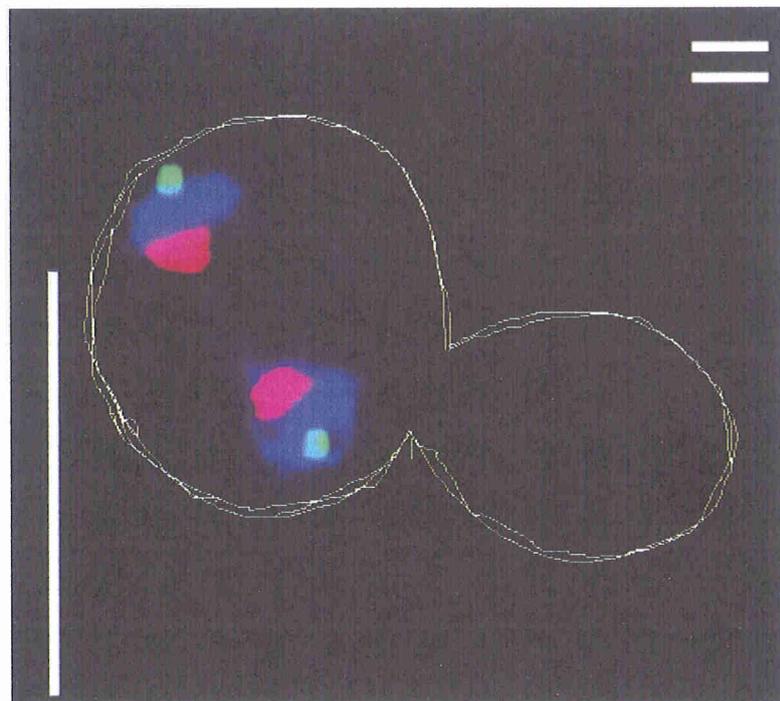
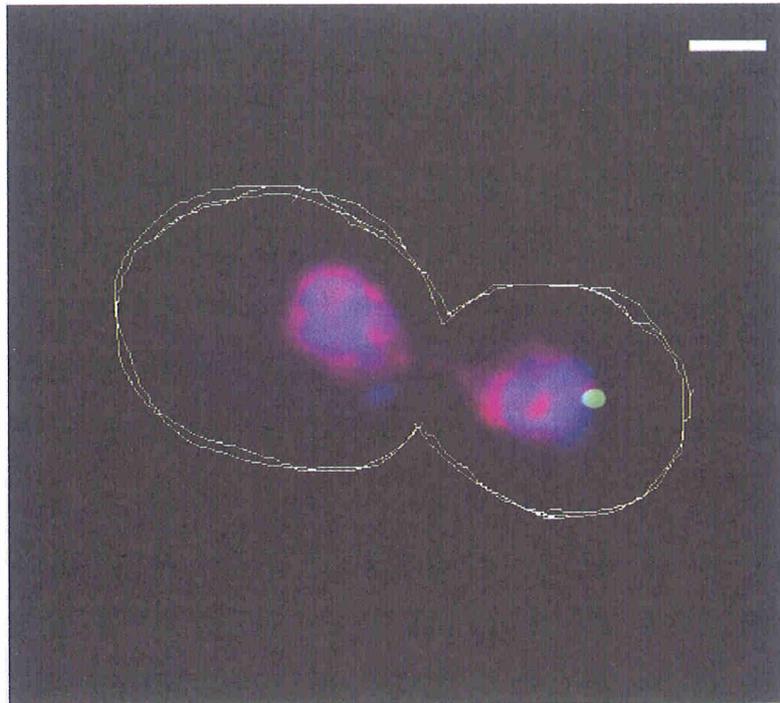


# 東京大学

大学院理学系研究科・理学部

# 廣報



## 表紙の説明

### 出芽酵母の体細胞分裂終了時を見る

体細胞分裂は真核細胞が倍化するメカニズムである。染色体を倍化し、確実に二つの娘細胞に分配するように、細胞は巧妙な制御システムによって体細胞分裂の進行を制御している。私達の研究室ではこの制御システムの分子機構を出芽酵母を用いて解明することを目指している。体細胞分裂の最終段階では、染色体の分離/核分裂の終了が連続して起る。丁度この時期に働く因子をコードする遺伝子群が単離されその機能解析が進められている。これまでの知見から、Cdc14 ホスファターゼは分裂の後期のある時期まで核小体に隔離されていて、あるシグナルによって核小体から放出され、幾つかの分裂終了に係わるリン酸化蛋白質を脱リン酸化し、分裂を終了させると考えられている。Cdc14 ホスファターゼを活性化するシグナルとは何であろうか。分裂最終段階の細胞を、スピンドル重合中心の SPB に局在する Byr4 (緑)、DAPI 染色した染色体 (青)、Cdc14 (赤) について観察した。パネル I のように染色体が正常に分配されるとき、母細胞側 (下の細胞) の SPB から Byr4 が消失し、Cdc14 蛋白質は核内に拡散している。一方、染色体の分離が母細胞内で起る場合 (パネル II) Byr4 は両 SPB に存在し、Cdc14 は核小体に局在したまま分裂は終了しない。Byr4 は、分裂終了の一連の過程で重要な働きをし、SPB に局在する GTPase、Tem1、の不活性化因子の構成成分であることが知られているところから、一方の SPB が娘細胞に移行することが Tem1 の活性化のシグナルとなり、その結果 Cdc14 の放出が起り、細胞分裂へと進行するものと考えられる。母細胞内の SPB から Byr4 が消失するので、我々は母細胞内の Tem1 が活性化されると考えている。

bar = 5 $\mu$ m

吉田知史 (生物科学専攻)  
yoshida@biol.s.u-tokyo.ac.jp  
東江昭夫 (生物科学専攻)  
toh-e@biol.s.u-tokyo.ac.jp

# 目 次

## 表紙 [出芽酵母の体細胞分裂終了時を見る]

表紙の説明 .....	吉田 知史・東江 昭夫	2
-------------	-------------	---

### 《就任挨拶》

評議員に就任して .....	佐藤 勝彦	4
----------------	-------	---

### 《新任教官紹介》

着任の挨拶 .....	小形 正男	5
着任にあたって .....	岡本 徹	7
着任にあたって .....	下浦 享	8

### 《研究紹介》

多様体及び複雑な領域上の調和解析の研究 .....	新井 仁之	9
高強度レーザー電場による中性分子の配向および配列制御 .....	酒井 広文	10
リモートセンシング法による小惑星表面物質の研究 .....	宮本 正道	12
海洋の CO <sub>2</sub> 系計測 .....	茅根 創	14
液体の構造の圧力変化 .....	船守 展正	16
「情報学環」に流動して .....	米澤 明憲	17
二つの含酸素 4 員環を有する高配位典型元素化合物 .....	川島 隆幸	18
フッ素による反応の活性化と制御 .....	市川 淳士	20
線虫の発生プログラムにおける細胞死の制御 .....	杉本 亜砂子	22
植物は紫外線を利用している? .....	近藤 矩朗	23
細胞がそれ本来の固有の形態をつくるための機構 .....	松井 泰	24
植物細胞の増殖の特性 .....	長田 敏行	25
植物の脱分化と器官再生の遺伝学的解剖 .....	杉山 宗隆	26
近赤外水素分子振動回転輝線で見える星形成 .....	田中 培生	28
宇宙のバリオン数の起源、暗黒物質、Q ボール .....	川崎 雅裕	30

### 《留学生から》

福岡訪問記 .....	金 誠培	31
-------------	------	----

### 《名誉教授より》

アスペン便り .....	一丸 節夫	33
東大の定年延長を考える .....	海野和三郎	36

### 《その他》

東京大学名誉教授称号授与伝達式 .....		38
理学系研究科長（理学部長）と理学部職員組合との交渉 .....		39
人事異動報告 .....		41
博士（理学）学位授与者 .....		42

## 評議員に就任して



佐藤 勝彦 (物理学専攻)  
sato@phys.s.u-tokyo.ac.jp

釜江先生の後任として、この度評議員に選出されました。これまで理学系研究科におきましては、教務委員会、会計委員会、広報委員会などの委員を務めさせていただきましたが、正直申し上げて、自分の研究中心で、研究科のサービスを一方的に受けていただけでした。COE拠点形成プログラムによって「初期宇宙研究センター」を立ち上げていただき、また昨年からは、省令に基づく正式のセンター「ビッグバン宇宙国際研究センター」を、設立していただきました。事務方を含め研究科のご支援があって始めて可能となったと感謝しております。しかし、これから二年間、全学の最高意志決定機関である評議会の一メンバーとして、また研究科長を補佐する立場で理学系研究科に少しでもお役にたつことができたと存じております。

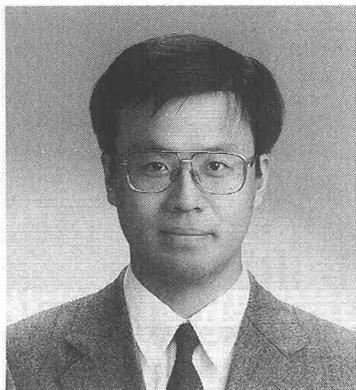
現在、東京大学、また理学系研究科の取り組まなければならない大きな問題は、言うまでもなく国立大学の独立法人化問題です。大学の独立法人化は、何ら日本の高等教育、学術研究のビジョンもないまま政府の行政改革の一環として提起され、独立法人通則法（平成11年7月）で方向が決められてしまいました。さらにその9月には文部省が、その実施の検討に入ったため、独立法人化はさけられない事態となってしまいました。そのころ大学の独立法人化反対を唱えるならば、それは、既得権にしがみつき保身をはかっているだけであるという厳しい批判が政界のみならず、マスコミからも行われ、どんな運動をしても結局通則法に基づいて独立法人化されてしまうのではないかという、無力感が漂っていました。しかし、その後大学人の政界、マスコミへの働きかけが実り、

少なくとも大学の独立法人化は、日本の高等教育、学術研究の将来像に基づいて、進められなければならないという論調へと変わってまいりました。この5月の自由民主党の「提言 これからの国立大学の在り方について」は、この典型例ですが、このように流れが変わったのは、国立大学協会など国立大学のリーダの働きかけのみならず、個人レベル、自発的グループでの運動などが大きく寄与したことを認識しなければならないと思います。実際、理学研究者の集まりとして、「理学系・大学独法化を考える会」が組織され、積極的に政界に働きかけるとともに、国立大学の理学系の研究機関がいかに厳しい国立大学の予算の中で、世界のトップレベルの研究を進めているかを具体的なデータに基づいて示すレポート（通称「釜江レポート」）を作成し、政界、官界に配布するなどの運動を進めました。この4月より、釜江先生の後をお引き受けし、この組織の世話人を勤めさせていただいておりますが、文部省関係者との懇談会、また有馬参議院議員との会合をもつなど連絡情報の交換を進めるなど運動を続けております。

現在、文部省は「国立大学等の在り方に関する懇談会」（いわゆる賢人会）の下に「国立大学の独立法人化に関する調査検討会議」を置き、平成13年夏頃に中間報告、14年始めに最終まとめを作成する予定となっております。また東京大学においても「国立大学制度研究会」において検討が進められ、さらに評議会の下に東大としての意見をまとめる委員会も作られようとしています。新たな大学法人組織が、教育研究が自由に進められる真に規制の緩和された組織となるのか、また、現在の貧しい大学の予算が改善され、これ以上の教官・事務人員の削減を防ぐことができるのか、これからの1年余が、正念場であることは明らかです。今後とも、私たちは積極的に、理学系の研究者、教育者として積極的に意見を発信していかなければならないと思っております。

微力ながら、理学系研究科のため尽力する所存でございますので、どうぞよろしくお願い申し上げます。

### 着任の挨拶



小形 正 男 (物理学専攻)

ogata@phys.s.u-tokyo.ac.jp

私は2000年4月1日に理学系研究科物理学専攻に着任いたしました。初めに自己紹介を兼ねて述べますと、もともとこちらの和田靖先生の研究室を出て、その後、東京大学物性研究所の斯波弘行先生のもとで助手をした後、1993年から駒場の総合文化研究科相関基礎科学系におりました。助手の間、1989年から2年間スイス・チューリヒの連邦工科大学の T. M. Rice 先生のもとでポストドク、1991年から1年半アメリカ・プリンストン大学の P. W. Anderson 先生のもとでポストドクをしていました。今までいろいろな先生方のお世話になりました。この場をお借りしてお礼申し上げます。

今回縁あって古巣の理学部4号館に来ることになりました。(大学院のときは5階の部屋でしたが、今回は7階になりました。お暇なときにお越し下さい。) 今後とも皆様のご指導ご鞭撻のほどよろしくお願い致します。

専門は理論物理学で、固体物理や凝縮系物理学と呼ばれる分野を研究しています。対象としているものは、金属状態、超伝導や磁性・絶縁体状態などで、高温超伝導のモデルや、有機伝導体、メソスコピック系、1次元電子系などを調べています。本郷に移って来たことを機会に、実験の方々や他の理論研究室からの刺激を得て、新しい分野にも是非挑戦していきたいと思っています。

早速、理学部広報に何か書くようにいわれましたが、文章を書くことに慣れていませんので(というより、国語がダメなので物理をやっているようなものなので)、以前駒場にいたときに書いた雑文を再利用することにしました。御容赦下さい。

以下は『駒場』1996なるものに冗談でよいから何か書けということで、「理論物理学者への道」というタイトルで駒場の学生向けに書いたものです。

大学へ理科系を目指して入ってきた人々の中には、将来物理を研究したい、とくに理論物理学を一生の仕事としたいと思っている奇特な人もいるかもしれない。そこ

でこのコラムでは、まず理論物理学を研究している者の生態を述べる。次に、今後どのような進路を取ると理論物理学者になってしまうかということについて述べてみよう。

まず理論物理学者の一日を追ってみる。

朝、大学に来てから、まずコーヒーを飲む。次に電子メールなどを読む。また、机に向かってやりかけの計算をしたり、コンピュータに向かってプログラム作りや結果の解析をしたりする。気が向けば、他の人の論文を読んだり、書きかけの自分の論文の続きを考えたりする。考えが詰まると廊下をふらふらする。

気分転換に昼ごろ飯を食べる。午後になると研究室の大学院生などが学校に出てくるので、彼らの計算がどれくらい進んだかひやかしに行く。大学院生に愛想をつかされると、居室に戻って自分の研究の続きを行なう。考えが煮詰まると再び廊下をふらつく。またコーヒーを飲む。セミナーがあれば、出席してフンフンと聞いている。時たま、思いついたようにわけのわからない質問をしたりする。(これは大学院生も同じ。) 納得するまで引き下がるんが、ままある。セミナーが大混乱のうちに終るとうれしそうにしている。夜になると家に帰る。夜遅くまで大学に残って何やらゴソゴソやっていることがある。

以上が理想的な生活である。これからわかるように、理論物理学研究者が日常行っていることは

- (1) コーヒーを飲む
- (2) 自分の研究の計算をする、コンピュータに向かう
- (3) 大学院生のやっている計算について相談する(ひやかす)
- (4) 論文を書く
- (5) 他人の論文を読む、セミナーで他人の話を聞く
- (6) 廊下をふらふらする
- (7) 雑用をする

の7つの場合に分類される。もちろん、上から順番に重要度が高い。これが理論物理学研究者の生態である。

次にどのような人生の進路をとると、このような暮らしになってしまうかという点について述べよう。

まず駒場の1、2年では必死に勉強する。もちろん、ここでいう勉強とは授業に真面目にでることではなくて、自分で納得するまで理解するということである。去年の講義ノートでもよいし、教科書の独学でもよいし、先生にしつこく聞いて理解してもよい。ただし多分試験一週

間前では間に合わない。駒場の授業は基本的なものなので、がんばってやる。駒場の理科学科目（とくに必修）は、いずれも将来の研究のために必要不可欠な技術である。しかしそれ以上に大事なことは、論理的思考法を身につけるといふ点なのである。論理というのは、自分のアイデアを他人に納得させるための唯一の手段であるといってもよい。つまり将来の大研究のための基礎準備と考えて学ぼう。

さて、2年の進振りで学部が決まる。理論物理学をやるには、本郷の理学部物理学科・天文・地球惑星物理などがある。駒場にあるのは、教養学部基礎科学科である。駒場の先生方は基礎科も兼任している形になっている。

（この『駒場96』を参照）。学部でもひたすら勉強する。

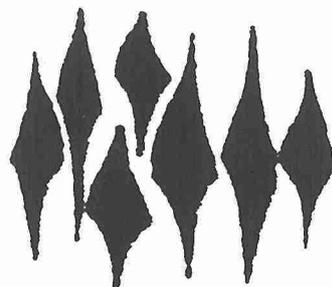
4年生の夏に大学院の入試がある。理論物理の研究室を選ぶ。ここで将来どのような研究分野になるかほぼ決まるので、この際は慎重に選ぼう。分野としては大雑把に、素粒子理論、原子核理論、物性理論（固体物理）、量子物理学、数理物理、複雑系カオス、統計力学、流体力学プラズマ物理などがある。もちろん大学から大学院へ進むときに、他の大学へ移ってもよい。（アメリカではそれが普通であるようだ。）ちなみに私の研究室の出身大学もバラエティーに富んでいる。

大学院では今度はひたすら研究する。ここからが、教科書に書かれていない未知の分野を開拓する“研究”というものになる。大学院修士課程（2年間）の間は先生の指導のもとに研究することもあるが、修士論文完成後の博士課程（3年間）では、自らテーマを決めて考えて研究していく。ほぼ3年で博士論文として自分の研究の集大成をする。博士になったならば、一人前とみなされる。

博士課程の後半から職を探す。職としては、大学の助手・研究所の助手・企業の研究所などが考えられる。ただし企業に行くと、自分の好き勝手な研究をするというわけにはいかないこともある。企業に行くつもりになったならば、修士課程修了時で就職した方がよいと言われている。助手として採用されるには、それまでの研究業績が勝負である。

助手の間は、大学院の演習などを任されることがあるが、やはりひたすら研究する。研究室の先生と一緒に研究することも多いが、基本的にはもう独立した研究者である。途中で外国に1年2年行って、武者修行することも多い。このような暮らしを続けて、だいたい5年ぐらい経つと、次の助教授を目指す。

助教授になれば、やはりひたすら研究する。こうなれば研究は、職業兼趣味と実益である。毎日が楽しくてしかたがない。（大抵はこの段階で婚期を逃す。）このような経過を経て、このコラムの初めの方に述べた暮らしとなるのである。



## 着任にあたって



岡本 徹 (物理学専攻)

okamoto@phys.s.u-tokyo.ac.jp

5月1日付けで物理学専攻に着任いたしました。今のところ転出する予定はありませんので、末永く宜しくお願いいたします。

本郷は、学部を卒業して以来、13年ぶりになります。学部生の時には、いまだにつきあいの続いている物理科の悪友たちと遊んでばかりいた劣等生が、教官として帰ってくるとは夢にも思いませんでした。今年度は、授業も、学生も持たされていませんので、のんびりできるのかなと思っていたのですが、研究室の立ち上げに思いの外、すべきことがたくさんあって、あてがはずれてしまいました。

研究室のホームページの開設も、着任早々に手がけたことの一つでした。大学院を受験する4年生のほとんどが、研究室選びに必要な情報を研究室のホームページから入手しているのだと思います。特に、私のような新任教官の研究室に対してはなおのことでしょう。実験系の研究室を立ち上げようとしているものにとって、優秀な大学院生は貴重な戦力です。また彼らの成長と関わり合うことは、大きな喜びでもあります。しかし、だからといって、言葉巧みに騙して、引き入れるようなことは絶対にしたくありません。とにかく、研究内容をきちんと理解するには、私のところを訪ねるのが一番です。しかし、4年生にとって、面識のない教官の部屋の扉をノックするのは勇気のいることだと思います（皆様には想像すらできないほど遠慮深いのです）。そこで、主たるターゲットを大学院受験生にして、(1)研究内容に興味をもたせること、(2)岡本を訪ねやすくすること、を目的と

