、対応可能なギャップ長(伝送距離)は両方式であまり変わらないことを示している。現在は、2016年に予定されている電気自動車用非接触給電の世界標準規格(周波数などを絞込み)に対応すべく研究を行うとともに、双方向非接触給電や回転体への非接触給電応用なども進めている。

■ ライフワーク

「古くて新しい技術」の研究はライフワークであり、非接触給電の研究以前から進めている「電気溶接の自動化・知能化」も大きな研究テーマである。原発内部など極限環境下での長時間作業に必要な溶接作業ロボットに熟練溶接工並みの技術と知能を持たせることを目標に、知能溶接ロボットの研究開発も行っており、非接触給電の実用化共々、学生と一緒に取り組んでいる。

《 13年 6月26日 埼玉新聞掲載 》

目次へ



精密なオレフィン重合触媒

物質科学部門 基礎化学コース 中田 憲男 助教



■ 生活に必要不可欠

ポリプロピレンなどに代表されるオレフィン系ポリマーは、優れた加工性や物性を有しており、自動車、家電製品、飲料用容器など私たちの生活に必要な不可欠な存在であります。オレフィン系ポリマーは、ポリマーの主鎖から側鎖に対し枝のように出ている置換基の向きによりその物性や性質が大きく異なり、同じ方向に出る場合をイソタクチック、互い違いに出る場合をシンジオタクチック、ランダムに出る場合をアタクチックとそれぞれ呼ばれます。特にイソタクチックポリマーは、耐熱性や加工性に優れており、汎用性の高い高分子材料であることから、立体規則性の制御を目指した研究が古くから盛んに行われています。その先駆的研究として、ノーベル化学賞の対象となった不均一系のチーグラール・ナツタル触媒が挙げられます。その発見以降、シクロペンタジエンル配位子を中心としたメタロセンと呼ばれる均一系触

媒が開発され、錯体構造の設計による触媒性能の制御が可能となりました。現在では、メタロセン以外の均一系触媒の開発が進められており、より高活性かつ精密な重合プロセスの発現が精力的に研究されています。

■ 新しい絶縁被膜材料

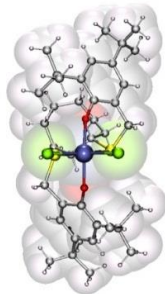
最近我々は、酸素原子と硫黄原子をドナーとし、*trans*-シクロオクタンを縮環させた四座配位子(以下、[OSSO]配位子と記す)を合成し、そのジルコニウム錯体ならびにハフニウム錯体が様々なオレフィンの重合反応に対して、これまでの配位重合触媒を凌ぐ高活性かつ完璧なイソタクチックポリマーを与える有用な触媒であることを見出しています。例えば、ジルコニウム錯体は1ヘキセンを1秒間に8.3回という超高速で重合する触媒として働きます。なお、この研究成果はアメリカ化学会誌の表紙として取りあげられ、国内だけでなく世界に対しても大きなインパクトを与えました。一方、ハフニウム

錯体を触媒とした重合反応においても、4-メチル-1-ペンテンの重合反応から絶縁被膜や絶縁フィルムとして市場展開されているポリ(4-メチル-1-ペンテン)を従来の触媒よりも高分子量、高活性およびイソタクチックな立体規則性で得られ、新しい絶縁被膜材料として応用が期待される成果を挙げています。

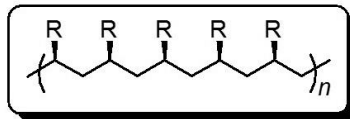
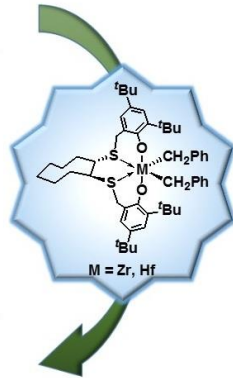
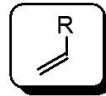
今後は、より実用化に向けた研究対象として、様々なオレフィン同士の共重合反応へと展開させるとともに、従来の触媒系では前例のない極性官能基を有するオレフィン系ポリマーの立体選択的な重合反応に向けて、新たな[OSSO]配位子の設計・開発に取り組んでいます。

《 13年7月3日 埼玉新聞掲載 》

目次へ



[OSSO]配位子を有する
ジルコニウム錯体



イソタクチックポリマー

光波の記録と再生

数理電子情報部門 情報システム工学コース 吉川 宣一 准教授



■ カメラが記録する情報とは

カメラは物体から反射もしくは透過してきた光を記録するための機器です。現在ではデジタルイメージセンサーを備えたデジタルカメラを使って手軽に高画質の写真を撮ることができるようになりました。しかし、カメラは光の情報を全て記録しているわけではありません。光は波動であり、振幅情報と位相情報から成り立っていることが知られています。カメラで記録できる光の情報は振幅情報の2乗に相当する光の強度です。一方、光の位相情報はカメラでは直接記録することができません。つまり、一般的な写真技術では光が本来持っている情報の半分しか記録できないのです。したがって、立体的な物体から反射されてきた光を記録したにもかかわらず人間は撮影された画像からは物体の立体感を感じることができません。

■ 光波を記録・再生

振幅情報と位相情報を含む光、すなわち光波を記録する像記録方式をホログラフと呼びます。ホログラフイ技術によつて記録されたものをホログラムと呼びます。ホログラムには光波情報が含まれているので、適切な方法で再生すると物体からの光波そのものを再現することができます。この光波を観察すると、あたかも物体が目の前に存在するようになります。これは奥行きのある三次元情報が再生されていることに相当します。現在市販されている3Dテレビのような擬似的な三次元表示方式と異なり、ホログラフイは物体光そのものを再現できるので、究極の立体ディスプレイをつくるための基本技術として考えられています。

■ 計算機合成ホログラム

ホログラムに記録される実体は干渉縞です。干渉縞は物体からの光波と参照光の干渉によりつくられます。この干渉縞生成のプロセスをコンピュータで模擬すること

により人工的にホログラム（計算機合成ホログラム）をつくることができます。計算機合成ホログラムでは実在する物体は必要なく、目的に応じて任意の光波をつくることができます。そのため立体像表示だけではなくレーザービーム形状補正などに応用されています。しかし、ホログラム生成は光の空間並列性に基ついており、これをコンピュータで行うため莫大な計算が必要になります。我々の研究室では、デジタル並列計算機を用いてホログラム情報を生成し、コンピュータ制御の空間光変調器を用いて計算機合成ホログラムを実現しています。

■ デジタルホログラフィ

イメージセンサーの発展により高精細なホログラム記録を行うことができるようになりました。このデジタル記録されたホログラムを数値計算によりコンピュータの中でデジタル的に再生する手法をデジタルホログラフィと呼びます。再生距離を変えながら再生計算することにより1枚のホログラムデータから三次元的な光波分布を求めることができます。光の位相情報を定量的に扱うことができるため精密計測などに応用されています。我々の研究室では、デジタルホログラフィを用いた精密計測技術を開発しています。最近では統計手法による一般化位相シフト法を提案し、簡単かつ高精度なホログラフィ計測を実現しました。微小生物の位相情報や

三次元移動情報の取得などデジタルホログラフィの特徴を生かした研究を行っていききたいと思っております。

《 13年7月10日 埼玉新聞掲載 》

コンピュータで見る液滴生成

物質科学部門 応用化学コース 本間 俊司 准教授



■ ミルククラウン

皆さんはミルククラウンというものをご存知でしょうか？牛乳の表面に液滴を落とすことで生じる現象です。盛り上がった液膜の淵が王冠状となり、そこから液滴が分裂し飛出しています。掲載した写真は、中学生の息子にデジカメで撮影してもらいました。上から落とす液滴の位置によってミルククラウンのできる様子が異なります。牛乳の温度や濃さによっても変わってきます。これは、最初の液滴が液面に衝突する力（慣性力）、牛乳の温度や濃度によって変化する粘度（粘性力）や表面張力の違いが、ミルククラウンの出来かたを左右するからです。では、どのような条件のときにどんなミルククラウンができるのでしょうか？このような問題にコンピュータを用いたシミュレーションによって取り組んでいます。計算速度の劇的な向上により、流れの様子を可視化する数値流体力学(CFD: Computational Fluid Dynamics)と

いう分野が発展し、ミルククラウンのように界面が自由に変形する流れもパソコン上で扱うことが可能になりました。

■ インクジェットプリンター

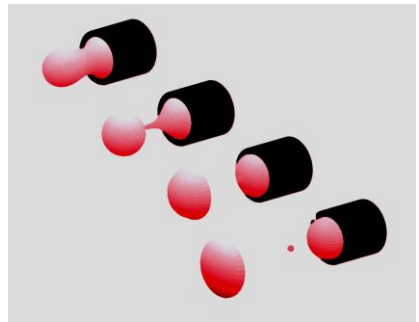
ミルククラウンで液滴の生成が観察されましたが、液滴の生成は産業のあらゆる分野で応用されています。粉ミルクは、牛乳を噴霧し、すなわち微小な液滴とし、ドライヤーで水分を蒸発させることによって製造されます。自動車のエンジンでは、燃料を噴射装置によって霧状の液滴にし、それらを燃焼させます。もつとも身近な例としては、どの家庭にもあるインクジェットプリンターです。インク室に圧電素子や熱による気泡の生成で圧力をかけ、ノズルから勢いよくインクを吐き出させます。これはオンデマンド生成と呼ばれ、必要な時に必要な数の液滴を生成する技術です。この技術はプリンターだけでなく、基板など電子部品の作成や遺伝子診断に用い

るDNAチップの製造にも応用されています。また、いま話題の3Dプリンターにも一部インクジェット技術が使われています。図は、ノズルから液滴が生成する様子をシミュレーションによって可視化したものです。

■ マイクロカプセル

イクラのように外側を薄い膜で覆ったカプセルは、サプリメントや医薬品として市販されています。カプセルの直径がマイクロメートルのオーダーのものをマイクロカプセルと呼び、産業のあらゆる分野で応用されています。例えば、申込書などに使われるノンカーボン紙は、ペンの圧力でマイクロカプセルが破れインクが飛び出し字が複写されます。マイクロカプセルの製造にも二重ノズルを用いたオンデマンド生成技術が検討されています。現在、埼玉県内の企業と一緒に、このノズルの設計に数値シミュレーションが応用できないか検討しているところです。

《 13年7月17日 埼玉新聞掲載 》



液滴生成の様子



ミルククラウン

重力を含めた素粒子の理論

物質科学部門 物理学コース 谷井 義彰 教授

■ 基本粒子と相互作用

私の研究分野である素粒子物理学の一つの目標は、物質の最も基本的な構成要素である基本粒子とその間に働く力（相互作用）についての基礎理論を見つけることである。粒子に働く力には、重力相互作用、電磁相互作用、弱い相互作用、強い相互作用の4種類がある。主な基本粒子は、物質を構成するクォークとレプトン、および、力を媒介するゲージ粒子である。

■ 標準理論

重力以外の力と基本粒子についての基礎理論として、標準理論とよばれる理論が知られている。これは、ある種の対称性（ゲージ対称性）を基本原理として構築された理論である。標準理論は、多くの素粒子現象を矛盾なく説明できる理論であり、大成功を収めている。ただし、標準理論にもいくつかの問題点が残されている。

たとえば、標準理論には多くのパラメータが含まれているが、それらを理論的に決定するための原理が知られていない。これらの問題点を解決するために、大統一理論や超対称性理論などの標準理論を超えた理論が研究されている。

■ 重力の理論

重力は物体の落下の原因となる力であり、我々にとって一番身近な力である。重力に対する理論は、古くはニュートンの万有引力の法則であり、それによって惑星の公転のような天体の運動も地上と同じ法則によって説明できることがわかった。より広い重力現象を説明する理論は、アインシュタインの一般相対性理論である。一般相対性理論は、ブラックホールの存在やビッグバンによる宇宙膨張などを説明することができ、マクロな世界の重力現象に対する確立された理論である。一方、ミクロ



な世界の重力の理論(量子重力理論)は、無限大(紫外発散)の問題などのため、その構築は難しく、今のところ未完成である。

■ 弦理論

現在、弦理論とよばれる理論が素粒子の基礎理論として注目されている。標準理論や一般相対性理論は大きさをもちない点に基づいた理論であるが、弦理論は1次元的な広がりをもった弦(ひも)に基づいた理論である。弦は広がりをもっているため、振動や回転などの内部運動をする。その運動状態によって一つの弦がいろいろな種類の粒子を表すことができ、それらを統一的に扱うことができる。また、標準理論と違い、自由に選べるパラメータは含まれていない。さらに、弦が広がりをもっていることから、量子重力理論の紫外発散の問題も解決できると考えられている。このように、弦理論は標準理論や量子重力理論の問題点を解決する可能性をもち、重力を含めた素粒子の基礎理論の候補として多くの研究者によって研究されている。私は、このような重力を含めた素粒子の理論の数学的な面について研究を行っている。

《 13年7月24日 埼玉新聞掲載 》

塗って作る電子デバイス

物質科学部門 機能材料工学コース 福田 武司 助教



電子デバイスは特定の材料を選択すれば、新聞紙などのように塗布で作ることも可能です。そのため、大面積なデバイスを大量に安く作れるというメリットを有しております。これまでに塗布で作れる電子デバイスを実現するための、静電気の力を利用した新しい塗布技術である静電塗布法や石炭ピッチという産業廃棄物を利用した有機発光材料の分離・抽出技術を検討してきました。

