

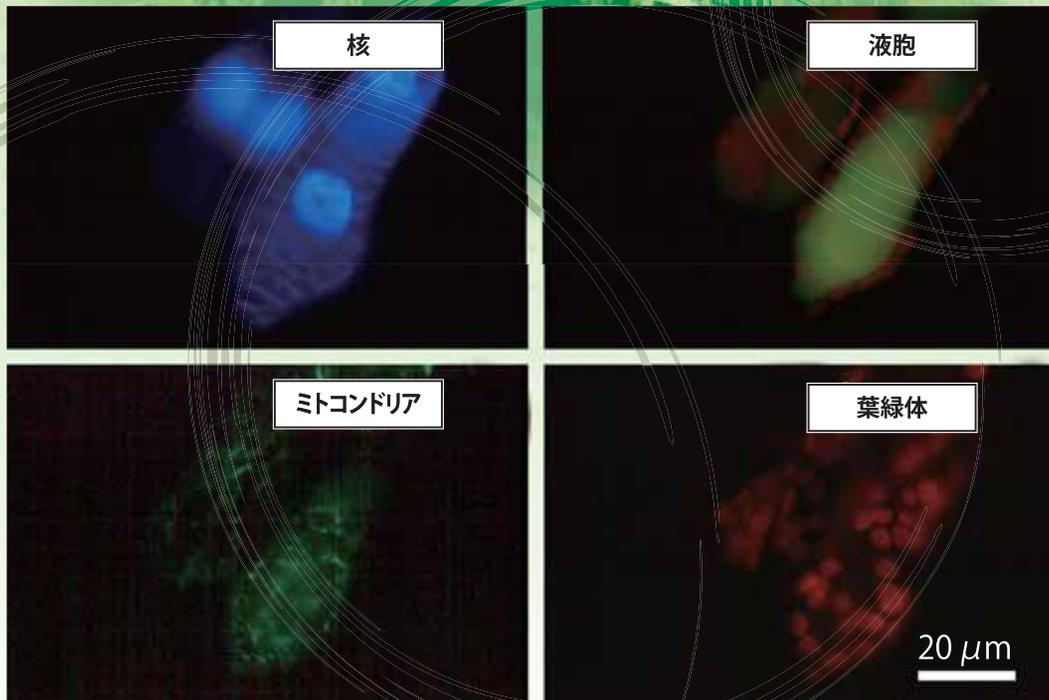


東京大学

理学系研究科・理学部ニュース

2011年11月号 43巻4号

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



ヒヤクニチソウ道管への分化途中の細胞。核、液胞、ミトコンドリア、葉緑体が見られる。
～理学の匠「植物細胞を中空の管に変える」より～

本号の記事から

トピックス

学科の教育メニュー

研究ニュース

理学のキーワード

電力使用制限令の解除に伴う理学系研究科の取り組み ほか

数学科

太陽風と宇宙線を浴びた「はやぶさ」粒子 ほか

「プログラム意味論」「アクション」「すばる望遠鏡」

「隕石」「発光イメージング」「Hox クラスタ」

トピックス

電力使用制限令の解除に伴う理学系研究科の取り組み	広報誌編集委員会	3
化学専攻菅教授が日本学術会議会長賞を受賞	小澤 岳昌 (化学専攻 教授)	4
ノーベル物理学賞を解説する特別講演会	広報誌編集委員会	4
「東大理学部で考える女子中高生の未来」開催	寺島 一郎 (生物科学専攻 教授)	5
理学系研究科特別講演会「Addressing Our Energy Challenge」	大塚 孝治 (物理学専攻 教授)	5
海洋教育の促進をめざしてシンポジウム開催	丹羽 淑博 (海洋アライアンス 特任准教授)	6
第20回理学部公開講演会開催される	山下 朗 (生物化学専攻 講師)	6

理学の匠 第10回

植物細胞を中空の管に変える	福田 裕穂 (生物科学専攻 教授)	7
---------------	-------------------	---

学科の教育メニュー 第10回 数学科

原理・原則を学習し、現象を理解する	坪井 俊 (数理科学研究科 教授)	8
	山本 昌宏 (数理科学研究科 教授)	

研究ニュース

反物質に新たな光を当てる	早野 龍五 (物理学専攻 教授)	10
	堀 正樹 (物理学専攻修了, マックス・プランク 研究員)	
目に見えるようになった金属原子の触媒作用	中村 栄一 (化学専攻 教授)	11
	松尾 豊 (化学専攻 特任教授)	
銀河系の中心に灯台となる変光星を発見!	松永 典之 (天文学教育研究センター木曾観測所 特任研究員)	12
太陽風と宇宙線を浴びた「はやぶさ」粒子	長尾 敬介 (地殻化学実験施設 教授)	13

連載：理学のキーワード 第34回

「プログラム意味論」	蓮尾 一郎 (情報理工学系研究科コンピュータ科学専攻 講師)	14
「アクシオン」	蓑輪 眞 (物理学専攻 教授)	14
「すばる望遠鏡」	本原顕太郎 (天文学教育研究センター 准教授)	15
「隕石」	杉浦 直治 (地球惑星科学専攻 教授)	15
「発光イメージング」	竹内 雅直 (化学専攻 助教)	16
「Hox クラスタ」	赤坂 甲治 (臨海実験所 教授)	16

お知らせ

和達三樹先生のご逝去を悼んで	宮下 精二 (物理学専攻 教授)	17
	小形 正男 (物理学専攻 教授)	
岸保勘三郎先生のご逝去を悼む	佐藤 薫 (地球惑星科学専攻 教授)	17
小石川植物園の「ニュートンのリンゴ」の苗木が名古屋大学へ	広報誌編集委員会	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
東京大学理学部オープンキャンパス 2011 12月23日に開催	広報委員会	19

電力使用制限令の解除に伴う理学系研究科の取り組み

広報誌編集委員会

すでに「理学系研究科の電力危機対策」については9月号にて報告したが、東日本大震災に伴い2011年7月1日より発動されていた、東京電力と東北電力管内の大口需要家に対する電力使用制限令は、2011年9月9日に前倒して解除された。これを受けて理学系研究科では今後、以下のような対応をとることとなった。参考に、この間の本学4キャンパス（本郷地区、駒場I、駒場II、柏）におけるピーク電力の使用状況をグラフにまとめて示す。

節電継続のお願いと教育・研究活動の正常化に向けた取り組みについて

理学系研究科長
事務部長
平成23年9月28日

理学系研究科では3月30日付で「東北地方太平洋沖地震に対する当面の理学系研究科の対応（第3報）」として対応策をお示したところですが、本日以降当分の間、節電継続と教育・研究活動の正常化に向けて以下の対応をとることといたしましたので、ご協力をお願いいたします。

1. 9月からの節電方針

3月11日に発生した震災に伴う電力需給対策について、電力使用の抑制にご協力いただき、有難うございます。厳しい電力供給事情の中、7月、8月の電力使用最盛期を大きな混乱もなく乗り切ることができました。8月30日に経済産業省より電気の使用制限の緩和が発表され、それに伴って9月15日に本学の方針も、次のように発表されました。

2. 大学方針

- 2.1 節電目標（ピーク時電力を前年7月比の30%削減）
を踏まえ、秋季から冬季の暖房開始期までの間は、教育研究上無理のない範囲で、引き続き、節電努力

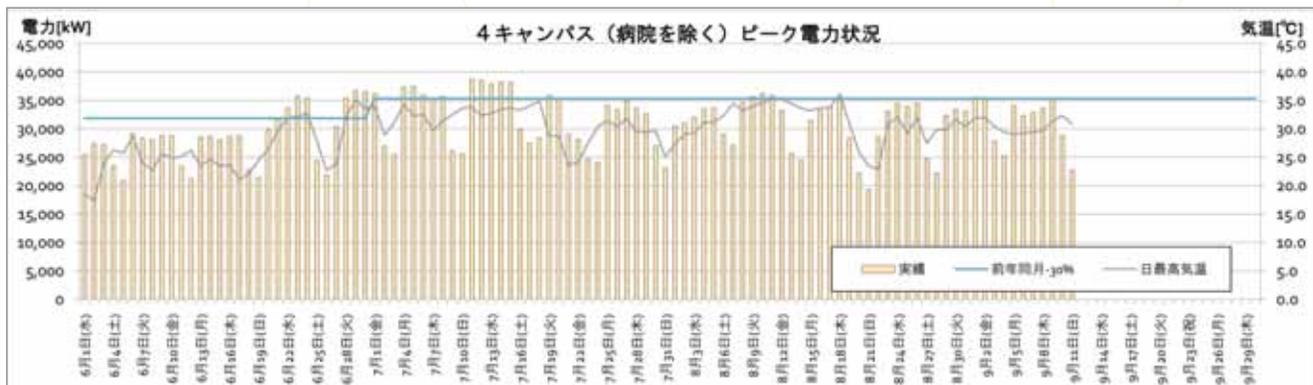
を継続すること。

- 2.2 来年以降の節電要請に備え、今年各部局に置いて節電により節約された電気料金を有効に活用し、別添の電力危機対策チームによる対策情報を参考にしつつ、設備対策等を進めるよう努めること。その際、部局の要請に応じ、電力危機対策チームによる技術支援を行う。

3. 理学系研究科・理学部方針

理学系研究科・理学部では、これまで全学の方針に従い、構成員の皆様にさまざまな節電対策をとっていただきました。中には研究や生活にかなりの負担をかける対策もあったと思います。本学の方針にもとづき、それらの費用対効果の低い対策は止め、下記のように取り組みます。

- 3.1 エレベータの使用制限は全面解除する。
3.2 その他（照明、温調、電算機等）のこれまでの有効な節電対策は、研究・教育活動に支障のないかぎり継続する。



東京大学4キャンパスにおける、本学の節電目標（前年同月比マイナス30%）の達成実績。附属病院は含まれない。2011年9月12日現在のデータにもとづく。

化学専攻菅教授が日本学術 会議会長賞を受賞

■ 小澤 岳昌 (化学専攻 教授)

本研究科化学専攻の菅裕明(すが・ひろあき)教授が、第9回産学連携功労者表彰式で日本学術会議会長賞を受賞されました。本表彰は、大学、企業などにおける産学官連携活動において大きな成果を収め、また先導的な取組を行うなど、産学官連携活動の推進に多大な貢献をした個人に贈られる制度です。

