

SCHOOL OF SCIENCE, THE UNIVERSITY OF TOKYO

理学部ニュース

東京大学 01 月号 2016

遠方見聞録

アドリア海の東、 ブラチ島に集うヒトの多様性

理学エッセイ
植物細胞生物学

トピックス
ノーベル物理学賞の梶田隆章教授が文化勲章を受章

学部生に伝える研究最前線
空気中の窒素でレーザーを増幅する

理学の現場
玉原国際セミナーハウスと特殊多様体研究集会
暗闇の赤飯

01 理学部 ニュース 月号 2016

理学部化学東館は関東大震災よりも前の1916年に完成した建物は、本郷キャンパスに現存する最古の校舎である。



表紙・裏表紙 Photo Koji Okumura (Forward Stroke Inc)

理学部ニュースは冊子体とウェブ媒体の両方で発行され、冊子体は東大内の様々な部署に配付されているほか、理学部・理学系研究科の学生の保護者のお手許にも郵送されています。メーリングリストに登録していただくと、メールでも発行をお知らせします。記事の中には、内容が専門的で平易な説明が難しいこともあります。教養学部の学生に内容が理解してもらえるように、わかりやすい文章で書かれた記事の掲載を心がけて編集しています。先日、広報室宛に高校教員をされている保護者の方から、高校生に話したい内容がたくさん書いてあるので、授業での教材・資料として使えないかと考えている、というご連絡をいただきました。編集者一同にとって大変嬉しい出来事でした。本年も「東大理学部のいま」をわかりやすくお伝えすることを目指します。

狩野 直和 (化学専攻 准教授)

東京大学理学系研究科・理学部ニュース

第47巻5号 ISSN 2187-3070

発行日：2016年01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)
石田 貴文 (生物科学専攻)
狩野 直和 (化学専攻)
對比地孝巨 (地球惑星科学専攻)
横山 広美 (広報室)
國定 聡子 (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20回

- 03 植物細胞生物学
上田 貴志

学部生に伝える研究最前線

- 04 ダウン症で脳発生が異常になる分子メカニズム
倉林 伸博
空気中の窒素でレーザーを増幅する
山内 薫 / 徐 淮良 / ローツステット・エリック / 岩崎 純史
光で酵素を操り細胞内シグナルを分析する
小澤 岳昌 / 黒田 真也 / 桂 嘉宏
超高圧電子顕微鏡が描きだす最初の植物の姿
野崎 久義 / 高橋 紀之

理学の現場 第17回

- 08 玉原国際セミナーハウスと特殊多様体研究集会
寺 柚 友 秀
暗闇の赤飯
本原 顕太郎

遠方見聞録 第11回

- 10 アドリア海の東、ブラチ島に集うヒトの多様性
齋藤 真理恵

理学の本棚 第15回

- 11 「宇宙の果てはどうなっているのか？」
大内 正己

温故知新 第12回

- 11 ディーンと三崎臨海実験所
對比地 孝巨

トピックス

- 12 ノーベル物理学賞の梶田隆章教授が文化勲章を受章
濱口 幸一
黒岩常祥名誉教授が瑞宝重光章を受章
中野 明彦
第27回理学部公開講演会「理学の真実」を開催
三河内 岳
大盛況の1年生向け理学部ガイダンス
長谷川 哲也
理学部1号館東棟予定地の遺跡調査と見学会
原 祐一
2015年度高校生講座報告
横山 広美

お知らせ

- 15 「第1回 東京大学技術発表会」開催のお知らせ
博士学位取得者一覧
人事異動報告

Essay

植物細胞生物学

上田 貴志 (生物科学専攻 准教授)



Ch.Lafite Rothschildのブドウ畑にて

少々強引だが、まずはおめでたい新年の床の間の飾りを思い出していただきたい。漆塗り(または白木)の三方に紙を敷き、裏白を重ね、鏡餅を飾る。その上には、色鮮やかな橙(地方によってはかぼすや温州みかんのことも)が欠かせない。なんとも華やかかつ厳かなお正月の飾りである。一見してわかるように、これらはすべて、植物に由来する品々である。植物が日本人の生活に様々な形で関わるとともに、古来より大切にされてきたことがうかがえる。

生物学の世界においても、植物学は長い歴史をもつ重要な学問として認知されている。そのおかげで、植物の細胞小器官(オルガネラ)、中でも特に液胞の研究をしている私も、動物や酵母の細胞の研究をされている諸先生から、関連する分野の総説集や叢書の一部を担当しませんかと声をかけていただくことがある。大変有り難いことで、もちろん喜んで引き受けるのだが、いざ締切が間近になると、さて何を書けばよいものやら、と毎回頭を悩ませることとなる。これが、植物関連のトピックのみを集めた総説集であれば話は簡単で、私の場合、植物細胞と動物細胞の「違い」を強調して植物の細胞の研究を行う意義を強調するのが常套である。植物を使ってはいるが動物と同じような研究をしているという印象を読者に与えてしまうと、「その研究は植物でやらなければいけないの?」と突っ込まれることになり、まことに恐ろしい。これに対し、動物のトピックの中に植物の話が一つだけ混じっている場合というのは、少々事情が異なる。考えすぎかも知れないが、動物との違いをあまりに強調してしまうと、動物の研究をしている方々にそもそも関心を持ってもらえないような気がする。かといって動物と植物に共通の事象を列挙しても、全く面白みが無いであろう。私はそのあたりのさじ加減がどうも苦手で、皆さんに面白いと思っていただけるものを

書けているのかどうか、非常に心配である。もちろん、万人が刮目するような優れた成果を挙げてさえいればそんな心配はそもそも不要、と言われると返す言葉も無いのであるが。

最近、植物の細胞小器官が我々の生活といかに密接に関係しているのかを、導入で紹介することにしている。例えば、大豆の主要なタンパク質であるグリシニンや米のタンパク質であるグルテリンをはじめとして、日本人の摂取する植物性タンパク質の多くは、植物の液胞に貯められている。この他にも液胞は、植物のからだを大きくするための空間充填の役割や、花や果実の色を決める色素の貯蔵といったはたらきも担う。実にはたらきものの細胞小器官なのである。さらには、果実のみずみずしさをもたらす水分や、さわやかな酸味をもたらす有機酸、甘みを与える糖分までも、その多くは液胞に貯蔵されている。あ、ということは、古代メソポタミアの頃から人類を魅了し、現在国立科学博物館で特別展まで開催されているブドウ由来のあの飲み物も、全ては植物液胞の賜ではないか!