■ 静電塗布法

静電塗布法では、図に示すように数kVの高電圧を塗布材料に印加することで、クーロン反発力で噴射され、それが基板上に塗布されます。この手法は大気圧下・室温という特殊な環境を必要がなく、また数メートルクラスの大面積基板への塗布が可能というメリットを有しています。これまでに機能を分離した有機溶媒（有機材料を溶かす機能と静電塗布をしやすい機能）を組み

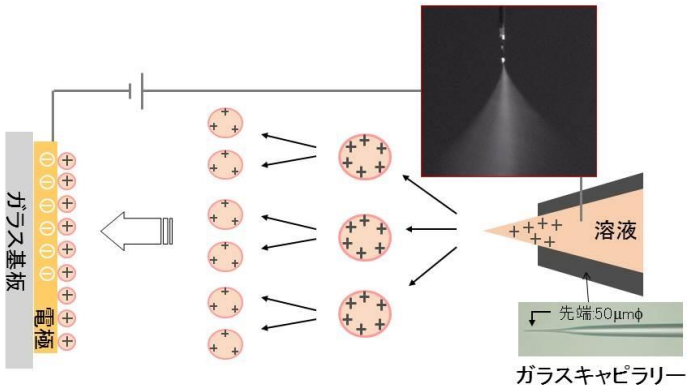
合わせる手法で、基板着弾時の有機液滴の残留量を制御して、数ナノメートルの表面平坦性を有する有機薄膜の成膜に成功しています。また、この技術を利用した有機薄膜太陽電池や有機エレクトロルミネッセンス素子で通常の塗布プロセスと同程度の高い性能を実現しています。また、塗布条件を最適化することで、ナノ粒子やナノファイバーといった構造体の形成が可能であり、これらの形状を利用した新しい塗布型の電子デバイスを実現してきました。また、複数の企業や理研のノウハウや技術力を結集して、技術を実用化するための新世代塗布型電子デバイス技術研究組合を設立して、産学官連携で技術開発を進めています。

■ 石炭ピッチ

石炭ピッチは石炭利用時の副生成物であり、これを有効活用することで循環型かつ環境に優しい有機材料を実現できます。市販の発光材料は10万円/g以上

するが、石炭ピッチは50円/g程度圧倒的な低コストで作製する技術を確立できる可能性を秘めています。また、石炭ピッチは数百種類以上の有機分子が混合して出来ており、既に有機溶媒の溶けやすさの差や分子量・極性などで分離する手法を用いて、任意の発光色（赤、緑、青）を有する有機分子を得ることに成功しております。実際に薄層クロマトグラフィーで分離・抽出した石炭ピッチを用いた有機エレクトロルミネッセンス素子で100cd/m²を超える輝度を実現しております。

《 13年7月31日 埼玉新聞掲載 》



「私の研究した数学」

数理電子情報部門 数学コース 小嶋 久祉 教授



■ 整数論

私の研究の専門分野は整数論です。整数論は素数を始めとするいろいろな数に関する問題を扱います。最初に整数論で有名な素数定理の話をしてします。素数は自然数を自然数の積に分解したとき、これ以上分解できない、いわば物質の原子にあたるような数であり、2、3、5、7、11、13、17、19、23、29、…がその例です。素数が無限個あることはすでに古代のユークリッド原論の中で述べられています。そうであれば一定の区間にどのくらいの素数があるかが問題になります。自然数 n に対して、1 から n までの間にある素数の個数を $\pi(n)$ と書くとしたら、素数の表を眺めて気づくように、素数は n が大きくなるにつれてだんだんばらばらになっていき、そこに規則性を見出すことは難しいのがわかりません。素数定理とは n が大きくなる時、 $\pi(n)$ の大きさがどの程度になるかを計るもので、式で書けば $\pi(n)$ はだ

いた $n \log n$ となります。 $\pi(n) \sim \log n$ は n の自然対数という関数で、数学の中ではよく知られた有名な関数です。この式は数学の天才ガウスが少年の頃に予想していたと言われています。証明はガウスが予想してから約100年後にアダマールとド・ラ・ブアレ・プサンが1896年に成し遂げました。

■ リーマン予想

ところで、現代の数学の中で一番有名な未解決問題の一つにリーマン予想というのがあります。すこし専門的になりますが、リーマンのゼータ関数の零点予想と言われるものです。実はこのリーマン予想というのは $\pi(n)$ のより精密な近似式と関係であり、素数定理と関係が深いことが知られています。このリーマン予想は超難問であり、多くの数学者の挑戦をはねつけて未だに未解決です。

■ 現在の研究

さて、次に現在の私の研究の話をしたと思います。研究者が一生の間に読む論文は相当の数であります。どのような論文に出会うかが決定的に運命を左右します。私の場合、特に印象深い論文、それは志村五郎先生が1993年に出版したものでした。見つけたのは大学の図書館で出版されてから3ヶ月たった時です。先生の長年の研究の蓄積をもとに、並外れたテクニクと精緻な議論を総動員して、半整数の重さのモジュラ形式のフーリエ係数とゼータ関数の特殊値の関係を具体的に解明していました。半整数の重さのモジュラ形式とは、整数論に登場するよい対称性を持った大変興味深い関数です。私はこの論文に出会ったとき、強い感動と衝撃を受け、むさぼり読んだ記憶があります。そもそも数学の論文はこのように書くものであると言っているように私には思えました。私は、これに一步でも近づくことが出来る論文を書きたいと目標を決めました。そして私の現在のテーマは、この志村先生の結果を一般の代数体上の半整数のモジュラ形式の場合に一般化することです。特殊な場合の結果は得て、論文として出版しましたが、完全な一般の場合の解決のためには幾つかの解明しなければならぬことがあり、それを何とか解決する方向に努力していきたいと思っています。

地震の揺れを予測する

環境科学・社会基盤部門 環境科学基盤国際コース 谷山 尚 助教



■ 岩盤のずれ

将来起こることが予想される地震によって、どこでどれくらい揺れるか予測することは、必要な対策を考える上で重要なことです。

地震は、ある面(断層)を境に地下の岩盤が急激にずれ動いて地震波を発生する現象です。内陸部で地震が起こる場合、ずれの痕跡が地形や地表付近の地層に認められれば、過去にそこで地震が起きたことが分かります。同じ場所で繰り返し地震が起こることが一般的なので、将来そこでまた地震が起こることが予想されます。ずれの量やずれる範囲が分かると地震の大きさも予測できますし、複数回のずれの痕跡が認められるなら、次にいつ頃地震が起こるのかおよその見当をつけることもできます。一方、浅いところではあまりずれが起きなかつたり、地表付近が土砂で覆われていて、ずれの痕跡が認められない場合には、たとえ地震が起こる場所でも、

そのことを知ることでできない場合があります。特に後者については、関東地方の南部は厚い堆積層に覆われているため、過去の地震の痕跡を見つけるのが困難で、地震発生箇所の子測において問題になっています。

■ 地震波

地震の際に地下の岩盤がずれ動く範囲(断層の広がり)は結構広く、例えばマグニチュード7程度の地震なら、長さ(水平方向に)30 km、深さ方向に10数kmくらいに及びます。ずれ動く領域の中には強い地震波を発生するところもあれば、それほど強い地震波を出さないところもあります。強い地震波を発生するところに近ければ当然揺れは大きくなりますから、どこで強い地震波が発生するのかということは、地震の揺れを予測する上で重要なことです。過去に起きた地震については、観測された地震波形や地形の変状などから、どこで強い地震波が発生したか知ることができます。これまで

で起きた地震について調べること、多くの地震で共通する特徴(例えば、強い地震波を発生させる領域は、ずれ動く全体の面積の2割程度であることなど)が見いだされてきていて、地震の揺れを予測する際に、そのような特徴を反映させることで、実際に起こる地震に少しでも近づけようとされています。しかし、将来起こる可能性がある地震について、強い地震波が発生する場所を、事前に正確に知ることは今の段階では残念ながらできず、予想される揺れにも不確実性が伴うことになります。

■ 地盤の構造

地震波が伝わる際に地層境界部で屈折・反射が起きて、揺れが強まったり弱くなったりするので、地下の岩盤や地盤の構造(P波とS波の伝わる速さが場所によつてどう変わるか)を知ることが地震の揺れを予測する際には重要です。また、地下の構造が分かると断層の位置や過去の動きを知ることもできます。地下の構造については、地震波や微動と呼ばれる微小な地盤の振動を観測したり、地中から土壌資料を抜き取って調べたり、人工的に振動を発生させて振動の伝わり方を観測することなどにより調べられています。広範囲に高密度で観測すると詳しく調べることができですが、限られた条件の下では粗い地下構造しか分かりません。

以前はこのような地震動予測に関連する調査や研究は専ら研究者が主体となつて行っていました。が、兵庫県南部地震以降、中央防災会議や地震調査研究推進本部などの国の組織や県などの地方自治体が主体となつた調査も行われるようになり、断層や地下構造について以前より詳しく分かってきました。また、地震動や地震被害の予測結果についても公表されています。

(<http://www.bousai.go.jp/jishin/index.html>、
http://www.jshin.go.jp/main/p_hyoka03.htm、
<http://www.pref.saitama.lg.jp/page/h25higaisoutei.html> など)。しかし、まだ正確に地震の揺れを予測できる状況ではなく、予測の精度を高めるには研究が欠かせません。私たちの研究室では、断層のずれが地盤の中をどのように進展するかに関する研究や、震源の断層での破壊(ずれ)の状況を調べる研究を行つてきています。また、地震による家屋の被害を倒壊状況も含めて予測する研究や、断層のずれによる構造物被害の解析や被害軽減法に関する研究についても行っています。

《 13年8月21日 埼玉新聞掲載 》

地域の風景づくり

環境科学・社会基盤部門 環境制御システムコース 深堀 清隆 准教授



■ 人々の生活と景観

人々の生活の場は生き物のように新陳代謝しています。建物や道路は老朽化しますし環境や防災など新しい時代の要請もあつて景観は次々と造り替えられていきます。そのような中で人間らしい暮らしや文化を見失わないために、生活の場のあるべき姿を常に考える必要があります。私はそれを場所の姿＝景観を手がかりに読み解こうとしています。

■ 景観研究と地域プロジェクト

景観研究では、地域の現場を巡りながら問題のある景観に着目し、改善の手がかりとなる景観像を考察していきます。研究室に戻れば分析対象となる視覚環境を設定して人間を観察する実験を繰り返し、人々の知覚や認識、行動のデータを集めて分析します。これが私の研究スタイルです。

景観のテーマに関して、地域と関わるケースも様々で

す。所属するコースでは大学院GPという教育プログラムを実施していますが、修士の学生を地域の現場に派遣して様々な団体と連携した活動を行っています。その中で私のプロジェクトのいくつかを紹介します。

秩父地域では地域のNPOや行政等の協力を得て、風景街道のプロジェクトに参画しました。大滝での森林の間伐をテーマにした道路際の眺望広場、小鹿野町でのあじさい街道再生プロジェクトの他、横瀬町の道の駅、果樹公園あしがくぼでは、横瀬川を両岸から関連づける2つの広場(シンボルツリー広場と親水デッキのあるオーブンカフェ広場)のデザインを学生らが提案し実現しています。鉾山町のかつての生活と景観の移り変わりを題材にしたドキュメンタリー映像も、企業への取材調査の上、学生がシナリオを提案しています。

最近では、飯能地域でも名栗の関東ふれあいの道・水源の道や、飯能・西武の森を舞台に活動を実施しています。

飯能・西武の森では、地域の団体や行政、企業が連携して谷津田再生など里の風景再生を目指した活動をされています。学生たちは、人と自然の領域が重なりあう場所で、人と自然との望ましい関係や触れ合いの場はどう整備・管理されるべきかを考え、遊歩道や案内表示のデザイン、人の行動心理を踏まえた環境利用マナーのあり方を含めた景観ガイドラインづくりに取り組んでいます。

■ 地域文脈主導の社会基盤整備

風景づくりは建物単体のデザインと異なり、人の目に飛び込む環境の全体像を考えるため、地域の広がりの中で関係者が連携することが大切です。この場合、道路や河川などの社会基盤施設のマネジメントの観点から行政と地域が連携すると効果的だと思います。水や車の流れを安全に効率よく流すだけでなく、生活の舞台として、さらに地域の自然、歴史や文化の再生を第一とする地域文脈主導の考え方で、まちや水辺が整備されることが望まれます。地元埼玉県内では様々な団体が地域づくり活動に相当努力をされていますが、景観形成の観点から、行政による社会基盤施設整備（機能整備とデザイン、維持、改修も含めて「場所」のライフサイクルの観点から）と地域団体の活動がもう少し密に連携できると良いと感じています。

脊椎動物の形を決める時計

生命科学部門 生体制御学コース 川村 哲規 講師



■ 規則的パターン

動物園に行くと、ゾウ、キリン、ワニ、魚など実にさまざまな形をした動物に出会います。檻の中のほとんどの動物はヒトと同じく脊椎動物です。いろいろな形をした動物がいる脊椎動物ですが、脊椎骨という骨がほぼ一定の間隔で連なった背骨を持っていることが、脊椎動物に共通してみられる特徴です。博物館に展示されている恐竜の骨格標本や焼魚を食べた後の骨などをみると一目瞭然です。このような脊椎骨が連なった規則的なパターンは、どのように形成されるのでしょうか。それは、発生のごく初期に形成される「体節」と呼ばれる組織が一つずつ連なった構造に由来します(図参照)。たった一つの受精卵から、どのようにしてこのようなパターンが生じるのか、とても不思議ですね。私はどのような遺伝子が働いて、このような秩序だったパターンが出来上がるのか、その仕組みを知りたいと考えていま