天然物として単離されるペプチドには、天然には通常存在しないアミノ酸を含み、かつ環状化された骨格をもつものの存在が知られています。このようなペプチドは「特殊ペプチド」とよばれて

おり、一般的に高い生理活性を有しているため、新たな薬剤として期待されています。これまで、特殊ペプチドの発見は、自然界からの偶然の発見に頼らざるを得ず、システムティックに探索することは不可能でした。菅教授は、独自に開発した非天然型アミノ酸を含むペプチド合成法を開発し、特殊ペプチドを人工的に狙い通りに作ることを可能にしました。さらに菅教授は、さまざまなアミノ酸配列を有する特殊ペプチドライブラリーを構築することにより、生理活性を有する特殊ペプチドをライブラリーから単離することを可能にしました。この技術は、東大発ベンチャー企業のひとつであるペプチドリーム株式会社の連携により、創薬プラットフォーム技術「RaPID (Random Peptide Integrated Discovery) システム」



■ 菅裕明教授

として実用化されています。本システムが世界オンリーワンであることの強みを生かし、国内外の製薬企業などと共同研究開発契約を結ぶ、バイオベンチャーの新たなビジネスモデルを構築した点が、高く評価されたことと思います。

菅教授のご受賞に心よりお祝い申し上げますとともに、今後のますますのご活躍を祈念いたします。

ノーベル物理学賞を解説する 特別講演会

■ 広報誌編集委員会

2011年のノーベル物理学賞は、「遠方の超新星の観測により宇宙の加速膨張を発見した」業績により、カリフォルニア大学のソール・パールムッター (Saul Perlmutter)、オーストラリア国立大学のブライアン・シュミット (Brian Schmidt)、およびジョンズ・ホプキンス大学のアダム・リース (Adam Riess) の3氏に授与された。パールムッター博士は「超新星宇宙論プロジェクト」、他の2名は「高赤方偏移超新星探査チーム」という独立なチームを率い、宇宙の遠方で発生するIa型超新星を探査した結果、1998年にほぼ同時に、きわめて重要な結果を導いた。Ia型超新星は絶対光度を推定できるため、そこまでの距離と発生時刻を求めることができる。

また赤方偏移から当時の宇宙のスケールも求められるため、多数の超新星を観測することにより宇宙のスケールの時間変化、すなわち宇宙の膨張史が再現できるのである。宇宙がもし万有引力(重力)を及ぼしあう通常の物質で支配されているなら、宇宙膨張は減速するしかないが、彼らは精力的な観測の結果、宇宙膨張がなんと加速していることを発見したのである。この驚くべき結果を一般相対論に基づき解釈すると、加速の原因である未知の暗黒エネルギーが宇宙の全エネルギー密度の3/4を占めることが結論され、21世紀の新しい宇宙像の基礎の1つとなった。

この業績は本研究科では、天文学専攻、物理学専攻、ビッグバン宇宙国際研究センター、および天文学教育研究センターにおける研究テーマと、深い関係をもつ。そこで本研究科ではこれら2専攻および2センターと共催で、受賞発表の1週間後に当たる2011

年10月11日の夕方に小柴ホールにて、「2011年ノーベル物理学賞の意味～遠方超新星の観測が明かした宇宙の加速膨張と暗黒エネルギー～」と題する特別講演会を開催した。講演会は、横山順一教授(ビッグバンセンター)の司会のもと、須藤靖教授(物理学専攻)より、パールムッター博士もメンバーの1人として、ビッグバン宇宙国際研究センターを拠点に遂行している「暗黒エネルギー研究国際ネットワーク(DENET)」の紹介があり、続いて同博士の緊密な研究協力者である土居守教授(天文センター)より、約1時間のメイン講演が行なわれた。その中では、今回の受賞研究の歴史的な背景、手法と意義、残された謎などについての解説に加え、受賞した2チームのリーダーと日本、とくにすばる望遠鏡との関係などが紹介された。聴衆は、本研究科の学生、院生、職員を中心に、120名ほどに達し、盛況であった。

「東大理学部で考える女子中高生の未来」開催

寺島 一郎 (生物科学専攻 教授)

2011年10月2日(日)の13-17時に小柴ホールで行われ、35名の女子中高生、18名の保護者(多くは母親)、1名の高校教員が参加した。広報室横山広美准教授の司会で、山形俊男研究科長の挨拶の後、まず、伊藤恭子准教授(生物科学)が「植物の細胞運命を決定する遺伝子」、川口由紀助教(物理学)が「絶対零度で流れる液体:超流動」、並木敦子助教(地球惑星科学)が「研究のすすめ方の話:地球を題材に」のタイトルで講演した。よく練られた話題提供に対して質問も多く盛況だった。休憩後、3つ

のグループに分かれて研究室を見学した。筆者は「理論家はどんな研究室紹介をするのだろう」と、川口さんに同行した。まず、高速計算機室の機械音と寒さを実感後、居室に移動、共同研究を行っている実

験系研究室の実験や理論計算の結果に関する美しい画像による説明を聞いた。その後は、ホワイトボードの数式、書棚の大量の教科書と漫画文庫!の醸し出すアカデミックな雰囲気の中、3名の大学院生(TA)が参加者との会話を通して理論物理の世界を紹介した。他のグループは、気孔をはじめとする植物細胞の顕微鏡観



■ 中高生を前に熱心に解説する川口由紀助教

察や、月のクレーター形成を模した砂にビー玉を落とす実験を楽しんだ。最後のパネルディスカッションでは、(女性)研究者の進路選択や生活実態に関する質問が多く、科学者の顔がよりよく見えるようにする努力が必要だと感じた。教職員スタッフやTAのみなさんのご協力に感謝したい。

理学系研究科特別講演会「Addressing Our Energy Challenge」

大塚 孝治 (物理学専攻 教授)

米国エネルギー省次官スティーブン・クーニン(Steven E. Koonin)博士による表記題名の特別講演会が2011年10月5日に小柴ホールにて開催されました。クーニン博士は物理学者でありカリフォルニア工科大学教授として原子核物理学の理論研究などに優れた業績があります。そのため筆者とも旧知の間柄です。石油会社のBritish Petroleumに移って新エネルギー源の研究プロジェクトを推進し、オバマ政権発足時に現職に招かれるという、キャリアパスの観点からも興味深い方です。

講演会では、相原副研究科長による司会により、筆者によるクーニン博士の紹介、江川理事のご挨拶に続いて、エネルギー問題の基本的性格から今後のチャレンジまで、簡潔で分かりやすい講演をしてくださいました。プレゼン内容

は <http://www.s.u-tokyo.ac.jp/ja/event/steven-koonin/> にて見る事ができます。筆者の印象に残ったことを少し書かせていただきます。19世紀半ばには米国のエネルギー源の90%は木材でした。石炭、石油が順次取って代わっていくものの、変化は10年単位のゆっくりしたもので、今後も急な変化はあり得ないだろうとのことでした。太陽熱や風力は今日の課題ですが、チャレンジは電力グリッド(送電網)にもあることを強調されました。自動車や家庭内のエネルギー使用の効率化も重視しているそうです。クリーンな電力を得るのに、太陽熱、風力、原子力と炭酸ガスの地中閉じ込めを進めるそうです。しかし、エネルギーはコストを無視しては考えられず、しばらくは化石燃料が米国のエネルギー生産の

中心である、という見通しでした。最大能力に比べ、太陽熱は1/5、風力は1/3しか実効能力がないことを直視すべきと指摘されました。全体として、現実を見据え、二酸化炭素問題にはやや距離を置いた米国の政策を科学者らしく率直に話されました。エネルギー問題に関して、気づけなかった観念の数々が示されて、100人以上の聴衆の多くが目から鱗が落ちる感銘を受けたと思われます。たいへん急に開催が決まった講演会でしたが、万全の準備をしてくださった理学系事務や広報室の皆様にご感謝申し上げます。



■ 左から、相原博昭副研究科長、筆者、スティーブン・クーニン博士、江川雅子理事

海洋教育の促進をめざして シンポジウム開催

■ 丹羽 淑博 (海洋アライアンス
特任准教授, 地球惑星科学専攻 兼務)

東京大学海洋アライアンス海洋教育促進研究センターでは2011年10月15日に工学部二号館213大教室において日本財団との共催でシンポジウム「海は学びの宝庫～海洋教育の研究と実践～」を開催した。

日本は四方を海に囲まれているにもかかわらず、子どもたちが海に触れ、海を知り、海から学ぶ機会がきわめて限定されている。当センターは昨年10月に新設され、理学部と教育学部のメンバーが協力して初等中等教育において海洋教育を普及推進することを目的としている。今回はセンターの第三回目のシンポジウムで、当日は悪天候にもかかわらず100

名近くの参加者があり、そのうち全国の小中高の学校の先生を含む現場の教育関係者が半数以上を占めた。

講演会では、日本財団・海野光行常務理事による開会の挨拶ののち、海の博物館(三重県鳥羽市)・平賀大蔵学芸員による基調講演で子どもたちと楽しみながら

海を学ぶさまざまな試みが紹介された。さらに、センターの新たな挑戦が浦辺徹郎教授(地球惑星科学専攻)、福島朋彦特任准教授、河野麻沙美特任講師、窪川かおる特任教授の講演で示され、それを受け文部科学省・宮崎活志視学官から海洋教育促進の観点から学校教育の現状と課題について問題提起がなされた。次いで、東京大、東北大、お茶の水女子大、横浜国大、岡山大、琉球大での海洋教育の実践報告があり、最後の佐藤学セ



当日は活発な意見交換が行われ、海洋教育への関心と期待の高さがうかがわれた

ンター長(教育学研究科教授)司会、赤坂甲治教授(附属臨海実験所長)指定討論によるパネルディスカッションでは参加者を交えた質疑応答が活発に行われた。講演要旨はセンターHP(<http://rcme.oa.u-tokyo.ac.jp/>)で公開されている。

今後もセンターでは、全国の大学や現場の先生と連携して海洋教育を促進する活動を進めるとともに、シンポジウムを定期的に開催していく予定である。

第20回理学部公開講演会 開催される

■ 第20回実行委員長 山下 朗
(生物化学専攻 講師)

