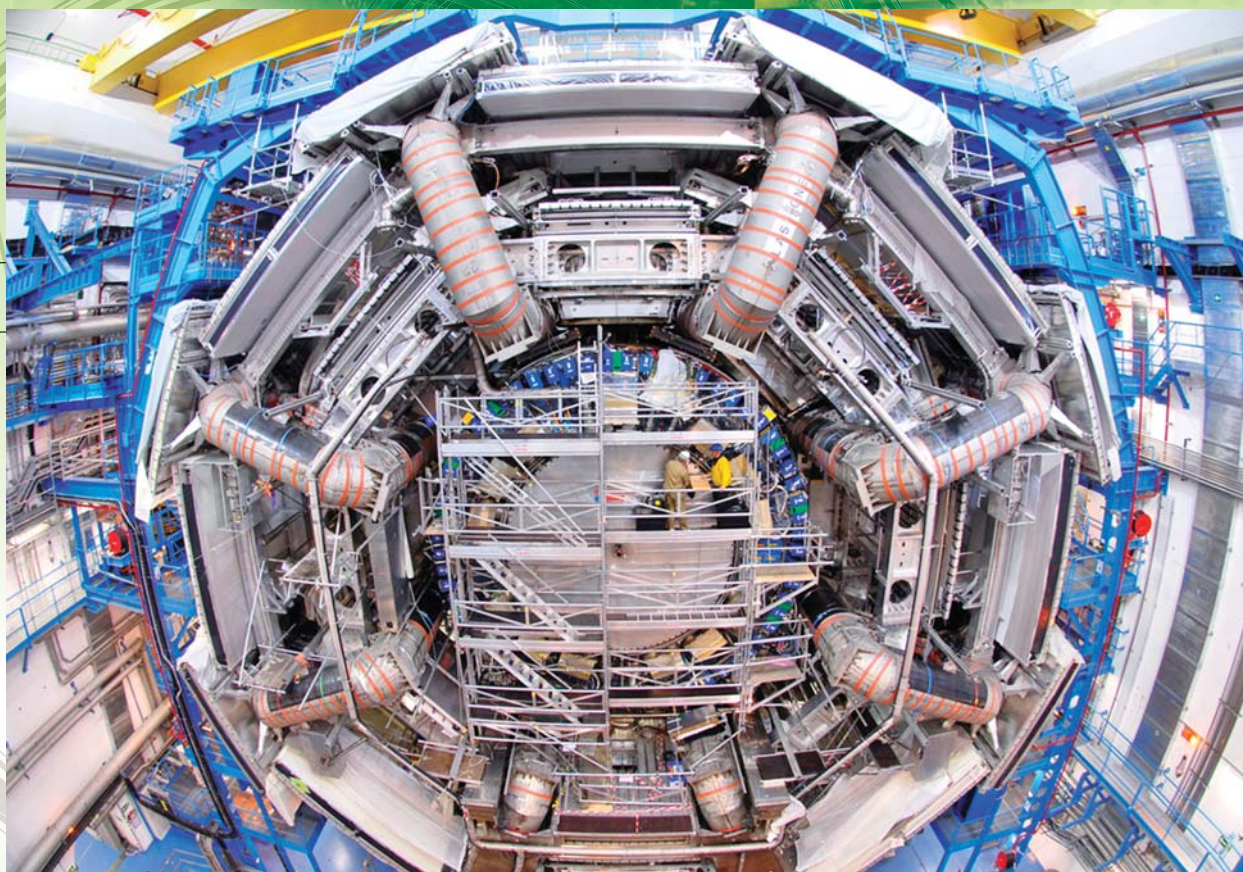




東京大学理学系研究科・理学部ニュース

2008年3月号 39巻6号

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



今年中に稼働を始めるCERNの世界最大の陽子陽子衝突加速器LHCにおいて
実験を行なうATLAS測定器の建設風景(写真提供:CERN)。

～附属施設探訪 本郷編 素粒子物理国際研究センターより～

トピックス

第3回山川記念シンポジウム「山川健次郎と東京大学」開催さる	山本 智 (物理学専攻 教授) ……………	3
グローバルCOE「理工連携による化学イノベーション」第1回国際シンポジウム「博士たちの輝くキャリアデザイン」を開催	加藤 隆史 (工学系研究科化学生命工学専攻 教授), 中村 栄一 (化学専攻 教授) ……………	3
学生企画コンテスト, 優秀賞と敢闘賞を受賞	横山 広美 (広報・科学コミュニケーション 准教授) ……………	4
ひらめき☆ときめきサイエンス附属植物園で開催	横山 広美 (広報・科学コミュニケーション 准教授) ……………	4
理学系研究科・理学部教職員と留学生・外国人研究者との懇親会	五所恵実子 (国際交流室 講師) ……………	5
大越慎一教授の日本学士院学術奨励賞の受賞を祝して	岩澤 康裕 (化学専攻 教授) ……………	5
“核力の起源” 解明が Nature 誌の 2007 年ハイライト研究に選ばれる	広報誌編集委員会 ……………	5
第7回理学系研究科諮問会が開催される	山形 俊男 (地球惑星科学専攻 教授) ……………	6

定年退職者の方々を送る

退職にあたって	下村 英登 (附属植物園 主査) ……………	7
未来に	永田 順子 (研究支援・外部資金チーム 係長) ……………	7
出会いそして別れ	沼尾 吉美 (化学専攻 事務室係長) ……………	7

研究ニュース

電気刺激を利用する新たな分子サイズ光スイッチング材料の開発	並木 康佑 (化学専攻 博士課程3年), 西原 寛 (化学専攻 教授) ……………	8
ニッケルがなぜ磁石になるかを理論的に解明	酒井 志朗 (工学系研究科物理工学専攻 学術研究支援員), 青木 秀夫 (物理学専攻 教授) ……………	9
脊椎動物の生殖と生殖行動のリンクに鍵を握るキスペプチン神経系	岡 良隆 (生物科学専攻 教授) ……………	10
細胞内酸化ストレスと不飽和脂質のシス-トランス異性化	濱口 宏夫 (化学専攻 教授) ……………	11

連載：理学のキーワード 第12回

「量子井戸と量子ドット」	青木 秀夫 (物理学専攻 教授) ……………	12
「固層合成法」	田代 省平 (化学専攻 助教) ……………	12
「地球ダイナモ」	櫻庭 中 (地球惑星科学専攻 助教) ……………	13
「ガンマ線バースト」	野本 憲一 (天文学専攻 教授) ……………	13
「有限単純群モンスター」	松尾 厚 (数理学研究科 准教授) ……………	14
「細胞周期」	佐藤 政充 (生物化学専攻 助教) ……………	14

理学系探訪シリーズ：附属施設探訪 本郷編

第6回 素粒子物理国際研究センター	駒宮 幸男 (物理学専攻 教授) ……………	15
-------------------	------------------------	----

お知らせ

第13回東京大学理学部公開講演会のお知らせ	広報誌編集委員会 ……………	18
東京大学大学院理学系研究科・博士学位取得者一覧	……………	18
人事異動報告	……………	18

第3回山川記念シンポジウム 「山川健次郎と東京大学」 開催さる

山本 智（物理学専攻 教授）

去る2008年2月21日（木）に、第3回山川記念シンポジウム「山川健次郎と東京大学」が、小柴ホールにて開催されました。このシンポジウムは、昨年、山川先生の銅像がご親族から東京大学に寄付され、理学部1号館前に設置されたことを記念して企画されたものです。山川先生は、日本人としてはじめての物理学教授であり、東大総長を2度務められた方で、その業績については、理学部ニュース（2007年3月号P.18）でも取り上げられています。シンポジウムには一般の方も多く参加され、教職員、学生の参加者と合わせて約160人が小柴ホールを埋めました。

シンポジウムでは、山本正幸研究科長、

小宮山宏総長の挨拶に引き続いて、人文社会系研究科の佐藤慎一教授が講演されました。山川先生が大学自治確立と大学運営に果たされた役割を、歴史を追いながら説明されました。作家の星亮一氏は、山川先生が幕末期に会津藩白虎隊に属しながらかろうじて死を免れた経緯、そしてその後の山川先生の活躍を会津藩との関わりで紹介されました。後半には、武内和彦総長特任補佐、下村輝夫氏（九州工業大学学長）、山崎元男氏（武蔵高等学校校長）からご挨拶をいただき、理学系研究科の山本智、有馬朗人元総長が講演しました。有馬元総長は、明治期における東大物理学教室の変遷と発展を学術の展開とからめながら時代を追って紹介され、参加者に強い印象を残しました。

シンポジウム終了後には、小柴ホール前のホワイエで立食の懇親会が開催され、多くの参加者が講演者や山川先生の関係者と歓談を交わしました。ホワイエには

山川先生の肖像画や手紙、教科書の草稿などが展示され、参加者は興味深く見入っていました。

本シンポジウムの開催にあたり、山本正幸研究科長、内田慎一物理学専攻長、佐藤勝彦教授にたいへんお世話になりました。また、総合文化研究科の岡本拓司准教授、広報室、庶務係の皆様には当日の運営および山川先生の展示資料の作成でお世話になりました。紙面を借りてお礼申し上げます。



■ 山川先生の肖像画などの展示に見入る参加者。

グローバルCOE「理工連携による化学イノベーション」 第1回国際シンポジウム 「博士たちの輝くキャリアデザイン」を開催

加藤 隆史（工学系研究科
化学生命工学専攻 教授）、
中村 栄一（化学専攻 教授）

大学院で博士号取得の後、国内外の大学、研究機関、企業で活躍している先輩方を招いて、「博士たちの輝くキャリアデザイン」が、2008年2月15日（金）東京大学弥生講堂一条ホールにて、286名という多くの参加者を集めて開催された。これは理学系化学専攻・工学系化学生命系三専攻が合同して推進しているグローバルCOE事業(拠点リーダー理学系研究科 中村栄一教授)が第1回国際シンポジウムとして主催したものである。

教育効果を配慮して、講演・討論はすべて英語で行われた。自分のこれまでの歩みを語ってくれた先輩は8名。海外の大学でポストを得たばかりの先輩、日本の大学で助教としてスタートしたばかりの先輩、企業で活躍する先輩など、本学博士課程を修了して1年から3年目ぐらいまでのフレッシュな先輩が、自分の体験を含めて熱い思いを語ってくれた。在学中の大学院生とのパネル

ディスカッションでもいろいろなアドバイスをもらった。さらに、海外の大学院の状況も、本グローバルCOE関連の研究室に現在、所属している4名の米国・欧州・アジアからの留学生・研究者によって紹介された。

このような類似の試みは例がなく、参加者は討論にも積極的に加わり、このシンポジウムから新鮮な刺激を受けることができた。



■ 博士のキャリアパスについてディスカッションするパネリスト。

学生企画コンテスト、 優秀賞と敢闘賞を受賞

横山 広美
(広報・科学コミュニケーション 准教授)

学生にしかできない、新しいアイデアを。創立130周年記念事業の学生企画コンテストは、「活力あふれるキャンパス創出のため」学生による企画を募集した。50件の応募の中、最終的に3件の優秀賞と3件の佳作が選ばれ、2007年12月10日(月)に山上会館の大会議室にて表彰式が行われた。優秀賞にはそれぞれ200万円ずつの補助金がつく。