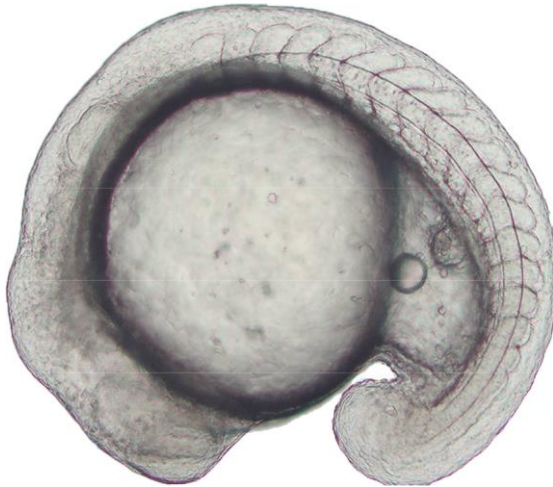
■ 「分節時計」の機構

す。体節が形作られるうえでの最大のユニークな現象は、体節が一定の時間間隔で、もとの組織から切り取られて形成されることです。これにより、体節は等間隔で形成されてゆくののです。これまでの研究から「分節時計」と呼ばれる機構が、体節が形成される時間間隔を計っていることが分かってきました。「ヘアリー」と名付けられたタンパク質が自分自身を抑制することでON-OFFの状態を繰り返す時計の振り子のような働きをし、その周期を生み出していることが分かってきました(私たちは分節時計と呼んでいます)。例えば、私が研究に用いているゼブラフィッシュという熱帯魚では30分間隔で分節時計は振動しますが、興味深いことに、カエル45分、ニワトリ90分、マウス120分間隔と「分節時計」の周期は動物種によって異なります。「分節時計」の振動子であ

る「アリー」タンパク質は、どの動物においても存在します。しかしながら、動物種間におけるどのような違いにより時間周期が異なっているのかについて現在のところ殆ど分かっていません。さらに、背骨を構成する脊椎骨の数に着目すると、ヒトでは30個程ですが、極端にからだが細長い形をしているヘビでは、300個以上の脊椎骨からなり、脊椎動物種間で大きく異なります。脊椎骨の数の違いは、「分節時計」の振り子が何回振動したか、その振動回数の違いによるものと考えられますが、この点に関しても殆ど不明です。私は、脊椎動物の背骨の繰り返し構造を制御する「分節時計」の仕組みを遺伝子レベルで理解し、その結果を脊椎動物種間で比較すること、さまざまな脊椎構造を示す脊椎動物の形づくりの基本となる仕組みについて理解したいと考えています。

《 13年 9月 4日 埼玉新聞掲載 》

目次へ



発生中のゼブラフィッシュ胚。写真右側にある「くく」の形をした体節が連なり、背骨の基となる。

衝撃波と一緒に伝わる炎

人間支援・生産科学部門 機械工学コース 小原 哲郎 教授

■ 燃料になる水素

水素という気体があります。中学か高校の理科の実験で、水を電気分解して一方の電極から発生する気体を試験管のため、火を近づけるとピュツという高い音をたてて燃えたのを記憶しているかもしれません。その気体が水素であり、燃料の一つになります。水素に限らず燃料が燃えるにはそれを酸化させる酸化剤が必要になります。電気分解の実験では試験管の周りの空気が水素を燃やす時の酸化剤になります。では、水素と空気を十分混ぜた気体を内径5 cm、長さ3 mほどの管の中にためておき、この気体に火をつけるとどうなるでしょう？初めに管の中では燃料と酸化剤が混ざった状態となつていますので、管の中を炎が燃え広がることになりません。ちなみにもろくの炎は、燃料の「ろう」がろうそくの周りにしかありませんので、燃え広がることはありません。

■ デトネーション波

水素は極めて燃えやすい気体になりますので、炎は高速で燃え広がります。火をつける前の管内の圧力が大気圧であった場合には、炎の速度は時速7000 kmほどになります。炎の温度は約2500℃、炎が通過すると圧力は大気圧の10倍ほどに上昇します。この場合の炎は衝撃波と呼ばれる波と一緒に伝わっており、これをデトネーション(爆轟)波と呼んでいます。このようなデトネーション波が発生すると大変危険であるということは温度および圧力の値を考えますと容易に想像できます。実際に爆発事故があった場合、デトネーション波がその原因となつていた事例がこれまでも数多く報告されています。

■ 工学的利用に着目

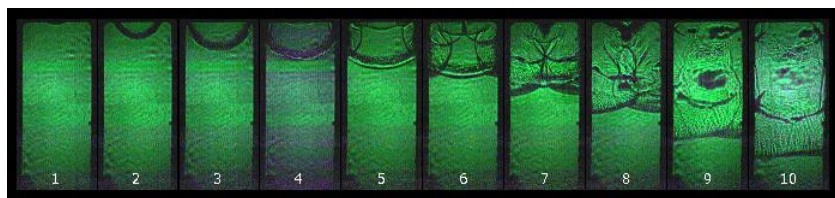
埼玉大学工学部機械工学科熱工学研究室では、デトネーション波がどのように発生するのか?どうすれば



デトネーション波による被害を減らすことができるのか？デトネーション波を工学的に利用することはできないか？ということに着目して研究を行っています。具体的には、超高速ビデオカメラを用いてデトネーション波が発生する様子を観察しています。家庭で用いられている一般的なビデオカメラは1秒間に30枚の写真を撮影していますが、デトネーション波の様子を探るには1秒間に100万枚の写真を撮ることのできるビデオカメラを用いる必要があります。下の写真は、上から下方向に伝わるデトネーション波が狭い空間から広い空間に燃え広がる様子を100万分の1秒ごとに撮影したものになります。8〜10コマ目で下方に伝わっている黒い線のように観察される波がデトネーション波になります。

《 13年9月11日 埼玉新聞掲載 》

目次へ



図説：「技術協力＝新井俊希氏(NHK放送技術研究所)、松村哲氏(ナックイメージテクノロジー)」

植物多糖と健康

生命科学部門 分子生物学コース 円谷 陽一 教授



植物は食品として、また紙などに加工された身の回りの生活用品・工業製品として当たり前のごとく利用されています。植物の重要な成分として植物多糖があります。植物多糖と言う言葉は知らなくても、“食物繊維”または“ダイエタリーファイバー”なら馴染のある方も多いと思います。食物繊維は消化吸収されませんが、整腸作用等で健康維持・増進に大切な働きをしています。私は、植物多糖とはどういう構造で、それがどの様にして植物体内でつくられるのか(合成)と分解の仕組みについて調べています。また、植物多糖を食生活にどのように役立てるかにも取り組んでいます。これは多くの方が古くから携わってきた課題ですが、最近では新たな知見も得られています。

■ デンプン

植物多糖として良く知られているのは“デンプン”です。デンプンはヒトの体を構成する栄養素として、またエネルギー

源として大切です。食物繊維はヒトの消化酵素で加水分解されない難消化性あるいは難吸収性の食品成分、と定義されますので、デンプンは食物繊維には該当しません。食物繊維の主成分は、植物細胞を取り囲んでいる植物細胞壁を構成する多糖とリグニンで、セルロース、イチゴジャム等の粘性を与えるペクチン、等があります。ヒトはこれらの多糖を分解・吸収できません。また、植物細胞壁多糖には、グルコース以外に、ガラクトース、キシロース、グルクロン酸、等の普段聞きなれない糖が含まれています。

■ 酵素

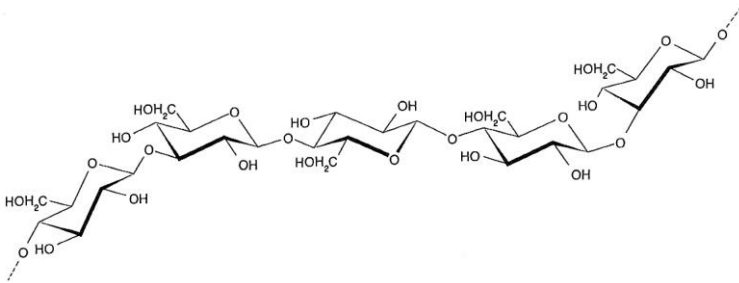
植物細胞壁多糖を作るのは酵素の働きです。また、植物体内では作られた多糖はそのまま蓄積するのではなく、絶えず分解と合成を繰り返しています。このような現象を“代謝回転(ターンオーバー)”と呼びます。植物細胞壁多糖の構造は複雑なので、その構造を調べるの

に分解酵素を用いるのが有効です。私たちの研究室では、微生物起源の新規な酵素を数種類見出し、国際組織である酵素委員会に登録しました。その一つがエキソβ-(1→3)ガラクトナーゼ(酵素番号3.2.1.45)です。これらの酵素は本分野の研究者に評価され、ケンブリッジ大学やメルボルン大学、等の研究者から依頼を受けて酵素を提供してきました。

■ 大麦β-グルカン

近年、植物多糖の一つである大麦β-グルカン(大麦水溶性食物繊維)(図)が食物繊維としての働き以外に健康維持機能を持つことが明らかとなって注目されています。例えば、合衆国食品医薬品局(FDA)は本成分をある基準以上摂取すれば血中コレステロールの低下に効果があることを認めています。私どもは、埼玉県内外のうどんメーカー、パンメーカー、製粉会社、他大・研究機関、行政機関、等のご協力を頂いて産学官連携組織を立ち上げ、大麦β-グルカンの健康機能に着目した大麦食品の開発・普及を進めています。

《 13年9月18日 埼玉新聞掲載 》



大麦β-グルカンの構造模式図 グルコースがβ-(1→3)-とβ-(1→4)-結合で多数連なっている。

見えないモノを見る〜超伝導フォトセンサー〜

数理電子情報部門 電気電子システム工学コース 田井野 徹 准教授



■ 重要な裏方役

皆さんは、日々の暮らしの中で多くのセンサに囲まれていることを意識したことはありませんか？煙を感知するガスセンサ、自動的にドアの開閉を行うための人感センサ、電気ポットに入ったお湯を一定温度に保つ温度センサなど、その用途は多岐にわたっています。たくさんのセンサに囲まれていながら、我々はそれらのセンサを意識することはありません。つまりセンサは様々な物理量を定量的に計測できるデバイスでありながら、裏方に徹しているわけです。しかしその存在は非常に重要で、特に先端的な研究を行うには性能に優れるセンサは必要不可欠です。

■ 人間の五感に相当

センサはしばしば、人間の五感にたとえて説明されます。私は、その五感の中でも視覚に相当するセンサとして、電磁波を検出できる超伝導デバイスについて研究を

行っています。その名の通り、超伝導体で構成されたセンサ(写真)で、高感度に電磁波を検出できます。高感度な検出とは、今までぼやけていた、または見えなかった観測対象が見える、ことを意味しています。したがって、先端的な研究の推進には、性能に優れるセンサは欠かせません。

■ 応用も期待

一般に超伝導体を用いたセンサは、従来の半導体や金属などを用いたセンサに比べて高感度、高分解能であり、かつ高速に動作します。このセンサが実現すれば、X線を用いた材料組成分析装置の高分解能検出器に用いることができます。また可視光領域以下のフォトンをつづつ計数できるので、フォトンを用いた量子情報通信への応用も期待できます。さらに近年我々は超伝導センサを用いて、これまで未開拓であったテラヘルツ波(THz波)の検出にも利用できることを実証しました。ここで

THz波とは電波と光の境界に位置する電磁波で、この波長領域には物質の振動や分子間相互作用などユニークな特徴が存在します。これは、THz波を物質に照射した際のスペクトル(周波数ごとの電磁波の強さ)が物質によって異なるため、例えば素性の分からない物質に対するTHz波スペクトルを観測することで、その物質を特定することができるようです(見えなかったものが見える)。

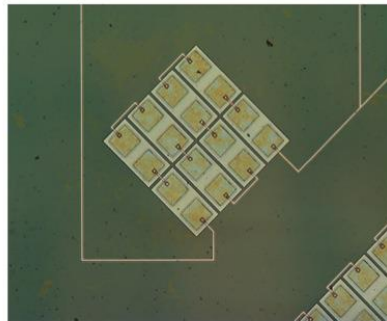
■ 実用化に期待

宇宙・物理・化学・医療・情報通信などへの応用が期待できる超伝導センサですが、超伝導体を用いているために極低温で動作させなければなりません。しかし近年の冷凍機技術の発展により、液体窒素や液体ヘリウムといった寒剤を使わずに冷却ができるようになり、この短所は解消されつつあります。

私の研究室では、超伝導センサの設計、作製、X線とテラヘルツ波の検出測定までを行うことができます。研究は埼玉大学内で閉じることなく、国内外の研究機関や他大学と共同研究を行い、超高性能な裏方センサが表舞台(実用化)に立てるよう日々努力しています。

《 13年9月25日 埼玉新聞掲載 》

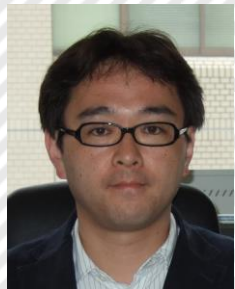
目次へ



研究室で作製した超伝導センサ

高速なアルゴリズムの設計

数理電子情報部門 情報システム工学コース 山田 敏規 准教授



■ 命令書

計算機：例えば、パソコンやスマートフォン…で何か作業をさせようと思うならば、アプリを動かすでしょう。アプリはプログラムと呼ばれる計算機のための命令書を書いて作られています。しかしながら、命令書を書くための言語(プログラミング言語)にはたくさんの種類があるため、基本となる作業に対してはプログラミング言語に依存しない形で命令書を記述しておき、プログラムを書くときにこの命令書を翻訳する方が便利といえます。この元となる命令書がアルゴリズムです。