2011年10月30日(日)、安田講堂において第20回理学部公開講演会が開催された。今回は「理学が拓く未来」というテーマのもとに、講演に加えて音楽会とパネルディスカッションが行われ、約700名にものぼる方々にご来場いただいた。

山形俊男研究科長の挨拶に続き、菊地美奈さんと飯田俊明さん、牧千恵子さん、ミヤックさんによる音楽会が行われた。プッチーニから、ピアソラ、涙そうそうとバラエティーに富む構成の素晴らしい歌と演奏を披露していただいた。

続いて、早野龍五教授(物理学専攻)による「反物質」と題した講演で、物理学発展の歴史をたどりながら大型加速

器を利用した反水素原子の生成へ至る、スケールの大きい微細な話が紹介された。塚谷裕一教授(生物科学専攻)は、「子どもの頃の興味から始まって、実際に植物学者になるまでの話」という演題の通り、植物学と出会い実際に植物学者になるまでの話を、植物の形態形成に関する最新の研究成果とあわせて述べられた。

横山広美准教授(広報)司会のパネ



今回の講演会は音楽会とパネルディスカッションも加わって、いっそうの好評を博した

ルディスカッションでは、早野教授、塚谷教授に加え、朝日新聞論説委員の辻篤子さん、丸山剛司中央大学特任教授、山本正幸理学系研究科客員教授、物理学専攻博士課程の音野瑛俊さんをパネリストに迎え、基礎科学の現状とこれから、社会との関わりという話題で活発な議論がなされた。

次回は、2012年4月22日(日)、安田講堂にて開催予定である。



植物細胞を中空の管に変える

福田 裕穂 (生物科学専攻 教授)

昔から忍者にあこがれていた。自分が変身するのも好きだし、相手を変身させてしまうことにもあこがれた。それが高じて、大学院では植物の細胞を変身させることに熱中することになった。最初に成功したのが、ヒャクニチソウの葉から細胞を取り出し、これを道管という中空の管状の細胞に変えてしまうことであった。この仕掛けは簡単で、乳棒と乳鉢で葉をすりつぶすと葉の葉肉細胞がバラバラにとれてくる。このバラバラの細胞をオーキシシンとサイトカイニンという植物ホルモンを加えて試験管内で培養すると、多くはバラバラのまま道管の細胞へと変身するというものである(図1)。

この中のどこが匠かという、ヒャクニチソウという植物と植物の育て方にある。ヒャクニチソウは葉をすりつぶしたときに葉肉細胞がバラバラにとれてくる珍しい植物だからである。試しに、その辺の植物の葉をすりつぶしてみるといい。本当に細胞が磨り潰されて、細胞破砕液だけが得られることになる。生物学の研究はくりかえし実験を行っても同じ結果が出るのが要求される。生き物を扱う場合に問題となるのは、個性によるノイズを少なくして、共通な性質をいかに再現性よく測定するかである。ヒャクニチソウの場合もこの問題に直面した。実験結果が大きく振れるのである。1年くらい試行錯誤をくりかえして、最終的にたどり着いたのは、植物の育成法の確立であった。何をやってもうまくいかず袋小路に陥っていたときに、育て続けているヒャクニチソウを観て、葉がとてもおいしそうにみえた。このおいしそうに見えた葉の条件が変身にぴったりだったのである。収穫時の植物の齢、葉の発達状況、それに到る植物の栽培条件(湿度、温度、光、水、栄養)の最適条件を

見つけることで、再現性のある研究が可能になったのである。

この実験系はいまだに私の研究の基本にあつて、学生実習でも活躍している。しかし、モデル植物全盛の時代にあつて、ヒャクニチソウだけを使っているのは、多様な解析が難しくなってきた。そこで新たなシステムの開発を考えた。山中伸弥先生の研究で有名なiPS細胞は、3ないし4つの遺伝子を導入することで分化した細胞を未分化な状態に戻した細胞である。これとは逆に、ある遺伝子を導入することで、さまざまな細胞を特定の分化細胞に変えることができる。このような遺伝子をマスター転写遺伝子とよぶ。私たちは長い間、道管細胞分化のマスター転写遺伝子を探してきた。そして、2005年に道管細胞分化のマスター転写遺伝子としてVND6とVND7を同定することができた。この遺伝子を植物に導入すると、さまざまな細胞が道管細胞に変身する。そこで、この遺伝子を自在に誘導することで、モデル植物であるシロイヌナズナの培養細胞を用いて、道管細胞の変身過程を観察できる実験系をつくらうと考えた。そうしてできたのが、図2で示す実験系である。この実験系では、外部から与えた薬剤(エストロゲン)によりVND6遺伝子の発現を誘導する。これにより、3日後には80-90%の細胞が道管細胞へと変身することになる。この実験系のメリットは、細胞にさまざまな遺伝子を導入できることであり、これによって多様な遺伝子の道管分化における働きが分かるとともに、その遺伝子がつくりだすタンパク質の道管細胞内でのダイナミクスを観察することができる。このように、物理学・天文学における装置の開発と同様、生物学においては実験系の開発が匠の見せ所となることも多い。



図1: ヒャクニチソウ葉肉細胞からの道管細胞分化。バーは10μm。

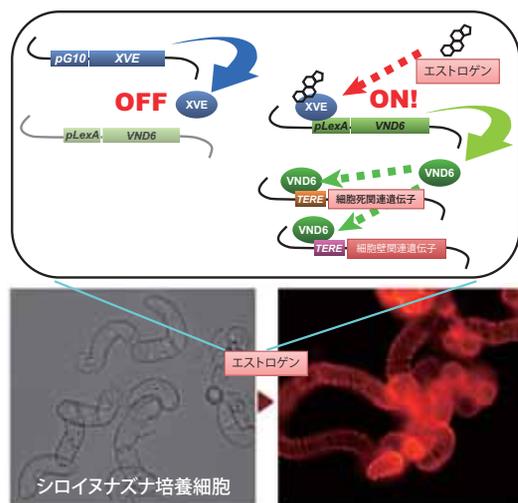


図2: シロイヌナズナ培養細胞でのVND6誘導による道管細胞分化

原理・原則を学習し，現象を理解する

坪井 俊（数理科学研究科 教授），山本 昌宏（数理科学研究科 教授）

数学というと，丸暗記した定理や公式を使って計算して問題の答えを出す機械的な作業だ，という風に思われているかもしれないが，それはあやまりである。数学の本質は，定理や公式の「意味」を考え，その背後に潜む「原理」や「真理」を理解し，さらには現実の多様な課題に数理的な解答を与えることである。数学科では，まず基本的な論理や推論形式を学ぶことが求められるが，実は数学の醍醐味は，常識を覆すような斬新な発想がひらめけば，それまで想像もできなかった新理論が生まれ，いまだかつて誰にも答えられなかった問題が解決されることである。数学は創造性に富み，驚きや感動にみちた営みであり，日々発展を続けている。また技術が進歩し社会が複雑化するにつれ，現実からの課題の本質を深く洞察し数理的な解決がますます求められるようになってきている。数学は自然界の摂理を解明する強力な道具としての役割を古代から果たしてきたし，今後もそのような役割を担っていくであろう。数学科に進学すると，19，20世紀を通じて著しく発展した現代数学の基礎を学ぶ。数理科学研究科大学院などに進学すると，進んだ勉強をし，研究者への道を歩むこともできる。一般社会においても数学の勉強を通じて身に着けた正確な論理性やものごとを深く追求する姿勢は，さまざまな仕事をする上で大きな助けになる。数学科では数理ファイナンスや暗号理論，コンピュータネットワークや数値計算，アルゴリズム開発などコンピュータに関わる数理など，実社会で脚光を浴びている高度な数学理論を学ぶこともできる。

以下におもな科目を紹介する。数学科においては多くの科目に実験に代わるものとして演習の時間が設けられている。これ

は抽象的な形で書き表された定理の意味を自分で考え，さまざまな場合に適用していく経験を積むことにより深い理解を可能とするものできわめて重要である。

■ 第4学期（2年生の冬学期）

「代数と幾何」では線型代数学のより進んだ理論を学ぶ。「集合と位相」では，集合論と位相空間論の基礎的な諸概念と基礎的な諸結果を，「複素解析学Ⅰ」では，一変数複素関数論の入門的な部分を学ぶ。これらの4学期の講義の内容は，3年生以降の講義・演習・セミナーについていくために不可欠である。

■ 第5学期（3年生の夏学期）

各週，以下の講義がある。「代数学Ⅰ」：群論と環論の入門，「幾何学Ⅰ」：多様体論の入門，「解析学Ⅳ」：ルベーグ測度と積分，「複素解析学Ⅱ」：第4学期の「Ⅰ」に引き続きより進んだ内容を扱う。これらのそれぞれに「特別演習」がついている。

■ 第6学期（3年生の冬学期）

前学期までの必修講義を受けて，多様な数学を学ぶために以下のような選択必修科目が準備されており，いくつかには演習がついている。「代数学Ⅱ」：環と加群，つまり基礎的な環論。主イデアル環上の有限生成加群など，「代数学Ⅲ」：ガロア理論とそれに関連する主題，「幾何学Ⅱ」：位相幾何学の初歩，「幾何学Ⅲ」：ベクトル場と微分形式，「解析学Ⅴ」：微分方程式論の初歩，「解析学Ⅵ」：フーリエ変換および超関数，「現象数理Ⅰ」：数理解析学の概論，「確率統計学Ⅰ」：確率論の基礎，「計算数



左： 数学科の講義演習は駒場キャンパスの数理科学研究科棟で行われる
 右上： 数学の研究集會が行われる玉原国際セミナーハウス
 右下： コモンルームはコーヒータイムにはさまざまな議論が行われるとともに思索をする場でもある

学Ⅱ：計算情報環境の構築に関するより進んだ演習。さらに「数学輪講」として、教員推薦のテキストから選択して行う自主ゼミがある。

■ 第7学期（4年生の夏学期）

選択必修科目のほかに、「数学講究X A」とよばれる指導教員のもとでの小人数のセミナーがある。これは数学科において長い伝統をもつ独特の科目であり論文や専門書を腰を据えてじっくり読みことにより、各学生の数学のバックボーンを構築することを旨とする。さらに現在進行中の現代数学を概括する「数学講究X B」もある。