植物の細胞、特に液胞の研究を行う植物細胞生物学がいかに大切か、これで皆様におわかりいただけるであろうか。

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一任させていただきます。ご投稿はrigaku-news@adm.su-tokyo.ac.jpまで。

CASE 1

分子メカニズム ダウン症で脳発生が異常になる

ダウン症は、およそ700人の新生児あたり1人という高頻度で生じる遺伝子疾患である。

ほぼすべてのダウン症患者は精神遅滞を発症し、これに伴って、脳を構成する神経細胞やグリア細胞の数や密度に変化が生じている。

私共は、この変化を引き起こす分子メカニズムの解明に挑み、グリア細胞の一種である「アストロサイト」の産生増加に寄与するヒトの21番染色体上の遺伝子を発見した。

ダウン症は、高齢出産で発症頻度が急激に上昇するため、現代社会において大きな関心を集めている。この疾患の症状としては、特有の顔つきや心臓奇形などが認められるほか、ほぼすべての患者が精神遅滞を発症する。脳は健常者と比較して小さく、組織学的に観察すると、神経細胞の密度が減少すると共に、グリア細胞の一種であるアストロサイトの密度が増加している。正常なアストロサイトは神経細胞の生存や正常な機能発現に寄与するが、近年の研究により、ダウン症脳におけるアストロサイトは、神経細胞の生存を妨げることが明らかとなった。そのため、ダウン症脳におけるアストロサイト数の増加は神経細胞数の減少を引き起こすと考えられ、これが精神遅滞を引き起こす一因と推察される。こうしたダウン症の症状は、21番染色体が3つに増え、その染色体上にある遺伝子の発現量やはたらきが1.5倍に増加することが原因とされる。21番染色体には約300の遺伝子が存在するものの、どの遺伝子がアストロサイト数の増加に関与しているのかは謎であった。

アストロサイトは、周産期以降に神経前駆細胞と呼ばれる親細胞から誕生する。私共は、ヒト21番染色体上の約80遺伝子に相当する遺伝子が3つに増えているマウス（ダウン症モデルマウス）において、神経前駆細胞からのアストロサイトの産生（アストロサイト分化）が促進していることを発見した。そこで次に、このモデルマウスにおいて発現量が増加している遺伝子の中で、アストロサイト分化に影響を与える因子を探索した。その結果、DYRK1Aというタンパク質リン酸化酵素をコードする遺伝子を見出した。具体的には、子宮内胎児電気穿孔法という手法によってDYRK1A遺伝子をマウス胎児脳の神経前駆細胞に導入し、DYRK1Aのリン酸化活性を増加させると、神経前駆細胞のアストロサイトへの分化が促進した。一方、同様の方法を用いて、ダウン症モデルマウスの神経前駆細胞においてDYRK1A遺伝子の発現量を減少させると、アストロサイト分化の促進が緩和された。

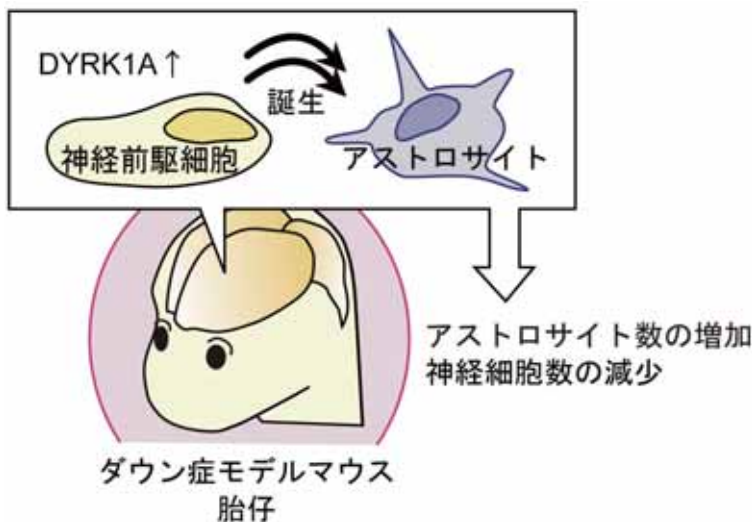
さらに私共は、アストロサイト分化を制御する転写因子STATの働きが、ダウン症モデルマウスの神経前駆細胞において異常に活性化していることを見出した。また、このSTATの活性上昇にDYRK1Aの過剰発現が寄与することを明らかにした。以上の発見は、21番染色体上に存在するDYRK1A遺伝子が神経前駆細胞の働きにとって重要な役割を担っており、ダウン症ではこの遺伝子の量が増え、STATの働きが異常に亢進することによって、神経前駆細胞の制御が異常になることを示している。

本研究の成果は、ダウン症における脳発生異常の仕組みの理解を大きく前進させる知見であり、ダウン症の脳発生異常を緩和する治療法の確立に重要な指針を提供することが期待される。

本研究は、N.Kurabayashi *et al.*, *EMBO reports*, 16, 1548 (2015) に掲載された。

(2015年9月16日プレスリリース)

ダウン症の神経前駆細胞においてはDYRK1A遺伝子が約1.5倍に過剰発現している。この過剰発現によって神経前駆細胞の制御が異常になり、アストロサイトが生み出されやすくなる。これが、ダウン症脳におけるアストロサイト数の増加や神経細胞数の減少を引き起こす要因の一つであると示唆された。



CASE 2

空気中の窒素でレーザーを増幅する

レーザーとは誘導放出による光増幅のことを言い、気体、液体、固体の様々な増幅媒質が知られている。フェムト秒レーザーパルスを集光して空気中の分子を電離したレーザーフィラメントにおいて、光が増幅されることは知られていたが、増幅機構は未解明であった。我々は実験と理論モデルの数値シミュレーションから、光の増幅過程に必要な条件である反転分布が窒素分子イオンで達成されていることを示した。本研究成果は、強いレーザー場やプラズマにおける光の増幅過程や発光過程の解明につながると期待される。



物質にレーザー光を照射して電子を電離（イオン化）すると、最もエネルギーの低い電子状態（電子基底状態）をもつ原子イオンや分子イオンが主に生成することが知られている。一方、強度の高いフェムト（ 10^{15} ）秒レーザーを集光して空気中の窒素分子をイオン化すると、レーザーフィラメントと呼ばれるプラズマの細い筒が生成する。レーザーフィラメントにおける様々な分子や分子イオン種からの蛍光発光や光の増幅について、数多くの報告がある。例えば、窒素分子イオンの電子状態の中で3番目にエネルギーが低い電子状態（第二励起状態）から電子基底状態へ変化する際の増幅光は、波長391ナノメートルに観測されている。このことは、生成した窒素分子イオンで第二励起状態の方が電子基底状態よりも分布数が多いこと（反転分布）を示す。しかし、その反転分布の原因は未解明であった。