■ 互除法

最も古いアルゴリズムは、二つの正の整数の最大公約数(二つの整数を割り切る最大の整数)を求めるユークリッドの互除法と言われています。これは二つの正の整数に対して以下の(1)と(2)を一方の数が0になるまで繰り返すことで最大公約数を求めます…(1)大きい方

の数を小さい方の数で割って、余りを求める…(2)大きい方の数を(1)で求めた余りで置き換える。このとき、0でないもう一方の数が最大公約数となります。ユークリッドの互除法は非常に優れたアルゴリズムで、仮に二つの正の整数がどちらも千桁に達するような数だったとしても高速に最大公約数を求めることができます。一方、2、3、5、…と小さい順に素数で割る方法で最大公約数を求めようとすると、桁数が大きくなるにしたがって割り算の回数が増え、桁数が大きくなるにしたがって我々が生きている間には計算が終わらないでしょう。このように、解きたい問題に対して少ない計算時間で正解を求めるアルゴリズムを設計することが重要となります。

■ 計算機

計算機は人間よりも高速かつ正確に計算を行うため、人間に代わって計算機に解いてほしいと思う問題は多々

あります。しかしながら、計算機でさえも高速に正解を求めることが難しいと考えられている問題も多々あります。例えば、宅急便のトラックが集配所から配達先を全て回って集配所に戻ることを考えます。このとき、できるだけ時間が短くなるように配達するにはどのような順番で配達先を回ればよいか？もし配達先が10程度であれば簡単に正解を求めることができますが、配達先が30を超えると一般に正解を求めることは不可能と思われると思います。そのような場合には、仕方がないので正解に近い答えをできるだけ高速に求めるアルゴリズムを設計します。

このように、世の中のあらゆる解きたい問題に対して高速に正解を求めることが可能か不可能かを見極め、可能であるならば正解を、不可能であるならばできるだけ正解に近い答えを求める高速なアルゴリズムを設計することを目指しています。

《 13年10月2日 埼玉新聞掲載 》

目次へ

ボリビア短期学生研修から

物質科学部門 物理学コース 井上 直也 教授



■ 新教育プログラム

今回のコラムは「研究の現場」から少しだけ離れ、「教育の現場」に軸足を置いてお話ししたいと思います。理学部では昨年度から、新教育プログラム(HISEP 文科省「理数学生育成支援事業」)を行ってきています。これは初年次教育を重視し、理学の知識を広く学び、早期研究活動に結びつけ、加えて外国人教員授業・海外研修やアウトリーチ活動を通して国際性と社会性を育成する特色ある取り組みです。

■ 「研究の現場」提供

その HISEP 海外研修として9月6日から2週間、南米ボリビア・ラパス市にあるサンアンドレス大学理学部を理学部学生と共に訪れました(埼玉大学理学部の協定校であり、学術・学生交流両面で連携を深めてきています)。大学の役割として、「研究」「教育」「社会貢献」が挙げられますが、研究の現場に学生が集い、自己を磨

きスキルを伸ばしていくことは大学院教育では普通の姿ですが、学部学生に対しても研究者の芽を開花させ伸ばすため、教育現場に優れた「研究の現場」を提供することは意義深いものです。

■ 実践を通して収穫

今回のボリビア研修では、5200m高地における宇宙線観測の現場と研究活動の見学、理学部での授業体験とサンアンドレス大学学生との交流を目的としました。理学部長・副学部長、また数学科・物理学科・生物学科の各学科長との懇談を通して、日本と異なる教育システム・学習内容を学び、また学生との交流会では英語とスペイン語、また片言の日本語も飛び出す中で、言葉の壁を実感しつつも土壇場では当方の学生もとびきりの意欲と笑顔で振る舞い、実践を通して得るものの多さと重さを感じたひとときでした。研究面では生物学科長自らその研究活動・施設を紹介いただき、アンデス高地

から溪谷地域、アマゾン上流の熱帯地域に渡る、高低差5000mの中での多彩な植物生態系の標本データベースとその分析研究、その学部教育への反映について説明を受けました。

■ 打ち解けた交流

今回の訪問でのもう一つの試みは、現地日本人補習校生徒の皆さんに向けた理科実験の開講でした。「紙コップスピーカー」「円周率の不思議」をテーマに、不思議さや原理をわかりやすく伝えるスキルを磨くための(学生による)科学コミュニケーション活動でしたが、予想以上に好奇心旺盛な生徒たちと打ち解けた交流を行うことができました。

最近理学部が卒業生に向けて行ったアンケートからは「理学部で身につけることができるもの」として「論理的思考力」「分析力」が多くの方に支持されました。この「理学部教育の強み」を基礎として、それを超えて、海外研修などを通して得た多くの実体験は貴重であり、このような教育機会を積極的に提供していきたいと思えます。

《 13年10月9日 埼玉新聞掲載 》



水が織りなす分離場の化学

物質科学部門 応用化学コース 渋川 雅美 教授



固体と液体が接しているときの両者の境目、すなわち固液界面は、水試料中の化学物質の分離や濃縮において最も多用される「分離場」の一つである。固液界面をつくり出す材料は、一般に抽出剤または吸着剤と呼ばれるが、多くの種類のものが使用されている。それらの材料あるいは材料の表層部が水と接したとき、その界面でどのようにして物質の分離が起こるのかを明らかにすることは、新たな分離技術の開発はもちろん、界面における水や溶質分子の振る舞いを解明する上で非常に重要であり、多くの研究者が取り組んでいる。

■ 疎水性相互作用と分離・濃縮

水に濡れない疎水性物質の表面に水を置くと丸い水滴となる。これは、水分子どうしが水素結合によって強く引きつけあうことによるが、裏返すと疎水性表面との接触を水分子が嫌うことによるともいえる。すなわち、水分子は互いの水素結合を切って疎水面と接触して

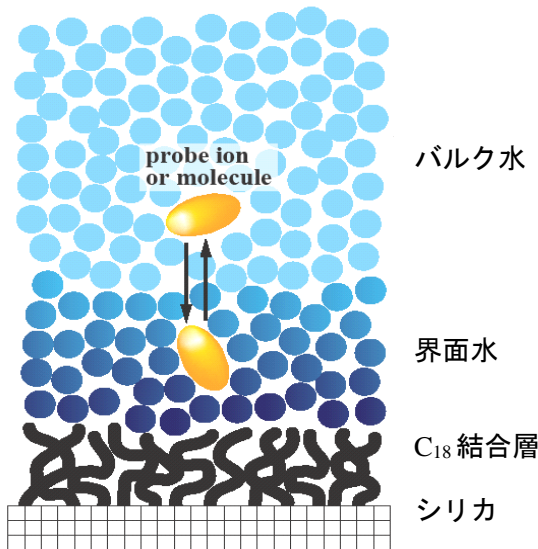
るよりも、水分子どうしで結合している方がエネルギー的に安定であることを示している。

一方、水に溶けている疎水性物質（水に対する溶解度が低いので、その濃度は非常に小さいことが多い）や疎水性の官能基をもっている物質（界面活性剤など）は、その水溶液を疎水性表面に接触させると水から逃げ出そうとして表面に集まる。これは一般に疎水性吸着と呼ばれ、水試料中の化学物質の分離や濃縮にはこの疎水性相互作用を利用した方法が広く用いられているところだが、これに対して、ナトリウムイオンなどの水分子と強く結合する物質は逆に疎水性表面を避ける（疎水性表面から遠ざかる）こと、さらにこの現象を利用してイオンの分離や濃縮ができることが最近明らかにされた。

■ 界面水とその物質分離機能

筆者らは、このような現象は、疎水性界面に半ば強制的に水を接触させると通常の水（これをバルク水と呼ぶ）とは異なる構造をとり、溶質分子やイオンを溶解する能力に変化が生じることに基づいて、これを明らかにした。すなわち、界面水はそれ自身が分離媒体として機能し、分離場をつくり出しているのである。オクタデシル基(C₁₈H₃₇)でシリカゲル表面を被覆した粒子は疎水性物質の分離・濃縮に用いられる材料の代表格であるが、筆者らはその表面に生成する界面水の厚さを、無機イオンの分離挙動の解析により約1.3 nmと見積もった。この値は水分子にして4〜5層の厚さに相当するが、これは、言い換えるとイオンや分子が疎水性表面を検知する距離の上限、あるいは疎水性相互作用が及ぶ距離ということができる。

固液界面、特に疎水性表面近傍の水の構造や性質、さらにその量を明らかにすることは、分離原理の理解と新たな分離システムの設計はもちろん、タンパク質の高次構造形成など生物学的プロセスにおいても重要な役割を果たしている疎水性相互作用の本質を理解するためにはきわめて重要である。筆者らは、分子やイオンを用いた独自の方法を駆使して、この問題に取り組んでいる。



≪ 13年10月16日 埼玉新聞掲載 ≫

有機物の超伝導

物質科学部門 物理学コース 谷口 弘三 准教授



■ 応用範囲は多岐

超伝導という現象は、現在さまざまな分野に応用されておられ、さらに研究開発が発展すれば、世の中を一変させる多くの可能性を持っています。現在の応用分野について例をあげると、超伝導を線にしてそれをコイルにした超伝導磁石は、MRI、加速器、シリコン単結晶合成、強磁場基礎科学などに応用されています。この超伝導磁石は、リニアモーターカーにも利用されていることは有名です。また、超伝導を用いたデバイスの一つである超伝導量子干渉計は、精密磁場測定を可能にしており、物質の精密な磁化測定、心臓や脳の動きを外部から観測する心磁計や脳磁計、磁性材料の非破壊検査などに用いられています。その他の超伝導デバイスにも電磁波検出器や電磁波フィルターなどがあり、応用範囲は多岐に渡ります。

■ 室温以上なら「革命」

このように便利な超伝導ですが、大きな欠点があります。それは、この現象を実現するためには、超伝導物質を極低温に冷やさなければならぬということです。つまり、超伝導になる転移温度以上では、ただの金属になってしまうわけです。極低温に冷やすためには、希少元素であるヘリウムを使って冷やすのが一般的ですが、ヘリウムは年々減ってきており、この問題はより深刻になっております。そのため、世界の研究者はこの欠点を克服すべく、さまざまな超伝導物質を開発しており、現在でも、より特性のよい超伝導物質を探索しております。現在、最も高い温度で超伝導になる物質は、銅の酸化物からなる化合物で、最高転移温度は、約マイナス120℃です。これがさらに高くなって、室温以上になれば、世の中に革命がおけると考えられております。

■ 高いポテンシャル

このような現状において、私は有機物からなる超伝導体の研究を行っています。一般に有機物は絶縁体ですが、有機分子と無機のイオンなどを組み合わせることで、有機分子上にキャリアを安定化させることができ、有機超伝導体もつくることが出来ます。現在では100種類以上の有機超伝導体が開発されていますが、そのような中で、我々は、2003年に当時では有機物では最高となる有機超伝導を発見しました。ただし、転移温度は約マイナス260℃と低く、はるかに銅酸化物に劣ります。しかし、有機物は、有機分子が基となっており、この有機分子は人工的につくることのできるという特徴があります。つまり、膨大な数の有機分子から最適なものを選ぶことができ、さらに場合によっては、その有機分子を少しいじって少しだけ異なる有機分子を作ることのできるため、物質の多様性はほとんど無限にあるわけです。このことから、現状では有機超伝導は転移温度という意味では無機超伝導に劣るものの、高いポテンシャルを秘めていると考え、よりよい特性を持つ有機超伝導の開発を行っています。

《 13年10月23日 埼玉新聞掲載 》

目次へ



有機超伝導体の一種を合成している様子。白金電極から伸びた黒い針状のものが有機超伝導体。

「ありふれた」材料の挑戦

物質科学部門 機能材料工学コース 神島 謙二 准教授



■ 機能性材料を合成・探索

本研究室では、平成24年の発足以来、非常に「ありふれた」元素から機能性材料を作るということを研究目標としている。

では、何が「ありふれた」元素であるか、皆さんはご存知だろうか？地球上の地表付近に存在する元素の割合をクラーク数と呼ぶ。クラーク数が一番多いのは酸素であり、五十重量パーセント近くにもおよぶ。これは、酸化物として岩石中に酸素が多量に存在するためである。また、地球上の大気中で安定に存在しうる物質の代表格が酸化物であるということも示している。

本研究室では主に鉄系の酸化物を中心にして、機能性材料を合成・探索している。鉄もまたクラーク数が四番目に高い「ありふれた」元素である。ここで鉄系の酸化物というと「赤さび」が思い浮かぶであろう。「赤さび」は、ボロボロと崩れ、鉄系金属材料を腐食した結果であ

り、とうてい、機能性材料とは言いがたい。しかしながら、この「赤さび」すなわち赤色酸化鉄を主原料にして、他の酸化物と混ぜて焼き固めることにより、磁気を帯びたセラミックスを作ることができる。これは代表的な実用磁石の一つで「フェライト」と呼ばれる。

■ 凡庸×2 非凡などうパン

「フェライト」の一種である「Y型フェライト」の周辺物質を探索した結果、ある組成で、一回の焼成過程のみで、強磁性体であるスピネル型フェライトと強誘電体であるチタン酸バリウムの双方が共存する試料の作製に成功した。図にスピネルフェライトーチタン酸バリウム複合試料の表面組成分析を行った結果を示す。スピネルフェライトの主成分である鉄・ニッケル・銅・亜鉛と、チタン酸バリウムの原料であるバリウム・チタンはハッキリと分離している。強磁性体と強誘電体が、一回の混合・焼成過程で同時に生成していることが分かる。

スピネル型フェライトは代表的な高透磁率材料フェライトで中間周波数用コイルやトランスなどに応用されている。また、チタン酸バリウムは非常に大きい誘電率を持ち、コンデンサなどに応用されている。