■ 第8学期（4年生の冬学期）

7学期の数学講究X Aに続いて「数学特別講究」があり指導教員のもとで個別指導を受ける。数学科必修科目の紹介は<http://www.ms.u-tokyo.ac.jp/gakubu/cur.html>にある。

■ 理学部アクチュアリー・統計プログラム

これは未来のアクチュアリーを養成していくと同時に、数理統計学の基礎を体系的に学んだ統計家を養成することを目的としている。現在のアクチュアリーに必要な基本的な知識の修得のみならず、将来的に必要な必要となるであろう、ファイナンス・

リスク管理およびその統計的取り扱いも視野に入れ、確率論・統計学を包括的に教育し、保険数理の発展に寄与する人材を育成する。

■ 東京大学大学院数理科学研究科への進学

修士課程の入学試験は9月1日を含む週に行われる。理学部数学科の定員45名に対し、修士課程では留学生6名を含めて53名を募集する。半数を超える学生が大学院へ進学している。いっぽう、数学科卒業生の採用を希望する官庁・企業も多く、統計・年金関連、コンピュータ関連、金融関連など多方面にわたる。最近、数学を必要とする業種がさらに多様化しつつあり、コンサルタント会社、暗号開発関連会社などへの就職も見られる。

■ 特色ある施設

図書室は15万冊の数学関係の図書雑誌を有し、世界屈指の規模を誇る。さらに群馬県沼田市玉原高原に玉原国際セミナーハウスを有し、合宿形式のセミナー、研究集会、オリエンテーションなどに用いられている。

理学部数学科ウェブページ

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

2年	3年		4年		隔年講義科目
第4学期科目	夏学期科目	冬学期科目	夏学期科目	冬学期科目	
代数と幾何	代数学Ⅰ	代数学特別演習Ⅱ	数学講究X A	数学特別講究	理工学
代数と幾何演習	幾何学Ⅰ	幾何学特別演習Ⅱ	数学講究X B	現象数理Ⅲ	数学史
集合と位相	解析学Ⅳ	解析学特別演習Ⅱ	解析学Ⅶ	確率統計学X A	計算機数学
集合と位相演習	複素解析学Ⅱ	代数学Ⅱ	現象数理Ⅱ	代数学X C	代数学X A
複素解析学Ⅰ	代数学特別演習Ⅰ	幾何学Ⅱ	計算数理Ⅱ	代数学X E	代数学X B
複素解析学Ⅰ演習	幾何学特別演習Ⅰ	解析学Ⅴ	確率統計学Ⅱ	代数学X H	幾何学X A
情報数学	解析学特別演習Ⅰ	解析学Ⅵ	確率統計学Ⅲ	幾何学X D	幾何学X B
解析力学・量子力学Ⅰ	複素解析学特別演習	代数学Ⅲ	確率統計学X B	幾何学X E	応用数学X H
電磁気学Ⅰ	計算数理演習	幾何学Ⅲ	代数学X D	幾何学X F	数学統論X E
天文学概論	計算数理Ⅰ	現象数理Ⅰ	代数学X F	幾何学X G	数理科学統論B
地球惑星物理学概論	計算数学Ⅰ	確率統計学Ⅰ	代数学X G	幾何学X H	数理科学統論F
	確率モデルと統計手法	数学輪講	幾何学X C	解析学Ⅷ	
	確率モデルと統計手法演習	計算数学Ⅱ	複素解析学Ⅲ	解析学X A	
	経済学基礎	確率論	解析学X B	解析学X D	
		確率論演習	解析学X C	解析学X F	
		会計学基礎	解析学X E	解析学X G	
			解析学X H	応用数学X B	
			応用数学X A	応用数学X C	
			応用数学X E	応用数学X D	
			応用数学X F	数学統論X A	
			応用数学X G	数学統論X D	
			数学統論X B	数理科学統論A	
			数学統論X C	数理科学統論D	
			数学統論X F	数理科学統論E	
			数学統論X G	確率解析学	
			数学統論X H	アクチュアリー-数理2	
			数理科学統論C	時系列解析	
			数理統計学基礎	人口学	
			確率過程論	会計学基礎	
			アクチュアリー-数理1	アクチュアリー-統計セミナーⅡ	
			保険理論		
			多変量解析		
			経済学基礎		
			アクチュアリー-統計セミナーⅠ		

必修科目
 選択必修科目
 選択科目
 アクチュアリー統計プログラム

■ 数学科のカリキュラム

反物質に新たな光を当てる

早野 龍五 (物理学専攻 教授)

堀 正樹 (物理学専攻修了, マックス・プランク量子光学研究所 研究員)

陽子と電子の質量比は重要な基礎物理定数である。われわれはスイスの CERN (欧州原子核研究機構) において「反陽子ヘリウム原子」、すなわち通常のヘリウム原子の二個の電子のうち一個を陽子の反粒子である反陽子で置換した奇妙な原子の二光子レーザー分光を行い、反陽子と電子の質量の比率を、 $1836.1526736 \pm 0.0000023$ という、陽子・電子質量比の最新値に匹敵する精度で決定した。この結果は最近改定された基礎物理定数推奨値 (CODATA2010) の決定にも用いられた。

反物質は、約 70 年前にディラック (Paul Dirac) が存在を予言して以来、物理学における基本的な問題として研究が続けられてきた。とくに、物質と反物質の対称性 (たとえば両者の質量は厳密に等しいかなど) の研究は、素粒子物理学の理論の根幹に関わる重要問題であることから、スイスの CERN にある反陽子減速器 (AD) では、反物質研究が精力的に行われている。われわれは AD が完成した 2000 年以來「反陽子ヘリウム原子」のレーザー分光によって、反陽子質量の精密測定を行ってきた。

反物質は物質と出会うとたちまち対消滅するが、「反陽子ヘリウム原子」は数マイクロ秒の寿命をもつ準安定原子で、いわば「反陽子の量子トラップ」として働く。これにレーザーを照射することで、反陽子原子のエネルギー状態を精密に測定できる。その結果と、量子電磁力学の精密計算から、反陽子と電子の質量比を、高精度で決定できるのである。

われわれはこれまでも反陽子線形減速器や光周波数コムを用いたレーザー装置を開発するなどして、反陽子ヘリウム原子の分光精度を高めてきたが、すべて「単光子分光」であったため、原子の熱運動によるドップラー幅が分光精度の限界要因となっていた。

そこでわれわれは今回、反陽子ヘリウム原子の両側から二つの光子を同時にぶつけて熱運動の効果を打ち消す「二光子レーザー分光」を開発して分光精度を高めた。二光子レーザー分光法は、通常の原子中の電子を励起する方法としては確立されているが、質量の大きい反陽子に適応されたのは世界初である。

図 1 が装置概略図である。とくに、今回の実験のため、世界最高水準の精度をもった高出力レーザー装置を開発し、二光子遷移を効率よく起こすことを可能にした。

その結果図 2 に示すように、反陽子・電子質量比を陽子・電子質量比の最新値に匹敵する精度で決定し、基礎物理定数推奨値 (CODATA2010) の決定に貢献することができた。また、仮に陽子と反陽子の質量が異なっていたとした場合の相対質量差の上限値として 7×10^{-10} を得た。われわれは現在、反陽子ヘリウム原子を、これまでの絶対温度 10K から 1.5K に冷却するとともにレーザーの一層の安定化をはかり、測定を行っている。これにより、反陽子・電子質量比の決定精度が陽子・電子決定精度を凌駕できる見通しである。本研究は、M. Hori *et al.*, *Nature* 475, 484 (2011) に掲載された。

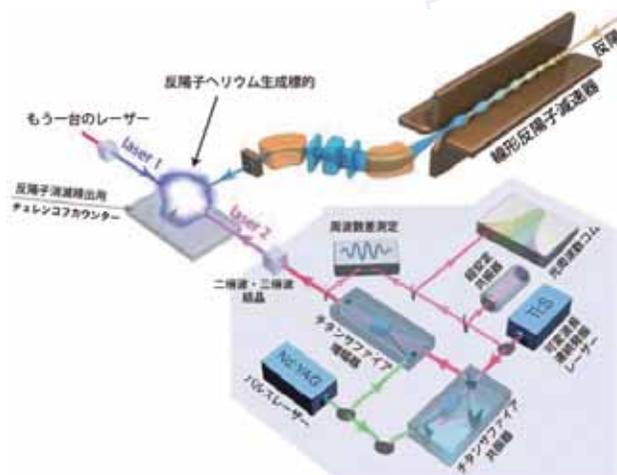


図 1: 今回の研究で用いた実験装置概要

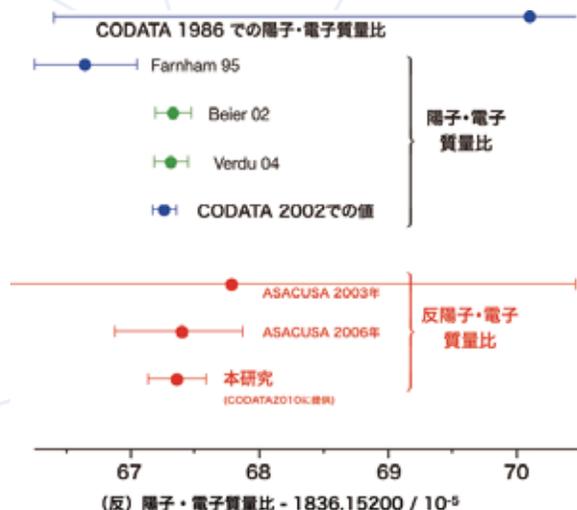


図 2: 陽子・電子質量比と、反陽子・電子質量比の比較。本研究の結果は、陽子・電子質量比の最新結果に匹敵する精度をもち、基礎物理定数の決定に貢献した。

(2011 年 7 月 28 日プレスリリース)

目に見えるようになった金属原子の触媒作用

中村 栄一 (化学専攻 教授)
松尾 豊 (化学専攻 特任教授)

人々にとって長年、分子や化学反応というものは想像上の存在であった。今回、私たちは籠状の構造をもつカーボンナノチューブを試験管代わりにして、金属の1原子の引き起こす触媒反応の映像化に初めて成功した。

