

SCHOOL OF SCIENCE, THE UNIVERSITY OF TOKYO
The Rigakubu News

理学部 ニュース

東京大学 11 月号 2016

特別記事

ノーベル生理学・医学賞2016受賞決定 大隅良典 博士

理学エッセイ
小藤文庫

遠方見聞録
クライオ電子顕微鏡シンポジウム@中国

学部生に伝える研究最前線
新しい氷の姿～秩序と無秩序のはざままで

理学の現場
重力波天文学、始まる。

理学から羽ばたけ
コンテンツを生むタビビト

11 理学部 ニュース 月号 2016

1983年に建てられた化学西館は、全館に研究室や実験室が配置された研究棟である。1階ロビーは談話スペースとしても利用されている。



表紙・裏表紙 Photo Koji Okumura (Forward Stroke Inc)
撮影協力：青木 里紗 (化学専攻 修士課程1年生)
木村 舜 (化学専攻 修士課程1年生)
西織 大輝 (化学専攻 修士課程1年生)

今回、記事を準備している時に、本研究科ご出身の大隅良典先生がオートファジーの研究で2016年ノーベル生理学・医学賞を受賞されることになったという、うれしいニュースが入ってまいりました。本号では、大隅先生のノーベル賞受賞に関して、オートファジーの第一人者である医学系研究科の水島昇先生に解説をご寄稿いただきました。大隅先生のノーベル賞受賞をきっかけに、基礎研究の重要性が再認識されていると思います。理学部ニュースでは、引き続き基礎研究の真髄を分かりやすく発信していきたいと思っています。本号の中にも、将来のノーベル賞につながる記事があるかもしれません。楽しんでいただければ幸いです。

名川 文清 (生物科学専攻 講師)

東京大学理学系研究科・理学部ニュース

第48巻4号 ISSN 2187-3070

発行日：2016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
rigaku-news@adm.s.u-tokyo.ac.jp

横山 央明 (地球惑星科学専攻)
安東 正樹 (物理学専攻)
岡林 潤 (スペクトル化学研究センター)
對比地孝巨 (地球惑星科学専攻)
名川 文清 (生物科学専攻)
串部 典子 (総務チーム)
武田加奈子 (広報室)
印刷：三鈴印刷株式会社

理学部ニュース発行のお知らせ
メール配信中。くわしくは
理学部HPでご確認ください。



目次

理学エッセイ 第25回

03 小藤文庫
矢島 道子

特別記事：ノーベル生理学・医学賞2016 受賞決定 大隅良典 博士

04 大隅良典先生が2016年ノーベル生理学・医学賞を受賞されることになりました
福田 裕穂
大隅良典先生のノーベル賞受賞をお祝いします
飯野 雄一
祝ノーベル賞！酵母オートファジーの発見
水島 昇

学部生に伝える研究最前線

06 原始星を取り巻く大型有機分子のリングを発見
大屋 瑠子／山本 智
新しい氷の姿～秩序と無秩序のはざままで
小松 一生／鍵 裕之
祖先が食べていたコメの話
熊谷 真彦／植田 信太郎

遠方見聞録 第16回

09 クライオ電子顕微鏡シンポジウム@中国
福田 昌弘

理学の現場 第20回

10 重力波天文学、始まる。
三代木 伸二

理学から羽ばたけ 第15回

11 コンテンツを生むタビピト
奥山 公浩

トピックス

12 祝2016年度秋季学位記授与式・卒業式
広報誌編集委員会
理学系附属「生物普遍性研究機構」が発足
佐野 雅己
化学東館竣工100周年
山内 薫

理学の本棚 第19回

14 「宇宙生物学入門」
須藤 靖

お知らせ

14 新任教員紹介
博士学位取得者一覧／人事異動報告

Essay

小藤文庫

矢島 道子 (日本大学 非常勤講師)



I would appreciate it so much if you could send... 1972年本郷の地質学教室に進学して、最初に教わった英文である。メールもパソコンもない時代、情報を集めるには別刷りを集めるのが必須だった。大家と思われる研究者に別刷り請求はがきを送って、実際に別刷りが送られてきたときは大変嬉しかった。

理学部2号館にあった地質学教室の図書事務室は小藤(ことう)室といわれ、小藤文庫がびっしりと並んでいた。1879(明治12)年、たった一人の第1期生として地質学科を卒業し、明治・大正と長く教授を務めた小藤文次郎(1856-1935)の集めた多くの書籍、雑誌、別刷り集などである。地質学関係の古典書籍は京都大学所蔵のものが知られているが、それは第一次世界大戦後のドイツで大量購入したものが基礎になっている。小藤の集めたものはそれとは違った意味で重要性をもつものだ。もちろんジョルジュ・キュヴィエ(G. Cuvier)やチャールズ・ライエル(C. Lyell)といった地質学の原典もあるが、何よりも小藤が交換した論文別刷りが著者ごとにまとめられ、きれいに製本されて(図)、600巻以上あり、小藤文庫を形成しているのが壮観なのである。

小藤は大学卒業後、内務省御用掛(実質的には地質調査所所員)となるが、1880(明治13)年文部省より地質学研究のためドイツ留学を命じられ、ライプチヒ大学、ミュンヘン大学に学んだ。1884(明治17)年帰国とともに東京大学理学部講師となり、ライプチヒ大学よりドクトルの学位を受け、調査所兼務も命じられる。1886(明治19)年帝国大学が設立され、その理科大学が東京大学理学部の事業を継承するにあたり、地質学担当の教授となる。岩石学と理論地質学を講義した。1888(明治21)年には理学博士の学位を授与される。1921(大正10)年に退官するまで東京帝国大学理学部地質学第1講座の教授として地質学を講じ、

わが国地質学の権威として研究を推進し、また学生の教育に尽力した。退官後も(同大学講師を2年のみ行う)、研究を続け日本の地質学界を指導した。

小藤文庫を開くと、往時の研究者の歩みが手に取るようにわかる。小藤文庫は、すくなくとも東アジアでは最も古い地質学の研究の記録を残している点で見逃せない。地球惑星科学にとって貴重だというだけでなく、世界の科学史という観点から重要であり、文化遺産としての意味をもつ。このような史料をただ大事に保存しておくだけでなく、歴史研究のために積極的に利用できるようにしていくことが、東京大学の地球惑星科学の存立意義とステイタスを高めることにもなるだろう。小藤文庫は、2016年9月末までプレハブの保存書庫にあったが、現在は一時的に別の保存場所に移動されている。理学部図書館の新設にともなって、さらにどこかへ移転されるはずであるが、本来あるべき場所に保存されることを願ってやまない。

2014年、文献調査のためウィーンを訪問した。ウィーン大学の歴史学教授である友人から、大学創立記念日の式典があり大統領も列席するので、出席したらよいといわれた。なんと649周年といわれて言葉もなかった。ウィーン大学には地質学者のエドアルド・ジュース(E. Suess)関連の資料だけでなく、古い鉱物コレクションや地質図も保存され、古きと新しきが混然として調和している。一緒にブラームスの大学祝典序曲を歌いながら、東京大学の649周年はどのようになるのかと思った。



