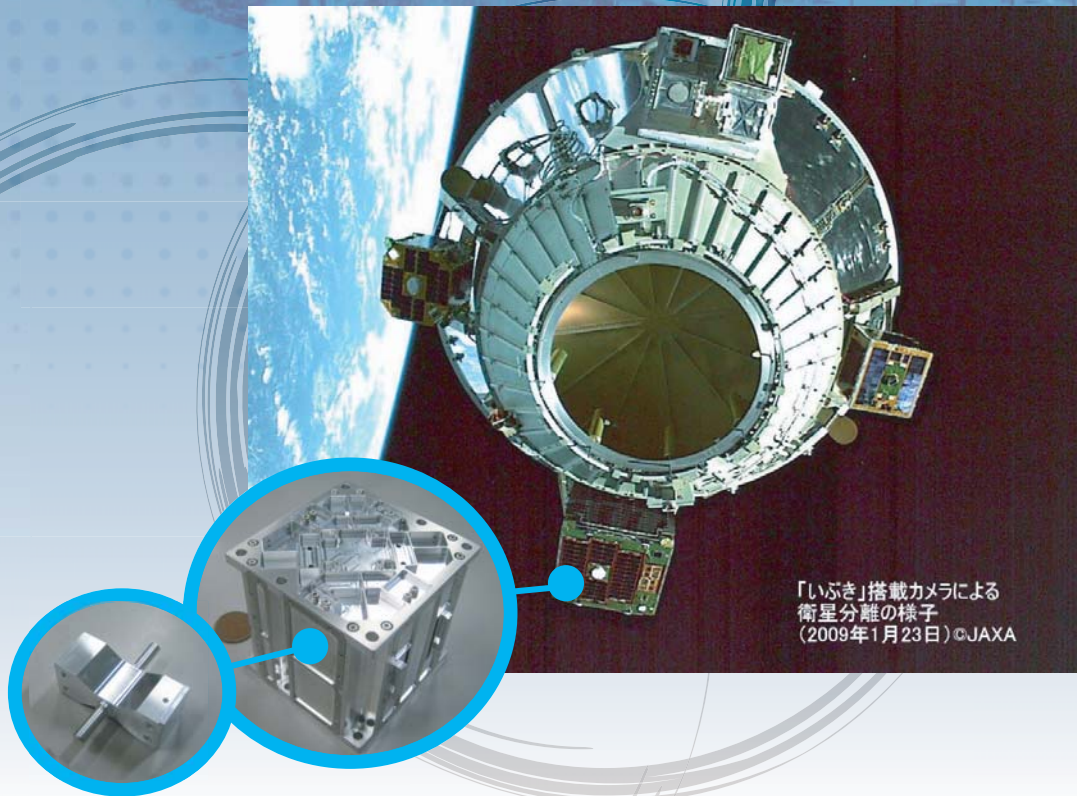




東京大学  
理学系研究科・理学部ニュース

2010年7月号 42巻2号

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



宇宙に飛び出した超小型重力波検出器 SWIM $\mu$ v

～理学の匠「重力波の計測」より～

本号の記事から

トピックス

研究ニュース

学科の教育メニュー

理学のキーワード

平成22年度文部科学大臣表彰若手科学者賞を本研究科から3名が受賞 ほか

ゲノム解読が初めて明かすメスとオスへの進化 ほか

地球惑星物理学科

「非整数階の微分方程式」「テキスト・マイニング」「表面超構造」

「マグマ」「放射光」「フロリゲン遺伝子 FT」

## トピックス

平成 22 年度文部科学大臣表彰若手科学者賞を本研究科から 3 名が受賞		
松尾豊特任教授の受賞を祝して	中村 栄一 (化学専攻 教授) .....	3
辻勇人准教授の受賞を祝して	塩谷 光彦 (化学専攻 教授) .....	3
狩野直和准教授の受賞を祝して	西原 寛 (化学専攻 教授) .....	3
岩村秀名誉教授が瑞宝中綬章を受章	村田 滋 (総合文化研究科広域科学専攻 教授) .....	4
辻井潤一教授が紫綬褒章を受章	石川 裕 (情報理工学系研究科コンピュータ科学専攻 教授) .....	4
黒岩常祥名誉教授が「みどりの学術賞」を受賞	中野 明彦 (生物科学専攻 教授) .....	5
理学系研究科等事務部の新体制について	総務課総務チーム .....	5
理学系研究科 2002-2008 年度博士取得者の就職状況	教務委員会 .....	6
第 8 回高校生のためのサイエンスカフェ本郷を開催	阿部 光知 (生物科学専攻 准教授) .....	7
理学部オープンキャンパス 2010 きになるリガク!	藤森 淳 (物理学専攻 教授) .....	7

## 学科の教育メニュー 第 2 回 地球惑星物理学科

地球と惑星の姿を解き明かす物理学への招待	佐藤 薫 (地球惑星科学専攻 教授), 小池 真 (地球惑星科学専攻 准教授), 井出 哲 (地球惑星科学専攻 准教授) .....	8
----------------------	--	---

## 理学の匠 第 2 回

重力波の計測	坪野 公夫 (物理学専攻 教授) .....	10
--------	------------------------	----

## 研究ニュース

リン酸化酵素による生物時計の周期制御 遺伝子の進化の道も一歩から	倉林 伸博 (生物化学専攻修了), 深田 吉孝 (生物化学専攻 教授) 中山 北斗 (生物科学専攻 博士課程 3 年), 塚谷 裕一 (生物科学専攻 教授) .....	11 12
21 世紀の赤外線天体カタログ, 日本から発信	尾中 敬 (天文学専攻 教授), 藤原 英明 (天文学専攻修了, JAXA 研究員) .....	13
ゲノム解読が初めて明かすメスとオスへの進化	野崎 久義 (生物科学専攻 准教授) .....	14

## 連載: 理学のキーワード 第 26 回

「非整数階の微分方程式」	山本 昌宏 (数理科学研究科 教授) .....	15
「テキスト・マイニング」	辻井 潤一 (情報理工学系研究科 教授) .....	15
「表面超構造」	長谷川修司 (物理学専攻 教授) .....	16
「マグマ」	小澤 一仁 (地球惑星科学専攻 教授) .....	16
「放射光」	岡林 潤 (スペクトル化学研究センター 准教授) .....	17
「フロリゲン遺伝子 FT」	米田 好文 (生物科学専攻 教授) .....	17

## お知らせ

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

- 表紙 超小型重力波検出器 SWIM $\mu$ v は GOSAT 衛星の相乗り小型衛星 SDS-1 に搭載されて 2009 年 1 月 23 日に打ち上げられた。その後、写真の左端に見えるテストマスの非接触支持とその制御に成功している。1 年以上たった現在も正常運用中であり、衛星からは貴重なデータが送られてきている。SWIM $\mu$ v はわれわれのグループと JAXA/ISAS, 物理学専攻の牧島・中澤研, 東大地震研等の協力によって開発された。

## 平成 22 年度文部科学大臣表彰若手科学者賞を本研究科から 3 名が受賞

広報誌編集委員会

文部科学大臣表彰若手科学者賞は、文部科学省が科学技術分野において独創的な視点に立った高度な研究開発能力を示す顕著な業績を挙げた 40 歳未満の若手研究者にその功績を讃えることにより、わが国の科学技術水準の向上に寄与することを目的として設立された研究賞である。平成 22 年度は、理学系研究科から光電変換化学講座（社会連携講座）の松尾豊特任教授、化学専攻の辻勇人准教授と狩野直和准教授の 3 名が受賞した。

### 松尾豊特任教授の受賞を祝して

中村 栄一（化学専攻 教授）

業績：「有機金属フラレーン複合体の合成と光電子機能の研究」

光電変換化学講座（社会連携講座）の松尾特任教授は、最先端の精密有機および無機合成化学を炭素クラスターの研究において実現し、物質科学の新世界を開拓してきました。特に、有機エレクトロニクス電子受容体として重要なフラレーン誘導体の高効率・高選択的合成を可能にする新規反応を数多く開発しました。このような独自の合成化学を基盤として、世界初のベルト型パイ電子共役分子、シャトルロック型フラレーン液晶分子、二重サンドイッチ型フラレーン複核金属錯体、月面着陸船の形をした光電変換分子などの新しい光・電子機能をもつ化合物群を創り出すのに成功し、この分野の世界第一人者となりました。また、有機薄膜太陽電池の研究においては、世界最高レベルのエネルギー変換効率 5.2% を与える新規フラレーン誘導体の開発に成功するなど、実用化に繋がる重要な研究成果もあげています。理学と社会を結ぶ有機太陽電池の研究において、益々のご活躍が期待されます。



■ 松尾豊特任教授

### 辻勇人准教授の受賞を祝して

塩谷 光彦（化学専攻 教授）

業績：「有機電子素子の革新に資する含典型元素有機材料開発の研究」

辻准教授（化学専攻）は、炭素-炭素および炭素-ヘテロ元素結合形成のための新反応を種々開発し、これらを斬新な機能性分子創製の方法論へと昇華してきました。特に、元素の電気陰性度、軌道間相互作用などといった概念を巧みな設計により分子物性へと実体化し、機能の発現へとつなげました。この方法論により、たとえば正孔・電子ともに非晶質で世界最高レベルの高移動度を示す両極性というユニークな特性を示す材料を開発し、それをを用いて「ホモ接合型」とよばれる従来型に比べてはるかに単純な構造を有する有機 EL 素子で三原色発光と理論限界に近い高効率の実現や、有機太陽電池の高効率化に資する有機材料の開発に成功しています。これら一連の研究は基礎科学・実用の両面から注目を集めており、それらに対する高い評価が今回の受賞理由となっています。理学の力による環境・エネルギー問題解決への挑戦はますます重要になると考えられ、辻准教授の今後の一層のご活躍を祈念いたします。



■ 辻勇人准教授

### 狩野直和准教授の受賞を祝して

西原 寛（化学専攻 教授）

業績：「典型元素間相互作用の構築に基づく特性発現の制御の研究」

狩野准教授（化学専攻）は典型元素化学と光化学の連携を図る独創的着想で、光照射により元素間相互作用を自在に操る手法を開発しました。まず、アゾベンゼンの窒素の孤立電子対が典型元素に配位できることに着目し、適切な分子設計光異性化の活用により、光照射だけで元素の配位数を相互変換する方法を開発しました。その方法を利用して、分子構造、ルイス酸性、反応性といった化合物特性の光制御を実現しました。さらに、配位結合の形成効果を機能性材料の開発へ展開し、常識を打破して強い蛍光を発するアゾベンゼンやイミンの開発に成功しました。また、新結合の創成という困難な課題に挑戦し、超原子価硫黄-硫黄結合や、高配位ケイ素-ケイ素結合などの新結合の構築によって、新たな分子骨格の形成の礎を築きました。これらの研究成果は、有機元素化学および関連分野で大きな注目を集めています。