化学反応の研究をするにはどれくらいの数の分子が必要だろうか。最新の微量分析の装置を使っても10万個くらいの分子がないと、研究ができなかった。また、いろいろな分子が混じった混合物を使ったのではシグナルが混じってしまうので、ゴミを取り除いてきれいに精製しないと研究できなかった。私たちは科学技術振興機構の「中村活性炭素クラスター」ERATO研究プロジェクトで、2007年に、籠状の構造をもつカーボンナノチューブを試験管代わりにして、ここに炭化水素分子を閉じ込めて有機分子1分子の構造を調べられるばかりではなく、その動きや振る舞いを電子顕微鏡でつぶさに観察する手法を世界で初めて開発し、分子の映像と共に発表した。分子を試験管に入れて、ひとつひとつその挙動と反応を研究する手法、全く新しい科学のフロンティアが出現した。その後、アミド、ペプチドや天然有機化合物の動きの撮影にも成功。今回、さらに金属の1原子の引き起こす触媒反応の映像化にも成功した。

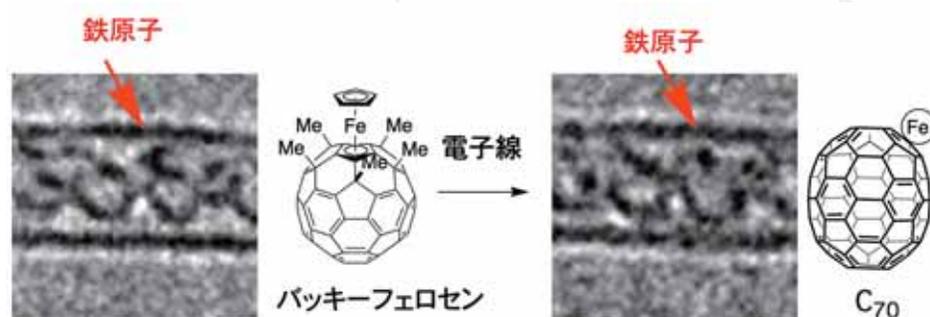
具体的に取り上げたのは、鉄の触媒反応である。金属鉄を用いた炭素-炭素結合組換え反応は、フィッシャー・トロプシュ反応やカーボンナノチューブやグラフェンなどの合成法として重要である。フィッシャー・トロプシュ反応は、第二次大戦前にドイツで開発された。石炭からガソリンを合成する反応であり、エネルギー資源確保のための古くて新しい手法として注目を集めている反応であるが、その反応の機構は全くわかってい

なかった。一番根源的な問題は、固体の鉄が触媒作用に必須なのか、1原子の鉄原子でも反応が進むのかどうか、ということであった。

私たちが研究対象としたのは、「バッキーフェロセン」とよばれる鉄原子とフラレンが結合したモデル化合物である。その結果、この分子の中にある1つの鉄原子が炭素-炭素結合を組換える触媒となって、フラレンC₆₀ (サッカーボール)とその周りの有機分子との反応により、一回りサイズの大きなC₇₀ フラレン (ラグビーボール)のような構造をもった新しい分子へと成長する様子を目で見る事ができた。つまり、フィッシャー・トロプシュ反応やナノチューブ成長反応の触媒サイクルの少なくとも一部は、ひとつの鉄原子で触媒されることがわかった。このような結論は、これまでに知られているいかなる方法を使っても導き出すことはできない。

量子論的存在である分子が、古典物理学的存在である分子模型と同じように動くことを見られるだけでも痛快である。今後、このような分子の映像は、化学、生物、工学などの研究、さらには学校教育や社会教育の場でも間違いなく大きな役割を果たすと思われる。

本研究は産業技術総合研究所の越野雅至、斎藤毅、新見佳子、末永和知らとの共同研究により行われ、E. Nakamura *et. al.*, *J. Am. Chem. Soc.* **133**, 14151 (2011) に掲載された。



■ こんな化学反応あるでしょうか。Fe[C₆₀(CH₃)₅]C₅H₅ = C₇₀ + 10 x H₂ + Fe

(2011年8月23日プレスリリース)

銀河系の中心に灯台となる変光星を発見!

松永 典之 (天文学教育研究センター木曾観測所 特任研究員)

銀河系の中心は、大質量ブラックホールやひじょうに密集した星の大集団などが混在する興味深い場所である。われわれは、そこに存在する「セファイド変光星」という星を世界で初めて見つけることに成功した。セファイド変光星は、その周期性から距離や年齢が分かるという天文学上たいへん便利な天体である。今回発見したセファイド変光星の年齢を調べた結果、約 2500 万年前に銀河系中心で「星のベビーブーム」の起きていたことが示唆される。

銀河の中でどのように星が作られてきたのかという問題は、宇宙の歴史を探る上でもたいへん重要である。とくに、銀河系の中心領域のように特殊な環境での星形成については多くの研究が行われているが、未解明の課題が数多く残っている。銀河系は、太陽を含む数千億個の星が集まった銀河であり、いて座の方向にあるその中心領域は、(とくに 1960 年代以降)さまざまな方法で観測が行われてきた。しかし、一般に星の年齢を推定することは容易ではなく、星形成の詳細な歴史は分かっていない。

そこで私たちはセファイド変光星 (以下、単にセファイド) という周期的に明るさの変わる星に着目した。セファイドは、距離を求めることのできる「宇宙の灯台」として知られており、エドウィン・ハッブル (Edwin Hubble) が宇宙の膨張を発見

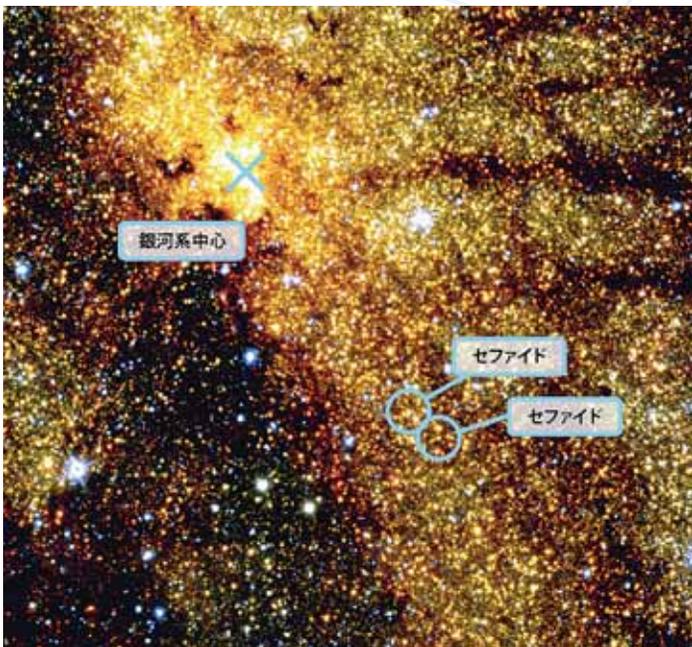
するのに利用したことでも有名である。さらに、その周期と星の年齢との間に関係があり、観測で求めた周期からそれぞれの星が何万年前に生まれたのかを推定することができる。銀河系中心の方向は大量の塵にさえぎられているため、伝統的に多く観測が行われてきた可視光線ではそこにある星を見ることができない。現在、塵の影響を受けにくい赤外線波長域での銀河系中心の観測が行われてきているが、まだまだ観測も不十分であり、この領域にあるセファイドは過去に見つかっていなかった。

そこで、私たちは南アフリカ天文台にある IRSF 望遠鏡と SIRIUS 近赤外線カメラを用いて、8 年間にわたって銀河系中心をくりかえし観測した。その結果、近赤外線画像に写った 10 万個近くの星の中から 3 個のセファイドを発見した。星の明るさから見積もった距離 (約 25,000 光年) も銀河系中心までの値と一致しており、世界で初めて銀河系中心に存在するセファイドを見つけることに成功した。

しかも、今回見つかったセファイドの周期はいずれも 20 日に近く、これは約 2500 万年前にその場所で生まれた星であることを示している。いっぽう、それより周期の短いセファイドが見つからなかったことから、3000 ~ 7000 万年前に生まれた星の少ないこともわかった。これは、数千万年ごとに星の形成が活発になる「星のベビーブーム」の起こることを示唆している。銀河系中心に対して、このように数千万年前の星形成の歴史を詳しく調べることができたのは初めてのことである。

本研究は、筆者と天文学専攻の小林尚人准教授のほか、京都大学、自然科学研究機構国立天文台、名古屋大学、イタリア・ローマ大学、および南アフリカ・ケープタウン大学の研究者とで行った共同研究である。その成果は、N. Matsunaga *et al.*, *Nature* 477, 188 (2011) に公刊された。

(2011 年 8 月 25 日プレスリリース)



赤外線で見ると数多くの星がひしめく銀河系中心の近くにセファイド変光星を発見した。この図は、銀河系中心の周囲約 5 分角四方の範囲について、われわれの取得した近赤外線画像から作成した疑似カラー合成図である。図中にある 2 つのセファイドのほか、この範囲の外でさらに 1 つのセファイドを発見した。

太陽風と宇宙線を浴びた「はやぶさ」粒子

長尾 敬介 (地殻化学実験施設 教授)

◆ ◆ ◆
 昨年6月13日に帰還した小惑星探査機「はやぶさ」が持ち帰った試料の初期分析の一環として、微小粒子3個の希ガス同位体分析を行い、これらの粒子が確かに小惑星イトカワの表面に存在していたこと、およびイトカワの寿命が太陽系の年齢に比べてはるかに短いことを明らかにした。
 ◆ ◆ ◆

はやぶさは、2003年5月9日に宇宙航空研究開発機構(JAXA)内之浦宇宙空間観測所から打ち上げられ、2005年に小惑星イトカワに着陸して表面試料を採取した。試料のほとんどが100ミクロンより小さい粒子であったが、イトカワ起源と見られる1500個を超す粒子が昨年末までに確認された。イトカワは地球への落下頻度の高い隕石である普通コンドライトと似ていることが事前の反射スペクトル観測から知られていた。サンプルリターンの成功は、特定の小惑星試料を実験室で精密分析して隕石との関連を検討することを初めて可能とした。