してホームページを作りました。コンピューターの不得手な私は、サーバの立ち上げも含めて、悪戦苦闘を強いられ、できあがりもあまり見栄えのいいものではありませんが、開設したその日から研究室訪問の申込があり、その後も、ホームページを見た多くの学生が訪ねてくれました。そのうち何人が私の研究室を希望するのかは、7月の現時点ではわかりませんが、研究テーマや研究室立ち上げの苦労と喜びなど、伝えたいことは伝えられたので良かったと思っています。

私自身の話しを少しいたしますと、大学院は六本木にあった物性研究所で過ごしました。ヘリウムは、常圧では絶対零度でも固体にならない「不凍液」として知られていますが、約30気圧の圧力を加えると固化します。私の研究テーマは、中性子の一つ少ない同位体のヘリウム3を固化させて、1ミリケルビン以下の超低温まで冷却し、隣接したヘリウム3原子の核スピンの間に働く量子力学的な力が引き起こす現象を調べることでした。大学院卒業後は、ヘリウムの研究に未練が残ったものの、未知の分野への転身の魅力が勝り、学習院大学の川路紳治先生の研究室に助手として着任いたしました。ご存じの方も多いと思いますが、学習院大学理学部は、規模は東大などと比べるとかなり小さいのですが、個々のスタッフの研究レベルは非常に高く評価されており、また彼らが教育にも情熱を注いでいます。ここでは、半導体中に閉じこめられた2次元電子の系の研究に取り組みました。大学院生のときは全く違う物質を研究することになったわけですが、固体ヘリウム3の系で良く知られた現象が、一見何の共通点もない半導体2次元電子系でも起こることを、発展的な形で発見することができました。物性物理の多様さに潜む、統一性に触れることができたのは非常に幸運であり、この研究が私自身を大きく成長させたと思っています。今後も、新しいことへのチャレンジ精神と固定観念にとらわれない柔軟性を持ち続けて行きたいと思っています。

## 着任にあたって



下 浦 享 (原子核科学研究センター)  
shimoura@cns.s.u-tokyo.ac.jp

微づける魔法数の消失や変化などが発見されています。これまで、陽子数と中性子数がバランスしているという拘束条件のもとにあった核子多体系の研究から、陽子と中性子という2種類の構成要素の個数を独立にコントロールできる多体系の研究へ発展してきたとすることができます。私は、この10年あまりこの分野に携わってきましたが、今後もその発展に貢献していきたいと考えています。

5月16日付けで立教大学理学部物理学科から原子核科学研究センターに転任致しました。ご挨拶として、私の専門分野の紹介とこれまでの経歴を簡単に紹介させていただきます。

私の専門は原子核物理学で、特に天然には存在しない不安定な原子核の構造や反応を研究しています。原子核は主に、強い相互作用、電磁相互作用、弱い相互作用で結び付いた陽子と中性子（両者をあわせて核子と呼びます）の多体系と考えることができます。自然界には、これら3つの相互作用の和に対して安定な陽子数と中性子数の原子核がおよそ300種類存在しています。原子核物理学の実験研究は近年まで、安定な原子核に電子、陽子、あるいは別の安定な原子核を衝突・反応させ、散乱された粒子や反応生成物を測定することにより行われてきました。このため、原子核のさまざまな性質は、安定な原子核の近傍で得られた実験結果にもとづき調べられ、密度の飽和性、殻構造、振動や回転といった集団運動などの体系化が行われてきました。

しかし、 $\beta$ 崩壊をひき起こす弱い相互作用は他の2つの相互作用に対して非常に弱いため、原子核の構造や核内核子の運動を考えるとときには無視することができます。このように弱い相互作用を無視すると、原子核の存在領域—すなわち $\beta$ 崩壊はするが核子を放出しない領域—は非常に広く、およそ7000の核種が予想されています。近年、こうした領域にある不安定な原子核を生成し、それが $\beta$ 崩壊する前に、再び衝突・反応させることが可能となり、安定な原子核で得られた常識を破る事実が明らかになってきました。例えば、安定な核から離れた領域において、中性子の分布が薄く広がった核や殻構造を特

つづいて、経歴を簡単に紹介したいと思います。私は、1984年に京都大学大学院理学研究科を退学し、日本学術振興会奨励研究員を経て、同大学理学部に赴任しました。その後1988年本学理学部に赴任し、1992年から立教大学理学部を経て、本学に着任しました。京都大学に所属していた1986年秋から1年半ほどは、アメリカ合衆国カリフォルニア大学ローレンスバークレー研究所 (LBL) に出張し、高エネルギー不安定核ビームを用いた反応実験を行い、それ以降この分野の研究に携わっています。数年ごとに所属や住居を変えてきたという落ち着きのない経歴ですが、そのたびにいろいろな人にめぐりあえて視野を広げるのに役立ったと思います。特にこちらに着任する前は、私立大学に在職しており、狭い意味での研究に割ける時間は多くはなかったのですが、さまざまな学部の方と知り合い、異なる研究分野をかいま見るだけでなく、外から理学がどのように見られているかを感じることができたり、異なる考えをもつ方々と協力してプロジェクトをすすめることの難しさや達成感を知ることができたと思います。

私が着任しました原子核科学研究センターは、今年度から本拠地を田無キャンパスから本郷キャンパスに移すとともに、東京大学と理化学研究所との共同研究協定に基づき、主たる基幹実験設備を理化学研究所加速器施設内に移設して新たな研究を展開することになりました。大学と外部研究機関との関係の新しいモデルとして発展させるという重責を担ったわけですが、そのためにも皆様の多大なご支援とご指導を賜りますよう、どうぞよろしくお願いいたします。

## 多様体及び複雑な領域上の調和解析の研究

新井 仁之 (数学科)

h-arai@ms.u-tokyo.ac.jp

現在私が研究しているテーマは、曲がった空間ならびに複雑なユークリッド領域上の調和解析である。曲がった空間というのはリーマン多様体のことであり、特に非正曲率の場合を扱っている。また複雑なユークリッド領域とは、たとえばフラクタルのような非整数次元の閉曲面で囲まれる領域のことである。

### § 1 ブラウン運動の問題

研究内容をわかり易く述べるため、具体的な問題を一つ挙げ、それを中心に述べていくことにする。

$n$ 次元ユークリッド空間内の有界な領域 $D$ を考える。 $D$ の中に一つ点を選び、それを $P$ と表す。 $P$ にブラウン運動をする粒子をおく。この粒子は最初、領域の中をランダムに動いているが、いずれ $D$ の境界に当たる。そこで粒子が最初に境界に当たった点を $Q$ とおく。さて、あらかじめ $D$ の境界の部分集合 $J$ を指定しておく。問題は次のようなことである。

「 $Q$ が $J$ 上にある確率はどのくらいか？」

この問題は領域 $D$ が微分可能な閉曲面で囲まれている場合、本質的には1944年に角谷静夫によって解決された。答えは、おおよそ $(J$ の面積) $\div$ (境界の面積)となっている。ただし領域の形と粒子を落とす点 $P$ の場所によって確率は微妙に変わってくる。

ここで次のような問題が生ずる。

- 1) 境界が滑らかでない場合、たとえばフラクタル曲面(2次元のときはフラクタル曲線、例は図を参照)の場合はどうなるか?
- 2) 空間そのものがユークリッド空間のように均質ではなく不均一なとき、つまりリーマン多様体の場合はどうなるか?

まず2)の問題について述べることにする。

### § 2 リーマン多様体上の調和解析

空間の質が滑らかに変化し、それほど全体的に変化していない場合、角谷の定理が成り立つことはわかっている。正確に言えば境界を持つコンパクト・リーマン多様体の場合である。しかし空間の質の変化が滑らかでない場合や、あるいは空間の質の変化が激しく、たとえば境界(無限遠境界)でリーマン計量が発散してしまうようなときはあまりよくわかっていない。筆者は後者について研究してきた。

なぜこのようなことに興味を持ったかという、じつはこれが多変数複素調和解析に関連していると思われた

からである。実際、筆者はリーマン計量が発散する場合を研究し、そこで得た結果を使って多変数複素調和解析の未解決問題(テイラーの問題、ボイタシュチック予想、ミュラー・ボルニーヴィッツの問題)を解決した。

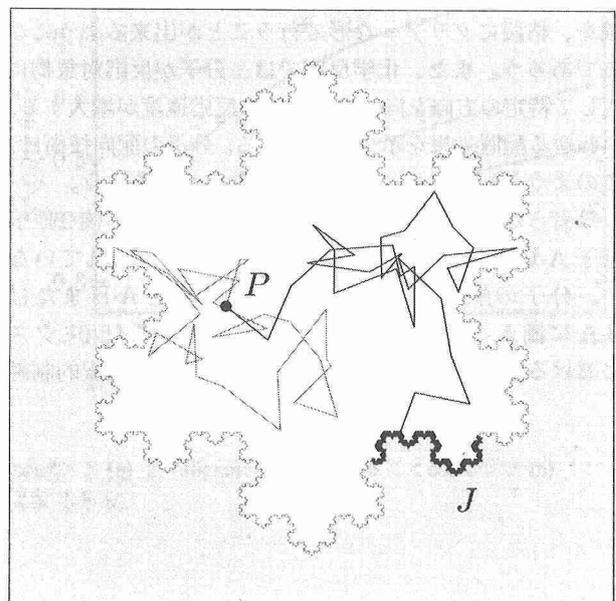
現在は今までの成果を踏まえて、退化楕円型偏微分方程式の研究をしている。じつはリーマン計量が発散すれば、そのラプラス・ベルトラミ作用素は退化しているのである。もともと多変数複素調和解析に現れる退化楕円型偏微分方程式を念頭においていたのだが、物理学などにも関連したものがあ、現在はさまざまな視点からその研究を行っている。

### § 3 フラクタル領域上の調和解析

1)のテーマであるが、これはユークリッド平面内の領域の場合は、1985年にマカロフによってほぼ解決された。しかし、3次元以上のユークリッド空間内の領域に関しては、まだほとんどわかっていない。どうやら突破口が開かれるのは21世紀に持ち越されそうである。

#### 参考文献

- 新井仁之、多変数複素解析と調和解析、数学(日本数学会編集、岩波)、49(1997)、337-349。  
 新井仁之、実解析学の発展とその解析学への応用、数学(日本数学会編集、岩波)、50(1998)、29-55。  
 新井仁之、調和解析とその応用、「現代数学エンサイクロペディア」(近刊)に掲載予定。



「多様体及び複雑な領域上の調和解析」

# 高強度レーザー電場による中性分子の配向および配列制御

酒井 広文 (物理学専攻)

hsakai@phys.s.u-tokyo.ac.jp

非共鳴誘起双極子と直線偏光したレーザー電場との相互作用により、分子をレーザーの偏光方向に配向させるトルクが働く。この原理を利用して分子をレーザーの偏光方向に揃えることができると期待される。実際、最近筆者らは、超短パルスレーザー技術と2次元イオンイメージング技術を駆使して、分子が配向していることを示す最も直接的な証拠を得ると共に配向度を定量的に評価することに成功した[1,2]。当研究室では、高強度レーザー電場による中性分子の配向および配列制御とその応用を主要研究課題の一つとしている[3]。

中性分子の配向とその検出は、以下の手順で行う。配向用レーザーには、パルス幅が数 ns の Nd:YAG レーザーの基本波 (波長: 1.06  $\mu\text{m}$ ) を用いる。数 ns という時間は、多くの分子の回転周期よりも十分長く、分子の配向過程はいわゆる断熱領域で進行する。断熱領域では、分子の配向度はレーザーのパルス波形に追従すると期待できる。YAG レーザーパルス中で分子が配向している様子を観測するために、YAG レーザーパルスの瞬時強度が最大の時、フェムト秒レーザーパルスで分子をイオン化する。フラグメントイオンを2次元イオンイメージング技術を用いて観測し、データ解析を行うことにより、分子の配向状態を定量的に評価することができる。2次元イオンイメージング技術は、現時点では、分子の配向や配列を評価するのに最も有効な手法であると考えられる。図1に当研究室で開発中の2次元イオンイメージングシステムを備えた実験装置を示す。

配向した分子集団をサンプルとすることにより、従来空間平均を取って議論しなければならなかった多くの実験を、格段にクリアな形で行うことが出来るようになるであろう。また、化学反応では、分子が反応対象物に対して特定の方向を向いている時に反応速度が増大する、いわゆる配置効果を示す場合がある。分子の配向技術は、このような配置効果の実験研究に役立つであろう。

筆者らが行った中性分子の配向実験では、異核2原子分子 A-B の場合、配列 A-B と B-A は区別されていない。分子の配列を制御し、全ての分子を A-B または B-A に揃えることが出来れば、化学反応ダイナミクスにおける配置効果の研究や、光解離生成物の選択的制御

等に一層有効であることは自明であろう。

最近当研究室では、2波長レーザー光の重ね合わせにより生成される非対称電場 (即ち、非対称ポテンシャル) を用いた中性分子の配列制御の可能性について検討した。ここでも分子の回転周期に比べて配列がゆっくり進む状況 (断熱領域) を考え、シュレーディンガー方程式を数値的に解くことにより、orientation parameter  $\langle\langle \cos\theta \rangle\rangle$  と alignment parameter  $\langle\langle \cos^2\theta \rangle\rangle$  のレーザー強度依存性やレーザーパルス内での時間発展等を評価した。ここで、 $\theta$  はレーザー電場の偏光方向と分子軸のなす角である。モデル分子と FCN 分子について計算を行い、回転温度が十分に低い分子に対しては、上記のアプローチにより分子を配列制御できる可能性があることが分かった[4]。図2に FCN について計算した、orientation parameter  $\langle\langle \cos\theta \rangle\rangle$  と alignment parameter  $\langle\langle \cos^2\theta \rangle\rangle$  のレーザー強度依存性を示す。

なお、中性分子の配向実験[1,2]は、デンマーク・オーフス大学化学科の Henrik Stapelfeldt 博士のグループとの共同研究である。

## 参考文献

- [1] Hirofumi Sakai, C. P. Safvan, Jakob Juul Larsen, Karen Marie Hilligsøe, Kasper Hald, and Henrik Stapelfeldt, "Controlling the alignment of neutral molecules by a strong laser field," J. Chem. Phys. **110**, 10235-10238 (1999).
- [2] Jakob Juul Larsen, Hirofumi Sakai, C. P. Safvan, Ida Wendt-Larsen, and Henrik Stapelfeldt, "Aligning molecules with intense nonresonant laser fields," J. Chem. Phys. **111**, 7774-7781 (1999).
- [3] 酒井広文、「レーザー光で分子を操る - レーザー光による分子の偏向・配向と今後の展望 -」、科学、(2000)、印刷中。
- [4] Tsuneto Kanai, Hirofumi Sakai, Jakob Juul Larsen, and Henrik Stapelfeldt, "Numerical simulations of molecular orientation using strong, nonresonant, two-color laser fields," in preparation.

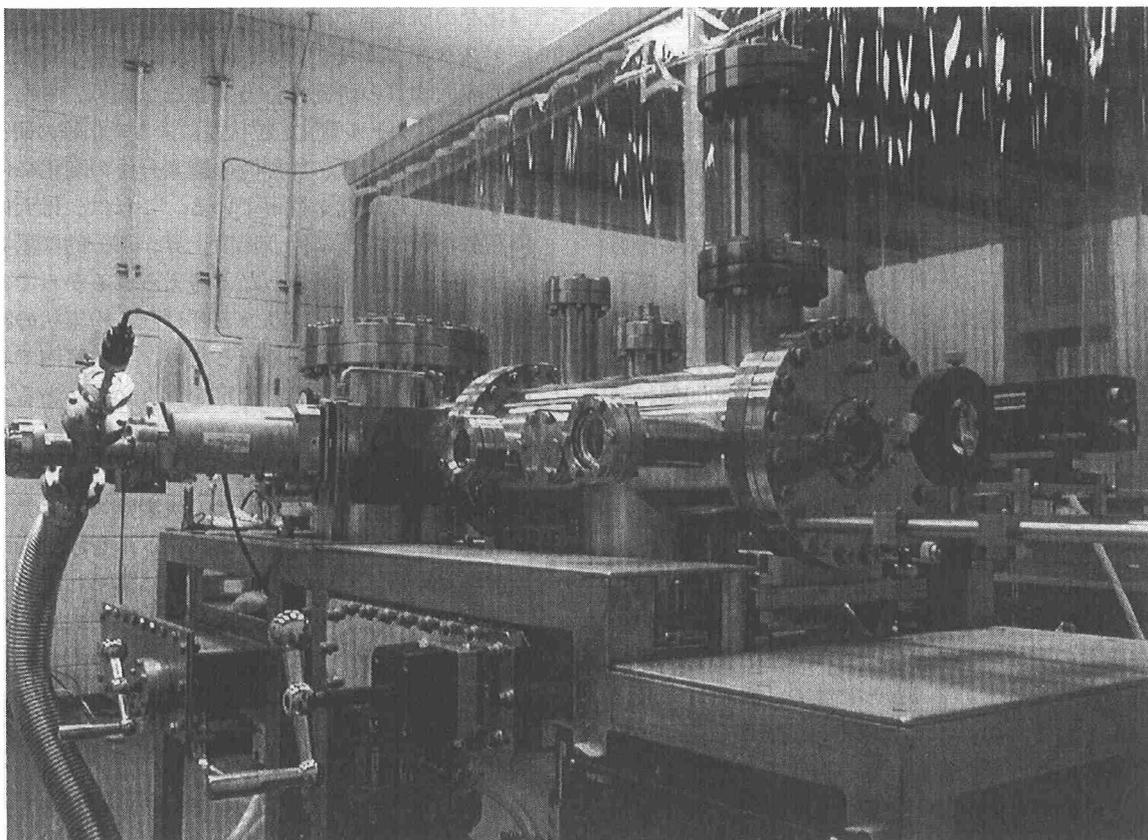


図1 当研究室で開発中の2次元イオンイメージングシステムを備えた実験装置

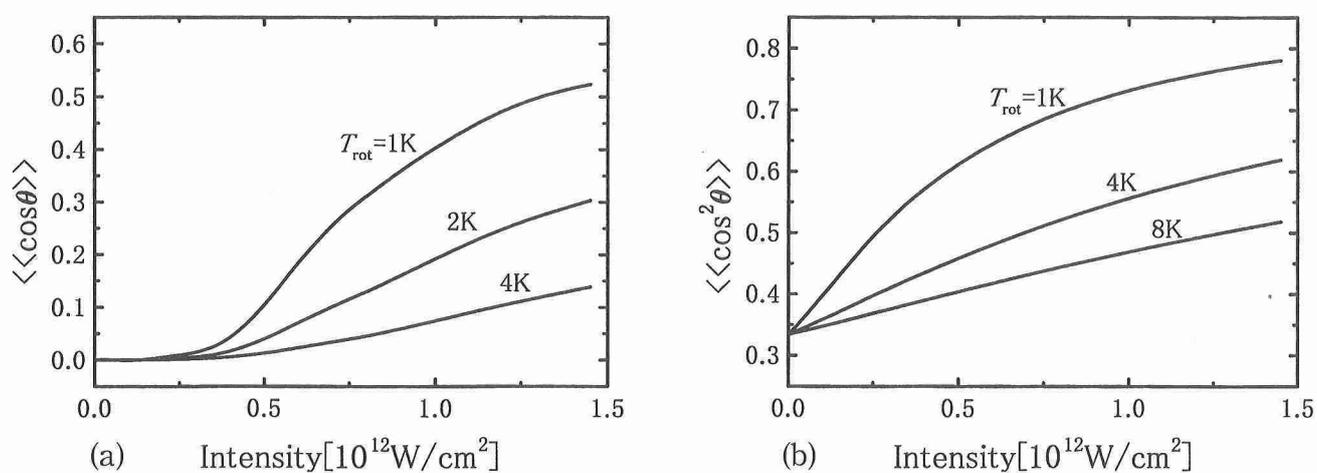


図2 FCN分子について計算した、orientation parameter  $\langle\langle \cos\theta \rangle\rangle$  (a) と alignment parameter  $\langle\langle \cos^2\theta \rangle\rangle$  (b) のレーザー強度依存性。図中の温度は分子の初期回転温度である。

