

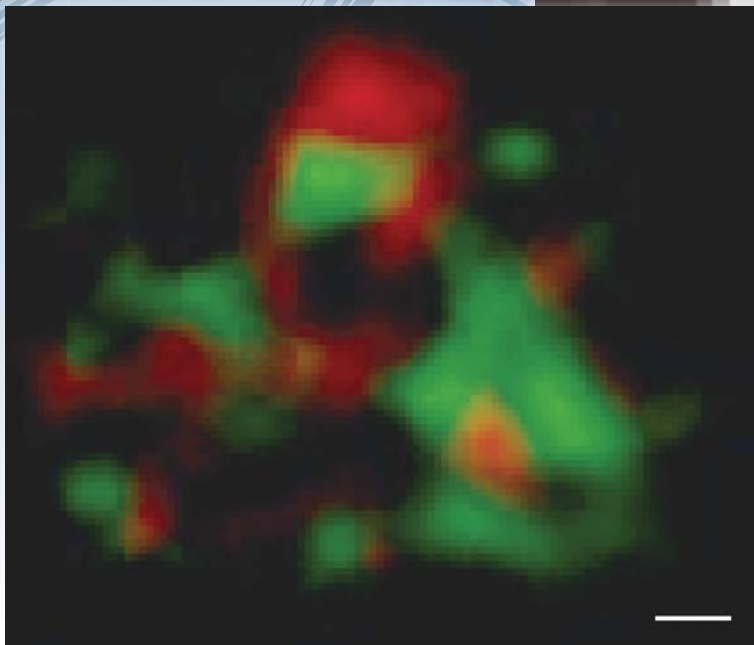


東京大学

理学系研究科・理学部ニュース

2010年9月号 42巻3号

<http://www.s.u-tokyo.ac.jp/>



達成された高い空間分解能

～理学の匠「高速高分解能ライブ顕微鏡」より～

本号の記事から

トピックス

研究ニュース

学科の教育メニュー

理学のキーワード

理学部オープンキャンパス 2010 報告 ほか

光で金属-半導体転移をする金属酸化物を発見! ほか

地球惑星環境学科

「有限体積法」「原子核の魔法数」「サブミリ波銀河」

「小惑星イトカワ」「ナノ粒子」

トピックス

理学部オープンキャンパス 2010 報告 七夕講演会で宇宙を紹介	藤森 淳 (物理学専攻 教授) ……………	3
	本原顕太郎 (天文学教育研究センター 准教授), 岡村 定矩 (天文学教室 教授) ……………	4
南米チリで miniTAO 望遠鏡完成記念式典を開催 学生企画コンテストで優秀賞獲得「東京大学を編集して魅せる！」	吉井 讓 (天文学教育研究センター 教授) ……………	5
	横山 広美 (広報・科学コミュニケーション 准教授) ……………	6
化学専攻佐藤健太郎特任助教, 科学ジャーナリスト賞の受賞おめでとうございます	林 輝幸 (化学専攻 特任教授) ……………	6

特別記事

理解と感覚—科学ジャーナリスト大賞を受賞して	井手 真也 (NHK プロデューサー) ……………	7
------------------------	---------------------------	---

学科の教育メニュー 第3回 地球惑星環境学科

地球と環境の成り立ちを現場で感じて理解する	多田 隆治 (地球惑星科学専攻 教授) ……………	8
-----------------------	---------------------------	---

理学の匠 第3回

高速高分解能ライブ顕微鏡	中野 明彦 (生物科学専攻 教授) ……………	10
--------------	-------------------------	----

研究ニュース

全光学的な手法で気体分子の配向制御に成功	酒井 広文 (物理学専攻 准教授) ……………	11
光で金属—半導体転移をする金属酸化物を発見!	大越 慎一 (化学専攻 教授) ……………	12
雄しべの表裏の決定機構の解明	鳥羽 大陽 (生物科学専攻 特任研究員), 平野 博之 (生物科学専攻 教授) ……………	13
生体分子とナノ粒子を接続した高感度光センサー	西原 寛 (化学専攻 教授), 山野井 慶徳 (化学専攻 准教授) …	14

連載：理学のキーワード 第27回

「有限体積法」	齊藤 宣一 (数理科学研究科 准教授) ……………	15
「原子核の魔法数」	大塚 孝治 (物理学専攻 教授) ……………	15
「サブミリ波銀河」	河野孝太郎 (天文学教育研究センター 教授) ……………	16
「小惑星イトカワ」	加藤 學 (宇宙航空研究開発機構 教授) ……………	16
「ナノ粒子」	山野井慶徳 (化学専攻 准教授) ……………	17
「東大式現代科学用語ナビ」出版から1年	広報誌編集委員会 ……………	17

お知らせ

ショクダイオオコンニャクが小石川植物園で開花	邑田 仁 (植物園 教授) ……………	18
東京大学大学院理学系研究科・博士学位取得者一覧	……………	18
人事異動報告	……………	18
第18回東京大学理学部公開講演会のお知らせ	広報委員会 ……………	19

- 表紙 達成された高い空間分解能。生きたままの酵母細胞のゴルジ体を緑と赤の2種類の蛍光タンパク質で標識した膜タンパク質で可視化し、3次元構築したムービー(3D動画)の1コマ。バーは100 nm。直径50-60 nmの小胞や細管構造が見えている。酵母細胞の大きさは、直径約5 μmである。ムービーをご覧になりたい方は、研究室HPの画像ライブラリーへどうぞ (<http://www.biol.s.u-tokyo.ac.jp/users/hasseipl/HP/japanese/video/index.html>)。

理学部オープンキャンパス 2010 報告

理学部オープンキャンパス実行委員長
藤森 淳 (物理学専攻 教授)

本郷地区の東京大学オープンキャンパスが2010年8月4日に開催され、理学部も参加した。日本全国が記録的な猛暑に見舞われる中、オープンキャンパス当日も暑い一日であったが、理学部にとっては熱い一日でもあった。キャンパスには9時前から高校生が集まり始め、理学部では受付開始を予定より早めた。理学部受付にはその後も次々と参加者が訪れ、最終的には昨年の3300人を大幅に上回る新記録4000人が達成された。オープンキャンパス本郷地区の参加者が全体で10000人弱であったのを考えると、理学部が圧倒的に盛況であったことがわかる。

今年のキャッチコピーは、理学部内で募り採用された「きになる理学」で、理学が「気になる」、「基になる」、「木になる」を掛けた秀逸作であった。ピンク色のTシャツに白い文字で「きになる理学」と書かれた「ユニフォーム」を着たスタッフと学生が4000人の参加者を迎えた(図1)。多くの参加者を短時間にスムーズに受け入れるため、受付、誘導は毎年工夫と改良がなされてきたが、今年はディズニーランドにヒントを得て、必要な情報がA4紙1枚の裏表に凝縮された「展示&ラボツアーマップ」、「講演会マップ」が用意され、効率的であった。各展示室、ラボには次々と見学者が訪れ、各講演会場は早々に満員となっていた(図2)。各学科が開設した「相談・質問コーナー」には熱心な高校生や駒場生が、一昨年から男女共同参画委員会が企画している「リガクル♥ミラクル - 女子中高生のための相

談コーナー」にも熱心な女子中高生が次々と訪れていた(図3)。

毎年好評を博している「学生による小柴ホール講演会」は、ホールの収容人数をはるかに越え、急遽ホール前のテレビ・モニター画面で見られるようにした。2人の講演者の夢のある話が聴衆を惹き付けるとともに、講演者と学生ファシリテータ(同時に登壇し、講演者に随時質問やコメントを述べる役)との掛け合いが和やかな雰囲気をつくり出し、難しくなりがちな講演内容をわかり易く伝えていた(図4)。特別企画の「学部・学科はどうやって選ぶ? 理学部にしかできないこと」は、オープンキャンパスを訪れる高校生や駒場生の最大の関心事である将来の進路とそれを見据えた学部・学科選びについて、これまで理学部以外の学部にも籍をおかれたことのある3人の先生方にご講演いただいた。東京大学の学部・学科の仕組みや、その中で理学部を選ぶことの意義についての説明に、皆が真剣に聞き入っていた(図5)。

以上のように、今年も理学部オープンキャンパスは活気の溢れるものであったが、これは運営に関わった多くの方々の献身的な努力の結果である。理学部広報室の横山広美准教授、竹村三和子さん、山本摩利子さん、川口麻実子さんの長期間かけた念入りな準備、紺野鉄二事務部長を中心とした理学部事務部の方々のサポート、情報システムチームの技術的支援、各学科・センターの実行委員の先生方とTAの学生の多大な協力のおかげである。この場を借りて皆様に深く感謝申し上げたい。



図1：理学部1号館の受付で、続々と詰めかける来場者をテキパキさばくTAの学生



図2：生物化学科の展示



■ 図3：女子中高生のための相談コーナーにて



■ 図4：小柴ホールで講演する学生の沙川貴大さん



■ 図5：講演は立ち見も出るほどの盛況ぶり

七夕講演会で宇宙を紹介

■ 本原 顕太郎 (天文学教育研究センター 准教授)
岡村 定矩 (天文学教室 教授)

昨年、日本天文学会と天文教育普及研究会は世界天文年の一企画として、全国各地で「全国同時七夕講演会」というイベントを行いました。これはたいへん好評を博し、今年も全国77ヶ所で講演会が行われました。この企画は、趣旨に賛同する機関がそれぞれ主体的に講演会を行う「ゆるやかなネットワーク型」の新しい試みです。理学系研究科では、ビッグバン宇宙国際研究センターが7月7日に小柴ホールで岡村による講演を、天文学教育研究センターが7月10日に三鷹キャンパスのセンター講義室で本原による講演を行いました。

岡村は「宇宙ってなんだか知っていますか？」という題名で、宇宙の構造や果てがどこまで見えたかなどについて解説

しました。実際に、スケールモデルによる大きさ比較や仮想宇宙旅行のムービーを紹介し、子供さん達も楽しそうに見ていました。参加者は43名とやや少なかったものの、講演の後にもたくさんの質問があり、飲み物とスナック、さらには「おみやげ」も用意されていて、聴衆の皆さんには満足していただけたようです。