狩野准教授の益々のご活躍を祈念いたします。



■ 狩野直和准教授

## 岩村秀名誉教授が瑞宝中綬章を受章

■ ■ ■ 村田 滋（総合文化研究科広域科学専攻 教授，化学専攻 教授 兼務）

本研究科名誉教授の岩村秀先生が2010年春の叙勲において、瑞宝中綬章を受章されました。これは、岩村先生の本学などにおける長年の教育および研究の功労と、その顕著な業績が高く評価されたものです。

岩村先生は本学理学部化学科をご卒業され、分子科学研究所教授を経て、1987年に本学理学部教授となられました。1994年に九州大学有機化学基礎研究センター教授に異動されるまで、本学における教育、研究、大学管理運営に多

大な貢献をされました。九州大学をご退職後は、学位授与機構審査研究部教授、放送大学教養学部教授、日本大学大学院総合科学研究科教授を歴任されました。

岩村先生のご研究は、新しい $\pi$ 電子系有機化合物の設計と合成、および物性開発に関するものであり、とくに、有機化合物を用いた分子性磁性体に関する一連の研究は、きわめて独創的なものとして国内外で高く評価されています。これらの卓越した業績により、1996年には紫綬褒章を受章され、さらに2003年には日本学士院賞を受賞されるなど、数多くの賞を受賞されています。

いっぽうで、岩村先生は1998年から大学評価・学位授与機構学位審査会の委員長を務められ、高等教育の発展に顕著な貢献をされています。さらに、日本学



■ 岩村秀名誉教授

術会議の委員として、また日本化学連合の初代会長として学術の振興にも尽力されました。

このたびのご受章を、心よりお慶び申し上げます。

## 辻井潤一教授が紫綬褒章を受章

■ ■ ■ 石川 裕（情報理工学系研究科コンピュータ科学専攻 教授）

紫綬褒章は、学術・芸術・スポーツで著しい業績を上げた人を対象とした褒賞です。情報科学科、情報理工学系研究科コンピュータ科学専攻、情報学環・学際情報学府の辻井潤一教授は、長年、知能情報学の分野において、とくに自然言語処理の研究で、機械翻訳における先駆的な業績ならびに、深い言語解析や意味に基づくテキストマイニングの新たな手法の開発などで国際的に高く評価される研究成果を収められています。

近年の顕著な成果としては、深い言語解析手法（構造・意味を取り扱う処理手法）とコーパス（分野別学習データ；量的側面を扱う機械学習による処理手法）に基づく、次世代テキストマイニング技術基盤の確立があります。本技術の応用例として、辻井潤一教授は、生命科学分野の知的な検索システムMEDIEを開発されています。とくに生命科学分野においては、膨大な論文投稿と異なる研究分野間での知識融合が著しく、知的なテキストマイニングの需要が顕在化してまいりました。MEDIEシステムにより、従来のテキストマイニング技術では不可能であった、高度な検索が可能になりました。

今回の受章は、長年にわたる辻井潤一教授の知能情報学の分野における優れた



■ 辻井潤一教授

業績と科学技術に対する多大な貢献が高く評価されたものであるといえます。ご受章心よりお祝い申し上げますとともに、ますますのご活躍を祈念します。

## 黒岩常祥名誉教授が「みどりの学術賞」を受賞

中野 明彦 (生物科学専攻 教授)

本学名誉教授である黒岩常祥先生が、2010年4月23日、天皇皇后両陛下ご臨席の「みどりの式典」において「みどりの学術賞」を受賞されました。みどりの学術賞は、国内において植物、森林、緑地、造園、自然保護などに係る研究、技術の開発そのほか「みどり」に関する学術上の顕著な功績のあった個人に内閣総理大臣が授与するものです。

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

年まで本研究科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。今回の受賞理由は、細胞小器官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仕組みの解明です。葉緑体およびミトコンドリアは、植物が太陽からエネルギーを取り入れるための必須の機能である光合成と細胞呼吸を担っています。黒岩先生は、これらの細胞小器官の分裂・増殖・遺伝の仕組みを世界で初めて解明するなどの顕著な功績を挙げ、斯学の発展に貢献したということが高く評価されました。

黒岩先生は、2008年にもこれらの業績により紫綬褒章と米国植物科学会パー



黒岩常祥名誉教授

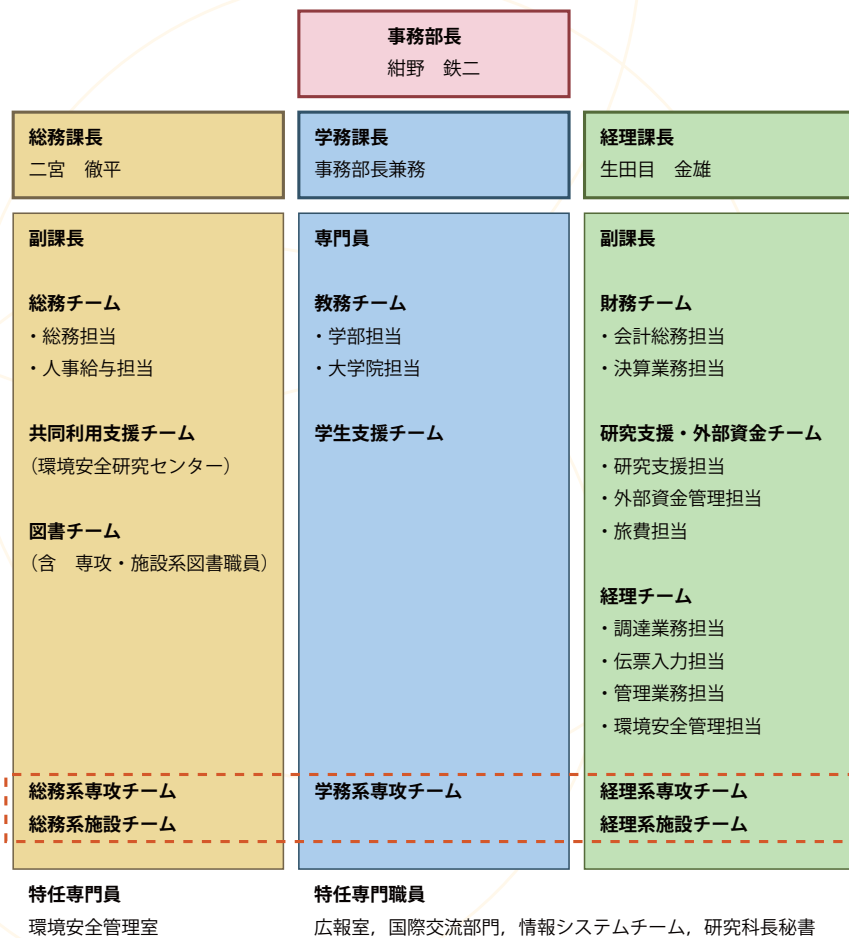
ンズ賞をダブル受賞されていますが、本年もさらに6月に日本学士院賞を受賞されることが決まっております(理学部ニュース2010年5月号にて既報)、再び栄えあるダブル受賞となりました。今後ますますのご健勝をお祈り申し上げます。

## 理学系研究科等事務部の新体制について

総務課総務チーム

理学系研究科等事務部は、事務量増大への対応と業務効率化を目指し、2010年4月1日付けで、これまでの事務長制から部課制へ改組された。

- ・ 1部3課制となり、事務部長および3課に課長を置いた。
- ・ 係を整理しチーム制とした(経理系はすでに先行導入済み)。
- ・ 専攻事務室職員は担当職務により、それぞれ総務系専攻チーム、学務系専攻チーム、経理系専攻チームとなった。
- ・ 附属施設・センター事務室職員は担当職務により、それぞれ総務系施設チーム、経理系施設チームとなった。



組織概略図。赤い点線内は、専攻・施設等事務室に配属されている職員を示す。

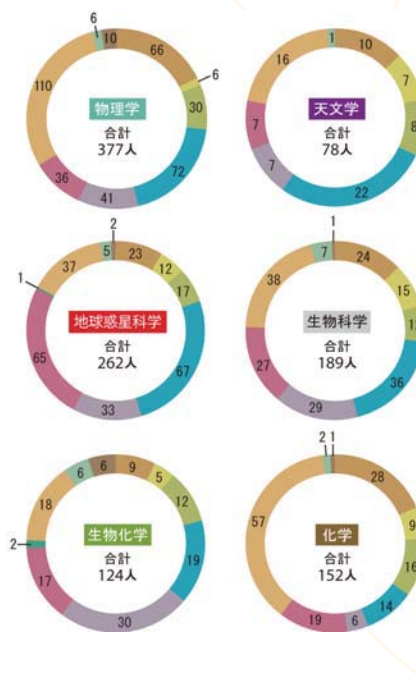
## 理学系研究科 2002-2008 年度博士取得者の就職状況

教務委員会

理学博士の学位を取得した者は、どのようなキャリアを描くのだろうか。理学系研究科教務委員会では、2002-2008 年度の7年間に理学博士を取得した1,182人を対象に、専攻ごとの就職先を調査した。理学博士の多くは、教育・研究をはじめさまざまな分野で活躍していることがわかった。

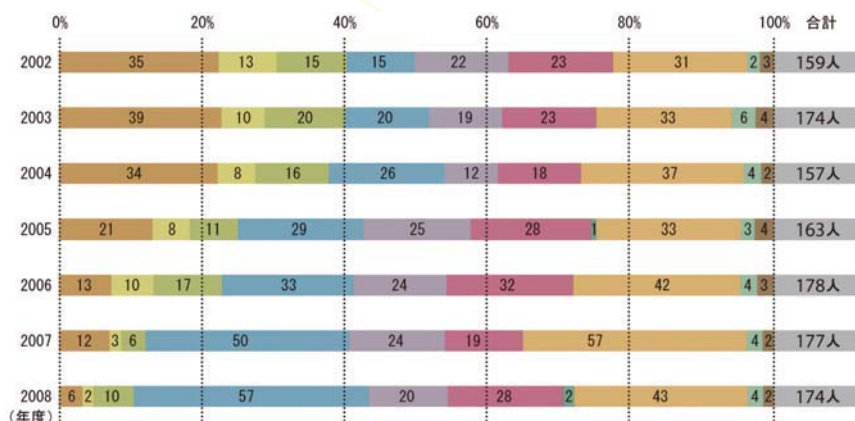
### 2002-2008 年度に博士号を取得した人の専攻別就職先比較

2002-2008 年度博士取得者の就職先を専攻ごとに比で示した。全体の割合としては、任期なし研究職が18%（特任助教などをいれて26%）、任期付き研究職（特任助教などとポスドク）が55%、企業・公務員が23%である（企業にも民間の研究職が含まれる）。専攻ごとの特徴としては、物理学専攻、化学専攻では企業・公務員の占める割合が他専攻と比較して高い。