## リモートセンシング法による小惑星表面物質の研究

宮本正道 (地球惑星科学専攻)

miyamoto@eps.s.u-tokyo.ac.jp

1970年頃、いくつかの小惑星の紫外・可視・近赤外の波長領域の反射スペクトルが、隕石のそれらと良く似ているとの報告が契機となり、小惑星の表面物質の研究が盛んに行われるようになった。現在までに、多くの小惑星の反射スペクトルが測定され、現在では約3000個の小惑星のスペクトルが得られているが、残念ながらそれらのほとんどすべては米国によるものである。多くの小惑星のスペクトルが隕石のそれらと似ていることが、隕石は主として小惑星を起源とすることの強い証拠となっている。現在得られている隕石数は、南極隕石が我が国の国立極地研究所に約13000個、アメリカに約9000個、非南極隕石は最近砂漠地域で大量に発見されていることから正確にはわからないが約5000個である。小惑星以外を起源とする隕石は、月から17個、火星からと考えられているものは16個である。日本は、小惑星のスペクトル測定は殆ど行われていないが、大量の南極隕石を所有している利点もあり、反射スペクトルの研究は行われてきた。

主要な隕石の構成鉱物であるカンラン石、輝石、斜長石はそれらに含まれている  $\text{Fe}^{2+}$  により  $1\ \mu\text{m}$  付近に吸収帯を示し、それぞれの鉱物で吸収帯の位置が少しずつ異なる。これらの吸収帯の波長位置、強度等を解析することにより、それぞれの鉱物の主要な化学組成、存在度が求められる。明確な吸収帯を示さない小惑星も多いので、それらの場合は、スペクトル全体の形状や傾き、反射率や隕石のスペクトルとの比較で推定されている。

現在のところ最も詳しく表面物質が研究されている小惑星は、4ベスタである。この小惑星は玄武岩質エコンドライトと呼ばれる隕石の母天体と考えられている。隕石は大別するとコンドリュールと呼ばれる  $1\ \text{mm}$  程度の大きさの丸い粒を含み、大規模に溶融した痕跡が無く、始源的と考えられている隕石グループと、一旦溶融し、一見すると地球の石に似ているエコンドライトと呼ばれる隕石グループ等に分けられる。玄武岩質エコンドライトは後者に属する。

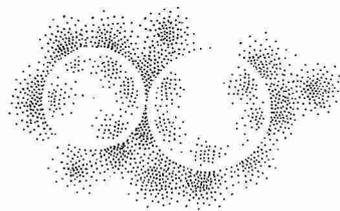
我々の研究室では、約20年ほど前から南極隕石の拡散反射スペクトルを  $0.2\text{--}2.5\ \mu\text{m}$  の波長範囲で測定し、小惑星の表面物質の研究を行ってきた (図1)。また、鉱物混合物のスペクトル変化、粒状性による変化等の研究も行ってきた。最近では、加熱時の酸素分圧の変化に伴うスペクトル変化の研究を行っている。これは、母天体上への隕石様物質の落下に伴う温度上昇、部分的な蒸発等による酸素分圧の変化があったと考えられるからである。

小惑星の表面はレゴリスと呼ばれる粉末状の物質で覆われていると考えられているため、実験室内でも疑似の粉末状の隕石や鉱物等の測定を行う必要がある。そのため、試料表面が水平になるような分光光度計を製作し、使用している。

小惑星の反射スペクトルは、炭素質コンドライトと呼ばれる始源的な隕石に似たスペクトルを示すものが80%以上を占める。しかし実際に地球に落下してくる隕石は普通コンドライト隕石と呼ばれるものが約80%を占め、炭素質コンドライトは約5%である。つまり隕石としては最もポピュラーなものの母天体が長年にわたり明確にはなっていない。この解決策としては、普通コンドライト隕石の供給源は観測にかからないほど小さいものであるとか、特に地球に落下しやすい軌道にあるとかいろいろと提案されているが、決定打はない状況である。太陽からの激しい環境による space weathering という現象により、ごく表面の物質は、母天体の内部から来た実際の隕石のスペクトルとは多少異なるのではないかという最近の説もあり、これに関連した研究が盛んに行われている。

### 参考書

「固体惑星物質科学の基礎的手法と応用」武田弘・北村雅夫・宮本正道編、229頁、サイエンスハウス、東京、1994年



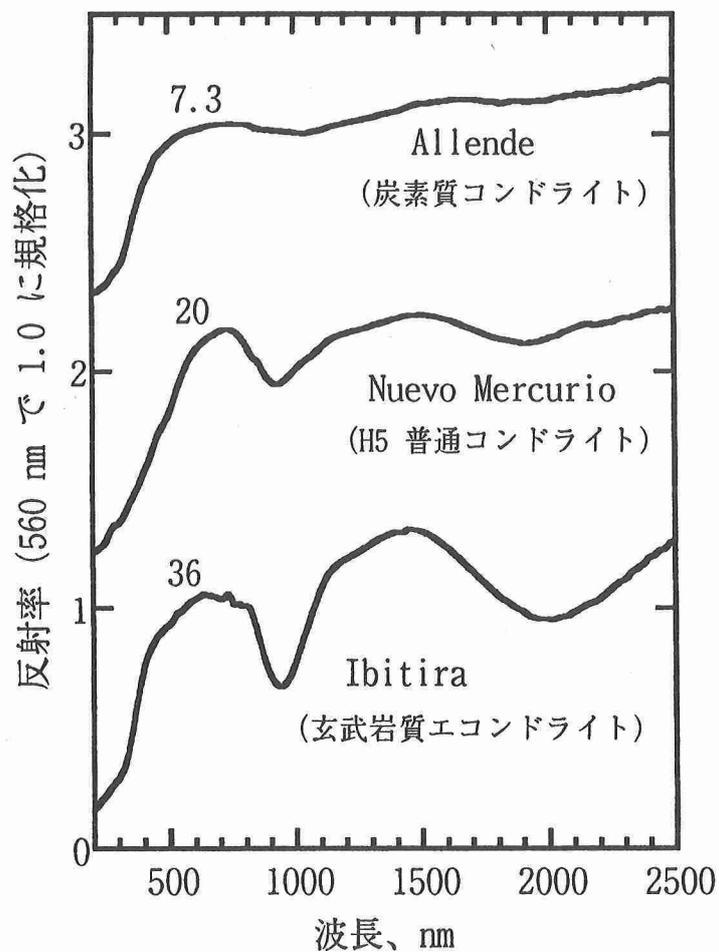


図1 いくつかの隕石の拡散反射スペクトル。スペクトルは560nmの波長で1.0に規格化、見やすくするためにシフトして表示、英語は隕石名、括弧内は隕石の種類、曲線上の数字は560nmにおける反射率 (%)

# 海洋のCO<sub>2</sub>系計測

茅 根 創 (地球惑星科学専攻)

kayanne@eps.s.u-tokyo.ac.jp

人類が化石燃料の使用と熱帯林の破壊によって放出しているCO<sub>2</sub>は、炭素量にして毎年71億トンになります。このうち33億トンが大気に蓄積し、20億トンが海洋に、5億トンが北方林に吸収されていると見積もられています。差し引き13億トンもの炭素が行方不明で、海洋と森林の吸収能力の再評価が進められています。海洋へのCO<sub>2</sub>の吸収・放出は、物理、化学、生物的過程に伴って起こります。海水中では、CO<sub>2</sub>と炭酸水素イオン(HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)、炭酸イオン(CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>)の間に平衡が成り立っており(海洋のCO<sub>2</sub>系)、海洋のCO<sub>2</sub>吸収能力をきちんと評価するためにはCO<sub>2</sub>系の状態を精密に明らかにする必要があります。

海洋のCO<sub>2</sub>系について計測できる量は、CO<sub>2</sub>分圧、全炭酸(CO<sub>2</sub>系の全質量)、アルカリ度(電荷バランス)、pHの4つです。このうち、CO<sub>2</sub>分圧とpHについては、連続測定する手法があります。しかし、電極を使ってもっとも簡便に測定できるpHは、実はCO<sub>2</sub>系を決定するには計測精度が十分ではありません。また、全炭酸は試料に酸を加えて気体成分を抽出しなければならないこと、アルカリ度は滴定が必要であることから、連続的にこれらの測定を行なった例はありませんでした。全炭酸、アルカリ度ともに海水の一般的な濃度2000 μMに対して数10 μMの変化を計測しないとなりませんから、要求される計測精度は数 μM、0.1%になります。両者の測定はこれまで、少なくとも高い精度での計測には職人的な技術が必要とされてきました。CO<sub>2</sub>分圧の計測は、消費電力も測定機の容積も大きく、安定して運転することが困難であったため、大型の調査船によって行われることがほとんどで、定点での連続観測はありませんでした。

こうした点をふまえて私たちは、科学技術振興事業団の戦略的基礎研究推進事業(CREST)というプログラムの中で、サンゴ礁におけるCO<sub>2</sub>吸収・放出のメカニズムを明らかにすることを目的として、海洋のCO<sub>2</sub>系の統合計測システムを開発してきました。その結果、1998年9月から1999年9月まで1年間の通年観測を行なうことに成功しました。

CO<sub>2</sub>については、小電力・小容積のシステムを組み上げました。さらにミキサーバブル法と気体透過膜法の2種類の平衡器(海水中のCO<sub>2</sub>と気相中のCO<sub>2</sub>を平衡にする装置。平衡になった気相中のCO<sub>2</sub>をNDIR

で計測する)を並列して、両者の比較を行ないました。ミキサーバブル法は従来から用いられている方法ですが、常時大量の海水を汲み上げる必要があるため大きな消費電力が必要になります。これに対して私たちのグループが開発した気体透過膜法は、海水につけた気体透過膜のチューブを通過した溶存気体成分を計測するため海水を汲み上げる必要がありません。この方法の妥当性が検証されれば、さらに小電力・小容積のCO<sub>2</sub>計測システムの開発が可能になります。

全炭酸とアルカリ度については、精密ポンプによるフローシステムと気体成分の連続抽出装置を開発し、連続的に全炭酸とアルカリ度を測定するシステムを開発しました。これによって、2 μMという、実験室の精密計測と並ぶ精度で現場において連続で計測することに成功しました。これらのシステムに、さらにpH、溶存酸素、水温、塩分、光量子の海水センサーを組み込み、長さ5 mほどの小船に搭載しました。この小船は、プロジェクト名をとって「グレスト号」と名づけ、石垣島白保のサンゴ礁上に係留して、通年観測を行ないました。船上にポンプによって組み上げられた海水は、海水センサーを通過した後、CO<sub>2</sub>計測のための2つの平衡器と連続全炭酸・アルカリ度計測システムに振り分けられます。さらに同じラインから海水を採取することができ、採取した海水を実験室に持ち帰ってその全炭酸・アルカリ度を測定し、現場の測定結果と比較します。実験室での計測には、現在の最高水準の精密計測システムを自動化したものを開発し、現在その運用を進めています。

現在研究室には、新たに開発した機器を含め、海洋のCO<sub>2</sub>系の計測に関わるすべての項目について、目的に対応したそれぞれについて複数のシステムが組みあがり、その運用が進んでいます。今後は計測方法の最適化と標準化を進め、他機関とのラボ間比較を進めるとともに、標準海水の維持なども進めていきたいと考えています。CO<sub>2</sub>、全炭酸、アルカリ度は、海洋の炭酸系の基本的な量であり、これらの量を現場で連続的に測定できる本システムは、変動の大きな沿岸域の炭素循環を明らかにする広く適用できます。またサンゴ礁において構築した沿岸域のCO<sub>2</sub>吸収・放出の評価手法は、海洋生態系一般の炭素循環における役割の評価に広く適用できるものです。

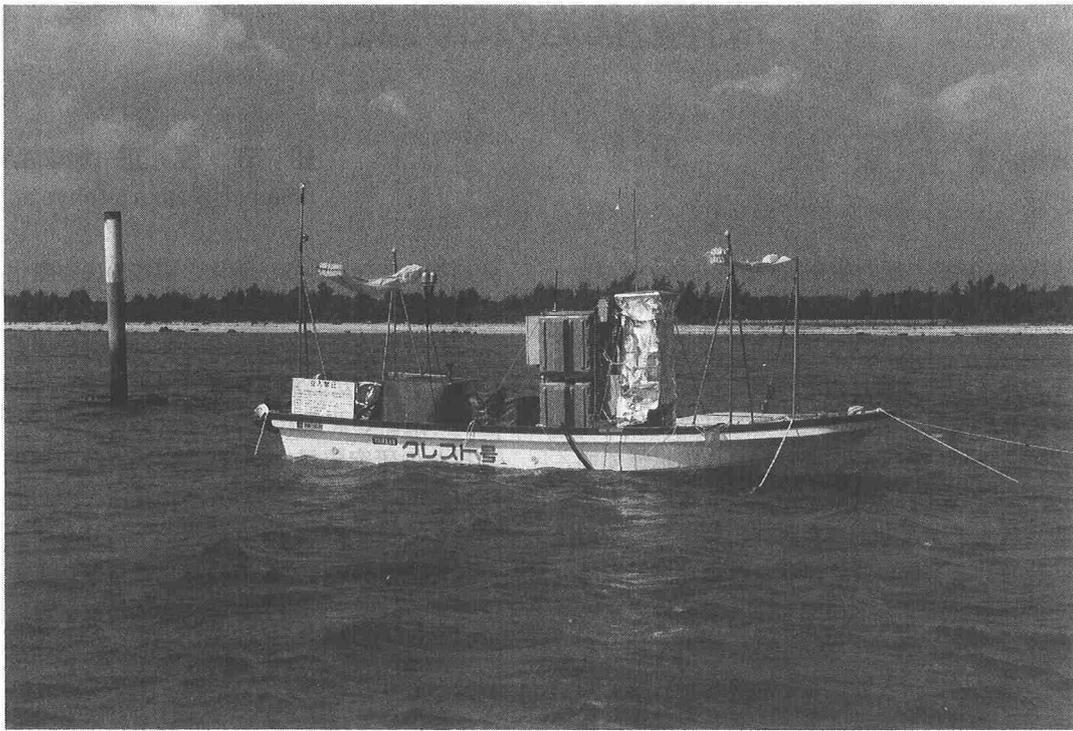
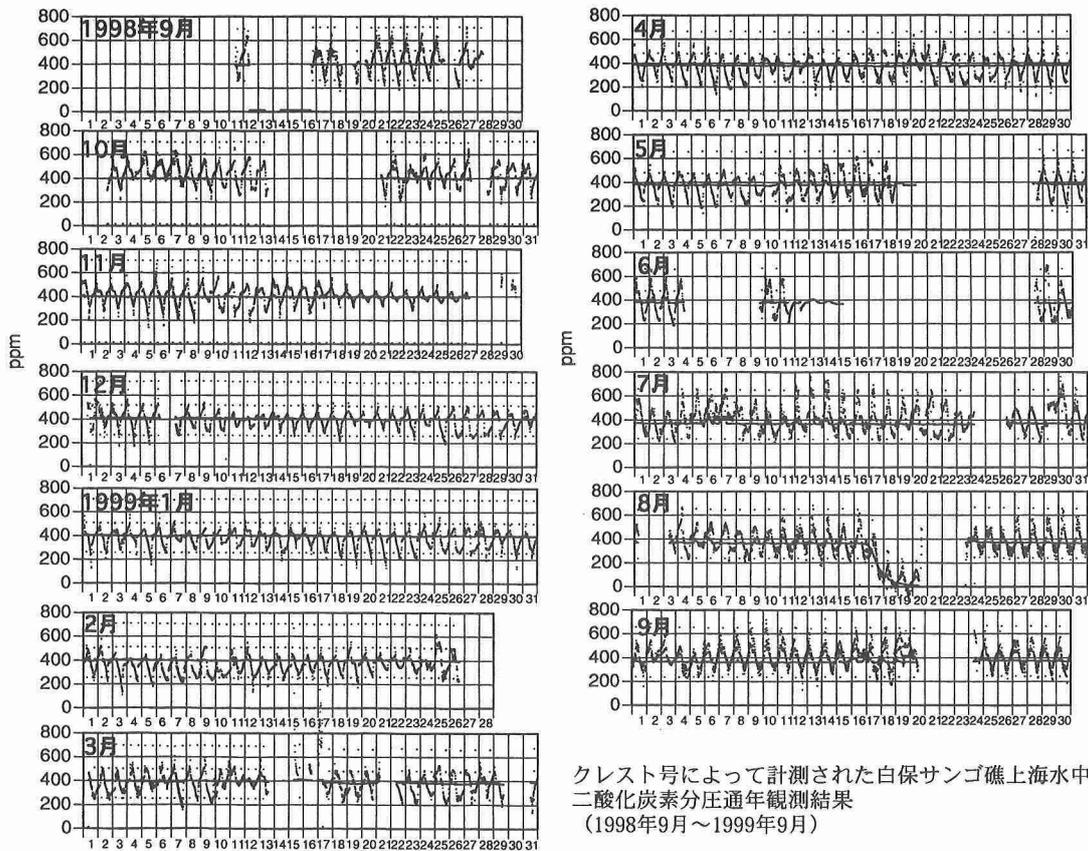


写真 石垣島白保サンゴ礁上に係留され、サンゴ礁海水中の CO<sub>2</sub> 系の計測を行うクレスト号。



クレスト号によって計測された白保サンゴ礁上海水中の二酸化炭素分圧年間観測結果 (1998年9月～1999年9月)

図 クレスト号によって計測されたサンゴ礁上海水中の CO<sub>2</sub> 分圧の年間計測結果 (1998年9月～1999年9月)。日中光合成によって減少し、夜間呼吸によって上昇する日周変化が明瞭で、さらに夏高く冬低いという季節変化も認められる。台風による陸揚げ、計測器の不調などによる欠測はあるが、ほぼ80%の期間データをとることができた。現場における日々のメンテは、地元漁師さんたちをお願いした。

## 液体の構造の圧力変化

船 守 展 正 (地球惑星科学専攻)

funamori@eps.s.u-tokyo.ac.jp

ここ数年『液体の構造の圧力変化』を研究しています。液体の構造という不思議に思われる方も多いかもしれませんが、結晶に見られるような長距離秩序はないものの、液体にも短・中距離秩序は厳然として存在しています。液体はマクロには等方的ですがミクロには結晶と同様に異方的です。地球や惑星の内部は超高圧の世界ですので（地球の中心で約360万気圧）、そこは我々の暮らす1気圧の世界とはずいぶんと違った世界になっていることが容易に想像されると思います。我々は地球惑星内部条件における液体の構造変化の研究を行っています。

熱力学の基本原則から明らかなように、圧力を加えると物質は密度の高い構造へと変化していきます。原子間の結合が安定なことよりも高密度であることが優先されるようになるわけです。実際、地球のマントルを上下に2分する地下670kmの不連続面（約24万気圧）において、ケイ酸塩の結晶構造が大きく変化し（圧力誘起相転移）、ケイ素の配位数が4から6へ増加することが知られています。構造の圧力変化は液体にも起こるでしょう。しかし、周期性の制約がないことや局所的には時間変動が許

されることなどから、液体の構造の圧力変化は結晶における変化とはかなり異なっていることが推測されます。結晶の圧力誘起相転移については膨大なデータが蓄積されてきましたが、液体については今まさに本格的な研究がスタートしようとしているところです。