小藤文庫の1部。354巻の Stopes は植物化石の研究者でパースコントロール提唱者のストープス(Marie Stopes, 1880-1958)である。

理学部ニュースではエッセイの原稿を募集しています。自薦他薦を問わず、ふるってご投稿ください。特に、学部生・大学院生の投稿を歓迎します。ただし、掲載の可否につきましては、広報誌編集委員会に任させていただきます。ご投稿はrigaku-news@adm.su-tokyo.ac.jpまで。

ノーベル生理学・医学賞2016受賞決定 大隅 良典 博士



2015年国際生物学賞受賞時の大隅良典先生（左）とスコット・エマー（Scott D. Emr）先生
（提供：生物科学専攻 中野明彦教授）

大隅 良典（おおすみ よしのり）

1974年、東京大学大学院理学系研究科 理学博士号取得。同年、米国ロックフェラー大学 研究員、1977年より東京大学理学部助手、1986年に同学部講師、1988年東京大学教養学部助教授を経て、1996年より岡崎国立共同研究機構基礎生物学研究所（現・大学共同利用機関法人自然研究機構基礎生物学研究所）教授、2009年より東京工業大学統合研究院特任教授を経て東京工業大学名誉教授（現職）、科学技術創成研究院特任教授（現職）。2016年ノーベル生理学・医学賞受賞決定。

大隅良典先生が2016年ノーベル生理学・医学賞を受賞されることになりました

福田 裕穂（理学系研究科長・理学部長／生物科学専攻 教授）

大隅良典先生が2016年ノーベル生理学・医学賞を受賞されることになりました。心よりお慶び申し上げます。大隅先生は、東京大学の教養学部を卒業後、理学系研究科関連理化学専門課程に進まれ、1974年に理学博士の学位を取得しました。その後、アメリカ合衆国ロックフェラー大学で研究を行い、1977年より1988年まで東京大学理学部生物学科の安楽泰宏先生の研究室で助手、講師を務められました。この

間に、今回ノーベル賞受賞の研究テーマである、オートファジー（細胞が自らのタンパク質等の自己成分を分解して再利用する仕組み）の研究の着想を得たと伺っています。その後、東京大学教養学部の助教授、基礎生物学研究所の教授として、オートファジーの研究を発展させ、オートファジーの分子機構を明らかにすると共に、オートファジーの異常が様々な病気の原因になることを明らかにし、医学の分野でも大きな

貢献をしました。理学系研究科では、2015（平成27）年度から理学系研究科・理学部諮問会委員を務めていただいている、基礎科学の研究者の立場から、私たち後進に貴重な意見を述べていただいています。大隅先生の研究は、酵母を用いた独自の着想による基礎研究が実を結んだものであり、まさに理学研究の典型です。このような基礎科学がノーベル賞を受賞したことは理学系研究科としても喜びに堪えません。

大隅良典先生のノーベル賞受賞をお祝いします

飯野 雄一（生物科学専攻長／生物科学専攻 教授）

このたび、大隅良典東京工業大学名誉教授がオートファジー（自食作用）の研究でノーベル医学・生理学賞を受賞されることとなりました。大隅先生は1977年～1988年に当専攻の安楽泰宏教授の研究室で助手・講師を務められ、その間、本専攻の学生とともに酵母を用いた液胞（分解の機

能をもつ細胞内小器官）の研究を進められ、多くの成果を上げられました。その研究が駒場に移られてからのオートファジーの発見に結びついたわけです。私もその当時、酵母の研究に携わる一学生として大隅先生の初期の御研究を間近に拝見し、不思議な細胞内の構造物を見つけてそれをとことん

突き詰めるお姿に接しました。生き物のしくみを見つめる姿勢がこのような大きな発見に結びついたことを、理学に携わる者として本当に嬉しく思います。ご受賞を心よりお祝い申し上げます。

祝ノーベル賞！酵母オートファジーの発見

水島 昇 (医学系研究科分子細胞生物学専攻 教授)

大 隅良典先生のノーベル生理学・医学賞のご受賞、心よりお祝い申し上げます。私は基礎生物学研究所時代の大隅研に7年間（1997年6月～2004年3月）在籍させていただき、その後も通じて約20年にわたりお世話になっております。実学としては「まだ何の役にも立っていない」オートファジーがノーベル賞を受賞したのは、まさに基礎生物学としての大隅先生のご業績が評価されたために他なりません。

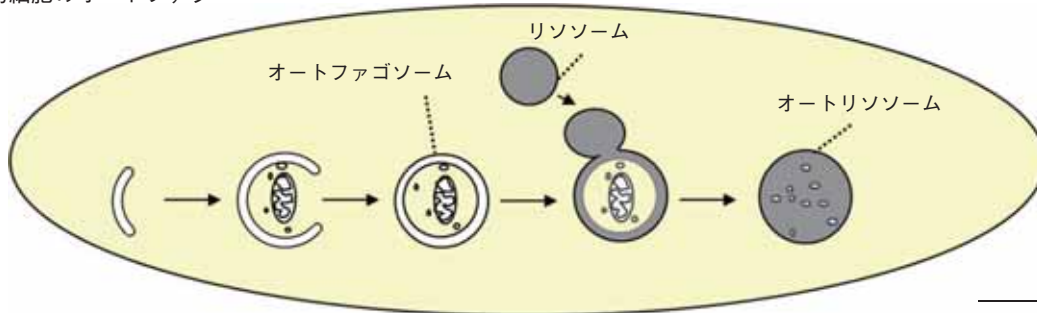
オートファジーは50年以上前に哺乳類で発見された細胞内分解機構（図の上）です。細胞質の一部がオートファゴソームによって囲まれ、それがリソソームと融合することでオートファゴソームの内容物が分解されます。この分子メカニズムは長い間不明でした。大隅先生は、本学理学部から教養学部に移り助教授として独立したときに、酵母でオートファジーの現象を観察するこ

とに成功しました。細胞としては動物細胞より小さい酵母ですが、リソソームと類似した機能をもつ液胞はリソソームよりはるかに大きく、その内部に放出されるオートファゴソーム（の中身）を位相差顕微鏡でみることができましたのです（図の下）。この方法を利用して、大隅先生はオートファジー不能変異株を取得し、さらに14のオートファジー関連遺伝子を一気に同定しました。その後いくつかのオートファジー関連遺伝子が追加されましたが、コアとなる遺伝子のほとんどすべては大隅先生の最初のスクリーニングに含まれていました。

