

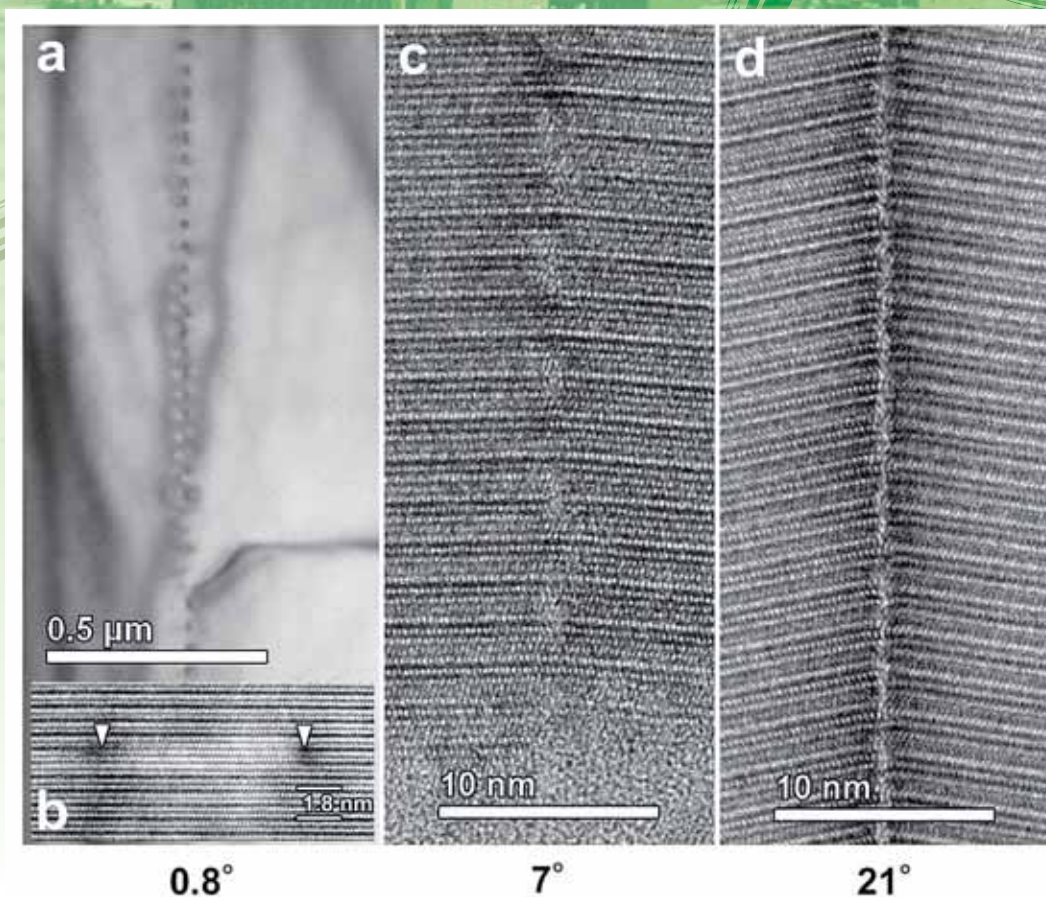


東京大学

理学系研究科・理学部ニュース

2012年1月号 43巻5号

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



斜方輝石中に見られる小角粒界の高分解能透過電子顕微鏡像

～理学の匠「鉱物中の小角粒界に見られる原子構造」より～

本号の記事から

トピックス

世界に羽ばたく理学博士

研究ニュース

理学のキーワード

オープンキャンパス 2011 報告：初の冬季開催を終えて ほか

南ドイツ・バイエルンから

常夏の島での研究生活

氷の相転移に見られるメモリーと惑星形成 ほか

「偏微分方程式の初期値問題」「テクスチャ合成」「超対称性」

「r-過程」「ガスハイドレート」「向背軸の極性」

トピックス

オープンキャンパス 2011 報告：初の冬季開催を終えて	山野井慶徳 (化学専攻 准教授) ……………	3
生物科学専攻 黒岩常祥名誉教授が文化功労者に	中野 明彦 (生物科学専攻 教授) ……………	4
国立天文台 家正則教授が紫綬褒章を受章	林 正彦 (天文学専攻 教授) ……………	4
生命科学系 GCOE の第 5 回理学系リトリート開催	柳澤 春明 (生物科学専攻 特任助教) ……………	5
第 26 回技術シンポジウムを開催	小牧 義輝 (植物園 技術専門職員) ……………	5
理工医農 4 研究科横断講義「放射線を知る」開講	大塚 孝治 (物理学専攻 教授) ……………	6
化学教室発祥 150 周年記念式典を開催	小澤 岳昌 (化学専攻 教授) ……………	6
1 年生ガイダンス「イチローはなぜセンター？」	横山 広美 (広報・科学コミュニケーション 准教授) ……………	7
イメージコンテスト 2011 受賞作品	横山 広美 (広報・科学コミュニケーション 准教授) ……………	7

世界に羽ばたく理学博士 第 1 回

南ドイツ・バイエルンから	磯野江利香 (ミュンヘン工科大学 グループリーダー) ……………	8
常夏の島での研究生活	尾形 友道 (ハワイ大学国際太平洋研究センター ポスドク研究員) ……………	9

理学の匠 第 11 回

鉱物中の小角粒界に見られる原子構造	小暮 敏博 (地球惑星科学専攻 准教授) ……………	10
-------------------	----------------------------	----

研究ニュース

氷の相転移に見られるメモリーと惑星形成	鍵 裕之 (地殻化学実験施設 教授)	
	荒川 雅 (化学専攻修了) ……………	11
ミュオン粒子から素粒子の大統一理論を探る	森 俊則 (素粒子物理国際研究センター 教授) ……………	12
1944 年東南海地震による海底擾乱の発見	木村 学 (地球惑星科学専攻 教授) ……………	13
新しい二次元トポロジカル絶縁体の作成に成功	平原 徹 (物理学専攻 助教)	
	長谷川修司 (物理学専攻 教授) ……………	14

連載：理学のキーワード 第 35 回

「偏微分方程式の初期値問題」	下村 明洋 (数理科学研究科 准教授) ……………	15
「テクスチャ合成」	五十嵐健夫 (情報理工学系研究科 教授) ……………	15
「超対称性」	濱口 幸一 (物理学専攻 准教授) ……………	16
「r-過程」	櫻井 博儀 (物理学専攻 教授) ……………	16
「ガスハイドレート」	松本 良 (地球惑星科学専攻 教授) ……………	17
「向背軸の極性」	鳥羽 大陽 (生物科学専攻 特任助教) ……………	17

お知らせ

伊藤清三先生のご逝去を悼む	楠岡 成雄 (数理科学研究科 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
理工医農 4 研究科合同 公開講座「放射線を知る」	……………	19

- 表紙 斜方輝石中に見られる小角粒界の高分解能透過電子顕微鏡像。下の数字は b 軸を回転軸とする小角粒界での結晶方位のずれの角度を示す。また (b) は (a) に見られる規則的に並んだ波状転位のひとつを高分解能観察したもので、矢印の部分が 2 つに分かれた部分転位の転位芯となっている。

オープンキャンパス 2011 報告：初の冬季開催を終えて

オープンキャンパス2011理学部実行委員長 山野井 慶徳（化学専攻 准教授）

本郷キャンパスにおけるオープンキャンパス 2011 が 12 月 23 日（祝）に開催された。当初は 8 月 3 日に開催の予定であったが、3 月 11 日に起きた東日本大震災とそれに伴う夏季の電力事情などのため延期となり、本年度は例外的に冬季開催となった。オープンキャンパス風物詩のカラー T シャツの着用は季節柄無理であり、青色ストラップ（図 1）を関係者に配布し当日着用していただいた。今年度のキャッチフレーズは「マイクロ∞マクロ」。これに関連するキャラクターを天文学教育センターの高橋英則特任研究員に作成いただき、それぞれの企画を行った。

昨年のうだるような暑さとは打って変わり、当日の朝は低い気温と冷たい風でひじょうに寒かった。例年は 9 時過ぎには理学部 1 号館受付前に高校生姿が見え始めるが、今年では出足が悪く来場者の足が遠のいたのではないかと懸念した。10 時過ぎより来場者数が急激に増え、最終的には 2900 人来場した。高校 3 年生は受験直前ということもあり、来場者は高校 1～2 年生が主体であった。また 3 連休の初日であったため、保護者や一般の方も多く参加しており、理学部への関心の高さを再認識した。来場者は受付で配布したパンフレットや広報誌を見ながら思い思いの会場へと足を運んでいた（図 2）。



図 1：本オープンキャンパスのキャラクター

今年度のオープンキャンパスは、準備期間の関係で基本的には昨年度の形式を踏襲したが、内容には工夫を凝らした。各学科の研究室見学ツアー、相談・質問コーナーに加え、「はやぶさ」、「東日本大震災」など今年話題になった内容に関する講演会もあり、理学部で行われている研究が身近なものに感じたのではないだろうか。とくに印象に残ったものは、小柴ホール講演会（図 3）であった。学生による講演会は午前・午後とも満席であった。実際に研究が行われている現場を知り、大学院生から具体的な話を聴く良い機会となったのではないだろうか。2 人の教員による「学部・学科はどう選ぶ？理学部にしかできないこと」も好評であり、急きょホワイエのスクリーンにも映写して対応した。先生方がなぜ理学部に進学したのか体験を交えてお話いただき、終了後も質問をする高校生の姿も見られた。進路選択を考える上で大いに参考になったと思われる。また同時に開催された女子高生を対象とした相談コーナーも終始賑わっており、熱心な質疑応答がなされていた。

以上のように今年度は特殊な状況での開催にもかかわらず、各会場は多くの来場者で活気にあふれていた。成功裏に終了できたのは準備・運営に携わったメンバーの協力の賜物である。横山広美准教授・川口麻実子さん・山本摩利子さんをはじめとした広報室のメンバー、大西事務部長を中心とした事務の方々、オープンキャンパス実行委員、公開に協力いただいた研究室、学生アルバイトの皆さんにお礼申し上げたい。



図 2：理学部 1 号館受付付近の様子



図 3：学生による小柴ホール講演会の様子

生物学専攻 黒岩常祥名誉教授が文化功労者に

■ ■ ■ 中野 明彦 (生物学専攻 教授)