本原は「世界で一番高い天文台」という題名で、天文センターが南米チリの標高5640mの高山に建設し、昨年6月にファーストライトを迎えたアタカマ天文台(TAO)を紹介しました。「七夕らしい天文学の話」を排して、現地の文化や建設時の苦労話に絞り込むという、ある意味挑戦的な試みでしたが、質疑応答も非常に活発で、アンケートの結果を見る限り「珍しい話を聴けた」と好評でした。猛暑真っ盛りの中、駅から遠い三



■ 標高5640mの星空とアタカマ天文台(東京大学TAOプロジェクト提供)

鷹キャンパスでの開催でしたが、ほぼ会場が埋まる50名を超える参加者がありました。

今年も大成功であった「全国同時七夕講演会」の関係者は、この企画をさらに発展させて、同時に同じ分野の講演会を最も多数の場所で行った記録としてギネスブックへの掲載を目指して意気込んでいるようです。

南米チリで miniTAO 望遠鏡 完成記念式典を開催

吉井 讓

(天文学教育研究センター 教授)

南米チリ北部アタカマ砂漠、チャナン
トール山頂（標高 5640 m）に標高世界
一となる東京大学アタカマ 1 m 望遠鏡
(miniTAO 望遠鏡) が完成、観測を開始
したことを記念し、2010年7月7日、
南米チリの首都サンチャゴにて記念式典
が開催された。

miniTAO 望遠鏡は、天文学教育
研究センターを中心とした TAO
(The University of Tokyo Atacama
Observatory) 研究グループが、口径
6.5 m の大型赤外線望遠鏡に先駆けて、
2009年3月、チャナントール山頂に建
設し観測を開始した口径 1 m の赤外線
望遠鏡である。

式典は、東京大学、チリ科学技術庁、
チリ外務省エネルギー科学技術局、在チ
リ日本国大使館の4機関合同で開催さ
れ、日本・チリ両国から約 140 名が出
席する盛大なものとなった。本学からは
松本洋一郎副学長、山田興一総長室顧問、
相原博昭理学系副研究科長はじめ多数の
教職員が出席したほか、文部科学省、チ
リ科学技術庁、チリ外務省、在チリ日本
国大使館、日本企業などから多数の出席
があった。チリ共和国ピネラ大統領か
らは TAO 計画を激励する祝辞が寄せら
れた。

会場となった Club de la Union は、大
統領府であるモネダ宮殿から歩いて 5



会場となった建物は 1925 年の完成当初から貴族の社交場として使用され
てきたもので、式典は彫刻や絵画の並ぶ大広間にて厳かに行われた。

分の距離にある歴史ある建物であり、そ
の厳かな雰囲気の中、松本副学長の挨拶
で式典は幕を開けた。続いて、TAO 計画
代表である吉井が、miniTAO 望遠鏡建設
までの道のりと観測成果を紹介、将来の
口径 6.5 m の大型赤外線望遠鏡の構想
について説明し、チリの人々の支援と友
情に対して感謝を述べた。その後、Jose
Miguel Aguilera チリ科学技術庁長官、
林涉在チリ日本国大使、磯田文雄文部科
学省研究振興局長からの祝辞が続き、最
後は Gabriel Rodriguez チリ外務省エネ
ルギー科学技術局長の挨拶で式典を締め
くくった。

続くレセプションパーティは西岡喬三
菱重工工業相談役の乾杯の音頭で始まっ
た。チリ風にアレンジされた寿司とチリ
ワインを片手に、望遠鏡立ち上げに至る
までの思い出話があちこちで聞かれた。
また式典に先立って開催された望遠鏡サ

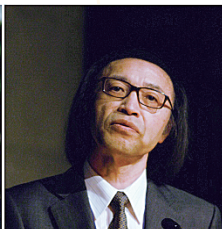
イトツアーの参加者からは、過酷な環境
下で観測する研究者の強い意志に対する
驚きの声が聞かれた。

式典の前日には松本副学長の講演会が
カトリカ大学で行われ、式典直前にはチ
リ郵政局による TAO 計画の記念切手の
発行式典、翌日には東京大学共催のピア
ノコンサートがアンドレス・ベージョ大
学で行われ、あたかも東大ウィークのよ
うであった。これらの行事はチリに東大
の存在感を示す良い機会となった。

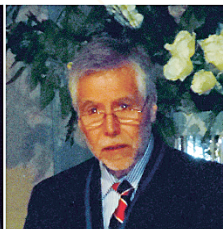
式典の多彩な参加者を見ると、本計画
が TAO 研究グループのみならず、理学
系をはじめとする東大の教職員、日智政
府関係者、日本企業や現地ワーカーなど
ひじょうに多くの人々の努力によって進
められてきたことを実感する。地球の裏
側で困難に挑戦する TAO プロジェクト
に、これからも変わらぬご理解・ご協力
を賜りたい。



松本洋一郎
東大理事・副学長



吉井讓
東大理学系研究科教授・
TAO 計画代表



Jose Miguel Aguilera
チリ科学技術庁長官



林涉
駐チリ日本国特命全権大使



磯田文雄
文部科学省研究振興局長



Gabriel Rodriguez
チリ外務省エネルギー
科学技術局長

学生企画コンテストで優秀賞獲得「東京大学を編集して魅せる！」

横山 広美

(広報・科学コミュニケーション 准教授)

今年度の東京大学学生支援事業、第3回学生企画コンテスト「学生による“タフな学生養成企画”」において、生物科学専攻博士課程2年の菅野康太さん、総合文化研究科広域科学専攻博士3年の飯島和樹さんが提案した「東京大学を編集して魅せる！」がみごと優秀賞を獲得した(今年度入賞は他に佳作が2点)。

菅野さんたちはこれまでのサイエンスコミュニケーションの在り方を考察し、一部の関心層のみならず新しい層に関心をもってもらうための「編集」について提案した。大学や学問を縦糸とし、異分野のつながりを横糸として、出版をはじめイベントやwebを用いた活動を展開することで、大学の知の可視化に臨む。まずは東京大学が130周年記念に

発行した雑誌「アカデミックグループ」の続編を、パターン、カタチ、リズムをテーマに8月に出版し、記念イベントを行う。さらなる続編の作成も目指す。

今後は学問イベントのHPなどを作成することを通じ、若手デザイナーやアーティストの発掘にも力を入れ、映像祭、写真展、学術以外の雑誌などとのタイ

アップも考えていきたいと述べている。

「本来、学術の世界観は魅力的です。それが人々に伝わらないとしたら、見せ方・編集の問題だと思います。総長も編集長のような総長になりたいと仰っていますが、まさにそのような姿勢で学術の魅力を変えたいと思います。」



■ 優秀賞の賞状をもつ菅野康太さん(右)と飯島和樹さん(左)

化学専攻佐藤健太郎特任助教、科学ジャーナリスト賞の受賞おめでとうございます

林 輝幸(化学専攻 特任教授)

本研究科化学専攻の佐藤健太郎特任助教が、近著「医薬品クライシス～78兆円市場の激震」で、「科学ジャーナリスト賞2010」を受賞されました。心よりお慶び申し上げます。本研究科からは、2007年の横山広美准教授に続く2人目の受賞となります。

佐藤助教は、製薬企業で13年近くにわたって医薬品の合成研究に携わってきました。2007年に退職してサイエンスライターとなり、2009年4月より現職に就いています。その間に化学関連の2

冊の著書を刊行し、本作が3冊目の単著単行本になります。

医薬品業界は、今年2010年をピークとして多くの大型製品が特許切れを起こす「2010年問題」に見舞われています。本書は、これらに代わる医薬品がなぜ出現しなくなったかを、研究者側および社会的な視点の両面から解説したものです。また本書はこれだけではなく、医薬品は体にどのように作用するのか、創薬の過程はどのようなものであるのか、なぜ年間20種以下しか認可されないほど新薬の創出が難しいのか、副作用とは何であるのかといった医薬にまつわる疑問を、自身の経験を交えつつ平易に解説し、研究者のみならず一般層への知識の普及に貢献しました。今回の受賞は、この点

が高く評価されたものです。佐藤助教の、今後の一層のご活躍を祈念いたします。



■ 佐藤健太郎特任助教

科学ジャーナリスト賞は2006年より毎年、科学技術に関する報道、出版、映像などの業績に対し、「日本科学ジャーナリスト会議」により贈られるものである。今年化学専攻の佐藤特任助教が受賞された(前頁)うえに、本研究科修士修了の井手真也さんが、受賞6件の最高位にあたる「大賞」の栄に輝いた。その受賞内容も「素数」という理学のテーマなので、編集委員会より特集記事として井手さんにご寄稿をお願いし、ご快諾いただいたものである。 広報誌編集委員会

理解と感覚—科学ジャーナリスト大賞を受賞して

NHK プロデューサー 井手 真也

(1988年物理学専攻修士課程修了)

このたび、日本科学技術ジャーナリスト会議から、テレビ番組「素数の魔力に囚われた人々」(NHK)の制作に対してということで過分なる賞を頂きました。かつて理論物理学を専攻しながら、その後、全く異質な社会派のジャーナリズムの世界へと足を踏み入れた私にとっては、「科学ジャーナリズム」の賞を頂くことは想像だにせず、嬉しいような恥ずかしいような複雑な思いで、去る5月、ずしりと重いオーナメントを拝受しました。

「素数の魔力に囚われた人々」という番組は、素数の謎を解き明かす数学界最大の難問といわれる「リーマン予想」と、この「魔性の難問」に取り憑かれ人生を翻弄された数々の数学者の姿を描いたものです。ここでいう「素数の謎」とは、素数が数学のもっとも基本的な存在であるにもかかわらず、その並び方が全くランダムにしか見えないことです。オイラーやガウスといった希代の天才たちが、素数の規則性を見つけようと情熱を捧げましたが果たせず、この謎は1859年にリーマン(Bernhard Riemann)によって「リーマン予想」に昇華され、現在に至っているといえるでしょう。