選ばれたものはどれもユニークで、留学生のための受診支援システムや自転車シェアリングなど、学生ならではの視点の提案が目立った。

理学系の学生が参加するものでは、2つの企画が優秀賞と敢闘賞に選ばれた。

優秀賞に選ばれたのは「東京大学アウトリーチイニシアティブ(UtoI)(生物科学専攻博士1年・加村啓一郎ほか総合文化研究科2名)で、各部署単位で行っている中学・高校生へのアウトリーチを全学的に行うためのネットワークづくりを提案し、「教育の普及や社会貢献には未知数の広がり期待できる」と評価された。

敢闘賞に選ばれた「東大理学部発!『智』の循環プロジェクト」(物理学専攻博士3年、成田憲保ほか理学系研究科

13名)は、理学系研究科の科学コミュニケーショングループ「0to1(zero to one)」の活動の一部を企画化したもので、「組織的にしっかり運営され、企画内容も完成されている。今後、顕著な活動効果が見込まれる」と評価された。

理学系研究科が関係するものはどちらもアウトリーチに関するもので、学生のアウトリーチへの意識の高さと必要性を感じる。それぞれの企画の今後の実施を楽しみにしたい。

優秀賞	留学生のための受診支援システム
優秀賞	三四郎池のランドスケープ・リノベーション
優秀賞	東京大学アウトリーチイニシアティブ(UtoI)
アイデア賞	キャンパス内自転車シェアリング
敢闘賞	東大理学部発!「智」の循環プロジェクト
国際貢献賞	東大生国際交流キャンプ

■ 50件の中から選ばれた学生企画。

ひらめき☆ときめきサイエンス 附属植物園で開催

横山 広美
(広報・科学コミュニケーション 准教授)

「旅人の木」と名前がついたこの木には、いろんな逸話があります。葉の向きが東西を向いていて旅人の目印になったとかね。しかし今ではまったく根拠がないことがわかっているんです。」温室で熱帯の植物を見ながらこんな説明を受けられる楽しい会が催された。

2008年1月13日(日)、中学・高校生とその父兄36名が附属植物園に集まった。「熱帯植物の不思議をさぐるPART2」に参加するためである。最初に附属植物園の邑田仁教授と、生物科学専攻の塚谷裕一教授による熱帯植物に関するお話が行われ、そのあと2つのグループに分かれて温室を見学し、さらに熱帯の果物を試食する豪華な会だった。ドリアンなど普段はあまり口にすること

のない珍しい果物の試食は、子供にも大人にも大人気だった。とくに、食べた後に酸味が甘く感じる「ミラクルフルーツ」は人気で、「甘い!」という先生方の言葉に勇気づけられ、すっぱいはずのレモンを躊躇なく口に運び、甘さに感激する子供たちが多くいた。

この会は日本学術振興会による科学研究費補助金(科研費)の社会還元普及事業「ひらめき☆ときめきサイエンス ようこそ大学の研究室へ～KAKENHI～」に採択され開催された。広く理学の楽しみを伝えるよい機会で、附属植物園の試みに多くを学ばせていただいた。



■ 熱帯の果物を試食する参加者たち。

理学系研究科・理学部教職員 と留学生・外国人研究者との 懇親会

五所 恵実子（国際交流室 講師）

2008年1月30日（水）午後6時からスカイレストランブルークレール精養軒で理学系研究科・理学部の教職員と留学生・外国人研究者との懇親会が開催され、留学生・客員研究員と教職員、合わせて63名の参加があった。山本研究科長の英語による歓迎の挨拶と乾杯の音頭の後、

料理や飲み物を手に歓談が始められた。会半ばにフランスからの留学生ジュリアン・ルグラン（Julien Legrand）さんによる、2年間の留学生活について感想を述べた見事な日本語のスピーチが行われ、また研究科長にもご寄付いただいた豪華賞品付きの全員参加のゲームや男性職員による「モーニング娘。」の歌と踊りで、会は大いに盛り上がった。西原国際交流委員長



懇親会で楽しいひとときをすごした理学系教職員と留学生・外国人研究者。

の心温まる閉会の挨拶で終了し、アットホームな雰囲気の中、美味しい料理と共に参加者どうしの会話も弾み、楽しい時間を過ごした。

大越慎一教授の日本学士院 学術奨励賞の受賞を祝して

岩澤 康裕（化学専攻 教授）

化学専攻の大越慎一教授は、「磁気化学を基盤とした新規磁気物性の創出に関する研究」で第4回（2007年度）日本学士院学術奨励賞を受賞された。本賞は、日本学術振興会賞を受賞された者の中からとくに優れた研究成果をあげ、今後の活躍がとくに期待される若手研究者に与えられるもので、2007年度は日本学術振興会賞受賞者23名の中から選ばれた5名に与えられた。

大越教授は、物性化学、磁気化学および光化学をベースに、高度な化学合成技術により強磁性物質を作製し、これまでは無かった新規な磁気機能性を多数発見して、分子磁性ならびに強磁性金属錯体分野を先導している。強磁性体の非線形光学効果に早くから着目し、磁化誘起第3高調波発生を世界で初めて観測に成功するなど、非線形磁気光学効果の分野でも先導的な立場にある。

大越教授の受賞対象業績の概要はすでに日本学術振興会賞受賞時に理学部ニュース2007年1月号に掲載されているが、たとえば熱により磁極が二回反転する初めての磁性材料や負の保磁力を

示す磁性材料の開発、0次元から3次元までのさまざまな磁気構造を備えた金属錯体強磁性体の初めての合成、光による磁極反転現象（光誘起磁極反転）の発見、湿度応答型強磁性体の実現、化学的刺激応答磁性材料の開発、金属酸化物磁性体として世界最高の保磁力を示す ϵ - Fe_2O_3 ナノロッドの作製に成功など、学術のみならず実用化も期待される新たな材料創生の領域を精力的に切り拓いており、物性化学に新しい視座を与えるものとして、国際的にも高く評価されている。

大越慎一教授の傑出した業績に敬意を表すと共に素晴らしい日本学士院学術奨励賞受賞に対して心よりお祝い申し上げます。

“核力の起源” 解明が Nature 誌の 2007 年ハイライト研究 に選ばれる

広報誌編集委員会

物理学専攻の初田哲男教授と筑波大学の青木慎也教授・石井理修研究員の研究グループが、高エネルギー加速器研究機構のスーパーコンピュータ「ブルージーン」を使った大規模数値シミュレーションにより、陽子や中性子に働き原子核を結合させる核力の起源を、クォークの基礎理論である量子色力学に基づいて解明した研究成果^{注1)}が、Nature 誌による

2007年の21件のハイライト研究に選ばれた^{注2)}。これは、2007年に学術誌各誌に掲載された自然科学分野の論文の中から、Nature 誌の各編集者が“Research Highlights”と考えるものを選出したもので、素粒子物理学からは初田教授らの研究が、分子生物学からは京都大学の山中教授らの万能細胞に関する研究成果が選ばれている。

この研究は理学部ニュース2007年9月号11ページに研究ニュースとして掲載されている。

注1) <http://www.s.u-tokyo.ac.jp/info/press/press-2007-10.html>

注2) <http://www.nature.com/nature/journal/v450/n7173/full/4501130a.html>



高エネルギー加速器研究機構の「IBM BlueGene Solution」。理論演算性能 57.3 テラフロップスで国内最速クラスの性能をもつ。

第7回理学系研究科諮問会が開催される

■ 山形 俊男（地球惑星科学専攻 教授）

2008年2月8日（金）に理学系研究科諮問会が開催された。理学系研究科は2001年度から諮問会を開催して各界の有識者に年間活動報告を行い、運営とあるべき姿についてご意見を伺うことにしており、今年度は7回目になる。

諮問会メンバーは全員新しくなり、堀田凱樹委員長（大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構 機構長）、青野由利委員（毎日新聞社 論説委員）、金森博雄委員（カリフォルニア工科大学 名誉教授）、中村桂子委員（JT 生命誌研究館 館長）、西山徹委員（味の素株式会社 技術特別顧問）、坂東昌子委員（愛知大学 教授）である。理学系研究科からは山本正幸研究科長、酒井英行副研究科長、山形俊男副研究科長、岡良隆研究科長補佐、野中勝研究科長補佐、山内薫研究科長補佐、川島隆幸環境安全管理室長、大塚孝治中間評価理学系特別委員会委員長、横山広美広報・科学コミュニケーション担当准教授、および事務方から平賀事務長、高橋副事務長が出席した。

諮問会に先立ち、化学専攻の二つの研究室見学が行われた。まず理学部4号館のERATO実験室において、中村栄一教授により新分子のデザインを目指して行われている超高解像度電子顕微鏡による1分子構造解析に関する最新の成果について説明を受けた。中村教授は今年度から始まったグローバルCOE「理工連携による化学イノベーション」の拠点リーダーでもあり、海外レクチャーシップ賞など世界をリードする若手の育成に向けた新企画について説明があった。次いで化学本館で岩澤康裕教授から触媒表面化学における研究活動の紹介を受けた。最近の著しい成果として、ベンゼンからフェノールを一段階で効率よく合成する



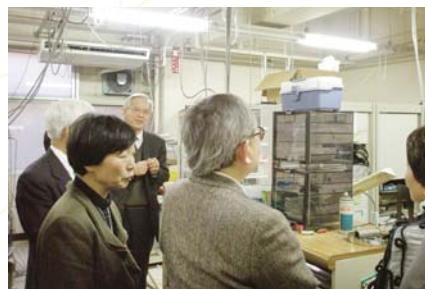
■ 諮問会の様子。

画期的な触媒の調製に成功したことが紹介された。研究室においては活性表面の構造解析に用いる走査プローブ顕微鏡などを見学した。折からの寒波襲来で底冷えのする館内ではあったが、委員からは活発な意見や質問が飛んでいた。

その後に行われた諮問会では、まず理学系研究科の現状、大学院高度化プログラム、先端レーザー化学教育研究コンソーシアム、グローバルCOEプログラム、男女共同参画などについて理学系研究科から報告を行った。学生の定員問題については東京大学の社会における役割を見据えて、適正数について現場の声を外部に発信する必要性が指摘された。研究費関係では、理学系として独自の基金計画があっても良いのではないかという意見も出された。男女共同参画では、女性教員を積極的に増やす仕組みを導入する必要性、一方で数値目標よりも育児支援や育児期にはアシスタントをつけるなど働く側の立場に立った長期的視点の重要性、また女性の声を反映するにはクリティカル・マスをを超える必要性など多くの貴重な意見をいただいた。活発な意見交換があり、ここまでのテーマで予定した時間の大半を費やすことになったため、広報活動、学生支援室、環境安全管理室などの報告については書面でご意見を伺うことにした。中期計画中間評価には「関係者」からの評価についての項目があり、諮問会には社会で展開する出身者などを見て理学系研究科・理学部の教育研究活動を評価する役割をお願いした。多くの委員からはむしろレビューや評価でいい子になりすぎではいけない、もっと意味のあるレビューにするように率先して文部科学省にアクションをとるべきであるとの励ましを受けた。学生の就職先より詳しい情報を把握すべきという意見や企業から見て東京大学卒業者は新分野を開拓する意欲や突破力に乏しいという厳しいご意見もいただいた。