本研究科名誉教授(生物学専攻)の黒岩常祥先生(立教大学理学研究科特任教授)が、2011年度の文化功労者に選ばれました。

黒岩先生は、本研究科博士課程を1971年に修了され、1987年から2002年まで生物学専攻の教授として、植物細胞生物学の教育、研究に努められました。定年退職後、立教大学に移られ、今なお第一線の活躍を続けられています。数多い業績の中でもとくに重要なものは、細胞小器官ミトコンドリアと葉緑体の分裂増殖および遺伝の仕組みの解明です。黒岩先生は、約20億年前に宿主細胞に共生したバクテリアの子孫であるこれら

の細胞小器官について、分裂装置を発見し、謎に包まれていたその分裂増殖の分子機構を解明しました。また、これらの細胞小器官の遺伝子は、ほとんどの生物で母方からのみ子孫に伝わる母性遺伝をすることが知られていますが、黒岩先生は、これが雄由来のDNAの選択的分解によることを発見しました。これらの研究を発展させるため、理想的なモデル真核生物として原始紅藻シズンを探し出し、その全ゲノムを100%完全解読しました。

これらの業績によって、2008年に紫綬褒章と米国植物科学会のチャールズ・リード・バーンズ賞、2010年にみどりの学術賞と日本学士院賞を受賞され、また日本学士院会員に選定されました。このたびさらに文化功労者という榮譽が加わったことは、本専攻、本研究科の大きな誇りです。今後ますますのご健勝を念じてやみません。



■ 黒岩常祥名誉教授

国立天文台 家正則教授が紫綬褒章を受章

■ ■ ■ 林 正彦 (天文学専攻 教授)

国立天文台の家正則教授(本研究科天文学専攻兼任)が、紫綬褒章を受章されました。長年にわたって天文学に関する研究に努められ、優れた業績を挙げられて、学術の進歩に寄与されたことによる受章です。誠にありがとうございます。

家先生の業績は多岐にわたりますが、そのうち「最遠方銀河の発見と宇宙再電離に関する研究」および「レーザーガイド星補償光学装置の開発」については、東レ科学技術賞を受賞されたおりにご紹介しました(理学部ニュース2011年7月号参照)。ここでは、家先生のすばる望遠鏡建設に関する業績をご紹介したいと思います。

1960年に完成した東京大学東京天文台188cm望遠鏡の後継機として、1980年代前半、直径8mクラスの望遠鏡を建設する可能性が検討されました。ところが、このような大きな望遠鏡の鏡を従来のように分厚いガラスで作ることは不可能でした。家先生は渦巻銀河の円盤の振動を論じたご自分の学位研究の手法が、丸い鏡の変形制御にも応用できることから、主鏡をコンピュータ制御する大型望遠鏡の可能性が検討されました。能動光学とよばれるこの方式は、1980年代後半に試作された小型の試験鏡で、鏡の形状を理論どおり制御できることが実証され、すばる望遠鏡に採用されることになりました。その結果、すばる望遠鏡はもともと優れた光学性能をもつ大型望遠鏡として、世界の天文学者からきわめて高い評価を得ています。



■ 家正則教授

生命科学系 GCOE の第 5 回 理学系リトリート開催

柳澤 春明 (生物科学専攻 特任助教)

第 5 回理学系リトリートが 2011 年 11 月 5～6 日に神奈川県大磯にて開催された。生命科学系 GCOE「生体シグナルを基盤とする統合生命学」は、理学系研究科、分子細胞生物学研究所、医学系研究科の 3 つの部局の連携によって、高度な教育研究体制を築くことを目指している。本 GCOE 拠点では、毎年春に 3 部局全体、秋に理学系のリトリートを開催してきた。秋のリトリートは、理学系研究科に属する生物科学専攻、生物化学専攻の交流を目的としている。GCOE 最終年度にあたる今年は、両



■ 大磯にて

専攻から約 150 名が参加した。

今回は、互いの研究を知って今後の研究交流に役立ててもらうため、博士課程の参加者全員に発表の場を設けた。両専攻から計 76 題もの発表が行われ、活発な討論が交わされた。また、毎年恒例となった「学生交流会」を引き続き行った。分野・学年を超えた人的交流の場がもたれ、盛況のうちに終了した。

過去 5 回のリトリートによって、かつて両専攻の間にあった距離感がとても小さくなってきたことを実感できた。

今後、本会で得られた人脈を基に両専攻が連携を強化して、より良い研究成果が生まれることを期待したい。GCOE 終了に伴い、本形式でのリトリートは今回で最後となるが、これからも何らかの形で両専攻の定期的な交流が続いていくことを強く望む。

最後に開催、運営に御協力いただいた方々に、ここで御礼申し上げます。

第 26 回技術シンポジウムを 開催

実行委員長 小牧 義輝
(生命科学系 植物園 技術専門職員)

第 26 回理学系研究科・理学部技術シンポジウムが、2011 年 11 月 8 日に開催された。このシンポジウムは技術の向上、およびさまざまな分野にわたる技術支援活動の公開と進展を目的として、日頃の技術支援活動の成果報告と、技術部職員が一同に会し意見交換ができる貴重な場である。今回は附属植物園での見学会を取り入れ、通常の発表や特別講演は全林野協会のプラザ・フォレストで行われた。参加者は、西原寛技術部長(化学専攻教授)をはじめ、技術部職員、理学部教員、理学部事務職員、農学部、素

粒子物理国際研究センター、宇都宮大学、東京工業大学、一般参加者の 52 名を数えた。

西原技術部長の挨拶に始まり、附属植物園園長の寺島一郎教授から「植物園の概要」について説明していただいた。その後、植物園技術職員の案内により施設見学が行われた。

午後、技術部職員 6 組(杉井那津子ほか、幸塚久典ほか、清水淳子ほか、佐伯喜美子、越田進太郎、八幡和志)による口頭発表があり、活発な質疑応答が行われた。休憩をはさみ、附属植物園の邑田仁教授による「植物園とフィールド調査」の特別講演が行われ、一同興味深く聞き



■ 附属植物園本館にて

入った。

17:00 のシンポジウム終了後、情報交換会が行われ、西原技術部長、寺島園長、邑田教授、ならびに農学部、東京工業大学からの参加者と有意義な交流の場となった。

最後に、寺島園長をはじめ、多くの関係者の方々にご協力をいただいたことを、この場を借りて御礼申し上げます。

理工医農4研究科横断講義 「放射線を知る」開講

大塚 孝治 (物理学専攻 教授)

東日本大地震による原発事故からの放射線汚染の問題は福島県地方を越えて拡がり、市民の心配は高まる一方です。原発が冷温停止状態になっても、こちらには中々出口が見えてきません。事態を冷静に見据えて、社会にも個人にもできるだけ望ましい形での収束をはかるには、放射線というものを正確に知ることが出発点のはずです。しかるに、昨今は多くの議論や発言が感覚的になり、「放射線ゼロを目指す」という科学的にはあり得ない標語が商業宣伝に使われるところまで来てしまいました。この講義シリーズでは、特別な基礎知識がなくても、放射線に関する「確かな知識を共有する」ことを目指します。放射線は自然科学の

多くの分野で、研究の対象、手段になっており、多くのことが分かっています。この講義シリーズは、個々の分野での専門を深める講義とは別に、放射線というキーワードで多くの分野を横断的に見ていき、放射線に関して基礎から応用や影響まで全体的な知が得られるように、理、工、医、農の4研究科の合同で開講されました。個々のテーマなどの詳細は、右のポスターのプログラム、または、<http://www.s.u-tokyo.ac.jp/ja/event/radiation/> をご覧ください。

2011年-2012年
東京大学 理工医農
4研究科横断講義 11:00-13:00 13:30-15:30

放射線に関する基礎知識を専門知識なしに系統的に学べる講義を行います。大学院生が対象ですが、学部学生、教職員も聴講可能です。詳しくはホームページをご覧ください。

放射線を知る

11/11 放射線と電子、電流 工学部物理学専攻 大塚孝治
放射線とは何か 理学部物理学専攻 下塚 肇

11/18 放射線と健康 工学部物理学専攻 高橋 浩之
原発と環境はどう違うのか 工学部物理学専攻 岡本 孝典

12/8 放射線と病気の発生 医学部放射線医学専攻 高田 謙
人間の病気を治す放射線 医学部放射線医学専攻 中野 謙一

12/15 地球には何故放射線があるのか 自然環境学専攻 藤原 肇
放射性物質の環境での移行 工学部物理学専攻 藤原 肇

1/13 食料と放射線 工学部物理学専攻 藤原 肇
内部被ばくとその健康評価 医学部放射線医学専攻 明石 真直

1/20 食品と放射線 工学部物理学専攻 中西 孝子
放射線防護の考え方 工学部物理学専攻 小松 吉雄

1/27 放射線と産業 工学部物理学専攻 藤村 康介
放射線の社会学 工学部物理学専攻 山口 武雄

確かな知識を共有する

東京大学大学院理学系研究科 放射線学 内線番号: 24222 E-mail: kymura@rs.u-tokyo.ac.jp
<http://www.s.u-tokyo.ac.jp/ja/event/radiation/>

「放射線を知る」ポスター。2011年11月11日から2012年1月27日まで7回の開講となる。

化学教室発祥150周年記念式典を開催

化学教室発祥150周年実行委員長
小澤 岳昌 (化学専攻 教授)

2011年11月27日(日)、東京ガーデンパレスにおいて東京大学理学部化学教室発祥150周年記念式典が開催された。

東京大学理学部化学科「化学教室」は文久元年(1861年)に開設された「蕃書調所精鍊方」を起源とし、本年が発祥150周年にあたる。式典には化学教室にゆかりのある310名の参加者が列席し、式典、講演会、演奏会、祝賀会が開催された。式典では、小林修化学専攻長の式辞にはじまり、松本洋一郎副学長、岩澤康裕日本化学会会長、藤吉建二日本化学工業協会会長、池浦富久三菱化学常務執行役員から祝辞が述べられた。その

後、「東京大学理学部化学教室150年の歩み」を記したビデオが上映され、続く講演会では、以下の三つの講演が行われた。

「感謝と期待をこめて」

長倉三郎 (前日本学士院院長)

「目指せ化学の新天地」

中村栄一 (化学専攻)

「化学と時間・空間」

濱口宏夫 (化学専攻)

講演会後、ソプラノ歌手川越塔子氏、ピアノ奏者細川智美氏による演奏会が開催された。参加者は、化学の最先端研究を学び化学の未来を展望するとともに、芸術鑑賞を十分に堪能した。祝賀会では、山形俊男研究科長からの祝辞が述べられ、藤原鎮男本学名誉教授の乾杯の発声の後、自由な雰囲気の中で歓談が行われた。旧交を温める語り合いが会場に満ち、式典および祝賀会は盛会のうちに閉会となった。