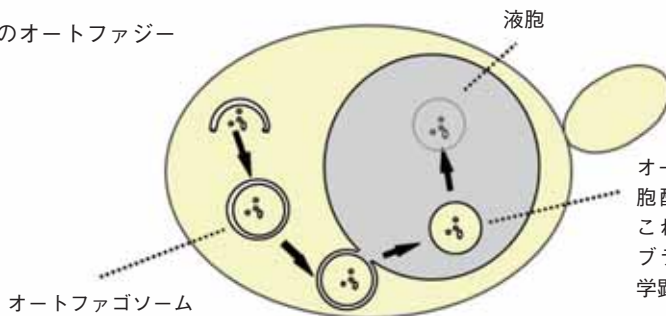
これらの遺伝子の多くは高等動植物を含むほとんどの真核生物で保存されており、その後のオートファジー研究の爆発的展開につながりました。現在では、オートファゴソームの形成機構やリソソームとの融合機構の分子メカニズムなどがかなり明らか

になりました。一方、オートファジーの生理的役割の理解も大きく進みました。オートファジーには、アミノ酸などの分解産物を調達するための栄養素のリサイクル（飢餓時のアミノ酸プールの維持、初期胚発生に重要）と、細胞内の品質管理や浄化作用（変性タンパク質や不良オルガネラの除去、細胞内侵入病原菌の除去などに重要）の2つの大きな役割があることがわかっています。最近では、家族性パーキンソン病などの神経変性疾患でオートファジー関連因子の変異が発見され、ヒト疾患との関係も注目されています。しかし、オートファゴソームの膜の起源、膜の伸長メカニズムといった基本的なことの多くが実はまだわかっておらず、疾患や創薬との結びつきも始まったばかりです。今後もあらゆる階層で総力を挙げて、オートファジー研究を推進していく必要があると考えられます。

動物細胞のオートファジー



酵母のオートファジー



オートファジックボディ（液胞酵素を阻害しておく、これが液胞内部に蓄積してブラウン運動するのが、光学顕微鏡で観察できる。）

動物細胞（上）と酵母細胞（下）のオートファジーの模式図。細胞質の一部を取り囲んだオートファゴソームが形成され、それがリソソームまたは液胞と融合すると、細胞成分を含んだオートファゴソームの中身が分解される。オートファジーは通常は低レベルに保たれているが、栄養飢餓などで著しく亢進する。基本的には、非選択的な取り囲みであるが、一部のタンパク質や不良ミトコンドリアなどを選択的に分解することもできる。

CASE 1

原始星を取り巻く 大型有機分子のリングを発見

私達の住む太陽系の環境はどのようにして作られたのか。アルマ望遠鏡の登場により、その解明に向けた観測が最近大きく進み始めている。新しく星が誕生している現場で、惑星系が作られるメカニズムや、そこでの物質進化が詳しく見えるようになってきたからである。私達は、誕生したばかりの星(原始星)を取り巻いて、メタノールやギ酸メチルなどの有機分子のガスが、リング状に分布している様子を発見した。

太陽程度の質量をもつ恒星(低質量星)は、星間ガスが自己重力で収縮してできる。この過程で、原始星の周りには回転するガスの円盤(原始星円盤)が作られ、それを母体として惑星系ができると考えられている。その形成過程は、大きく分けて2つの方法で調べられてきた。1つは、太陽系内の惑星や隕石を直接調べる考古学的方法である。そしてもう1つは、別の若い恒星を調べることによって太陽系の昔の姿を間接的に類推する方法である。後者のアプローチでは、長年、宇宙の遠く離れたところ(約 10^{16} km)にある恒星について、惑星系程度の大きさ(100 天文単位^{※注})のものを解像することは非常に困難であった。しかし近年、チリに設置された大型電波干渉計(アルマ望遠鏡)の活躍により、原始星円盤が作られつつある様子が詳しく調べられるようになってきた。さらに、

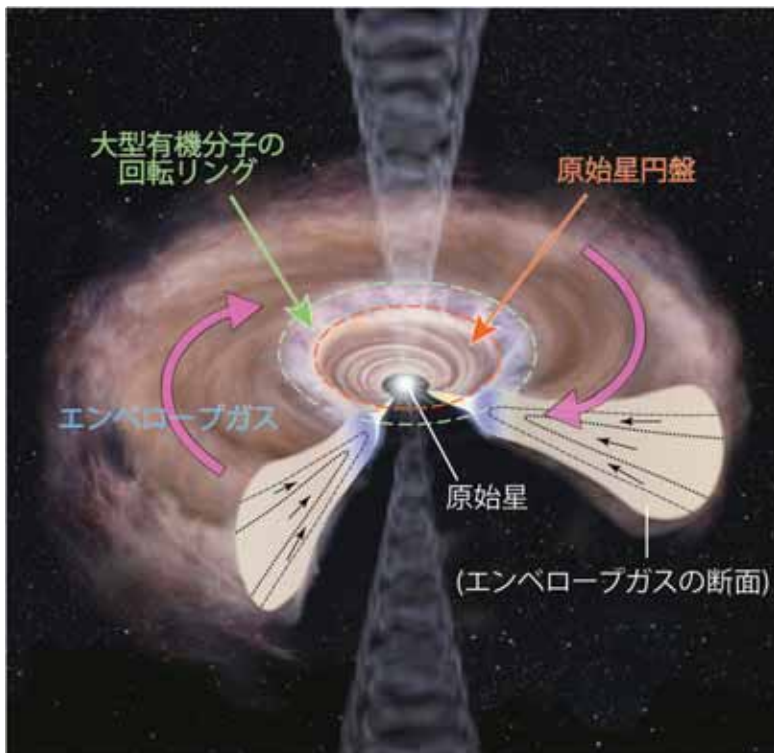
アルマ望遠鏡では様々な分子の分布を捉えられるという点で、原始星形成に伴う物質進化にも切り込むことができる。私達は、アルマ望遠鏡を使った高解像度観測により、原始星を取り巻くガスの物理的・化学的構造を調べた。

観測した天体は、へびつかい座にある低質量原始星 IRAS 16293-2422 A である。電波望遠鏡による観測では、分子の回転スペクトル輝線を見ることで、ガスの化学組成がわかるばかりでなく、ガスの運動も詳細に知ることができる。それは、ガスの運動によって、スペクトル線の周波数がドップラー効果を受けるためである。観測の結果、この原始星を取り巻くガスの構造は、回転する原始星円盤(半径 50 天文単位)と、その外側から落ち込んでくるエンベロープガスから成ることがわかった(図)。さらに、原始星から半径 50 天文単位の位置にメタノールやギ酸メチルといった飽和有機分子が集中的に分布している様子が捉えられた。この位置は、ちょうど原始星円盤とエンベロープガスの境界面にあたる。星間塵を含むガスが原始星円盤の端に落下・衝突する際に、星間塵に付着していた有機分子が蒸発したものとみられる。これまでこの天体は飽和有機分子を豊富に含むことが知られていたが、その分布と起源は不明であった。本研究は、星間空間で作られた有機分子が確かに原始星円盤までもたらされていることを、観測的に初めて明らかにした点で大きな注目を集めている。この成果は、惑星系の物質的な起源、ひいては生命を育むに至った地球環境の起源に迫る上で、重要な鍵になるであろう。