引き続き山上会館で行われた懇親会では、話題は学生気質の変遷から、基礎科学の重要性、わが国の科学行政の問題点にまでおよび、談論風発のなかで6時間におよぶスケジュールは瞬間に終了した。諮問会委員の方々から理学系研究科・理学部への期待に満ちた貴重な意見を伺えたことは今後の運営に大いに役立つであろう。

引き続き山上会館で行われた懇親会では、話題は学生気質の変遷から、基礎科学の重要性、わが国の科学行政の問題点にまでおよび、談論風発のなかで6時間におよぶスケジュールは瞬間に終了した。諮問会委員の方々から理学系研究科・理学部への期待に満ちた貴重な意見を伺えたことは今後の運営に大いに役立つであろう。



■ 化学専攻研究室見学の様子。左：中村栄一教授による説明。右：岩澤康裕教授による説明。

定年退職者の方々を送る

退職にあたって

下村 英登 (附属植物園 主査)

定年に際して、私は昭和41年(1966年)に当時東京大学宇宙航空研究所に採用となり、宇宙科学研究所・東京大学東京天文台・国立天文台・東京大学原子核研究所・宇宙科学研究所・国立天文台・東京大学海洋研究所を経て現在、東京大学大学院理学系研究科附属植物園に勤務しています。その間、文部省直轄研究所・

宇宙科学研究所および国立天文台には2度勤務いたしました。東京大学海洋研究所に転任になりましたときは東京大学も大きく変わっていたため随分戸惑いました。

私は植物園に在職期間の中で一番感動いたしましたことは2006年4月10日行幸啓・天皇皇后両陛下植物園に御視察になられ両陛下より直接お礼のお言葉をいただいたことです。このような機会は今後ないと思います。残り少ない在職期間、植物園に貢献できるよう頑張りたいと思っています。

当初採用されました東京大宇宙航空



研究所より現在勤務している附属植物園に至るまで、お世話になりました上司、先輩、友人方にご場をお借りしてお礼を申し上げます。

今後ともよろしく願いいたします。

未来に

永田 順子
(研究支援・外部資金チーム 係長)

昭和45年(1970年)に生産研に採用となり、放送大学、創域、海洋研に異動後、理学系研究科等事務部を最後に定年を迎えることとなりました。

恵まれた職場環境と古き良き仲間達、そして家族の協力に感謝！感謝！です。

女性の働く環境は社会の趨勢、厳しいものがありますが、普通に家庭をもち子供を産み育てられる良き環境のなか、働き続けることができますように！

今後とも、どうぞよろしく願い申し上げます。



出会いそして別れ

沼尾 吉美 (化学専攻 事務室係長)

文部省(現在、文部科学省)から1981年に東京大学にまいりました。時の経つのはほんとうに早いものでたいへん驚いております。

東大病院～学生部～生産技術研究所～教養学部～東京国立博物館～理学部化学専攻(省略あり)など幅広く仕事をしてまいりました。とくに学生部は、元気のある人ばかりで圧倒され、ここで過酷な出会いがあり、運動会主催の「西伊豆・戸田マラソンレース」に挑戦しました。

フルマラソンで制限時間6時間、戸田寮前からスタートして急勾配のあるコース。皇居一周5kmは走ったことはありましたが42.195kmはなく、初フルマラソンデビューでした。ぎりぎりです無事完走。「自分を褒めてあげたい」と思いました。この時以降現在も「継続は力なり」精神で頑張っています。

東京国立博物館では、新設ポストに配属され、独法化されてから、イベント(コンサート、落語、演劇、その他)などが行われるようになり、企画、友の会、ポスターなどをつくったり、チケットが売れない時には当時のみなさんと手分けして上野界隈のお店にポスターを置かせてもらうためにお願いに行ったことも



ありました。

理学部化学専攻で残りの2年間をすごし、いま東京大学での27年間を終えようとしています。化学教職員の皆様にはたいへんお世話になりました。化学専攻の今後のご発展とご健勝をお祈りいたします。

このほかにも1名の方が定年退職されます。長い間、どうもありがとうございました。
笠原 純子 (図書係 係長)

電気刺激を利用する 新たな分子サイズ光スイッチング材料の開発

並木 康佑 (化学専攻 博士課程3年), 西原 寛 (化学専攻 教授)

基板上に二次元に配列した分子の形状を電気刺激と種類の光によって自在にスイッチすることに初めて成功した。種類の光のみで形状変化可能な材料は、位置選択性・コストの面で有利であり、新しい分子サイズのスイッチング材料への応用が期待できる。

近年急速に利用が広がっているCD、DVDといった光ディスクには記録材料として光に反応して構造が変化する有機色素が用いられており、その特性が記録特性の良し悪しを決定する大きな要因となっている。そのため、有機色素の構造スイッチング特性の向上や新しい制御法の開発は大きく注目を集めている。

アゾベンゼンは紫外光を照射するとトランス体からシス体へ、青色光を照射するとシス体からトランス体へとその分子骨格が変化し、2つの安定な構造間を行き来するスイッチング分子である。このアゾベンゼンに鉄イオンを含む部位

を連結した3-フェロセニルアゾベンゼンは緑色の光によって構造のスイッチが起こるが、そのスイッチの向きは鉄イオンが還元されている場合にはトランス体からシス体、酸化されている場合はシス体からトランス体と逆転することをわれわれは以前に報告した。今回、この分子の性質に注目し、電気刺激によって基板表面の光スイッチの向きを簡便に制御することを考えた。基板表面に並んだ分子の構造を自在に制御できれば、分子サイズの超微小な光メモリなどへの応用が期待できるためである。

3-フェロセニルアゾベンゼンを透明電極上に分子一層からなる膜として整列させたスイッチング材料を開発した。そして、緑色光を照射した際のスイッチング挙動を、微小な吸光度の変化を捉えることで追跡した。その結果、電極に対して正の電圧をかけた場合とかけない場合とで分子の構造のスイッチ方向が逆向

きになることがわかった。このことは、今回の材料が種類の光によって、構成する分子の構造を可逆にスイッチできることを示している。より微小な分子サイズのデバイスの開発にさいして、二種類の光について別々に精密な位置制御を行うという技術的・コスト的問題を解消できるユニークな材料であるといえる。さらに1メモリ(ピクセル)の大きさは、光だけを用いる場合には、原理的に光の波長(約500nm)までしか微小化できないが、それより微小な電極と電気刺激を用いることにより、超高密度のデバイス開発へ展開できるユニークな系であるといえる。

本研究は、英国王立化学会誌、K. Namiki *et al.*, *Chemical Communications*, **44**, 4650-4652, 2007に掲載された。同会誌 *Chemical Technology* のonline版2007年11月28日にハイライトとして掲載された。

(2007年12月7日プレスリリース)

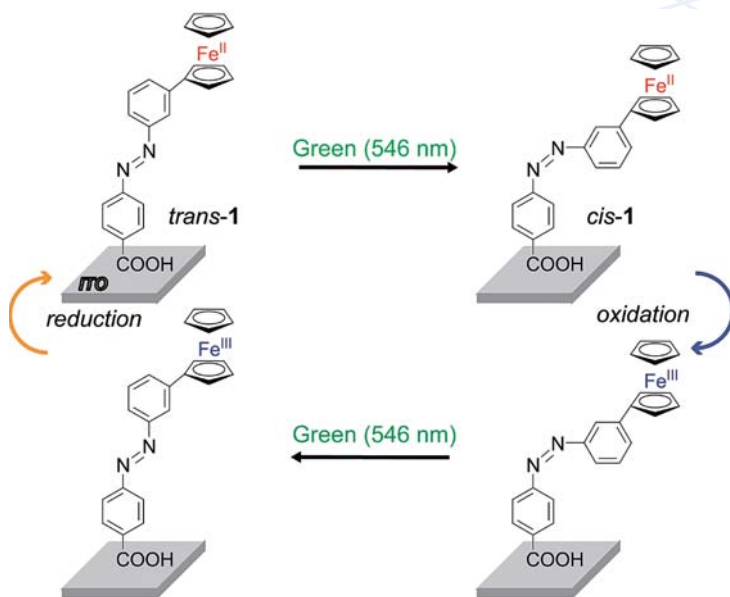


図1：光と電気刺激による分子膜の構造変換の概略図。

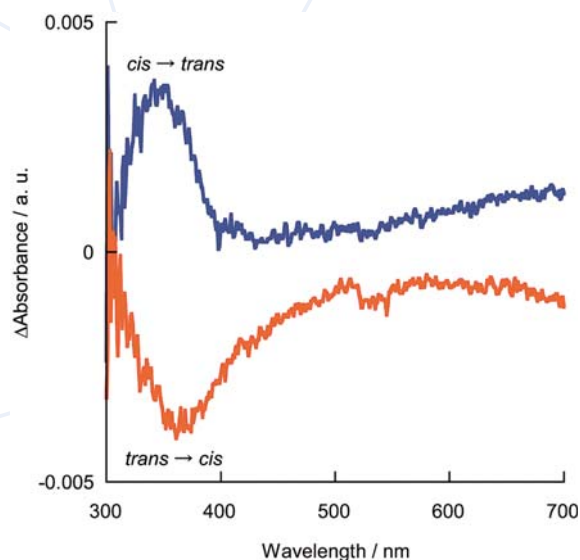


図2：電圧をかけた場合(酸化体)(上)とかけない場合(還元体)(下)の吸光度変化。

ニッケルがなぜ磁石になるかを理論的に解明

酒井 志朗 (工学系研究科物理工学専攻 学術研究支援員), 青木 秀夫 (物理学専攻 教授)

「金属強磁性」、つまり電流が流れる金属でありながら電子スピンのそろって磁石になる性質は、鉄、コバルト、ニッケルで実現しておりなじみ深い。その機構は意外にもいまだに満身に理解されていない。実際、金属中の電子はやすやすとは強磁性を示さない。絶縁体の磁石 (冷蔵庫に貼ってあるフェライトなど) の理解より難問である。その解明は「強相関電子系」、すなわち、互いに強い (クーロン) 反発相互作用をしながら結晶中を移動する多数 (~ 10^{23} 個) の電子の問題となる。これらの電子は d 軌道という 5 つの原子軌道を取りうるが、この自由度は大計算を要求するため、これまで①結晶構造と②複数軌道の双方 (図 1) を取り入れた理論計算は困難で、2 要因のどちらが金属強磁性に本質的であるかが不明であった。われわれは、この困難を乗り越える新しい理論手法を開発し、

①②が共に本質的であることを初めて見出した。

これまでの膨大な研究の中で、ニッケルの面心立方結晶 (fcc) 構造が強磁性を安定化していると初めて指摘した理論として、金森理論がある。そこでは軌道自由度は重要でないとされた。いっぽう、複数軌道を考慮すると現れるフント結合 J (原子内でスピンを