なお、本式典は世界化学年行事にも登録されている。



中村栄一教授による講演(上)と藤原鎮男名誉教授による乾杯の発声

1年生ガイダンス「イチローはなぜセンター？」

横山 広美

(広報・科学コミュニケーション 准教授)

なぜ理学を選んだのか聞くことは、野球のイチロー選手になぜセンターなのか、サッカーの川口選手になぜゴールキーパーなのかを聞いているようなもの。こう切り出したのは講演者の一人、生物化学専攻の吉種光助教だった。イチロー選手は野球が好き、川口選手はサッカーが好き。同様に吉種助教は脳科学に興味があり、薬学部など他学部と比較して理学部に決めたという。

理学にしかない分野もあれば、他学部と密接に関連がある分野もある。その間でどのように学部・学科を選んでいくの

か。3年前から始めた1年生向けガイダンスでは、年代の異なる数名の若手に、それぞれの経験を本音で語っていただいており、教員にとっては耳が痛いこともあるが、全体としてとても評判がよい。今年は吉種助教のほか、白川慶介さん(地球惑星物理専攻博士課程2年)、川越美規さん(化学専攻修士課程2年)、高橋学さん(物理学科4年)にご講演をいただいた。それぞれに素晴らしい講演であった。

教務委員長の物理学専攻、長谷川教授からは、理学部卒業生の就職が(想像に反して?)たいへんよいことも報告された。理学部ウェブサイトには、理学部卒業生の就職情報をまとめたサイトも用意された。

今年は例年の250名ほどの参加者が大きく上回る350名ほどの学生が参加



2011年理学部ガイダンスポスター

した。それぞれに納得できるよい選択をしていただきたい。講演内容は今後、理学部のウェブサイトに掲載される予定である。

イメージコンテスト2011 受賞作品

横山 広美

(広報・科学コミュニケーション 准教授)

今回も2010年度に続き、オープンキャンパスに合わせて、理学部イメージコンテストが開催された。研究材料や研究風景から美しさを競う「研究データ部門」と、研究生生活のふとした面白さに着目する「研究生生活部門」に分けて応募が行われ、集まった作品の中から、当日のお客さんによる投票で下記の3件の受賞が決まった。どれも納得の作品である。受賞作品はウェブ上の「理学部イメージバンク」に登録予定である。

1位 (21票) 研究データ部門

笠原慧 (宇宙科学研究所助教
地球惑星科学専攻兼任)

「極光降り注ぐ最果ての地」

応募者コメント：観測ロケット打上げのために訪れた、スヴァールバル諸島のニーオレスンで撮影しました。ロケットはオーロラに向かって打ち上げられ、

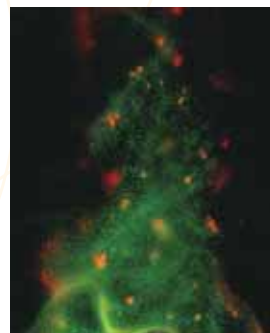
オーロラが舞う、その場所での電磁場やプラズマ流のデータを取得します。

2位 (16票) 研究データ部門

平野博之 (生物科学専攻 教授)

「理学のこころ ― 疑問をもつこと」

応募者コメント：イネの突然変異体の異常な雄しべの走査電子顕微鏡写真とその基部部分の横断切片を組み合わせてつくったクエスチョンマーク。なぜ、このような異常な形態の雄しべが形成されるのか?その素朴な疑問から、「極性の制御と転換」が雄しべの発生・形



理学のこころ ― 疑問をもつこと

メリークリスマスセル

極光降り注ぐ最果ての地



南ドイツ・バイエルンから

磯野 江利香 (ミュンヘン工科大学 グループリーダー)

学位を取得後、ドイツ南西にあるチュービンゲン大学にポスドクとしてやって来てからはや5年半の年月が過ぎた。南ドイツ特有の強い方言にもようやく少し慣れた。ポスドク期間を経て現在はミュンヘン工科大学にて、研究グループをもち実験を行っている。私のグループでは、モデル植物のシロイヌナズナを実験材料とし、翻訳後修飾のひとつであるユビキチン修飾とその機能に着目して研究を進めている。最近、脱ユビキチン化に関わる酵素 AMSH が植物の生育に必須であり、液胞の形成や細胞内輸送に関わっていることを示した。ひじょうに小さなタンパク質であるユビキチンがほかのタンパク質に結合・解離することで多様な経路の運命を決定する過程はとても複雑で奥が深いですが、その制御の一端を明らかにすることを目指している。

大学院時代は理学部二号館の地下にあった遺伝学研究室で東江昭夫先生（東京大学名誉教授）のご指導のもと、出芽酵母におけるユビキチン・プロテアソーム分解系の生化学的、遺伝学的解析を行った。東江先生は本当に自由に実験をさせてくださった。そして細胞周期の研究がしたくて遺伝学研究室に入った

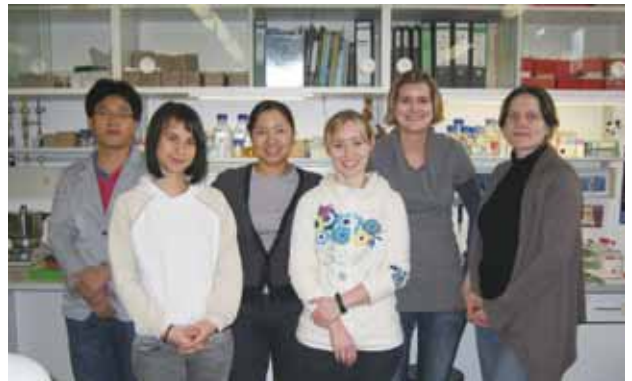


休みにはドイツ近隣に気軽に旅行に行ける。ザルツブルグにて友人と筆者（左）。

のに違うテーマを与えられて、かなりの間やや行き先を見失い迷っていた私を、実に寛大に、実に辛抱強く見守ってくださった。転職となったのは修士1年生の終わり頃、鍵となる実験が成功したことだった。暗室の中で

X線フィルムを現像しながら予想した位置にバンドが見えた瞬間の興奮を今でも覚えている。こうして研究の楽しさに気づき、大学院時代を通じて多くの実験手法、論文の書き方、また国内外の学会発表でいかに自分の研究内容をほかの人に伝えるかということ学んだ。時には夜中になっても実験を続け、話し明かし、毎日大学に来るのが楽しみで仕方のない素晴らしい時間だった。二号館ではまたひじょうに優秀な先輩方や仲間達にも恵まれた。彼らは今でも私の届きそうでまだまだ届かない目標である。同期生の所属するほかの研究室にもよく遊びに行った。そうしたいろいろな機会を通じてさまざまな人と知り合えたことも貴重な財産となっている。

私が留学を決めたのは、博士号取得をひとつの区切りとして、育った環境から離れ、研究材料を変えて、新しいことに挑戦してみたかったからだ。研究テーマだけは面白さに目覚めたユビキチン修飾に関連したものを続けたいと研究室を探し、ドイツに来ることを決めた。ポスドクとして来独して4年経つ頃、今度はグループリーダーとして独立して研究を進めていくチャンスに恵まれた。研究の自由度は高くなったが、ドイツでは博士過程の大学院生は給与をもらうため、研究費がないと大学院生を雇うこと



研究室にて研究室のメンバーと（左から三人目が筆者）

PROFILE

磯野 江利香 (いそのえりか)

2001年 東京大学理学部生物学科卒業

2006年 東京大学大学院理学系研究科
生物科学専攻博士課程修了
博士（理学）

2006年 チュービンゲン大学
植物分子生物学センター
研究員

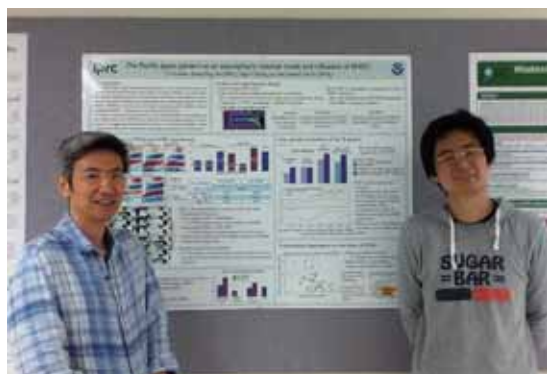
2008年 ミュンヘン工科大学 研究員

2010年 ミュンヘン工科大学
グループリーダー

ができない。そのため、自分の実験に集中できたポスドク時代と違い、研究費の申請書きをはじめ書類仕事に割く時間が大幅が増えて戸惑った。異国の地で、言葉や文化の壁にぶつかり悔しい思いをすることも時にはある。実験技術や設備の観点から言えば留学することが必須な時代でもない。それでも陸続きのヨーロッパでドイツだけでなくさまざまな国の研究者と話し合える機会を持てたこと、母国語ではない環境にあっても真摯に取り組めば道は開けることを学べたことはかけがえのない体験である。今は学生達が毎日大学に来て実験の続きをするのが楽しみだと思えるように、研究の面白さを伝えて行きたいと願いつつ、書類書きの合間に実験ベンチに向かっている。

常夏の島での研究生活

私は地球惑星科学科の気象海洋専攻において2009年10月に学位を取得した後、2009年11月からハワイ大学にある国際太平洋研究センター（IPRC）でポスドク研究員として働いています。働き始めた経緯は、指導教官である升本順夫先生（現：海洋研究開発機構プログラムディレクター）との話の中で「IPRCで日米の共同プログラムという形で働けるみたいだから、どう？」ということから履歴書や研究計画書を書いて、結果採用されることになりました。私の頭の中では何箇所か国内の研究所に応募書類を出して受かれば良いなあ…という考えだったので、このような形で海外の研究生活が始まるとは意外でした。升本先生と話している中で、当時はオーストラリアも私の関係する気候変動分野の研究に力を入れ、研究員の応募が活発になりつつあるということを知ったので、この時はむしろ、日本よりも欧米が身近な就職先に感じる程の錯覚(?)を受けました。この2年間を通してみると、やはり各国の政治や財政状況、とくに科学技術分野への理解によって就職の選択肢というのは大きく変化すると思います。また、指導教官の方々の海外の研究者との国際的な交流の豊かさにもこの機会は支えられていたとも感じており、この点ではとくに東京大学の研究環境に感謝しています。このように意外な形で海外の研究生