本研究は、Y. Oya *et al.*, *Astrophysical Journal* **824**, 88 (2016) に掲載された。

(2016年6月20日プレスリリース)

※注：1 天文単位は地球と太陽の間の平均距離 (1.5×10^8 km) を表す。



原始星を取り巻くガスの構造。原始星を中心に、扁平な原始星円盤とエンベロープガスが回転している。原始星円盤とエンベロープガスの境目に、飽和有機分子のガスがリング状に分布している。

CASE 2

新しい氷の姿
〜秩序と無秩序のはざままで

およそ人類が手にとることのできる物質の中で、氷ほど豊かな多形を持つものはない。現在まで、実に17種類以上もの異なる「氷」が発見されており、冷凍庫でできる普通の氷は、そのうちの1種類に過ぎないのである。そして、それら多形の一つ一つに数多くの未解決問題が残されている。今回私たちは、低温高圧下で存在する15番目の氷の結晶構造を再検討し、水中の水素が部分的に秩序配列した構造を持つことを突き止めた。この部分秩序構造は、他の種類の氷でも見つかる可能性があり、今後氷の性質を理解する鍵になるかもしれない。

水は0℃以下で氷になる*。しかし、これが常識として通用するのは、1気圧の世界においてのみである。圧力を上げると徐々に氷の融点は下がるが、0.21 GPa (大気圧のおよそ2000倍)より圧力が高くなると逆に上昇に転じる。今から100年以上も前、この事実を発見したG. タンマン (Gustav Tammann) は、融点の折れ曲がり異なる構造を持つ氷の出現によるものと捉え、氷II相および氷III相を発表した。以降、到達可能な温度・圧力領域の拡大、原子配列を精密に捉える測定技術の発展と足並みを揃えるように、新たな氷が発見され続け、現在では17種類以上もの氷の多形が知られるようになった。

なぜ、氷はこれほど多くの多形を持つことができるのだろうか。その答えの一つを氷の持つ水素結合の性質に求めることができる。氷の中のある一つの水分子から見ると、隣の水分子と4本の水素結合を持ち、そのうち2つが中心の酸素に配位し、もう2つが隣の酸素に配位している。一つの水分子だけに注目しても、 $C_2 = 6$ 通りの水素配置が

存在し、水分子の数とともにその配置の数は爆発的に増大する。この水素配置の自由度が、多形の多さに貢献しているのである。

ところで、これまで見つけて来た全ての氷の相は、水素配置の仕方がランダムな「無秩序相」に対して、たった一つの特定の配置を持つ「秩序相」が、1対1で対応すると信じられてきた。しかし、今回私たちが対象とした氷XV相は、複数の実験や理論計算の結果が、それぞれ異なる秩序構造を示唆するという混沌とした状態にあったのである。

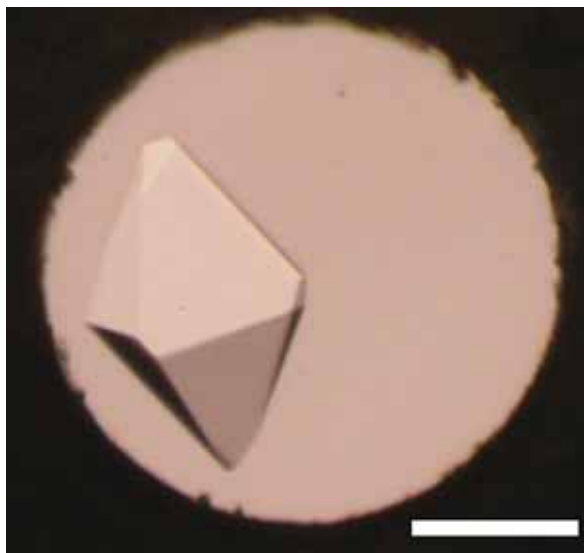
この問題に決着をつけるには、水素配置に敏感な中性子回折実験を氷XV相に対して行えばよい。しかし、言うは易し、中性子回折を行うのに必要な大容量の試料に対して温度や圧力を精密に制御するのは容易ではない。そこで私たちは、専用の温度圧力制御装置を一から製作することにした。およそ3年の年月を要して2013年に装置が完成すると、さっそく大強度陽子加速器施設J-PARC (茨城県東海村)で氷XV相の中性子回折実験を行った。その結果、どれか1種類の水素配置が特に有利というわけではなく、数種類の異なる水素配置が混合した「部分秩序状態」にあることを初めて明らかにした。この部分秩序状態は、氷XV相に関する過去の報告の矛盾点を解決するだけでなく、これまで1対1と考えられてきた無秩序相—秩序相の関係が、1つの無秩序相に対して、多くの秩序相が存在しうることを示すもので、氷の性質の理解に新たな視点を与えるものである。

本研究は、K. Komatsu *et al.*, *Scientific Reports*, **6**, 28920 (2016) に掲載された。

(2016年7月4日プレスリリース)

*セルシウス温度が氷の状態変化から定義された経緯を考えると、「水が氷になる温度が0℃である」と言いたくなる。現在では、セルシウス温度は絶対温度(ケルビン)から逆定義されている。

0.9 GPa, 室温にて晶出する氷VI相の光学顕微鏡写真。氷VI相は室温で水を加圧することで得られる最初の高圧相で、圧力による状態変化を象徴する相である。氷XV相はこの氷VI相の秩序相に対応する。白線のスケールは0.1mmを示す。



CASE 3

祖先が食べていたコメの話

瑞穂の国とも呼ばれる日本に住む人々にとって、食の多様化が進んだとは言っても、コメは切っても切れない関係にある。では、私たちの祖先はどのようなコメを食べていたのだろうか？我々は遺跡から出土するコメの遺物である「炭化米」のDNAを分析し、古代に利用されていたイネの亜種を調べた。その結果、古代の日本および朝鮮半島の人々の、現在とは異なる多様なイネの利用が明らかとなった。

アジア栽培イネ (*Oryza sativa*) はジャポニカとインディカに大別され、日本人が現在食べているコメはもっぱら前者であり、後者は南アジア、東南アジア地域を中心に広く食べられていることはご存知であろう。それでは、稲作がもたらされた時から今まで、我々の祖先はジャポニカ米のみを食べてきたのだろうか。