本研究において我々は、4～6フェムト秒という極めて短い時間しか存在しない数サイクルレーザーパルスを集光してレーザーフィラ

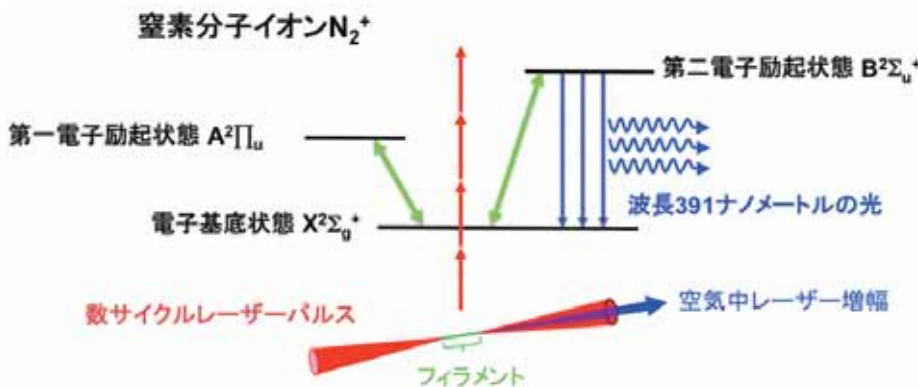
メントを生成し、窒素分子を電離する実験を行った。レーザー進行方向で、窒素分子イオンの第二励起状態から電子基底状態への光の増幅が、測定したスペクトルに観測された。このことは、数フェムト秒という非常に短い時間に反転分布が達成されたことを示す。従来の電子衝突や電離した電子の再散乱による電子エネルギーの励起過程では反転分布の達成は難しいため、新しい理論による説明が必要となった。

反転分布の原因を解明するため、図に示すように窒素分子イオンの3つの電子状態について、レーザー電場により誘起される双極子遷移を考慮した理論モデルの数値シミュレーションを行った。各電子状態の分布数の時間変化とレーザー電場強度依存性を調べたところ、レーザー電場強度が大きい場合はレーザー場の存在によって電子基底状態と第一および第二励起状態が相互作用することが示された。相互作用によりレーザー増幅過程に関与する第二励起状態の分布数が増加するだけでなく、その過程に関与しない第一励起状態の分布数も増加することが示された。以上の結果から、窒素分子イオンの電子基底状態から高エネルギーの第一および第二励起状態へ分布が移動し、第二励起状態の分布数が電子基底状態の分布数を上回ることで反転分布が起こることを明らかにした。

本研究成果は、強いレーザー場により誘起されるプラズマ発光とレーザー増幅の機構解明や、リモートセンシングへの応用につながると期待される。

本研究は H. Xu *et al.*, *Nat. Commun.* **6**, 8347 (2015) に掲載された。

(2015年9月25日プレスリリース)



窒素分子イオンの3つの電子状態の相互作用による空気中のレーザー増幅機構

小澤 岳昌
(化学専攻 教授)

黒田 真也
(生物科学専攻 教授)

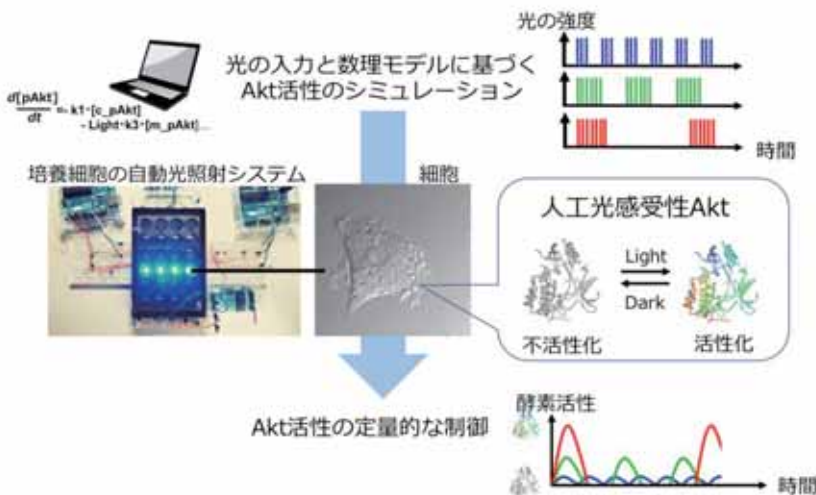
桂 嘉宏
(化学専攻 博士課程3年生)

光で酵素を操り細胞内シグナルを分析する

生体内ではたらく酵素は、細胞内のシグナルを調節する重要なタンパク質の一つである。医薬品に代表されるように、酵素活性を制御する化学物質は、過剰な生理機能をとめたり、不足を補ったりする目的で、長い歴史の中で数多く開発されてきた。しかし化学物質では、任意のタイミングで特定の場所の酵素活性を操作することができない。この程、我々は光をつかって細胞内の酵素のはたらきを意のままに操作する技術を開発した。この技術を用いて、「酵素活性の時間的変動パターン」を人為的に操り、その酵素の生物学的意義に迫った。



細胞内における酵素活性は、睡眠や栄養摂取、また温度変化などの細胞外のみならず、さまざまな要因に応じて、時々刻々変化する。疾患のもととなる細胞では、ある時には酵素が活性化し過ぎたり、逆に不活性化したりと、その時間的変化に異常がみられる。これらの時間的変化の生物学的意義や、細胞のふるまいに対する寄与の程度は、未だ謎に包まれている。酵素活性を「はかる」分析技術は確立しているものの、生きた細胞内の特定の酵素活性を「時間的・空間的に操作する技術」が乏しいためである。



本研究では、光感受性を有する人工の酵素を作製し、細胞外部から光を照射して細胞内の人工酵素を活性化させるシステムを開発した。光操作の対象には、タンパク質リン酸化酵素 Akt を選択した。Akt は糖尿病やガンなどの疾患において、その活性が異常な時間的変動を示すことが知られている。そこで我々は、植物由来の光受容タンパク質を Akt に連結して、人工の光感受性酵素を開発した。外部光照射と暗状態をあるタイミングで切り替えると、この光感受性酵素の活性化状態と不活性化状態を分単位で切り替えることができた。また、光照射のタイミングと Akt 活性化の時間変化を対応づけ、Akt 活性の定量的な光操作を実現した。