我々の研究成果を紹介しましょう。放射光実験施設（SPring-8）に設置された高温高压X線回折システムを利用して測定した液体ケイ素の2体分布関数を図1に示します。第1ピーク位置の変化に着目しますと、8万気圧と14万気圧の間で、加圧にも関わらず最近接原子間距離が僅かではありますが増加していることが分かります。縮むべきものが伸びているのですから、これは構造が大きく変化していることを示唆しています。液体の構造変化の様子をこのような高压下で測定しているグループは世界的にも他にはありません。現在、地球型惑星内部のマグマや木星型惑星内部の液体水素に対する知見を得るために、溶融ケイ酸塩中のケイ素の配位数変化や分子性液体の解離（金属化）をターゲットにした研究を推進しています。

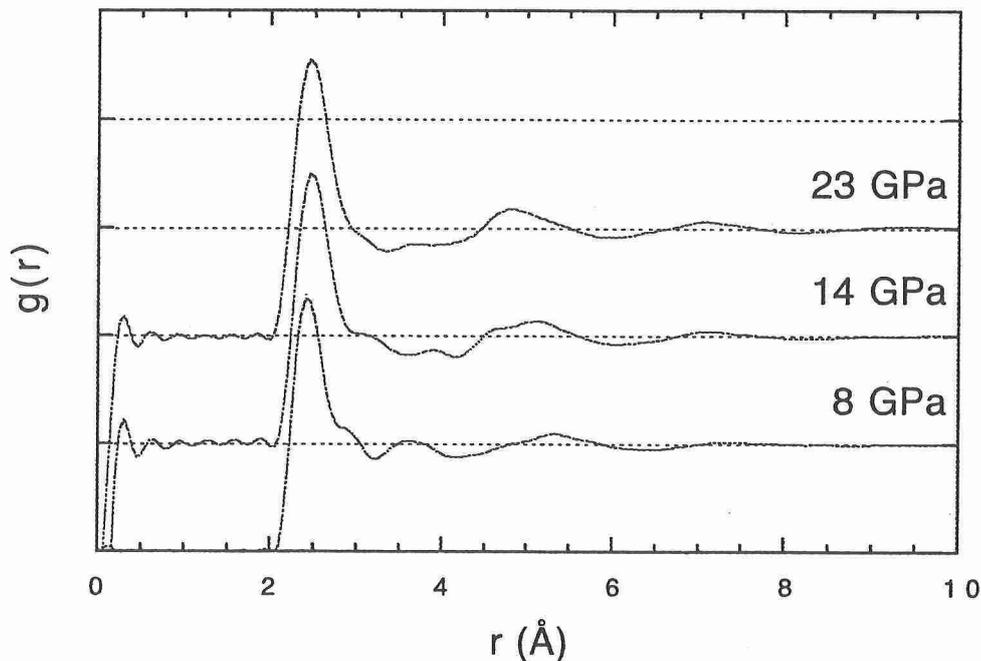


図1 液体ケイ素の2体分布関数の圧力変化

## 「情報学環」に流動して

米澤明憲 (情報科学専攻)

新領域創生研究科について、本年度4月に発足した大学院新組織である「情報学環」に、理学系研究科情報科学専攻から流動教官第一号として参加(出向?)している。私がこの新組織に参加しているのは、元理学系研究科長の益田隆司名誉教授とともに、東大に「情報」関連の研究科を創る運動を吉川総長時代に始めたといういきさつによる。

個人的には、始めは「理工学」系の情報に関する研究科を創ることを目指していた。しかしながら、蓮見総長、小林副学長をはじめとする、本学現執行部の熱意と、人文社会科学の多岐に渉る学問分野からの「情報」に関する強い関心を体感した今では、「情報学環」と来年度新設される「情報理工学系研究科」の二つの大学院組織が本学の中に相次いで発足することは、誠に自然な成り行きだったように思える。私ごときものが、これらの組織ができる端緒となりえたことは、誠に幸運であり嬉しい限りである。

「情報学環」と、来年度発足する「情報理工学系」の新研究科とがセットで成立する経緯は、概算要求を準備した6ヶ月という短い期間とは裏腹に、大変複雑なものであった。しかしここではその経緯に立ち入らず、現在あるがままの「情報学環」を、手短にご紹介させていただく。

この新しい形の大学院組織は、「環」という日本語名称より、その英語名称である Interfaculty Initiative

for Information Studies (略して III)の方がその特徴をより良くあらわしている。教官の学問的背景は、いわゆる文系・理系がそれぞれ半分ずつ(あるいは、多少文系が多いぐらい)であり、本組織の講師以上の全教官ポジション約30のうち、その3分の2は本学研究科と付置研究所からの流動(事実上の貸与?)定員を使って構成されている。大多数の流動教官は、3年すると流動元組織に戻る予定で、その際に新たな教官が流動元から情報学環に「派遣」されることになっている。

学環を構成する教官の学問的な興味は実に多様であり、「情報」という言葉が唯一共通の指導原理というかスローガンである。その「情報」も私のように「計算機科学」を専攻してきたものにとっては、これも「情報」なのかと感慨を深めることもある。とはいえ、今同僚教官となっている先生がたの研究活動は、私自身の知的興味を幅広く満たしてくれるもので、その「情報」に私は毎日楽しく実り多い「知」の経験をさせてもらっている。

さて、「情報学環」は教官組織であるが、それとは独立した別個な組織として、「情報学府」と呼ばれる大学院学生組織がある。この組織は現在修士課程のみで、学際情報学コースと実践情報学コースからなり、2年後には学際情報学の博士課程が年次進行の形で発足する予定である。情報学環、学府の研究や教育については、機会があればまた書いてみたい。



## 二つの含酸素 4 員環を有する高配位典型元素化合物

川島 隆 幸 (化学専攻)

takayuki@chem.s.u-tokyo.ac.jp

高配位典型元素を含む複素 4 員環化合物は、Wittig 反応および Peterson 反応との関連からそれらの合成、構造、および反応性に興味を持たれてきた。13 族 (B)、14 族 (Si, Ge, Sn)、および 15 族 (P) 元素類縁体は、構造的差異が大きいにも拘わらず、いずれも、Wittig 型反応をし、相当するオレフィンを与えるのに対して、16 族元素 (S, Se) 類縁体の場合には、Corey-Chaykovsky 反応生成物であるオキシランを与えることを見出した<sup>1</sup>。

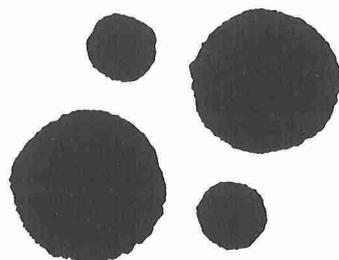
これら高配位化合物は、少し歪んだ三方両錐構造あるいは擬三方両錐構造をしていることが多い。構造的特徴を考慮すると、4 員環の存在はそれらの化合物の安定化に寄与するものと思われる。そこで、一つの分子に二つの含酸素 4 員環を導入すれば、一群のスピロ [3.3] 化合物を安定に合成できるのではないかと考えた。これらの含酸素 4 員環化合物は高配位化学種として構造化学的な興味があるばかりでなく、リガンドカップリングや Wittig 型開環反応を起こす可能性があり、反応化学的な興味も持たれる。

今回、5 配位リン化合物 1、5 配位ケイ素化合物 2、4 配位セレン化合物 3、および 4 配位テルル化合物 4 を合成し、それらの構造と熱反応性について検討した。1 は三つのジアステレオマーがいずれも安定に単離でき、X 線構造解析から歪んだ三方両錐 (図 1) および四角錐構造 (図 2) をしていることが明らかになった。また、

それらの熱分解において二分子のオレフィンを与えることが分かった<sup>2</sup>。ケイ素化合物 2 については、各種 NMR から三方両錐構造を取っていることが明らかになったが、室温で徐々に分解し、炭素ケイ素結合の切断を起こし、予期したオレフィン生成は認められなかった<sup>3</sup>。セレン化合物 3 については、擬三方両錐構造が示され、その熱分解では、二分子のオキシランと金属セレンを与えることが分かった。3 b については、X 線構造解析に成功し、歪んだ擬三方両錐構造をしていることが明らかになった (図 3)。以上のようにリンとセレン化合物は予想通りの反応性を示したのに対して、ケイ素化合物はオレフィン生成以外の新たな反応性を示した。また、ごく最近、類似のテルル化合物 4 の合成および X 線結晶構造解析に成功し、3 とは異なる反応性を見出している。これらは高配位化合物の多種多様な反応性の顕著な現れと思われ、非常に興味深い。

### 文献

1. Kawashima, T.; Okazaki, R. In *Advances in Strained and Interesting Organic Molecules*, Halton, B., Ed.; JAI Press Inc.: Stamford, 1999; Vol. 7, pp. 1-41.
2. Kawashima, T.; Okazaki, R.; Okazaki, R. *Angew. Chem., Int. Ed. Engl.*, **1997**, *36*, 2500.
3. Kawashima, T.; Naganuma, K.; Okazaki, R. *Organometallics*, **1998**, *17*, 367.



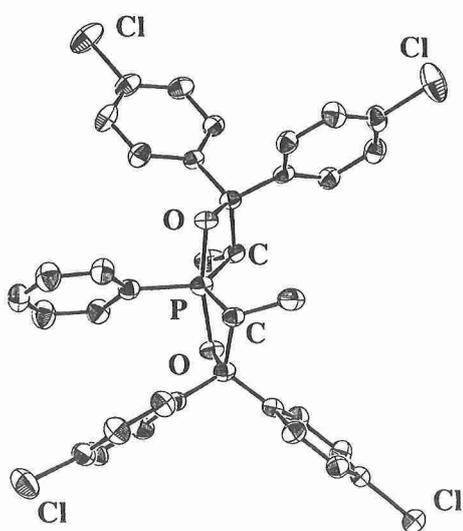
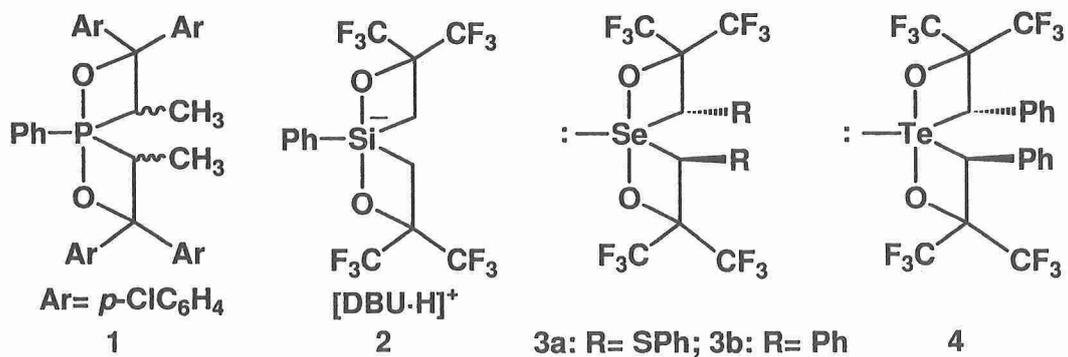


図 1 *cis-trans*-1 の ORTEP 図

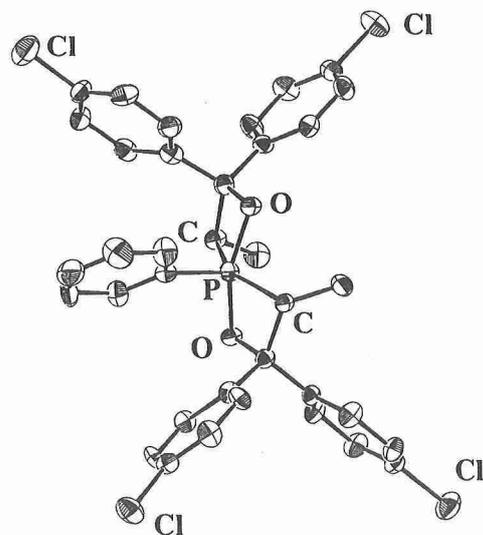


図 2 *trans-trans*-1 の ORTEP 図

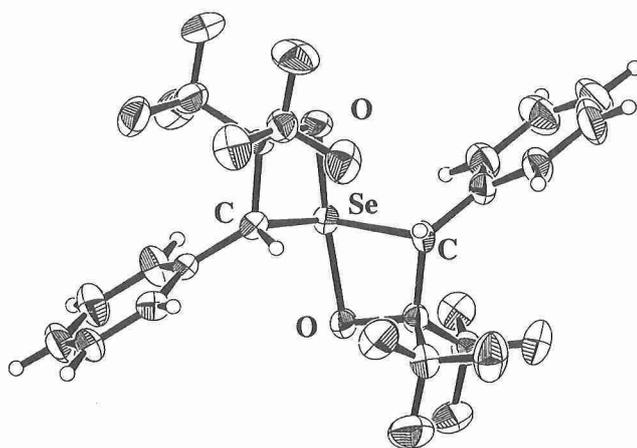


図 3 *trans-trans*-3b の ORTEP 図

# フッ素による反応の活性化と制御

市川 淳士 (化学専攻)

junji@chem.s.u-tokyo.ac.jp

含フッ素有機化合物は、近年その生理活性を初めとする特異的な性質に注目が集まり、医農薬や材料化学の分野で既に多くのものが実用化に至っている。こうした応用面での際立った有用性のため、これまで含フッ素有機化合物の物性を利用することに主眼を置く研究が盛んに行われている。一方、フッ素と同じヘテロ元素でも硫黄、リン、ケイ素等の化合物を見ると、物性だけでなく有機合成反応の道具として広く利用されている。この点フッ素には、フルオロ糖のグリコシル化やフッ化物イオンによるケイ素化合物の活性化等があるが、それでも合成化学的な応用はやはり少ない。

こうした状況の中で我々は、物性重視のフッ素化合物を合成化学的な立場から捉える研究を行っている。つまり、単に従来の反応を含フッ素化合物に適用するのではなく、「反応におけるフッ素の特性」を積極的に活用することで、新しい合成反応の開発を目指している。本稿では、フッ素置換基によって反応の活性化と制御を実現した最近の具体例を二つ挙げ、「合成ツールとしてのフッ素」の有用性を紹介したい。

## 1. $\alpha$ -フルオロビニル=ビニル=ケトンの Nazarov 環化： 2-フルオロ-2-シクロペンテノンの選択的合成

Nazarov 環化はカチオンを経由するジビニル=ケトンの環状電子反応であり、生理活性天然物に多く見られるシクロペンテノン骨格を形成する上で、極めて有用な手法である。しかし、生成する環内の二重結合の位置はその熱力学的安定性によって決まり、基質に依存するためこれを制御できないという欠点があった。

例えばケトン 1 の Nazarov 環化を行うと、二重結合に関する位置異性体 2, 3 の混合物が得られてしまう。ところが 1 の  $\alpha$  位にフッ素を導入した 4 で同様の反応を行うと、目的とする環化が 100 倍近く速く進行し、しかも選択的に 2-フルオロ-2-シクロペンテノン 5 を高収率で与える (図 1)。ここでは、フッ素がその非共有電子対によって  $\alpha$  位のカチオンを安定化するという性質を利用しており、これが環化のカチオン中間体に有効に働

いて反応を促進し、同時に位置選択性も実現している。

## 2. *gem*-ジフルオロオレフィンの 5-endo-trigonal 環化： 含フッ素ヘテロ 5 員環の構築

含フッ素ヘテロ環化合物はその物性に大きな興味を持たれるが、これらの優れた合成法は少なく、特に特定の環炭素へ選択的かつ効率良くフッ素原子を導入することは難しい。我々はその解決法の一つとして、*gem*-ジフルオロオレフィンの求核的分子内フッ素置換を利用する含フッ素ヘテロ環の構築法を提案している。但し、この手法での 5 員環形成は 5-endo-trigonal 環化に分類され、Baldwin 則において不利とされている。特に、求核種による環化では合成化学的な反応例が極めて少ない。ここで我々は、(i) 強く分極したジフルオロオレフィンの二重結合がその単結合性によって不利な環化を促進し、さらに(ii) 続くフッ化物イオンの脱離が逆反応となる開環を抑制するため、一般には困難とされる 5-endo-trigonal 環化も達成できると考えた (図 2)。

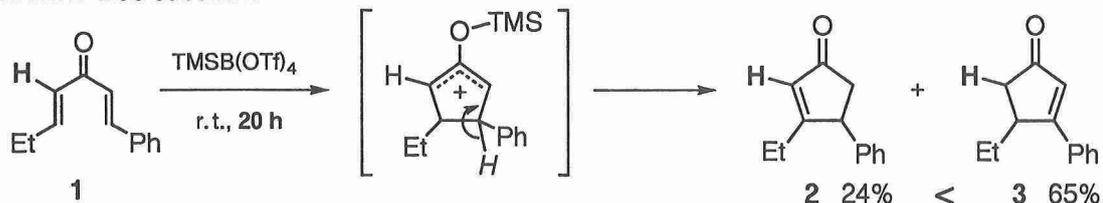
実際、スルホンアミド基やヒドロキシ基を塩基処理して得られる 6 は、期待した 5-endo-trigonal 環化が円滑に進行し、環炭素に直接フッ素を導入した 2-フルオロインドールやジヒドロピロール類 7 を高収率で与える。しかし、同様のオレフィンでもモノフルオロ体やジクロロあるいはジプロモ体だと、環化はほとんど進行しない。従って、この anti-Baldwin 環化には二つのフッ素による活性化が必須であり、ジフルオロオレフィン部の強い分極によって生じる単結合性が環化を促進する鍵だと考えている。

以上のように、フッ素置換基の導入は含フッ素化合物を合成するためだけではなく、反応そのものにも活性化と制御という恩恵をもたらしてくれる。今後、フッ素置換基も合成ツールとして認知されることを願っている。

### 〔参考文献〕

有機合成化学協会誌、54、654 (1996)。

## ◆ Fluorine-free substrate



## ◆ Fluorinated substrate

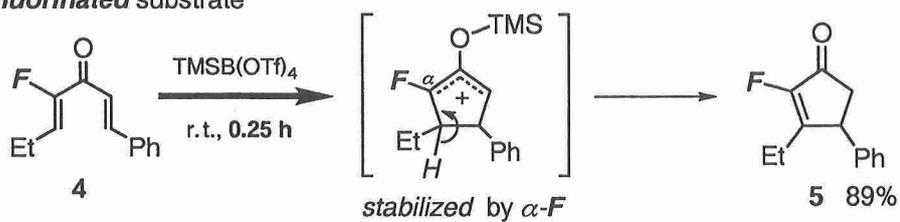


Fig. 1 Fluorine-activated and -directed Nazarov cyclization.

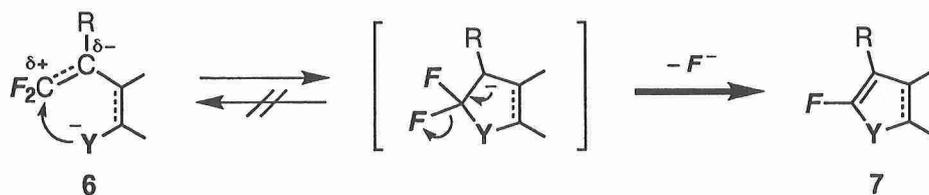


Fig. 2 Fluorine-activated 5-endo-trigonal cyclization (Y = NTs, O, S).