遺物のDNAは長い年月の間に分解、断片化し、微量のため分析には困難が伴う。さらに炭化米は稲穂ではなくコメ粒が別れた状態で出土するものがほとんどであるが、各コメ粒が遺伝的に同一とは限らないため一粒ずつ分析する必要がある。我々は独自に作製した現生イネの遺伝的多様性を網羅するレファレンスデータからDNAマーカーを選定し、日本と朝鮮半島の7遺跡から出土した炭化米、計500粒以上を分析した。その結果、900-2,800年前の4遺跡の計26サンプルから目的のDNA配列を得ることに成功した。解析の結果、日本の弥生時代および中世の炭化米からはジャポニカ米に加えてインディカ米のDNA型が検出された。さらに朝鮮半島では2,800年前の1粒の炭化米はジャポニカ米であったが、2,000年前の他の遺跡からはインディカ米のみが複数検出された。この結果は驚きであった。現在の日本、朝鮮半島

や中国北部といった地域においてはもっぱらジャポニカ米が生産・消費されているからである。しかし複数の試料、複数のDNAマーカーから結果は支持され、我々は確信を得た。古い文書の研究から日本の中世でのインディカ米の利用が議論されていたが、今回、DNAによる直接的な証拠からそれが示され、さらに弥生時代にまで遡ることが明らかとなった。今回見つかったインディカ米はその地で栽培されていたのか、外から持ち込まれたのかはわからない。一般的にインディカ米は低温地域での栽培には適していないと言われてもいる。しかし遺伝的多様性が低いジャポニカ米と比べ、インディカ米は大きな多様性、すなわち多様な環境へ適応するための素地を有しており、古代東アジア北部に生活した我々の祖先が、変動する気候環境に対し、この多様性を利用し栽培していたのかもしれない。

この炭化米DNA分析の成功により、現在も議論が続いているジャポニカとインディカの起源、栽培化過程における両者の関係性といった謎について直接的に観るための道筋がつけられた。また、現代における作物の多様性の減少は、環境変化への適応力や病害抵抗性を著しく弱める側面から、大きな問題とされているが、栽培イネにおける多様性の大きな低下が古代から現代にかけて東アジアで起きてきたことが示された。

本研究成果は、M. Kumagai *et al.*, *Mol. Biol. Evol.* 33 (10) 2496-2505 (2016), (IF 13.6)に掲載された。詳細はEurekAlert!プレスリ

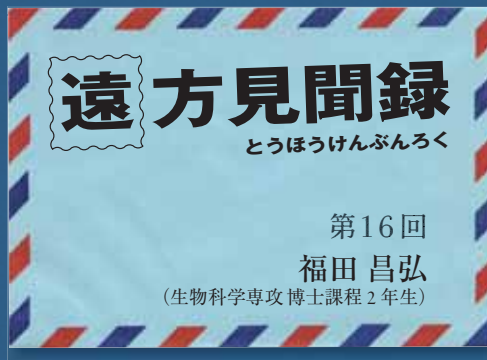
リース(「AAAS ancient rice DNA」で検索)を参照されたい。

(2016年7月26日)

現生アジア栽培イネと炭化米(左:インディカ米, 中央:900年前の遺跡から出土した炭化米, 右:ジャポニカ米)



学生・ポストクの
研究旅行記



Profile

2012年
同年

東京大学理学部生物化学科 卒業
東京大学大学院理学系研究科
生物化学専攻 入学
現在に至る

クライオ電子顕微鏡シンポジウム@中国

2016年6月27日から30日まで、中国北京、万里の長城のほど近くにて開かれたクライオ電子顕微鏡による三次元イメージングシンポジウム2016 (2016 Kuo Symposium on 3D Cryo-EM Molecular Imaging) に参加した。これはクライオ電子顕微鏡を用いたタンパク質の立体構造解析に関する国際学会で、この分野を牽引する多くの研究者が世界中から参加していた。クライオ電子顕微鏡とは、対象の試料(タンパク質など)の三次元構造を原子レベルで観察できる手法の1つである。具体的には、薄い氷の中に閉じ込めた試料に電子線を当てて得られる画像を解析する。固定や結晶化を行う必要がないため、より生理的状态に近い形で生体試料を観察できると考えられている。近年この分野で、ソフト・ハードの両面で大きな技術革新があり、つい数年前には不可能と思われていた巨大な分子や複合体の構造が次々に明らかにされ、毎週のように一流紙の紙面を賑わわせている。私もこのクライオ電子顕微鏡による構造解析にチャレンジしてみたいとの思いから、意気揚々と中国へと飛び立った。

…と思いきや、いきなり様々なハプニングに見舞われた。まず、飛行機が飛んでくれない。最初は30分の遅延とのことだったが、30分後にはさらに30分の遅延となり、仕方なく搭乗ロビーで待っていると、あれよあれよという間に遅延時間が増えていった。若干の不安を覚えたため、昨年学会で知り合っていた、今回現地で待ち合わせをしていた清華大学の中国人の友人に遅延の件を伝えると、「いつものことだよ。まったく驚くことじゃない」とのこと。なんだ、そういうものかと納得して、結局予定より3時間ほど遅れて中国に降り立ったが、そこで致命的なミスに気付いた一すなわち、自分の携帯電話はどうやら海外で使用できないようだ、ということに。これでは友人に連絡もできない。さらに、空港のスタッフには日本語はもちろん、英語もなかなか通じない。その上、僕は筋金入りの方向音痴だ。半分絶望しかけたが、なんとか北京空港のフリーWi-Fiの使用方法を聞き出し、さらに、極めて不安定な、空港のWi-Fiがつかぬがわりやすいスポットを歩き回って探し出した結果、奇跡的に友人と会うことができた。友人と会って挨拶を交わしたときの安心感は忘れることができない。その後、その友人たちに北京の街を案内してもらったのは本当に良い思い出になった。このようなつながりは大切にしていきたい。

さて、紙面の都合で詳細は省かざるを得ないが、他にもさらにいくつかのハプニングを乗り越えてついに辿り着いた学会の発表は、どれも非常にエキサイティングな内容で、想像力と実験意欲を掻き立てられた。特に、電子顕微鏡業界の大御所であるヨアヒム・フランク(Joachim Frank)先生やリチャード・ヘンダーソン(Richard Henderson)先生、そしてTRP channel(様々な刺激に対するセンサーとして機能する膜



万里の長城にて。画面奥の青い服で右手を挙げているのが筆者。

タンパク質)の原子分解能構造の研究で有名なイーファン・チェン(Yifan Cheng)先生などに直接会い、お話を聞いたことは非常に有意義であった。また、中国の学生たちと話す機会も多く得られ、お互いの研究内容はもちろん、日々の生活などに関しても様々な興味深い話を聞いた。印象的だったのは、中国の学生たちのハンガリーさとひたむきさだ。勉強熱心で、失敗を恐れずに質問し、これと決めたら周りの目を気にせず一途に突き進むその姿勢には、学ぶべきところは多いと感じた。一方で、共感することも多々あった。清華大学の学生は基本的に大学敷地内の寮住まいだそうだが、夜日付が変わっても実験をしていることはよくあるという。また、実験器具や試薬も僕らと同様なものを使用していたり、僕らと同じように私生活でも節約に気を配っていたりと、国や文化などは違っても根本的には同じなのだということを感じた。月並みな言い方だが、お互いのよいところをリスペクトして、ともに高め合い、世界をリードする研究ができたらいいなと思った。