開発した手法を用いて、強度が異なる3つのAkt活性の時間変動パターンをつくり、それぞれのもとでの細胞のふるまい (Aktによって調節される遺伝子発現) の変化を解析した。その結果、Akt活性が強く頻度が低い活性化のパターンよりも、頻度が高くAkt活性が低いパターンのほうが、細胞のふるまいの変化が大きかった。重要な点は、開発した技術では定量的な操作が可能であるため、3つの時間パターンにおけるAkt活性の総量は同一に設定した点にある。すなわち、酵素活性の総量が同じでも、その時間的な変動が異なれば、細胞のふるまいも変化することを示している。Akt活性の時間的変動パターンに生物学的意義があることを実験的に示す結果である。

今後は、Akt活性の時間変動による生物学的意義をさらに探求し、マクロな生命現象の文脈における時間変動の仕組みや破綻の意義について、疾患などと関連づけた理解を目指す。それとともに、開発した技術を他のさまざまな酵素に適用し、酵素活性の時間的変動パターンが有する生物学的意義をさらに探求する予定である。

本研究は、Y. Katsura *et al.*, *Sci. Rep.* 5, 14589 (2015) に掲載された。

(2015年10月1日プレスリリース)

Akt に連結した人工光感受性酵素を培養細胞に導入し、細胞に異なるタイミングで光を照射する。光照射の時間パターンが決まれば、細胞内シグナルの数理モデルに基づき、Akt活性の時間変化を定量的に予測することができる。

CASE 4

最初の植物の姿 超高压電子顕微鏡が描きだす

光合成をする植物のはじまりは今から10~20億年前であり、真核細胞がその内部に共生した

シアノバクテリアを葉緑体にすることで

「一次植物」になった。

しかし、最も原始的な一次植物である

「灰色植物」内の一群では

細胞が厚い細胞壁で覆われているので

走査電子顕微鏡の観察ができません、

最初の植物細胞がどのような姿であったかは

謎に包まれていた。

今回我々は、世界最高加速電圧の

超高压電子顕微鏡を用いることで、

厚い細胞壁で覆われた灰色植物の細胞内部の

微細な三次元構造を明らかにし、

最初の植物細胞の微細構造を初めて立体的に推測した。



葉緑体をもつ植物細胞の起源と植物界の定義に関して、我々はゲノム情報をより正しく使用して明らかにしようとした研究を2003年から開始した。その結果、一次植物の祖先から二次植物（一次植物が2回目の共生で葉緑体となったミドリムシ類や褐藻類等）や無色の原生生物が進化したという「『超』植物界仮説」を2007年に提唱した。その後、世界の研究者が競ってこの仮説を覆そうとしたが、現時点ではゲノム配列情報から本仮説を肯定することも否定することもできないとする論文が最近発表された。従って、ゲノム配列以外の情報から植物の起源を探ることも重要と考え、

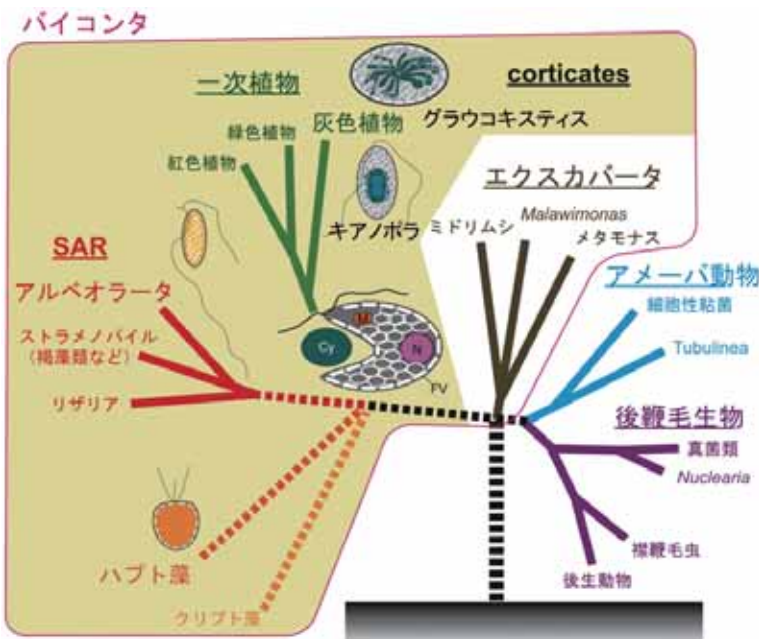
今回、最も原始的と考えられている一次植物「灰色植物」の形態学的研究を実施した。灰色植物は単細胞~群体性の淡水産の生物で葉緑体の色素組成や分裂様式がシアノバクテリアに極めて類似しており、葉緑体を獲得した直後の始原的植物細胞を明らかにするモデル生物群でもある。

灰色植物には2大系統があり、一方が細胞壁を欠く鞭毛型細胞のキアノポラ (*Cyanophora*) であり、もう一つが厚い細胞壁で覆われた不動細胞をもつグラウコキスティス (*Glaucocestis*) 等の系統である。我々は2014年にキアノポラの細胞表層構造を超高分解能「電界放出形走査型電子顕微鏡 (FE-SEM)」などの複数の電子顕微鏡法を用いて明らかにした。特にFE-SEMは細胞壁のないキアノポラ の原形質体を表層から直接観察するのに有効であり、細胞膜の内側を裏打ちする細胞全体を覆う密な小葉状の扁平小胞を明らかにした。しかし、細胞壁で覆われたグラウコキスティスの原形質体表層の観察にはFE-SEMが有効でないのは明らかであった。また、2大系統の一方だけの情報で灰色植物の共通の祖先を推測することはできない。

今回我々は大阪大学超高压電子顕微鏡センターとの共同研究で、当センターが保有する世界最高加速電圧の超高压電子顕微鏡を用いることで厚い細胞壁で覆われているグラウコキスティスの原形質体表層の微細な三次元構造を明らかにした。この構造はグラウコキスティスの細胞膜全体を小葉状の扁平小胞が密に裏打ちするというものであり、基本的にはキアノポラのものと同じであった。従って、このような微細三次元構造をもつ祖先細胞が葉緑体を獲得したという「10~20億年前の最初の植物の姿」が推測された(図)。今後、他の真核生物の微細構造を明らかにすることで、光合成植物の起源の理解がより深まると期待される。

本研究成果は、T. Takahashi *et al.*, *Sci. Rep.* 5, 14735 (2015) に掲載された。

(2015年10月6日プレスリリース)