日本語に堪能な謝尚平教授（左）と筆者

尾形 友道（ハワイ大学国際太平洋研究センター ポスドク研究員）

活が決まったこともあり、慣れない英語での書類作成やビザ取得に学位取得後もたいへんだった記憶があります。

さて、IPRCでの研究生活ですが、IPRCが日米の共同プログラムとして設立された経緯、またハワイという東アジア域とアメリカ大陸の中間に位置する地理的環境、および「常夏の島」というリゾートでの研究生活への憧れ(?)からか、常駐する教授以下のスタッフ陣の層も厚く、その分野で著名な研究者も数多く在籍することから、研究環境としてはひじょうに恵まれていると思います。著名な研究者がアロハシャツに半ズボン、サンダル姿でセミナーを行っている様子はハワイならではの光景です。また、日本や海外からも第一線の研究者が訪れる機会が頻繁にあり、この点も魅力的です。同じ分野を複数のグループが研究しているということも多いので、競争という部分も出てくると思いますが、それも研究環境の層の厚さを象徴しているのではないのでしょうか。とくにひとつの分野について何人かの著名な研究者のアプローチや概念を、論文には載っていない形で伺うことができるのは大きな魅力だと思います。私の研究グループのリーダーを務めている謝尚平教授も熱帯域での気候形成のメカニズム、中緯度域での海洋変動の気象へのインパクトなどといった、気候変動に関わるさまざまな分野で顕著な業績を挙げており、彼との議論で垣間見える視点やリーダーシップはひじょうに参考になります。ちなみに謝先生は東北大学で学位を取得し、北大でも教鞭を取られていた経験もあることから日本語に堪能で、最近の日本の情勢や話題にも気さくに応じてくれ



勤務先であるIPRCの建物を背に立つ筆者

PROFILE

尾形 友道（おがたともみち）

2004年 大阪大学基礎工学部卒業

2004年 東京大学大学院理学系研究科
地球惑星科学専攻入学

2009年 学位取得（理学）

2009年 ハワイ大学国際太平洋研究
センターポスドク研究員

ます。この点は日本人にとって精神的な安定が享受できる、意外と重要な要素だと思います。

このように、私の文章を眺めてみますと「常夏の島で、日本語の分かる上司のもとで海外研究生活」という訳の分からない結論になってしまうかと思っています。しかしながら、これからは国内でかわるよりも海外にも目を向けた方が博士取得後の研究生活は活路が見えてくるかもしれません。国内でも第一線の研究ができるほどに日本は発展しました。それでも海外での研究生活は「下手でも英語を喋れば何とかなる」という度胸さえあれば、皆さんの今後の研究の可能性を充分広げ、そこで培われた人脈は後々まで日本と海外の橋渡し役として重要な役割を担い続けるでしょう。

鉱物中の小角粒界に見られる原子構造

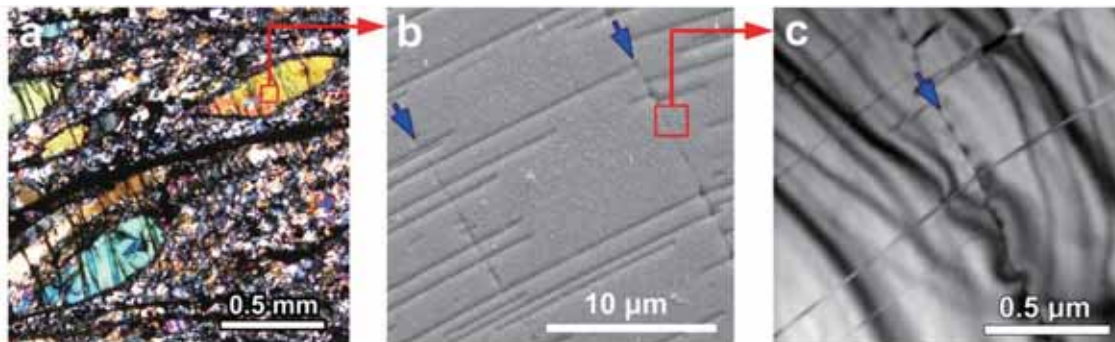
小暮 敏博 (地球惑星科学専攻 准教授)

パソコンや携帯電話を駆使して毎日過ごす最近の学生が研磨剤に汚れながら岩石薄片を作っているのを見ると、ある種の安堵感をもつのは地質・鉱物学系の教員の共通の感覚ではないだろうか。岩石薄片とは、光学顕微鏡で鉱物の同定や岩石組織の特徴を調べるため、岩石を30 μm程度の薄さに研磨したもので、約30年前の学生だった私もいそしんだ、この分野のアイデンティティーのようなものである。しかし時は流れ、今日ではそんな昔ながらの岩石薄片から、最新の分析手法を用いてナノスケールの情報を得ることが必要になることもある。

外国のある地質学者から、断層付近の剪断帯とよばれる領域での鉱物の細粒化のメカニズムを透過電子顕微鏡 (Transmission Electron Microscope: 薄膜化した試料に電子を透過させて試料中の構造を観察する電子顕微鏡、以下TEMと略記) を用いて調べられないかという相談を受けて、この研究は始まった。剪断帯の岩石から薄片を作製し (図a)、薄片中の斜方輝石とよばれる鉱物 (組成は (Mg, Fe) SiO₃) の表面を走査電子顕微鏡 (Scanning Electron Microscope: 試料表面に電子線を走査し、試料の拡大像を得るもう1種類の電子顕微鏡、以下SEMと略記) で詳細に観察すると、図bの青い矢印で示したような筋が見える。これは結晶中でその方位が僅かに変化した小角粒界とよばれるもので、剪断帯における鉱物の細粒化は、この小角粒界が時間とともに結晶方位のずれを増大させることにより進行することが予想された。そこでこの小角粒界の方位のずれと原子配列の関係を、TEMでさらに拡大して (図c) 解析することにした。現在のTEMは日常的に鉱物中の原子配列を直視できるが、そのためには鉱物から小角粒界を含む領域を選び、数十nm以下の厚さに薄くしなくてはならない。しかも今回の目的のためには小角粒界の性質上、斜方輝石の特定の方向 (結晶のb軸とよばれる方向) からTEM観察をする必要があった。このためにわれわれが用いたのが、SEM内で結晶方位を決定する電子後方散乱回折 (electron back-scattered

diffraction: EBSD) と試料中の特定の領域からTEM用薄膜試料を作製できる集束イオンビーム (focused ion beam: FIB) 試料加工装置 (裏表紙図) である。まず下図bのような鉱物の表面に電子を当て、そこから反射してきた電子を蛍光板上 (裏表紙図a) に映すと、裏表紙図bに示すパターンが得られる。これがEBSDで、このパターンを解析して結晶のb軸の方向 (裏表紙図bの白い矢印がこれに対応する) を求める。次に同じ試料をFIB (裏表紙図c) に移し、イオンビームを使って表面を剥ぎ取るように微細な鉱物断片を岩石薄片より切り出し、これをTEM用の試料台に“移植”して、イオンビームで薄膜化する (裏表紙図dで、黄色い枠で囲った部分)。このときEBSDで決めたb軸の方位を考慮し、鉱物断片をある角度で斜めに固定する。

このような試料から得られた高分解能TEM像が表紙の図である。下に示した数字は粒界での結晶の角度のずれを表している。詳しい説明をする余裕はないが、表紙図aのような小さい角度の粒界は、規則正しく並ぶ波状転位 (edge dislocation) で構成される。またこの転位は実際には2つの部分転位となっており、その間は積層構造が変化して単斜輝石という鉱物の構造となっている (表紙図b)。次に角度のずれが表紙図cのように大きい場合は表紙図aのような波状転位ではなく、局所的に構造の乱れた領域と、その間に斜方輝石の結晶構造が繋がった領域が交互に現れている。最後に表紙図dのような大きな角度では、もはや2つの結晶間には構造的な繋がりは一切見られなくなる。このように鉱物中の小角粒界のずれの角度とそこでの原子配列の対応を、一連の実験の工夫により今回初めてとらえることができた。詳細は文献¹⁾を参照してもらいたい。最後に共同研究者のユグ・ランブル (Hugues Raimbourg) 博士、FIBによる試料作製に尽力していただいた学術支援専門職員の藤井英子氏に感謝申し上げたい。



注) H. Raimbourg *et al.*, *Contrib. Mineral. Petrol.* 162, 1093 (2011)

(a) 岩石薄片の偏光顕微鏡写真。写真で黄色や青色を呈した紡錘状の結晶が斜方輝石で、周囲を埋める細粒の結晶はおもに長石でできている。(b) 斜方輝石表面のSEM像。試料表面はフッ酸でエッチングしてある。青い矢印で示した線が小角粒界で、それに直交する筋は斜方輝石中から離脱した単斜輝石である。(c) 小角粒界 (青い矢印) を含む斜方輝石のTEM像。なお (a)、(b) 中の赤い四角は、次の図とのスケールの対応を示したもので、実際と同じ領域とはなっていない。

氷の相転移に見られるメモリーと惑星形成

鍵 裕之 (地殻化学実験施設 教授)
 荒川 雅 (化学専攻博士課程修了^{注)})

私たちの身の回りには水素原子が2か所を移動する無秩序配置をとり、70 K以下では水素原子が1か所に固定された秩序状態の強誘電性氷に変化する。われわれの中性子回折実験から、70 Kよりもはるかに高い110 K以上の温度でも秩序状態の氷がナノメートルオーダーの微小領域に残留していることが見いだされた(氷のメモリーと命名)。太陽系で大部分の氷の温度は150 K以下であるため、太陽系に普遍的に強誘電性氷が存在していること、強誘電性氷のクーロン相互作用が惑星形成過程に重要な役割を果たした可能性が示された。

水素は太陽系でもっとも存在度の高い元素で、水は宇宙空間で水素、一酸化炭素に次いで3番目に高い存在度をもつ分子種である。水の結晶である氷には少なくとも16種類の多形が存在することが知られている。われわれの身の回りには氷Ih(ワンエッチ相、氷の多形を示す記号)水素原子は、水分子間の水素結合上の2つの位置にそれぞれ1/2の存在確率で時間の経過とともに原子位置を変えている。このように、水素原子が2つの位置のどちらにも存在可能な状態を無秩序配置とよぶ。一般的に、無秩序な原子は温度が下がると熱力学第3法則に従って規則的に配置(秩序化)する。氷Ihの場合は、57 Kから62 Kの温度範囲で発熱反応を伴いながら水素原子が1か所に固定され、秩序化した氷XI(イレブン相)に変化することが知られている。ちなみに現在の太陽系では、土星より外側の温度条件が強誘電体の氷XIが安定に存在できる領域に相当する。