そろえる働きをもつ; 図 2) が強磁性の引き金となる、という主張も 1930 年代のスレーター (J. C. Slater) 以来古くからある。ただし、複数軌道系は複雑なため、実際の理論計算においては結晶を 1 次元化するなどの単純化が必要であり、そこで得られた結論では (現実的な大きさの J に対して) 強磁性は出現しない。

しかしわれわれは、現実の 3 次元結晶においては複数軌道 (つまり J) が

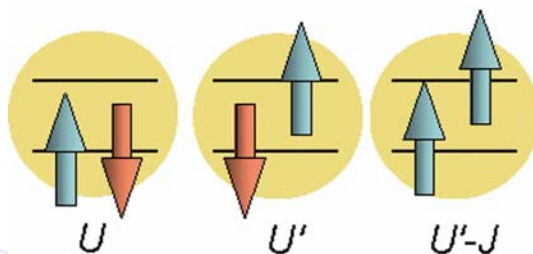


図 2: 複数軌道系の 2 電子間相互作用。黄色の丸は原子、実線は原子軌道、矢印は電子スピンを表す。U (U') は反平行スピンを持った 2 電子が同一 (異) 軌道にいる場合のクーロン斥力の大きさ、 $J (>0)$ は平行スピンを持つ 2 電子の斥力エネルギーの利得 (フント結合) を示す。

重要になり得るのではないかと考えた。そこで、fcc のような配位数の大きい格子に良い動的平均場近似を複数軌道へ拡張し、 J を扱える新しい数値計算法を開発することで、現実の結晶構造を取り入れた 3 次元複数軌道系を扱うことに成功した。ニッケルについての計算結果により、強磁性は、(i) 複数軌道で $J=0$ とすると絶対零度まで出現しないが、(ii) 現実的な大きさの J (0.5-1.0 eV) を入れると現れる。つまり、フント結合 J が金属強磁性に本質的である。いっぽう、単純立方格子についても比較計算を行うと、 J を入れた複数軌道の場合にも強磁性は現れないので、結晶構造も重要であることがわかる。

結論として、金属強磁性は結晶構造と複数軌道を同時に考慮して初めて理解されるべきものである。このことは、他の遷移金属を含めた金属強磁性の体系的な理解や、新たな金属強磁性体を設計する上で指針のひとつになると期待される。本研究は理化学研究所の有田亮太郎氏との共同研究で、S. Sakai *et al.*, *Physical Review Letters*, **99**, 216402, 2007 に掲載された。

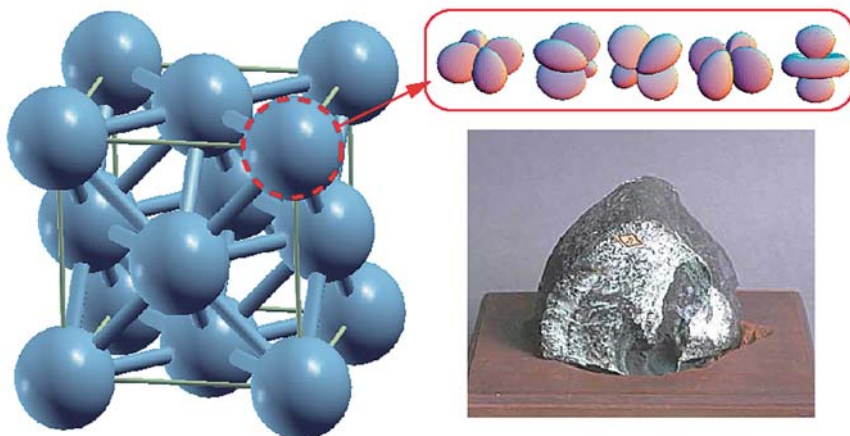


図 1: 面心立方構造 (左) と 5 つの d 軌道の形 (右上)。右下の写真はニッケル鉱物 (niccolite; 東大総合博物館 HP から許可を得て転載、標本は三菱マテリアル所蔵)。

脊椎動物の生殖と生殖行動のリンクに鍵を握るキスペプチン神経系

岡 良隆 (生物科学専攻 教授)

春の訪れとともに動物が繁殖に向けて動き出すようなとき、動物は外界の環境変化をまず感覚系で受け取り、次に神経系や内分泌系に長期的な生理状態の変化を引き起こしているのではないだろうか。私たちは、環境変化の受容と行動・内分泌的適応の仲介をする重要な役割を担うもののひとつがペプチドニューロンであるという考えのもとに、とくに、GnRHとよばれるペプチドを産生するニューロン(GnRHニューロン)に焦点を当て、関連する神経系や内分泌系のはたらきについて研究してきた。この過程で、GnRHニューロンを調節する別のペプチドニューロン(キスペプチンニューロン)を非哺乳類で初めて発見した。

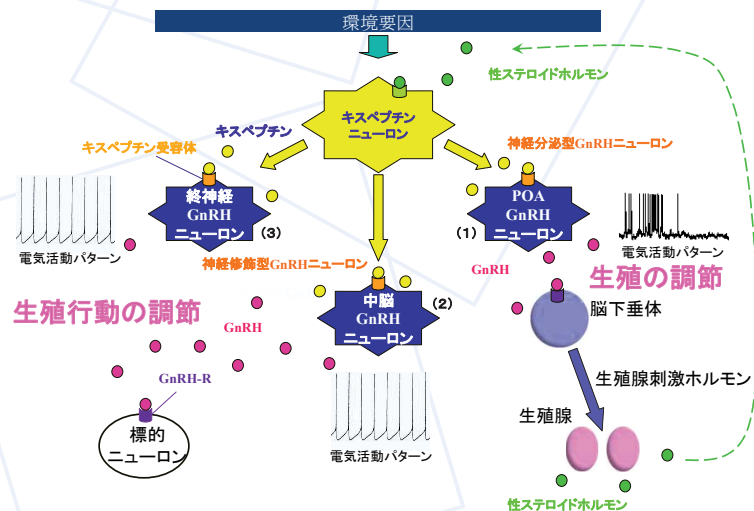
種の保存という、生物にとっては不可欠な機能である生殖を調節する機構は脊椎動物を通じてきわめてよく保存されている。魚の脳ではGnRH神経系がよく発達していることから、GnRHペプチドやGnRH神経系に関して多くの研究がなされている。とりわけ、メダカは豊富なゲノムデータベースが利用可能であり、トランスジェニック技術をはじめとする分子遺伝学的解析ツールの応用が哺乳類に比べて容易なため、各種の基礎生物学分野におけるモデル動物として研究に貢献している。今回私たちはメダカを用いてキスペプチンをコードするKiSS-1遺伝子の配列をまず決定した。この配列を元にKiSS-1遺伝子を発現するニューロンの脳内分布を形態学的に解析した結果、NPPvおよびNVTとよばれる脳部位に2群のキスペプチンニューロンを見いだした。それぞれの脳部位におけるキスペプチンニューロン数を数えたところ、NPPvではなくNVTだけでオス>>メスという明瞭な性差がある上に、NVTキスペプチン

ニューロン数は性ホルモンレベルにより調節されるということがわかった。また、長日条件におかれて産卵を毎日行う繁殖状態メダカと短日条件におかれて産卵をまったく行わない非繁殖状態メダカでは、NVTキスペプチンニューロン数が繁殖状態>>非繁殖状態であった。このことは、NVTキスペプチンニューロンが繁殖にきわめて重要なはたらきをする一方、NPPvキスペプチンニューロンは雌雄差や性ホルモン環境・繁殖状態などに関係しない別の機能をもつ、という可能性を示唆している。この成果は最近、S. Kanda *et al.*, *Endocrinology* (2008 Jan 17; Epub ahead of print) に発表された。

このように脊椎動物を通じてキスペプチン神経系が繁殖の中核制御を行う

重要な機能を担っているらしいことがわかったが、私たちは、今回得られた遺伝子情報を元に各種遺伝子改変メダカの作成を開始している。図1に示すように、キスペプチンニューロンが、構造と機能の異なる3つのGnRHニューロン系すべてを介してはたらくことにより環境の変化に応じて生殖と生殖行動を協調的に調節する、という作業仮説を実証すべく、このような遺伝子改変メダカに対して生理学や行動学的手法を応用した研究を行っている。今回の研究成果によりキスペプチンニューロンをめぐる分子・細胞レベルから個体レベルまでの統合的な研究が本格化し、メダカをモデル生物として用いる研究が脊椎動物の生殖神経生物学の研究全体に今後大きな影響をおよぼすことが期待される。

キスペプチンニューロンが多機能GnRH神経系を介して生殖と生殖行動を協調的に調節する作業仮説



(1) POA-GnRHニューロンは脳下垂体からの生殖腺刺激ホルモン放出を促進するはたらきをもつペプチドGnRHを脳下垂体に放出する。その結果脳下垂体から生殖腺刺激ホルモンが放出され、これが生殖腺からの性ステロイドホルモン放出を促す。これは脳にも到達してフィードバック作用することが知られており、キスペプチンニューロンが性ホルモンの直接の標的として注目を浴びている。(2) 中脳GnRHニューロンおよび(3) 終神経GnRHニューロンとよばれるGnRH系が存在しており、これらは脳下垂体機能に直接関与せず、電気的活動も(1)とはまったく異なる。(2, 3)はホルモンとしてはたらかず、脳内で生殖行動の動機付け調節などにはたらくと考えられる。これらすべてのGnRHニューロンにキスペプチン受容体の発現が示唆されていることから、キスペプチンニューロンは多機能GnRH神経系を協調的に調節する要としてはたらいっている可能性が示唆される。

細胞内酸化ストレスと不飽和脂質のシス-トランス異性化

濱口 宏夫 (化学専攻 教授)

ラマン分光を用いて生細胞を分子レベルで調べる研究が急速に展開している。われわれが発見した「生命のラマン分光指標」は、細胞の代謝活性を鋭敏に反映し、細胞の生死の分子マーカーとなる。分裂酵母 (*Schizosaccharomyces pombe*) を酸化ストレスにさらすと、この指標が急速に消失し、本来シス型であるミトコンドリア膜中の不飽和脂質が、トランス型に異性化することを見出した。また、ヒト癌細胞由来の HeLa 細胞からトランス型不飽和脂質の存在を示唆する結果を得た。酸化ストレスが誘起する代謝活性低下や生体膜の構造変化が、癌の本質と関連するのかたいへん興味深い。

炭素-炭素 2 重結合を含む化合物には、分子式は同じであるが原子同士の幾何学的関係が異なる 2 種類の立体異性体、シス型とトランス型が存在する (図 1)。細胞小器官の構造材である生体膜は、シス型不飽和脂質を主要成分とし、このシス構造によって膜の適度な流動性を担保していると考えられている。例外として知られているのは反芻動物の乳や肉で、消化器内の微生物によりシス型がトランス型に転換されることがわかっている。

われわれの研究グループは、ラマン分光による生きた細胞の物理化学的研究に取り組んでいる。顕微鏡下で、1 マイクロメートル以下に絞ったレーザー光を細胞内小器官に照射し、そこから散光され