## 線虫の発生プログラムにおける細胞死の制御

杉本 亜砂子 (生物化学専攻)

sugimoto@ims.u-tokyo.ac.jp

すべての人にいつか死が訪れるように、個体を構成している一つ一つの細胞も何らかのかたちで死んでいく。ヒトの死因が多様であるのと同様に、細胞にも老衰・病死・自殺・他殺・事故死などにたとえられるような様々な死に方がある。そのなかで私が興味を持っているのは、発生過程の中であらかじめプログラムされている細胞の自殺、すなわち「プログラム細胞死」あるいは「アポトーシス」と呼ばれているものである。プログラム細胞死は、形態形成や変態、過剰に作られた神経細胞・免疫細胞の除去など、発生におけるさまざまなプロセスで重要な役割を果たしている。

私たちはプログラム細胞死を研究するために、線虫 *C. elegans* をモデル系として用いている。*C. elegans* の細胞数は成虫でもわずか959個しかなく、受精卵から成虫になるまでに細胞がどのように分裂していくかという「細胞系譜」が完全に明らかにされている。しかも細胞系譜には全く個体差がなく、細胞死がいつどこで起きるかがあらかじめ分かっているのである。他の実験生物にはないこの特徴によって *C. elegans* はプログラム細胞死研究のモデル生物としてかねてより注目され、H. R. Horvitz らのグループが中心となってプログラム細胞死の制御機構の遺伝学的解析が進められてきた。その結果、CED-3 と呼ばれるタンパク質分解酵素（哺乳類ではカスパーゼと呼ばれる）を中心とした細胞死誘導経路が明らかになり、その経路が線虫からヒトに至るまで進化的に保存されていることが示されている。

プログラム細胞死の制御に関与する主要因子が同定さ

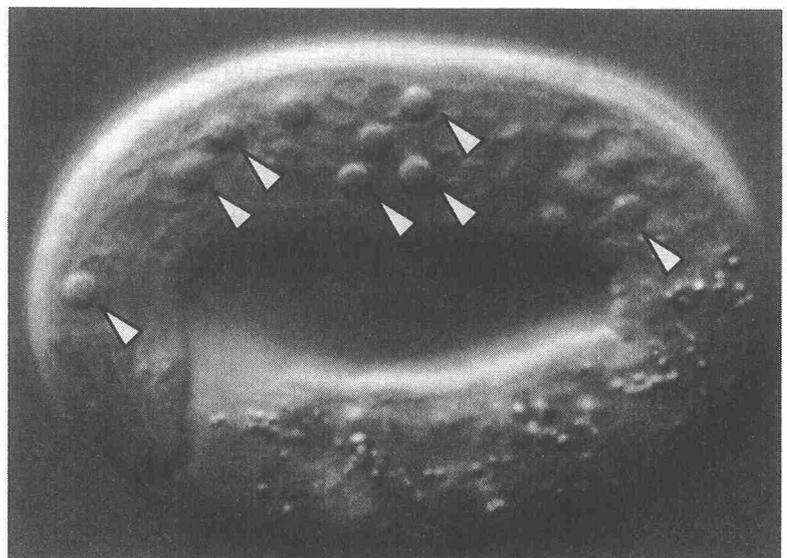
れたことは非常に大きな進歩ではあるが、まだ多くの問題が残されている。これまでに明らかになっているのは実は細胞死を引き起こすスイッチに相当する部分であって、個々の細胞において細胞死スイッチの ON/OFF がどのように決められているのか、また、細胞死スイッチが ON となった後に細胞内で何が起きているのかについては不明な部分が多い。私たちは、細胞死スイッチの上流・下流で何が起きているかを遺伝子レベルで明らかにするために、胚発生過程において細胞死の起きるパターン（数・場所・時期）の異常や、死んだ細胞の形態異常を示す突然変異体を網羅的に分離し、その原因遺伝子の同定を進めている。

最近私たちは、細胞死が起こる時期が全体的に遅れる *cdl-1* 突然変異体の原因遺伝子を同定した。*cdl-1* 遺伝子は、染色体構成成分であるヒストンの転写後発現調節に関与する脊椎動物 Stem-Loop Binding Protein (SLBP) の相同遺伝子であった。*cdl-1* 遺伝子機能を初期胚で破壊するとヒストンの発現が低下したときと同様な染色体凝縮不全が観察され、CDL-1 タンパク質が他の生物の SLBP と同様にヒストン発現に関与していることが示唆された。*cdl-1* 変異体でみられる細胞死が遅れるという表現型もヒストンの発現低下（およびそれに付随する染色体構造の異常）に起因するのかどうかについては現在解析を進めている。*cdl-1* をはじめとする細胞死関連突然変異体およびその原因遺伝子を解析することにより、発生プログラムにおける細胞死の制御機構の全体像が見えてくると期待している。

図 胚発生後期の *C. elegans*

(微分干渉顕微鏡像)

プログラム細胞死で死んだ細胞は平らなボタン状に見える（矢頭）。この個体は死細胞の貪食に異常がある変異体であるため、野生型よりも多くの死細胞が蓄積している。



## 植物は紫外線を利用している？

近藤 矩 朗 (生物科学専攻)

nr-kondo@biol.s.u-tokyo.ac.jp

いまから30数億年前に海中で誕生した生物が陸上に進出したのは約4億年前と言われている。当時、成層圏オゾン層は既に形成されていたが、現在と比べると薄く、地上にはかなり強い紫外線が降り注いでいたと考えられる。紫外線のうち、波長の短いUV-Cはオゾン層によりカットされ、UV-B領域(290~320nm)の紫外線がいまよりも大量に降り注いでいたはずである。UV-Bは生物にとって強い害作用があり、DNAに損傷を引き起こし、生物を死に至らしめることがある。培養細胞に、現在地上に到達している程度のUV-B量を照射すると、細胞分裂を止めたり、染色体に異常を起こすなどの障害が現われる。したがって、生物が陸上に進出するに際し、UV-Bに対する防御機構を強化・発達させたはずである。防御機構として良く知られているのは、DNA損傷の修復機構で、除去修復や光回復などがある。また、生物が陸上に進出すると、同時に高濃度の酸素に曝されることになった。生物は誕生とともに活性酸素(毒性の高い酸素分子種)に対する防御機構を既に獲得していたことは知られているが、陸上への進出の際に、活性酸素に対する防御機構をさらに強化したと思われる。

1980年代に入って南極のオゾンホールが発見されて以来、成層圏オゾン層の破壊が社会問題になった。オゾン層が減少すると地表面に到達するUV-B量が増えることになり、これによる生態系への影響が懸念された。UV-B量が増加すれば、植物の生育は低下すると考えられ、これを確かめるために、室内および野外において、UV-Bを付加したり、カットして太陽光あるいは人工可視光を植物に照射する実験が行われた。結果は様々であった。UV-B増加により成長が阻害されたり、枯死する場合もあったが、植物種によってはほとんど影響を受けない場合もあった。さらに、UV-Bの増加により成長が促進される場合も決して少なくなかった。それにもかかわらず、UV-Bの成長促進効果に注目した研究者は極めて少なく、最近になって、UV-Bにより作物の収穫が増加した例などが公に認められるようになり、UNEPの報告書にも取り上げられた。しかしながら、植物へのUV-Bの影響は一定ではなく、同じ植物種を用いても必ずしも同じ結果が得られるとは限らない。UV-Bの影響は植物の種や品種によって異なるほかに、植物のエイジ

や温度、光強度などの環境要因の影響を強く受ける。例えば、キュウリの幼植物体の場合、25°Cではほとんど影響がないのに、20°Cで顕著な成長阻害が見られた。

私たちは、キュウリの第一本葉がUV-B照射を受けると早い時期から除草剤のパラコートに対して極めて高い耐性を獲得することを見いだした。パラコートは活性酸素の生成を促進する薬剤である。紫外線を受けた植物葉内では活性酸素の生成が増大することが報告されていたが、通常条件では、現在の太陽光紫外線によって活性酸素に特有な障害が生じているようには思われない。紫外線は植物葉内にフラボノイドと呼ばれる一群のフェノール性物質を蓄積させる。フラボノイドは紫外線を吸収することによって植物の紫外線防御に関わっていることが知られているが、一方で、抗菌作用を示したり、活性酸素の解毒に関与することが報告されている。また、UV-B照射を受けると、活性酸素の解毒に関与する種々の酵素の活性が増大することが、いくつかの植物種で報告されている。確認はされていないが、おそらく、キュウリ以外の植物種でもUV-B照射により同様な活性酸素耐性を示すと考えられる。したがって、活性酸素を多量に生成する条件(例えば、乾燥、強光など)では、紫外線を受けた植物の方がこれらの環境要因の影響を受けにくくなり、一見、紫外線の影響が他の環境要因によって変動したように見える場合もあったと思われる。上に述べたように、植物が陸上に進出した際に、強い紫外線と高濃度の酸素に同時に曝されたため、植物がさらに強力な活性酸素解毒システムを構築するために紫外線を利用するようになったと考えても、それほど無理はないように思われる。

最近、対流圏におけるフロン濃度の増加が止まり、減少傾向に転じたことが報告された。将来、成層圏オゾン層の破壊が停止し、オゾン層が1970年代の状態に回復したとしてもUV-Bが到達しなくなることはない。UV-Bが他の環境要因の影響を緩和する一方で、他の環境要因が、UV-Bに対する防御機構のどれかに影響を与える可能性がある。UV-Bに対する植物の防御機構の詳細や、防御機構に対する環境要因の影響を明らかにすることは、将来の環境影響の予測や植物の環境応答の理解のために重要であろう。

# 細胞がそれ本来の固有の形態をつくるための機構

松井 泰 (生物科学専攻)  
matsui@biol.s.u-tokyo.ac.jp

エレガントな方法による発見の報告は、聞いていても報告していても気持ちのよいものであるが、その意味で、遺伝学的解析法というものは、生命のカオスの中から、新しい発見の糸口を見い出すのにエレガントな方法と考えている。近年、two-hybrid 法により蛋白質の結合を判定することが可能となり、遺伝学的方法のみでは、証明しづらかった蛋白質間の直接の相互作用が簡便に検出できるようになってきた。したがって、遺伝学的解析法が高度に発達している出芽酵母を用いた研究は、いまや、芸術的とまでいえるような研究が可能になってきているように思う。芸術といえば、天才がつきものであるが、それとは無縁の筆者としては、苦しい闘いながら、その手法を用いて、出芽酵母細胞が固有の形、構造を獲得するための機構を研究している。

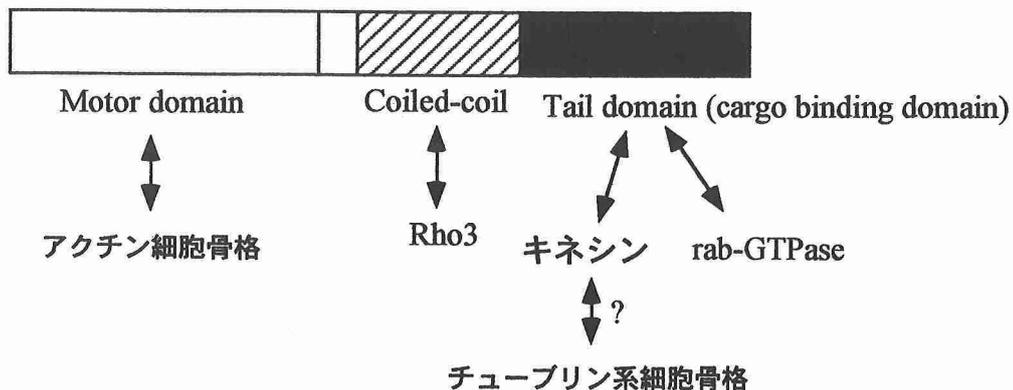
細胞がその本来の形を形成するには、きちんとした場所の細胞表層を伸長させ、細胞内小器官を正しく配置するための機構が必要であり、それには極性輸送の系が確立されることが必須である。そのためには、1) アクチン系、チューブリン系の細胞骨格とその上を移動するモーター蛋白質、2) 細胞骨格系を制御する rho 型 GTPase 経路、3) 細胞内の膜系の行き来を制御する rab 型 GTPase 経路、が重要な働きをしていると考えられる。そして、これら3者がどのように協調をとりあって働いているかが興味のあるところである。

アクチン細胞骨格の上を走るモーター蛋白質であるミオシンのうち、クラスVに分類されるミオシンVは、哺乳動物から出芽酵母にいたるまで、極性輸送に重要な働きをしていることがわかっている。そして、チューブリン系細胞骨格上を走るモーター蛋白質であるキネシンと結合することが報告されている。筆者らが解析している

rho 型 GTPase の一つである Rho3 が、細胞表層伸長部位の決定、すなわち細胞表層伸長機構のターゲティングに関わっており、その標的因子の一つが出芽酵母のミオシンVである Myo2 であることがわかってきた。博士課程の伊藤敬君が Myo2 の解析を進め、Myo2 と遺伝学的相互作用を示す因子として、未解析の rab 型 GTPase を同定したが、この rab 型 GTPase は、two-hybrid 法により Myo2 と結合活性を示す因子としても同定され、Myo2 と結合して機能を高進させる働きがあることがわかった。突然変異を導入し、いろいろな Myo2 変異株の単離解析をおこなった。その結果、*myo2-338* と *myo2-573* という対照的な2つの *myo2* 変異を同定した。Myo2-338 は、この rab 型 GTPase とは結合しなくなりキネシンと強固に結合する。Myo2-573 は、逆にキネシンとの結合は検出されないもののこの rab 型 GTPase とは、強固に結合するようになっていた。そして、ミオシン機能を発現するのに、Myo2-338 は、キネシンを必須とし、Myo2-573 は、rab 型 GTPase を必須とした。これらのことより、Myo2 は、キネシン依存的なモードと rab 型 GTPase 依存的に働くモードがあることがわかった。

これらの解析やいままでの報告より、ミオシンVが細胞骨格系、rab-GTPase 経路、rhoGTPase 経路の3つの接点となる因子であることが強く示唆される。種々の突然変異 Myo2 を単離することで、動的に働いているであろう Myo2 の瞬間的な姿をフリーズして解析できることがわかったので、さらなる突然変異 Myo2 の単離、解析を通じて、3つの複雑な経路の協調が Myo2 を通じてどのように行われているかを調べてゆきたい。

## Myo2



## 植物細胞の増殖の特性

長田 敏行 (生物科学専攻・附属植物園)

nagata@biol.s.u-tokyo.ac.jp

真核細胞に共通する細胞増殖機構のあることは、最近の細胞周期の研究から明らかになってきた。植物細胞には、それに加えるにかなり特徴的な増殖の特性があることも次第に明らかになってきた。このような特性の解明には私共が手掛けているタバコのBY-2細胞株が、大きく貢献しているが、一般にはお馴染みがないと思うので、少しだけ触れる。1980年以来より始められたBY-2細胞の研究は多方面で展開されたが、特に植物細胞として最も増殖速度が速く、またこのため植物細胞として唯一の高度な細胞周期の同調が可能なる実験系ということで、世界中に広まり、私の確認する限りでも、少なくとも24カ国200余の研究室で使われている<sup>1)</sup>。

BY-2細胞は、培地に植物ホルモンの一種である合成オーキシンの2,4-Dを加えてやることにより盛んな増殖を行なうが、培地中の2,4-Dを除くと、細胞分裂は完全に停止する。この細胞に再度2,4-Dを加えると、DNA合成を経由して、細胞分裂が再開し、半同調的な細胞分裂が観察される。即ち、オーキシンは植物細胞の細胞増殖因子であるということが出来る<sup>2)</sup>。

ところが、BY-2細胞より由来した細胞株で、2B-13細胞と呼ばれているものがあり、この細胞株も私は1985年以来維持している。この細胞は、オーキシンを全く加えないで盛んに増殖する。こう書くと、読者の中には結局オーキシンは増殖に不可欠ではないのではと思われる方も居るかもしれないが、実は、この現象は植物細胞組織培養の創始者の一人であるパリ大学のゴートレ (R.-Gautheret) により1943年に発見され、その後多くの研究によってもその正体が不明の馴化 (ハビチュエーション) と呼ばれている現象で、決してオーキシンが不必要というわけではない。但し、馴化細胞といわれる中にも、自らオーキシンを生産するものがあることが知られているので、2B-13細胞でもオーキシンの生産量を調べてみたが、その結果は、BY-2細胞と変わらないか、あるいはそれより低くなっていた。すなわち、2B-13細胞は定義通りの典型的な馴化細胞であり、植物ホルモンに対して独立栄養になっているということが出来る。そこで、2B-13細胞では、通例増殖に必要なオーキシンが何故不要であるにもかかわらず盛んな増殖をするかの

研究を進めた。これらの答えが、植物細胞の特徴的増殖機構解明へと繋がると期待されるからである。そこで、2B-13細胞の培養濾液を、上に述べたオーキシン飢餓状態で細胞分裂を全く停止しているBY-2細胞に加えたところ、2,4-Dを加えないのに細胞分裂の復活が見られた。この実験は、2B-13細胞の培地中には、オーキシン飢餓により細胞分裂が出来ない細胞に細胞分裂活性を誘導する物質があることを示している。そこで、培地中の活性成分を同定するために、その一般的な物性を調べたところ、熱に安定であるがタンパク質であろうという推定が得られた。しかも、その分子サイズは相当大きいということで、ゲル濾過法により分画を行なったところ、分子サイズによりその成分は分画できたが、興味あることに特定の分画のみがオーキシン飢餓BY-2細胞に細胞分裂活性を賦与できたことである。結論的には、この活性成分は、分子量29kDaのタンパク質と言うところへ到達し、下図の様な作業仮説を提案した。驚くべきことに今までこの様な高分子で細胞分裂活性を有するものは全く報告されていないことであり、もしこれで馴化が説明できれば年来の難問解決ということになる。しかし、研究としてはここでこのタンパク質の特性を同定して、初めて論文にする価値があるということで今その途次にある。この物質の意義、そこから帰結される結論をなお待たねばならない。幸いに、この予報的な結果は、最近あったEMBOワークショップでも好評で、BY-2細胞の他に2B-13細胞もこれを契機に世界ブランドになる気配も見える。

最後に、今回の話題は、私の研究室のテーマとしては明確に掲げたことはこれまでなかったが、私自身は学生時代より暇を見ては細々と進めてきた課題で、ここへきて解決の兆しが見えたので、大学院生の江口君、斎藤君、それに西田助教授のテクニカルアドバイスを得て、形を整えてきたものである。生物現象のなかには、発見以来未だ手付かずの現象があることが伝わればと思ひ、未完ながら紹介した次第である。

1) *Methods Cell Sci.* 23, 123-127 (1999)

2) *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 90, 11152-11156 (1993)

オーキシン → 物質 X(29kDa) → 細胞分裂  
(馴化?)

## 植物の脱分化と器官再生の遺伝学的解剖

杉山 宗隆 (附属植物園)  
sugiyama@ns.bg.s.u-tokyo.ac.jp

植物の組織片を適当な植物ホルモン（通常は比較的高濃度のオーキシシンとサイトカイニン）を含む培地上で培養すると、脱分化が誘導され、そのまま培養を続ければカルスが形成される。脱分化した組織片をさらにホルモン組成の異なる培地に移植すると、ホルモン環境に応じてシュート（苗条）や根などの器官を再生する。この脱分化から器官再生に至る過程には、植物の発生の根本を支える諸々の機構が集約的に動員されているはずである。私たちは、このような考えのもと、脱分化、器官再生を遺伝学的に解剖することで、植物の発生の基本機構を新しい視点で捉えようと、モデル植物シロイヌナズナを実験材料に、この現象に関わる突然変異体の収集と解析を行ってきた。

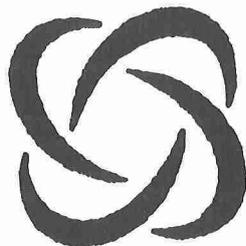
最初に単離したのは、*srd1*、*srd2*、*srd3* という3種の温度感受性変異体である。これらの変異体がそれぞれどのような現象のどの段階に関して温度感受性を示すかを詳細に調べ、その結果を整理して、各責任遺伝子 *SRD1*~*3* の働きを脱分化・器官再生過程に図1のように位置づけることができた。この中でとくに興味深いのは *SRD2* である。*SRD2* は、脱分化段階での増殖能獲得、シュートの形成、根の発達、と一見直接の関係がなさそうに思える複数の事象に関与するのである。*srd2* 変異体の側根形成を仔細に観察してみると、側根原基の形成は概ね正常だが、根端分裂組織の構築が温度感受性を示すことが分かった。この際制限温度下で形成された、分裂組織を欠く側根は、原基的な性質を保持したまま成長

を続け巨大な瘤となった（図2）。こうした *srd2* 変異体の表現型に基づいて、私たちは次のような作業仮説を立てている。すなわち、*SRD2* は増殖能レベルの励起全般に関与すること、頂端分裂組織の構築は（原基やカルスの形成に比べ）高いレベルの増殖能を要求すること、頂端分裂組織の構築が原基内の他の領域における細胞増殖を抑制すること。今後 *SRD2* 遺伝子の単離を一つの突破口に、増殖能の実体、分裂組織構築と細胞増殖制御の関係を解き明かしたい、と考えている。

脱分化・器官再生に関わる素過程を残らず遺伝学的に抽出するためには、3種類の突然変異体ではもちろんあまりにも少ない。その後新たな温度感受性変異体の探索を続けた結果、今では総数が60種類を数えるに至っている。ほとんどの変異体は、単離したばかりでまだ本格的な調査を行っていない。すべての変異体について一通りの解析が終わったとき、脱分化・器官再生過程の枠組みをどう理解できるのか、今から楽しみである。

### 参考文献

- I. Yasutani, S. Ozawa, T. Nishida, M. Sugiyama, and A. Komamine (1994) *Plant Physiology* 105, 815-822.
- S. Ozawa, I. Yasutani, H. Fukuda, A. Komamine, and M. Sugiyama (1998) *Development* 125, 135-142.
- M. Sugiyama (2000) *International Review of Cytology* 196, 67-84.