### 博士取得年度別の現在の就職先比率 (2002-2008 年度博士取得者)

博士取得年度ごとに2009年末時点の就職先をまとめた。いずれも現在(2009年末)の就職先を示す。2008年度の博士取得者で、任期なしの研究職に就いた者は5%（特任助教などを含めると10%）で、残りの67%は任期付き研究職（ポスドク、特任助教など）である。

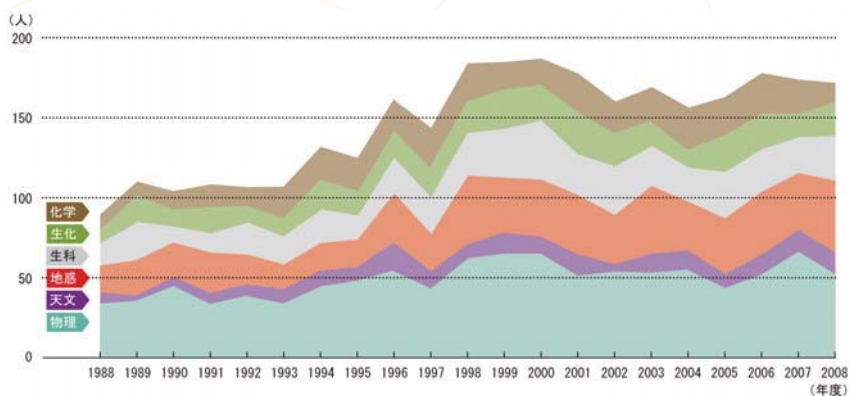


### 理学系研究科博士取得者数

理学系研究科博士取得者数を示した。欧米では、ポスドクが博士取得者の一般的なキャリアとされるが、日本でポスドクが研究の最前線で活躍するようになったのはこの10年ほど。1990年代

しかし、2002年度の博士取得者は、取得後7年で任期なしの研究職に30%（特任助教などを含めると40%）が就いている。同じ集団を追跡したものではないが、学位取得直後に7割の者がポスドクに就職するが、その後7年のうちにその半数は任期なしの研究職に就いていくことがわかる。

前半の大学院重点化以降、ポスドクは理学博士の重要なキャリアとして認知され始めた。1990年前後は年間100-110人だった博士取得者が、1990年代半ば以降160-180人と増加している。



理学系研究科は、教育・研究職の拡大と周辺のキャリアの開拓に取り組むとともに、進学を促し、理学博士のキャリアを考える基礎的な情報として、今後もこうした調査を継続し、客観的な情報を公開して行く。

注：文科省は2008年に2002-2006年度に学位を取得した理学博士のキャリア調査を実施し、その結果は最近公表された。

<http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/mat184j/idx184j.html>

本研究科もこれに回答したが、回答期間が短かったこともあり、不明率が2割程度と高かった（公表結果によれば、調査全体でも2~3割の不明率だったようである）。そこで本研究科では、2009年に独自に再度徹底調査を実施して、不明率を2%まで下げることができた。

## 第8回高校生のためのサイエンスカフェ本郷を開催

サイエンスカフェ実行委員長  
阿部 光知 (生物科学専攻 准教授)

理学部のアウトリーチ活動の一環として、2010年6月13日(日)午後1時より、理学部1号館小柴ホールにて「第8回高校生のためのサイエンスカフェ本郷」が開催された。当日は好天にも恵まれ、首都圏を中心とする中・高校生の男女40名が、研究の現場に触れられる貴重なひとときを大学院生・若手教員とともに楽しんだ。

今回は、「ナノへの招待状」のテーマに沿った話題提供を、二人の若手教員にお願いした。コンピュータ科学専攻の田中文昭助教による「DNAで創るロボット - 光学顕微鏡でも見えない極微小口

ボットの実現に向けて -」と、化学専攻の菅野憲助教による「生命現象を「光」でライトアップ - 細胞の中の分子を「みる」-」の二題である。ひじょうに分かりやすく興味深い講演に、参加者は熱心に聞き入っていた。講演後には、発表者も驚くほどの専門的な質問が参加者から投げかけられるなど、活発な議論もたいへん印象的であった。

講演に引き続いては、各専攻から参加してくれた大学院生と参加者が、少人数

のグループに分かれ、お茶を飲みながら歓談する機会を楽しんだ。研究内容に関する質問はもちろんのこと、研究室での日常生活や、大学院のシステムに関する質問が活発に飛び交い、あっという間に予定の時間が過ぎてしまった。研究室訪問終了後も、参加者と大学院生がホールにて談笑し、写真撮影に興じている姿が、このイベントの成功を物語っていると感じた次第である。



■ 小柴ホール前ホワイエでの大学院生と参加者のディスカッションの様子

## 理学部オープンキャンパス2010 きになるリガク！ 今年は8月4日に開催予定

理学部オープンキャンパス実行委員長  
藤森 淳 (物理学専攻 教授)

毎夏、恒例の東京大学オープンキャンパスが開催され、高校生をはじめ多くの方々が東京大学のキャンパスを訪れる。理学部はオープンキャンパスにとくに力を入れて取り組んでおり、その結果は全学一の参加者数に反映されている。理学部オープンキャンパスの目的は、多くの方々に理学部の活動とその成果を知っていただくことにある。自然界の原理を究明する理学の魅力を来場された方々に伝えるため、講演、展示、研究室見学ツアーなどを準備している。

理学部オープンキャンパス参加者の

約9割は高校生である。将来の選択肢として理学部に強い関心を持ち、オープンキャンパスに足を運んでくれる。期待に胸を膨らませて訪れる若い参加者の皆さんには、理学の魅力を十分に実感して欲しい。一方、理学部を選んだ場合にどのような学生生活が待っているのか、卒業後の自分の将来がどうなるのか、などいろいろな不安や疑問もあると思う。これらの疑問に答えるため、各学科では「相談・質問コーナー」を設けて、現役の学生が参加者の相談に乗る。さらに今年は、オープンキャンパス新企画講演会「学部・学科はどうやって選ぶ？理学部にしかできないこと」を開催し、先生方の体験を伺い、疑問に答えていただく。

現在、広報室とオープンキャンパス実行委員会は、学生、大学院生、博士研究員、教員、職員のご協力をえながら準備を進めている。今年も多くの皆さんに理

学の魅力を伝えられることを楽しみにしている。

開催日：2010年8月4日(水)  
受付場所：理学部1号館



OPEN CAMPUS 2010

オープンキャンパス2010ロゴ。理学は我々の現代の生活を支えるさまざまな学問の基、また長い年月を経て育つ大木の幹でもある。ふと気になること、そこに理学は始まる。

# 地球と惑星の姿を解き明かす物理学への招待

佐藤 薫 (地球惑星科学専攻 教授), 小池 真 (地球惑星科学専攻 准教授),  
井出 哲 (地球惑星科学専攻 准教授)

地球惑星物理学は、地球や惑星の上で生起するさまざまな現象を物理学により解明していく学問分野である。純粋科学でありながら、台風などの極端な気象やエルニーニョに関連する気候変動、大地震、火山噴火などの自然災害に対し予測可能性の探求という形で社会に貢献できるのも特色である。したがって、地球環境問題への関心が高まるなか、地球惑星物理学の社会的重要性は増しつつある。そして、地球・惑星・太陽系の過去・現在・未来のすべてを解き明かすためには、個々のプロセスを理解しシステム全体をとらえるための広範な科学的知識とそれを創造的に活用する能力が必要である。

本学科では、地球惑星物理学を究めるための基礎となる物理学や物理数学の修得にとくに力を入れている。2年生4学期は物理学科、天文学科の学生と共にその基礎を勉強する。そして、学年が進むにつれ、地球惑星科学の基礎講義や、研究に必要な知識や技術を身につける演習の割合が増える。3年生では、地球流体力学や弾性体力学、宇宙空間物理学など地球惑星物理学の考え方の基本となる体系的な固有の物理学を、4年生では、これらを基礎とする気象学や海洋物理学、太陽地球系物理学、地震物理学、地球惑星システム学など地球惑星物理学科らしい科目を学ぶことになる。このように、学部の段階では専門を絞り込まず地球惑星科学の各分野を広く学習することが奨励されているため、卒業論文が課されないことも本学科の特色である。

学科で修得する確固とした基礎力と幅広い専門知識は、大学院で行う本格的な研究展開に大いに役立つことになる。

地球惑星物理学は自然現象を研究対象とするため演習は野外に出ることも多い。現在はインターネットで必要なデータが容易に入手できる時代だが、観測実習を通じてデータの取得法やデータの性質についての深い理解が可能となる。いっぽう、地球惑星物理学の研究には、大規模な数値計算を必要とすることが多い。計算機演習や特別研究での実践を通じて、他分野にも応用可能な高度な計算機活用能力を修得する者も出てくる。また、現象の普遍性を実験で確認し、分析手法を学ぶ実験演習も行われ、多くの技術を身につけることもできる。こうして、観測系・理論系・計算系・実験系の研究手法を一通り体験することは、自分の適性を見極めるよい機会となると同時に、将来必要に応じてどのような手法も自在に使えるポテンシャルをもつことになる。以下、演習科目を中心に学年の流れを詳しく紹介する。

## ■進学振り分け

地球惑星物理学科は、上限定数32名(うち第一段階は理科一類17名と全科類6名の合計23名)で学生を募集する。第二段階においては、地球惑星物理学科と天文学科は志望順にa・bの登録が可能である。





■ 2 年生 4 学期

進学内定後の最初の半期は、専門科目を学ぶための準備として物理学と物理数学を勉強する。講義に加えて地球惑星物理学科で独自に開講される演習では、丁寧な指導のもと問題を解き実践能力を高める。地球惑星物理学を概観する導入講義も行われる。ハードなカリキュラムであるが、これを乗り越えると楽しい本郷での生活が待っている。

■ 地球惑星物理学演習 (3 年夏。週 3 回午後)

地球惑星物理学では数値シミュレーションやデータ解析で計算機を使う機会が年々増えている。そこで、Unix マシンでのメールの読み方から Fortran プログラミングによる簡単な数値シミュレーションまで計算機の基本的な使い方を学ぶ。専用の計算機室で大学院生 TA のサポートもつく。この演習で習得する計算機のスキルが卒業までの各種実験・演習に欠かせない。

■ 地球惑星物理学観測実習 (3 年夏集中)

地球惑星物理学の進歩を支えているのは各種の観測に基づくデータである。思い通りにコントロールできない自然を相手のデータ取得には実験とは違う困難がある。この実習科目では 3 年生の夏休みを中心に海や山の観測フィールドにて地球物理的データの取得を経験する。これまで 4 年生向け地球惑星物理学特別演習などの 1 部分として行われてきたが、地球を観測することの重要性から 2010 年より新規実習として独立させた。

■ 地球惑星物理学・化学実験 (3 年冬。週 3 回午後)