今回の成果を基にして考えられる最初の植物細胞の進化の模式図。シアノバクテリアを取り込み葉緑体にしたとされている最初の植物細胞（一次植物の祖先）が今回灰色植物で明らかになったような細胞膜を密に裏打ちする扁平小胞をもつ単細胞生物であったと考えられる。同様の細胞膜を裏打ちする構造が二次植物のハプト藻類等でも認められる。なお、「超」植物界仮説では一次植物はこのようなとまらない。褐藻類、アルベオラータの一部、クリプト藻、ミドリムシも二次植物である。「SAR」はストラメノバイル、アルベオラータ、リザリアの総称である。Cy, シアノバクテリア; FV, 扁平小胞; M, ミトコンドリア; N, 核。

東京大学玉原国際セミナーハウスは2005年から数理科学研究科によって運営されているセミナーハウスである。湿原でも有名な玉原は駒場から2時間半ほどのところに位置し、自然が豊かな群馬県の山の中にある。山の中でもセミナーハウスには文献検索に必要なインターネット環境が充実している。また数学以外のセミナーでも利用可能だ。セミナーハウスが開かれている5月から10月の間、数理科学研究科のさまざまな分野のグループにより毎年多くの研究集会が開かれている。

その中の一つである、「特殊多様体研究集会」はセミナーハウス設立の次の年から、毎年開催されている。代数幾何や複素多様体のなかでも特殊多様体と微分方程式をテーマとするこの研究集会は、研究者間の情報交換の場所として、問題提起の機会として、役割を果たしてきた。また大学院生の教育の場としても機能している。

数学の研究がどのように行われているかは千差万別である。日々の研究においてもっとも基本的な活動は、論文を読むこと、アイデアを煮詰めること、計算をすることなどだが、人の話を聞くことや、自分の考えを人に話すことも、大変重要な要素になる。数学の世界では様々な研究集会が、各地の大学などで頻繁に行われるが、そういった集會に参加することは、研究上欠くことのできない活動である。ただ、1時間聞いても、通り一遍の講演ではその本質がつかめないことも多々ある。

ドイツにオーベル・フォルファツァ研究所(Das Mathematisches Forschungsinstitut Oberwolfach)というシュバルツ・バルトの山中にある研究所がある。そこでは、個別のテーマについての一週間くらいのセミナーが常に行われている。山の中ということもあり、参加者はすべて泊まり込みで、会期中は全員寝食をともにする。それが研究者間の化学反応をもたらしているところが、大学などで行われる通常の研究集会と大きく異なるところだ。

ドイツにオーベル・フォルファツァ研究所(Das Mathematisches Forschungsinstitut Oberwolfach)というシュバルツ・バルトの山中にある研究所がある。そこでは、個別のテーマについての一週間くらいのセミナーが常に行われている。山の中ということもあり、参加者はすべて泊まり込みで、会期中は全員寝食をともにする。それが研究者間の化学反応をもたらしているところが、大学などで行われる通常の研究集会と大きく異なるところだ。

玉原国際セミナーハウスも、その様な環境が数学の研究において重要だ、といった考え方から開



玉原セミナーハウスの秋

かれた。オーベル・フォルファツァ研究所の様な場所が研究環境として機能する理由の一つとして、数学という学問は実験道具がなくても、黒板とチョークがあれば成り立つ、という事情もある。「特殊多様体研究集会」でテーマとして扱っている代数幾何、複素多様体論と関連した微分方程式などについて述べよう。理工学で使われる特殊関数、三角関数、対数関数あるいは指数関数は、比較的簡単な代数的な微分方程式で記述されている。その代表として挙げられるのがガウスの超幾何関数である。代数的な微分方程式から導かれるこれらの関数を扱おうとすると、微分方程式の定義域を幾何学的にとらえることがとても重要になる。そういった幾何学的な対象は、現代数学では多様体自身が多様体と呼ばれている。現在は多様体自身が体系的に研究されるようもなった。ホッジ構造や周期写像などの理論的基礎付けが充実してきて、さらに計算機の性能も上がってきたことで、以前はなかなか手のつけられなかった問題にも取り組めるようになってきている。現代数学がうまく利用できる問題も多くある。「特殊多様体研究集会」では関連している代数幾何、微分方程式、計算機の専門家が参加し、毎年やりとりされている話題は研究者の交流を深め、多くの研究のきっかけになっている。

「はい、ちょっとフォーカス増やして」「お、これでだいたいあったかな」「じゃあ、最初のターゲット向けましょう」「露出何秒でいきます?」「まあ、まずは60秒かな」「望遠鏡向いたね。じゃあ露出開始します」「お、きたきた」「おー! 写ってる! ちゃんと輝線も写ってるやん!」

2009年6月9日、チリのチャナントール山山頂で我々のグループが開発していた近赤外線カメラ ANIR (Atacama Near-InfraRed camera) がファーストライト (初めて星からの光を入れた観測を行うこと) を迎えた瞬間である。

天文学教育研究センターは、南米チリにある標高5640mのチャナントール山山頂に口径1mの赤外線望遠鏡 miniTAO を2009年に設置した。これは、2015年末の現在も世界最高標高の天文台としてギネス記録に登録されており、この場所の抜群に低い水蒸気量 (日本国内晴天時の1/20以下) で実現される赤外線での高い大気透過率により、これまで衛星望遠鏡でしかできなかった観測を地上から行おうというものである。わたしたちのグループ (本原研究室) では、この望遠鏡に取り付けて、電離水素の再結合輝線の一つであ

るパッセン α ($1.875\mu\text{m}$) を観測するためのカメラ ANIR の開発を行ってきた。とはいってもそんなカメラを丸ごと作ってくれるようなメーカーはほとんどないし、そもそも予算が限られていたこともあって、自分たちで全部やるしかない。光学系こそ小さな光学設計会社と相談しながら (破格値で!) 設計製作してもらったものの、赤外線検出器は国立天文台のすばる望遠鏡でもう使わなくなったお古を借りてきてその駆動回路とソフトウェアは自作し、フィルタ交換機構も自作、そのモーターを動かす Linux のドライバも自作、それらを入れて冷却する真空冷却システムは既存の試験デューワーを自分たちで改造するという、ほぼ完全に手作りである。

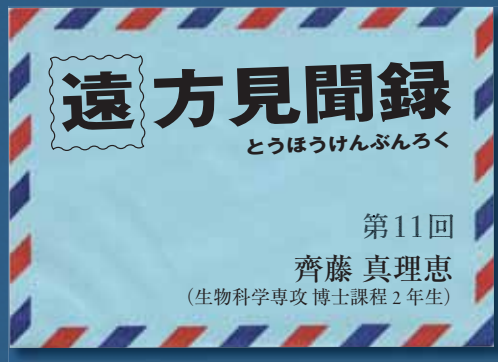
これを完成させてチリに持ち込んだのが2009年5月。まずは、麓の村で借りた一軒家で試験をするのだが、輸送された木箱を自分たちで開梱しないといけない。院生と二人で汗だくになって木箱を全部ばらし、100kgを超えるカメラ本体を家に運び込もうとしたら扉の幅が狭くて入らない! (砂漠なので) 砂塵舞う中、一部分解して何とか運び込んだ。で、真空冷却試験を始めようとしたところ、真空ポンプが動かない。うわ、壊れたか! と思って調べたら、コンセントの電圧が90Vしかない。その時はバックアップの発電機を動かすことで事なきを得たが、電源事情の悪さにはそのあといろいろな苦労させられた。