私は普段、「クローズアップ現代」というどちらかというところ社会派の情報番組を担当しているため、数学を題材とした番組を作る機会は滅多にありません。3年前には位相幾何学の難問である「ポアンカレ予想」を題材にした番組を制作する機会を得ましたが、今回の「素数」や「リーマン予想」は幾何学とは異なり、実に“絵”になりにくい無味乾燥な世界であり、さらに「予想」自身の難解さもあって、1年あまりの制作は試行錯誤の連続となりました。番組の企画を局内で採択してもらうさいの周囲の反応も実に珍妙でした。「リーマン予想」と聞いて、「2008年のリーマン・ショックを数学者たちはあらかじめ予想していたんですか?！」という質問を何度も受けたほどでした。

一般の視聴者に全くなじみのない最先端科学を取り上げる番組に欠かせないのは、専門家しか理解できない世界を、一般視聴者にも「理解したような気分」になっていただくための「デフォルメ」です。しかし、一般の方々の数学に対するアレルギーは、おそらく研究者の皆さまの想像をはるかに絶しています。「素数」はぎりぎりセーフ。しかし、「リーマン予想」に欠かせない“複素平面”はおろか“複素数”となると完全にアウトです。多くの方は、「複素数は高校でも習う基礎ではないか」と思われるかもしれませんが、一般視聴者は数学に対する関心は完全にゼロ(マイナス?)といってもいい難敵です。複素関数であるリーマンのゼータ関数についても、あえて複素数などの難しい言葉は使わず、『リーマンのゼータ関数の自明でないゼロ点は一直線上に並ぶ』という「予想」の内容を、CGと合成映像を駆使したビジュアルで、感覚的に訴えるという方法を取りま



■ NHK 井手真也プロデューサー

した。そして、ジョン・ナッシュ(John Nash)やアラン・チューリング(Alan Turing)など、数々の天才たちの挑戦と敗北を人間ドラマとして描き、視聴者の興味をそがないための工夫をちりばめました。

ところが番組後半には、「リーマン予想」が、“量子物理学”との予想外の接点に出会うというクライマックスに至り、“原子核のエネルギーレベル”、“スーパーストリング理論”、“非可換幾何学”、“万物の理論”など、視聴者にとっては呪文としか思えない言葉が避けがたく並びます。そのあたりも、難しいことはともかく雰囲気感覚的に伝えることに徹して、何とか乗り切ったというのが正直なところでした。しかし、見てくださった一般の方々から、「何が何だかさっぱり理解できなかったけど、面白かった!」という感想を頂き、たいへん嬉しく思いました。なぜなら、テレビの本分は「理解」ではなく「感覚」だということが示せたと感じたからです。現在のテレビ業界は、情報番組を代表とする「情報至上主義」、「理解至上主義」の全盛時代です。それをもっとテレビ本来の「感覚的なもの」に引き戻すことができれば、テレビメディアが、もっと最先端科学の奥深い世界を紹介することができ、視聴者にも、もっと科学を楽しんでもらえるのではないかと考えています。

最後になりましたが、番組制作にあたり、科学の素人としての私の愚問に粘り強くお答えくださいました数々の専門家の皆さまに深く感謝申し上げます。

【再放送の予定】

- 「素数の魔力に囚われた人々」～リーマン予想・天才たちの150年の闘い～: 10月6日(水) 午前10:00～(90分番組)
- 「数学者はキノコ狩りの夢を見る」～ポアンカレ予想・100年の格闘～: 10月5日(火) 午前10:00～(110分番組)

地球と環境の成り立ちを現場で感じて理解する

多田 隆治 (地球惑星科学専攻 教授)

21世紀を迎えたいま、人類は地球環境変化、それに伴う生物の絶滅、自然災害の増大、エネルギー・資源の枯渇といったさまざまな危機に直面している。しかし、こうした人類が抱える地球の諸問題に対するこれまでの対応は個別対処的であり、必ずしも地球の仕組みやその環境の成り立ち、地球と生命のかかわりを十分に理解した上での本質的解決ではなかった。こうした問題を真に解決するには、地球を多数のサブシステムが組み合わさった複雑なシステムからなるひとつの惑星としてとらえ、さまざまなタイムスケール、空間スケールで問題を把握する必要がある。そのためには、物理学、化学、あるいは生物学的手法を駆使して、地球を構成するサブシステム間の相互作用をひとつひとつ解き明かすことが不可欠である。

こうした認識のもと、地球惑星環境学科では、i) 地球をひとつの惑星としてとらえ、地質学、鉱物学、地理学、地球物理学、地球化学、地球生物学などの視点から、人類が抱える地球の諸問題を多角的に考える、ii) 現場に行って五感で現象をとらえ、分析、実験、解析などの手法を通じてその本質を探る、iii) その結果をもとに、巨大複合システムとしての地球を統合的に理解し、その中に人類が抱える地球の諸問題を位置づける視点を

養うことを目指した教育を行っている。とくに、野外での観察や採取した試料の分析を通じた自然現象の実証的理解、さまざまな時間・空間スケールで現象をとらえる能力の育成、それらに必要な基礎学力と論理的思考の研鑽に重点を置いた教育を行っている。また、グローバルな視野をもち、国際的な場で活躍できる人材の育成にも力を入れている。

■ コース制

こうした教育目標をより円滑に達成するため、地球惑星環境学科では、本年度3年生より、カリキュラムにコース制を導入した。ここでいうコース制は、「コースメニューを提示して、それに沿った履修を指導するシステム」というべきもので、便覧には掲載されていない。コース制導入のために、これまで3年次の必修であった科目の一部を選択必修に変え、3年次における科目選択の自由度を高めた（詳しくは、学科HPを参照）。本学科を卒業するのに必要な要件は、便覧に記載されている通りである。進学時にコースをあらかじめ選択する必要はなく、3年次に授業を履修する過程で、自分がやりたい事に合ったコースメニューを履修してゆけば良い。意欲がある人は、複



■ 野外調査、巡検、および室内実習風景

数のコースメニューを履修することも可能である。コースメニューは、本学科がカバーする分野を明示して、その分野を志す学生が、本学科の多様な講義・演習・実習を、正しい順序で系統的に履修するための指針である。基礎学力を身につけた上で、興味のある分野を絞り込み、その分野に関する知識や学力を効果的に身につけられるように、以下の3つのコースを設定している。

I) 生命・環境学コース: フィールド教育を通じて、現在の環境・生態、地球史を通じた生命と環境の共進化を学ぶことにより、現在の環境・生態を地球環境進化史の中に位置づける視点を養い、それを基に未来の地球環境のあるべき姿について考える。

II) 地球惑星ダイナミクスコース: 環境変動の内部原因となる地震・火山・地殻変動、大山脈や海の形成などを学ぶ。また、それらの実態解明のため、地形や岩石・地層に記録された変形・破壊・流動・熔融などの理論、観察・観測、実験などの方法を学ぶ。その延長として自然災害予測・防災についても考える。

III) 地球惑星物質科学コース: 地球や他の惑星を構成する岩石・鉱物・生物物質についてさまざまなスケールでの観察、化学・構造分析、実験を行ってその制御要因を探り、地球をはじめとした惑星物質の形成と進化について実証的に学ぶ。その延長として、エネルギー・資源探査などについても考える。

各コースのメニューは、全コース共通の必須科目、そのコースの教育の基礎をなすコース必修科目（選択必修科目のうち、各コースにとって必要な科目）、そこで学んだ基礎がどう応用されるかを学ぶコース推奨科目（選択科目）からなる。表に各コースのコース必修科目を全体の必修科目と共に示す。

■ 野外調査実習と海外巡検

本学科の教育の特色は、実習重視にある。とくに、野外調査実習は、その目玉と言って良い。3年次夏に、それぞれ約1週間、地球惑星環境学野外調査I, II, IIIを行う。Iでは、地層や化石から過去の地球表層で起こった諸現象に関する情報を引き出す方法を、IIでは、現在の地球表層の動態を調べる方法を、IIIでは、地層や岩石・鉱物から固体地球の活動やそれを構成する物質に関する情報を引き

出す方法を、学ぶ。これら調査実習の準備として、3年夏学期に地形地質調査法および実習、地球惑星空間情報学および実習、造岩鉱物光学実習などが配置されており、また、3年冬学期には、野外調査実習で学んだことをさらに深める目的で、地球惑星環境学実習が配置されている。また、3年次冬には、地球惑星環境学野外巡検II, IIIがある。これまで、この巡検は海外で行っており、好評を得ている。野外調査実習や巡検には経費がかかるが、本学科では、他大学や公共施設や公用車を利用することで経費を抑えると共に、理学部や地球惑星科学専攻から支援を受けることで、学生の負担を最小限にとどめている。

■ 卒業論文研究

4年次の初めには、自分がやりたい分野やテーマが見えてくる。そこで、4年次の6月頃に自分がやりたいテーマについて作文を書き、それに基づいて面接をして卒論のテーマと指導教員を決める。その後、4年次後期をまるまる費やして卒論研究を行う。海外へ調査に行く者、最先端の機器で分析を行う者、一日中実験に没頭する者などさまざまな者である。研究の成果は、2月に行われる卒論発表会で発表される。発表会には、教員だけでなく、先輩、後輩も出席し、熱い議論が交わされる。まさに学部生活最後の晴れ舞台で、楽しみにしている学生も多い。

	生命・環境学コース	地球惑星ダイナミクスコース	地球惑星物質科学コース
4年冬	地球惑星環境学特別研究		
4年夏	地球生態学および実習 生物多様性科学および実習 岩石組織学実習II	地球惑星物理化学演習 岩石組織学実習I 生物多様性科学および実習	地球惑星物理化学演習 岩石組織学実習I 岩石組織学実習II
	地球惑星環境学演習		
3年冬	地球物質循環学 地球環境化学 地球生命科学 地球環境化学実習	宇宙惑星進化学 地球物質循環学 地球環境化学 結晶学 結晶学実習	宇宙惑星進化学 地球物質循環学 リモートセンシングおよび実習 結晶学 結晶学実習
	地球惑星環境学実習		
3年夏	地球生命進化学 大気海洋循環学 地球生命進化学実習 野外調査I/II	固体地球科学 地球惑星物理化学 造岩鉱物光学実習 野外調査II/III	固体地球科学 地球惑星物理化学 造岩鉱物光学実習 野外調査I/III
	地形地質調査法 および実習	地球環境学 野外巡検I	地球惑星空間情報学 および実習
			地球惑星環境学 基礎演習II
2年冬	地形地質学 地球惑星物質科学 地球システム進化学 地球環境学 地球惑星環境学 基礎演習I		