地球惑星物理学は、地球・惑星の姿や現象を発見し把握する観測や、その本質や普遍性を抽出する実験を原動力のひとつとして発展してきた。電気回路、真空、分光・光検出、熱、弾性、および顕微鏡実験の 6 課題を少人数に分かれて一通り実施する。担当教員や TA の指導のもと各種測定器の原理や実験を進める基本手順をしっかりと学ぶとともに、速く実験が進んだ場合には発展課題にも挑戦することができる。

■ 地球惑星物理学特別演習 (4 年夏。週 3 回午後)

地球惑星物理学科の 4 年生のカリキュラムは大学院での専門研究への橋渡しの位置づけもある。この演習では幅広い分野の中から課題を 1 つ選び、教員の 1 対 1 の指導

を受けながら各専門分野の基本的な英語の教科書や論文を読んで分野の理解を深め、関連する実習(データ解析、数値シミュレーション、実験、観測など)を行う。演習の最後には発表会とレポート作成がある。この演習は大学院での研究分野の選択にも重要であり、学生達は熱心に取り組んでいる。

■ 地球惑星物理学特別研究 (4 年冬。週 3 回午後)

多岐にわたる分野の課題から 1 つを選んで初歩的な研究を行う。すでに単位も揃っているこの時期、その気になれば毎日ほとんどの時間をかけて研究に打ち込むことができる。初歩的とはいえ、この特別研究が国際的な成果に結びつくことも少なくない。この特別研究の発表会は地球惑星物理学科の卒業生の晴れ舞台であり、教員だけでなく学生の中からも質問が多く出て盛り上がる。

必修科目	選択必修科目 A	選択必修科目 B	選択科目	
2 年	3 年		4 年	
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
物理数学 I	地球流体力学 I	地球流体力学 II	地球惑星物理学特別演習	地球惑星物理学特別研究
物理数学 II	弾性体力学	地球力学	地球惑星内部物質科学	大気海洋系物理学
物理実験学	太陽地球系物理学基礎論	統計力学 II	気象学	宇宙空間物理学 II
電磁気学 I	量子力学 II	地球惑星物理学(化学)実験	海洋物理学	プレートテクトニクス
解析力学・量子力学 I	電磁気学 II	大気海洋物質科学	太陽地球系物理学	地球内部ダイナミクス
地球惑星物理学基礎演習 I	統計力学 I	宇宙地球物質科学	比較惑星学基礎論	地球物質循環学
地球惑星物理学基礎演習 II	地球惑星物理学演習	宇宙空間物理学 I	地震物理学	地球惑星システム学
情報数学	地球惑星物理学観測実習	地球電磁気学	火山・マグマ学	地球物理データ解析
形式言語理論	大気海洋循環学	弾性波動論	地球惑星システム学基礎論	
天文学概論	固体地球科学	電磁気学 III	地球物理数値解析	
地球惑星物理学概論	物理学演習 III	量子力学 III	天体力学	
化学熱力学 I	物理学演習 IV	物理学演習 V	星間物理学	
量子化学 I		物理学演習 VI		
無機化学 I				
必修科目 7 科目 (16 単位)を含む理学部専門科目を 20 単位以上	必修選択科目 A 群から 12 単位以上、選択必修科目 B 群から 12 単位以上を含む 58 単位以上			

■ 地球惑星物理学科カリキュラム

# 重力波の計測

坪野 公夫 (物理学専攻 教授)

時空のひずみの伝播である重力波の一番の特徴は、きわめて相互作用が弱いことである。このことは、重力波計測の立場からすると非常にやっかいなことであるが、視点を変えると、電磁波を用いた天文学では得ることのできない情報が重力波から得られるという利点になる。一度生じた重力波は消えようがないため、宇宙誕生の直後の密度ゆらぎから作られた重力波の情報もまだ残っているはずである。また、その透過性の良さによって、パルサーや超新星爆発の核の様子が重力波観測をとおして明らかになると期待される。はるか彼方 (~ 200 Mpc) で起きる 2 つの中性子星やブラックホールの衝突・合体によって作られる重力波は重要なターゲットである。

重力波計測の基本は、2 つの自由な物体間の距離の変化を測ることである。その変化は、1 m 離れた 2 枚の鏡の間の距離が、せいぜい  $10^{-21}$  m 程度伸び縮みするだけである。これを検出するには、図 1 (a) に示すように 2 枚の鏡で Fabry-Perot 共振器を作り、そこにレーザーからの光を入射する。共振器から戻ってきた反射光には距離変化の情報が含まれているので、そこから必要な重力波信号を取り出す。このような計測にともなう原理的な雑音は、レーザー光の量子ゆらぎによってもたらされる。ポワソン統計をもった量子数のゆらぎは光検出器の出力にショット雑音としてあらわれ、他方では光子が鏡に与える力のゆらぎである輻射圧雑音としてあらわれる。レーザー光のパワーを  $P$  とすると、ショット雑音は  $1/\sqrt{P}$  に比例し輻射圧雑

表紙と裏表紙に見映えのよい写真を掲載してありますので、そちらもご覧ください。

音は  $\sqrt{P}$  に比例するため、最小雑音状態が存在する。これが不確定性関係に対応する標準量子限界とよばれるものである。しかし近年の理論研究の進展によって、このような量子限界は絶対的なものではないことが明らかになった。たとえば前述のショット雑音の原因は、真空場のゆらぎが入射するためと解釈できるが、この真空場をスクイーズすることによりショット雑音を抑制できることが示された。われわれはスクイーズド真空場を作りそれをレーザー干渉計に応用する実験研究 (図 2 および裏表紙) に取り組んでいる。そのほかにも計測を妨げる雑音には、レーザーの古典雑音、熱雑音、地面振動などがある。地面振動に関しては、本研究室において高性能防振装置 SAS および SPI (裏表紙写真) をこれまでに開発してきた。

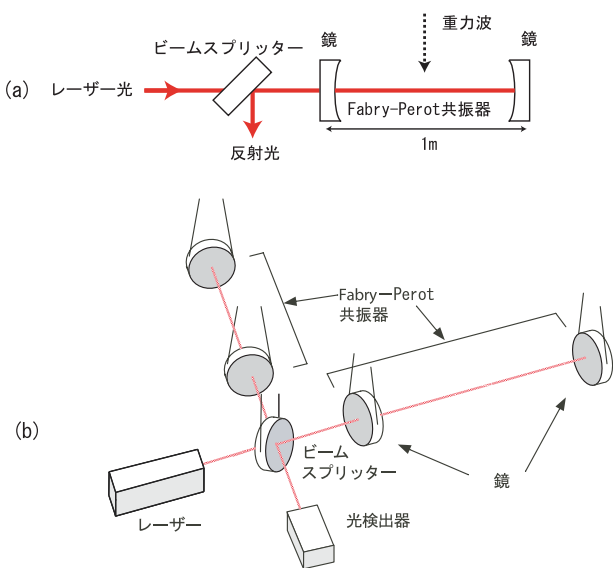


図 1 :  
 (a) 重力波計測の基本構成。Fabry-Perot 共振器に重力波が入射すると共振周波数に変化する。重力波の効果は、1 m の基線長が  $10^{-21}$  m 程度変化するだけである。  
 (b) 実際のレーザー干渉計では、数 km の基線長をもった 2 組の Fabry-Perot 共振器を直交させて配置しマイケルソン干渉計を構成する。

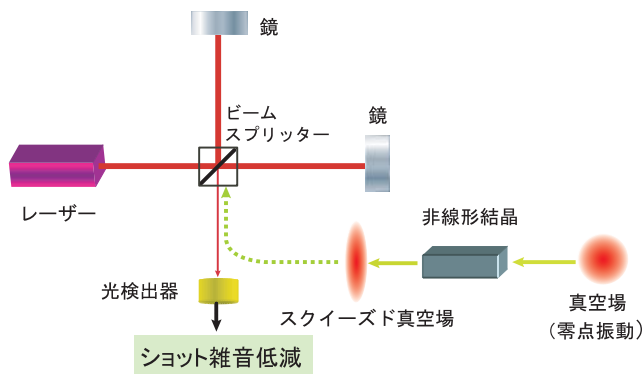


図 2 :  
 真空場のゆらぎ (零点振動) は位相平面において等方的な分布をするが、非線形結晶を利用することによりこのゆらぎを図のようにスクイーズすることができる。スクイーズされた真空場をレーザー干渉計の出力ポートに入射することにより、光検出器出力にあらわれるショット雑音を抑制することが可能である。

重力波を測るには Fabry-Perot 共振器を 2 本直交させて配置し、図 1 (b) のようなマイケルソン干渉計として用いるのが標準形である。重力波による信号の大きさはレーザー干渉計の基線長に比例するため、長基線のレーザー干渉計を用いて相対的に雑音を低減する。2000 年に日本のレーザー干渉計 TAMA (基線長 300 m) が世界に先駆けて本格的な重力波観測を開始した。その後、アメリカの LIGO (4 km) やヨーロッパの VIRGO (3 km) が建設された。最近では、日本の次期計画である LCGT (3 km) や advanced LIGO による重力波検出の期待が高まっている。また、宇宙にレーザー干渉計を作り、巨大ブラックホール同士の衝突やビッグバン直後のインフレーションの名残りをみようとする研究も始まっている。日本の DECIGO 計画では 1000 km の基線長をもったレーザー干渉計を宇宙に作るが、その第一歩として昨年 1 月に超小型宇宙重力波検出器 SWIM $\mu$ v (表紙写真) の打ち上げに成功した。

# リン酸化酵素による生物時計の周期制御

倉林 伸博 (生物化学専攻修了<sup>(注)</sup>),  
深田 吉孝 (生物化学専攻 教授)

微生物からヒトに至るまで、ほとんどすべての生物には、約24時間の生体リズムをコントロールする時計機能が備わっている。この生物時計の周期の調節に、DYRK1A というリン酸化酵素が重要な役割を果たすことを私たちは見出した。DYRK1A は、時計機構を直接制御するCRY2をリン酸化し、CRY2タンパク質の量を調整することによって時計の周期を正確に24時間に合わせることがわかった。

ヒトは朝に目覚めて日中に行動し、夜に睡眠をとる。このように生物は一日周期の活動リズムを示すが、体内に備えられた生物時計が活動リズムをコントロールすることが知られている。この時計は、概ね一日で一周することから概日時計ともよばれる(理学部ニュース2007年7月号「理学のキーワード」参照)。概日時計は、地球上のほぼすべての生物が有する重要な生理機能であり、その周期の乱れは、私たちの日常生活や健康に大きな影響を及ぼす。分子のレベルでみると概日時計は、時計遺伝子の発現量とその翻訳産物であるタンパク質の量が、一日の中で規則的に増減を繰り返すことで維持されている。マウスなど哺乳類においては、時計遺伝子の発現を強力に抑えるクリプトクロム(CRY1とCRY2の2種類)の遺伝子発現量とタンパク質レベルが半日をかけてゆっくりと増加し、半日をか