希ガス同位体を測定した3個のはやぶさ試料は40から60ミクロンサイズのかんらん石結晶であった。小さすぎて個々の重量を測定できないため、形状と密度から0.06、0.12 μgと推定した。このような微小試料に含まれる希ガス分析を行うため、われわれは10年ほど前から宇宙塵などの分析を通して希ガス質量分析装置と測定技術の改良を重ねてきた。

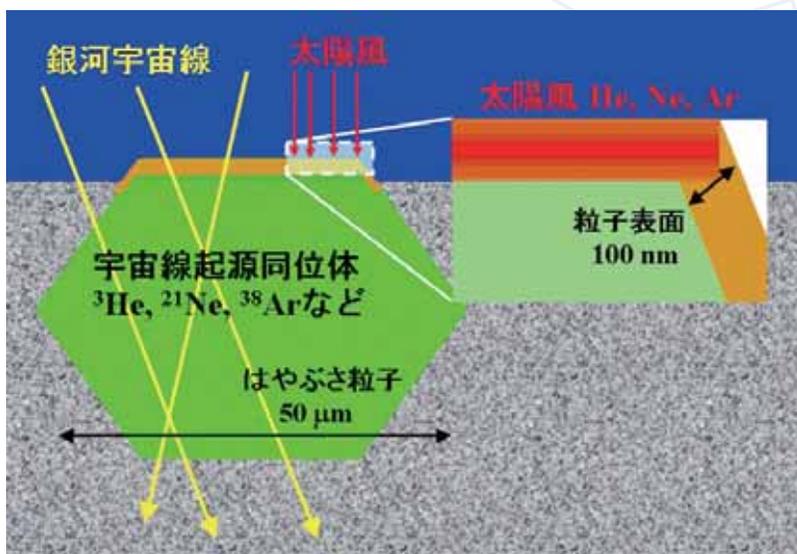
はやぶさ粒子をレーザーで段階的に加熱して各温度段階で放出された希ガスを分析したところ、測定した微粒子のすべてに、地球とはまったく異なるが、太陽とほぼ同じ元素および同位体

比をもつ、ヘリウム、ネオン、アルゴンが検出され、加熱温度による希ガス放出割合は粒子ごとに異なっていた。この結果は、これら粒子が大気をもたないイトカワ表面に存在して、砂地中を移動しながら少なくとも数100年間は太陽風に直接曝された歴史をもつことを明らかにした。この比較的エネルギーが低い太陽風は固体表面から100 nm程度のごく薄い層に打ち込まれているため、地球へ落下するときに大気圏で加熱される隕石や宇宙塵からは失われ、観測されていなかった。

太陽風よりエネルギーの高い銀河宇宙線に固体物質が照射されると、天体の表面から1 m程度の深さまでは、核反応によって特有の同位体比をもつ宇宙線照射起源希ガス(^3He , ^{21}Ne , ^{38}Ar など)が固体内に生成される。これらの濃度を測定すれば、宇宙線に照射された期間を推定できる。太陽風希ガスを含むことからイトカワ表層に存在したことが確実である微粒子は銀河宇宙線照射も受けていたにもかかわらず、宇宙線起源同位体が測定精度内では検出されなかった。この事実は、イトカワ表層物質は数100万年に満たない期間しかイトカワ表層に存在しなかったことを示している。長い照射期間をもつ月の表層

粒子や月起源隕石と異なり、最大長が約500 mの小天体であり、重力をほとんど持たないイトカワでは表層物質は容易に太陽系空間に失われる。破壊された母天体の破片が集積してできたと考えられているイトカワの形成が数100万年以前ならば、この天体の寿命は10億年以下で、太陽系の年齢(46億年)に比べるとはるかに短いと推測される。本成果はK. Nagao *et al.*, *Science* 333, 1128 (2011) に掲載された。

(2011年8月26日プレスリリース)



大気の無い小惑星表面にある粒子は、その表面のごく薄い層に希ガスを含む太陽風が打ち込まれるとともに、高エネルギー宇宙線による核反応で内部に希ガス同位体が生成する。



「プログラム意味論」

蓮尾 一郎 (情報理工学系研究科コンピュータ科学専攻 講師)

プログラムを書いたら、とりえず手頃な入力に対して結果が期待通りか確かめるだろう。これをプログラムのテストとよぶ。

しかし人命がかかっているような場合には、テストよりも気合の入った品質保証をしたくなる(試した以外の入力についてはどうなの?)。この気合を突き詰めたのが、プログラムの正しさに対する**数学的証明**である(プログラム検証とよぶ)。ともかく目標は、プログラムの正しさの証明を、あたかも幾何学の証明のように、与えることである。

プログラムを数学的議論の土俵に乗せてやるためには、プログラムの実行過程・実行結果・振る舞いを、数学的に扱える形で表現してやる必要がある。これが**プログラムの意味論(セマンティクス)**である。つまり、「このプログラムの意味

は何か?」を論じる営みだ。

本当に現実に沿うならば、プログラムの振る舞い・意味は「実行時のiMac内部の電圧変化」だ。しかしこれでは複雑すぎて手に負えないので、もっと単純な**数理モデル**を考える。プログラム意味論の分野では、書き換え系、順序集合…とさまざまなモデルが用いられる。ともかく良い数理モデルとは、単純で、一般的で、本質をついていて、よって数学的に美しく、しかもプログラム検証のために役に立つようなものである。このような、情報学的現象と数学の境目こそが、情報科学の中でも「セマンティクス屋さん」とよばれるわれわれの活躍(?)の場だ。

そもそも数学の歴史をひもとくと、物理学(自然現象の数理モデルをつくる営みだ)と、数学が手を携えて発展してき

た。これに対してプログラム意味論は、情報科学的現象とともに発展するような、新しい数学の方向性を示唆していないだろうか。前者の「数理物理学」は(少なくとも初期においては)解析学を中心に発展してきたのに対し、後者の「数理情報学」では代数学と数理論理学が大きな役割を果たす。

筆者らは最近、2つの新しい計算パラダイム—具体的には量子計算とハイブリッドシステム(デジタルデータと物理的なアナログデータが混在する)—に対して、新しい数理モデルを与えた上で検証手法に結実させた。このさい、代数学(とくに圏論)などの抽象数学のコトバの一般性が、たとえば古典計算・量子計算に共通する本質を抽出するためにフル活用されている。



「アクシオン」

蓑輪 眞 (物理学専攻 教授)

アクシオン(axion)は存在が予言されながら未発見の素粒子で、わずかに質量をもつと考えられ、暗黒物質の候補となっている。連続的対称性の破れとともに発生する南部・ゴールドストーンボソン(理学部ニュース2006年5月号「理学のキーワード第1回」参照)の一種である。素粒子の弱い相互作用では粒子と反粒子の入れ替えについての不変性(CP不変性)が保たれていないことが分かっている(小林・益川理論)。原子核をまとめている力、すなわち強い相互作用においても、それを記述する量子色力学(QCD)の基礎方程式には、理論では決まらない任意の「角度」 $\bar{\Theta}$ に比例してCP不変性を破る項が含まれている。と

ころが実験的には、強い相互作用においてはCP不変性が良い精度で保持されており、理論と実験が矛盾することから、「強い相互作用のCP問題」とよばれている。1977年にR.ペッチャイ(Roberto Peccei)とH.クイン(Helen Quinn)は、「角度」変数 $\bar{\Theta}$ を素粒子の場に関係する量とみなしてそのまわりの回転対称性を要請した上で、その対称性が破れて自然に安定点 $\bar{\Theta}=0$ に落ち着くことで強い相互作用をCP不変に保つ仕組みを提唱した(Peccei-Quinn機構)。この対称性の破れに対応して南部・ゴールドストーンボソンの存在が同時に予言されて、アクシオンとよばれている。

アクシオンは強い磁場とレーザー光

によりアクシオンと光子の結合を調べる非加速器素粒子実験によって精力的に探索が行われているが未発見である。また、身の回りに希薄な密度で充満し、宇宙の暗黒物質を形成していると思われるアクシオンを、強力な磁場中でマイクロ波に変換してとらえる実験が、アメリカおよび京都大学でそれぞれ行われている。筆者の研究室では、太陽の中で発生すると考えられるアクシオンを超伝導磁石による専用の望遠鏡(愛称Sumico)で探索する実験が行われている(理学部ニュース2004年7月号「望遠鏡ものがたり4」参照)。



「すばる望遠鏡」

本原 顕太郎 (天文学教育研究センター 准教授)

2011年現在、世界では口径8mを超える大型光学赤外線望遠鏡が13台、稼働している。ハワイ島マウナケア山(標高4200m)に設置されたすばる8.2m望遠鏡(以下すばる)もそのひとつで、1998年の初観測から今日まで、日本の光学赤外線天文学の研究を支える屋台骨である。それまで日本最大だった岡山観測所の1.9m望遠鏡に比べて、実に20倍の集光力をもつこの望遠鏡は、日本の光赤外線天文学のレベルを世界トップクラスに引き上げる原動力となった。

すばるの観測時間の15%は、マウナケア山頂にひしめく天文台群を管理するハワイ大学に提供されるが、残りの大部分(年間およそ250夜)は全国共同利用に供され、世界中からの観測提案を受け付けている。高い時は5倍を超える競争率の審査を経て採択された観測提案にもとづき、太陽系天体から星惑星形成、銀

河形成進化、宇宙論まで、幅広い分野の観測がほぼ毎晩、行われている。ただマウナケアといえども晴天率は70%不足で、天候不順によって観測できなかった場合は、次期以降に改めて観測提案を提出し直さないといけない厳しい世界でもある。

すばるは4つの焦点をもち、そこにさまざまな観測装置を設置することで、可視光から波長20 μm の中間赤外線までの幅広い波長で、多彩な観測を行うことができる。しかし何といても最大の特徴は、直径30分角(満月のサイズ)の広い視野をもつ主焦点である。ここに設置されている可視光広視野カメラのシュプリーム・カムは、天文学専攻の岡村定矩教授のグループにより開発され、初観測から12年経った現在も、その良好な結像性能と相まって、他の8mクラス望遠鏡の追従を許していない。このカメラに