とはいえ冒頭のファーストライトのあとは ANIR も望遠鏡も安定し、それまでの苦労が嘘のように順調にデータを出し続けてくれた。何人もの修士、博士課程の学生がこのデータで学位も取れた。これがあるから、装置開発はやはり楽しい。でもやっぱり一番うれしいのは、自分たちの作ったカメラが初めての星の像を結んだその瞬間を見ることだ。僕らはそのために毎日実験室でネジを回し、はんだ付けをし、ソースコードを書く。

余談になるが、こういったファーストライトの後はケーキなどでお祝いをする。わたしたちはレトルトの赤飯を持ち込んでいたのだが、下山したら停電していて電子レンジはおろか電灯も使えず、仕方がないので湯せん (プロパンガスが使えた) して蠟燭の灯りの中しんみりと祝った。



ファーストライト観測ランの後に miniTAO 望遠鏡にとりつけられた ANIR (望遠鏡の赤いリングの下に取り付けられている部分) の前で記念撮影。左上から特任助教の小西真広さん、当時大学院生だった大澤亮さん、技術職員の加藤夏子さん、筆者。



Profile

2012年 東京大学理学部生物学科 卒業
2014年 東京大学大学院理学系研究科
生物科学専攻修士課程 修了
現在 同博士課程在籍

アドリア海の東, ブラチ島に集うヒトの多様性

Japanが実は日本という本名をもっているように、東欧の国、クロアチアも本名は、フルヴァツカ (Hrvatska) という。2015年初夏、博士課程2年の私は国際会議で研究発表をするべく、クロアチア・ブラチ島へ向かっていた。首都ザグレブから港町スピリトへと走る列車の中、車窓には緑の風景が広がっていた (右図)。向かいの席では、長い髪の少女—演劇学校に合格したばかりとのことだが、小さな桃のような果実を食べていた。

第9回応用生物科学国際会議 (9th International Society for Applied Biological Sciences Conference) は、遺伝学を用いる医学 (パーソナルゲノム医療など) と法医学 (DNA 鑑定など) と人類学 (人類集団のルーツ探求など) の研究者らで共催されていた。ここで私は、細胞の解毒をになう酵素遺伝子の個人差についての研究発表をおこなった。他の研究者



首都ザグレブから港町スピリトへと走る列車の車窓から見た緑の風景

の発表も多彩で、「カースト制度がヒトの遺伝的多様性に与える影響」や、「文豪の墓地に埋葬されているのは本当に本人なのか確かめる」など、社会とかかわる学際的な研究発表も多かった。さらに本会議は若手育成の意図ももつらしく、「Meet the professor」という企画において、贅沢なことに学生限定で、著名な人類遺伝学者たちと一対一で議論をすることができた。ここで、大御所のマーク・ストーンキング (Mark Stoneking) 博士から研究ヒストリーをうかがったり、1000人ゲノム解読計画に携わったヤーリー・シュ (Yali Xue) 博士から、私自身の研究に関する最新の解析方法を教わったり、興味深かったマーク・ジョブリング (Mark Jobling) 博士の講演に対しての質問に丁寧に答えていただいたりすることができた。

おそらく東洋からの参加者は他にいなかったが、その分欧州のさまざまな人と触れあうことができた。ポルトガルから来た、ある法医学学生は日本のマーシャル・アーツに詳しかった。彼はブラジルの日本人街に行ったことがあるそうで、そこで「マト

リョーシカのような、目のない人形」を購入したとのこと。その人形は何かと聞かれ、絵を描いてもらい、そのうちにやっどダルマのことだと分かり安心。

また、滞在中幾つかのクロアチア語を覚えた。モリム (molim) がどうぞ (please) に相当するようだ。学会会場であるホテルのルームナンバー 382 のトリ、オサム、ドバ (tri, osam, dva) も陽気な従業員に教わった。osam は日本人名のように面白い。現地の食べ物はやや塩味がきいていたがおいしかった。こと印象を残したのは海産物、炭酸入りヨーグルト、プラムやサクランボの酢漬けである。

国際会議や短期のワークショップは海外体験として比較的挑戦しやすいものではないだろうか。なればこそ、学徒ならではの好奇心を発揮して、日本人があまり行かない国に敢えて行ってみるのも一興かもしれない。本出張は、東京大学ライフイノベーション・リーディング大学院 (GPLLI) および日本学術振興会の支援を受けて行った。



古代ローマ時代に建てられたディオクレティアヌス宮殿には町が形成され、地元の人や観光客でにぎわっていた (スピリト)

理学の本棚

「宇宙の果ては どうなっているのか？」

最新の宇宙像を解説する本はたくさんある。でも宇宙を知るための最先端研究がどのように行われているかについて書かれた本はあまりない。「日本の若者に宇宙研究の現場を知ってもらおう。」本書の執筆依頼を受けた時に真っ先に思ったことである。

私たちが研究に使うすばる望遠鏡は、ドームを含めた構造全体の高さが43mで、およそ10階建ての建物の大きさに匹敵する。その中に鎮座する口径8mの主鏡とそれを支えるロボットアームは巨大な精密装置であり、理想的な鏡面からのズレが12nm、髪の毛1本の1/5000しかない。人類の英知を結集して作られた望遠鏡。これで遥か彼方の宇宙で発せられた光がとらえられる。

今日、すばる望遠鏡をはじめ様々な高性能望遠鏡で宇宙観測が行われている。これにより遠くの宇宙が見えるだけでなく、その位置での昔の姿が見えてくる。光の速度が有限だからだ。そして、ビッグバンから4億年後の時代、つまり現在の宇宙年齢(138億年)の3%の時代にある天体までもが観測されている。さらには、宇宙がビッグバンで誕



生してから間もない時代、3000度の熱いプラズマで満たされた宇宙もマイクロ波の背景放射として見えている。

このような現状において、どういった研究が現場で展開されているのか、何が既知で何が未知なのか。私を含めた研究者たちの誤解や失敗、そして発見の面白さを盛り込みながら最先端研究の現場を解説した一冊である。