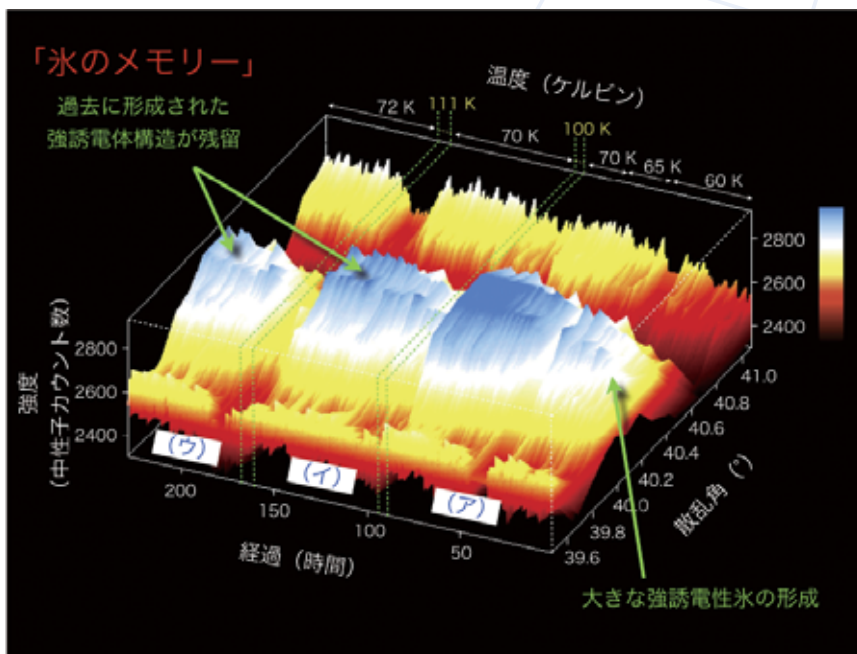
われわれは、さまざまな温度で長い時間を経過させた氷試

料の結晶構造の変化を中性子回折から測定し、温度履歴と水素秩序化の関係を調べた。その結果、過去に秩序化した氷XIに相転移した経験をもつ氷の試料は、無秩序氷が安定である高い温度領域でも、水素原子が秩序化した氷XIに変化するという新しい現象を発見した。まるで氷が記憶をもつかのように過去の結晶構造に影響されることから、われわれはこの現象を氷の「メモリー」と名付けた。この現象は、過去に氷XIに相転移した経験のある氷には、150 K程の高い温度でもナノメートルスケールの微小な領域に秩序構造が残留しており、この小さな秩序領域が核となって氷XIがこれまでに報告のなかった高い温度で結晶成長したと考えられる。

氷XIは、酸素原子と水素原子から生じる双極子モーメントが一方方向に揃った強誘電体で、自発分極により他の物質と大きなクーロン相互作用をもつ。したがって強誘電性氷は、氷同士の合体成長が促進されることで微惑星の成長過程に大きな影響を与えた可能性がある。太陽系の大部分の氷の温度は

150 K以下であるため、本研究で提案したナノスケールの水素秩序化は、太陽系に存在する多くの氷が強誘電体的性質をもつ可能性を示唆している。将来、さらなる研究の進展が期待される小惑星帯にも強誘電性氷が存在するかもしれない。今後、大強度陽子加速器施設(J-PARC)のパルス中性子を用いて、さまざまな結晶構造をもつ氷の性質を深く理解し、惑星形成や物質進化の謎を解明していきたい。本研究は、日本原子力研究機構の深澤裕研究副主幹との共同研究の成果で、M. Arakawa *et al.*, *Geophysical Research Letters* 38, L16101(2011)に掲載された。

(2011年9月5日プレスリリース)



中性子回折実験で観察された「氷のメモリー」の例。(ア)で形成された強誘電体の結晶構造が(イ)と(ウ)に残留している。この残留構造を氷のメモリーと命名した。

注) 現所属：九州大学大学院 理学研究院 化学部門 助教

ミュー粒子から素粒子の大統一理論を探る

森 俊則 (素粒子物理国際研究センター 教授, 物理学専攻 兼任)

素粒子に働く3種類の力は、宇宙開闢時^{かいびやく}にはひとつの力として統一されていたと考えられている(大統一理論)。これを検証するため、ミュー粒子の電子とガンマ線への崩壊($\mu \rightarrow e\gamma$ 崩壊)が注目されている。この崩壊は標準理論では許されず、発見されれば大統一理論の証拠となる。われわれは新たな実験装置を開発してこの崩壊の探索を開始した。まだ発見には至らず、大統一理論に対してこれまでにない厳しい制限を加えることになった。実験は継続中であり、さらに感度を上げて探索を続けていく。

クォークを結びつけて陽子や中性子などを形作る「強い力」と、原子核の β 崩壊などを引き起こす「弱い力」は、素粒子の世界でしか働かない力であるが、身近な力である電磁力と同様、ゲージ対称性から導かれる。そのため、これら3つの力がより大きな対称性によって統一されるだろうという期待がある。3つの力が統一されるとクォークと電子などの区別がなくなって素粒子も統一され、電子と陽子の電荷が正確に同じであることが自然に説明できる。そのいっぽう、陽子が電子やニュートリノに崩壊することも予言される。

1980年代に小柴昌俊特別栄誉教授が始めたカミオカンデ実験やそれに続くスーパーカミオカンデ実験では、陽子崩壊を探索したが見つからず、当時の大統一理論が間違っていることを示した。その後1990年代にわれわれが行ったCERN(欧州原子核研究機構)のLEP実験では、新たな対称性「超対称性」を入れた新しい大統一理論の可能性が示唆された。超対称大統一理論では陽子の寿命はずっと長く、スーパーカミオカンデ実験で陽子崩壊が見つからなかったのも当然で、さらに巨大な実験装置が必要ということになった。

そこで注目を集めたのが $\mu \rightarrow e\gamma$ 崩壊である。第二世代の素粒子であるミュー粒子がガンマ線を放出して第一世代の電子へ移り変わる $\mu \rightarrow e\gamma$ 崩壊は、標準理論では禁止されている。しかしこのような異なる世代間の遷移はクォークでは許されており、もし大統一理論によって素粒子が統一されれば、 $\mu \rightarrow e\gamma$ 崩壊も $10^{-11} \sim 10^{-14}$ というひじょうに小さい確率で可能となる。これは測定効率を考慮すると、毎秒数千万のミュー粒子崩壊を1年以上観測して1つ見つかるかどうか、というきわめて難しい実験となる。

そこでわれわれはこれまでにない新しい優れた実験装置(図)を開発して、実験に必要な大量の良質ミュー粒子ビームが世界で唯一得られるスイスのポールシェラー研究所(PSI)で実験を開始した。2010年までに取得したデータでは残念ながら発見には至らず、 $\mu \rightarrow e\gamma$ 崩壊の確率は90%の信頼度で 2.4×10^{-12} より小さいことが分かった。この結果は大統一理論に対してかなり厳しい制限を与えた。実験は継続中であり、さらに感度を上げて探索を続けていく予定である。もし $\mu \rightarrow e\gamma$ 崩壊が発見されれば、ニュートリノ振動の背後に潜む物理法則にもつながると期待される。また超対称大統一理論の予言する重い素粒子(超対称粒子)は、CERNのLHC実験で探索が行われている。本研究は、J. Adams *et al.* (*MEG Collaboration*), *Physical Review Letter* **107**, 171801 (2011) に掲載された。

(2011年9月27日プレスリリース)



本研究のために開発された実験装置のひとつ、液体キセノンガンマ線測定器を組み立てているところ。2.7トンの液体キセノンの光を、取り囲んだ光電子増倍管がとらえる。

1944年東南海地震による海底擾乱の発見

木村 学 (地球惑星科学専攻 教授)

◆ ◆ ◆
 紀伊半島沖の海底から、1944年に発生した東南海地震に伴う大規模海底擾乱^{じょうらん}の証拠を科学掘削船「ちきゅう」による統合国際深海掘削計画 (IODP) によって発見した。これまでほとんど調べられていない海底擾乱層 (角礫化泥層^{かくれき}) の調査によって、歴史記録では復元できない世界各地の海溝型巨大地震・津波の長い歴史復元に適用できる可能性がある。
 ◆ ◆ ◆

過去の巨大地震の海底地震断層とその活動履歴の推定は、古文書や陸上に残された痕跡から類推するのが一般的である。しかしながら、地震対策などを効果的に推進していくためには、海底地震断層を特定し、精度の高い活動履歴に基づいて対策を策定していくことが重要である。このため、過去の巨大地震についての位置と時間を正確に記録している痕跡の確認が課題となっている。

本研究では、強い地震動によって海底表層が破碎される (角礫化泥層の形成) ことに着目して、その検出を試みた。泥層の破碎・角礫化は、目視確認が困難なため X 線 CT による識別・確認をした。

本成果は、科学掘削船「ちきゅう」による統合国際深海掘削計画 (IODP)、2007-2008年実施の第316次航海・南海トラフ地震発生帯掘削計画において採取した巨大分岐断層の上の表層部の層から得られたものである。海底面から 80 cm までの間に、明瞭に識別される 5 層の角礫化泥層が存在することを発見した。

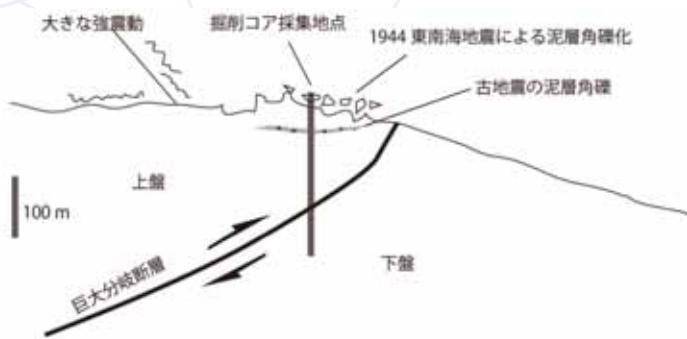
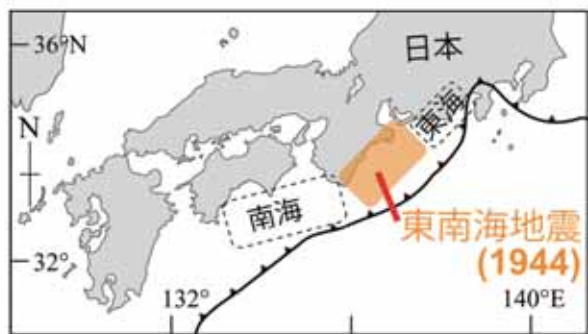
南海トラフに卓越する逆断層型の地震では、断層の上盤側が強く揺さぶられ、被害が上盤側に偏ることが知られており、角