地球惑星環境学学科の3つのコースのコース必修科目（全体の選択必修科目:黒字）と全体の必修科目（赤字）。コース推奨科目（選択科目）は、スペースの都合で示されていない。

高速高分解能ライブ顕微鏡

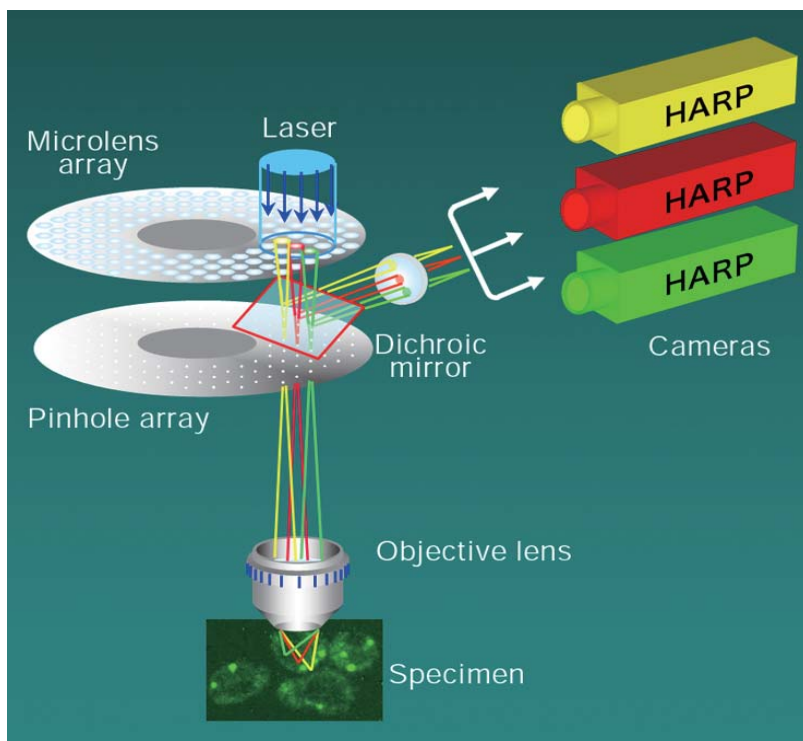
中野 明彦 (生物科学専攻 教授)

クラゲの光るタンパク質 GFP (green fluorescent protein) は、生物学を大きく変えた。GFP の偉大な点は、融合遺伝子の導入により、生細胞、生体内の狙った場所に蛍光プローブを発現できることにある。さまざまな色の類縁タンパク質が開発され、生細胞を自由自在に多色標識することができる時代になりつつある。いっぽうで、これらのプローブを生かすためには、顕微鏡の側の進歩もひじょうに重要であった。

私は 1997 年、生物科学専攻の助教授から理化学研究所に職を得、新しい研究室 (現在兼務) を主宰することになったところから、当時発表されたばかりの GFP を用いて、細胞内の小器官の間をさまざまなタンパク質がどのように運ばれるかを観察したいと考えていた。直径 50-60 nm という小さな膜小胞に乗った GFP を追いかけるのは、当時世の中にあった顕微鏡では至難の業であったが、理研で物理や工学の専門家と日常親し

く話すうちに、『ないんだったら作ればいいのか』と思うに至った。長い話になるので大幅に端折ってしまうが、横河電機との出会いがあり、NHK 技研との出会いがあり、また運良く NEDO の大型予算を頂いて、5 年がかりで開発したのが、世界に誇る超高感度高速共焦点レーザー顕微鏡装置 (裏表紙写真) である。

本機の基本的な特徴は、横河のスピンニングディスク方式高速共焦点スキャナと NHK の高感度 HARP (High-gain Avalanche Rushing amorphous Photoconductor) カメラの組み合わせにある。いずれもすでに実用機が市販されていたが、その設計から全面的に見直し、背景光ノイズの徹底的解消、高性能ダイクロミックミラーによる 3 色完全同時分光、イメージンテンシファイアと超高感度 HARP カメラの組み合わせにより CCD 比約 1 万倍の増感を果たした検出系等々、企業の技術者



高速高感度レーザー走査共焦点顕微鏡システム。スピンニングディスク共焦点スキャナ (ニポウディスク方式ともよぶ) は、円盤に約 20000 個のピンホールを開けたピンホールアレイと、そこにレーザー光を集光するマイクロレンズアレイからなるスピンニングディスクを高速 (1500-10000 rpm) で回転し、同時に約 1000 本の点光源を試料上でラスタースキャンする。蛍光は、同じピンホールを戻り、ダイクロミックミラーで分光された後、高感度 HARP カメラで観測される。1 個の点光源を、ミラーを機械的に動かすことによって走査する一般的な共焦点法に比べ、はるかに高速であることに加え、強い光源が 1 ヶ所に集中しないために、試料へのダメージや退色の問題が少ないこと、また光軸が全く動かないために、共焦点像を実像として観察できる、等々の多くの利点をもつ。

とわれわれ研究者と間での数えきれないほどの相互フィードバックによって完成したのが、この装置である。2004 年の完成時で、共焦点 2 次元 30 万画素で 180 frames/sec という高速撮像を達成した。これを用い、細胞小器官ゴルジ体の中をどのようにタンパク質が通過していくかに関する、世界を 2 分した大論争を解決したという話は、以前に本ニュースの「理学のキーワード」にも書いた (2009 年 9 月号参照)。思わぬ副産物であったのが、この高速性と高感度を生かした精密計測による、空間分解能の向上である。Abbe の回折理論により、可視光領域では分解能の限界は 200 nm 程度とされてきた。しかし、われわれの顕微鏡では、オーバーサンプリングとデコンボリューションにより、3 次元での空間分解能 60 nm という、驚くべき成果が得られている (表紙写真)。いま、世界中で回折限界への挑戦が続いているが、ライブ 3 次元観察において、われわれの顕微鏡に勝るものはまだない。さらに現在も、さらなる高速化、高感度化、多色化に向けて進化を続けている。

全光学的な手法で気体分子の配向制御に成功

酒井 広文 (物理学専攻 准教授)

気体分子の向きをそろえることは、レーザー光と分子の相互作用や化学反応ダイナミクスの研究を始めとし、分子構造の異方性に由来するさまざまな効果を研究するための基盤技術である。分子の頭と尻尾も区別してそろえる配向制御については、既存のすべての手法が分子の永久双極子と静電場の相互作用を利用して頭と尻尾の向きを決めていた。今回、静電場を用いることなく非共鳴2波長レーザー電場のみを用いる全光学的な手法によって配向制御を実現することに初めて成功した。

酒井広文研究室では先に、分子の回転周期よりも十分に長いパルス幅をもつ高強度非共鳴2波長レーザー電場を用いて断熱的に分子配向を実現する手法を提案した (T. Kanai and H. Sakai, *J. Chem. Phys.* **115**, 5492 (2001))。この手法では、レーザーの周波数がパルス幅の逆数よりも十分大きな場合には、分子の永久双極子モーメントとレーザー電場の相互作用はパルス幅にわたって平均するとゼロとなる。この手法で分子の配向に寄与しているのは分子の超分極率の異方性とレーザー電場の3乗の積に比例する相互作用、すなわち、それによって形成されるポテンシャルの非対称性である。

今回、上記の手法に基づいて、OCS (硫化カルボニル) 分子を配向制御することに初めて成功した。高強度2波長レーザー

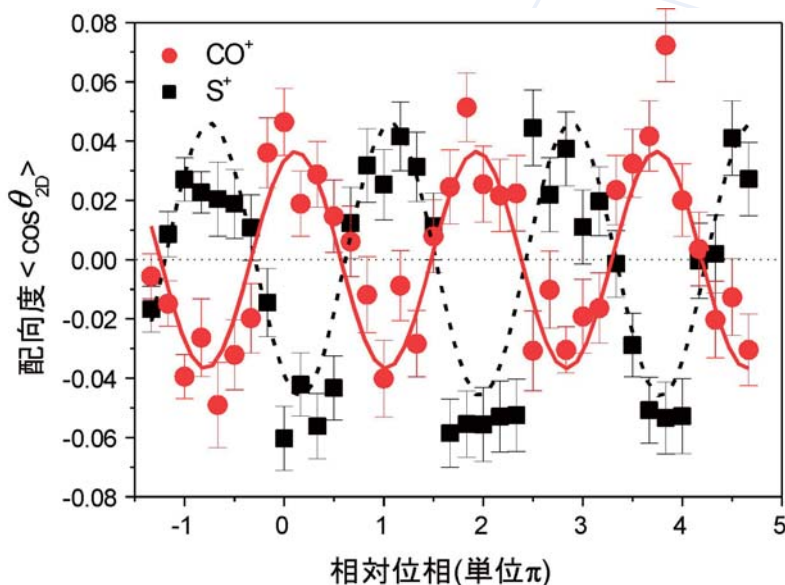
電場には、ナノ秒Nd:YAGレーザーの基本波(波長 $\lambda = 1064$ nm)とその第2高調波($\lambda = 532$ nm)を用いた。また、2波長間の相対位相 ϕ は溶融石英板の回転により制御した。分子が配向している様子は、2次元イオン画像化装置を用いて観測した。2波長レーザー光のピーク強度付近で高強度フェムト秒Ti:sapphireレーザーパルスを集光照射することにより、OCS分子を多価イオン化し、クーロン反発力による超高速の解離によって生成されるフラグメントイオン CO^+ と S^+ の角度分布を観測した。観測されるフラグメントイオンの分布は、解離直前の分子の向きを反映している。