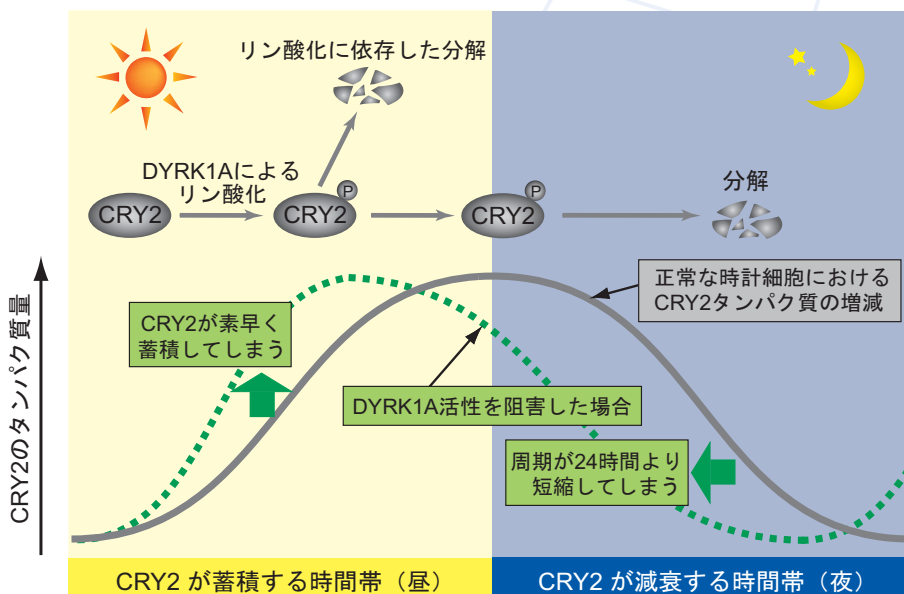
けてゆっくりと減少することによって時計遺伝子の概日リズムが生みだされる。しかしこれまで、このCRYタンパク質を時間的に制御する分子メカニズムは謎に包まれていた。

この謎に迫るため、CRYのひとつであるCRY2タンパク質の分解制御に着目した。私たちは、CRY2がリズムミックスにリン酸化されること、そして、リン酸化に依存してCRY2が分解されることを見出し、一日の中の適切なタイミングでCRY2が分解されることによってCRY2タンパク質の量的変動が生まれ、概日時計のリズムが維持されると考えた。そこで、CRY2の分解を促進するリン酸化酵素を追跡した結果、DYRK1Aという分子を突き止めた。DYRK1Aは、ダウン症の発症に関わる因子として知られているが、概日時計における働きは解析されていなかった。CRY2をリン酸化するDYRK1A活性はマウス肝臓(時計組織)において日周変動しており、CRY2タンパク質が増加してゆく時間帯に上昇する。このことからDYRK1Aは、CRY2タンパク質の蓄積速度を抑えるという新しいメカニズムによって、CRY2タンパク質が約半日をかけてゆっくりと蓄積するように制御していると予想された。実際に細胞内のDYRK1A活性を抑制すると、CRY2が正常よりも早いタイミングで蓄積してしまい、それと共に概日時計の周期が24時間より短くなることがわかった。以上のことからDYRK1Aは、概日時計の周期を正確に24時間周期に合わせる重要な制御因子であると考えられた。

この研究によって、「概日時計がいかんして24時間という長い周期を正確に維持しているか」という大きな課題に一步近づくことができた。この研究の成果は N. Kurabayashi *et al.*, *Mol. Cell. Biol.* 30, 1757 (2010) に掲載された。

(2010年3月24日プレスリリース)

(注) 現所属：遺伝子実験施設(助教)



## CRY2のタンパク質量制御におけるDYRK1Aの役割

CRY2が細胞質で合成され蓄積してゆく時間帯(昼:左半分)において、DYRK1AはCRY2をリン酸化して分解へと導く。これによりCRY2は約半日をかけてゆっくりと蓄積することができる。このように、合成と分解が同時に進行するというタンパク質量の制御メカニズムによって概日時計の周期が24時間に保たれている。

## 遺伝子の進化の道も一歩から

中山 北斗 (生物科学専攻 博士課程3年),  
塚谷 裕一 (生物科学専攻 教授)

生物の形の多様性を生み出す要因のひとつに、形を司る遺伝子の進化がある。したがって生物の多様性を理解するためには、形を司る遺伝子の進化の過程の理解が重要である。今回、私たちは、基礎生物学研究所の山口貴大助教と共に、YABBY 遺伝子群とよばれる互いに近縁な遺伝子群の中で、植物種によって異なる働きをもち、それぞれに異なる形づくりをもたらすと考えられている *CRC/DL* 遺伝子の働きを、単子葉類のクサナギカズラ (*Asparagus asparagoides*) を使って調べた。その結果、この遺伝子が、植物の進化の過程で、発現場所を段階的に増やしながらかつて新規の機能を獲得したことを明らかにした。これは生物の多様性と遺伝子の進化との関連を理解する上で、ひじょうに興味深い例である。

生物の形が多様である背景には、形を司る遺伝子の進化がある。今回注目した YABBY 遺伝子群は種子植物に固有の遺伝子群で、その互いの類似性によって5つのグループに分けられる。その中で *CRC/DL* 遺伝子は、さまざまな植物種に共通して心

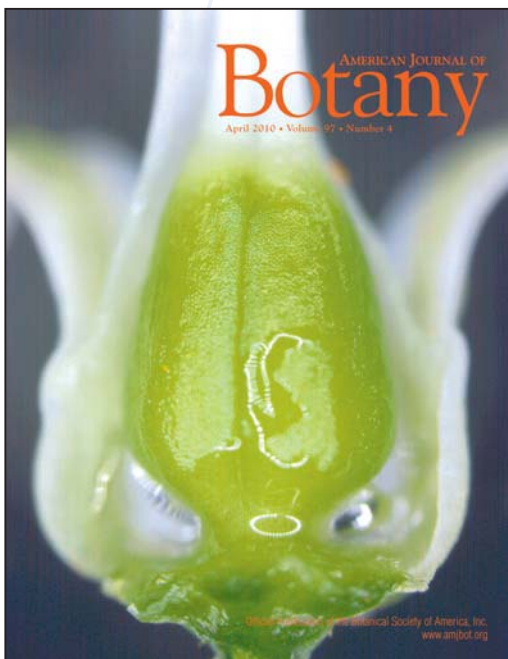
皮(雌蕊を構成する形態上の単位で、1枚の心皮は1枚の葉に相当する)に発現してその形づくりに関わるいっぽう、単子葉類のイネでは葉の中央に発現して、葉を貫く中肋の形づくりに、またシロイヌナズナのような真正双子葉類の植物群では、昆虫を誘引するための蜜を出す蜜腺の形づくりに関わるというように、祖先を同一にする遺伝子でありながら、進化の系統ごとにずいぶん異なる機能を有することが、知られている。しかしこうした機能や発現部位の多様化が、どのような過程を経て実現したのかは、不明だった。

今回私たちは、*CRC/DL* 遺伝子の進化の過程を明らかにするために、イネと真正双子葉植物との間に系統が位置するアスパラガスの仲間、クサナギカズラ (*Asparagus asparagoides*) について、*CRC/DL* 遺伝子を単離し、その発現を調べた。その結果クサナギカズラの *CRC/DL* 遺伝子は、心皮および葉での発現は確認されたが、蜜腺での発現は確認されなかった。したがってクサナギカズラの蜜腺の形成には、*CRC/DL* 遺伝子以外の遺伝子が働いていると考えられる。また心皮および葉での発現に関しても、イネとくらべると、その発現場所が異なることがわかった。すなわちクサナギカズラの *CRC/DL* 遺伝子は、イネに似て葉で発現はするものの、その発現は葉脈の維管束の細胞で見られ、しかもクサナギカズラでは葉に中肋ができない。

今回のデータと従来の知見を総合すると、この遺伝子の蜜腺をつくる働きは、真正双子葉類においてのみ獲得されたという仮説を強く支持する結果となった。さらにイネで見られるような葉における中肋形成という *CRC/DL* 遺伝子の新機能の獲得は、遺伝子の一度の変化でもたらされたのではなく、複数回の変化により、「段階的に」もたらされた結果であることが示唆された。まさに千里の道も一歩から、*CRC/DL* 遺伝子の新しい機能の進化も一歩ずつ進んでいったのかもしれない。

またこの成果は、H. Nakayama *et al.*, *American Journal of Botany* 97, 591 (2010) に掲載され、論文中の図が掲載号の表紙を飾った(図)。

(2010年4月2日プレスリリース)



掲載号の表紙。米国植物学会の許可を得て転載。クサナギカズラ (*Asparagus asparagoides*) の雌蕊と心皮を示す。雌蕊の下部で濡れているように見えるのが蜜腺から分泌された蜜。写真を撮るのに余計な花被(単子葉類のがく片と花弁が区別できない花において、その両方をこうよぶ)と、雄蕊は取り除いてある。

## 21世紀の赤外線天体カタログ、日本から発信

尾中 敬 (天文学専攻 教授),  
藤原 英明 (天文学専攻修了, JAXA 研究員)

今年3月30日に赤外線天文衛星「あかり」が検出した全天の赤外線天体のカタログが全世界に公開された。「あかり」カタログは20年以上利用されてきたIRAS衛星による赤外線天体カタログを、感度、波長域、解像度の面で大幅に凌駕しており、さまざまな分野の天文学の研究に貢献することが期待される。公開に先立ち行われているチーム内の研究から、大量に星をつくっている銀河の多くは固体微粒子(塵)に取り囲まれて可視光では見えていないことや、惑星系の存在が示唆される天体候補が見つかるなど、すでにいくつかの面白い成果が得られている。

「あかり」は2006年2月にJAXAのM5ロケットで打ち上げられた日本初の本格的な赤外線天文衛星で、東京大学も搭載望遠鏡および観測装置の開発に参加している。約180リットルの液体ヘリウムを搭載し、機械式冷凍機の助けを借りて約1年半にかけて近赤外線から遠赤外線までの観測を行った。現在も冷凍機による冷却で近赤外線の観測を継続している。今回の「あかり」のカタログは1983年に米英蘭の共同で打ち上げられたIRAS衛星のカタログを25年ぶりに更新するもので、公開前から世界中の天文関係者から注目されていた。最新の技術をもった観測装置を搭載し、解像度、感度を大幅に向上したことにより、「あかり」でカタログされている総天体数はIRASの5倍の規模の130万にのぼる。たとえば一番短い波長の9マイクロメートルでは銀河系内の星を中心に80万以上の天体が観測されている。これは普通肉眼で見ることのできる星の100倍以上の数で、数等暗い星まで含まれる。また長い方の波長の90マイクロメートルでは、肉眼で全く見ることのでき