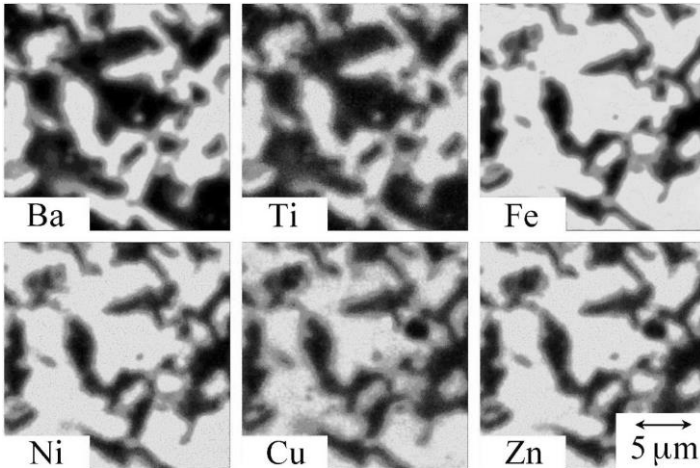
新物質を探索したら、これらの良く知られている物質が二種類同時に生成した、と言う結果である。したがって、凡庸な結果が二つあるだけ、と思われるかも知れない。

しかし、本研究は、複合材料作製のプロセス簡略化の可能性を示している。何故ならば、強磁性体と強誘電体の複合材料というのは、通常はそれぞれを別々に作製し、その後をそれらを複合化する、という二段階のプロセスで、合成されてきているからである。我々のプロセスで合成した材料は、「ぶどうパン」状であり、「ぶどう」がスピネルフェライト、「パン」がチタン酸バリウムに相当することが、本材料の透磁率および誘電率の解析結果から明らかにになっている。

■ さらに「ありふれた」ものは？

上で述べた材料は、まだまだ「ありふれていない」元素も含まれているため、物質探索を継続している。特に、生体中に含まれ、地球上の地表付近に多く存在し資源的にも豊富なカリウムやカルシウムなどの元素を含む新規酸化物機能性材料の作製を目指している。

≪ 13年10月30日 埼玉新聞掲載 ≫



新しい橋の構造と設計法

環境科学・社会基盤部門 環境社会基盤国際コース 奥井 義昭 教授



■ 土木と建築

橋の設計はだれが行っていると思いますか？建築家という答えが多いように思います。この答えは誤りで、正解は土木技術者が行っています。土木と建築が大学の教育課程から分かれているのは、日本と韓国ぐらいで、世界的には分かれていないのが一般的です。もし、日本で橋の設計を勉強したいのであれば、ぜひ土木系の教育課程に進学してください。私が教育を行っている埼玉大学建設工学科も土木系の教育課程で多くの橋梁設計者を輩出しています。

■ 新しいタイプの橋

橋の歴史は非常に古く、紀元前4000年には既に石造アーチ橋がメソポタミアで建設されていました。このように言うと、橋なんて昔からあり、進歩がないように思うかもしれませんが。確かに工学の他の分野と較べると、成熟した技術分野かもしれません。しかし、直近の15

年で見ると橋の設計ポリシーは、大きく変化しています。

写真は1990年代に建設された高架橋と2012年にパイロット事業として建設された新しいタイプの橋梁です。新しい橋梁では部材数を少なくしてシンプルな構造となっています。こうすると、材料費は上がってしまうのですが、製作費を節約でき、全体として経済的になります。日本では鉄などの材料費より人件費が高いため、シンプルな構造とすることで、コストを押さえる事が出来るのです。さらに最近ではライフ・サイクル・コストといつて、橋の供用期間(日本では100年)にわたって、維持管理費も含めたコストを考えて経済性を追求した橋を建設しています。新しいタイプの橋は疲労破壊の弱点が少ないなど、維持管理もしやすい橋となっています。

■ 新しい設計法

写真で示した新しい橋は、設計法も「限界状態設計法」と呼ばれる新しい考え方を用いています。この新しい設計法で設計された近代的な道路橋は計画中も含め、私の知る限り、日本にまだ数橋しかありません。しかし、設計法の世界的趨勢をみると、この新しい設計法はアメリカ、カナダ、ヨーロッパ諸国など、殆どの先進国で採用されています。日本では、1970年代の本州四国連絡橋に代表されるような長大橋の技術開発や、1995年の阪神・淡路大震災以降に耐震設計法の開発に注力していたため、中小橋梁の設計法の開発が遅れた印象があります。さらに諸外国では、限界状態設計法と信頼性理論を用いて橋の破壊確率を制御するような設計法を開発しています。私もこの分野において貢献が出来ればと研究を行っています。

《 13年11月6日 埼玉新聞掲載 》



波を通して関数を見る

数理電子情報部門 数学コース 櫻井 力 准教授



■ 超局所解析

私の専門は「超局所解析」と呼ばれる分野で、フーリエ解析を含む調和解析を駆使して偏微分方程式の解の持つ性質（滑らかさや特異点の構造）を調べることです。フーリエ解析は物理学・工学でも基本的な道具として利用されていますので、ご存知の方も多いと思います。関数を単純な平面波に分解し、それぞれの波長成分に対して解析を行い、その重ね合わせとして元の関数の特徴を抽出するものです。したがって、私の研究は様々な「波」の研究であるということが出来ます。

さて波といえば、遥か何万年も離れた星から発せられた光が電磁波として空間を伝わってきて、その刺激（エネルギー）を我々の眼が受け取って、その光を見ていることはご存知でしょう。しかし、空間を波として伝わっている様子を実際にこの目で見ることは出来ません。同様に、空気の圧力変化の波である音波を耳で受けて

音を聴くことは出来ても、音波を直接見ることは出来ないのです。

水の波は我々が自分の目で見ることの出来るほとんど唯一の波動現象です。砕けるような激しい波はとても偏微分方程式で記述することは出来ませんが、ある程度穏やかな波は内部の水の運動を伴った自由境界の時間変化の方程式を導くことが出来ます。

■ 水の波動現象

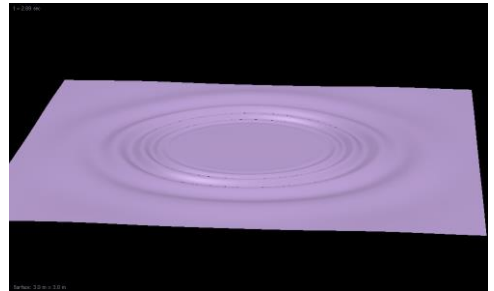
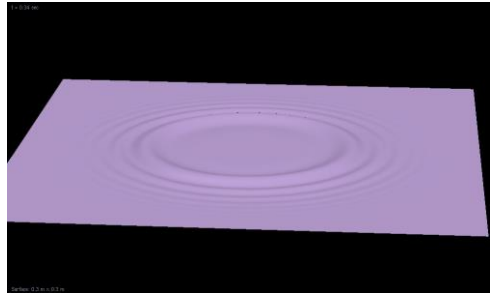
水の波では重力と表面張力の二つの異なる復元力によつて波動が引き起こされていて、波長によって異なる進行速度を持つ、いわゆる、分散性の波であることが分かります。特徴的なのは約2 cmの波長において進行速度が最小になることです。雨が上がりかけたときに水溜りにできる波紋はこの波長成分とそれより短い波長の成分を多く含んでいるため、一番内側の波が大きく、その外部に振幅が小さく波長の短い波が広がっているの

を観察できるでしょう(図1)。これに対して、静かな湖に小石を投げ込んだときに出来る波紋は数cmから数十cmの波長の波からなるため内側の波長が短く、外部により波長の長い波が広がって行くこととなります(図2)。最も身近な波動現象である水の波がこのように複雑な物理現象であることは何とも皮肉なことです。

■ ウェーブレット解析

近年、新たな調和解析の道具として、ウェーブレット解析の研究が進んでいます。特に、ウェーブレット基底はこれまでの直交関数系とはまったく異なる基底で、一つの関数の相似変換と2進有限小数点の平行移動により、すべての直交基底が得られるというものです。現在、このような直交ウェーブレット展開を用いて、水面波を含む分散性を持つ波動現象の方程式の解の挙動の研究を進めています。

《 13年11月13日 埼玉新聞掲載 》



熱を電気に変える材料

環境科学・社会基盤部門 環境制御システムコース 長谷川 靖洋 准教授



■ 熱電変換材料

私たちの身の回りには、そのまま捨ててしまっている熱がたくさんあります。その熱を電気に変えて、利用できる未来を想像できるでしょうか。熱電変換材料は、こんなことが可能になる特殊な材料の一つです。原理は簡単なのですが、現状ではエネルギー変換効率が低く、まだ実用化には至っていません。そこで、熱電変換材料にナノ構造を取り入れて、飛躍的にエネルギー変換効率を向上させる研究を行っています。この研究の先には、私たちの生活廃熱を電気エネルギーとして回収した省エネルギー社会につなげることを目的としています。大学の研究ですので、埼玉大学の学生が研究の主役です。ナノ構造を取り入れた熱電変換材料は、基本的にすべて手作りで。自分たちで図面から装置を作り、顕微鏡を覗きながら電気配線をして、測定のためのプログラムや電気回路を作り、基本的なモノづくりを通してシステ

ム全体の理解を深めていきます。その先には、私自身が想像している未来があります。

■ 知的好奇心

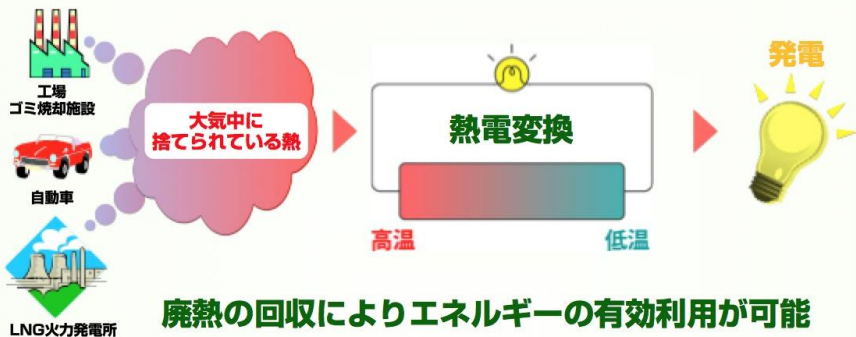
研究と教育は表裏一体で、研究を通して「イノベーション」のDNA(翔泳社)にある①関連づける力、②質問力、③観察力、④ネットワーク力、⑤実験力を身に付けていくことが重要です。特に、目の前にある「よく分からないもの」に対して、自分自身でその関連性を整理し、不明な点は自分で調べたり適切な質問を通して、自然科学の微かな表情を見落とさず観察し、ありとあらゆる人脈を使って、分からないものを分かるものにしていく実行力こそが未来を変えていける原動力だと思っています。その原動力こそが「知的好奇心」です。私たちの基本は、溢れんばかりの知的好奇心をどうやって満たしていくかを考えていくことです。

■ 理想とする未来

私自身、高校生のときからエネルギー全般に興味があり、大学・大学院時代、さまざまな研究に携わることが出来ました。埼玉大学で熱電変換材料の開発を通して、より自分らしい考え方やりで研究を進めています。研究は上手く行かないことがほとんどで、正直簡単ではありませんし、楽ではありません。周りの人から見ると、大変そうに見えるそうです。私自身、難しいから楽しくて、その困難を越えたときに得られる楽しさは何者に変えられません、知的好奇心が満たされる瞬間です。その先にある理想とする未来のために、毎日楽しく大学に行っています。

《 13年11月20日 埼玉新聞掲載 》

目次へ



生体機能を操る多様な分子

生命科学部門 生体制御学コース 小林 哲也 教授



ホルモンとは何モンでしょうか？ サケの母川回帰、オタマジャクシのカエルへの変態、鳥たちの渡りなど、これらの現象にはいずれもホルモンが関与しています。このようにホルモンは、生体機能の調節に極めて重要な役割を果たす生理活性物質です。

■ ホルモン

ホルモンはヒトにおいてもさまざまな生理現象に関わっています。例えば、食事をすると、血液中のグルコース濃度（血糖値）が上昇しますが、膵臓のランゲルハンス島からインスリンが分泌されることで血糖値は低下してきます。この調節がうまく働かない状態が糖尿病です。私の研究室では、生体内でタンパク質が合成される際、特定の物質を付加する酵素の機能が失われた突然変異マウスを維持しています。ホルモンの生理作用を探るうえで突然変異マウスは有用なモデル動物となりますが、実際にこのマウスではインスリンの分泌に異常が観察されます。

そこで、この変異マウスを用いることで、インスリン分泌における本酵素の役割について解析を進めています。

■ プロラクチン

ヒキガエルやトノサマガエルはオタマジャクシ（幼生）からカエル（成体）へと変態し、その生活環境は多くの場合、水中から水辺や陸上へと大きく変化します。この間に起こるからだの構造の変化や生理現象の調節に、多くのホルモンが関わっています。例えば、脳下垂体前葉から分泌されるプロラクチンは、幼生期に必要な器官の発達や浸透圧の調節などに関わることが知られています。私は、このプロラクチンの分泌がどのように調節されているのかについて調べています。プロラクチンの分泌は分泌促進因子と抑制因子により調節されていますが、これまでの解析から、脳下垂体前葉にはこれら因子と結合するタンパク質（受容体）が存在すること、さらに各受容体は複数種存在すること、加えて、特定の種の受容体がプロラ

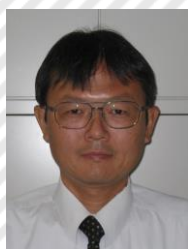
クチンの分泌調節に強く関わっていることなどが明らかになりました。現在は、これら因子と受容体が結合した後、プロラクチン産生細胞内でのように情報が変換され、分泌が調節されているのかについて解析を進めます。