礫化泥層が巨大分岐断層の上盤側にだけ分布しているという事実は、巨大分岐断層が地震動の原因であったことを意味する。

さらに、今回発見された 5 層の角礫化泥層について、鉛 210 (半減期 22.3 年) と炭素 14 (半減期 5730 年) による放射年代測定を行った。その結果、もっとも直近の角礫化泥層の年代は、1950年 (±20) であり、1944年の東南海地震と一致することが判明した (図)。

また、それより下位の古い角礫化泥層の年代は、約 3500 ~ 1 万年前であり、歴史記録に記された地震より古い年代のものであった。これは、当該巨大分岐断層では約 100 ~ 150 年間隔と言われている南海地震の周期よりも、より長い周期の、より大規模な地震活動のみが記録されている可能性を示唆している。

本成果は、過去の巨大地震について、深海底のどの断層がいつ動いたのかを物証から検証することを、はじめて実現したものである。これにより巨大地震の時に巨大分岐断層が動くことも想定して地震規模の推定ができるため、より正確な被害規模の推定が可能になることが期待される。本研究は A. Sakaguchi *et al.*, *Geology* 39, 912 (2011) に掲載された。



左: 1944年東南海地震の推定破壊域, 右: 左図赤線での断面イメージ図。分岐断層と掘削地点を示す。

(2011年9月28日プレスリリース)

新しい二次元トポロジカル絶縁体の作成に成功

平原 徹 (物理学専攻 助教), 長谷川 修司 (物理学専攻 教授)

トポロジカル絶縁体はバルク（結晶内部）が非磁性で電気を流さないが、端や表面にスピン偏極した質量を持たない電子が存在し、これまでの固体の分類からはみ出る新奇な物質群である。今回われわれは二次元トポロジカル絶縁体であると理論的に予言されていた2原子層の厚さのビスマス超薄膜の実験的作成に成功した。これにより原子1, 2層厚さのナノデバイスや低消費電力スピンドバイス、次世代の量子コンピューター開発の研究が大きく進展するものと期待できる。

近年、金属・半導体・絶縁体・超伝導体といった従来の固体の分類の枠に収まらないトポロジカル絶縁体という物質が注目を集めている（位相幾何（トポロジー）を物質の電子状態の解析に取り入れる事で、これまで知られていた絶縁体とは本質的に異なる新しい絶縁体物質として2005年に提唱された）。普通の絶縁体は電圧をかけても電流が生じないが、トポロジカル絶縁体では物質の中身は絶縁体状態であるにもかかわらず、その表面や端では普通とは異なる特殊な金属状態が実現して、そこだけ電流が流れるといわれている。この端の電子は質量を持たず、スピン（電子の自転）をそろえて動き回るといふ特殊な性質をもつ。また通常の物質とは異なり、トポロジカル絶縁体の端の伝導電子は、磁性の無い欠陥や不純物によって邪魔されることなく（エネルギーを損失することなく）動き回ることができる（図）というひじょうに魅力的な性質をもっている。そのため、トポロジカル絶縁体を利用して、超低消費電力スピンドバイスや、次世代の量子コンピューターの開発に大きな期待が寄せられている。これまで、三次元のトポロジカル絶縁体に

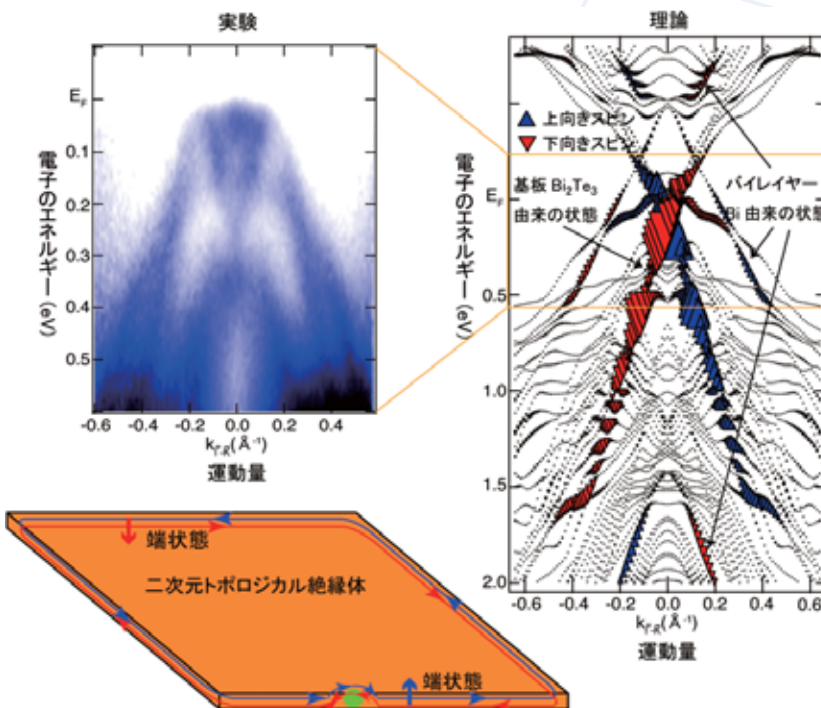
関しては多くの報告があったが、それよりエネルギーの損失が少ないと予測されている二次元トポロジカル絶縁体に関しては実験的には一、二例しか知られていなかった。

2006年に東工大の村上修一准教授によってビスマス（Bi, 原子番号83の元素で物性物理学においてもっともよく研究されているもののひとつ）という物質を2原子層（バイレイヤー）にすると二次元のトポロジカル絶縁体になるということが理論的に予言された。しかし物質を1, 2原子層に二次元化することは、たとえば2010年のノーベル物理学賞対象となった炭素1層のグラフェンなど実際に作成するのは不可能ではないが、簡単にできるのではなく、実際にバイレイヤーBiを作成できたグループはこれまでなかった。

今回、われわれは、基板として三次元トポロジカル絶縁体であるビスマステルライド（ Bi_2Te_3 ）というビスマスによく似た結晶構造をもつ物質を用いることでビスマスがバイレイヤーから単結晶超薄膜として成長できることを、電子回折・走査トンネル顕微鏡観察実験から発見した。そして分子科学研究所

において高分解能角度分解光電子分光法によりこのバイレイヤービスマスの電子の状態を測った。さらにドイツのユーリッヒ研究所の協力を得て従来よりも詳細な理論計算を行った。その結果、今回作成した Bi_2Te_3 上のバイレイヤーBiの電子は概ね村上准教授などの理論計算通りのエネルギー状態をもつことが明らかになった。また基板の Bi_2Te_3 の表面状態もBi吸着によってほとんど影響を受けず、二次元と三次元のトポロジカル絶縁体が共存しているというひじょうに特殊な状況が実現していることが分かった（図）。これを利用して原子1, 2層という究極に薄いナノデバイスや次世代の省エネスピントロニクスデバイス、超高速処理を行う量子コンピューター開発が一歩進むと期待できる。本研究は、T. Hirahara *et al.*, *Physical Review Letter* 107, 166801 (2011) に掲載された。

(2011年10月12日プレスリリース)



二次元トポロジカル絶縁体の概念図（左下）および Bi_2Te_3 上のバイレイヤーBiの電子状態の実験結果と理論計算



「偏微分方程式の初期値問題」

下村 明洋 (数理科学研究科 准教授)

偏微分方程式とは、独立変数が2つ以上の微分方程式のことである。(独立変数が1つの微分方程式は、常微分方程式とよばれる。) 微分方程式は自然現象を記述するための手段のひとつとして重要な役割を果たしている。偏微分方程式の例として、量子力学の基礎方程式であるシュレディンガー方程式や、流体力学におけるナビエ・ストークス方程式などが挙げられる。以下では、偏微分方程式について、関数解析的な問題設定と考え方を紹介する。

偏微分方程式論での基本的な問題のひとつとして、まず、偏微分方程式の解の存在について考える。(自然現象を記述する偏微分方程式に対して、現象を記述するのは方程式そのものではなくその解であることに注意する。) 偏微分方程式において、方程式が比較的単純な場合や特殊な構造をもつ場合には解を具体的に表示できることがあるが、一般には解を具体的に表示することは期待できない。

また、偏微分方程式の解の存在は、一般には必ずしも自明なことではない。そこで、より多くの偏微分方程式を扱えるようにするための方法のひとつとして、まず適当な関数空間を設定し、その枠組みで解の存在について考える。もう少し詳しく言うと、非線型クライン・ゴルドン方程式のような時間発展を記述する偏微分方程式においては、「適当なクラスの(与えられた)初期値に対して方程式の解が適当な関数空間に唯ひとつ存在するか」という問題設定を考えるのが標準的である。この関数空間は方程式との数学的・物理的な相性や必然性によって適切に選択し、関数空間の枠を広くするか狭くするかによってこの問題に対する答は変わる。ここで用いられる関数空間は、ほとんどの場合、無限次元のバナッハ空間(ノルムを備えた線型空間でそのノルムで完備になる空間)である。解の存在と一意性は、無限次元の関数空間において、不動点定理を利用して(あるいは、

逐次近似によって)示されることが多い。このような問題を解決するために、おもに、関数解析やフーリエ解析などの解析学がしばしば用いられる。

数理科学研究科には、専門分野が「関数解析的方法による偏微分方程式の研究」と関係の深い教員が在任している。筆者にわかる範囲で紹介すると、片岡清臣教授(佐藤超関数を用いた偏微分方程式の研究など)、儀我美一教授(ナビエ・ストークス方程式など)、中村周教授(シュレディンガー方程式など)、俣野博教授(非線型楕円型および放物型方程式など)、山本昌宏教授(微分方程式の逆問題など)、北田均准教授(散乱理論など)、齊藤宣一准教授(偏微分方程式の数値解析など)、鹿島洋平特任助教(非線型拡散方程式など)、および、筆者(非線型シュレディンガー方程式など)が、上記分野に関係する研究を行っている。



「テクスチャ合成」

五十嵐 健夫 (情報理工学系研究科コンピュータ科学専攻 教授)