大内正己著
「宇宙の果てはどうなっているのか？」
～謎の古代天体「ヒミコ」に挑む～
宝島社

ISBN 13:978-4800226396

温故知新

第12回

ディーンと三崎臨海実験所

對比地 孝亘
(地球惑星科学専攻 講師)

私が担当している古生物学の授業で必ず出てくる化石の動物の一つに、クラドセラケ (*Cladocelache*) というデボン紀の軟骨魚類がいる。一見すると現生のサメ類に似た体のフォルムをしているが、顎の骨格などに原始的な形態を残しているため、脊椎動物の進化を語る上で欠かせない種の一つである。このクラドセラケを命名したのが、20世紀の初頭に活躍したアメリカ人のバッシュフォード・ディーン (Bashford Dean) である。ディーンは、軟骨魚類や板皮類などの研究者であると同時に、中世の甲冑の収集や研究でも知ら



三崎の城ヶ島沖から採集されたシャミセンガイ (殻長11mm, 地球惑星科学専攻 遠藤一佳教授提供)

れる人物であるが、三崎の臨海実験所にも滞在して研究を行っていた。その体験記が *Popular Science Monthly* という雑誌の1904年7月号に載っている (Biodiversity Heritage Library などオンラインデータベースにおいて

閲覧可)。その中でディーンは、臨海実験所は戦国時代の城跡で、戦国武者の亡霊が現れるので人が寄り付かない場所につくられたという記述をしている。私が学生の時の臨海実験所での実習の折にも、ここには幽霊がでるとい話を聞かされて、夜になると怯えていた記憶がある。それは明治時代も同じであったようである。またディーンは、三崎の周辺で採集される海産動物についても述べており、その中には地球惑星科学専攻において現在も研究されている腕足動物のシャミセンガイなどが挙げられている。ディーン

はそのような三崎周辺の海産動物の多様性と、彼の話をした日本人の親切さを讃えてその文章を結んでいる。両方とも時代を越えて守っていかなければならない日本の誇る財産である。

ノーベル物理学賞の梶田隆章教授が文化勲章を受章

濱口 幸一 (物理学専攻 准教授)

東 京大学宇宙線研究所所長の梶田隆章教授 (物理学専攻 併任) が、2015年11月3日 (火) に文化勲章を受章されました。誠にありがとうございます。梶田先生は「ニュートリノが質量を持つことを示すニュートリノ振動の発見」により2015年ノーベル物理学賞を受賞されました。ニュートリノは素粒子の1種ですが、他の素粒子との相互作用が極端に弱く観測が非常に難しい粒子です。素粒子物理学の実験結果のほとんどは「素粒子の標準模型」と言われる理論によって矛盾なく説明出来ていますが、その標準模型では、ニュートリノは質量を持たないとされていました。しかし梶田先生たちがスーパーカミオカンデによってニュートリノ振動を発見し、標準模型が完全ではないことが

明らかになりました。ニュートリノ振動およびニュートリノが質量を持つことは、標準模型を超える新しい物理が存在することの証拠であり、ニュートリノ質量の起源や、ニュートリノが自分自身の反粒子かどうか、また宇宙に存在する物質と反物質の非対称性との関係など、新たな謎へも繋がり今後の研究を切り拓くものです。なお、梶田先生が率いたスーパーカミオカンデ実験は、ニュートリノ振動研究に貢献した国内外の他4グループとともに基礎物理学ブレークスルー賞にも選ばれています。梶田先生の文化勲章受章および、基礎物理学ブレークスルー賞受賞に心より祝辞を申し上げますとともに、今後ますますのご活躍を祈念いたします。



梶田 隆章 教授

黒岩常祥名誉教授が瑞宝重光章を受章

中野 明彦 (生物科学専攻 教授)

本 研究科名誉教授 (生物科学専攻) の黒岩常祥先生が、2015年秋の叙勲で瑞宝重光章を受章されました。

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年まで生物科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、しばらく立教大学で活躍され、現在もなお日本女子大において研究者として第一線の活躍を続けられています。

黒岩先生は、ミトコンドリアと葉緑体の分裂装置の発見に基づく分裂増殖および母性遺伝のしくみの解明に多大な貢献をされてきました。また、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。さらに最近で

は、よりゲノムサイズの小さいメダカにも研究を展開し、真核生物の誕生と増殖の基本原則の解明に努力されています。

黒岩先生はこれまでにもたくさんの賞を受けられ、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、2011年には文化功労者に選ばれています。この度の叙勲、度重なる栄誉は、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

第27回理学部公開講演会「理学の真実」を開催

三河内 岳 (地球惑星科学専攻 准教授)

2015年11月20日(金)に第27回理学部公開講演会「理学の真実」が開催された。これまでの理学部講演会は安田講堂などを使って休日に700人規模で年2回実施してきたが、今年度からは、小規模のものを小柴ホールで平日に開催していくという方針となり、今回はその初めての試みであった。応募者多数のため、事前に抽選を実施せざるを得なかったが、当日は抽選に当選した130名ほどの参加者が集まった。

山内薫教授(副研究科長・広報委員長)の挨拶で始まった講演会では、まず地球惑星科学専攻のロバート・ゲラー教授による「地震学の現状と限界～想定外を想定しよう」という講演が行われた。ゲラー教授は、随所に聴衆の笑いを誘う話を交えながら、地震予知がいかに難しいか、そして、予知

ではなく、いかに防災に対策を講じる必要があるかをテンポ良い語りで話した。また、もう一つの講演では、生物科学専攻の入江直樹准教授が「胎児期に隠されていた進化の痕跡」という題目で講演した。動物の胚発生と生物進化の関係が歴史的経緯を含めて紹介された後、最先端の研究結果により、これまでの考えとは異なる法則性が発見されたという興味深い話が披露された。両先生とも、講演の後に出席者から多くの質疑があり、それぞれの講演内容に対して、熱心なやり取りが展開された。

このように、新しい形式で実施された今回の公開講

演会だが、講演者の先生方、参加者の募集や抽選などにご尽力された広報室に深く感謝しつつ、今後も理学のアウトリーチが一層促進されることを期待したい。



第27回理学部公開講演会当日の様子

大盛況の1年生向け理学部ガイダンス

長谷川 哲也 (教務委員長/化学専攻 教授)

2015年12月4日(金)18:45～21:00に、駒場900番講堂にて1年生向け理学部ガイダンス「なぜ私は理学を選んだか」を開催した。用意した資料400部がすべてなくなるというまさに大盛況で、参加者は420名以上と推定される。梶田教授のノーベル物理学賞受賞によるところが大きいですが、正門に立看板を掲げて宣伝した効果も少なからずあったと考えている。