本日は触れていませんが、微生物感染から生体を防御する抗菌ペプチドや、先に述べましたプロラクチンの分泌を調節する新しい因子の探索なども進めています。以上のように、私は、ホルモンを中心とした生理活性物質の探索とその生理作用及び作用機構に関する研究を進めています。我々ヒトを含めた動物では多様な生理機能が営まれています。これらの機能が適切に調節される仕組みを探ることは、生体の制御機構、特に恒常性の維持機構に関する理解を深めることに役立つと信じて、研究と教育を進めています。

《 13年11月27日 埼玉新聞掲載 》

構造物の動力学モデリング

人間支援・生産科学部門 メカノロボット工学コース 渡邊 鉄也 准教授



■ フライキャストイング

私は静粛工学、耐震・免震工学、音工学、スポーツ工学、生体工学の5つの分野を扱っておりますが、ここではスポーツ工学分野のフライキャストイングにおけるモデル化について紹介したいと思います。モデル化とは「構造物の静的あるいは動的挙動を表現できるように数式化する」ことであり、さまざまな方法がありますが、本研究ではマルチボディーダイナミクスを使用しております。

近年、自分の趣味を充実させるために余暇を利用する人が増えてきており、特にアウトドアは最近の流行となつています。その中でもルアーフィッシングやフライフィッシングなどの外来の釣りを趣味の一つにする人が増えてきています。そこで、本研究では静的活動と動的活動を両立できるフライフィッシングに注目しました。疑似餌であるフライは釣具店などで購入することができ、自分で作成したフライで魚を釣ると、より一層

の充実感が得られるため、自分で作成する人が多いです。したがって、フライフィッシングは、フライを作成し、そのフライを用いて実際のフィールドで魚釣りをするという2段階で構成されています。フライの作成は屋内での作業、釣りは屋外での作業になるため、頭脳・指先を使った静的活動と頭脳・身体を使った動的活動を両立できます。

■ 困難なモデル化

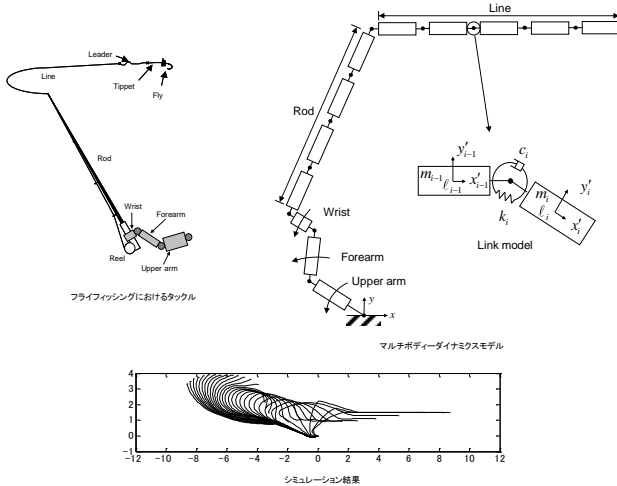
フライフィッシングは英国貴族の釣りとして始まり昭和の初期に日本に伝わってきました。フライはトラウトが捕食するカゲロウやカワゲラ、トビケラなどの水生昆虫を模擬した疑似餌であるため、小さく軽いものです。そこで、フライキャストイングでは、フライラインの重さを利用して軽量のフライを適切な場所に投げなくてはなりません。しかし、フライラインは柔軟な「ひも状」の構造物であるため、その運動は大変形をとまなう複雑な

挙動となり、現象の把握やモデル化が非常に困難です。フライラインが容易に飛ばない理由は二つあります。一つは空気抵抗の影響であり、もう一つはラインの形状が時間変化するため、ライン全体に力を伝えるのが難しいことです。空気抵抗を減らすにはラインのループをコンパクトにし、前面投影面積を小さくすればよい。ラインに力を的確に伝えるにはラインが歪んでいたり、しわが寄つていたりしてはなりません。進行方向にまつすぐであり、ループの幅が狭いほど良いとされています。

以上の背景を踏まえ、本研究では飛距離が長く、ラインコントロールに適したキヤスティング方法およびフィッシング用具であるフライラインおよびロッドの最適パラメータを解明することにしました。フライラインは柔軟構造物であることから、有限要素法を用いて解析することができないため、微小な剛体を結合したモデルで解析するマルチボディーダイナミクスを用います。上腕、前腕、手首、ロッド、ライン、フライを剛体・リンクでモデル化し、様々なキヤスティング方法における動的挙動を明らかにするとともに、最適設計法を提案していきます。

《 13年12月4日 埼玉新聞掲載 》

目次へ



植物によるセンサの開発

数理電子情報部門 電気電子システム工学コース 長谷川有貴 助教

■ 植物の生体電位

光合成をする植物は、約27億年前に誕生したと言われていました。植物は、27億年間さまざまな変化してきた地球で生き続けるために、その時代、その地域による環境の変化を感じとり、変化し続けてきました。つまり植物は、周囲環境の変化を敏感に捉えることのできる「センサ」のような機能を持っていると言えます。

私たちの研究室では、植物自身が持つ「センサ」機能を信号としてとらえ、それを本来のセンサのように使うために、植物の「生体電位」を測定するさまざまな実験を行っています。この生体電位を測定すると、人間で言えば、脳波計や心電図で体調を見るように、植物の状態を調べることができます。

植物の生体電位の研究が始まった1960年頃は、植物体内で起こる現象をよりよく知るための生物学的な研究が行われてきましたが、私たちの研究では、この生

体電位の反応が工学的に応用できると考え、特に光の照射と生体電位の関係についてさまざまな実験をすることで、光合成の活発さと関連があることを明らかにしてきました。

■ 次の世代に継承

このような成果を活かした工学的な応用として、私たちが目標としているのは、野菜や果物などを栽培する施設での「植物による植物のためのセンサ」の実現です。

最近、一般的に手に入る野菜は、冷暖房や養液量をコントロールする機能のある施設内で栽培されている場合が少なくありません。これらの施設では、植物の状態を見ながら経験的に環境をコントロールしている場合が多く、無駄なコストをかけずに植物にとつて最適な環境を維持すること、また、それらの環境のコントロール方法を、農業を営む次の世代に正確に受け継ぐこと、など



が課題となっております。

■ 未来の農業スタイル

そこで私たちの開発する「植物による植物のためのセンサ」の登場です。植物は、その環境に応じて活性の状態が変化しますが、それを植物が発している信号から直接読み取り、空調や養液をコントロールしてしまおうのです。そうは言っても、植物を取り巻く環境にはいろいろな要素が複雑に絡み合っているため、一筋縄ではいきません。

そのため、現在は、光の照射だけでなく、温度、水、栄養状態などとの関連についてさらに詳しく調べる研究を進め、どのように生体電位を測定し、利用することが、最も植物の状態を把握するために適しているのかを学生さんたちと、日々、議論しています。

私は今、電気電子システム工学科の教員ですが、中学生や高校生時代、一番興味があり、好きだった科目は、実は「生物」でした。その当時、生物と電気が関連しているとは全く考えていなかったのですが、何がどのようにつながるかわからないなあ、と実感しつつ、未来の農業スタイルを変えてやる！つもりでこれからも研究に取り組んでいきます。

《 13年12月11日 埼玉新聞掲載 》

目次へ

大腸菌の膜脂質欠損変異株

生命科学部門 分子生物学コース 原 弘志 准教授



■ 単純な3種類

生物の細胞は細胞膜に包まれて外界と区画されています。生体膜は脂質とそれに埋め込まれたタンパク質からできています。分子遺伝学の代表的モデル生物である大腸菌は細胞膜(内膜)に加えてさらに外膜と呼ばれる膜をもっていますが、リポ多糖でできている外膜の外側の層を除くと、膜脂質組成は図1に示すように両性リン脂質のホスファチジルエタノールアミン(PE)と酸性リン脂質のホスファチジルグリセロール(PG)・カルジオリピン(CL)の3種類からなる単純なものです。

■ 遺伝子発現を制御

酸性リン脂質の合成経路のキーとなっている酵素 PgsA は、外膜主要リポタンパク質 Lpp が不在変異株では、増殖に必須ではないことがわかっています。Lpp は PG によって修飾され外膜に移行して、内膜と外膜の間にある細胞壁ペプチドグリカンに結合しますが、PG が

ないと内膜にとどまってペプチドグリカンに結合し、そうすると増殖が阻害されます。Lpp は少なくとも実験室環境では不要なので、PG も CL もまったくもたない PgsA 欠損大腸菌も Lpp 欠損では生きていけることになりました。

しかし、PgsA 欠損変異株では Rcs シグナル伝達系の活性が異常に昂進していることがわかりました。Rcs 系は環境から細胞表面に加わるストレスに応答し、図2のようにリン酸をリレーして、最終的にリン酸化された RcsB がさまざまな遺伝子の発現を制御します。そのなかにはバイオフィーム形成に関わる遺伝子もあります。

■ バイオフィーム

単細胞生物である細菌も、物体表面に接着し、その上に多数の細胞がさらに接着して、細胞外に分泌する多糖類によって入り組んだ構造をもつ多細胞集合体をつくります。これがバイオフィームです。その接着は強固

で、内部の細胞は抗生物質に耐性が高くなるなど、医療や製造業などで問題となります。

合成酵素の遺伝子の欠損によって特定の膜脂質が完全に欠損するのは、自然界の細菌細胞には起こらない人為的な状況です。しかし、そのような膜脂質組成の極端な変動が、バイオフィルム形成過程などにおいて環境から細胞表面に加わるストレスの効果を擬しているのではないのでしょうか。脂質合成酵素の欠損変異株は、細菌が細胞表面への環境ストレスのシグナルをどう感知し応答するかを探るのに、好適なモデルになると考えられます。

≪ 13年12月18日 埼玉新聞掲載 ≫

目次へ

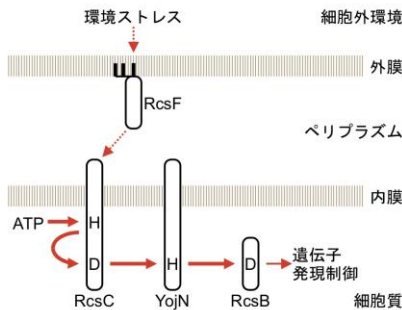


図2 Rcsシグナル伝達系

太い矢印はリン酸基の転移の経路を、H・Dはリン酸化されるヒスチジン・アスパラギン酸残基を示す。RcsBタンパク質はホモ二量体で、またはRcsAタンパク質とのヘテロ二量体となって、転写制御因子として働く。

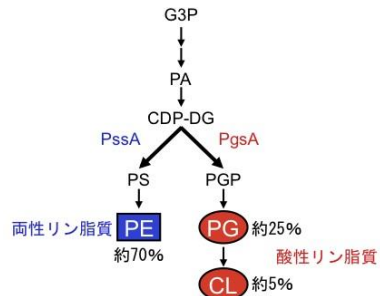


図1 大腸菌のリン脂質組成と合成経路

G3P:グリセロール-3-リン酸、PA:ホスファチジン酸、CDP-DG:CDP-ジアシルグリセロール、PS:ホスファチジルセリン、PE:ホスファチジルエタノールアミン、PGP:ホスファチジルグリセロリン酸、PG:ホスファチジルグリセロール、CL:カルジオリピン。主要両性/酸性リン脂質合成の分岐点の反応の矢印に各酵素名を添えて示す。

論理に基づく自動推論

数理電子情報部門 情報システム工学コース 後藤 祐一 助教



■ 人工知能

計算機(コンピュータ)を研究する分野の一つに人工知能という分野があります。人工知能の目的の一つは、計算機に自動で推論や証明を行わせることです。どうやったら、計算機にそのようなことを行わせることができるのでしょうか？

最初の電子計算機が生まれたのは、1940年代です。この年代の計算機の計算能力は高々数百 FLOPS (FLOPSとは計算能力の単位)でした。それから計算機の爆発的な進化が進み、最近のスマートフォンの計算能力は数億 FLOPS、パソコンの計算能力は数百億から数千億 FLOPS、そして、スーパーコンピュータである京速コンピュータ(2013年)の計算能力は1京 FLOPS になっています。つまり、1940年代の最初の電子計算機に比べれば、普段使っているスマートフォンで1億倍、パソコンならば1億倍から10億倍、スーパーコンピュータな

らば10兆倍早く計算できるようになっています。

■ アルゴリズム

計算能力が飛躍的に上がったのであれば、計算機に自動で推論や証明を行わせることは、簡単なように思えますが、残念ながら計算能力が上がるだけでは自動推論や自動証明を実現できません。本質的に、計算機は(有限の)自然数の演算をすること、そして、命令と演算結果を保存することの2つしか行うことができません。こんなことしかできない機械を使って、複雑なことを行わせるには、計算機で行われる計算や計算結果の意味を人間が解釈し、利用する必要があります。

ある問題を解くためには、どのような計算をどのような順番で行うかという命令をまとめたものがアルゴリズムです。計算機は人間のような判断力がないので、「この部分をうまく計算する」というような曖昧な命令には対応できません。アルゴリズムで最も重要なことは、そ

の規則にしたがったならば、誰でも問題を解くことができるという点にあります。

自動推論や自動証明を実現するためには、推論や証明のアルゴリズムが必要となります。すなわち、推論や証明がどのように行われているのかを明確にし、誰でも行える計算の組み合わせとして表現しなければならぬのです。