配向度の指標である $\langle \cos \theta_{2D} \rangle$ (θ_{2D} は、2波長レーザー光の偏光方向と分子軸のなす角の検出器面への射影)を、相対位相差の関数として測定すると、図に示したように CO^+ フラグメントと S^+ フラグメントの $\langle \cos \theta_{2D} \rangle$ が、 2π を周期として互いに逆位相で変化している様子が確認できた。この観測結果は、ポテンシャルの非対称性に寄与する項が $\cos \phi$ に比例することを反映しており、高強度非共鳴2波長レーザー電場を用いることによって、OCS分子の配向制御が実現していることの明確な証拠と解釈することができる。さらに、 $\text{C}_6\text{H}_5\text{I}$ (ヨードベンゼン) 分子を試料とし、初期回転温度を下げることによって、 $\text{C}_6\text{H}_5\text{I}$ 分子が配向していることを示す証拠を得ることもできた。このことは、本手法が非共鳴過程を利用していることによる汎用性を示すものである。

全光学的分子配向制御では、配向分子の向きをレーザー光の偏光方向や2波長間の相対位相によって自由に制御することができるので、静電場を併用する従来の手法と比べ、分子配向の制御性を格段に高めることができた。今後、配向度の向上を図ることにより、化学反応における立体ダイナミクス、分子内電子の立体ダイナミクス、アト秒科学、表面科学、分子スイッチなど広範な研究分野への応用が期待される。

本成果は、K. Oda, M. Hita, S. Minemoto, and H. Sakai, *Physical Review Letters* **104**, 213901 (2010) に掲載された。

(2010年5月19日プレスリリース)



2波長レーザー光の相対位相の関数として測定したOCS分子の配向度 $\langle \cos \theta_{2D} \rangle$ 。●と■は、それぞれ CO^+ フラグメントと S^+ フラグメントに対する配向度 $\langle \cos \theta_{2D} \rangle$ の観測値を示す。赤の実線と黒の点線は、観測値に対する最小2乗フィットの結果である。 CO^+ フラグメントと S^+ フラグメントの $\langle \cos \theta_{2D} \rangle$ が、 2π を周期として互いに逆位相で変化している様子が分かる。

光で金属—半導体転移をする金属酸化物を発見！

大越 慎一（化学専攻 教授）

光照射により金属状態と半導体状態の間を室温で行ったり来たりすることができる新種の金属酸化物（ラムダ型—五酸化三チタン）を発見した。室温で光誘起相転移を示す金属酸化物は、この物質が世界で初めてである。この物質は、チタン原子と酸素原子のみからなる単純な物質で、レアメタルなどを含まないため、非常に安価で環境に優しい物質である。また、粒径が20ナノメートル程度のナノ微粒子で得られるため、次世代の超高密度光記録材料として有望である。

光相転移材料および光相変化材料の研究は、学術的にも産業的にも重要な課題のひとつである。現在市場で使用されているDVDやブルーレイディスクなどには、光相変化材料として、カルコゲン（例：ゲルマニウム・アンチモン・テルル）などが用いられているが、高価で希少な元素から成るという弱点がある。本研究では、逆ミセル法（界面活性剤により油層中にできた数nmの水滴中で反応を進行させる方法）とゾル—ゲル

法（化学的にシリカを前駆体微粒子に被覆させる方法）を組み合わせた化学的ナノ微粒子合成法により新種の金属酸化物（ラムダ型五酸化三チタン： λ - Ti_3O_5 ）の合成に成功した。この物質は、既報の Ti_3O_5 のいずれの結晶構造とも異なっていたため、 λ - Ti_3O_5 と名づけた。このような新種の結晶相が得られた理由は、20nm程度という結晶サイズによる表面エネルギーの寄与と考えられる。

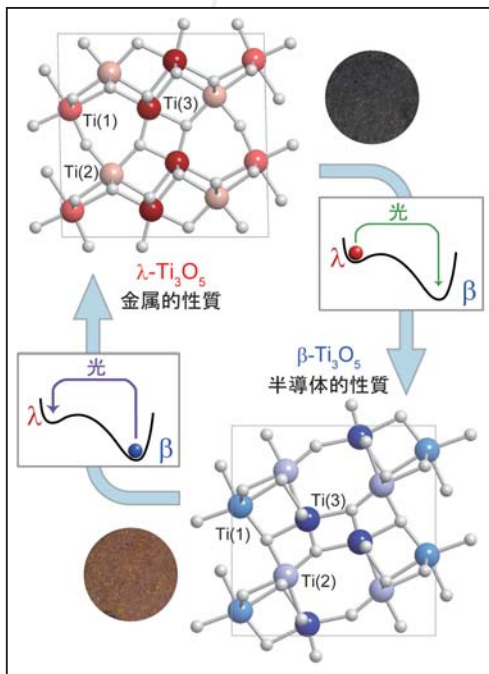
λ - Ti_3O_5 は、金属的な性質を示す黒色の物質で、室温で緑色レーザー光（波長=532nm）あるいは紫外線レーザー光（355nm）を照射すると、 λ 型からベータ型五酸化三チタン（ β - Ti_3O_5 ）（従来から知られている五酸化三チタンの茶色い結晶相で半導体的な性質を示す）へと光相転移を示す。いっぽう、青色レーザー光（波長410nm）を照射すると、逆相転移を起こして λ 型に戻る。また、この光相転移は、ある条件下での1種類のパルスレーザー光（532nm, 6ナノ秒）を繰り返して照射するだけでも、 λ 相 \rightarrow β 相 \rightarrow λ 相 \rightarrow β 相 \rightarrow ...と繰り返して相転移することが可能である。観測された λ - Ti_3O_5 の光誘起金属—半導体転移は、エネルギー的に準安定な状態にある λ - Ti_3O_5 と隠れた真の安定相である β - Ti_3O_5 との間の光による相転移現象に起因することが、熱力学的理論計算より明らかとなっている。

本物質は、現在使用されているDVDやブルーレイなどの光記録メディアにおける実用的な光書き込み動作条件（動作温度、短波長によるデータの書き込み、適切なレーザー強度閾値）を満たしている。また、10nm程度の微結晶を大量にかつ安価に合成することが可能であり、次世代高密度記録材料に有望であると期待される。加えて、別の合成方法として、市販されている光触媒用のアナターゼ型 TiO_2 ナノ粒子を水素気流下で焼成するだけでも、この λ - Ti_3O_5 を得られることがわかっており、経済的コストおよび量産の両面から工業的にも有望である。

この研究は、NEDO「循環社会構築型光触媒産業創成プロジェクト」の一環として、化学専攻の所裕子客員研究員、角淵由英大学院生、生井飛鳥大学院生、箱江史吉大学院生と工学系研究科の橋本和仁教授らとの共同で行われた。

本研究は、S. Ohkoshi *et al.*, *Nature Chemistry* 2, 539 (2010) に掲載されるとともに、*Nature Chemistry* 7月号の“News & Views”ならびに*Nature* 日本版の特集記事に取り上げられた。

(2010年5月24日プレスリリース)



ラムダ型—五酸化三チタン（ λ - Ti_3O_5 ）の結晶構造および光誘起相転移による色相と結晶構造変化。ラムダ（ λ ）型は金属的な性質、ベータ（ β ）型は半導体的な性質を示す。結晶構造中の色のついた球（赤および青）はチタン原子（構造的に異なる3種のチタン原子Ti(1), Ti(2), Ti(3)が存在する）、白い球は酸素原子を表している。

雄しべの表裏の決定機構の解明

鳥羽 大陽 (生物科学専攻 特任研究員),
平野 博之 (生物科学専攻 教授)

雄しべや雌しべなどの花の各器官は、もともと葉であったものが、進化の過程で変形してきたものと考えられている。葉の表裏は明らかに区別ができるが、雄しべのどの部分が表と裏に相当するのかわかりにくい。また、発生学的にも、雄しべの表裏の制御機構については、ほとんど研究がなされていなかった。私たちは、イネの変異体と遺伝子の研究から、雄しべの表と裏(学術的には、向軸側と背軸側)を決定するメカニズムを明らかにした。

葉が形成される際には、発生初期に丸い葉の原基の中で、表裏の極性が決定され、その極性に基づいて葉の発生は進む。一度決定された極性が変化することはない。後期には、表と裏の境界部分が伸長し、扁平な葉が形成される。極性決定が異常となった変異体では、表裏の境界が作られないため、葉は棒状になる。また、この表裏の決定は、裏側表皮における気孔の分化や葉の内部構造(柵状組織や海綿状組織)の正しい配置など、葉の発生・形態形成にとって非常に重要である。

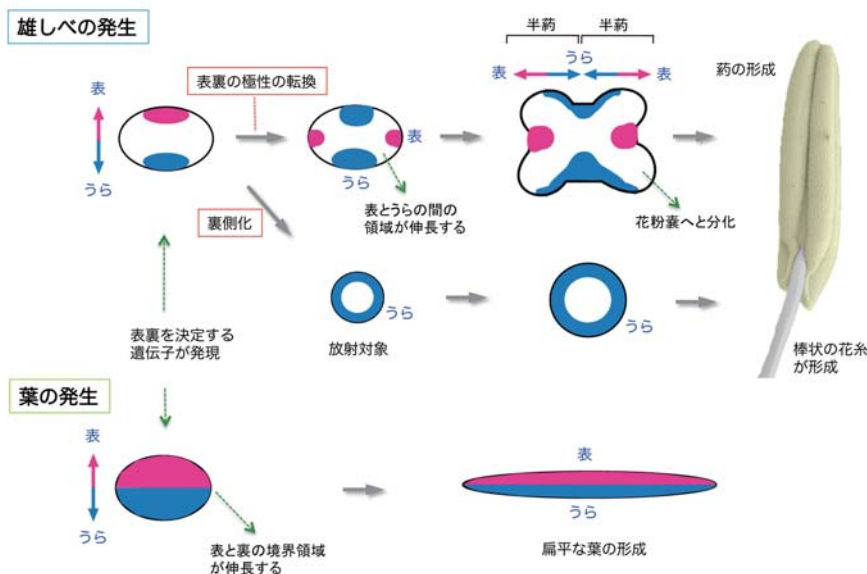
雄しべは、先端部に形成される「葯」と基部の棒状の「花糸」から構成される(図)。葯は、2つの「半葯」という単位が連結部で結合したものであり、「半葯」は2つの筒状の花粉嚢から構成され、この花粉嚢の中で花粉が形成される。