テクスチャ合成とは、コンピュータグラフィックスの技術のひとつであり、岩肌や木目などの一定の質感をもつ画像(テクスチャ)をサンプルとして受け取り、サンプルと同じような見栄えをもつより大きな画像を自動的に生成する技術である。

初期のころには、サンプル画像内のピクセルの色の分布を統計情報として取り出して、乱数を用いて同じような統計的性質をもつ画像を合成する手法が試みられていた。しかしこの方法は適用範囲がひじょうに狭く実用的なものにはなっていなかった。

その後、2000年前後にマルコフモデルに基づく手法が複数同時期に提案され、大きな成功を収めた。これらの手法は、合成画像のピクセルの色を決めていくときに、その周囲のピクセルの色のパターンを取り出し、そのパターンにもつ

とも近いものをサンプル画像の中から検索して利用する、というものである。ひじょうに単純なアルゴリズムでありながら、高品質な画像が得られるということで反響が大きく、数々の高速化手法や、応用が提案されてきている。

テクスチャ合成技術のひとつの応用として、イメージアナロジーとよばれる、画像のペアから画像フィルターを自動的に計算して、他の画像に適用するというものが提案されている。たとえば、写真と油絵風の画像をペアで与えると、「写真を油絵に変換する画像フィルター」が自動生成され、それを別の写真に適用すると、自動的に油絵風の画像が生成される。

また別の手法としては、ピクセル毎に計算するのではなく、ある程度の領域をパッチとして切り出して、それらを境目が目立たないようにモザイクのように組

み合わせていく、といったものも提案されている。

われわれのグループでは、このようなテクスチャ合成を、立体モデルの内部表現の生成に応用する研究を行ってきた。たとえば、果物などの任意の断面を表示するときに、あらかじめ撮っておいた断面のサンプル写真をもとに、任意の断面の画像を自動生成するといったことを行っている。

近年では、市販の画像編集ソフトウェアにもテクスチャ合成機能が搭載されるようになってきている。これにより、これまで手作業で膨大な時間をかけて行っていた作業を、一瞬に行うことが可能となってきており、今後のさらなる普及が期待されている。



「超対称性」

濱口 幸一（物理学専攻 准教授）

超対称性とは、フェルミオンとボゾンを入れ替える対称性のことであり、素粒子の標準模型を超える理論的枠組みの最有力候補のひとつである。フェルミオンとは整数+ $\frac{1}{2}$ のスピンをもち、パウリの排他律に従う粒子のことであり、ボゾンとは整数スピンをもち、同じ量子状態に複数の粒子が入れる粒子のことであり、例えば電子やクォーク（陽子などの構成体）はフェルミオン、光子はボゾンである。

1960～70年代に確立した素粒子の標準模型（クォークや電子などの素粒子とその間の相互作用を記述する理論）は素晴らしい成功を収めており、現在知られている高エネルギー実験のほとんどを矛盾なく説明することができている。標準模型の素粒子の中で唯一未発見であったヒッグス粒子（第6回物理学のキーワードを参照）についても、ヨーロッパで稼働中のLHC実験で興味深い兆候が見えつつある。しかし標準模型には理論的に不自然な点、不完全に見える点があり、

素粒子物理を記述する究極の理論であるとは考えにくい。とくに、自然界の基本的なスケールがひじょうに高いエネルギースケール（たとえばプランクスケール $\sim 10^{19}$ GeV）にあるであろうことを考えると、ヒッグス粒子の質量^{注)}がそれに比べてなぜ何桁も小さいのかが謎のままである（階層性問題）。また宇宙の暗黒物質も標準模型では説明できない。

標準模型に超対称性を導入すると、たとえばフェルミオンである電子やクォークの相棒として、ボゾンの「スカラー電子」や「スクォーク」、ボゾンである光子の相棒としては、フェルミオンである「フォティーノ」など、いずれも未発見の新粒子が導入される。こうして拡張された超対称標準模型は、(1) フェルミオンとボゾンの絶妙なバランスにより、上記のヒッグス質量に対する階層性の問題を改善する、(2) 超対称性粒子のうちの一つが、暗黒物質の候補となる、(3) 標準模型ではバラバラだった3つ

の相互作用（電磁気力、弱い力、強い力）の強さが高エネルギーでひとつに統一され「大統一理論」の予言を再現する、といった魅力的な特長をもっている。さらに重力も含めた究極の統一理論の最有力候補である「超弦理論」も超対称性を必要としている。

実は超対称標準模型にも課題は多くある。またLHCでも超対称性の予言する新粒子の直接探索が精力的に行われているのだが、いまだその兆候は報告されていない。しかし今のところ超対称性理論が「標準模型を超える素粒子理論」の候補の中で頭ひとつ抜けていると言ってよいだろう。本研究科では素粒子論研究室をはじめ多くの研究室が理論・実験のさまざまな角度から研究を行っている。

注) 最新のLHCの結果によると、ヒッグス粒子が存在するならばその質量は115 GeV～130 GeV。興味深い事象超過が見えているのは125 GeV付近。



「r-過程」

櫻井 博儀（物理学専攻 教授）

宇宙開闢以来、われわれの身の回りの元素は宇宙・天体内で合成されており、なかでも「r-過程」は、超新星爆発などの爆発的な天体現象で生じる元素合成過程で、鉄からウランにいたる元素を創りだす。たとえば、貴金属の「プラチナ」や「金」はr-過程で創りだされた元素である。「r」は「rapid」の略であり、数秒で元素合成過程が終了する。

鉄よりも重い元素はどのように創られるのか？ 鍵は中性子捕獲とベータ崩壊である。中性子は電荷がないため、クーロン障壁がなく、原子核に捕獲されやすい。原子核が中性子を次々と捕獲すると質量数が増え、半減期の短い中性子過剰な不安定核となる。不安定核がベータ崩壊すると核内の中性子が陽子になり、元素番号がひとつ増える。このように、中

性子捕獲とベータ崩壊を繰り返して重い中性子過剰な不安定核が生成される。r-過程が終了すると不安定核はベータ崩壊を繰り返し、やがて安定な原子核となる。時間を巻き戻すと「金」のご先祖はr-過程でできた短寿命の不安定核ということになる。

r-過程は1957年にウィリアム・ファウラー（William Fowler）らによって提唱され、これ以来、天文学・物理学、理論・観測・実験と多岐にわたる学際的な研究が進められている。r-過程が起こる天体現象としては、大量の中性子が発生する重力崩壊型超新星爆発のほか、中性子星マージャーが提案されているが、実際どこでr-過程が起こり、どう終焉するのかわかっていない。爆発ダイナミクス、反応素過程、未知の原子核の質量・半減

期に関する理論研究が進められ、これらの情報を組み合わせた数値計算により、観測で得られた金属欠乏星の重元素存在比、超新星残骸の元素分布、太陽系元素の質量比分布などを説明する試みが進められている。本研究科、天文学専攻・梅田研究室では星の形成と進化との関連でr-過程の議論が行われている。最近になってr-過程で創られる中性子過剰核を理化学研究所「RIビームファクトリー」施設で人工製造することが可能となった。筆者らの研究で、中性子過剰なZrやNbの半減期が理論値にくらべ約2～3分の1も短いことがわかり、従来よりも速くr-過程が進む可能性がでてきた。今後のデータ蓄積で宇宙での「錬金術」のありように一歩でも近づければと考えている。

「ガスハイドレート」

松本 良 (地球惑星科学専攻 教授)

ガスハイドレートとはその名の通りガスが水和 (=ハイドレート化) したもので、水分子が作る 12 面体や 16 面体あるいは 20 面体のケージ中に、二酸化炭素や硫化水素あるいはさまざまな炭化水素ガスがゲスト分子として取り込まれた氷状の固体物質である。新しいエネルギー資源として話題に上がるものはゲスト分子がメタンから成り、メタンハイドレートとよばれることもある。メタンハイドレートは低温・高圧 (0℃では 26 気圧以上) 条件下でメタンガスと水が十分に存在すれば生成することが実験的に確かめられており、地球上では深海堆積物や永久凍土域に広く分布することが分かっている。彗星のコマの氷や火星の水の起源はハイドレートではないかとの指摘もある。海底の堆積物中には海洋生物の遺骸や陸上植物に由

来する有機物が、数%から時には 10% 以上含まれている。これら有機物は浅部ではおもに微生物により、埋没深度数 100 m 以深ではおもに熱によって分解してメタンやエタンを生成する。メタンやエタンの水への溶解度は小さく、地層中ではしばしば気泡として存在し、断層や浸透性の良い地層を通過して浅部に移動、海底下数メートル~数 100 メートルにメタンを主成分とするガスが集積する。これが深海堆積物中のガスハイドレートの起源である。水深 1000 m の海底で水温を 3.0℃、堆積物中の地温勾配を太平洋側の平均値 3℃/100 m とすると、メタンを主成分とするガスハイドレートが安定に存在できるのは海底から深度 400 m 程度までである。つまり深部から移動してきたガスは 400 m 以浅でガスハイドレートとして固定され、

ガスハイドレートによって“凍結”した硬い堆積層が形成される。また日本海の一部のように深部からのガス供給がきわめて強い場合、海底下にガス移動通路として直径数 100 m のチムニー状構造が発達する。ここを通る大量のガスは海底にまで達し、海底直下から数 10 m までの表層堆積物中に塊状のガスハイドレート鉱床を形成する。これら海洋ガスハイドレートの資源化を目指して、日本をはじめ各国で資源探査プロジェクトが展開されている。いっぽう、ガスハイドレートの大量分解が温暖化を促進し、劇的気候変動を引き起こしたとする地質記録がある。筆者の研究室ではガスハイドレートの起源、分布、集積・分解の支配要因、環境インパクトと資源ポテンシャルの解明をテーマとした研究を進めている。
参考: 地学雑誌 118 巻 1 号 7-42 頁 (2009)

「向背軸の極性」

鳥羽 大陽 (生物科学専攻 特任助教)

植物の葉は表と裏で明瞭な違いが区別できる。この違いをつくる上で必要となるのが、向背軸の極性である。葉は、未分化細胞からなるメリステムというドーム状構造の周縁部から発生する。向背軸とは、メリステム側とその反対側を結ぶ軸であり、メリステムに近い側を向軸面、その反対側を背軸面とよぶ。いわゆる葉の表は向軸面、裏は背軸面に相当する。葉の発生では、ごく初期に向背軸に沿った極性が確立し、この極性に基づいてさまざまな細胞が分化する。表裏の表面構造の違いも、柵状組織や海綿状組織のような内部構造の違いも、この向背軸の極性に依存している。