■ 応用システム

私は、論理に基づく自動推論について研究しています。論理学は、「何から何を導出するのか」「何から何を帰結するのか」「妥当な証明とは何か」「妥当な推論とは何か」を明らかにすることが目的の学問です。この論理学で扱われている論理(論理体系)を推論のアルゴリズムとして利用し、自動推論を実現するのが私の研究テーマです。このために、論理に基づき推論するプログラムや推論を処理の一部として含む応用システムの提案と開発を行っています。

《 14年 1月 8日 埼玉新聞掲載 》

単一分子状態分析法の開発

物質科学部門 基礎化学コース 二又 政之 教授



■ 特異な存在状態

金属ナノ構造触媒は、一般に酸化物(担体)に固定されており、液体や固体などのバルク状態とは異なる固有の電子状態を持ち、吸着した反応性化学種も特異な存在状態(配向性、構造、電子状態)を有する。そのため、特定の化学反応の活性化エネルギーが大きく低減される。例えば数nmの大きさの金ナノ粒子や白金ナノ粒子上では、バルク状態に比べて、CO酸化やアルコール酸化・水素化などの化学反応が選択的に起こりやすくなる。ナノ構造触媒(担体複合体内部でも、場所により電子状態は異なり、反応活性の違いを与える。精密に触媒活性を制御するためには、1分子の検出感度と空間分解能で、ナノ構造体に吸着した化学種の存在状態や反応過程を、その場で分析する技術が必要である。

■ 高感度で分析

このために、金や銀のナノ粒子が利用できる。これら

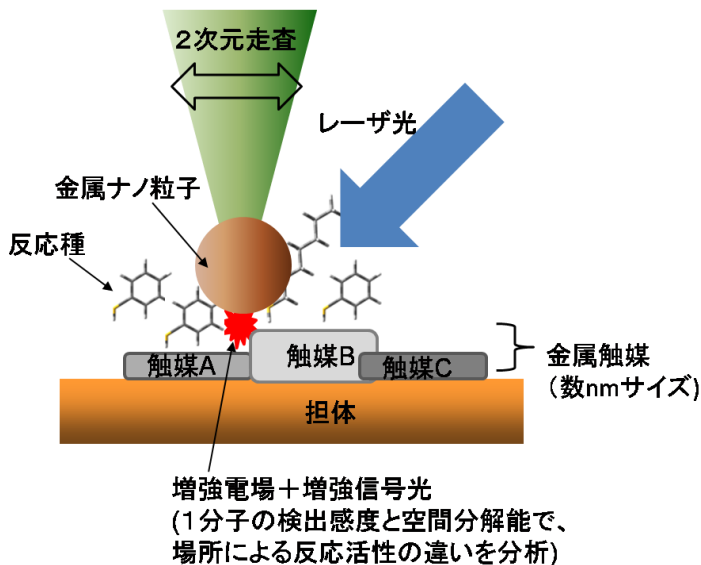
の金属ナノ粒子(大きさが数10nm)に可視光を照射すると、鮮やかな赤色や黄色に見えることは、ローマ時代から知られており、退色しない色材として教会のステンドグラスなどに利用されてきた。この赤色や黄色は、金属ナノ粒子固有の電子状態―それぞれ波長520nm及び400nm付近の光吸収の補色―によるものである。興味深いことに、これらの波長のレーザー光を照射すると、金属ナノ粒子の表面付近(数nm)に、入射光に比べて数100倍強い電場が形成される。そのため、金属ナノ粒子に吸着した化学種は、バルク溶液中よりも大きく増強された吸収や散乱光を発するので、それを解析することで、存在状態を高感度で分析できる。我々は、分析対象であるさまざまな分子を用いて、金属ナノ粒子を近接させることで、 10^4 – 10^5 倍増強された電場を形成し、単一分子感度での分子の状態分析に成功した。

■ 新規触媒の開発

金属ナノ粒子表面の増強電場を利用すると、1分子空間分解能の状態分析も実現できる。我々は、金ナノ粒子や銀ナノ粒子を、触媒として用いられる白金や鉄など幅広い金属表面の吸着種に1 nm程度まで近づけ、共鳴波長のレーザー光を照射すると、増強電場(数nmの広がり)により、ナノ粒子直下の吸着種を高感度で選択的に検出できることを見出した。さらに、金属ナノ粒子を先鋭化プローブ先端に固定し、吸着種上を二次元走査することで、吸着種の存在状態や反応性を単一分子感度とナノメートル空間分解能で得ることが可能である。これにより、反応分子と金属ナノ構造触媒との電子的な相互作用とともに、反応素過程や活性化のメカニズムが、触媒/担体複合体の場所によりどのように異なるかを、ナノメートルスケールで解明できる。我々は、金属ナノ粒子を用いて10-20 nmの空間分解能での状態分析を実現し、現在さらに改善を進めている。

将来的には、ナノ構造体/溶液界面の異なる場所に吸着した化学種1個が、どのように反応していくかを直接観察できるようになるであろう。単一分子状態分析法は、実用触媒の性能の大幅な改善や、資源的及び価格上の制約がない元素を用いた画期的な新規触媒の開発につながるものと期待される。

≪ 14年1月15日 埼玉新聞掲載 ≫



目次へ

新しい液晶材料の展開

物質科学部門 応用化学コース 安武 幹雄 講師

■ 液晶とは？

液晶と言えば、多くの人は液晶ディスプレイを連想するでしょう。しかし、液晶とは、液体の流動性と結晶の規則性を合わせ持つ中間相として知られています。古くは、1889年にヨーロッパで発見された物質の状態の一つです。しかしながら、この状態は、どの物質にも備わっているわけではありません。

ディスプレイ材としての液晶は、みなさんもご存知のように電圧をかけた時のみ、光を遮断するいわばスイッチングとして機能しています。これは、液晶が柔軟であり、かつ、電圧の影響により分子の向きをかえられるからなのです。また、液晶化合物自体には色は付いておらず、色はRGBのカラーフィルターを通して表示されます。近年、液晶材料は、ディスプレイのみならず新しい機能性材料の研究が行なわれています。これは、液晶の性質の一つである高い均一薄膜の形成し易さと自己

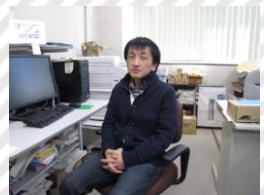
組織化があるためです。

我々の研究では、液晶性を持たせた機能性材料の開発することを目標にして次の研究を進めています。

■ 伝導性材料への応用

前節で述べましたように液晶は、流動性と結晶の規則性を合わせ持つ中間相として知られています。当研究室では、これまでの液晶の研究を基に、電荷(電子や正孔)輸送する液晶材料の研究を展開しています。詳しくは、P型半導体(正孔を輸送する材料)とN型半導体材料(電子を輸送する材料)を液晶性化合物にある機能を持たせ作ることを目的としています。

P型半導体とN型半導体といえば、無機材料を多くの方は連想すると思いますが、最近では、有機材料を用いた半導体の開発が多く行われています。そのほとんどは、単分子構造を持つ結晶性の良いものや高分子構造を持つもので加工性に富むものが多くありますが、ど



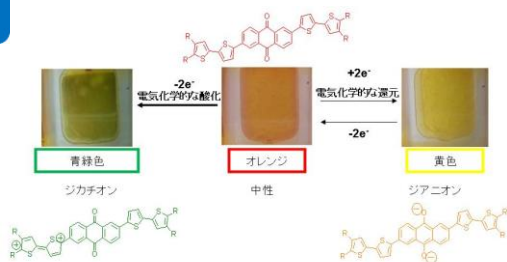
れも一長一短であります。例えば、結晶性の良いものは、良い半導体材料として機能するものの、半導体素子にするプロセスにコストがかかるなどの欠点を持ちます。高分子のものですと、加工性は単分子よりは良いものの、半導体の性能が単分子より落ちる場合が多く観られます。そこで我々は前述した液晶の性質を利用し、液晶性有機半導体の開発を目的に研究を行っています。特に、有機半導体の中でも開発の難しいとされているN型半導体の開発を行っています。

■ 液晶性エレクトロクロミズム材料への応用

一般的にエレクトロクロミズムとは、電気化学的な酸化還元で化合物の電子状態を変化させ色彩が変わる現象を呼んでいます。この現象は、金属イオンなどの酸化還元活性な部位をもつ物質でよく観られます。つまり、エレクトロクロミズム材料を用いると電気化学的な酸化還元により色が変化するため、カラーフィルターを使わずともカラー表示ができます。これの応用として電子ペーパーなどの表示デバイスなどが期待できます。これまでエレクトロクロミズム特性はポリマーや電解溶液で観られることが多く、これを実際に表示デバイスとして用いることは、加工性及び応答速度の点から困難と言えます。そこで、当研究室では、液晶性物質である薄膜加工性や柔軟性に着目し、これを示す化合物群に酸化還元活性な

部位を持たせたものを作っています。実際、図に示すようにエレクトロクロミズムを生じる酸化還元活性な部位としてキノン類とチオフェン類に着目し、液晶性エレクトロクロミック材料の開発を行っています。

≪ 14年1月22日 埼玉新聞掲載 ≫



見えない光で探る宇宙物理

物質科学部門 物理学コース 寺田幸功 准教授



■ 新しい宇宙観と技術革新

澄んだ冬の星空を眺めると広大な宇宙を前に様々な疑問が浮かんでくる。「この宇宙はどうやって出来たのか?」「我々は宇宙で唯一の存在なのか?」「我々はどこまで深く宇宙を理解できるのか?」筆者が専門とする宇宙物理学はこうした基本的な問いに答えようとする自然科学の一つであり、常に、観測技術の革新と共に人類の宇宙観を変えてきた。17世紀、ガリレオの屈折望遠鏡は地動説を生み、ニュートンの反射鏡は人類に巨大な目を与え、興味を太陽系の外まで拡大させた。光を分解する技術は天体の運動を露呈させ、19世紀にハッブルが宇宙の膨張を発見するに至っては、宇宙は静穏かつ普遍とする常識が覆った。

■ 見えない宇宙を見る時代

現代は目で見えない光でも宇宙を観測する時代である。目で感じる光は電磁波の一種であり、筆者らが観

測に用いるエックス線やガンマ線もその仲間である。高い透過力を持つこれらの光を用いると、宇宙の活動的な姿が浮き彫りになる。理論上の産物とされたブラックホールや中性子星も、今やその活動が手に取るようになる。エックス線天文学は活動的な宇宙を人類に示した功績で、小柴昌俊・東大名誉教授らのニュートリノ天文学と共に2002年にノーベル物理学賞を与えられた。

■ 科学者の挑戦

観測装置もユニークである。エックス線の観測装置は大気による吸収を避けるため人工衛星に搭載される。ガンマ線は、大気と反応して出る発光現象を広大な砂漠に配置された反射鏡で捉える。日本はエックス線天文学の創生期から次々と観測衛星を打ち上げ、世界をリードしてきた。今は日米欧がそれぞれ特徴的な装置を持つ時代である。将来はどうか? 新しい技術革新は科学的な好奇心により駆動される。宇宙を知れば知るほど

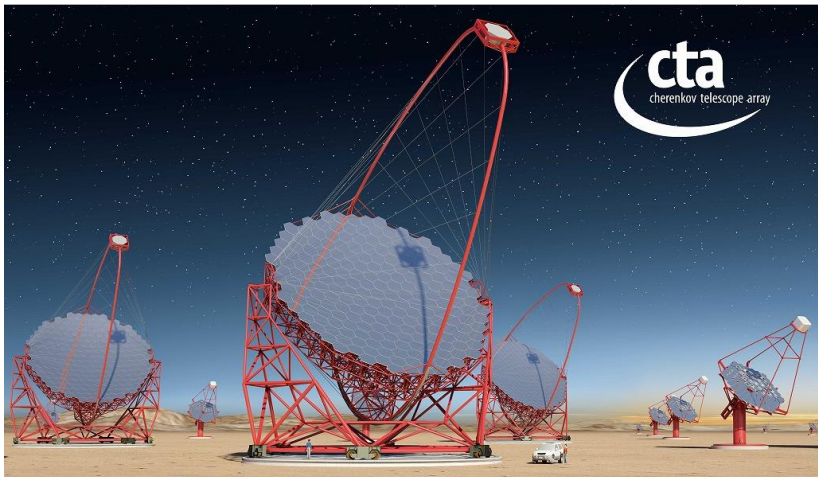
謎は深まる。ゆえに科学者は観測装置を常に改良し続ける。桁で感度や精度を向上させる事が鍵である。しかし、今や、欲しい性能はもはや一国で開発できる規模ではない。科学者はお互いに良きライバルでありながら、志を同じくする者が国籍やグループを超えて知恵を出し合い、天文台を建設する。著者らが開発に携わるエックスマ線天文衛星ASTRO-Hはこの先10年で唯一のエックスマ線天文台で、日本の科学計画ながら、欧米との国際協力なしには成しえない。ガンマ線望遠鏡計画CTAも世界で唯一の巨大な天文台計画で、欧州がリードしつつ1000人を超える世界中の科学者が参加している。

■ 学生主導型の最新鋭機器開発

埼玉大学ではこれら二つのミッションに深く携わっている。最大の特徴は、学部や大学院の学生の貢献が、直接、世界の最新鋭の機器に反映されることである。学生も一人前にNASAやESAの研究者とやり合い、研究を進めている。もしニュースでASTRO-H衛星やCTA計画を見かけたら我々を思い出して頂きたい。

《 14年1月29日 埼玉新聞掲載 》

目次へ



2020年ごろの稼働を目指すガンマ線望遠鏡 Cherenkov Telescope Array(CTA) 計画。CTA Project Office、東京大学宇宙線研究所 提供。