ない遠くの銀河が多数検出されている。

分子雲など星が作られている現場では、固体微粒子が星からの光を吸収し、赤外線を放射している。赤外線は透過力が高いためこのような星生成の現場の研究にひじょうに有効であり、「あかり」カタログは、われわれの銀河の中の星形成の現場の研究だけではなく、系外銀河での星形成についても重要なデータベースになる。「あかり」チームで行った研究から、激しく星をつくっている時期の銀河は可視光では見ることは難しく、赤外線でしか見えないことがわかってきた。

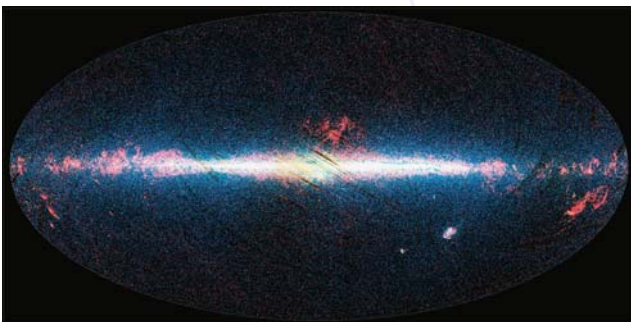
惑星系の形成の研究にも「あかり」カタログは強力なデータである。われわれは「あかり」の9, 18マイクロメートルのカタログから、普通の恒星の周りに惑星の材料となる固体微粒子の円盤をもつ天体を多数発見した。このような天体はIRASの60, 100マイクロメートルのカタログで発見されていたが、「あかり」は、より短い波長の赤外線で光っている温度の高い円盤天体を見つけることに成功した。これらの恒星は地球のような惑星がある領域近くに円盤をもっていると考えられる。地上望遠鏡や他の赤外線衛星などを使ってさらに詳しく調べたところ、恒星の周りに存在している惑星などの衝突により、固体微粒子の円盤が生まれてきた可能性があることがわかってきた。

「あかり」カタログは公開から1ヶ月の間に16,000を越えるアクセスがあり、カタログのダウンロードも100件を越えており、これから急速に増加すると思われる。今後全世界の天文研究者により、多くの分野で有効に活用されることが期待される。

「あかり」赤外線カタログの作成は、宇宙航空研究開発機構(JAXA)・宇宙科学研究所が中心となり、東京大学、名古屋大学、欧州宇宙機構宇宙天文センター(ESAC)、英国Imperial College London, University of Sussex, The Open University, オランダUniversity of Groningen/SRON, 韓国ソウル国立大学などが協力して行われた。

中間赤外線カタログについては、D. Ishihara, T. Onaka *et al.*, *Astronomy & Astrophysics* 514, A1 (2010), 円盤天体の成果の一部についてはH. Fujiwara, T. Onaka *et al.*, *Astrophysical Journal* 714, L152 (2010) に発表されている。

(2010年3月31日プレスリリース)



「あかり」が検出した赤外線天体の天球面上の分布。青:9マイクロメートル, 緑:18マイクロメートル, 赤:90マイクロメートルで表されている (JAXA 提供)。

# ゲノム解読が初めて明かすメスとオスへの進化

野崎 久義 (生物科学専攻 准教授)

卵と精子をつくるメスとオスが原始の未分化な性（同型配偶）からどのように進化したかはこれまで明らかではなかった。今回、ボルボックスのゲノム解読から、メスまたはオスだけがもつ複数の遺伝子を明らかにした。とくにメス特異的“HIBOTAN”遺伝子群の発見は、性の原型からメスに進化するためには、メスらしさをもたらす新たな遺伝子の獲得が必要であったことを示唆した。

2006年にわれわれは雌雄の性をもつボルボックスの仲間（プレオドリナ）で、オス特異的遺伝子“OTOKOGI”を発見し、メスが同型配偶の性の原型（プラス交配型）から、オスは性の派生型（マイナス交配型）からそれぞれ進化したことを明らかにした。しかし、メスとオスがどのような遺伝子を獲得して進化したかは明らかではなかった。また、メスは性の原型から進化したものであり、高等動植物ではメス特異的な遺伝子が認められない、または稀であることから、メスを進化させたメス特異的遺伝子は存在しない可能性も考えられた。したがって、同型配偶に近縁で雌雄の性をもつボルボックスなどの性染色体領域の遺伝子群がどのようにになっているかは進化生物学的に興味深い問題であった。

ボルボックス (*Volvox carteri*) ではメスとオスの性が遺伝的に決定されており、今回のアメリカ側の研究グループがメ

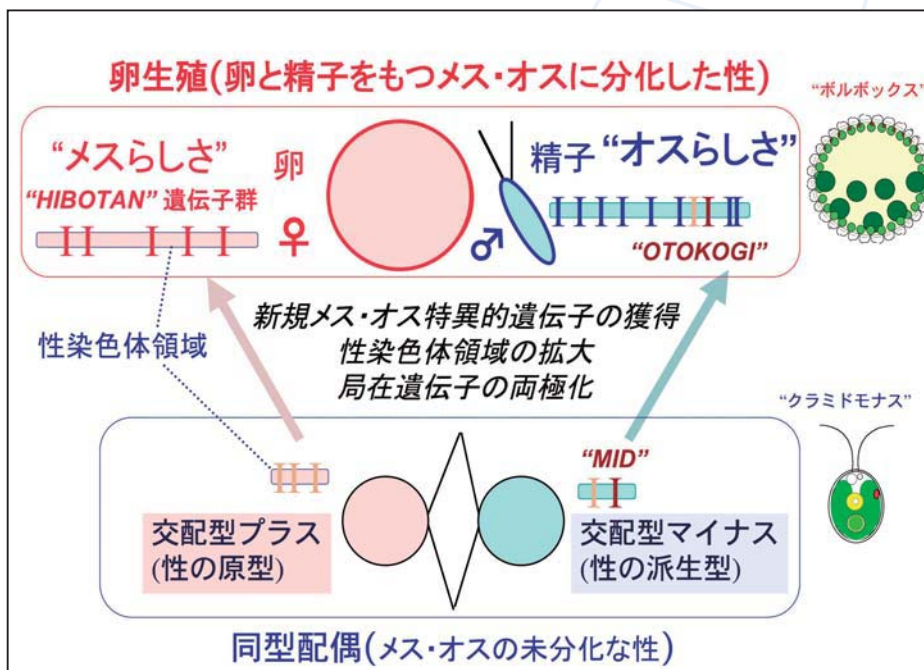
スのゲノム解読を進行していた結果、メスの性染色体領域のおおまかな構造が明らかになっていた。しかし、オスではゲノム解読が着手されておらず、オス特異的遺伝子も同定されていなかった。そのため、日本側の研究チームは独自に開発した縮重プライマーを用いてボルボックスのオス特異的遺伝子“OTOKOGI”を単離した。このボルボックスの“OTOKOGI”をマーカーとしたゲノム解析を端にしてオスの性染色体領域の全貌が明らかになった。また、ボルボックスの性染色体領域にはくりかえし配列が多く、遺伝子の同定が困難であったが、次世代シーケンサーを駆使した発現解析で多くのメスまたはオス特異的遺伝子の存在を今回明らかにした。

解読されたボルボックスのメス・オスの性染色体領域は1.0Mb（百万塩基対）を超え、同型配偶のクラミドモナスの領域の約5倍であった。オスの性染色体領域には“OTOKOGI”などのオス特異的遺伝子が10個、メスの領域にはメス特異的“HIBOTAN”遺伝子群が5個解読された。とくに5個のメス特異的遺伝子がクラミドモナスには認められないもので、これらの遺伝子の獲得がプラス交配型からメスに進化する直接的な原因となったと推測された。したがって、メスは単なる性の原型ではなく、メスへの進化には、メスらしさをもたらす遺伝子群の新たな獲得が必要であったことが示唆された。いっぽう、

オス特異的遺伝子10個中の8個がクラミドモナスでは認められず、オスに進化するために獲得されることが推測された。

本研究は2005年にP. フェリス (Patrick Ferris) 博士が本研究科の外国人客員共同研究員となって、西井一郎博士 (現 奈良女子大学)、浜地貴志君 (現 生物科学専攻 博士課程3年) と共同研究を開始したことに始まり、P. Ferris *et al.* *Science* 328, 351 (2010) に掲載された。

(2010年4月16日プレスリリース)



同型配偶から卵生殖への進化の模式図。Nozaki *et al.* (2006, *Curr. Biol.* 16, R1018) および今回の研究成果に基づく。



## 「非整数階の微分方程式」

山本 昌宏 (数理科学研究科 教授)

関数を微分する回数は 1, 2, 3, ... 回という具合に自然数であるし、積分は微分の逆演算なので積分を -1 回の微分と考えるとしても、微積分に現れる回数はせいぜい整数であると思える。しかし不均質な媒質中の汚染物質の拡散現象などをよりよくモデル化しようとするとき、時間微分の階数  $\alpha$  が自然数ではなく、0 と 1 の間にあるような非整数階拡散方程式が現れる： $D_t^\alpha u(x, t) = \Delta u(x, t)$ 、ここで  $\Delta$  はラプラス作用素である。

非整数階の微分の研究はライプニッツまでさかのぼる。また、5 次以上の代数方程式の解を求める解の公式は存在しないことを証明した薄倅の数学者アーベルによる研究もある。すなわち、重力のもとで質点がある曲線上を摩擦の影響なしに滑って最低点まで達する時間が出発点によらず一定である曲線を等時曲線とよぶが、これを一般化して、質点が最低点まで到達する時間が出発点の高さの関数

(定数関数とは限らず) で与えられているとして、そのような曲線を求める問題を考え、アーベルはそのような曲線は  $\frac{1}{2}$  階の微分方程式の解であり、解を求める  $\frac{1}{2}$  階の積分による公式を導いた。さて、非整数階の微分  $D_t^\alpha u(t)$  の定義として、ここでは M. Caputo による定義を用いる： $0 < \alpha < 1$  に対して、

$$D_t^\alpha u(t) = \frac{1}{\Gamma(1-\alpha)} \int_0^t (t-s)^{-\alpha} \frac{du}{ds}(s) ds.$$

ここでは  $\Gamma$  はガンマ関数であり

$$\Gamma(\beta) = \int_0^\infty t^{\beta-1} e^{-t} dt \text{ である。例えば、}$$

$$\gamma > 0 \text{ に対して } D_t^\alpha t^\gamma = \frac{\Gamma(\gamma+1)}{\Gamma(\gamma+1-\alpha)} t^{\gamma-\alpha} \text{ と}$$

計算でき、 $\alpha = 1$  とおくと普通の 1 回微分をしていることになる。非整数階の微分においては、整数階の微分で成り立つ当たり前の公式が必ずしも成立しない。

例えば、関数の積の微分について類似した公式はないし、 $\beta$  回微分してさらに  $\alpha$  回微分した結果が  $\alpha + \beta$  回微分になるとは限らない：すなわち、 $D_t^\alpha D_t^\beta \neq D_t^{\alpha+\beta}$  (例： $D_t^{2\alpha} t^\alpha = \frac{\Gamma(1+\alpha)}{\Gamma(1-\alpha)} t^{-\alpha}$  だが、