私たちは、表裏の極性の制御が異常となったロル変異体を見出し、その雄しべの発生パターンや表裏の極性を制御する遺伝子の働きなどを調べた。その結果、雄しべの表裏の決定機構には、葉とは異なるメカニズムがあることを明らかにするとともに、図に示すような発生モデルを考案した。このモデルは、「雄しべの発生初期には葉と同じように表裏の極性が決定される。しかし、さらに発生が進行すると、葯ではその極性は大きく転換し、向きの異なる2つの独立の極性軸が形成される。転換後の極性は、半葯が単位となり半葯同士は、裏側を背中合わせにして発生を続ける。半葯内の表裏の境界領域が伸長し、花粉嚢が分化する。一方、花糸においては、発生の進行にともない、表側の性質が消失し、全体が裏側の性質をもった細胞へと分化する(完全な裏側化)」というものである。ロル変異体では、先端がピン状で葯が欠失した雄しべを生じるが、これは、表裏が決定されないために境界領域の伸長が起こらず、花粉嚢が分化できなかったことに起因していると考えられる。すなわち、葯の欠失は、表裏の変異体で葉が棒状になるのと同じ現象と解釈できる。このように、表裏の極性の転換は、花粉嚢の分化とは切り離せず、葯という複雑な構造の構築と密接に関連していると考えられる。

以上のように、雄しべにおいても、初期の表裏の決定パターンや表裏の境界領域の伸長による器官形成などは、葉の発生と共通点がある。これは、雄しべが、進化的には葉に由来していることを反映している。しかし、その一方で、葯で起こる表裏の極性の転換や花糸での裏側化は、雄しべの発生に独自の現象であり、雄しべが複雑な構造へと進化するのに必要だったと考えられる。

本研究は、T. Toriba *et al.*, *Plant Cell* 22, 1452 (2010) に掲載された。また、ロル変異体のユニークな形態の雄しべは、該当号の表紙に採用された。

(2010年6月2日プレスリリース)



■ 表裏の極性決定に着目した雄しべの発生モデル

生体分子とナノ粒子を接続した高感度光センサー

西原 寛 (化学専攻 教授), 山野井 慶徳 (化学専攻 准教授)

生体は、40 億年にわたる自然淘汰と突然変異を経て、人工のシステムをはるかに凌ぐきわめて高機能なシステムを確立している。その 1 つが植物の光合成システムであり、光電変換効率はほぼ 100% に達することがすでに明らかにされている。これを模倣した人工光合成システムでは、いまだに高い光電変換効率は達成されていない。

本研究グループは、生体分子の機能をそのまま利用して、人工材料と組み合わせた新たな光電変換システムを構築している。具体的には温泉に生息している好熱性藍色細菌（シアノバクテリア）*Thermosynechococcus elongatus* から光化学系 I (PSI) を抽出し、電子伝達部位として機能しているビタミン K1 を人工キノン型分子ワイヤで置換し、そのワイヤを電極基板に接合した系であり、光照射により PSI 内で発生した電子を分子ワイヤを通して電極基板へと導き、外部信号として取り出すことを目指している。

われわれは光による外部信号取り出しのキーマテリアルとして金ナノ粒子に着目した。一般に金属の表面積をナノサイズまで小さくすると、バルク（塊）状態と異なり静電容量の大きさが限定されてくるので一電子の出し入れによる表面ポテンシャル変化が顕著にみられる。このような金属ナノ粒子の単

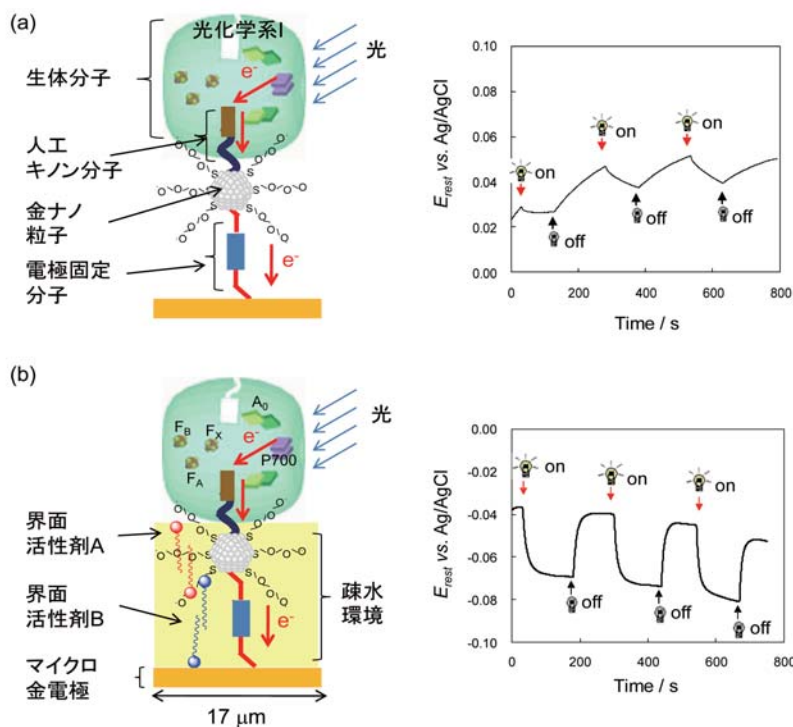
電子移動特性を利用するために、生体分子-人工分子連結体を金ナノ粒子経由で電極基板に固定したシステムを設計し、少数フォトンで電位変化として観測できる高感度光センサーを考案した。しかし、このシステムを実現するには、(1) 金ナノ粒子の大きさを均一に揃える必要があり、(2) 誘電率の高い水溶液中では金ナノ粒子の単電子移動特性を観測することが難しいという問題点がある。当研究室では、均一粒径を有する金ナノ粒子を溶解度の差を利用して再沈殿を何度も繰り返すことにより調製し、電極基板に単分子層固定した。本手法で調製した修飾電極に 2 種の界面活性剤を添加することで脂質二分子膜の様な疎水的環境を生じ、水溶液中であっても単電子移動が観測できることを見出した。

そこで、本研究では、この界面活性剤により金ナノ粒子周囲の疎水性を制御する手法を生体分子-人工分子-金ナノ粒子（直径 1.7 ± 0.1 nm）連結体に適用することによって、界面活性剤が存在しない場合と比較して（図 (a)）、光電変換応答の高速化および高感度化（SN 比の増大）に成功した（図 (b)）。本研究で用いた電極は $17 \mu\text{m}$ 平方のマイクロサイズであるが、電極をさらにナノサイズまで小型化することにより、室温で少数フォトンを検出できる系が達成できると期待される。

生体分子を利用することで、効率が高いだけでなく、生産コストも低く、環境負荷も低いというメリットも付随してくる。今後、本研究のような生体コンポーネントと分子ワイヤの連結システムを他の新しい戦略に使用することも可能である。

本研究成果は M. Miyachi *et al.*, *Chemical Communications* 46, 2557 (2010) に掲載され Hot Article に選ばれた。また、NPG Asia Materials research highlight に “Photosensors: Going for gold—Gold nanoparticles turn a photosynthetic complex into a highly sensitive light detector.” として掲載された。

(2010 年 6 月 9 日プレスリリース)



(a) バイオ光センサーの構造と光電流の変化。(b) 界面活性剤添加時の光電流変化。



「有限体積法」

齊藤 宣一 (数理科学研究科 准教授)

有限体積法は、局所的な流束の保存則に基づいて近似を構成する偏微分方程式の数値解法であり、流体力学などに現れる拡散や移流を含む方程式のコンピュータシミュレーションで良く利用される。プログラミングが手軽であるという実務上の理由もさることながら、区分的定数関数という最低次の近似関数を利用するため、高い近似精度は期待できないにもかかわらず、質の良い近似解が得られるという経験則が、広く支持される理由であろう。有限体積法の歴史は1950年代にまで遡ることができるが、理論的な研究が本格的に進展したのは、たかだか10年前からで、現実的な非線形偏微分方程式に対する研究は今まさに進行中である。

偏微分方程式の汎用的な数値解法とし

て有名なものに、有限要素法がある。有限要素法も1950年代に考案され利用され続けてきた。また、1960年代後半には理論的な研究がスタートし、現在に至るまで、膨大な結果が生み出されている。有限要素法に対する数学理論が大いに発展したひとつの理由として、これがガレルキン法の一種であることが挙げられる。すなわち、現在の解析学では、偏微分方程式を無限次元関数空間上の作用素(演算子)の方程式として定式化し、関数解析学の抽象理論を援用して解析を進めるのが普通である。ガレルキン法とは、関数空間を有限次元の部分空間で置き換え、近似を得る方法である。作用素方程式が線形なら、そのガレルキン近似は連立一次方程式となる。結果として、関数解析学の抽象理論はそのまま適用でき、

数学解析が容易に展開できるのである。

残念ながら、有限体積法を、ガレルキン法的一种として定式化することはできないので、有限要素法のような数学理論を展開するには、まったく別の手法が必要になる。数理科学研究科において筆者の属する数値解析の研究グループでは、最近、有限体積法を直接に有限次元関数空間の作用素方程式として定式化し、さまざまな解析を可能にした。それによれば、有限体積法は、方程式の局所保存則だけでなく、順序保存性などの多くの性質をかなり正確に近似していることが証明された。すなわち、質の良い近似解が得られるという経験則が数学的に正当化されたわけである。



「原子核の魔法数」

大塚 孝治 (物理学専攻 教授)