より、2006年には当時としては最遠方の129億年彼方にある銀河(IOK-1)が発見されるなど、とくに初期宇宙の研究に大きな進展をもたらした。

この特長をさらに極めるため現在、視野を10倍近く広げ、直径1.5度角(満月9個分)の視野をもつ次世代の広視野カメラ、ハイパー・シュプリーム・カム(HSC)が国立天文台を中心としたチームにより開発されており、本研究科からは天文学専攻(嶋作一大准教授ら)、物理学専攻(須藤靖教授、相原博昭教授ら)、ビッグバン宇宙国際研究センターなどが参加している。このカメラで遠方銀河などの大規模サーベイ観測を行い、宇宙の加速膨張を起こしていると考えられている暗黒エネルギーを測定するプロジェクトが計画されている。



「隕石」

杉浦 直治 (地球惑星科学専攻 教授)

隕石は空から降ってくる石のことでほとんどは小惑星から来るが、中には月や火星から来るものもある。空から石が降ってくることは、聖書には書かれていないので、中世のヨーロッパでは隕石の存在は否定されていた。そのために、隕石の存在が一般に認められ、研究が行われるようになったのは1803年に大規模な隕石シャワー(大きな石が空気抵抗で破壊されてたくさんの小さな隕石として降ること)がフランスで観測されて以降のことである。隕石の研究のためには、多くの、良い隕石試料をつかう必要がある。そのために隕石の研究は大英博物館(大英帝国の華やかだった頃に、世界中から隕石を集めた)やアリゾナ大学(アリゾナの砂漠から多くの隕石を回収した)で盛んである。日本も1970年代以

降、国立極地研究所が南極で隕石を収集したので、現在ではたくさんの隕石を保有し、それを使って質の高い研究を行っている。現在ではサハラ砂漠からも貴重な隕石が回収されている。

小惑星は地球のような惑星に比べると、その名の通り小さい天体である。天体の冷え方はその表面積と体積の比によって決まるので、小惑星は地球のような惑星に比べると早く冷える。ほとんどの小惑星は今から45億年前には冷たくなって、それ以降は変化していない。そのために隕石を分析することによって、われわれの太陽系がいつどのようにして形成したのかを知ることができる。現在では放射性元素の崩壊を使った年代測定により、太陽系は45.682億年前に形成が始まり、その後300万年ほどの間に

ほとんどの小惑星が形成(集積)したことが解っている。しかしまだ解らないこともたくさんある。始原的な(熔けていない、堆積岩のような)隕石にはコンドルールとよばれる球状のケイ酸塩がぎっしりと詰まっている。これがどのようにしてできたのかは隕石研究の歴史を通じて最大の謎であるが、まだ解明されていない。地球惑星科学専攻宇宙惑星グループでは筆者と比屋根准教授が小惑星起源の隕石を使って太陽系の歴史を明らかにする研究をおこない、三河内准教授が火星起源の隕石を使って火星の歴史を解明する研究をおこなっている。関連した研究は地球惑星科学専攻システム科学グループでもおこなわれている。



「発光イメージング」

竹内 雅宣（化学専攻 助教）

自然界には、ホタル、コメツキムシ、ウミボタル、夜光虫のように、自ら光を産み出し、その生存に利用しているさまざまな生物が存在する。これらの生物が光を産み出す分子機構は、古くから、多くの化学者を魅了し、その探究心を掻き立てて来た。1950年代から始まった物質レベルでの研究により、発光生物内では、ルシフェラーゼとよばれる酵素タンパク質が、ルシフェリンと総称されるさまざまな発光物質から光を放つ化学反応を触媒することが明らかにされた。その後の構造生物学の進展は、その反応の本質が、ルシフェラーゼの酸化反応により、発光基質ルシフェリンより生成された励起状態のオキシルシフェリンが、分解により基底状態に戻る際にきわめて高い光エネルギーを放出することであることを解明した。

近年では、生物発光は、その反応機構の解明が研究対象とされるだけでなく、生物現象の可視化にも積極的に応用され、その研究の進展に大きく貢献するようになって来た。発光イメージングとよばれる、この解析手法は、ルシフェラーゼの発光反応を利用し生物現象を可視化するものであり、生物試料に対する励起光の照射を必要としない。そのため、この手法は、皮膚組織などで覆われ、励起光の透過効率が著しく低下する、動物個体深部における解析を可能とした。また、励起光照射による生物試料への損傷を抑えることができるため、長時間観察も可能となった。また、発光反応は、高いシグナル／ノイズ比と優れた定量性をもつため、ルシフェラーゼ遺伝子をレポーター遺伝子として用いた発光イメージングでは、遺伝子発現を定量的かつ経時的

に検出することが可能となった。

現在では、ルシフェラーゼの構造情報を利用したまったく新しい解析手法も加えられ、発光イメージングはさらなる発展を遂げている。化学専攻の小澤研究室では、分割型ルシフェラーゼの再構成システムが開発され、タンパク質間相互作用の新しい発光検出法が提示されている。このシステムは、分断により発光活性を失ったルシフェラーゼのタンパク質断片が、任意の相互作用に依存して再結合し、ルシフェラーゼ分子が再構成され、発光能が回復するという検出原理に基づいている。このシステムを利用した発光イメージングは、自家蛍光の強い動物個体内などにおいて、タンパク質間相互作用や生体分子を可視化定量検出できる有用な手法として期待されている。



「Hox クラスタ」

赤坂 甲治（臨海実験所 教授）

動物の体の前後軸に沿った構造のパターン形成を指令する一群の遺伝子であり、個々の遺伝子は homeobox とよばれる特有の DNA 塩基配列をもつ。多くの動物では、*Hox1* ~ *Hox13* が、染色体上に、番号順に一列に並んでいる。また、発現する（遺伝子が働く）領域も、番号順に、体の前方から後方に並んでおり、*Hox1* は体の前方領域の形成、*Hox6* は体の中央部、*Hox13* は尾部の形成というように、体の前後軸に沿って、それぞれの領域の形態に特徴を与える働きをもつ。Hox クラスタ遺伝子は、染色体上の並び順と、体の前後軸に沿う発現領域が一致するコリアリティーがある。コリアリティーは、5億年以上前の先カンブリア紀に分岐した旧口動物のハエと、新口動物のマウスの両方で示さ

れたことから、すべての多細胞動物に共通すると考えられてきた。イソギンチャクなどの単純で原始的な刺胞動物にも、遺伝子の数は少ないが、Hox クラスタが存在する。進化の過程で、DNA の複製・分配にミスが生じ、遺伝子が重複して Hox クラスタ遺伝子の数と種類が増え、複雑な形態を獲得してきたと考えられている。しかし、新口動物に属し、ハエよりはるかにヒトに近いウニやホヤは、成体の前後軸が不明であり、頭部もないため、疑問に思われてきた。とくに、ウニやヒトデが属す棘皮動物は、星形の5放射相称の体制をもち、その独特の形態を生み出す仕組みに興味を持たれている。近年のゲノム解析により、ウニでは *Hox1* ~ *3* が後方に転位していることが明らかになり、頭部の消失、脳・神経節

の消失との関連が示唆された。ホヤもクラスタ構造に大きな変化があることが示されたが、ホヤより脊椎動物から遠縁とされるナメクジウオでは、クラスタ構造が保存されており、明瞭な前後軸がある。ヘビや、寸詰まりのフグの特徴的な形態も、Hox クラスタ遺伝子の関与が示されている。Hox クラスタ構造の変化は、体の大規模な構造の進化と密接に関連する。臨海実験所の近藤真理子准教授・筆者のグループは、ウニ、ナマコや、棘皮動物の祖先的形質を継承し、神経節（脳?）をもつウミシダを対象に、棘皮動物の体軸と、特有の5放射構造の形成にかかわる Hox クラスタの働きについて研究している。

和達三樹先生のご逝去を悼んで

宮下 精二 (物理学専攻 教授), 小形 正男 (物理学専攻 教授)

和達三樹名誉教授 (物理学専攻) は、2011年9月15日にご逝去されました。享年は66歳でした。和達先生はとても気さくで、いつも周りを楽しませて下さっていました。そのお話の中には学術ということに対する深い洞察があり、最近の世知辛い世の中の趨勢を超越し、余裕をもった研究・教育活動を進めることを身をもってお示しになっていました。このところ少しお体の調子をくずされていましたが、それでも、いろいろな委員会や国際会議に出席され、先生独特のお話をされているのを拝見していましたので、今回のあまりに早すぎのご逝去には言葉を失っています。

和達先生は、数理物理学、統計力学の分野で常に世界的な指導者としての役割

を果たしてこられました。とくに、多ソリトン解の発見をはじめ、逆散乱法の構築などソリトン研究で多くの先駆的な業績を達成され、さらに、そこから発展した量子逆散乱法の展開においても、無限に多くの厳密解をもつ統計力学的模型を導く系統的な方法の開拓、可解模型と結び目問題との関係などを明らかにされました。これらの業績に対し、日本IBM賞、仁科記念賞を受賞、さらに紫綬褒章を受章されています。また、著作も数多く、とくに「非線形波動」(岩波書店、1992年)は標準的教科書になっています。また、日本物理学会会長として、アインシュタインを記念する世界物理年において、数々の企画に取り組まれたことは記憶に新しいところです。



■ 故・和達三樹先生

これから、数理物理学、統計力学はもちろんのこと、わが国の学術に関して大所高所からのご指導が期待されていた中でのご逝去は、大きな痛手ではありますが、これまでご指導いただいたことを心に刻みながら、先生のご冥福を心からお祈り申し上げます。

岸保勘三郎先生のご逝去を悼む

佐藤 薫 (地球惑星科学専攻 教授)

本学名誉教授、岸保勘三郎 (がんぼ・かんざぶろう) 先生 (地球惑星科学専攻) は病氣療養中のところ2011年9月19日にご逝去されました。享年87歳でした。先生は1952年、本学の助手時代、米国プリンストン高等研究所に招かれ、世界の気象学リーダーだったジュール・チャーニー (J. G. Charney) と電子計算機の生みの親フォン・ノイマン (J. von Neumann) との「数値天気予報」の共同プロジェクトに参加されました。これは、それまでの経験則に基づく天気予報を、流体や熱力学の方程式を電子計算機によって時間積分し予測する客観的な科学へと変貌させる画期的な研究でした。先生は帰国後まもなく気象庁に異動し、