横山広美広報副室長司会のもと、まず福田裕穂理学部長が理学の面白さについて明快に語った。続いて、筆者から理学部の教務全般について、榎本和生キャリア支援室長からは就職に関して説明を行った。

次に、倉林伸博さん(生物化学科・助教)、片山智博さん(情報理工学系研究科コンピュータ科学専攻・修士課程1年)、石田

啓さん(化学専攻・修士課程2年)から、なぜ理学部を選んだかについて、それぞれ生々しくも説得力のある講演があった。その後、各学科の代表10名によるパネルディスカッションが行われた。自己紹介や会場からの質問に答える形で、他の学科とどこが違うのか、実際の学科の雰囲気はどうなのかなどが紹介され、大いに盛り上がった。

ガイダンスの後半では、学科ごとにスペースを設け、菓子をつまみながら、学科の教員、学生が1年生と懇談した。熱心な質問が続き、予定した時間を大幅に超過してお開きとなった。一人でも多くの1年生が理学を志して下さることを切に願っている。



パネルディスカッションの様子



懇談の様子

理学部1号館東棟予定地の遺跡調査と見学会

原 祐一 (埋蔵文化財調査室 助手)

江戸時代、本郷キャンパスの西側には加賀藩邸、東側には富山藩邸・大聖寺藩邸が、浅野・弥生両キャンパスと隣接する住宅地には水戸藩邸が配置されていた。「加賀藩本郷邸園」(1840-1845年頃)によれば、育徳園(現、三四郎池)の南側に御殿が、周辺に役所、家臣の住居が配置された。理学部1号館東棟建設予定地は育徳園の北側で、建設に先立ち、埋蔵文化財調査室が2015年8月から12月まで遺跡調査を行った。建設予定地と理学部7号館(1985年調査)周辺は「武州本郷第Ⅷ」(1688年)によれば下級武士の住んだ「御歩(おかち)町」と、上級武士の住んだ「八筋(やすじ)長屋」で、ほぼ同じ配置で幕末に至る。旧1号館跡地の北側で「御歩町」の長屋を取り囲んだと考えられる柵を検出し、南側では「八筋長屋」の区画を示す石垣、道、井戸を検出し、

陶磁器などが出土した。藩邸全体では2,000~3,000人の家臣が居住したとされる。今後、家臣の生活、土地利用の変遷の解明が期待される。

理学部1号館東棟予定地の遺跡見学会を2015年10月23、24日に開催した。2日間で600名が参加した。遺跡調査の様子を見学者に間近で見させていただき、出土した遺物、遺構、これまでの成果について、調査室員と遺跡調査会社で解説を行った。当地点との比較資料として、加賀藩の御殿で大奥の一角を調査した際に薬学系総合研究棟の地点から出土した陶磁器や化粧道具を展示し

た。このほか、浅野キャンパスの調査から水戸藩と弥生時代の研究成果、育徳園の池の調査結果を展示した。今後は、報告書や展示などによる成果の公開を計画している。



遺跡見学会の様子

2015年度高校生講座報告

横山 広美 (広報室副室長/科学コミュニケーション准教授)

広報室では、理学の楽しさを伝える活動として、高校生を対象(中学生も参加可)に「理学部高校生講座」を継続して開催している。今年度も春休み、夏休み、冬休みにそれぞれ開催し、計16名の教員に講演いただき、総計965人の高校生・中

学生の参加があった。

いずれも盛況で、中学生の参加も多かった。1時間の講義の後に設けた20分の質疑には、多くの質問を受け、講演者が丁寧に答えていた。質疑の後には、講演者の前に長い列ができ、質問が続いた。

講演者と直接に対話できる貴重な経験が、彼らの好奇心の芽を大きく育てると確信している。

《東大理学部「高校生のための講座」講演者一覧》

春休み講座 (2015年4月2・3日開催)

物理学科 山本智 教授	情報科学科 五十嵐 健夫 教授
生物学科 赤坂 甲治 教授	地殻化学実験施設 小松 一生 准教授

夏休み講座 (2015年8月17・18, 20・21日開催)

生物化学科 上村 想太郎 教授	化学科 イリエシュ・ラウレアン 准教授
数学科 志甫 淳 教授	物理学科 安東 正樹 准教授
物理学科 長谷川 修司 教授	地球惑星物理学科 岩上 直幹 教授
天文学科 戸谷 友則 教授	物理学科 松尾 泰 准教授

冬休み講座 (2015年12月24・25日開催)

地球惑星環境学科 高橋 嘉夫 教授	物理学科 小形 正男 教授
生物学科 大橋 順 准教授	天文学科 尾中 敬 教授



「高校生のための冬休み講座2015」の様子

「第1回 東京大学技術発表会」開催のお知らせ

技術部

2 012年4月に東京大学総合技術本部が設立されました。これにより技術職員の専門技術の交流や相互啓発の場として、本学創立以来初の全学規模で実施する技術発表会を開催することになりました。ぜひご来場をお待ちしております。

- 【日時】 2016年3月10日（木）13時～11日（金）15時30分
 【場所】 東京大学農学生命科学研究科・農学部 弥生講堂一条ホール ほか
 【入場】 無料
 【主催】 東京大学総合技術本部
 ※詳しくはHPをご覧ください。 <http://ts.engineers.u-tokyo.ac.jp/2016/>



東京大学技術発表会ポスター

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
2015年11月16日付 (2名)			
課程	物理	McLachlan Fukuei Thomas	スーパーカミオカンデの大気ニュートリノデータによるニュートリノと反ニュートリノ振動の研究と非標準ニュートリノ相互作用の研究 (※)
課程	生科	砂田 麻里子	植物における2つのRAB5グループの活性化機構の研究 (※)
2015年12月14日付 (2名)			
課程	化学	桂 嘉宏	数理モデルを用いたタンパク質リン酸化酵素 Akt 活性の時間パターン光操作法の開発 (※)
課程	生化	家村 顕自	染色体整列を制御する新たな分子機構の解析

人事異動報告 |

異動年月日	所属	職名	氏名	異動事項	備考
2015.11.4	ビッグバン	客員教授	STAROBINSKIY ALEXEY ALEXANDROVICH	採用	
2015.11.16	化学	特任助教	前田 啓明	採用	
2015.12.1	地惑	特任助教	SINHA PUNA RAM	採用	
2015.12.3	ビッグバン	客員教授	STAROBINSKIY ALEXEY ALEXANDROVICH	退職	
2016.1.1	天文	准教授	藤井 通子	採用	
2016.1.1	生科	准教授	神田 真司	昇任	助教から
2016.1.1	フォトン	特任助教	大間知 潤子	採用	本研究科・特任研究員から



理学部化学東館