魔法数という思い浮かぶのは原子のものである。原子番号が2(ヘリウム)、10(ネオン)、18(アルゴン)など不活性ガスはきわめて安定であり、それは原子に束縛されている電子のさまざまな軌道のエネルギーにギャップがあるためである。あるギャップより下の全軌道に詰められる電子の数が魔法数である。ギャップのためにそれらの電子は励起されにくく安定性を生じる。原子核にも似たことが起きる。陽子と中性子を総称して核子とよび、原子核は数~数百個の核子から構成される。それらの核子は互いに核力を及ぼし塊となっている。ある核子に着目し、まわりの多数の核子からの核力効果を足し合わせると、その核子はあたかもすり鉢状のポテンシャル(平均ポテンシャル)の中で運動しているようになる。

原子と同様に、この運動は量子論による飛び飛びのエネルギーの軌道を生

じ、それらのエネルギーにはギャップが現れ、魔法数が生じる。陽子と中性子それぞれに魔法数があるが、陽子と中性子は良く似た粒子なので、同じ魔法数をもつ。平均ポテンシャルは調和振動子ポテンシャルで近似でき、それにスピン軌道分岐を加えて2, 8, 20, 28, 50, 82, 126という魔法数が得られる。メイヤー(Maria Goeppert-Mayer)とイエンゼン(J. Hans D. Jensen)は1949年にこのような理論を提案し、それは実験的に確かめられ、後にノーベル物理学賞を授与された。魔法数から陽子数や中性子数がどれだけずれているかで、原子核の表面の形が球から楕円体が変わる。

1990年頃からは、短寿命で天然には存在せず、陽子数と中性子数の比がアンバランスなエキゾチック原子核が研究され始めた。炭素の例では年代測定で使われる ^{14}C までは安定とされ、それより中性

子の多いアイソトープがエキゾチック原子核になり、限界は ^{22}C である。魔法数は普遍的なものでそれらでも当然成り立つと考えられていた。本研究科物理学専攻の大塚研究室を中心にしたグループにより、核力中のテンソル力や3体力などのため、エキゾチック原子核ではギャップがさまざまに増減し、メイヤー・イエンゼンの魔法数の消滅、14, 16, 32のような新しい魔法数の出現が起こることが理論的に示された。実際、 ^{22}C は新しい中性子魔法数16の原子核である。このパラダイムシフトは、世界各地で現在も進んでいる種々の実験により確立されつつある。超新星爆発のRプロセスではさまざまなエキゾチック原子核が作られては別のものになり、最終的には鉄より重い元素を生成する。このプロセスにおいても魔法数は重要な役割を果たす。



「サブミリ波銀河」

河野 孝太郎 (天文学教育研究センター 教授)

サブミリ波 (波長 1 mm ~ 0.1 mm 付近の電磁波) の掃天観測 (空のある領域全体を、くまなく観測すること) により検出される銀河のことをサブミリ波銀河とよぶ。その距離は、まだよく解明されていないが、ほとんどは宇宙年齢が約 60 億年より以前という時代の初期宇宙にあると考えられている。初期宇宙に存在する銀河は、可視光・赤外線観測でも多種多様なものが発見されているが、これらの銀河種族と比較して、サブミリ波銀河は、いくつかの際立った特徴がある。第一に、きわめて爆発的に星を生成していること。その典型的な星生成率 (単位時間あたりに生成する星の質量) は、数 100 ~ 数 1000 太陽質量 / 年に及ぶ。宇宙の歴史を通し、もっとも激しく星を生み出す怪物銀河である。第二に、可視光・赤外線ではひじょうに暗く、すばる望遠

鏡など 8 m 級の装置でも見えないものが少なくないこと。そしてもうひとつは、サブミリ波での「みかけの明るさ」が、(宇宙年齢が約 60 億年 ~ 5 億年という範囲の初期宇宙にある限り) その距離によらずほとんど一定であること。この不思議かつ有益な性質は、サブミリ波銀河が、星生成によって数 10K 程度に暖められたダストの熱放射で輝いており、その放射 (波長約 0.1 mm 付近にピークをもつ) が、宇宙膨張の効果で引き延ばされ、長波長側へシフトしたところで観測されている、という事情に起因する。

サブミリ波銀河は、初期の宇宙にどれだけ存在したのだろうか。標準的な銀河形成理論によれば、軽く小さい銀河から先に誕生する。きわめて高い星生成率を示すサブミリ波銀河は、質量が特に大きい暗黒物質の塊の中で誕生すると予想

されるため、最初はひじょうに少ないはずである。ところが、ここ 1 ~ 2 年、急激なサブミリ波観測技術の進歩と観測の進展に伴い、宇宙年齢が 10 数億年という時代に存在するサブミリ波銀河が相次いで報告され、話題となっている。現在知られているもっとも遠いサブミリ波銀河は宇宙年齢約 11 億年の宇宙にある。まもなく稼働を開始する ALMA などにより、今後、さらに初期の宇宙に、より多数のサブミリ波銀河が発見され、理論家を悩ませることになるかもしれない。

理学系研究科では、天文学教育研究センターの河野研究室・本原研究室、天文学専攻の岡村・嶋作研究室などのグループが、サブミリ波望遠鏡 ASTE や、すばる・あかりなどの光学赤外線望遠鏡などを駆使して、この怪物たちと格闘中である。



「小惑星イトカワ」

加藤 學 (宇宙航空研究開発機構 教授, 地球惑星科学専攻 兼任)

JAXA 宇宙航空研究開発機構が小惑星「イトカワ」から帰還した「はやぶさ」探査機のサンプルカプセルを公開し、2 日間で 4 万人の人々が相模原を訪れた。相模原市博物館を取り巻いて順番待ちをしていた人々の中には 40 年前に「月の石」を見るために上野の博物館でならんだのを思い出した人も多くいた。人類が地球外の天体から岩石を持ち帰ったのはアポロ計画、スターダスト計画があるのみで、小惑星からは世界で初めてのことであった。隕石の起源を調べるわが国初めての探査機「はやぶさ」が向かった小惑星「イトカワ」とは、どういうものか。「イトカワ」は日本の宇宙科学研究の創始者糸川英夫博士にちなんだ命名である。「はやぶさ」(当初 MUSES-C) 計画では探査候補として「4660NEREUS」, 「1989ML」が提案されていた。ともに地球接近型で太陽光反射スペクトルは

「S」タイプ、落下が記録されている隕石の 85% を占める普通コンドライト隕石のスペクトルに類似、に分類される直径 1 km 程度の小惑星である。当初打ち上げ予定は 2002 年であったが、打ち上げが 2003 年以降になることが予想されたため新たに探査候補にあがったものが、1998SF36 と仮ナンバーが付されていた 24153Itokawa であった。地球の重力を利用した探査機の加速とイオンエンジンを使って「イトカワ」に到達、約 2 カ月のリモートセンシングを行った。詳細な形状 (大きさ 500 m 程度の 2 つの不規則形状の岩塊が衝突合体、あたかもラッコが寝そべっているように見える) と探査機の軌道解析を使って求めた「イトカワ」の質量から「イトカワ」の密度が 1900 kg/m³ であり、ラブルパイルというルーズに岩石片が堆積した構造をしていることがわかった。可視・近

赤外反射スペクトル、蛍光 X 線の軌道観測から普通コンドライト隕石のうち 90% を占める H 型ではなく、鉄成分の少ない LL 型であることもわかった。「はやぶさ」探査機が小惑星物質を地球に持ち帰るためにサンプル採取を試みた時、探査機の姿勢制御系に不具合が生じ科学観測は終了した。以後「はやぶさ」は奇跡的な回復により地球帰還を果たした。カプセル中には「イトカワ」表面のダストが回収されている可能性があるため、ダストの分析を進めている。ついで、地球の前駆物質とも考えられている炭素質コンドライト隕石と同等の反射スペクトルをもつ「C」型小惑星を探査する「はやぶさ」後継機計画が開始されようとしている。

このような月惑星の科学探査が地球惑星科学専攻の研究室と JAXA 宇宙科学研究所が協力して実行されている。



「ナノ粒子」

山野井 慶徳（化学専攻 准教授）

「ナノ粒子」という言葉は数年前までなじみ薄い言葉だったのではないだろうか？防水スプレー、歯磨き粉、サプリメントなどナノ粒子を用いた応用製品が市場に出回ると同時に、メディアにも登場する機会が多くなり、現在ちょっとしたブームになっている。

ナノ粒子とは1～100 nm（ナノメートル； 10^{-9} m）程度の大きさを有する粒子であり、最先端の研究では粒径1～20 nm程度の合成と特性がターゲットとなっている。（厳密な定義はないが、学会ではだまかに100～1000 nm程度のものを微粒子、1 nm以下のものをクラスターと分類している。）対象となる粒子の種類は有機高分子、金属、無機化合物と多岐にわたっている。

同一物質でもナノレベルまで小さく

すると、比表面積や表面エネルギーが増大するため、物性が顕著に変化する。この現象は古くから利用されており、たとえば、中世ヨーロッパの教会にあるステンドグラスの赤い色彩は、ガラスの中に金のナノ粒子が入っていることに由来する。この物性変化を利用し、触媒、センサー、発光素子、薬剤輸送などのナノ材料への応用が期待でき、産・官・学ともにその技術開発にしのぎを削っている。

ナノ粒子の合成法は、原子・分子レベルから粒子を成長させる手法が一般的である。このようにしてナノ粒子を合成すると、幅広い分布をもつ粒子が生成するが、新しい特性をもった機能材料として使用するには、粒子の粒径・粒度分布など精密構造制御が必要とされる。

理学系研究科化学専攻でもいくつかの

研究室で、新規物性を発現するナノ粒子に関する研究が行われている。たとえば、無機化学研究室では、均一粒径（ 1.7 ± 0.1 nm）をもつ金ナノ粒子の単電子移動物性を利用したバイオ光センサーの開発研究を行っている。ほかに物性化学研究室ではラムダ型酸化チタン粒子（粒径：約20 nm）が、照射により金属状態と半導体状態を室温で可逆に変化することを報告している。これらは安価に調製でき、環境負荷も低いことから、次世代の超高感度・高密度光材料として利用できる。詳細に関しては本号の研究ニュース「生体分子とナノ粒子を接続した高感度光センサー」、「光で金属-半導体転移をする金属酸化物を発見！」をそれぞれ参考にされたい。