$= 0$ )。

非整数階の拡散方程式に関して、解の一意存在や時間が大きくなったときの解の漸近挙動などの数学解析の研究成果は少ない。非整数階の微分に関して基本となる公式も通常の微積分のように成り立たないので、色々な工夫が必要であり、実用上の観点から重要であるだけでなく、理論的にも興味深く、夥しい数の課題が解決を待っている：非線形非整数階微分方程式の力学系の研究、カオス、制御論、逆問題 (2008 年 9 月号参照) などで、通常の微分方程式論を非整数階微分方程式に対して構築するという課題といえる。

私の研究室では、数学者との国際的なネットワークによって工学、産業界とも連携して理論的・実用的な研究を行っている。



## 「テキスト・マイニング」

辻井 潤一 (情報理工学系研究科 教授)

研究者や研究機関の客観的な業績評価が声高に叫ばれるにつれ、出版される論文が爆発的に増えている。電子的な論文の流通は会議録から非公式なレポートまで手に入れられる論文数を激増させている。また、縦型の学問分野から分野横断型の研究への移行、幅広い分野の知見の統合による課題解決など、現在の科学研究において情報収集に費やされる時間は劇的に増大している。IT 技術を科学研究の基盤に据えた新たな研究方法論の確立を目指す英国の e-Science では、その一環として 2005 年に国立テキスト・マイニングセンター (NaCTeM) を設立した。その初代センター長に招かれて以来、同センターでの研究のお手伝いをしている。

テキスト内容を理解することなく、テ

キスト中の単語や文を形式的・統計的に操作するだけで有益な知見を得る技術がテキスト・マイニングである。ブログ中の政治家の名前の出現頻度やその時間的変動から選挙のプロよりも正確に選挙結果が予測できたとか、大量の特許文書の統計処理で競合会社間の技術分野ごとの優劣が分析できるとか、テキスト・マイニングの成功例は多い。

ただ、これを科学研究にあてはめて、論文内容を理解せずに大量の論文を統計処理するだけで、あらたな科学的な仮説が作れるという主張には抵抗感をもつむきも多いであろう。しかし、テキスト・マイニング研究が活発化する以前の 1980 年代、シカゴ大学の D. Swanson は、論文タイトルに現れる単語間の関係を見

るだけで、「魚油と手指虚血症 (レイノー症)」、「マグネシウムと偏頭痛」、「ソマトメジン C とアルギニン」という、以前にはその関係が認識されていなかったもの間に関係があるという仮説を構成し、それが科学的にも正しい仮説であることを示してみせた。彼の手法は、複数分野の多数の論文タイトルを統計処理するもので、縦型研究の盲点をついたものであった。深い理解の得意な人間と、浅くとも大量処理ができる計算機とが共同することで、新たな科学研究の形態が生まれる可能性はある。

論文が大量に存在すれば、それらを読まずとも新たな知見や仮説が抽出できるのなら、無駄な論文の氾濫もあながち悪いことだけではない？



## 「表面超構造」

長谷川 修司（物理学専攻 教授）

結晶の中では原子が規則正しく並んでいる。上下前後左右にある原子と結合をつくって一定間隔で並ぶと安定になるのである。たとえば、ダイヤモンド。1個の炭素原子は4本の結合の「手」をもっている。4つの隣接原子と結合して「ダイヤモンド型格子」をつくっている。しかし、結晶表面にある原子を想像してみると、そこにいる原子は結合すべき相手が片側にはないので、「手」が余ってしまう。この「未結合手」がたくさんあると不安定なので、その数をなるべく減らそうとして、表面近傍の原子たちは自ら並び替えを起こす。しかし、それはでたらめな並び替えではなく、やはり規則正しく並び替わる。たとえば、隣り合

う表面原子2つがペアをつくってお互いの未結合手を無くし、そのペアが多数並んで列をなしたりする。このように、結晶の内部とは異なる周期・間隔で原子たちは並んで安定化する。こうしてでき上がった表面特有の原子配列を表面超構造という。

表面超構造では、原子どうしの結合のようすが結晶内部と違うので、特異な電子状態や物性を示す。たとえば、半導体結晶の表面超構造が金属的な性質をもったりする。最近では、それが超伝導になるらしいという報告も出ている。結晶表面の1, 2原子層だけにできるので、究極の「薄さ」の2次元物質ともいえ、低次元物性物理の新しい舞台となってい

る。また、触媒化学の分野でも表面超構造は重要である。触媒物質は、その表面上で化学反応を進行させるので、その表面超構造によって触媒特性が左右される。さらに、最近よく耳にするナノサイエンスやナノテクノロジーでは、ナノメートルスケールのきわめて小さな物質の性質を巧みに利用するが、ものが小さくなれば、中身より表面の効果が支配的になるので、そこでも表面超構造が重要な役割を演じる。本研究科では物理学専攻の私と化学専攻の長谷川哲也教授の研究室が実験的研究を、物理学専攻の常行真司教授の研究室では理論的研究を行っており、応用をにらんだ研究も工学系研究科で行われている。



## 「マグマ」

小澤 一仁（地球惑星科学専攻 教授）

日本は世界有数の火山国である。「マグマのように煮えたぎる怒りが爆発」といった表現に用いられることも多く、マグマが火山噴火現象をもたらす原因であることはご存じであろう。いっぽう、「政界にうごめくマグマ」のように、世の中の変革が見えないところで進んでいるさまを象徴して用いられることもある。マグマは、恐ろしくも華々しい噴火現象を通して、一生の間に何回か目にするという側面と、直接目にはできず、生活のスケールを超えて46億年の地球史にわたって続く、地球内部の重要な営みという側面をあわせもっている。

マグマとは、柔らかい粘り気のある液状物質を意味するギリシャ語に由来する。実態は、地球内部に存在する珪酸塩を主要な成分とし、結晶や気泡を含む

700℃～1300℃の高温の溶融体である。マグマは、地下数十～100 km 前後で、地球の主体をなすマントルが融解してできたもので、固体マントルより低密度であるために、上昇しその途上でさまざまな変貌を遂げ、最終的に地球表層に火山噴火として現れ、マグマの一生が終わる。

マグマが固体地球の形成に重要な役割をはたしていることを科学的に認識したのは、18世紀のスコットランド人地質学者ジェームズ・ハットン (James Hutton) である。20世紀に入ってから、久野久らによるフィールド岩石学とカナダ人実験岩石学者ノーマン・ボウエン (N. L. Bowen) に始まる高温高压実験と熱力学的アプローチがマグマ研究を大きく発展させた。現在のマグマ研究の重要な課題のひとつは、地下数 km に存在する「マ

グマ溜まり」とよばれる、いわば地表に向けて旅するマグマの休憩所から、どのようにして危険な大噴火に至るのかという疑問に答えること、すなわち噴火メカニズムの解明である。これは、火山噴火予知にも関係し、火山国日本にとって喫緊の課題である。もうひとつは、長い地球史を通してマグマがどのようにして、地上の生命の基盤となっている大気や海洋といった表層環境や大陸地殻など、地球の大構造を作り上げてきたのかという疑問に答えることである。

本研究科では、地震研究所、地球惑星科学専攻、地殻化学実験施設の研究グループが、マグマに関連する研究に観察・観測、実験、理論、計算機シミュレーションなど、さまざまな手法を用いて取り組んでいる。



## 「放射光」

岡林 潤 (スペクトル化学研究センター 准教授)

光速近くまで加速された電子または陽電子が磁場中で円運動すると、軌道の接線方向に電磁波（光）を出す。この現象をシンクロトロン放射、このとき放出される電磁波を放射光という。放射光はマイクロ波から X 線に至る広い範囲の連続スペクトルをもっており、大強度、偏光、高指向性などの特徴をもつ。このため、現在では真空紫外から X 線に至る波長領域のもっとも優れた光源として、物質科学・地球科学・生命科学・環境科学などの分野で広く用いられるようになってきている。

物質の構造解析や電子物性解析に X 線は欠かせない。20 世紀初頭から X 線は利用されてきたが、科学の進展に伴って、より強力度高輝度の光を用いた物性解析が要望されてきた。これに応えるの

が放射光であり、日本では、東京大学物性研究所軌道放射性研究施設の SOR-Ring（第一世代光源）、茨城県つくば市の高エネルギー加速器研究機構（KEK）のフォトンファクトリー（第二世代光源）、兵庫県の SPring-8（第三世代光源）などが有名である。

線形加速器で加速された電子は、偏向電磁石によって軌道が曲げられ、円形の蓄積リングに蓄えられる。リングの接線方向には数十メートルからなるビームラインが設置され、放射された白色光は、モノクロメータを通して必要な光のエネルギーに単色化される。電子の軌道内に磁石列を挿入し、電子を蛇行運動させ、干渉効果を利用することにより、きわめて高い輝度のアンジュレーター光を使うこともできる。

ビームラインの最下流に備え付けられた各種分析装置では、高輝度放射光を用いた X 線回折によるタンパク質の構造決定や、内殻励起を用いた広域 X 線吸収微細構造（EXAFS）による局所構造解析、光電子分光法による電子状態解析などが行われている。現在、放射光のパルス周期と同期させた時間分解ダイナミクスの研究、X 線を用いたイメージング、ホログラフィなどの研究も進んでいる。

なお、スペクトル化学研究センターでは、KEK フォトンファクトリー内にビームラインを設置し、高輝度放射光を用いた内殻吸収分光（XAFS）、内殻磁気円二色性（XMCD）、光電子分光法を用いた構造解析、電子・磁気物性解析の実験を行う環境を整備している。

## 「フロリゲン遺伝子 FT」

米田 好文 (生物科学専攻 教授)

1937 年に現ロシアの科学者チャイラヒャン (Mikhail Chailakhyan) は、葉が日長を感受して花芽の分化を誘導する因子として架空の植物ホルモン「フロリゲン」を提唱した（フロリゲン仮説）。

その後 1990 年代に入って、遺伝学の分野でシロイヌナズナというアブラナ科の実験植物を用いての研究が盛んに行われるようになると、フロリゲンの存在が現実的なものとして考えられるようになってきた。

近年、シロイヌナズナの突然変異体を用いた研究で、花芽分化誘導の遺伝学的な経路として、4 つの経路と 1 つの統御過程が明らかにされた。すなわち、①光によって促進される経路、②ジベレリンによって促進される経路、③冬の低温処理すなわち春化处理により促進される経路、④内在的に存在する促進経路と、

これらの遺伝子から受けた情報を処理して花を形作る遺伝子へと繋げる統御過程である。

このうち、①の経路の情報を受け取り統御する遺伝子として、*FT* (Flowering Locus T) 遺伝子および *FD* (Flowering Locus D) 遺伝子が同定された。