中国清華大学の友人と清華大学医学研究センターにて。右から2番目が筆者。

三代木 伸二

(宇宙線研究所 准教授/物理学専攻 兼任)

2015年9月から今現在まで、長年重力波を研究してきた研究者にとって、盆と正月どころかクリスマスとイースターまで同時に来たような状態が続いている。2015年9月14日に、人類にとって、宇宙を観測する新しい窓となる重力波の直接検出に、アメリカの重力波観測施設であるLIGO(ライゴ)が初めて成功したからだ。我々日本の研究者だけでなく、世界中の重力波研究者が称賛し、我ごとくのように喜ぶと同時に、筆者本人としては、実は安堵しているのが本音だ。大学院生から四半世紀かけてやってきた研究の目標でもあり、かつ、その先の重力波でしか見えない広大なフロンティアを探索するスタート地点でもあるマイルストーンが「ある」ことが分かったからだ。

検出された重力波の起源は、さらに驚くべきものだった。連星ブラックホールの合体から発生したと推定され、ブラックホールが直接的に重力波で確認できたのも、そのブラックホールが連星を成しえることも、さらに、その連星が宇宙年齢以内で合体し得ることも、予想外かつ、初めて尽くしの内容だったからだ。

この重力波をとらえるには、腕の長さが3~4kmもあるマイケルソン型レーザー干渉計が用いられる。重力波が来ると、このレーザー干渉計の腕の長さが変化するが、その変化量は腕の長さの1兆分の1のさらに100億分の1程度しかない。その感度をめざし、現在、アメリカのLIGOだけでなく、ヨーロッパのVIRGO、そして日本のKAGRA重力波望遠鏡が改良中、及び建設中であり、実はどれもまだ完成していない。互いに重力波観測一番乗りを目指していた中、直接検出ではLIGOグループの先取となったが、重力波の波源を決定するには、地球上に最低3台の重力波望遠鏡が必要である。そのため、国際協力は必須であり、基本的に互いの技術や開発内容はほぼ公開されており、研究者間交流も活発だ。

日本のKAGRA計画は、東京大学宇宙線研究所(スタッフは、梶田隆章所長、大橋正健、川村静児、内山隆、三代木伸二)がホスト機関となり、東大理学部(安東正樹研、横山順一研、Kipp Cannon研)はもちろん、国内外あわせ81機関287人が参加



した国際協力で進められている。KAGRA自体は、岐阜県飛騨市神岡町にある池ノ山(旧神岡鉱山)の地下200メートル以深の地下空間に建設中である。いかなる振動も嫌う重力波望遠鏡にとって、地面振動が地表に比べて100分の1よりも小さい地下環境は最適なのだ。



2016年3月から4月にかけて、KAGRAはマイケルソン干渉計としての試験運転を行い成功裏に終えることができた。それに先立つ3か月間は、スタッフ、若手の研究者、大学院生の総出の忙しさの中、各自の担当場所の準備に奔走した。3km先までレーザー光を飛ばし、鏡で反射させ、干渉縞を最適化し、制御をかけてフリンジを定点にロック、データ取得系も走らせ、kmスケールのレーザー干渉計が動作したこの瞬間には、宇宙線研の宮川治助教や苔山圭以子特任助教など、その場で参加していた研究者から拍手も起こった。理学部の道村唯太助教の「干渉計が動く楽しい」という言葉も印象的だ。KAGRAは最終目標感度をめざし、まだまだ構築作業が続いている。重力波という宇宙を観測する新たな「窓」により、想像もつかなかったことが発見できる日を楽しみにしている。

上) KAGRA 試験運転時の制御室:
2016年3月のKAGRAの試験運転開始時にKAGRA制御室に集まった研究者と事務のメンバー。
下) KAGRAで鏡を20Kまで冷却するクライオスタット装置とそれを取り囲むクリーンルーム。

コンテンツを生むタビビト

奥山 公浩

(株式会社新興出版社啓林館 新規事業専任担当)

PROFILE

2008年 東京大学理学部化学科 卒業
 2010年 東京大学大学院理学系研究科 化学専攻 修士課程修了
 同年 株式会社新興出版社啓林館 入社
 現在 コンテンツクリエイション事業部 新規事業専任担当。中学校理科教科書、高等学校用問題集などの書籍編集を経て、アプリ開発、電子書籍制作・配信、Web コンテンツ制作・配信事業、海外事業を担当。仕事の傍ら、東京大学音楽部管弦楽団同窓会の広報・同窓会誌「響」の執筆・編集・デザインも手掛ける。

——月日は百代(はくだい)の過客(くわかく)にして、行かふ年も又旅人也——

化学の教科書・問題集の編集から、現在は電子出版・オンラインでの学習動画コンテンツ・アプリなどを企画し創ってゆく、ということをしてしている。編集者やディレクターは一体何をしているのか、と訊かれることも多いけれど、雑用をしながら最初から最後まで全体を俯瞰する監督というのが、適切な言い方なのかもしれない。

私の学生時代は、さほど昔のことではない。決して熱心ない学生だったとは思えないが、化学専攻の西原寛先生、橘和夫先生の研究室でお世話になった。研究内容は両方の研究室でまったく違う内容だったので、幅広い概念や内容を説明してゆく化学の教科書・問題集などを編集するには、後にとても役に立った。中学生や高校生向けのものが主担当とはいえ、先生や生徒だけではなくその家族も目にするものなので、街で出会う幅広い人の興味などを分析し、自分自身の振れ幅を大きくして、理料的な視点だけではなく複数の視点からものを見つめるのが大切なことである。

教科書をはじめとしたコンテンツを制作する際に、一番大切なことは何か、と考えたときに、たいへん意外に思われるかもしれないが、ある種の美学なのではないかと私は思っている。言葉や文章の美しさ、視覚的・音楽的な美しさ、発想の美しさ。そして何より、概念的な展開の美しさ。美しさがわかれば、エンターテインメント性や汚さの大切さもよくわかる。だからこそ、これらを感じとる情緒を、コンテンツを創るうえで芯にもっている必要があるのだろうと思う。

ただし、その内容を実現するためには、実務や人の活かし方・活かされ方が大切になってくる。例えば教科書の制作であれば、より良く伝わるものにするために、関連する資料を読み込み、理料的に正しい写真を選び、図版を制作し、著者の文章を校閲・校正する。企画を立てたり、アポを取って著者、デザイナー、写真家、プログラマー、印刷所などと打合せをしたりする。

それだけでは進歩がなくて正直ちっとも面白くないので、毎回ひとつずつ、新規の内容テーマを自分で決めて研究・実験を重ねている。例えば、古典、音楽、映画、テレビ、CM、脚本、絵コンテ、デザイン、メディア論、マーケティング、プログラミング、統計学、財務、外国語などから、仕事の中で使うことのできる要素を見つけ出し、さまざまに組み合わせて、実際にものを創りあげてきている。