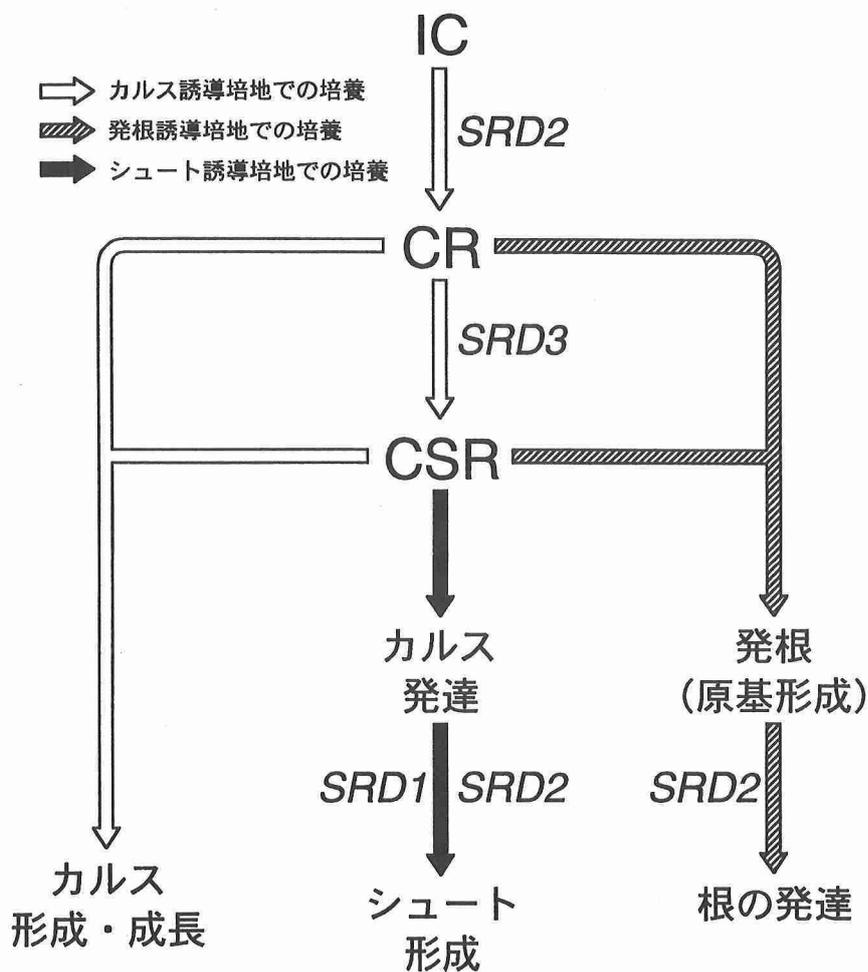


図1 脱分化・器官再生過程と *SRD* 遺伝子の関与

IC、CR、CSR は順に、増殖能・根分化能とシュート分化能のいずれも持たない状態、増殖能・根分化能は有するがシュート分化能は持たない状態、増殖能・根分化能とシュート分化能のいずれも備えている状態を表す。

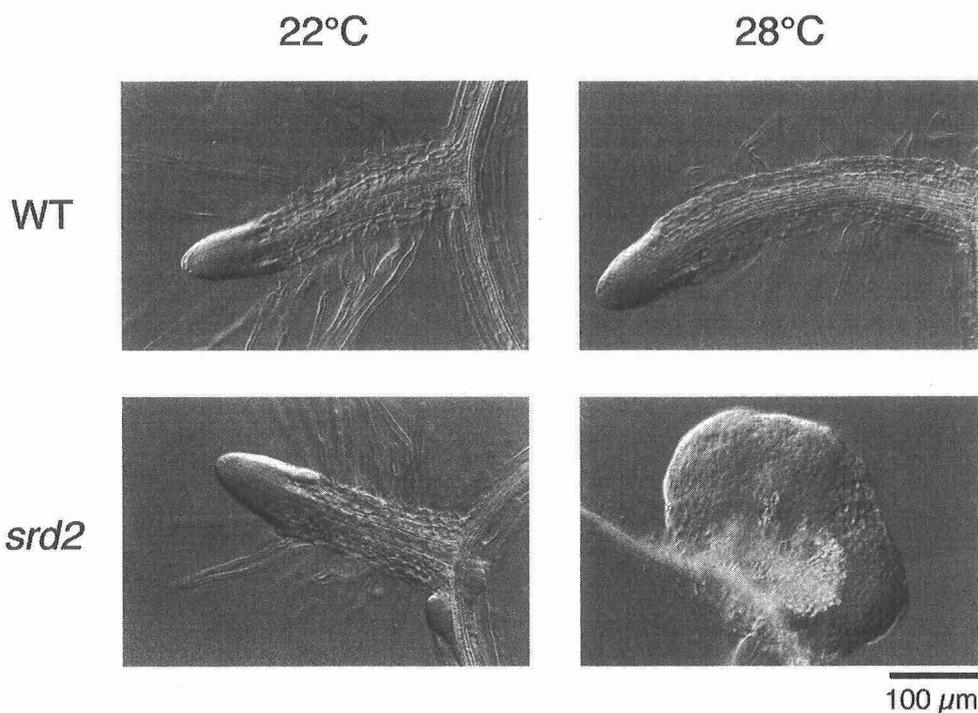


図2 側根形成に対する *srd2* 変異の影響

野生型 (WT) と *srd2* 変異体の主根外植片から、許容温度 (22°C) または制限温度 (28°C) で側根形成を誘導した。

## 近赤外水素分子振動回転輝線で見える星形成

田中 培生 (天文学教育研究センター)  
mtanaka@ioa.s.u-tokyo.ac.jp

水素は最も軽い元素であり、数密度で宇宙の原子の90%ほどを占める豊富な元素である。実際、水素イオン、水素原子のスペクトルは広い波長範囲にわたって検出され、宇宙の様々な現象を解明してきた。一方、比較的低温・高密度のガスは水素分子として存在し、いわゆる分子雲（暗黒星雲とも呼ばれる）を形成している。星はこの分子雲中で原始星として生まれ、周囲のガスとの様々な相互作用を経て主系列星へと成長していく。星形成の初期質量関数—銀河の構造及び進化、さらに生命誕生の必然性をも左右する天文学の大問題—を知るために、星誕生の現象が様々な手法で研究されている。

さて、水素分子は質量が小さいため、回転遷移がミリ波ではなく赤外域に入ってくる。特に地上からの観測が可能で近赤外域には水素分子の振動回転遷移が豊富に存在し、ここ四半世紀、観測が行われてきた。しかし、複雑なことに、水素分子の励起機構には、全く異なる2種が存在する。つまり、この励起機構の決定なしには、この極めて重要な観測量が、物理現象の解明に役立たないどころか、大きな混乱を引き起こす。

2種の励起機構とは何か？ 一つは、衝撃波の通過などによって比較的高温になった分子ガスが分子間の衝突によりその温度に対応した振動・回転準位に励起される機構であり、もう一つは、紫外線の照射によって一度電子励起状態に励起された後、カスケード的に電子基底状態に戻る際に、その遷移確率に応じた再配置が起こるといった機構である。前者を熱励起、後者を紫外励起と呼ぶ。この両者は、多くの振動回転輝線を観測し、各準位の滞在数を知ることによって区別できるはずである。観測的特徴を簡単に述べると、熱励起の場合、振動温度、回転温度共に約2000Kと共通の値をとり、オルソ/パラ比は高温での熱平衡値である3を示す。一方、紫外励起の場合、分子ガスの温度・密度、さらにダスト上での形成過程などに依存するが、大まかには、高い振動温度、低い

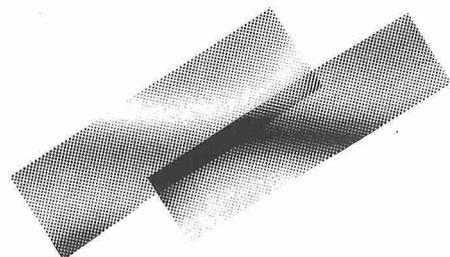
回転温度、3より有意に小さいオルソ/パラ比を示す。

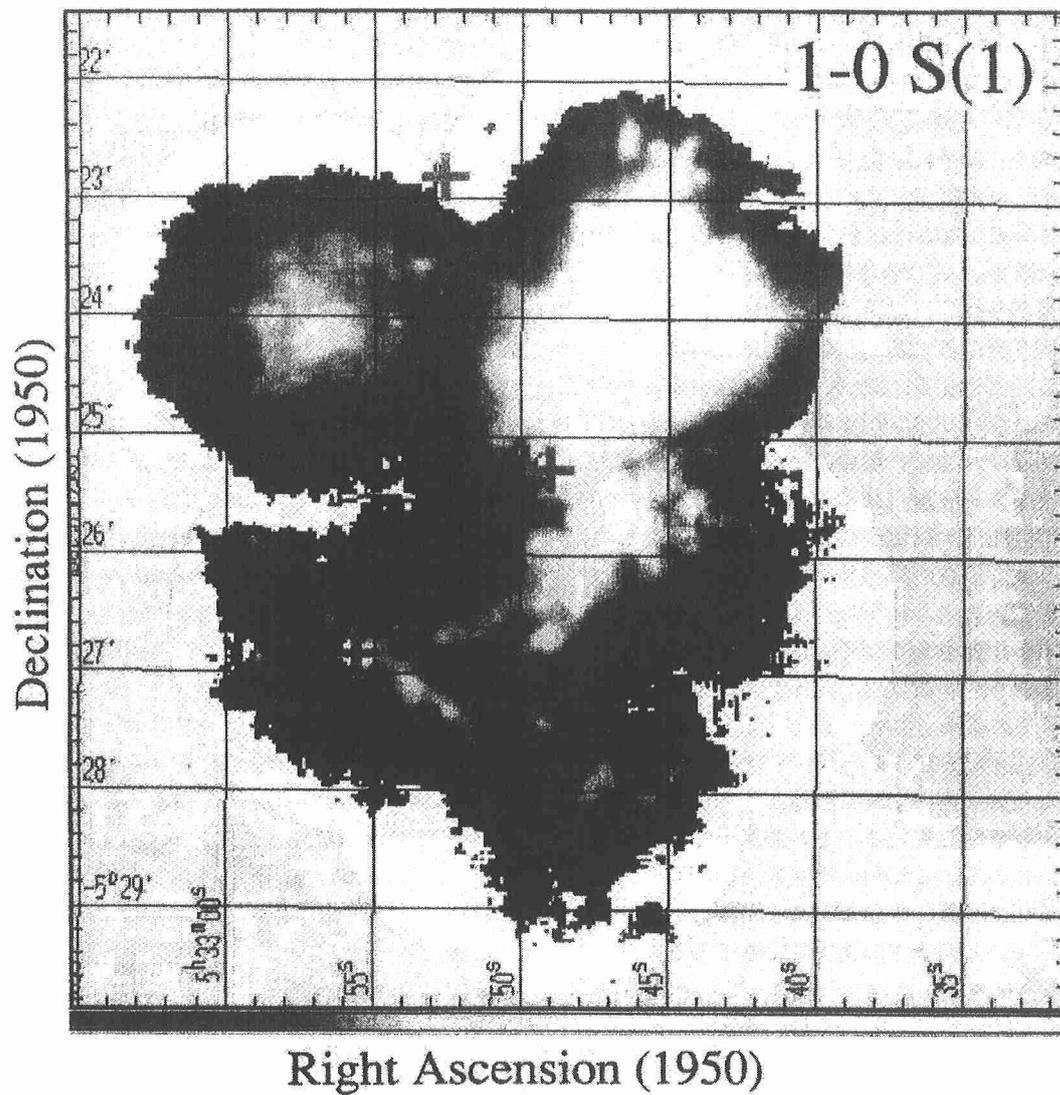
簡単な観測でこれらの判別を行うために今まで用いられてきた方法は、低励起で強度の強い2本の輝線の比 $[2-1S(1)/1-0S(1)]$ を使う方法である。しかし、これには大きな問題があった。上記の紫外励起の場合、ガス密度が高くなると、分子間の衝突により低励起準位の滞在数は熱励起の場合の滞在数に近づいてしまい、区別できない。

我々は、次の4通りの方法を考え、励起の判別を試みてきた。

- (1) 低励起の6本の輝線を検出し、振動・回転温度、オルソ/パラ比を調べる。
- (2) 上記2本の輝線比の空間分布を観測し、その密度[輝線強度]と励起[輝線比]との相関を求め、その領域全体での励起を確定する。
- (3) 紫外励起の際に衝突の影響が出にくい、より高励起の輝線ペアを用いて励起を決定する。
- (4) 熱励起の際には、衝撃波の通過といった大きな速度を伴う運動が存在する。波長分解能の高い観測により天体の速度構造を明らかにして、励起を決定する。

最初の方法は、種々の天体による観測的違いを明確に浮き上がらせたが、その中間状態を示すデータの解釈には疑問が残った。次の2つの方法については、空間2次元のイメージ取得に有利なファブリペロ分光器を用いて銀河系内の星形成領域、H II領域、反射星雲やスターバースト銀河で観測を行い、その有効性を示した。観測例として、オリオン星雲での水素分子輝線分布を示す。2本の輝線比の空間構造から場所による励起の違いが明らかにできた(図)。4つ目の方法については、現在エシエル分光器を開発中であり、それを用いて速度プロファイルを取得することを目指している。





図の説明：オリオン星雲での水素分子輝線分布。右上の明るいところが衝撃波による熱励起（原始星）。全体に淡く広がっている部分は紫外励起。

## 宇宙のバリオン数の起源、暗黒物質、Qボール

川崎 雅裕 (ビッグバン宇宙国際研究センター)  
kawasaki@resceu.u-tokyo.ac.jp

宇宙にある星などはそのほとんどの質量を陽子と中性子で構成されている原子核が担っている。陽子や中性子は核子（バリオン）とよばれる（核子はさらにクォークという素粒子3つから構成されている）。しかし、素粒子の世界では電子、陽子、中性子といった粒子に対して陽電子、反陽子、反中性子とよばれる反粒子が存在することが知られている。しかし、私たちの知る限り反粒子でできた天体はない。バリオン（陽子・中性子）にはバリオン数1、反バリオン（反陽子・反中性子）にはバリオン数-1を割り当てると私たちの宇宙は正のバリオン数を持っていることになる。なぜ、宇宙にはバリオンがたくさんあって、反バリオンがないのかということは宇宙論の大きな問題の一つで、現在の宇宙論・素粒子論では元々宇宙はバリオン・反バリオンが同じだけあったが宇宙の進化に伴い粒子・反粒子の対称性を破るような反応によってバリオンの数が反バリオンの数より多くなったために現在の宇宙のように正のバリオン数をもった宇宙になってしまったと考えられている。

このように私たちの宇宙は反バリオンはほとんどなくバリオンがたくさんある。しかし、バリオンが現在の宇宙の密度において支配的であるかというそうではない。実際には、私たちの宇宙の密度は正体が不明の暗黒物質と呼ばれる物質が支配していることが銀河や星の運動の観測から知られている。これが、暗黒物質の問題とよばれるものである。つまり、残念ながら私たちは自分たちが住んでいる宇宙がどのような物質でできているか知らないのである。

この宇宙のバリオン数の起源と暗黒物質という2の問題を同時に解決するモデルが提案されている。これは素粒子の超対称性理論に基づいたもので、超対称性はボゾン（スピンが整数の粒子）とフェルミオン（スピンが半整数の粒子）の間の対称性で、それに従えば、スピン1/2のクォークにはスピン0のスカラー・クォークが存在することになる。超対称性理論に基づいたモデルではある種のスカラー・クォークの期待値が大きくなり、これと粒子・反粒子の対称性を破るような反応が合わさって宇宙にバリオン数が作られる。このときQボールとよばれるスカラー・クォークの球状の固まりができるということが最近分かったのである[1, 2] (図)。Qボールは1つが $10^{20}$ 以上のバリオン数をもつがサイズは原子核程度のもので、安定で現在も宇宙に多数存在し暗黒物質となり得るのである。さらに、宇宙初期では周りの熱プラズマとの相互作用でその1部が蒸発しバリオン数を放出する。この放出されたバリオン数が最終的に核子（バリオン）となって現在星などを作っているバリオンの量

を説明するのである。このように宇宙の暗黒物質とバリオン数がQボールという同一の起源を持つために他の暗黒物質やバリオン数生成メカニズムと違って宇宙の暗黒物質密度がバリオン密度の約100倍という事実も説明できるのである。

Qボールはもしそれが暗黒物質になっていれば将来検出される可能性もあり、今後の理論的・実験的研究によって暗黒物質の正体とバリオン数の起源について有用な証拠が得られる期待がある。

### 参考文献

- [1] A. Kusenko and M. Shaposhnikov, *Supersymmetric Q-ball as Dark Matter*, Physics Letters, **B418** (1998) 46.
- [2] S. Kasuya and M. Kawasaki, *Q-ball Formation through Affleck-Dine Mechanism*, Physical Review, **D61** (2000) 041301.