*FT* 遺伝子は、突然変異すると花芽分化誘導の時間的な遅延が起こる原因で、*FD* 遺伝子と相互作用しながら機能する。*FD* タンパク質は、花芽分化誘導の起こる場所で作られるが、*FT* 遺伝子 mRNA の作られる場所は、葉の維管束であることがわかった。

*FT* タンパク質は、まず葉で作られる。そして、*FD* と共同作用するために花芽を作る場所（シュート、芽）に移動する。この *FT* 遺伝子の性質は、先代のフロリゲン仮説によく一致するため、現在ではこ

れがフロリゲン遺伝子であると認識されている。また、*FT* タンパク質は、動物のペプチドホルモンと似ているとの指摘もある。

単子葉植物であるイネにも *FT* 遺伝子、*FD* 遺伝子と同様なものが存在することがその後示された。また、ほかの多くの植物で同様な機能の遺伝子があるとの報告が次々とされている。これらの遺伝子进行操作すれば、いろいろな植物で「花咲爺さん」になることも夢ではないのだ。

生物科学専攻においては、*FT*、*FD* 遺伝子研究に京都大学にて参画した阿部光知准教授が 2009 年遺伝学研究室に赴任して、*FT* 遺伝子産物とさらに相互作用する他の遺伝子も同定しつつある。またペプチド性移動因子の研究は植物科学の一大トピックで、生体制御研究室でも世界に伍した研究が展開されている。

# 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
<b>2010年4月26日付学位授与者(5名)</b>			
課程	物理	吉川 俊彦	変分クラスター法を用いた擬二次元ハバード模型の研究(※)
課程	化学	坂井 延寿	遷移金属ドーピング二酸化チタンの強磁性発現機構の解明(※)
課程	生化	竹内 春樹	マウス嗅覚系における神経地図形成の分子機構(※)
課程	生化	谷上 賢瑞	大腸がんにおける遺伝子発現異常とアポトーシス抑制
課程	生科	石松 愛	分節時計における移動波の出現メカニズム(※)
<b>2010年5月17日付学位授与者(1名)</b>			
課程	生化	山中総一郎	分裂酵母 Mmi1 タンパク質による減数分裂特異的な mRNA 排除機構の解析
<b>2010年5月31日付学位授与者(1名)</b>			
課程	物理	深谷 亮	シアノ架橋金属錯体における光誘起電荷移動過程のラマン分光法による研究(※)

## 人事異動報告

異動年月日	所属	職名	氏名	異動事項	備考
2010.4.25	学務	学務系専攻チーム(生科)	島村 綾乃	任期満了	
2010.5.1	生化	特任助教	小森 靖則	採用	
2010.5.15	化学	特任助教	CLEVER GUIDO HEINRICH	辞職	
2010.5.16	原子核	特任准教授	藤井新一郎	採用	
2010.5.31	地惑	准教授	大路 樹生	辞職	国立大学法人名古屋大学博物館・教授へ
2010.6.1	化学	准教授	福村 知昭	採用	国立大学法人東北大学金属材料研究所・准教授から
2010.6.1	天文	教授	林 正彦	採用	大学共同利用機関法人自然科学研究機構国立天文台・教授から
2010.6.1	化学	特任助教	竹澤 悠典	採用	
2010.6.16	地惑	教授	TANIMOTO TOSHIRO	採用	
2010.6.30	生化	講師	関根 俊一	辞職	特任准教授へ
2010.6.30	生化	助教	伊藤 拓宏	辞職	特任助教へ
2010.7.1	生化	准教授	石谷隆一郎	配置換	医科学研究所・准教授から
2010.7.1	物理	助教	吉岡 孝高	配置換	大学院工学系研究科・助教から
2010.7.1	生化	助教	塚崎 智也	配置換	医科学研究所・助教から
2010.7.1	生化	特任准教授	関根 俊一	採用	講師から
2010.7.1	生化	特任助教	伊藤 拓宏	採用	助教から
2010.7.1	生化	特任助教	西増 弘志	採用	
2010.7.1	経理	経理チーム副課長	松浦 敏夫	配置換	工学系・情報理工学系等財務課(施設管理チーム)副課長へ
2010.7.1	総務	総務チーム(人事給与担当)専門職員	坂井 誠吾	配置換	医学部附属病院管理課(経理チーム<謝金・旅費担当>)専門職員へ
2010.7.1	総務	総務チーム(総務担当)主任	森本 知草	在籍出向	独立行政法人大学入試センター総務企画部総務課庶務係主任へ
2010.7.1	学務	教務チーム(大学院担当)一般職員	花牟禮 健	配置換	教養学部等教務課(前期課程第一係)一般職員へ
2010.7.1	経理	研究支援・外部資金チーム(旅費担当)係長	管波 明子	昇任	経理系専攻チーム(物理学専攻事務室)主任から
2010.7.1	学務	学務系専攻チーム(生物科学専攻事務室)主任	西村 範子	昇任	一般職員から
2010.7.1	経理	研究支援・外部資金チーム(外部資金管理担当)一般職員	佐藤 寛	勤務換	旅費担当から
2010.7.1	総務	総務チーム(総務担当)一般職員	平原 茂子	勤務換	総務系専攻チーム(物理学専攻事務室)から
2010.7.1	総務	総務チーム(総務担当)一般職員	渡辺 和子	勤務換	総務系専攻チーム(地球惑星科学専攻事務室)から
2010.7.1	経理	経理チーム(管理業務担当)主査	宗像 光博	配置換	工学系・情報理工学系等財務課(施設管理チーム)主査から
2010.7.1	総務	総務チーム(人事給与担当)係長	内田千代美	配置換	医学部附属病院総務課(人事労務チーム<給与担当>)係長から
2010.7.1	学務	教務チーム(大学院担当)係長	市川 圭子	昇任	法学政治学研究科等公共政策大学院係主任から
2010.7.1	学務	学務系専攻チーム(物理学専攻事務室)主任	田中 明子	出向終了	独立行政法人大学入試センター総務企画部総務課庶務係主任から出向終了
2010.7.1	事務部	特任専門職員	宇根 真	採用	情報システムチーム

## あとがき

「はやぶさ」が小惑星イトカワから帰還、サッカーワールドカップ南アフリカ大会で日本代表がベスト16に入るなど、日本の技術力が文武両面で世界に評価されています。先月号から始まった「理学の匠」も、まさに日本の（東京大学理学部の）技術力を示すものです。匠たちの「智慧と技術で自然科学に迫り、世界に発信する姿」に勇気づけられ、明日の日本に希望を見出す読者もおられるのでは

ないでしょうか。

私事ですが、年度が改まる直前の3月に横山央明さんから広報誌編集委員を引き継ぎ、しばらくは見習いをさせてもらうつもりでした。ところが新年度が始まるのと同時に他の委員の入れ替えがあり、私はたった1ヵ月分だけ先輩になりました。新人気分を味わう時間を払拭したのが、この「あとがき」執筆の一大業務です（汗）。広報誌編集は、不勉強

な私にとって専門分野以外のことを教わる貴重な機会です。「理学の匠」の一流の研究者の記事や、なんとなく知っている言葉の本当の意味を教えてくれる「理学のキーワード」は、理学の世界の広さと深さを改めて教えてくれます。来月号の編集作業も楽しみです(!?)。今後とも、何卒よろしく願い申し上げます。

吉川 一郎（地球惑星科学専攻 准教授）

はじめてこの理学部ニュースの編集に携わったのは2006年の1月号、雪で覆われた木曾観測所の綺麗な写真が表紙の号でした。

それから約4年、編集をしてまいりましたが、この号をもってお別れする

こととなりました。

牧島先生をはじめ多くの方々に支えていただいたおかげでここまでやってこれたのだと思っております。改めて厚く御礼を申し上げます。

今後は一編集者としてではなく一読者

として、この理学部ニュースを楽しみにしていきたいと思えます。

それでは、理学系研究科・理学部とこの理学部ニュースの更なる発展をお祈りしております。

大島 智（情報システムチーム）

第42巻2号

発行日：2010年7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：

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

横山 広美 yokoyama@sp.s.u-tokyo.ac.jp

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

HP担当：柴田 有（情報システムチーム）

加納 英明（化学専攻）hkano@chem.s.u-tokyo.ac.jp

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

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

HP & ページデザイン：大島 智（情報システムチーム）

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

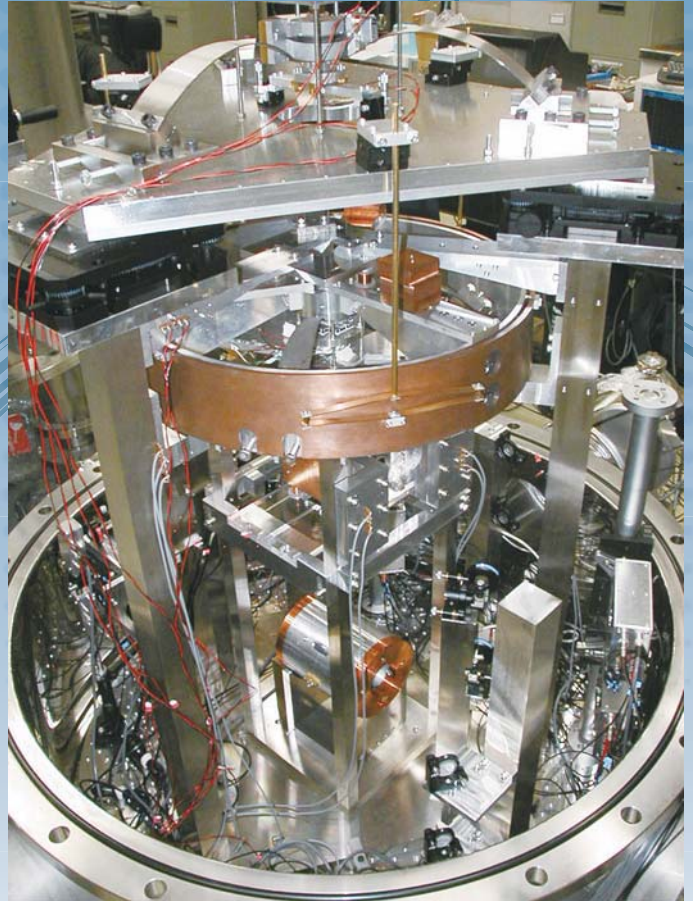
印刷：三鈴印刷株式会社



低周波において超高性能防振性能をもつ本装置 SAS を用いてレーザー干渉計の鏡を懸架する。SAS は東大、カリフォルニア工科大学、ピサ大学の国際協力で開発された。



重力波検出は今や精密光学実験となっている。量子光学の手法を用いたスクイーズド光発生のための実験風景。



レーザー干渉計自身を用いた高性能な能動防振システム Suspension Point Interferometer (SPI)。通常の振り子による防振が困難な 1 Hz 以下においても、100 倍以上という高い防振性能を達成した。

～理学の匠「重力波の計測」より～