2015年から、化学の分野を離れて、全体を見ながら新規事業を専任で担当するということになった。国際協力機構(JICA: Japan International Cooperation Agency)も関わる、海外向けと日本向けの学習動画コンテンツや、その他の企画を、総合的に生み出す機会をいただいた。

そうした中で、ふと頭に浮かんだのは、冒頭の芭蕉の書き出しである。年月の流れを旅人になぞらえて書かれているが、視点を転換して相対的に考えてみると、ひとつひとつの旅程や時とともに、旅人としての自身の視点もそぞろに移りかわってゆくもの、という解釈もできる。

これからどうなるか、どうするか予測には限りがあるけれど、できることはやるという姿勢をもった、常に新しいタビビトであり続けたいと思う。



職場の机にて

TOPICS

祝 2016年度秋季学位記授与式・卒業式

広報誌編集委員会

2 016年度の学位記授与式・卒業式が2016年9月16日(金)に安田講堂で実施された。理学系研究科・理学部からは福田裕穂研究科長・学部長と、理学系研究科総代としてMA Dichao(マ テキチョウ) さ

ん(生物科学専攻修士), Yin Xiaofeng(インギョウフン)さん(生物科学専攻博士)が壇上に立った。

また、小柴ホールにて博士課程および修士課程の学位記授与式が行われた。

卒業・修了されたみなさんに心からお祝いを申し上げます。みなさんが今後、世界の学術研究の進展に一層貢献することを期待いたします。



安田講堂での式典の様子(写真:尾関裕士)



福田研究科長(中央)と総代のYin Xiaofengさん(左)とMA Dichaoさん(右)

理学系附属「生物普遍性研究機構」が発足

佐野 雅己(生物普遍性研究機構長/物理学専攻教授)

2 016年10月1日(土)付で理学系研究科附属「生物普遍性研究機構」が発足した。本機構は、東京大学の理論生物学、定量生物学に関する研究者を結集して、数理と物理を武器に、すべての生物に共通するメカニズムや普遍的な法則を明らかにすることを目的に設立された。この構想は、理学系研究科と総合文化研究科が中心となり2012(平成24)年度頃から計画され、2部局連携で2013、14年度と連続して本部に提案され、その後の審議を経て、2016年度概算要求として文部科学省、財務省に提出、2015年末に正式な採択と予算配分が決定された。

10月14日(金)には、機構の発足を記念して伊藤謝恩ホールにおいて、機構開所式、記念講演会、懇談会が開催された。開所式では、五神真総長から東京大学として

の本機構への期待を込めた熱のこもったメッセージが述べられ、引き続き、福田裕穂理学系研究科長から担当部局長としての、小川桂一郎総合文化研究科長から連携部局長としての挨拶があった。また、来賓として、文部科学省高等教育局の常盤豊局長、日本学術振興会学術システム研究センターの佐藤勝彦所

長(東京大学名誉教授)から暖かい励ましと祝辞をいただいた。機構長による機構概要の説明に続いて行われた記念講演会では、総合研究大学院大学の伏見譲学長補佐、総



生物普遍性研究機構開所式で挨拶する五神真総長

合文化研究科(理学系兼務)の金子邦彦教授、名古屋大学の郷通子理事からそれぞれのご研究と新しい学問分野に関する期待が語られ、盛況のうちに終了した。

化学東館竣工100周年

山内 薫 (副研究科長／化学専攻 教授)

化学東館は、その正面玄関を挟んで、左右に対称に伸びる低層の建物であり、赤レンガの壁と白く見える御影石に上下を縁取りされた縦長の窓のコントラストによって、その優雅さが強調されている。この化学東館は東京大学本郷キャンパスの最古の建物である。

東京開成学校と東京医学校の合併によって、法医文理の4学部を擁する東京大学が1877年に設立されたとき、理学部化学科は神田一ツ橋通りの旧東京開成学校校舎にあった。その後の1885年に本郷キャンパスの現在の医学部付属病院敷地内に移転し、1888年には新築された東京帝国大学理科大学本館(現、理学部1号館の場所にあった。)の2階に移転した。櫻井錠二や池田菊苗らの居室と研究室もそこにあった。その後、1916年3月に、東京帝国大学理科大学化学教室が竣工すると、化学科は、その新しい建物に移転することになる。この理科大学化学教室の建物こそ、今年竣工100周年を迎えた化学東館である。

化学東館は、本学の建物の中で、鉄筋コンクリートを採用した最初の建物であった。池田菊苗の基本構想をもとに、当時の東京帝国大学営繕課長であった山口孝吉によって設計された地上2階、地下1階の建物である。実は、1923年3月には、ほぼ同じデザインの地上2階の第2期棟というべき



現在の化学東館

建物が北側に中庭を囲むように、第1期棟(化学東館)とは独立した形で建設された。この化学北棟が完成した年の9月に東京を関東大地震が襲った。この関東大震災に際して、本郷構内の多くの建物が大破したり、火事の被害を受けたりしたが、化学東館と化学北棟だけは、軽微な損害を受けたのみで無事であったという。

1936年から1937年にかけて、化学東館と北棟の部分をつなぐ部分が増築された。

1962年に化学新館(現・化学本館)が建設されると、化学東館と化学北棟がつながった建物は化学旧館と呼ばれるようになり、その後20年間、1983年までは、化学教室の教育と研究の活動は化学新館と化学旧館で行われることになっ

た。しかしながら、1982年に化学西館が建築されると、理学部7号館の建築計画に伴い、化学北棟と、化学北棟と化学東館をつなぐ増築部分は1984年に取り壊されることになる。残念ながら1923年に建設された化学北棟は、61年の使命を終えることになった。一方、より古い化学東館は、1916年の竣工当時と同じ形で残されることになった。

昭和初期の化学東館の写真を見ると、正面玄関の両脇にあるヒマラヤ杉は、まだ1階部分の天井の高さであったことが分かる。巨木となったヒマラヤ杉は、今や、化学東館の屋根をはるか高くから見下ろしている。確かに長い年月が経過している。しかし、今だ、化学東館はその古さを感じさせない。化学東館にとってこの100周年は未来への通過点である。

参考文献：東京大学大学院理学系研究科・理学部化学教室雑誌会編、「東京大学理学部化学教室の歩み」、東京大学大学院理学系研究科・理学部化学教室雑誌会(2007)。



昭和初期の化学教室(化学教室蔵、畑一夫氏提供)