るラマン散乱光のスペクトルを観測する。ラマンスペクトルは別名「分子の指紋」とよばれ、分子の同定、構造解析にきわめて有用な情報を与える。われわれはこれまでに、分裂酵母の細胞分裂の過程をラマン分光によりその場観測することに成功し、ミトコンドリア中に「生命のラマン分光指標」と名づけたラマンスペクトル指標 (1602 cm^{-1}) を発見した。このバンドは細胞の呼吸・代謝活性を鋭敏に反映し、細胞の生死の判定に決定的な役割を果たす。また、酵母生細胞を過酸化水素 (H_2O_2) による酸化ストレスにさらすと、ミトコンドリア中の「生命のラマン分光指標」が急速に消失し、代謝活性が失われることを見出した。それに引き続いて、ミトコンドリア膜を構成するシス不飽和脂質の 2 重結合が減少すると同時に、シス型がトランス型に異性化することもわかった (図 2)。さらに最近、ヒト由来の癌細胞の培養株である HeLa 細胞中に、強い 1670 cm^{-1} のバンドを見出した。この結果は、

近い位置にバンドをもつコレステロールとともに、HeLa 細胞中に大量のトランス型不飽和脂質が存在する可能性を示唆する。酸化ストレスによる代謝活性の低下や不飽和脂質の構造変化が細胞の活性におよぼす影響、とくに発癌の機構との関連に強い興味を持たれる。

ラマン分光による生細胞の研究は、細胞中の生命現象を分子レベルで明らかにする「生細胞化学」を開拓しつつある。今後生細胞中の新しい分子現象が続々と発見されるものと期待されるが、それらの解明には生物学からの全面的支援が必要である。実際、上記の研究は生物化学専攻山本研究室との共同研究であり、これが理学系研究科という恵まれた環境下で 10 年近い歳月を経てようやく開花しつつあるものであることを最後に付記する。本研究の一部は、C. Onogi *et al.*, *Journal of Raman Spectroscopy* の online 版に 2008 年 2 月 4 日掲載された。

(2008 年 2 月 5 日プレスリリース)

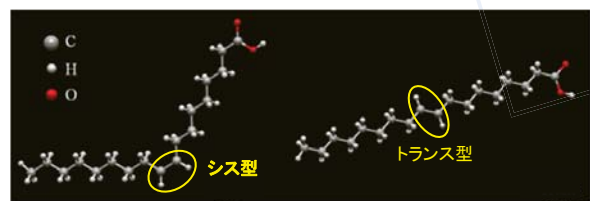


図 1: 代表的な不飽和脂質、オレイン酸 (シス, 左) とエライジン酸 (トランス, 右) の構造

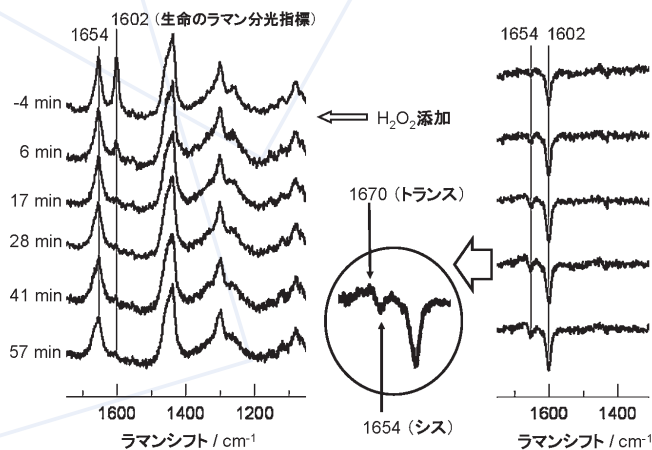


図 2: 酵母生細胞の培養液に過酸化水素 (終濃度 $9 \times 10^2\text{ mol dm}^{-3}$) を加えたときのミトコンドリアの時間分解ラマンスペクトル (左) とその変化を示す差スペクトル (右, それぞれの時間のスペクトルから添加前 (-4 min) のスペクトルを引いたもの)。 1602 cm^{-1} の「生命のラマン分光指標」が急速に消失し、続いて 1654 cm^{-1} のシス不飽和脂質が減少して、 1670 cm^{-1} のトランス不飽和脂質が生成する (挿入図) 様子がわかる。

連載 理学のキーワード 第12回



「量子井戸と量子ドット」

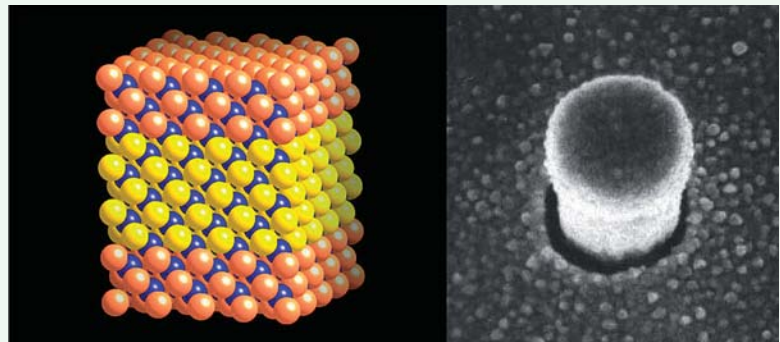
青木 秀夫 (物理学専攻 教授)

量子力学を学ぶと、必ず出てくるのが「井戸型ポテンシャル問題」、つまり電子などの粒子が、そのド・ブロイ (de Broglie) 波長程度の空間スケールをもつ領域に閉じ込められたときの波動関数の問題である。これを、半導体系で実現したものが量子井戸、量子ドットである。量子井戸 (図左) は、分子線エピタキシー (原子・分子を真空中で蒸着させて原子一層の精度で製膜する) などの方法で、バンド・ギャップの異なる半導体を、母体の半導体に層状に埋め込んだ構造 (これを周期的につくると、江崎玲於奈により創案された半導体超格子となる)。層に垂直方向では井戸型ポテンシャルとなり、この自由度についてエネルギーは量子化するいっぽう、層の面内方向は自由運動なので、一種の2次元電子系となる。量子ドットでは、

異なる半導体の界面に存在する2次元電子系に対して、周りを削って柱状にする (図右)、あるいはリソグラフィーでつくった電極により電子を狭い領域に閉じ込めるので0次元電子系となり、準位は完全に離散化する。井戸の厚さやドットの直径をナノメートル程度にすると、量子効果が顕著になり、特異な電子の輸送 (単一電子トンネリングなど)、

電子相関効果 (分数量子ホール効果、電子分子など) や光物性 (2次元励起子を用いた量子井戸レーザーなど) が生じるので、基礎物理だけでなく半導体デバイスにも広く用いられている。

本理学系研究科では、物理学専攻の樽茶清悟教授、岡本徹准教授など (実験)、青木など (理論) が量子井戸や量子ドットに関連した研究を行っている。



■ 左：量子井戸。 右：量子ドット (物理学専攻 樽茶清悟教授提供)。



「固相合成法」

田代 省平 (化学専攻 助教)

DNA やタンパク質 (ペプチド) といった生命の根幹に関わる生体高分子の化学合成を可能にした技術が「固相合成法」である。

化学反応、とりわけ有機合成反応では、溶媒に試薬を溶かして反応させるという「液相合成」がもっとも標準的である。いっぽう「固相合成」は、反応させたい分子を固体樹脂上に結合させ、その樹脂上で試薬と化学反応させる合成手法である。先に述べた液相合成では、反応溶液から目的分子だけを分離する必要があり、時として多大な労力を要する。いっぽう、固相合成は、樹脂に結合した目的分子以外の不要物、たとえば残存試薬などを洗浄操作のみで簡便に除けるといふ大きなメリットがある。そのため固

相合成では、煩雑な分離操作なしに連続的に化学反応を行うことが可能となり、手間と時間が大幅に省略される。

固相合成の有用性は、まずペプチドの化学合成で威力を発揮した。たとえば、液相法によって R (アルギニン) - I (イソロイシン) - G (グリシン) - A (アラニン) - K (リシン) … のようなペプチドを合成する場合、アミノ酸の縮合と脱保護を繰り返すためひょろろと手間がかかる。ところが1963年、メリーフィールド (R. B. Merrifield) によって4残基ペプチドの固相合成が報告されて以来、現在では自動ペプチド固相合成装置を活用することで、数十残基のペプチドが数日もしくは一日でほぼ自動合成されるまでに至った。またDNAも、

現在では固相合成およびその自動化が一般的になっている。

固相合成法の魅力は、生体分子をそのまま化学合成できることだけではない。固相合成によって、人工分子をDNAやペプチドに組み込むことにより、生体分子を超えた新しい機能性分子を創製することができる。たとえば化学専攻の塩谷光彦教授 (生物無機化学研究室) のグループでは、金属イオンを捕捉する機能性部位が織り込まれた人工DNA鎖を、固相法によって自動合成することに成功している。得られた人工DNAと金属イオンを水中で混ぜ合わせると、金属イオンがDNA内部に一次元状に配列し、原子1個分の太さの世界最細の金属ナノワイヤーをつくることができる。



「地球ダイナモ」

櫻庭 中 (地球惑星科学専攻 助教)

地磁気はおおむねどこでも北向きで、地球全体で見ると双極子磁場に近い。磁場は時や天候を問わず計れるため、古来、探検家や船乗りたちは方位を知るのにこれを利用してきた。鳥や海生動物、細菌にも磁場を感じて進路を決定しているものがある。

なぜ地球は磁場をもちうるのか。これは長らく未解決の問題であった。地球半径の半分よりも深い部分は金属鉄からなる。地磁気は、この金属コアに流れる電流を反映しているのは疑いないのだが、その電流がいつに維持されるのか、起電力がどこからくるのか、という地球ダイナモ問題が具体的に明らかになったのは、計算機シミュレーションが発展したここ10数年ばかりのことである。

コアの大部分は溶融しており、地球の

冷却にともない、毎時1mほどの速さで対流している。生じる対流渦は、地球の自転の影響のため、南北方向に細長く伸びた回転円筒がいくつも並んだような形態を示す。地上の低気圧が上昇流、高気圧が下降流をそれぞれ伴うのと同様、これら渦のまわりの速度場は、北半球では右ねじの、南半球では左ねじの進む向きで、流線はらせん状になる。磁力線はこうした渦に巻きつくように成長する。磁場中で導体が回転すると、導体表面に電流が流れて磁場が誘導されるのと、原理は同じである。最終的に、流れの赤道面対称性を反映して、地球全体を貫く双極子磁場が生まれる。

昨夏、首都圏は記録的猛暑に見舞われ、東京電力管内の消費電力は6000万kWを超えた。コアの発電能力は、トータル

ではその数倍の規模である。工学では電磁流体(MHD)発電という技術が研究されているが、地球ダイナモはまさにそれに近い。

コアは乱流状態にあり、流れも磁場も、ともに広大な時空間スペクトルをもつ。これが地球ダイナモの研究を困難にしている。現在の目標は、乱流コアという極限下でのダイナモ作用を明らかにし、さまざまな地磁気の変動現象を理論的に説明することである。双極子の向きが突然反転するという地磁気の逆転現象は、そのうちもっとも魅力的な研究テーマである。地球ダイナモの研究は、筆者のほか、本学ではおもに地磁気観測を通じて地震研究所の歌田久司教授らが、乱流理論を通じて生産技術研究所の半場藤弘准教授らが行っている。