光で探る生体の構造と機能

物質科学部門 機能材料工学コース 鈴木 美穂 助教

■ 信号伝達

生物は細胞からなっています。さらに、細胞は核酸、タンパク質、脂質、炭水化物、無機質などの成分から構成されることも高校の生物や化学で習うと思います。もう少し詳しく見てみるとこれらは主に金属とC、H、O、N、P、S（チヨンプス）と言う限られた元素から構成される有機物で出来ていることも分かります。これらは常に化学反応を起こし、スクラップアンドビルドを繰り返し、環境、状況に応じて必要なエネルギーや構成成分を作り出しています。では、どうやって環境や状況に应答しているのでしょうか？これは環境を感知する仕組み、自分の状態を認知する仕組み、それらを伝達し合う仕組みがあるからです。これは信号伝達と呼ばれています。生体の信号伝達を説明することは生物を理解する上でとても重要な研究であると言うことも分かっています。様々な病気、疾患もこの信号伝達のどこか

に不都合が発生した場合が多いのです。これまでは生体、細胞に環境の変化を与え、一定の時間を待つて、細胞を破碎しどの成分がどの様に变化したかをチェックすると言うアプローチが主でした。が、これでは变化した成分が細胞のどこに存在していたかと言う位置情報が失れたり、破碎の過程で人為的に変化が加えられてしまう成分も存在すると言う問題点があります。何より生体は時々刻々変化している筈ですが破碎は一瞬では終わらないので生体のリアルタイムな変化を研究していることにはなりません。

■ バイオオプティクス

そこで最近では生体、細胞を生かしたまま環境に应答する状態や信号伝達を説明するアプローチが多く開発され試みられています。その一つの技術がバイオオプティクスです。細胞を生かしたままにしておく際大切なことは細胞にダメージを与えないことです。レントゲンの



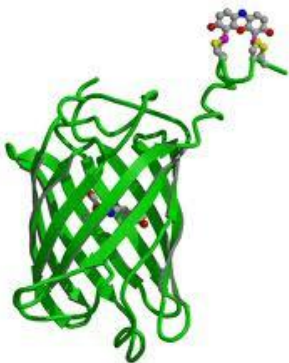
撮影時に痛みを感じたりすることがあるでしょうか？私達身の周りにはX線、紫外線、赤外線など目に見えないものや可視光線と言った見える光など多くの光があります。光が生体にダメージを与えない性質をうまく引き出し画像化したり、検査や研究の対象となる生体の化学反応や構成成分だけが浮き彫りになる造影剤のような物質を送り込んで生体を観察する技術です。生体に送り込む物質をバイオプローブと呼んでいます。

■ 生体観察する装置開発

私はこのバイオプローブの開発とそれを利用して生体を観察する装置開発に取り組んでいます。多くの研究者がこの領域の研究に取り組んでいるのですが、無機化学、有機化学、生物学などそれぞれの専門で取り扱う素材でバイオプローブ開発に挑戦すると言うのが自然の流れでした。私は単純にそれぞれの素材の長所を組合せたハイブリッド素材でバイオプローブが開発出来ないか？と考え試みたところ、意外なほど良い処取りができませんでした。さらに異素材を組合せているのでバイオプローブの種類も格段に増やす事が出来ませんでした。また可視光線で観察出来るようにしてあるのでバイオプローブの色も様々です。生体では膨大な化学反応や変化が同時に起つています。そこにバイオプローブを送り込み色のグラデーションをモニターしながら個々の反応や変化を割

り出し解析する、そして生物とは？病気の状態とは？に迫りたいと日夜研究に励んでいます。

≪ 14年2月5日 埼玉新聞掲載 ≫



ハイブリッド型バイオプローブ

岩盤における連成問題

環境科学・社会基盤部門 環境社会基盤国際コース 山辺 正 准教授



■ LNGタンク

古代から人類は岩石を石材として利用し、万里の長城やピラミッドなどを構築して来ました。現代に至り岩石からなる岩盤を対象として、人間生活を豊かにするためにダムやトンネルなど多くの構造物が建設されました。普段目にする事の少ない場所においても、多様なエネルギー備蓄施設として岩盤は利用されています。例えば、LNGタンクなどもその例です。LNGとは液化天然ガスのことで、天然ガスを約マイナス162℃に冷却した状態で半地下式のタンクに保存し都市ガスの供給源などに利用されています。低温環境の一例として取り上げたLNGタンクの周辺では凍上の発生しない工夫が施されていますが、自然界においては低温環境に曝された岩盤では内部の水分が凍結膨張する事によって変形も生じます。

■ 内部境界問題

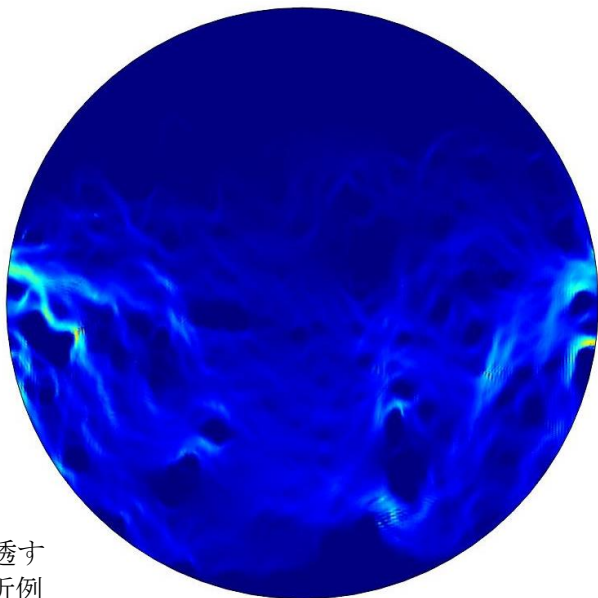
岩盤内の水分が水から氷に変化する時には、潜熱を発生すると共に体積が約9%膨張し、岩石にも膨張させようとする力が作用します。また、細かく見ると環境温度が0℃になった時、全ての水が同時に氷に変化するわけではなく、岩石内部では温度低下に伴って徐々に氷へと変化が進行します。このように、凍結面が潜熱を放出しながら内部を移動していく問題を内部境界問題といいます。さらに、岩盤には多くの亀裂が含まれるという点が問題を複雑にしています。亀裂があれば力学的な弱点になると共に地下水なども通りやすくなり、この場合には「水みち」を形成すると言われる事があります。日本のような地震多発地帯では断層運動に起因する亀裂も多く観察されます。以上のように、熱と変形さらには浸透現象が同時に進行する問題は、熱・応力・浸透連成問題と呼ばれます。また、岩盤の有効利用という観点からは低温環境のみならず、時には

高温環境を対象とせざるを得ない場合もあります。

■ 安全な社会構築

前置きが長くなりましたが、我々の研究室では常温からマイナス20℃程度の凍結状態に至る岩石を用いて、岩盤内部の応力状態を再現する試験により力学的な性質を調べています。また、温度変化やひずみの測定を通して熱的な性質を決定する事もあります。このように決定した物性値を用いた熱・応力・浸透連成問題に関する数値解析も実施しています。さらに、X線CTを用いて岩石内部の亀裂を可視化する手法を適用し、亀裂内部の流れ場を数値解析によって再現する研究にも取り組んでいます。岩石の力学的性質を正しく理解する事が、より安全で安心な社会を構築する事に繋がると信じて様々な研究を進めています。

《 14年2月15日 埼玉新聞掲載 》



岩石亀裂内部を浸透する流れ場の数値解析例

きれいな形を追い求めて

数理電子情報部門 数学コース 小野 肇 准教授



■ 公式

「公式」と呼ばれているものに機械的に数を放り込むと「答え」がただ一つ求まるもの：世の中の非常に多くの人が、数学にこのようなイメージを抱いているのではないのでしょうか？高校までの「教科としての数学」しか体験する機会が無かった（結果的に大多数の）人、特に、受験のために泣く泣く数学に接してきた人達の目にそのように映ってしまうのは当然のことなかもしれません。では、数学者はこの無機質な作業を延々と繰り返すだけの人なのでしょうか？

■ 微分幾何学

私の専門は微分幾何学と呼ばれる分野です。その中でも「最適な幾何学的対象の存在問題」について研究しています。まず、幾何学的対象である「空間」として、座標を描ける空間（多様体という名前が付けられています）を考えます。例えば、ボールやドーナツの表面は、

局所的に2つのパラメータで表される座標を持つ2次元の多様体です。一般には次元は何次元でも考えることができますので、より高次元の多様体を扱います。多様体それ自身には「形」の情報は含まれておらず、リーマン計量と呼ばれるものを与えると、多様体の形が定まります。形が定まると、そこに「幾何学」が生じます。例えば、「最もきれいな形とは？」や「特定の条件下で体積が最小となる図形は？」など、何かしらの最適性を問うことが考えられます。このような最適性は、一般に偏微分方程式を用いて表現されます。そこで、もし、数学が最初に挙げたイメージ通りのものならば、このような偏微分方程式について「公式」があつて、データを放り込むと解が1つパツと求まるはずです。

■ 真理の理解

しかし、現実はそうではありません。例えば、私を含め、多くの幾何学者が研究している、「きれいな形を与

える「リーマン計量の一つにアインシュタイン計量と呼ばれるものがあります。その名前が示す通り、一般相対論に現れる、重力場が満たす方程式の解ですが、それを求める「公式」は存在しません。アインシュタイン計量が存在しない多様体もありますし、存在する場合でも一般にはただ一つではありません。また、「存在する」ということだけはわかるが具体的に書き下せない場合もあります。一般の場合にはアインシュタイン計量の存在については未だに真の理解には程遠いのが現状です。そこで私は現在、佐々木多様体と呼ばれる特別なケースにおいて、アインシュタイン計量の存在問題を解決すべく日々悪戦苦闘しています。「公式」を使って機械的に答えを出すことが目的のではなく、真理の理解に向けて人知れず埋まっている真実を一つ一つ手間暇かけて掘りおこしてあげたい・・・そんな気持ちで研究しているので

《 14年2月19日 埼玉新聞掲載 》

目次へ

河川敷に侵入する「つる植物」

環境科学・社会基盤部門 環境制御システムコース エムティハルノオルランド 助教



■ 生育力強い外来植物

ヨシやオギなどの植物は日本の水辺に普通に生育している植物です。しかし、近年、荒川や多摩川の多くの場所で、かつては普通に見られたこれらの植物が減少してきています。その理由は二つ挙げられます。一つは、彼らが生育するために適した環境条件が失われていることです。二つ目は、生育力の強い侵略的な外来植物が河川に侵入し、彼らに大きな影響を与えていることです。

私は二種類の侵略的なる植物について研究してきました。一つはアレチウリ、もう一つはクズです。アレチウリは北米原産のつる植物で、一日で茎は30 cmも伸びます。日本では外来生物法の特定外来生物に指定されています。国内では1952年(昭和27年)に静岡県で初めて記録されました。今では全国の農耕地や河川で普通に見られます。アレチウリは、わずか60年余りで日本中に広がり河川敷に生育する植物を侵略し、猛威を

奮っています。

■ 侵略的なクズ

クズは日本では外来植物ではありませんが、クズもまた侵略的な植物と言えます。国際自然保護連合(IUCN)も、クズを「世界の侵略的な外来種ワースト100」に挙げています。近年、このクズも急速に河川に侵入し始めています。なぜ河川に侵入し始めたのか、その理由はまだ十分に解明されていません。クズも一日で30 cmも伸長し、周辺に生育している植物をたちまち覆ってしまいます。また、クズは窒素を固定する根粒菌と共生することで、空気中の窒素を栄養分として取り込み、根茎にその栄養を蓄えることができます。そのため、栄養塩類の少ない土壌でも容易に侵入することができ、一度、クズが侵入し広域な空間を覆ってしまうと駆除は大変な作業になります。

クズは他の植物の生長を抑制する物質(アレロケミカ

ル)を土壤に放出します。そのため、他の生育力の弱い植物は、こうしたつる植物が侵入すると生育できなくなってしまう。

■ 世界で活躍を

大学では「水圏生態学」や「環境保全特論」などの専門科目と「環境科学英語」の授業を担当しています。アジア圏からの留学生も多いため、英語による相互コミュニケーションを心がけています。日本の学生は英語で「聞く・読む」といった受動的な学力は、ある程度あると思いますが、「話す・書く」といった能動的な学習や経験が不足しているように感じます。そこで授業では、学生らに英語によるプレゼンテーションやディスカッションをしてもらい、能動的スキルを身につけてもらうことに重点を置いています。グローバルな環境問題を解決するためには、各国の研究者や環境NGOとのコミュニケーションが必要不可欠です。将来、学生らが環境問題の解決に向け、世界を飛び回って活躍することを願っています。

《 14年 2月 26日 埼玉新聞掲載 》



河川敷を覆うアレチウリ

本冊子は、埼玉新聞経済面に毎週水曜日に連載中の「サイ・テクこらむ 知と技の発信」～埼玉大学・理工学研究の現場～を収録したものです。本収録用に、記事原稿に一部、語句修正・図（写真）の追加したコラムがあります。（収録コラムは2012年9月5日から2014年2月26日までの分です）

また、「理学・工学の散歩道」の電子書籍版（ePUB・pdf形式）を下記アドレスから配信中です。

<http://park.saitama-u.ac.jp/~kohopj/rikosaitech/>

お手持ちのタブレット情報端末等でダウンロードしてご覧いただけますので、ご一読・ご活用下さい。

埼玉新聞社・埼玉大学大学院理工学研究科

書籍編集：埼玉大学大学院理工学研究科・理学部・工学部 広報委員会
〒338-8570 さいたま市桜区下大久保255

発行：2014年3月31日

印刷・製本：コスモプリンツ株式会社