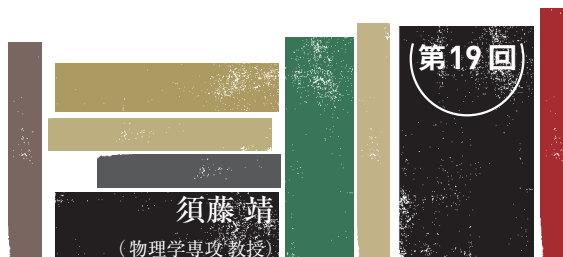
理学の本棚

「宇宙生物学入門」

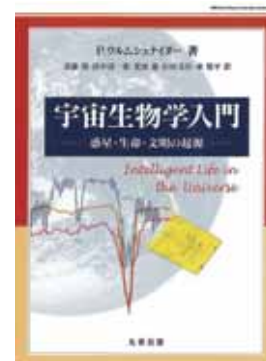
初めて太陽系外惑星が発見されたのは1995年。それまで宇宙論を研究していた私は、21世紀になって太陽系外惑星の研究を始めようと思立った。最大の理由はそれこそが天文学から宇宙生物学へ至る正道であると確信したからである。といっても特に生物学に関しては学部学生以下の知識しかない(実は私は高校では生物を選択していない。また今と違って駒場で理科一類の学生も生物が必修という時代ではなかった)。

そこで、2003年度及び2006年度の冬学期の物理学科4年生の理論演習のテキストとしてこの本を選び、学生と一緒に(というか教えてもらいながら)基礎的知識を学んでみようと考えた。その結果、全員で協力して翻訳出版することができた(したがって私の監訳などではない)。

なんとか最初の訳を終えた頃、原著者から第2版をだすのでそれを訳して欲しいと伝えられた上、私が詳しくない地球と生物の部分だけが格段に増強された原著を見た時にはめまいがした。



その後10年、宇宙生物学は未だ本格的に開始したとは言い難い。そしてそれは、現在理学部の学生や、これから進学しようとしている皆さんには朗報である。あらゆる分野で、研究対象が狭くなり専門化する一方の現在において、宇宙生物学は物理、化学、生物、地球惑星、天文など、この理学部がカバーしている多様な研究分野の知識・方法論・成果を集結して初めて可能となる学際的な学問分野である。宇宙生物学がこの理学部から本格的に始動することを願ってやまない。



P. ウルムシュナイダー著 (須藤 靖ほか訳)
「宇宙生物学入門 惑星・生命・文明の起源」
丸善出版 (2008年)
ISBN978-4-621-06178-7

新任教員紹介

新しく理学系研究科教授会構成員となった教員を紹介します。

後藤 佑樹 GOTO, Yuki

役職 准教授

所属 化学専攻

着任日 2016年10月1日

前任地 化学専攻

キーワード

生物有機化学 (ペプチド化学, 天然物化学)

Message

長年の進化の過程で自然が生み出したものを凌駕するような、オリジナルの人工生成系や人工化合物を創り出すことに興味があります。今後ともよろしくお願いたします。



博士学位取得者一覧

(※) は原題が英語 (和訳した題名を掲載)

種別	専攻	取得者名	論文題名
2016年9月5日付 (3名)			
課程	物理	鄧 子良	^{23,25} F核の準弾性 (p,2p) ノックアウト反応 (※)
課程	生科	桜井 一	シロイヌナズナにおける Rab5 エフェクターの研究 (※)
課程	生科	橋本 拓磨	極限環境耐性をもつクマムシ固有の新規タンパク質 Dsup によるヒト培養細胞への放射線耐性付与に関する研究 (※)
2016年9月16日付 (14名)			
課程	物理	大森 寛太郎	6次元超共形場理論とそのトラスコンパクト化 (※)
課程	天文	泉 拓磨	セイファート銀河中心部における活動的なガス, 星, ブラックホールの三相のミリ波サブミリ波帯における研究 (※)
課程	物理	曾根原 正晃	TST-2 球状トカマク装置における周辺部乱流の時空間構造の研究 (※)
課程	物理	小林 愛音	重心系エネルギー 13TeV の陽子陽子衝突におけるトップクォーク対に崩壊する重い新粒子の探索 (※)
課程	物理	須藤 大地	宇宙論的シミュレーションによる銀河団の非球対称性の進化と統計 (※)
課程	物理	東 直	低エネルギー分散を実現する 2モード超伝導加速空洞を採用した透過型電子顕微鏡の開発研究 (※)
課程	天文	MEDE Kyle Aaron	系外惑星の研究のための新しい三次元軌道決定ツールの開発と応用 (※)
課程	化学	山崎 嵩雄	強光子場中のシクロヘキサニオンの分解反応およびイオンビーム装置の開発 (※)
課程	化学	MUSTAFAR Suzaliza	アゾベンゼンおよびビス (ジピリナト) 亜鉛 (II) が架橋した一次元ポルフィリンワイヤー — 合成と光機能 (※)
課程	化学	PAL Tigmansu	パラジウムおよび白金の二次元 π 共役ジチオレン錯体ポリマーの研究 (※)
課程	化学	鈴木 弘嗣	生成物の塩基性に着目した強塩基触媒による低酸性化合物の付加反応の開発 (※)
課程	化学	高橋 顕	化学吸着を目的としたブルシアンブルー類似体のマイクロポーラス構造設計
課程	化学	関 憲 悠	精密に設計された不均一系金, パラジウム, 及びロジウムナノ粒子触媒の開発とその有機合成への応用 (※)
課程	生科	殷 晓 汎	単面葉における形態形成鍵遺伝子の発現パターンと細胞分裂パターンとの比較解析 (※)

人事異動報告

異動年月日	所属	職名	氏名	異動事項	備考
2016.9.16	物理	助教	榎山 和己	採用	
2016.9.19	ビッグバン	特任教授	RICHMOND MICHAEL WILLIAM	採用	
2016.9.30	物理	助教	梅木 誠	辞職	
2016.9.30	天文	助教	川中 宣太	辞職	京都大学白眉センター 特定准教授へ
2016.9.30	化学	特任助教	ZHU LEI	辞職	
2016.9.30	天文研	特任助教	石井 峻	辞職	
2016.10.1	化学	准教授	後藤 佑樹	昇任	助教から
2016.10.1	化学	特任助教	孫 哲	採用	
2016.10.1	化学	特任助教	松野 太輔	採用	
2016.10.1	生科	特任助教	佐々木 卓	採用	
2016.10.15	化学	特任准教授	GUO YUNLONG	辞職	
2016.10.16	化学	特任助教	STEFANCZYK OLAF JAKUB	採用	
2016.10.31	生科	特任助教	佐々木 卓	辞職	
2016.11.1	地惑	助教	桂華 邦裕	採用	
2016.11.1	生科	助教	佐々木 卓	採用	特任助教から

※お詫び 2016年9月号 (48巻3号) 1+1 から∞の理学: シャミセンガイゲノムと「カンブリア紀の爆発」著・遠藤一佳 (地球惑星科学専攻 教授) にて, 誤植がございましたことをお詫び申し上げます。誤→佐藤矩行先生 正→佐藤矩行先生 (広報誌編集委員会)



理学部化学西館