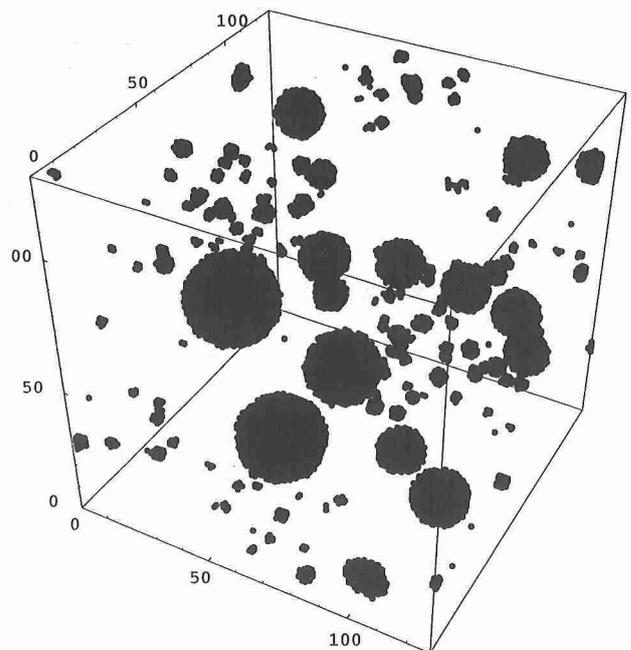


図1：Qボールの宇宙における生成のシュミレーション[2]

## 福岡訪問記

金 誠 培 (化学専攻 博士課程1年 韓国)

私が初めに日本と出会ったことは、今から約3年前頃だった。そのとき、福岡の福岡大学で開催されたアジア分析化学会 第四次 学術会議に参加することになってからである。私の教授と私、そして、他の二人の同僚の参加が決まった。そういう訳で、日本語も全然知らない四人の外国人の日本探険が始まった。ソウルの金浦国際空港で朝10時ごろ、JAL 航空に乗った。JAL 航空機ではすべての案内放送が日本語で行われたので、ある程度不安と緊張は仕方がなかったが、外国人向けの入国審査カードに関しても日本語で案内するのを見た途端、“なんか先の旅行がスムーズにはできないだろう”と思った。約1時間10分ぐらいの飛行の後、我らは福岡空港に到着。飛行機のなかから見えた小さい都市がだんだん大きくなってきた。私の心には“ここが日本という国か”と思った。空港には学会からの案内人がピケットを持って案内してくれたが、それも地下鉄までだけ、もう一度、不安感が我らをくるめてしまった。私の先生は英語がうまくて英語の本も書くほどだったが、その優れた実力がここでは地下鉄に乗るくらいにも役に立たなかった。先生は“しょうがないじゃん、降りる駅の名前も読めないから、乗った駅から降りるはずの駅まで、駅の数数を数えて!”とおっしゃった。それが空港から福岡市内の予約したホテルの前の駅まで長い間、回りの人にも気にせず、一生懸命、電車が止まった度に駅の数数を数えた理由だった。身ぶり手振りで、ようやく西鉄グランドホテルに到着。でも、今からだ。明日から重要な学会の発表があったり、忙しい日程の始まりだった。明日からもう一度、悪夢のような場所探しが始まるんだ。とにかく、日本の朝は曇りの天気とともに始まった。“急がなくちゃ、学会のオープニング発表会に遅れるんだって”、だれか催促する人がいった。今度はホテルのフロントの人にちゃんと聞いて見た。でも、あまり知らないのは変わらず。一応、福岡大学の看板があったバスに乗って、回りの人たちを観察してみた。それから、バスの切符は乗るとき、ドアの前でとることがわかった。いよいよ、福大の正門、学生たちで賑やかだった。何かティッシュみたいな物を配っている女性も見えた。われらは学会が用事だったので、とにかく、学校内に足を踏んだ。“ただなのに何でもらわないの”と先生がおっしゃった。“そうだ。ただなのに。”僕はなんか、もったない気がして、戻って行って彼女にまづい英語で、頼んで見た。“俺にも一本ちょうだい。”“・・・”

返事がなかった。そして彼女の困った表情。“エー、何

で、他の人にはよく配っていたのに俺にはなんで。”と思ったが、とにかく、私はどうしてもその一本をもらいたがったので、“顔の表情があやしいな”と思ったが、結局、一本をもらってしまった。でも、あとでわかったが、それは男性は使えないものだった。

学会のオープニング発表会が終わったあと、私の先生は他の韓国人の教授たちと一緒にどこか行きたかったので、“どこか行って昼御飯食べて”といいながら、他の教授たちが見ている前で、我らに1万円札を出してくれた。その途端、私は“やー やっぱり、先生は天才だなー”と思った。なぜかというとう大学構内には一食で最高価が、ただ、600円しかない。結局、その残りのお金、即ち、食べて、残ったそのお金の大部は先生に戻ってしまった。先生は他の教授たちが見ている前で、一見、名目的に、そして、実利的にもまかせない有利な商売をしたのだ。

我ら学生みんなが福岡大学の教授食堂で昼御飯を食べるようにしたけど、それも、なかなか難しかった。お料理の名前を読めなかったので、ジェスチャーで注文はしたが、出たお料理の知らせをわかるわけがなかったし、その上、たくさん、食堂が込んでいた。注文してから、何十分も過ぎたと思った。そして、ある女給が2人分の料理を持って、声上げて、いじらしくお客さんと呼ぶ声が聞こえた。それで、十分食堂の中で知らせられたのに注文したお客は出なかったのだ。私たちはそれを始めから観察してから、その料理が僕らの料理に間違いないと確信ができた。そういうわけで、待たせられたあげく、昼御飯を食べられたのだ。

その午後、ポスター発表時間に運命の女性と出会った。発表場を迷っていた私に素晴らしいカタチの女性が私と同じ研究テーマで発表しているのがわかった。そして、他の待っている人のつらい目にもかかわらず、1時間ぐらい、くっついて質問して、最後に、e-メールを交換した。その学会は学会が開いている一週間の間、每晚、宴会があったので、その夕方の宴会でもう一回出会う機会があった。その宴会は、あるホテルのメイン・ホールで皆がタキシード着て参加する会だった。その宴会の間も、ずっと一緒にいたのだ。その後で約2年くらいe-メールで連絡したが、今から、約1年ごろ前、結婚するんだというe-メールを最後に連絡が切れた。きっと、どこかに幸せに住んでいるでしょう。

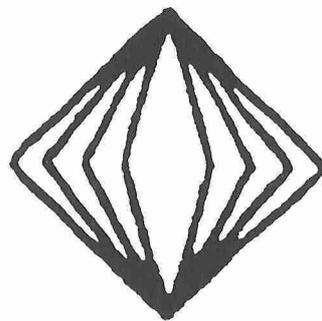
あまりにも、言葉ができなかったので、いつも不安な気持ちと横倣とで日々を送っていた我らも勇気を出したことがあった。それは温泉旅行。その学会に参加した韓国

人の先生たちと、別府温泉に行くように決意したのだ。今、考えてみても、地下鉄も乗れないくせに、なぜ温泉旅行を決意したのかおかしい。結論として言えば、どんなに韓国では有名な大学の教授たちで、全部、博士で英語がうまくても、日本で日本語ができない場合には、どんなにつまらない旅行になってしまうかをその時、初めてわかった。

その後の日は土曜日で、韓国に帰る日だった。我らは朝早く起きて、準備して、ホテル・ロビーに集まり、タクシーで空港まで行った。その時、我らが泊ったホテルは福岡で一級ホテルで、宿泊料もきつと高かったと思う。それは、先生がホテル・ロビーで計算表をご覧になって、開かれたおくちを暫く閉められないことを見てわかった。実は、先生がそのホテルを予約するときも日本語ができなくて、失策でその一級ホテルを予約なさったのだ。とにかく、私にはよい経験だと思った。空港で妹にあげるお土産を買っておいた。お金が惜しくて、開かれたおくちを閉められなかった先生の表情にもかかわらず、私は同僚たちとおもしろかった今度の日本旅行について話の花をさかせたのを今でも思い出す。



福岡にて韓国の仲間と（右端が著者）



## アスペン便り

一 丸 節 夫 (名誉教授)  
STIchimaru@aol.com

2000年6月15日、私は家内とともに梅雨空の成田空港を飛びたち、その日の夕刻アスペン空港に降りたった。

アスペンはアメリカコロラド州の中央やや西よりに位置する人口約五千の小さな町である。ロッキー山脈奥深くロアリングフォーク峡谷に沿い、標高二千四百メートル、冬は北米有数のスキーリゾートとなる。それはまた、自由創造の思考を尊ぶ人々の集う文化の地でもある。

この便りは、アスペンの固有文化が成育してきた道程と、そのなかですばらしい発展をとげたイスラエルからの一家族の物語りである。

アスペン インスティテュート

戦後も間もない1949年の夏、シカゴの実業家 Walter P. Paepcke の呼びかけで、『ゲーテ生誕二百周年記念集会 (Goethe Bicentennial Convocation)』がこの地で開かれた。ゲーテがその人であった「万能人 (Universal Man)」の公案を軸とし、シカゴ大学教授 Robert M. Hutchins を座長に選りすぐりの学者・文化人が集まり、「ゲーテの世界文明大構想は現代社会に役だち得るか」と「ゲーテの人類愛大思想はわれわれを救い得るか」をテーマに、20日間の会合がもたれた。

Albert Schweitzer 博士はこの集会に出席し、「ゲーテの遺産」と題する基調講演を行った。博士がアメリカを訪れたのは事実上これが最初で最後となった。戦後の混乱期にあった西欧文化とその行方を真摯に探索する人々の考えが、この会合を通じて高められ集約されたと、伝えられている。

この集会はさらに二つの後継ぎをもうけた。

まず、この集会のもうひとつの中心行事であった一流音楽家たちによる演奏会が出発点となり、アスペン音楽祭・音楽院 (Aspen Music Festival and School) が発足した。この音楽祭は昨夏第50年次の記念シーズンを迎え、6月下旬から8月下旬にわたる9週間、連日多彩なプログラムが展開された。今期第51年次からは、主会場がすばらしい音響効果をもつ“半永久”のベネディクト音楽テントに一新され、6月23日こけら落しのコンサートが開かれた。

もうひとつは、その翌年に設立されたアスペン人文科学研究所 (The Aspen Institute for Humanistic Studies) である。この組織は1970年代に入り本部をニューヨークに移し、シカゴやワシントンさらには日本やヨーロッパに《アスペン インスティテュート》の支部をひ

ろげた。

この夏8月19～22日、アスペン インスティテュートはその50周年記念集会をベネディクト音楽テントでひらいた。中心テーマを「世界化と人類の状態 (Globalization and Human Condition)」と設定し、社会正義や貧困と病苦をふくむ地球環境問題が話し合われた。22日の閉幕講演で、元アメリカ大統領 Jimmy Carter が、南アフリカにおけるエイズの蔓延とそれに対する方策の遅れを指摘し、「アメリカはけちな国だ (U. S. is a stingy nation.)」と喝破したのが、印象に残る。

アスペン物理学センター

アスペン物理学センター (The Aspen Center for Physics = ACP) は、G. Stranahan と M. Cohen の二人の物理学者がアスペン人文科学研究所にはたらきかけ、その一部として1962年に発足し、1968年に独立の研究機関となった。センターは自由な学術的創造活動そのものを価値とし、その追及を第一の目的としている。その使命は、「理論物理学者が、教育・企業組織の日常責務から解放され、専門分野をわたり自由に交流できる研究センター」と規定され、世界各地から集まった物理学の研究者達が、夏の3か月間ロッキー山脈奥深い谷あいの美しい環境で、それぞれの専門を横断し自由に考えを交わし発展させることができる。

ACP は、創設時からある小さなストラナハンホール、図書室などがあるベテホール、そしてバラック建てのヒルベルトホール跡に1996年新築されたスマートホールから成り、それらがアスペン (はこやなぎ) 林のなかに建ち並んでいる。スマートホールには、少人数会合用のバーディーン小部屋とゲルマン小部屋が設けられ、百人余を容れる講堂がそれに隣接する。ノーベル賞物理学者 John Bardeen, Hans Bethe, Murray Gell-Mann らが多額の私財を寄付し、私たちもそれぞれ“貧者の一灯”を供し、ACP の維持発展に関わった。加えて、米国科学基金財団 (NSF) や米国航空宇宙局 (NASA) などの公的機関もその意義を高く評価し、ACP を積極的に支援してきた。

ACP と私との関わりは1969年夏の3か月に始まる。以来私は家族共々多くの夏をこの地で過ごし、科学者、音楽家、そして地元の人々と交わり、文化と創造の喜びをあじわった。1995年の東大退官を前に、ACP を中心

とするこのアスペンとの繋がりは将来も大切にしたいと考えた。そして1992年、ベランダの下にロアリングフォーク河が流れる山小屋風のコンドミニウムを手に入れ、1993年以来毎夏をここで過ごすようになった。

これ迄30年をこえる ACP とのつき合いの間に、私は多くの得難い経験をした。パルサーの本体について Bethe らと論じた1969年の夏、また日本でスーパー神岡会議を終え ACP に直行した人たちが1998年6月のワークショップで行った熱気ある報告など、今もって心に残っている。しかしここでは、ACP とアスペン音楽祭・音楽院とが共同で行ったあるイベントについてお話ししよう。

1995年7月8日、音楽祭との共同企画で、ACP の Stephen Hawking 博士が自ら選曲を担当した‘特別コンサート’がひらかれた。博士は量子相対論的宇宙論の大家であるが、重度の身体障害の身をおしてしばしばアスペンを訪れ、ACP 活動のほかにアスペンインスティテュートでの一般講演もしておられた。彼はまた音楽にも造詣が深く、その翌年に竣工が予定されている ACP 本屋（スマートホール）建築費贖金のためにと、このイベントの実現にひとはだ脱いだ。

会場は大入り満員、Hawking 博士は各演奏曲ごとにステージに上り解説した。選ばれたのは、ワグナーの田園詩ジークフリート、モーツアルトのフルートとハーブのための協奏曲、ブラームスのバイオリン協奏曲であった。解説の中に次のくだりがあった：“モーツアルトの作品の中で300以下のケッヘル番号のものはお勧めできない。しかし多くの法則がそうであるように、この法則にも例外がある。そして‘フルートとハーブのための協奏曲’はその例外の一つである（ちなみにこの曲は K299）。”

車椅子上でパソコンの電子音声を操作し語りかける博士の姿は、正直のところ、音楽会固有のうきうきとした雰囲気とはややかけ離れたものであった。しかし、満場の聴衆は博士の“声”にしずかに耳をかたむけそして大きな拍手でこれに応えた。それは、音楽と ACP 本屋新築へむけられた Hawking 博士の情熱をアスペンの人々がしっかりと受け止めた証しであったものと、私は思っている。

今期の ACP サマープログラムは5月29日から9月10日までの予定である。参加科学者は常時80余名を数え、人により期間は異なるがおおむね2～5週間滞在する。ACP 活動は参加者相互の交流研鑽が中心であり、関連して週2～3回のセミナーと毎週火曜の夕刻に集うセンターピクニックがある。それらに加えて、約10件のワークショップがサマープログラムの間3～5週間単位で企画される。

私が着いた6月15日には「宇宙のダイナモ」ワークショップがたけなわであった。

銀河系や恒星系さらには太陽や地球の周辺では非常に強力な磁場が作り出され、その磁力線が天体やその大気（プラズマ）の動きと絡みあい、特異な振舞いとして

観測されることがしばしばある。太陽表面の黒点活動に伴う磁気嵐はその一例である。このワークショップは、各種の宇宙磁場現象の特徴を地上のプラズマ実験と対比して理解を深めようという壮大な視野のもとで企画された。在プリンストンのプラズマ物理学者山田雅章博士もこれに参加し、磁力線繋ぎ替えの物理機構を明かにする実験研究と今後の見通しを話していた。

シャハム一家

6月21日、私と家内はコンドミニウムの管理を担当している事務所を訪れ、二三の打ち合わせをしていた。そのとき一人の若者が事務所に入ってきた。私たちと顔を見合わせ、どちらからともなく「やあ、お久しぶりですね。お元気ですか」と、声をかけあった。

それは Gil Shaham である。Gil は30歳に満たない若さですでに‘Maestro’を冠せられる天才バイオリニストである。この数年毎夏アスペンで、またある年にはミュンヘン近郊グッハウでも、Gil の演奏を聴くことができた。今期の音楽祭では、6月25日の‘モーツアルト・マラソン’で、交響協奏曲嬰ホ長調を、Jaime Laredo（ビオラと指揮）と共演した。

Gil の父は高名な理論天体物理学者 Jacob Shaham で、私とシャハム一家とのつき合いは Jacob を通じて始まった。

1971年、私は東大からシカゴの南二百キロメートルのところにあるイリノイ大学に出張していた。この時イスラエルのヘブライ大学からイリノイ大学 David Pines 教授の許にポスドク（博士特別研究生）としてきたのが Jacob であり、Gil はその年イリノイ大学のある町アーバナで生まれた。Jacob は当時頻発した中東戦争についてイスラエルの立場を擁護する論陣を地元の新聞に張る熱烈な愛国者であった。そして2年のポスドク期間を終えた1973年、彼は数多のアメリカの大学の勧誘を退け、Gil を連れてイスラエルに帰った。

Jacob は、成長期に科学者の道を進むかバイオリニストになるかの判断を迫られたほど、音楽の才能にも恵まれていた。Gil はその才能を正確に受け継ぎ、イスラエルで7歳の時からバイオリニストの道を歩み始めた。1981年 Jacob はアメリカに渡りニューヨークにあるコロンビア大学に奉職した。これは Gil と4歳下の妹でピアニストを旨とする Orli の音楽教育のためでもあった。

アメリカでの Jacob は ACP サマープログラムの常連となった。Jacob を含む ACP 天体物理学者の関心事は‘X線星やガンマ線天体の発現機構’を明らかにすることであった。

星の進化の最終状態のひとつに‘中性子星’がある。この天体の平均密度は1立方センチメートルあたり一億トンを超えるものと推計される。そして、このとほうもなく高密度の中性子星が、高エネルギーの電磁波であるX線やガンマ線を放出する特異な天体の発現に直接の関わりがあると考えられている。Jacob らはこの関連を理論的に解明する課題に深く切り込み、いくつかの重要な学術上の貢献をした。

Gil はアスペン音楽院に通い、バイオリニスト育成の卓越した指導者である Dorothy DeLay の門下生となり、急速に成長した。そしてほどなく Gil の演奏はアスペン音楽祭のハイライトのひとつとなった。

1998年の夏、Gil はアスペン・チェンバー・シンフォニーをバックに、ベートーベンのバイオリン協奏曲をひいた。それは至高の演奏であり、満堂の聴衆を魅了した。コンサート終了後、私たちはステージ裏に Gil をたずね、賞賛の言葉をかけた。すると、Gil は静かに「これは偉大な音楽です (It's a great music.)」と答えた。私はこの言葉をきき「真理への畏敬」に通ずる求道者の謙虚さを感じた。そして、Gil は年若くして巨匠の域に達したと思った。

しかし残念なことに、その3年前の1995年4月20日、Jacob はコロンビア大学教授として円熟の期に52歳の若さでこの世を去った。その葬儀での Gil の演奏は列席者の心うつものであったと伝えられている。

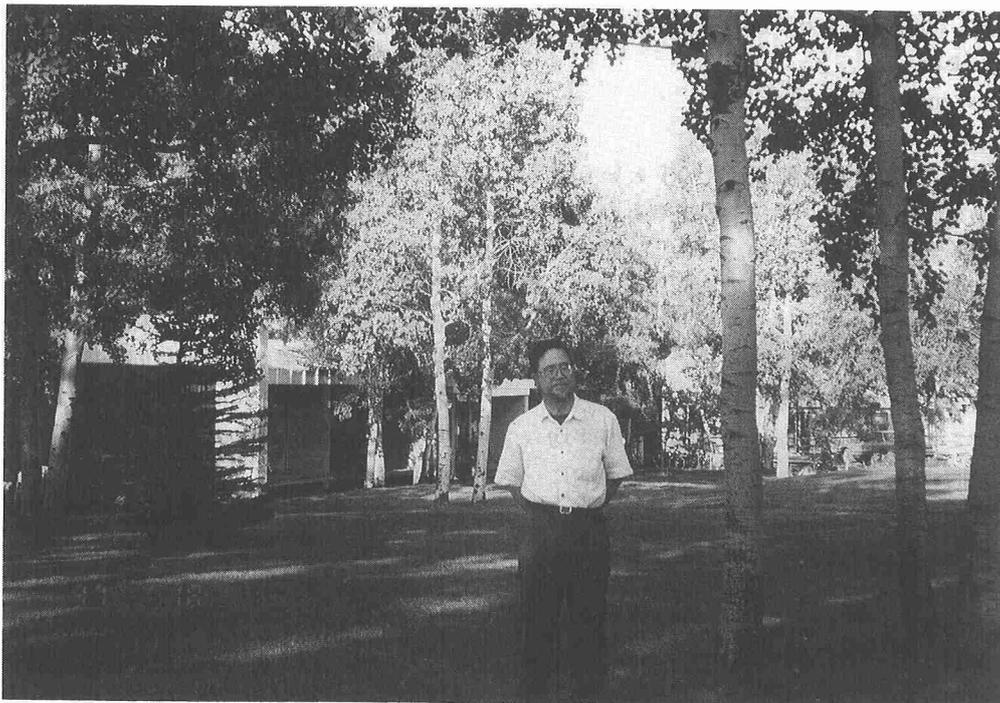
そして1996年8月13日、ACP とアスペン音楽祭・音楽院は合同で Jacob の追悼会を催した。そこでは、Jacob のよき指導者かつ同僚であった David Pines と Malvin A. Ruderman (コロンビア大学教授) が弔いの言葉を述べ、遺児の Gil と Orli がお別れの演奏をした。