「東大式現代科学用語ナビ」出版から1年

広報誌編集委員会

昨年9月号でご案内したように、理学部ニュースに掲載中の「理学のキーワード」を集めた単行本が、(株)化学同人より出版され、1年が経つ。「東大式現代科学用語ナビ」と題したこの単行本（税抜き1500円）は、2006～2008年度の3年間に、理学部・理学系研究科の皆様にご執筆いただいた95の「キーワード」を、物理、化学、生物、地惑・天文、数学、情報の6つの分野に分類し収録したもの。文章が主体だった記事に、図や写真が追加され、分野ごとの「俯瞰的説明」も加わった結果、改めて読み返すとたいへん面白く、本の装丁も立派で、編集委員会としても喜ばしい限りである。執筆いただいた方々に、この場をお借りして、改めてお礼を申し上げたい。

東大生協の本郷書籍部では、この単行本は理工系書籍ベストセラーの座にいます。世の中でも認知度のアップを期待したいところ。編集委員会では、2009年度以降のテーマを集めた続編が上梓されることを願っている。それに向け、皆様の周囲に、この単行本のより広い宣伝をお願いしたい。



「理学のキーワード」単行本の表紙

ショクダイオオコンニャクが小石川植物園で開花

■ 邑田 仁 (植物園 教授)

理学系研究科の附属施設、小石川植物園は、野生熱帯植物の収集に長い歴史をもち、現在でも珍しい植物を多数保有している。温室が小さいため、多くの種類を同時に長期間維持することは難しいが、小石川が親元となり日本各地の植物園に分譲されて活躍している植物は少なくない。ショクダイオオコンニャクはインドネシアのスマトラ島だけに生育する希少植物であり、高さ3メートル、直径1メートル以上にもなる大きな花序を咲かせ、悪臭を放つので有名である。1991年に一度開花させており、日本最初の開花であったが、その株は3年で枯死してしまった。その後、1993年に複数の種子を入手し、これから育てた株

のうちの1株が次第に成長して、今回、2010年7月22日夕方から開花した。高さ約1.5mの中型の花序だった。これに先立ち2008年に鹿児島で開花した2株、東京都内で開花した1株はいずれも小石川植物園から分譲した姉妹株であり、浜松で咲いた別系統の1株に次いで、今回の開花は日本で6例目となった。開花前から新聞・テレビに何度も取り上げられたため、猛暑の中、開花後の3日間だけで2万人の方が来園された。すこしでも観覧スペースを確保するため、温室から広場に出して展示したが、施設の収容能力を超える人出となり、十分に観察していただけなかったことが反省される。現在進行中のLife in Green計画を通じて、注目度にふさわしい施設に整備していきたい。



■ 開花したショクダイオオコンニャク

東京大学大学院理学系研究科・博士学位取得者一覧

(※)は原著が英文(和訳した題名を掲載)

種別	専攻	申請者名	論文題目
2010年6月18日付学位授与者(3名)			
論文	物理	江澤 雅彦	グラフェン・ナノディスクの電氣的磁氣的性質(※)
課程	生化	山内 俊平	新規IKBタンパク質の同定および解析(※)
課程	生科	坂口 潤	イネにおける空間的な葉脈パターン形成の分子機構の研究(※)
2010年7月26日付学位授与者(1名)			
課程	生化	角木 基彦	マウスモデルを用いたHIV-1複製機構の解析
2010年7月30日付学位授与者(1名)			
課程	地惑	清木 達也	非静力学モデルにおける2モーメント法雲微物理モデルの開発と雲の光学特性に関する研究(※)

人事異動報告

異動年月日	所属	職名	氏名	異動事項	備考
2010.7.16	物理	助教	松浦 弘泰	採用	
2010.8.1	地惑	准教授	田近 英一	昇任	大学院新領域創成科学研究科・教授へ
2010.8.1	ビッグバン	客員准教授	MENEGETTI MASSIMO	採用	
2010.8.1	天文研	助教	諸隈 智貴	採用	
2010.8.31	化学	助教	小林 潤司	辞職	

第 18 回東京大学理学部公開講演会のお知らせ

広報委員会

われわれを取り巻く自然界の成り立ちとしくみを調べるのが理学の究極の目的です。そのためには自然を構成する物質とそれが表す情報の両方を知り、その関係を明らかにすることが重要です。今回は、これらを直接の対象としている研究の中からとくに興味深い3つの話題を取り上げます。化学・情報科学・物理学での最新の研究成果が日常生活とどのような繋がりをもつのかもご紹介いたします。」

「光で ON - OFF する物質を創る」

大越 慎一 (化学専攻 教授)

「モデルと本物：化学と生物学の場合」

萩谷 昌己 (情報理工学系研究科コンピュータ科学専攻 教授)

「原子核の新しい顔」

大塚 孝治 (物理学専攻 教授)

日 時 2010年11月7日(日) 14:00～16:40

会 場 東京大学本郷キャンパス 安田講堂

入 場 無料。事前申込不要。どなたでもご参加いただけます。

定 員 700名(当日先着順)

中 継 インターネット配信を予定。

主催・問い合わせ先 東京大学大学院理学系研究科・理学部広報室

TEL: 03-5841-7585 E-mail: kouhou@adm.s.u-tokyo.ac.jp

URL: <http://www.s.u-tokyo.ac.jp/PL18>

あとがき

4月から広報誌編集委員をおおせつかりました、化学専攻の加納と申します。「ニュースのバックナンバーはウェブからすべて閲覧可能」と会議でお聞きして、早速拝見いたしました。第一号(1969

年発行)を読みましたところ、当時の理学部長、久保亮五先生が、「理学部の皆さんの協力によって、これがやがて新しい理学部をつくるひとつの力にまで育てゆくことを望みたい」と書いておられ

ました(詳しくは、本誌41巻4号をご参照ください)。歴史ある本誌に、微力ながら貢献できればと思っております。どうぞよろしくお願いいたします。

加納 英明 (化学専攻 准教授)

7月から大島さんの後任として理学部ニュースの編集および理学部ホームページを担当することとなりました宇根と申します。

主にデザイン面で理学部ニュースに携

わることになるかと思いますが、読者の方々に興味をもって見ていただけるように、最先端の研究内容などを紹介していきたいらいいなと思っております。

まだ慣れない部分も多いですが、ご指

導ご鞭撻のほど、どうぞよろしくお願いいたします。

宇根 真 (情報システムチーム)

第42巻3号

発行日: 2010年9月21日

発 行: 東京大学大学院理学系研究科・理学部

〒113-0033 東京都文京区本郷7-3-1

編 集: 理学系研究科広報委員会所属 広報誌編集委員会 (e-mail: rigaku-news@adm.s.u-tokyo.ac.jp)

牧島 一夫 (物理学専攻) maxima@phys.s.u-tokyo.ac.jp

広報・科学コミュニケーション:

吉川 一郎 (地球惑星科学専攻) yoshikawa@eps.s.u-tokyo.ac.jp

横山 広美 yokoyama@sp.s.u-tokyo.ac.jp

野崎 久義 (生物科学専攻) nozaki@biol.s.u-tokyo.ac.jp

HP担当: 柴田 有 (情報システムチーム)

加納 英明 (化学専攻) hkano@chem.s.u-tokyo.ac.jp

shibata.yuu@mail.u-tokyo.ac.jp

斉藤 直樹 (総務チーム) saito.naoki@mail.u-tokyo.ac.jp

HP & ページデザイン: 宇根 真 (情報システムチーム)

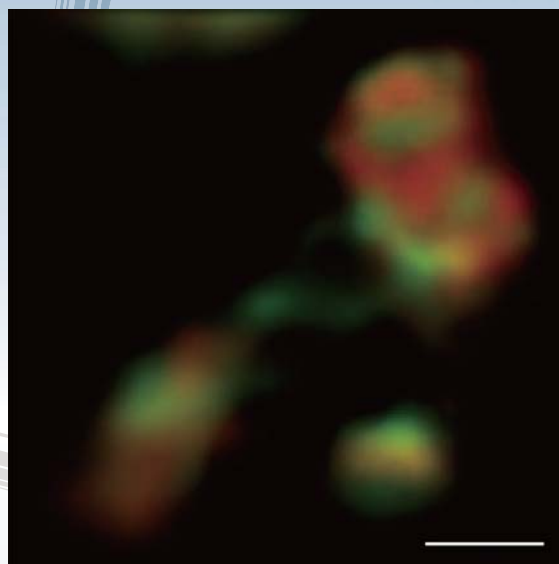
小野寺正明 (広報室) onodera.masaaki@mail.u-tokyo.ac.jp

une.makoto@mail.u-tokyo.ac.jp

印刷: 三鈴印刷株式会社



2004年に完成したプロトタイプ機。488 nm と 568 nm のレーザー光をスピニングディスク共焦点スキャナで 1000 本のビームに分け試料に同時入射し、励起された GFP 等の蛍光タンパク質が発した微弱な蛍光を、ダイクロイックミラーで3つの波長領域に分光し、イメージンスンシファイアで増感して超高感度 HARP カメラで検出する。対物レンズに無振動型高速ピエゾアクチュエーターを設置し、Z軸方向の画像スタックを高速で取得可能である。現在はさらに高仕様化され、理研基幹研（和光市）に設置されている。



高速高感度レーザー走査共焦点顕微鏡システムで、生きた植物個体（シロイヌナズナ）の根の表皮細胞のゴルジ体を観察した。複数の槽からなる層板構造と層板間を結ぶ細管状の構造が見えている。バーは 500 nm。細胞の大きさは $10 \mu\text{m} \times 30 \mu\text{m}$ くらい。

～理学の匠「高速高分解能ライブ顕微鏡」より～