「ガンマ線バースト」

野本 憲一 (天文学専攻 教授)

ガンマ線バーストとは、宇宙の未知の天体から、突如、数十ミリ秒から数百秒という短時間、ガンマ線が爆発的に放射される現象である。宇宙の何処で、どのような天体が放射するのか、発見後30年以上も謎であった。最近ようやく、宇宙のきわめて遠方で、莫大なエネルギーを放射する巨大な爆発現象であることがつきとめられてきた。このバーストにより、宇宙のもっとも遠方の天体を観測的に研究できる可能性があり、その正体の解明がさらに進められつつある。

ガンマ線バーストは、1960年代にアメリカの軍事衛星によって発見されたが、その正確な位置、距離がわかるようになったのは、1997年、天文観測衛星によって、バーストの残光現象として放

射されたX線が観測されるようになってからである。対応する光学天体の観測から、銀河系外の遠方の宇宙で発生し、莫大なエネルギーを放射している現象であることが明らかとなった。(赤方偏移 $z=6.295$ という最遠方のガンマ線バーストの光学的同定は「すばる」望遠鏡によってなされた)ガンマ線バーストは、継続時間が1秒以上のロングバーストと、1秒以下のショートバーストに大別される。比較的近距离に出現したロングバースト3例には、それに付随して、通常の超新星の10倍以上のエネルギーをもつ、極超新星が発見された。ロングバーストと極超新星は、ブラックホールから光速にきわめて近い速度でジェットが噴出することで引き起される、巨大な爆発であ

ると推測されている。X線フラッシュという類似の現象も観測されており、こちらは、超強磁場をもつ中性子星の形成を伴う超新星に付随した現象である可能性がある。ショートバーストの方は、連星系をつくっている2つの中性子星が重力波を放射しつつ合体する時に起こる現象ではないかというアイデアが提案されているが、その正体はまだはっきりしていない。本研究科では梅田秀之准教授と筆者の研究室、また佐藤勝彦教授、茂山俊和准教授の研究室において、それぞれ、ガンマ線バーストに付随した極超新星、ガンマ線バーストの中心エンジンの理論的研究が行われている。牧島教授の研究室では、X線天文衛星による、残光X線やX線フラッシュの観測研究が行われている。



「有限単純群モンスター」

松尾 厚 (数理科学研究科 准教授)

モンスターは、およそ 8.08×10^{53} 個、正確には $2^{46} \cdot 3^{20} \cdot 5^9 \cdot 7^6 \cdot 11^2 \cdot 13^3 \cdot 17 \cdot 19 \cdot 23 \cdot 29 \cdot 31 \cdot 41 \cdot 47 \cdot 59 \cdot 71 = 808017424794512875886459904961710757005754368000000000$ 個の元からなる巨大な群 (ぐん) である。ちなみにアボガドロ定数はおよそ 6.02×10^{23} である。モンスターは豊かな構造をもつ興味深い研究対象である。

群は図形や空間の対称性を記述する数学的構造である。位数すなわち元の個数が有限であるものを有限群という。

たとえば、正三角形には 120 度回転すると元の位置に重なるという対称性がある。何もしない操作や裏返しも含め、位数 6 の群が得られる。この群は位数 2 の群を回転のなす位数 3 の群で拡大し

たものと解釈できる。一般に、有限群は有限単純群の拡大の繰り返しでできている。

有限単純群にはいくつかの無限系列と 26 個の例外があり、例外中で最大のものがモンスターである。1970 年代前半に有限単純群の分類の試みの中でモンスターが発見された後、1970 年代後半になってムーンシャインとよばれる不思議な現象が見出された。モジュラー関数の級数展開とモンスターの表現の指標に関係があるというのである。これを追及する中で、理論物理学 (弦理論) との関係も示唆されつつ、1980 年代前半にムーンシャイン加群とよばれる無限次元の代数系が構成された。これを用いてムーンシャインは解明され、関連する一連の研究はボーチャーズ (R. E. Borcherds) の

フィールズ賞受賞につながる重要な研究となった。

筆者はこのようなつながりを研究する者の一人である。モンスターについては他にも興味深い観察や謎があり、それがムーンシャイン加群によって明快に説明されるのが望ましい。最近では、ムーンシャインの枠組みがある種の幾何学と関係することも見出され、モンスターに関わる数学の世界はさらに広がりを見せている。この方面では、数理科学研究科の吉川謙一准教授が複素幾何学の立場からの研究を精力的に推進している。

筆者が見ることのできた部分から想像する限り、モンスターは美しい。モンスターの全貌を見る日が来ることを願ってやまない。



「細胞周期」

佐藤 政充 (生物化学専攻 助教)

細胞の分裂は生命現象の根源である。真核生物において細胞が分裂してからまた次に分裂するまでを 1 周期として、細胞周期という概念でとらえている。一般に細胞周期は、染色体 DNA の状態から、おもに 4 つの時期に分けられる。染色体 DNA の合成を行う S 期 (Synthesis) と、複製した染色体を 2 個の細胞に分配する M 期 (Mitosis)、さらにこれらの間にあるギャップ期 (G1 および G2 期) である。すなわち、細胞周期は G1-S-G2-M とまわって G1 期に戻る。この 1 周期が、ヒトでは約 24 時間、酵母では 2~3 時間である。

60 年代半ば以降、米国のリーランド・ハートウェル (Leland H. Hartwell) 博士は出芽酵母、英国のポール・ナース (Paul M. Nurse) 博士は分裂酵母を用いて、細胞周期に異常を示す cdc 変異体を多数単離した。ナース博士は M 期を開始さ

せる因子として、タンパク質リン酸化酵素 Cdc2 を発見し、細胞周期がヒトから酵母に至るまで基本的に共通の機構で制御されていることを示した。今でこそ酵母を用いた細胞周期研究は幅広く認知されているが、細胞周期の分子機構がまったく明らかにされていなかった時代に、両博士が酵母を選び、変異体単離という遺伝学的手法から細胞周期研究の道を切り開いた業績の偉大さは計り知れない。英国のティモシー・ハント (R. Timothy Hunt) 博士は、ウニ卵で周期的に発現するタンパク質「サイクリン」を発見し、これが Cdc2 を活性化することがわかった。上記 3 博士は、これらの分子の発見が評価され、2001 年にノーベル医学生理学賞を受賞している。

ある特定の回数だけ分裂した後に停止する、すなわち細胞分化の観点からも細胞周期は重要である。増殖を停止す

る細胞は、G1 期から静止期 (G0) に入る。高等生物において増殖を停止できない細胞は癌細胞として振る舞う。したがって、細胞周期の進行と停止は、細胞および個体の運命を決定するために厳密に制御されなければならない。酵母においては G1 期から配偶子 (孢子) を形成するための減数分裂へと分化する。減数分裂過程は、DNA 合成のあと、2 回連続で染色体分配が起きる特殊な細胞周期を有する。その特殊性はどのような分子機構によってつくられるのか、謎が多く残されている。減数分裂の細胞周期については生物化学専攻のわれわれ山本正幸教授の研究室で研究が進められている。さらに理学系研究科・生物科学専攻では、酵母を用いて大矢禎一教授、菊池淑子准教授、植物を用いて馳澤盛一郎教授、クラミドモナスを用いて広野雅文准教授など、多くのグループが研究している。

附属施設探訪 本郷編

第6回

東京大学全学センター

素粒子物理国際研究センター

センター長 駒宮 幸男 (物理学専攻 教授)

素粒子物理学とは

素粒子物理学とは、物質の基本単位は何か、それらの間に働く力や法則がどうなっているかを研究する学問である。拡大解釈すると、宇宙の森羅万象の基になっている法則をつきとめるという途方もない野心をもった学問である。基本粒子の法則だけを知っていれば生命現象なども理解できるとは思ってもないが、大手を振って何の役にも立たないことを研究しているという意味でもっとも理学的な学問である。

とは言うものの、素粒子実験に用いる加速器や測定器は、技術のフロンティアであり、これから派生、発展した技術は、医療用の加速器、超伝導電磁石から、放射光や自由電子レーザーにいたるまで、枚挙に暇がない。インターネットの礎となったWWW (World-wide-web) は、われわれが研究活動を行っているジュネーブのCERN (欧州原子核研究機構) で発明されたもので、はじめは研究者間の情報・データやジョークのやり取りのために開発された。また、1969年に米国のフェルミ研究所という大型加速器をもつ素粒子の研究所に米国の国会議員団が来て、「このような設備が国家の安全保障にいかに関与するのか?」と、当時所長だったウィルソン氏に尋ねたが (いかにも米国的だが)、所長は「直接防衛には役立たないが、守るに足る品格ある国家をつくるためには必要である」と答えたそうである。「国家の品格は素粒子物理の研究から」である。これらの状況証拠から、素粒子実験が何の役にも立たない

というのは、実は「謙遜」であることがおわかりいただけるだろうか。

加速器が巨大になれば予算もかかり、一基を多くの国が共同で建設することになる。そこでの実験も巨大装置となり、世界中から研究者が集まって設計し建設してデータを解析する。協力と競争で成り立つ社会ではあるが、それゆえにフェアプレーが求められ、有能な研究者が認められる社会でもある。この学界では激越な議論が絶えないが、ひとたびまとまらねばならないときには国際的にも大同団結する (ことが多い)。

前世紀の後半には、素粒子物理学は実験と理論が相まって著しい展開が起り、素粒子の「標準理論」が構築された。かつて素粒子だと思われていた陽子も中性子も、さらに小さな粒であるクォークからできており、今ではクォークや電子が同じレベルの素粒子であると考えられている。いまだに、この「標準理論」に背く実験的な証拠は本学の宇宙線研究所を中心としたスーパーカミオカンデ実験

が発見したニュートリノに微小な質量があるという事実だけである。しかし、この「標準理論」は重力を記述できていないし、実験で決めなくてはならないパラメータが多すぎるなど、理論的なほころびが現れている。本センターが総力を上げて参加しているCERNの世界最高エネルギーの陽子・陽子衝突加速器LHC (Large Hadron Collider) において標準理論を越える新たな素粒子物理が切り拓かれるだろう。高エネルギーでの素粒子実験は、高密度超高温の宇宙初期にさかのぼり、そこで生じていた素粒子反応を実験で再現するものであり、壮大な宇宙史と極微の素粒子は深く関係している。

素粒子物理国際研究センターの沿革

素粒子物理国際研究センターとその前身は、創設からこれまで30年以上にわたり、世界最高エネルギーの加速器を用いた素粒子物理学の実験的研究を行い、さまざまな成果を上げてきた (図1)。