日本の数値予報の育成に尽力されて、世界的にも早い時期にその実用化を達成されました。1970年本学に理学部教授として戻られてからは日本の気象学界全体のリーダーを務め、気象学はもとより気象衛星「ひまわり」の打ち上げなど気象事業の発展にも大きな貢献をされました。

岸保先生は、講義において必ずその日の天気図の解説から始められました。現代気象学の発展をリアルタイムで歩んでこられた先生の講義は、穏やかなお話しぶりとは裏腹にとっても刺激的であり、夢中でノートをとったものです。先生の薫陶を受けた最後の学生の一人として最終講義で花束の贈呈をさせていただいたことを懐かしく思い出します。



■ 故・岸保勘三郎先生

「日本の数値天気予報の父」とよぶにふさわしい学者気質の先生のお姿を偲びつつ、ご冥福を心よりお祈りいたします。

小石川植物園の「ニュートンのリンゴ」の苗木が名古屋大学へ

広報誌編集委員会

このたび縁あって、本研究科の小石川植物園にある「ニュートンのリンゴの木」の苗木が一株、名古屋大学理学研究科からのご依頼により同研究科へ寄贈され、2011年10月25日に同大学で記念植樹が行なわれた（写真）。この植樹は、2008年にノーベル物理学賞を受賞された益川敏英先生と小林誠先生が、名古屋大学で博士号を取得されたこと、また同大学に昨年4月より素粒子宇宙起源研究機構が設立され、益川先生がその初代機構長として就任されたことを記念して行

なわれたものである。

栄えあるノーベル物理学賞の記念植樹として、物理学の開祖であるニュートンゆかりのリンゴがふさわしいことは言うまでもないが、小石川で接ぎ木された苗木が名古屋大学に贈られたのには、もうひとつ理由がある。1964年、ケンブリッジ大学のサザーランド卿から、万有引力発見300年の記念行事としてニュートンのリンゴの苗木が贈られたさい、日本側で労をとられたのが当時の学長だった柴田雄次先生で、先生は1942年、東大理学部教授（化学）から、創設された名古屋大学理学部の初代学部長になられた方だったのである。苗木が名古屋の地にしっかり根を下ろし、名古屋大学理学研究科と東京大学理学系研究科の一層の



益川敏英先生（左）と小林誠先生（右）による、名古屋大学での記念植樹。当日は雨模様のため、テントで囲って執り行われた。

友好の絆となることを願いたい。

この苗木の来歴については、附属植物園長（当時）の邑田仁教授が、理学部ニュース2010年3月号「発掘 理学の宝物」に詳しく書かれているので、ぜひ参照されたい。

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
2011年9月15日付学位授与者（6名）			
課程	物理	中嶋 大輔	核子あたり2GeVにおける ${}^6\text{Li}+{}^{12}\text{C}$ 重イオン衝突反応を用いたハイパー核生成（※）
課程	物理	岡崎 奈緒	HERAにおける偏極陽電子・陽子荷電流深非弾性散乱の断面積測定（※）
課程	物理	永村 直佳	シリコン結晶表面上に形成される低次元金属系の電子輸送特性の解明（※）
課程	化学	金 兌勲	マントル内のリチウムの循環と同位体不均質の解明のためのオフィオライト、マントル捕獲岩、海洋島玄武岩のリチウム同位体比の研究（※）
課程	生化	加々美綾乃	コヒーシンのアセチル化が減数第一分裂における姉妹動原体の一方方向性結合を制御する
課程	生科	白土 玄	中心子構築の足場として働く新規クラミドモナス蛋白質の研究（※）
2011年9月27日付学位授与者（5名）			
課程	物理	EGGEL Thomas Emil	強い相関を持つ超流体における幾何学的閉じ込めの効果（※）
課程	物理	SINGH Vijay Raj	酸化物磁性体とハーフメタル合金のX線磁気円二色性による研究（※）
課程	化学	CHIU Liang-da	酵母の「生命のラマン分光指標」の起源の解明（※）
課程	化学	LACHER Sebastian	自己集合単分子膜および導電性ポリマーによる有機エレクトロニクスデバイスの界面最適化に関する研究（※）
課程	化学	ZHANG Ying	カチオン性中間体を経る位置選択的なフラーレンの官能基化に関する研究（※）

人事異動報告

異動年月日	所属	職名	氏名	異動事項	備考
2011.9.15	地惑	教授	TANIMOTO TOSHIRO	辞職	
2011.9.30	生化	教授	山本 正幸	辞職	
2011.10.1	化学	教授	佃 達哉	採用	国立大学法人北海道大学触媒化学研究センター・教授から
2011.10.1	物理	教授	高木 英典	配置換	大学院新領域創成科学研究科・教授から
2011.10.1	物理	助教	角田 直文	採用	
2011.10.1	生科	特任助教	山口 貴大	採用	
2011.10.9	総務	総務チーム主任	新井 寛	配置換	経理課経理チーム（管理業務担当）から

東京大学理学部オープンキャンパス 2011 12月23日に開催

広報委員会

例年、8月初旬に開催をしております理学部オープンキャンパスは、夏季の電力供給状況を勘案して、今年は12月23日（金・祝）に開催することとなりました。

当日は世界のトップで理学の研究に取り組む教員や、理学部で活躍する先輩たちが高校生の方々に最先端の研究内容を紹介します。また、展示、研究室見学などの企画も多数ご用意しております。多くの方々に理学部の活動と魅力をお伝えできればと思っております。今年も多くの方々のご来場をお待ちしております。

【日時】2011年12月23日（金・祝） 10:00～16:30

【場所】東京大学本郷キャンパス 理学部1号館（理学部受付）

【参加】事前申込なしでどなたでも参加できますので当日は理学部1号館の受付までお越しください。ただし、東大本部で事前登録をした方は東大本部の受付にお越しください。詳細につきましては下記URLをご覧ください。

<http://www.s.u-tokyo.ac.jp/ja/event/open-campus/2011/>

【主催】東京大学大学院理学系研究科・理学部



あとがき

私の部屋の時計は3月以来、2時46分で止まっています。東北沖の地震発生時刻です。まるで地震で止まったようですが、実はしばらく前から電池が消耗して数時間遅れるようになったまま放置しておいたのが、地震後の週末明けに研究室に来たら、ちょうどその時刻で止まっていたのです。（波動伝播にかかる時間を考えると東京の大きな揺れは地震発

生の2時46分よりだいぶあとですし、つまりまったくの偶然なのですが、何となく因縁のようなものを感じて、以来手を触れていません。

こちらもたまたまなのですが地震のあと、理学部ニュースの編集にも関わるようになりました。新聞やテレビで地震についての報道が多く、個人的にも取材されることが増えたこの時期に広報の仕事

に関わることに因縁を感じます。一般に地震研究は社会との距離が近いのですが、私個人は意識が高かったとはいえませんが、でもしばらくは止まった時計と広報の仕事が社会との関わりを意識させてくれそうです。

井出 哲（地球惑星科学専攻 准教授）

第43巻4号

発行日：2011年11月20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：

井出 哲（地球惑星科学専攻）ide@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

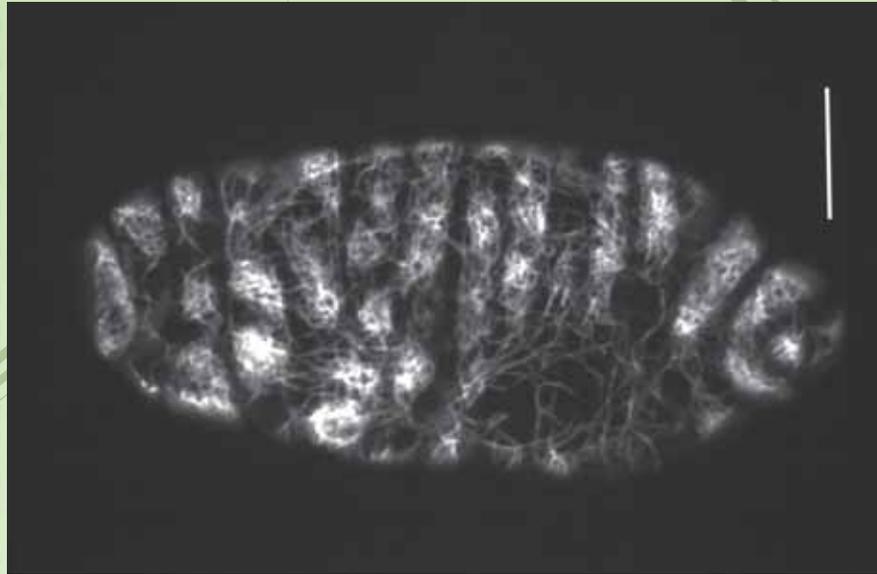
清水 正一（総務チーム）shimizu.masakazu@mail.u-tokyo.ac.jp

HP & ページデザイン：宇根 真（情報システムチーム）

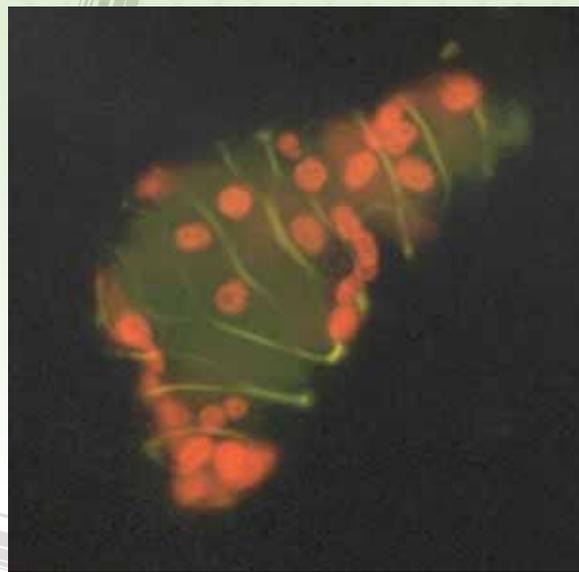
小野寺正明（広報室）onodera.masaaki@mail.u-tokyo.ac.jp

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

印刷：三鈴印刷株式会社



ひとつの道管細胞の二次細胞壁形成時におけるアクチンネットワーク。
バーは $10\mu\text{m}$ 。



分化中の道管細胞。新たに形成され始めた細い
二次細胞壁とオレンジ色に光る葉緑体が見える。