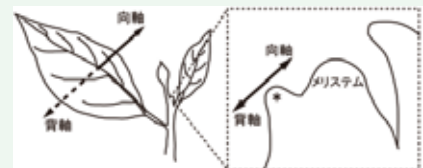
向背軸の極性が失われた葉は、どのような形になってしまうのだろうか。突然変異によってこの極性が失われた、奇妙な形の葉をもつ変異体の研究が、数多く行われてきた。それらの研究から、葉は極性を喪失すると形が棒状となることが

判明している。興味深いことに、棒状となった葉は、その特徴がすべて向軸面のものとなるか、あるいは背軸面のものになる。正常な表裏ができるためには、向軸面と背軸面の性質がいっぽうに偏らないようにバランスをとることが必要とされる。

向背軸の極性が確立し、向背軸のバランスが決まると、その境界が成立する。R. ウェイツ (Richard Waites) と A. ハドソン (Andrew Hudson) は、向軸側と背軸側の性質をもつ細胞が境界部分で並列することが、葉が平たい形になるための必要条件であるという仮説を提唱している。この仮説に基づくと、上述の向背軸の極性を失った葉は、その境界が成立しないために、棒状になると説明できる。向背軸の極性は、葉の表裏の違いだけでなく、扁平な形を作る上でも重要といえよう。

さて、自然界ではネギのように、そも

そも棒状もしくは筒状の葉をもつ植物が存在する。このような葉は、裏側しかないため、単面葉とよばれている。また、花の雄しべは葉が変形したもの (理学部ニュース 2007 年 11 月号「理学のキーワード第 10 回」参照) であり、その発生過程では向背軸の極性方向が大きく転換するため、扁平とはならず棒状の形態をもっている。本研究科生物科学専攻の塚谷研究室では単面葉の形成機構と進化について、平野研究室では雄しべにおける極性転換メカニズムについて、向背軸の極性に注目した研究が行われている。



メリステムと葉に分化する細胞群 (図中*で示す) の模式図。両矢印は向背軸の極性方向を示す。

伊藤清三先生のご逝去を悼む

楠岡 成雄 (数理科学研究科 教授)

本学名誉教授、伊藤清三先生 (理学部数学科, 当時) は 2011 年 11 月 26 日に 84 歳で逝去されました。先生は 1950 年に名古屋大学理学部数学科を卒業し名古屋大学理学部助手、講師を経て、1957 年に本学理学部講師に着任され 1987 年に定年退官されるまで数学教室において解析学の教育研究にご尽力されました。

先生は、拡散方程式の境界値問題、ナビエ・ストークス方程式の初期値問題などの古典解の存在・一意性の証明、楕円型偏微分方程式の理想境界の研究など偏微分方程式に関して研究業績を挙げられました。教育では、専門ではない確率

過程論の講義やセミナーも担当されるなど、解析学全般における研究者の育成に尽力されました。著書も多く、1963 年に出版された「ルベーグ積分入門」は経済学を含むさまざまな科学分野の研究者や学生に今なお読まれ続けられています。

先生は穏やかな方でしたが頑固な一面もあり、学生大会のための講義中止の要請が学生自治会からあった時、「その日の講義を聴かなくても支障がないように、違う内容の講義を一回だけ行う」と講義は中止しなかったことがありました。また、普段は学生に真面目な一面しか見せない先生でしたが、懇親会で当時の政治家を皮肉った自作の替え歌を披露される



■ 故・伊藤清三先生

こともありました。

学生思いで教育熱心であった伊藤先生のご冥福を心よりお祈りいたします。

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 10 月 24 日付学位授与者 (4 名)			
論文	生化	西谷 陽一	標的分子同定による生理活性化合物の作用機序解析
論文	生化	田中 祐嗣	Foxo1 と TRPV1 の糖・脂質代謝制御機構とその糖尿病治療薬への応用
課程	地惑	麥 琛	付加体によるラブ波の励起 (※)
課程	生科	宮西 弘	魚類におけるナトリウム利尿ペプチドファミリーの機能解析 (※)
2011 年 10 月 31 日付学位授与者 (1 名)			
課程	生化	助川 裕子	分裂酵母 Mei2 による MAP キナーゼと CTD キナーゼを介した減数分裂開始のフィードバック制御
2011 年 11 月 21 日付学位授与者 (1 名)			
課程	生科	河野 崇宏	クラミドモナス鞭毛軸系スポークヘッドにおけるタンパク質間相互作用の研究 (※)
2011 年 11 月 30 日付学位授与者 (1 名)			
課程	生科	伊藤 瑛海	植物固有型 RAB5, ARA6 のエフェクターを介した機能発現機構の研究 (※)

人事異動報告

異動年月日	所属	職名	氏名	異動事項	備考
2011.11.16	地惑	准教授	東塚 知己	昇任	助教から
2011.11.16	原子核	講師	山口 英斉	昇任	助教から
2011.11.16	化学	特任助教	生井 飛鳥	採用	
2011.11.30	情報システム	助教	柴田 有	辞職	
2011.12.1	情報システム	助教	本城 剛毅	採用	
2011.12.31	化学	准教授	加納 英明	辞職	国立大学法人筑波大学数理物質系・准教授へ
2011.12.31	原子核	特任助教	土井 琢身	辞職	
2012.1.1	化学	特任助教	神坂 英幸	採用	

理工医農 4 研究科合同 公開講座「放射線を知る」

東京大学の理、工、医、農の4研究科は合同で、放射線についての基礎知識を系統的に学べる公開講座を以下のように行います。

講演者 大塚孝治教授（理学系研究科）、勝村庸介教授（工学系研究科）、宮川清教授（医学系研究科）、
中西友子教授（農学生命科学研究科）、長瀧重信 長崎大学名誉教授

日時 2012年2月19日（日）13:30～17:30

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

会場 東京大学本郷キャンパス 安田講堂

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

入場 無料。事前申込不要。どなたでもご参加いただけます。

URL：http://www.s.u-tokyo.ac.jp/ja/event/radiation2012/

定員 700名（当日先着順）

あとがき

このたび筑波大学への転出により、理学部広報誌編集委員を退任することになりました。2010年4月から2011年12月まで本職を拝命し、もっとも印象に残ったのは、やはり地震・原発事故関連の特集記事（2011年5月号）の編集作業でした。執筆者の先生方とやり取りしながら、推敲につぐ推敲を重ねた編集

作業を通して、執筆者の先生方、牧島委員長はじめ編集委員皆さま方の熱意にうたれました。たくさんのメールが往来する中、本職に就いたときに拝読した、以下の記事を思い出しました。第一号（1969年1月15日発行）で、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一つの力にまで育ってゆくことを望みたい」と書かれておりました。今回、まさにその力を実感した次第です。理学系研究科の今後ますますのご発展をお祈りしております。

加納 英明（化学専攻 准教授）

3月の震災と原発事故の余波を受けて春や夏の研究集会やオープンキャンパスが延期され、12月19日～21日に予定されていた山口大学出張の直前に大阪で研究集会、直後に東京大学オープンキャンパスの日程が移動した。大阪でポスター発表をして、懇親会で焼酎を飲ん

でいると、突然喉が痛くなった。明るく朝、風邪薬を服用し、のど飴をなめながら山口に新幹線で直行した。授業とセミナーはマイクの力を借りてなんとか乗り切り、明日はオープンキャンパスである。家に帰れば、出張の前に押し入れから出したクリスマスツリーが飾られないまま

の樹木の状態で家の居間に置き忘れられていた。今年の暮れはいつもとは違うことだけは確かである（2011年12月22日）。

野崎 久義（生物科学専攻 准教授）

第43巻5号

発行日：2012年1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 & ページデザイン：宇根 真（情報システムチーム）

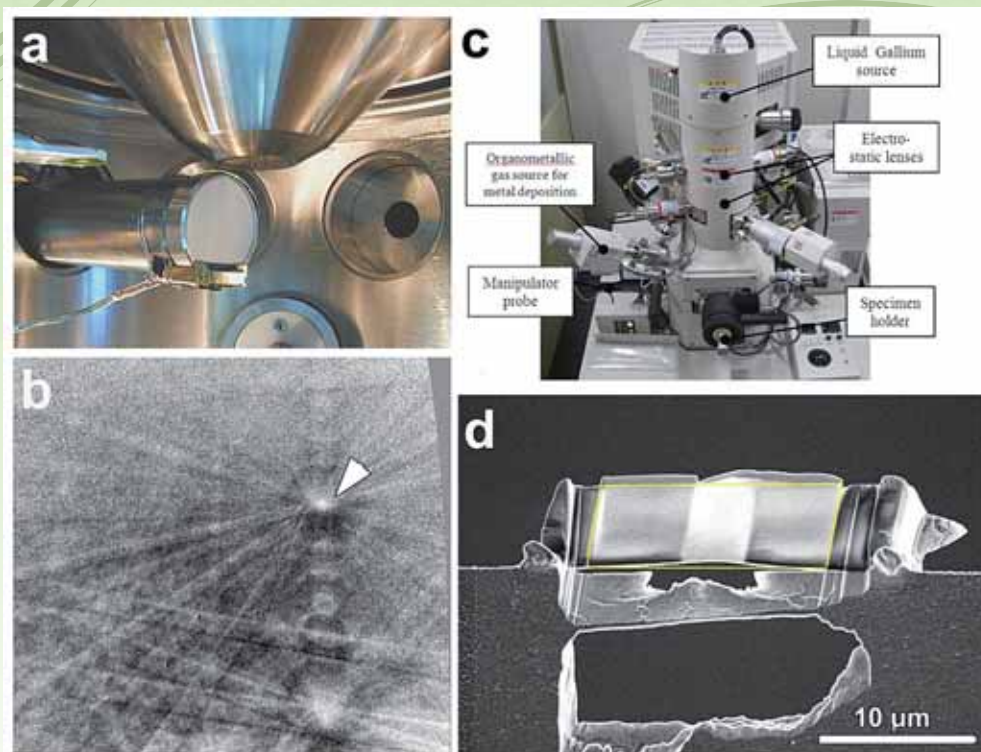
加納 英明（化学専攻）hkano@chem.s.u-tokyo.ac.jp

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

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

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

印刷：三鈴印刷株式会社



(a) 走査電子顕微鏡の試料室に取り付けられた回折パターン検出器（白い円の部分）。(b) 斜方輝石表面から得られた回折パターン。白い矢印がb軸の方向に対応している。(c) 集束イオンビーム装置の鏡筒部の写真。(d) 作製された薄膜試料（黄色い四角で囲った部分が観察領域）。