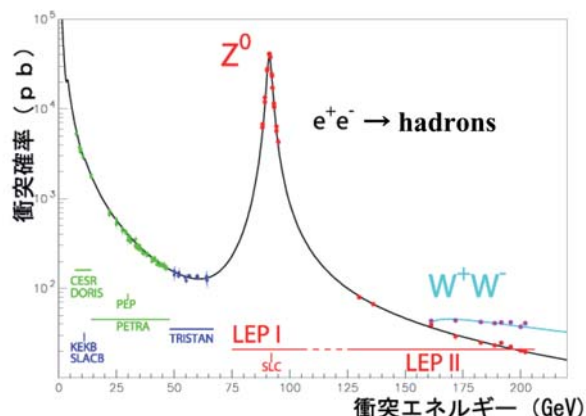


図1：電子・陽電子 (e^+e^-) 衝突を低いエネルギーから最高エネルギーまで四半世紀以上にわたり測定してきた。これは前世紀における本センターの歴史そのものである。横軸は電子・陽電子の重心系エネルギー、縦軸はその衝突確率で、中央の顕著なピークは、弱い力を媒介するZボソンの生成を表す。

本センターは新たな実験を始めるたびに組織転換を繰り返してきた。センターの前身である理学部附属高エネルギー物理学実験施設を小柴昌俊教授が1974年に設立された頃は、素粒子物理学が急速な発展を遂げる革命前夜であった。まさにこの年の11月に、米国ブルックヘブン研究所とスタンフォード線形加速器センター（SLAC）でほぼ同時に、 J/ψ 粒子（4番目のクォーク・チャーム）が発見され「標準理論」構築への突破口が切り開かれた。残念なことに、彼らが参加していたハンブルクにある DESY（ドイツ電子シンクロトロン研究所）の電子・陽電子衝突加速器 DORIS での実験は、 J/ψ を生成するエネルギーを行き過ぎて高いエネルギーで走り始めていたが、前センター長の故折戸周治氏らは J/ψ の仲間の粒子 P_c を発見した。1977年には理学部附属素粒子物理国際協力施設として、DESY に新設された電子・陽電子コライダー PETRA での JADE 実験を企画・大挙して参入し、1979年には、強い相互作用の元締め素粒子であるグルーオンを発見した。PETRA の4つの実験グループがほぼ同時に発見したのでノーベル賞にはいたっていないが、これが本センターの小林富雄教授の博士論文である。

1984年には CERN で始まる電子・陽電子コライダー LEP での OPAL 実験に参加するため、理学部附属素粒子物理国際センターに転換し、研究者は大挙してジュネーブに移住した。LEP では、弱い相互作用を媒介する Z ボソンを大量に生成して、素粒子の世代数が3であることを精密に決定するなどの成果を上げた。LEP 加速器のエネルギーを倍にする LEP-II 計画のために1994年に組織を改変し、ここで理学部から独立して全国共同利用の素粒子物理国際研究センターが発足した。LEP-II では、素粒子の質量の起源とされるヒッグス粒子（脚注：理学部ニュース2007年3月号・物理学のキーワード参照）の探索を行い、狭い

質量範囲に追い詰めた。標準理論は LEP での精密検証によって磐石な理論となった。OPAL では、本センターは約1万本の鉛ガラスカウンターよりなる電磁カロリメータという主要測定器を建設したが、実験終了まで15年間にわたってすべてのカウンターが働き実験に貢献した。OPAL に参加した研究者は300名を越えたが、本センターは標準理論の精密検証、新粒子探索などで物理解析を文字通り牽引した。

2004年には新たに始まる LHC での ATLAS 実験を遂行するために再度組織を転換し現在にいたる。

LHC での ATLAS 実験

今年中には LHC が稼動を始める。長年の懸案であった素粒子の質量の起源となるヒッグス粒子と、重力も含めた超統一理論に必要な超対称性粒子群の発見によって、標準理論を越えて素粒子物理学の新たな方向を決める突破口を開くと期待する。LEP での研究で、ヒッグス粒子の質量は 114 GeV から約 200 GeV の間に絞りこまれ、その発見が確実視されている。超対称性粒子群も LHC の射程圏内には潜んでいると考えられる。超対称性粒子群でもっとも軽い粒子は、宇宙の暗黒物質の有力候補である。LHC は一周 27 km の世界最大の陽子衝突加速器でありスイスとフランス両国にまたがっている。逆に回る2つの陽子ビームは、地下約 100 m のトンネル内に設置された超伝導電磁石によってその軌道が曲率半径 4 km でわず

かに曲げられ（裏表紙 e 参照）、ATLAS 測定器の中心で 14,000 GeV の衝突エネルギーで正面衝突させ新粒子を生成する。ATLAS 実験には 30 カ国以上から約 1700 人の研究者が参加している。ATLAS 測定器は表紙にあるように（裏表紙 a にもある）円筒を横にした形状で、高さは 7 階建てのビルほどもある。本センターは ATLAS には結成当初からその中心的なメンバーとして参加しており、本センターの小林富雄教授と高エネルギー加速器研究機構（KEK）の徳宿克夫教授がわが国の代表である。測定器では KEK や神戸大学と μ 粒子のトリガーチェンバーを建設した。これは総面積約 4000 畳で（図 2 参照）、ヒッグス粒子や超対称性粒子の探索では必須の検出器である。本センターの川本辰男准教授と石野雅也助教が中心となって、政治的にも宗教的にも遠いはずのイスラエルのエンジニアとパキスタンのテクニシャンらの協力を得て現地で

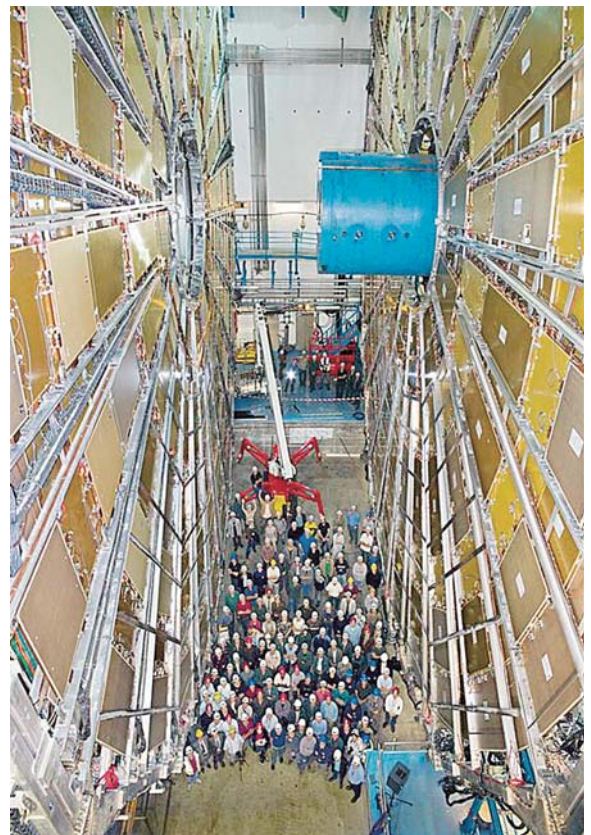


図2：設置が終った ATLAS μ 粒子トリガーチェンバーの下での集合写真（写真提供：CERN）。

組み上げた（裏表紙 c 参照）。わが国の物理解析の中心となっているのは浅井祥仁准教授（本センターから物理学専攻に昨年移籍）で、彼は ATLAS 全体の超対称性探索グループのリーダーでもある。彼のもとにセンターの助教、研究員、大学院生ら約 20 人が物理解析の準備を行っており、世界でも強力なチームをつくっている。ATLAS はいまだかつてない大量のデータを世界中の研究機関で解析するため GRID というシステムを使っている。これは、いくつかの大きなコンピュータセンターにデータを分散して蓄積し、高速のネットワークでこれらと物理解析センターを結び、空いている CPU を見つけて効率的に物理解析を行うものである。本センターもこの GRID の一翼を担っており、地域解析センターを昨年より運用している。GRID は階層化していて、実質的に中心となって物理解析を行うのは第 2 階層 (Tier2) であり、プロの真下哲郎准教授らが Tier2 地域解析センターの計算機システムを構築・整備し、坂本宏教授が実務と外交を行っている。

PSI での MEG 実験

1 m² 当たり 1 秒間に約 100 個の割合でわれわれに降りそそいでいる二次宇宙線のほとんどは μ 粒子である。MEG 実験は、標準理論では起こりえない μ 粒子が陽電子と光子へ崩壊する事象 ($\mu^+ \rightarrow e^+ \gamma$) を探索する実験である。これが発見されれば超対称性大統一理論の大きな証拠となる。ミュオン (M) が電子 (E) とガンマ線 (G) に崩壊する稀事象を捜すという意味で、MEG (メグ) 実験と呼んでいる。現在、この崩壊分岐率の実験的上限は 10^{-11} であり、これを 2 桁以上上げる感度が MEG 実験にはある。世界最強の μ^+ ビームを出ることができるスイス・チューリヒ郊外の PSI (Paul Scherrer Institute) において

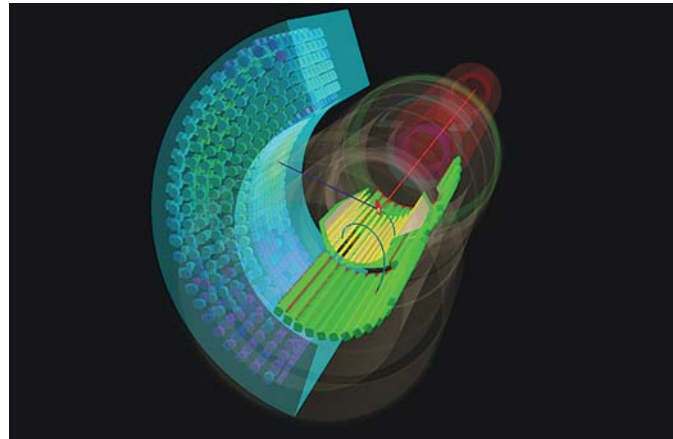


図 3：MEG 実験の測定器シミュレーション。中央の標的（赤）で止まった μ 粒子は e^+ と γ に崩壊。 e^+ は磁場に巻かれドリフトチェンバー（黄）に飛跡を残してタイミングカウンター（緑）でとまる。 γ は直進し左側の液体キセノン検出器（青）でエネルギーと到達時間が測られる。

昨年暮からテスト実験が始まった。この実験は本センターが中心となって企画・設計・建設したものであり、今では日本、スイス、イタリア、ロシア、米国の国際協同実験で、本センターの森俊則教授がスポークスマンである。大強度の μ ビームを薄い標的で止めて、 μ 粒子の崩壊で生じた光子と陽電子を捕える実験装置は超マニアックで、液体キセノンカロリメータ（図 3 参照）によって光子のエネルギーと到着時刻を測り、同時に特殊なソレノイド磁石で陽電子の軌道を曲げてひじょうに薄いドリフトチェンバーで運動量を測定しシンチレータでその時刻を測定する。これらの装置は三原智助教（現在 KEK 准教授）と大谷航助教らが一言では語り尽くせぬ困難を乗り越えて丹精込めてつくり上げた芸術品である（裏表紙 e 参照）。今年 4 月から本実験が始まり $\mu^+ \rightarrow e^+ \gamma$ 事象の世界初の発見を目指す。

そのほかの研究・教育活動

本センターは小規模ながら全国共同利用機関であり、国内の研究者の ATLAS、MEG 実験などへの参加窓口であるばかりでなく、国際的な研究拠点として認知されており国際学会やワークショップなどを特定領域科研費などによって開催している（裏表紙 b 参照）。また、将来

を見据えて LHC での発見を精密測定によって物理の原理にまで高めるための最高エネルギー電子・陽電子衝突加速器である国際リニアコライダー ILC のための準備も行っており、山下了准教授らが測定器と加速器の技術開発を国際協同により精力的に進めている（裏表紙 f 参照）。

本センターは、人事を機動性、流動性、透明性をもって進めており、全国から優秀な人材を集めている。現在 17 名の専任教員のうち 9 名は本学以外の大学院の出身者であり、本センターの前身を含めると 20 名以上の教員が他組織の教授や助教授(准教授)となって転出している。本センターには 25 名ほどの物理学専攻の大学院生が所属している。博士課程に進むものは、国際協同実験である ATLAS や MEG に参加して、現地で本センターの教員の指導のもとに他国のスタッフや大学院生と切磋琢磨しながら研究成果をあげ博士論文を書く。すなわち、最先端の研究と教育が直結している。

修士の学生は、国際協同実験で活躍できるまでの訓練を受ける必要があり、博士課程で物理解析を行う前に小実験や測定器開発などを行って基礎を身につけて腕を磨くためのプログラムもセンターでは用意している。これによって修士で就職する学生も潰しが効く人材としてさまざまな職種で活躍している。

第 13 回東京大学理学部公開講演会のお知らせ

広報誌編集委員会

理学系研究科・理学部では、来たる 5 月 10 日（土）に公開講演会を開催します。タイトルは「理学研究のフロンティア」。理学部では自然現象の真理を探究するためにさまざまな研究を行っています。壮大な宇宙から、私たちの住む地球、より身近な生命にいたるまで、あらゆるものが研究の対象であり、そのための研究手法も多種多様です。そうした研究の最先端から選りすぐりのトピックスを、各分野で活躍する研究者がわかりやすく解説します。

猫を恐らないマウスが教える心の仕組み

小早川 高（理学系研究科 生物化学専攻 特任助教）

見えない宇宙をみる - 宇宙の組成とダークエネルギー -

須藤 靖（理学系研究科 物理学専攻 教授）

地震を支配する法則の探求

井出 哲（理学系研究科 地球惑星科学専攻 講師）

日 時 2008 年 5 月 10 日（土） 14:00～16:30（13:00 開場） **定 員** 500 名。終了後、講演者との歓談の時間を設けます。

会 場 東京大学駒場キャンパス教養学部 900 番教室

中 継 インターネット配信を予定。

東京都目黒区駒場 3-8-1（京王井の頭線「駒場東大前」駅下車）

主催・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

入 場 無料。参加申し込み不要。当日先着順。どなたでもご参加いただけます。

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

URL：http://www.s.u-tokyo.ac.jp/PL13/

東京大学大学院理学系研究科・博士学位取得者一覧

（2007 年 12 月，2008 年 1 月，2 月）

（※）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
2007 年 12 月 28 日付学位授与者（1 名）			
課程博士	物理	山村 大樹	BES- II 検出器を用いた J/ψ 中間子がバリオン-反バリオン終状態へと崩壊する事象についての研究（※）
2008 年 1 月 31 日付学位授与者（1 名）			
課程博士	物理	櫻井 真	del Pezzo 曲面に対する Beilinson-Drinfeld のカイラル代数（※）
2008 年 2 月 15 日付学位授与者（1 名）			
論文博士	物理	平原 徹	ビスマス量子薄膜におけるスピン軌道相互作用と表面状態（※）

人事異動報告

所属	職名	氏名	異動年月日	異動事項	備考
化学	特任助教（特定プロジェクト特任教員）	吾郷 友宏	2007.11.1	採用	
化学	助教	一杉 太郎	2007.12.15	辞職	東北大学原子分子材料科学高等研究機構准教授へ
化学	特任助教（COE 特任教員）	Schneider Uwe	2007.12.16	採用	COE 特任研究員から
化学	特任助教（特定プロジェクト特任教員）	武田 啓司	2007.12.16	採用	
化学	特任助教（COE 特任教員）	Cheng Xiangqian	2008.1.1	採用	
化学	特任助教（COE 特任教員）	廣瀬 靖	2008.1.1	採用	
生化	特任助教（COE 特任教員）	小早川 高	2008.1.1	採用	特任助教（特定プロジェクト特任教員）から
化学	准教授	唯 美津木	2008.1.16	昇任	助教から
物理	助教	村山 能宏	2008.1.16	辞職	東京農工大学大学院共生科学技術研究院准教授へ
化学	特任助教（COE 特任教員）	Xu Huailiang	2008.1.16	採用	
物理	助教	Turner Peter Shipley	2008.2.1	採用	



■ 附属植物園の桜。

あ と が き

このニュースの読者に、今年度から学生の父兄の方々に加わっていただけることになりました。これから理学系研究科・理学部の活動をこのニュースでお伝えしてまいります。森羅万象に潜む“謎”を解き明かすことにより人類の知識を増やし、それを日々の生活に役立つ知識として還元することを目指し、研究・教育に励んでまいりますので、ぜひとも“理学”のサポーターとなっていただきますよう、よろしくご願ひ申し上げます。

2007年度にお届けするニュースも本号が最後となりますが、今年度の記事はいかがでしたでしょうか。研究ニュースや理学のキーワードなどは、分野が異なると難解に感じられることもあるかと思いますが（少なくとも私には頻繁にあるのですが）、これも理学という学問が包含する領域の多様性と多層性を反映しているゆえだと考えていただければ、難しいなりに楽しんで読んでいただけるのではないかと思います。私などは、編集をしておりますも、廣大無辺の理学の海に身を任せ、波間をたゆたうような気持ちになること（途方に暮れるとも言うかもしれません）がしばしばでした。

さて、過去3年間にわたり掲載してまいりました、理学系研究科・理学部を構成する専攻および附属施設の紹介が、今回の素粒子物理国際研究センターをもちまして完了いたします。理学部に所属されておりましたが、他の専攻や附属施設についてはあまりご存じない場合も多かったのではないかと思います（少なくとも私はほとんど知りませんでした）、この連載により理学部の全体像がおつかみいただけたのではないのでしょうか。来年度からは新しい連載がスタートいたします。少しでも私をリークいたしますと、“理学系研究科のお宝紹介”といった連載が始まるようです。このほかにも新企画がございますので、来年度のニュースを楽しみにお待ちしております。

最後に、この号をもちまして編集委員を卒業させていただくことになりました。編集を通じて多くの方々の多方面での活躍に触れさせていただき、大いに刺激をいただいた2年間でした。牧島委員長をはじめ編集委員の方々にも一方ならぬお世話になりました。御礼申し上げます。これからは、皆様と理学系研究科・理学部ニュースのご発展を心よりお祈りしつつ、一読者として記事を楽しませていただきます。

上田 貴志（生物科学専攻 准教授）

第39巻6号

発行日：2008年3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: kouhou@adm.s.u-tokyo.ac.jp)

牧島 一夫 (物理学専攻) maxima@phys.s.u-tokyo.ac.jp

横山 央明 (地球惑星科学専攻) yokoyama.t@eps.s.u-tokyo.ac.jp

上田 貴志 (生物科学専攻) tueda@biol.s.u-tokyo.ac.jp

米澤 徹 (化学専攻) tetsu@chem.s.u-tokyo.ac.jp

渡辺 正昭 (庶務係) mwatanabe@adm.s.u-tokyo.ac.jp

加藤 千恵 (庶務係) c-kato@adm.s.u-tokyo.ac.jp

広報・科学コミュニケーション：

横山 広美 yokoyama@adm.s.u-tokyo.ac.jp

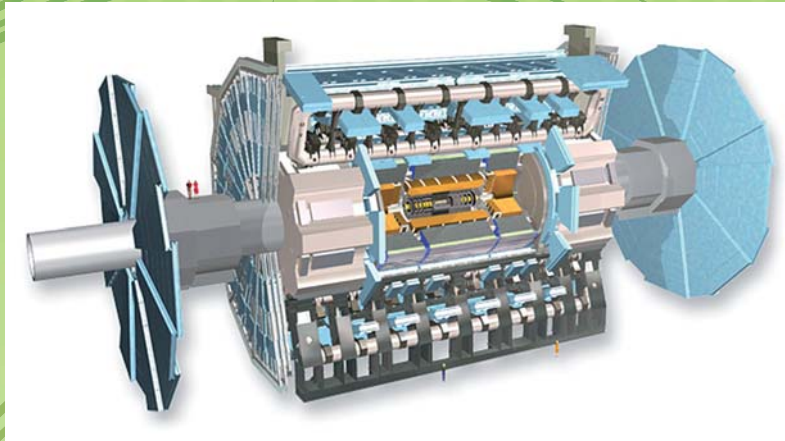
HP担当：

柴田 有 (情報システムチーム) yuu@adm.s.u-tokyo.ac.jp

HP & ページデザイン：

大島 智 (情報システムチーム) satoshi@adm.s.u-tokyo.ac.jp

印刷・・・三鈴印刷株式会社



a: LHCでのATLAS実験測定器。この測定器の中心で陽子と陽子が衝突し、そこで生成され外側に放出された様々な種類の粒子の情報を測定器が捉える。円筒状の直径は22m, 長さは44mで重量は7000tのハイテクの塊である。



b: 小柴ホールで開かれたATLAS実験データ解析のワークショップの集合写真。素粒子実験の研究者は通常ネクタイを締めない。



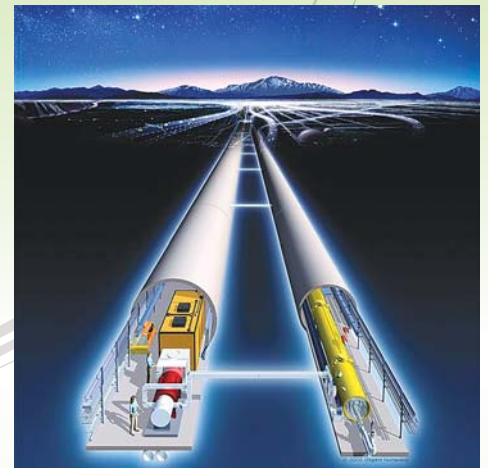
c: 石野助教(右から4人目)の右にはイスラエルのエンジニア, 左にはパキスタンのテクニシャン。 μ 粒子トリガーチェンバーは文化も宗教も乗り越えて真の国際共同で組み立てられた。



d: LHC加速器のトンネルの内部。超伝導電磁石をCERNの技官が調整している。この中を2本の陽子ビームが走る。遠方を見るとわずかな曲率でトンネルが曲がっている(写真提供: CERN)。



e: MEG実験の液体キセノン γ 線検出器に光電子増倍管をインストールしている大谷助教(右)。



f (by Shigeki Numazawa): 現在, 国際共同で開発研究と設計を行っている電子・陽電子衝突加速器, 国際リニアコライダー-ILCの想像図。右のトンネルには超伝導加速空洞が, 左のトンネルには高周波発生装置と電源が見える。