#### エピローグ

7月2日、アメリカ独立記念日を2日後に控えた日曜日、Orli Shaham は David Robertson が指揮するアスペン・フェスティバル・オーケストラとともに、グリークのピアノ協奏曲イ短調を力強く演奏し、満場の感動をあつめた。それは、3～4年前アスペンで始めての Gil との共演でみせたややひ弱な感じとは全く異なり、ソリストとして立派に成長し自信に満ちた Orli の姿であった。

その数日後の7月6日、Orli は技巧のバイオリニスト Robert McDuffie と組んだ特別演奏会で、バッハ・リストのオルガンプレリュードとフーガ・イ短調をピアノ独奏した。私はこのときも同じ感を深くするとともに、Jacob があと数年生きながらえ、この Orli の姿を見ることができたらと、思わずにはいらなかった。

多くの人々の熱意と永い年月をかけてこの地で育まれた自由創造の気風は、これ迄述べたように、自然科学や人文科学さらには音楽に代表される芸術活動の間の垣根をも取り払った。シャハム一家の多彩な活動はこのアスペン文化の産物といっても過言ではない。しかも、これが珍しい例ではなく、むしろここではよく見聞きする話のようである。機会があればこれらについてもお便りしたいと思う。



(写真：アスペン物理学センターと筆者、1997年7月撮影)

## 東大の定年延長を考える

海野 和三郎 (名誉教授)

unno@parkcity.ne.jp

「東京大学の定年延長を危惧する」シンポジウム (世話人: 益田隆司他) が9月3日学士会館で開かれた。以下は、それに出席した私的な乾燥乃至見解の記録である。

シンポジウムの趣旨は、表題の通りであるが、出席者の殆どはその趣旨に賛成な任意参加者で、東大関係者とOBが目についた。趣旨説明の後、東大 (60歳) 定年制がどう始まったか (寺崎昌男) の紹介があり、60と65の違いがあるが、当時も同様な議論があり、noblesse oblige ともいえる正論が通って、結局は退職金の支給が妥協点となって決着したらしいことが推察された。

定年延長は、政府が定めた年金支給年齢が65歳になることがきっかけとなって起った問題であるが、大学としての最大の危惧は、平均年齢上昇による学問的活動力の低下である。具体的に議論となるのは、1) 大学としての意志決定の仕方、2) メリットとデメリットの評価、3) 制度改革、4) 機構改革、などである。また、それぞれに21世紀の危機に向かう東大の役割、日本の役割、時代的变化、国際的見地、人類的見地、などの視点があり、また精神論と実質論とが交錯する。

1) については、関心のある方は次の益田さんのメールをみて下さるとよい:

<http://www.masuda.cs.uec.ac.jp/~masuda/teinen-symposium.html>

2) については、「大学は養老院ではない」という言葉のように、活動力の低下がデメリットの主なものであることは、大正11年当時と変わらない。しかし、時代背景が当時よりは相当に変化しているのでそれを考慮する必要がある。第1は、富士山型乃至ピラミッド型の年齢分布が、少子化高齢化に伴って横幅が半分くらいに狭くなっていることと、平均寿命が10歳くらい上がって分布が縦に高くなったことである。大学人が一般職より平均的に少し加齢した時に適性があり、その役割が社会的に或いは国際的に要求されていること、よい人材を集めるために経済的に安定した職種であることも必要であることなどは、大正11年も今も本質的に違いはない。

従って、活動力の低下が絶対年齢による部分と相対年齢による部分とどちらかを重要視するかで、定年延長はメリットともなりデメリットともなり得る。蓮実総長の定年延長の提案の説明では、活動力が相対年齢によってきまるとする方に重みをつけたものと考えられる。まだ元気で有能な人を見境なく早々と退職させるのは損失であるということであろう。年齢分布の変化もさることながら、価値観多様化の時代変化からみた定年延長のメリットとデメリットを判断する必要がある。曰く生命科学の時代、数学情報科学の時代、エネルギー枯渇の時代、地

球環境の時代、エコエティカ、等等に対応しなければならない時に、定年延長などで新進気鋭の人材の登用を妨げて新時代の要請に対応できるのかという問題である。

その対応は、定年延長が主な関連項目という訳ではないが、悪い影響となることは否めず、定年延長を提案するなら機構改革と連動させての提案が必要である。広報室 (広報委員長: 大塚柳太郎) からの説明文にもそうした意味も読み取れなくはない。

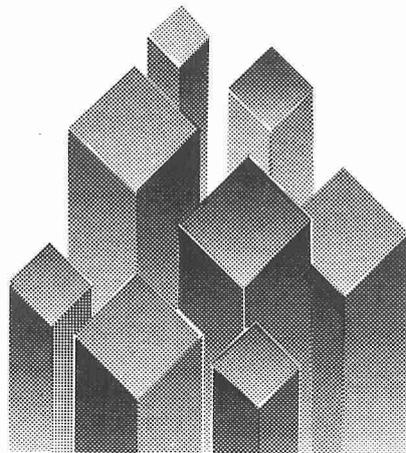
3) の制度改革の提案は、多岐にわたるが、また出尽くしてもいない。小林正彦副学長は、定年延長を問題とするより、任期制導入による制度改革で総括的に問題解決を計れということのようであった。ある部局ではすでに進行しておりその導入は制度的に問題ないという。大学の独立行政法人化への移行とも整合性があるようである。私は、学問創生に良い環境が重要であると思うので、独立法人化のデメリットは極めて大きいと感じており、任期制導入も賛成できないが、考慮すべき問題であり、大局観の優れた人が事にあたれば良い結果を出すことも可能かもしれない。ただし、一律の制度化は止めるべきであって、また、学内に反発と阿り、疑心暗鬼、南部対立などで精神的荒廃を招くことを予め防ぐ配慮が必要であろう。

一方、黒川清氏は、痛快ともいえる国立大学批判 (ただし、論文引用回数は所属コミュニティーの人数の二乗くらいに比例すると思うが、そのことがデータの解釈に入っていない) の後、その原因として縦社会の精神構造と客観的評価と競争原理の導入の不十分さを強調した。傾聴すべき意見であるが、小林副学長との論争にも拘わらず、両者の主張は大雑把に同一線上にあるように感じられた。いずれにしても、制度改革は定年延長問題の提起をきっかけにして、今後とも学内外の英知を結集して当たるべきであろう。

4) の機構改革は、この際東大の大学院大学として不可欠な発展を遂げるのに必要な改革と結合して、教官数に対する学生数の過大さの軽減と学位取得者の就職難緩和とリベラルアーツ教育の抜本的改善を教養大学の設立によって解決し、東大の長所を伸ばし短所を補うという考えである。教養大学構想については、「日本の高等教育を考える会」 (代表: 飯島宗一・西沢潤一) のホームページ: <http://nifty.ne.jp/EDUCATION> を見て頂きたいが、その理念は、2千年紀の地球規模の人類生存の危機に対処する科学技術の基礎的思想とそれを先導するリベラルアーツ教育を行う大学を設立する構想である。大学院定員の倍増が慢性的な教官数の不足を生み、助手定員の振り替えなどで講座制を見かけの上で保って

る現状では、大学院の活性化のために思い切った学部学生定員の削減が必要である。その削減された学生定員を教養大学に回せば、大学院大学と教養大学が学生定員の上で、お互いに有無相通ずることになる。60歳に達した大学院教官は、希望により教養大学教官となることが出来る。近頃定年に達した方々を見ると世界的な研究者として活力を保っている人が多く、よい環境と個人研究費を支給して学問発展に貢献させるのが何よりも必要なことである。また、学位を取りたての新進気鋭の若手を助手助教授に採用すれば、よい環境が彼等の能力を発展させるのに役立つであろう。何よりも経験豊富な斯界の権威と新進の若手のコンビが20歳前後の若者の教育に対しベストの陣容であると考えられる。

具体案は、東大の現役の方々が計画し、「日本の高等教育を考える会」を支援団体として世論や文部省などに働きかければ、すでに「高等教育を考える会」が基礎固めをしてきてあるので、実現の可能性は十分あるものと思われる。現役の諸氏の自覚と奮起を切に願って止まない。



## 東京大学名誉教授称号授与伝達式

平成12年5月16日付けで次の方々に東京大学名誉教授の称号が授与されました。

- |                     |                 |
|---------------------|-----------------|
| ◎ 島崎英彦(地質学)         | 国際協力事業団派遣専門家    |
| ◎ 益田隆司(情報科学)        | 電気通信大学教授        |
| ◎ 米倉伸之(地理学)         |                 |
| ◎ 田邊徹美(原子核科学研究センター) | 高エネルギー加速器研究機構教授 |
| ◎ 石原正泰(物理学)         | 理化学研究所          |
| ◎ 釜江常好(物理学)         | 広島大学教授          |

6月14日(水)に研究科長室において、東京大学名誉教授の称号を授与された上記の先生方(島崎、米倉、石原、釜江の4氏は都合により欠席)をお招きし、伝達式が行なわれた。

式終了後には上野東天紅に場所を移し、先生方を囲み、小間研究科長、濱野、佐藤両評議員、事務長、両補佐が出席し懇談会が催され、それぞれのご近状や思い出話などに和やかな一時を過ごされました。



## 理学系研究科長（理学部長）と理学部職員組合との交渉

2000年5月29日、7月4日に小間研究科長、植田事務長と理学部職員組合（理職）との間で定例研究科長交渉が行われた。主な内容は以下のとおりである。

### 1. 昇格改善等について

5月の交渉で理職は、昇格改善の要望は事務長折衝で別におこないたいと申し入れ、事務長の了解を得てその後行った。

7月の交渉で理職は、理学部における今年度昇格数（2000年4月1日付）を尋ねた。事務長は、行一4級以上は以下の15名であるが辞令はまだきていないと答えた。辞令は後日7月6日（木）に交付された。

技術職員

7級－3名、6級－2名、5級－1名、  
4級－0名

図書職員

6級－1名、5級－2名、4級－0名

事務職員

6級－2名、5級－2名、4級－2名

### 2. 勤勉手当について

7月の交渉で理職は、2000年6月期の勤勉手当の0.7ヶ月支給者の割合と原則を尋ねた。事務長は134名中27人、率にして20パーセントである、金額で割り当てがくるので、給与の高い人への割り当てが多い時は人数比率は下がる、また、定年退職者については考慮している、と答えた。

理職は、日々雇用職員については毎回0.6で固定となっている事情を尋ねた。事務長は正職員と違い校費での支給であり、単価は決められている、学部での努力だけではできない話だと答えた。理職は、正職員との格差で不利益を被っている事については、是正する道があれば考慮していただきたいと申し入れた。

### 3. 独立行政法人化問題について

5月の交渉で理職は、独立行政法人化問題をめぐる経過と東大の対応について尋ねた。研究科長は経過について、自民党麻生委員会案（3月30日）、自民党文教部の「提言」（5月9日）、自民党の政務調査会による「提言」の了承（5月11日）という状況の中で、文部省は「賢人会議」（メンバー：吉川弘之ほか）の意見聴取などを経て、5月26日に臨時学長会議を招集し、独立行政法人化の方針について説明をおこなった、と述べた。研究科長は、東大の「制度検討会」について、3月に設置されて以降既に10回程度会合をもっており、当初6月下

旬に「中間報告」をまとめる予定であったが、総長の意向により公表の時期が早まる可能性がある、との見通しを述べた。

理職は、自民党の「提言」では、麻生委員会の案が「行革会議」の意向を受けて大きく改変されていること、文部省の説明は大学側が問題としてきた様々な点について明確に答えていない事を指摘し、独立行政法人化へ向けて危ないレールが敷かれたとの強い懸念を表明した。

研究科長は、一政党の「提言」を議論の出発点にすべきでないとの考えを述べた。その上で、「提言」が学長選出をはじめとする大学の管理運営に対する国の関与を再三にわたり強調していることに触れ、短期の評価に基づいて大学の予算が左右されることは学問の自由の観点からみて問題であり、特別会計の仕組みは守るべきだと述べた。また文部省の説明に関して、具体性がないこと、予算の保障について触れていないこと、教職員の身分について触れていないこと、等の問題をあげた。

理職は国大協の対応を尋ねた。研究科長は、6月13日から国大協の総会があるが、選挙前の段階では固定的な方針は出さない意向のようだと言った。

理職は、教職員の身分についての議論がおこなわれているかを尋ねた。研究科長は、東大の「制度検討会」では教官が非公務員、職員が公務員というケースが議論されたが、教官と職員を別々の身分にするのは無理があるようだと言った。また、文部省の説明では公務員型か非公務員型かははっきりとは述べられていないが、非公務員型にはならないのではないかと見通しを述べた。

7月の交渉で理職は、東大の「制度研究会」等のその後の動きについて尋ねた。研究科長は、「制度研究会」の報告書の骨子が学部長会議で紹介されたが、理念の問題や学長選挙に関する記述などに対して多くの異論が出されており、公表までには時間がかかるのではないかと見通しを述べた。（その後中間報告は7月10日に提出された。）

理職は、特に学長選挙に関して、学内での信任を得てこそきちんとした運営ができること、しかし現在の東大の総長選挙では、候補者の政策が必ずしも明らかでない等、改善されるべき点があると指摘した。研究科長は第一の点に関して同意し、第二の点に関しては、総長選挙の時期を早めにする、公示から選挙までの期間を長くする等の改善がなされる予定になっていると述べた。

理職は文部省の今後の動きについて尋ねた。研究科長は、文部省は早ければ2001年4月～7月頃を目処に法律

の骨子を固めたい意向で、文部大臣の諮問機関として「調査検討会議」を設置する事を決めた、と述べた。「調査検討会議」は、制度、人事、財政、評価の4つのグループからなり、各グループ15人、計60人程度である。研究科長は、国大協の動きについて、通則法ではダメだとの認識が関係者より得られたとの判断に基づき、「調査検討会議」に積極的に参加することを決めるとともに、国大協内部にも「設置形態検討委員会」を作り独自に検討を進めることになったと述べた。研究科長は、全国で一律の法律でいくこと、「通則法のスキームを取り入れつつ、通則法と対等な自己完結的な単行法」を作る、という二本を基本に考えられているようだと述べた。

理職は、独立行政法人化の問題はそもそもが行財政のスリム化を目的とした行政改革に端を発していること、国大協の中にもいくつかの大学から反対の声があがっていたこと、通則法ではいけないということが確約されておらず今後「行革会議」の押しもどしも考えられることを指摘し、「調査検討会議」への積極的な参加は危険な選択ではないかとの強い懸念を表明した。その上で理職は、国大協は法人化の路線に乗ったということかと尋ねた。研究科長は、今まで独立行政法人化に強く反対する意見があったのは確かだが、検討会への参加に対してはやみくもに反対することはしないということで、国大協総会で参加方針を決めたのだと思うと述べ、今後の推移は力関係で決まる面があると思うと述べた。

理職は、職員の身分の問題ひとつとっても明らかでなく今後も厳しさが充分予測される、組合は今後も反対の立場を貫いていくと述べ、新しい情報等がはいったら伝えてほしいと要望した。

#### 4. その他

##### (1) 理学部1号館二期工事について

5月の交渉で理職は、1号館の二期工事について尋ねた。研究科長は、もともと理学部からは第一希望で出しているもので、先頃東大から高位で出すことになったと話があり、作業を急いでいると答えた。理職は、二期工事の該当部分に職員休養室があり、新しい建物にも確保していただきたい、また中央事務や職員の事に関しては後回しにされないように承知しておいてほしいと要望した。

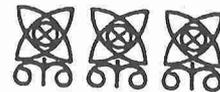
##### (2) 学内広報について

7月の交渉で理職は、広報委員会が学内広報の配布部数を減らし、基本的にホームページからダウンロードして見るやりかたに切り替えたことにより、学内広報が教職員の手元に届かなくなった問題をとりあげた。理職は各人がダウンロードしてプリントアウトするのは大変な手間であり、字も見づらい事を指摘し、学内広報は学内の情報源として重要なので配布してほしいと要望した。研究科長は、広報委員会が学内広報の部数を減らしたの

は、「淡青」という学外向け広報誌の発行によって印刷費がかさんだからだと思うが、学内広報は大事な情報源でもあるので改善を要望していきたいと答えた。

##### (3) 校費削減問題について

理職は7月の交渉で昨年度まで配分されていた「教育研究特別経費」が今年度は全く配分されず、各大学で大問題になっている件で、東大の状況について尋ねた。研究科長は、東大でも同様で、全体で約3億円、理学系で5800万円の減少（1小講座あたり50万円の減少に相当）であることを明らかにした。理学系の場合、大学院重点化により約1億増えた分を従来共通経費として使っていたが、今年度はそれを回すことにより、結果的に昨年並みの配分になると思うと答えた。理職は、大変重要な問題である、文部省に対して法人化先取りの重点配分かとの批判が強い、と述べた。研究科長は、法人化に関しては大きな誤解があり、法人化されたとしても、国は設置者なのだから、当然基本経費にあたる部分を維持する義務があるということは今後も強く主張していきたいと答えた。



## 人事異動報告

## (講師以上)

所属	官職	氏名	発令年月日	異動内容	備考
生 科	教授	渡 邊 昭	12. 5. 22	死 亡	
地 惑	〃	多 田 隆 治	12. 6. 16	昇 任	助教授より
〃	〃	浦 辺 徹 郎	12. 7. 1	転 任	工業技術院より

## (助 手)

所属	官職	氏名	発令年月日	異動内容	備考
物 理	助手	伊 倉 貞 吉	12. 6. 8	復 職	
〃	〃	今 村 洋 介	12. 7. 1	採 用	
原 子 核	〃	小 沢 恭 一 郎	〃	〃	
地 惑	〃	北 和 之	〃	配 置 換	東大先端研へ
物 理	〃	河 邊 径 太	12. 7. 5	休職更新	13.7.4まで
〃	〃	伊 倉 貞 吉	12. 7. 31	辞 職	
化 学	〃	此 木 敬 一	12. 8. 1	休 職	13.6.30まで
ビックバン	〃	山 田 章 一	12. 8. 16	昇 任	大阪大助教授へ
物 理	〃	白 水 徹 也	12. 8. 29	復 職	
〃	〃	松 原 隆 彦	12. 9. 1	〃	
〃	〃	田 代 信	〃	昇 任	埼玉大助教授へ
地 惑	〃	高 木 征 弘	〃	採 用	
化 学	〃	ピュールマン フィリップ ピエール ジョセフ	12. 9. 13	辞 職	
物 理	〃	松 原 隆 彦	12. 9. 16	昇 任	名古屋大助教授へ

## (併 任)

所属	官職	氏名	発令年月日	異動内容	備考
地 惑	教授	井 田 喜 明	12. 6. 16	併 任	本務：地震研究所

## (職 員)

所属	官職	氏名	発令年月日	異動内容	備考
事 務 部	用度掛主任	木 村 保	12. 6. 1	昇 任	国立科学博物館へ

## 博士（理学）学位授与者

### 平成12年4月10日付学位授与者（8名）

種別	専攻	申請者名	論文題目
課程博士	情報科学	鵜坂 智則	マルチサーバアーキテクチャによる分散仮想博物館のためのマルチユーザ仮想環境システム
〃	生物化学	廣中 克典	グルタミン酸受容体 $\delta 2$ のシグナル伝達系の解析
論文博士	情報科学	久光 徹	低レベル文脈情報を用いた日本語局所構造解析
〃	地球惑星科学	米村 正一郎	大気圏と生物圏の間の一酸化炭素と水素の交換過程に関する研究
〃	〃	勝間田 明男	日本およびその周辺で発生する地震のマグニチュード決定法の見直し
〃	化学	雨宮 健太	軟X線分光器の開発およびその表面化学、表面磁性研究への応用
〃	〃	木口 学	表面、界面における化学結合の EXAFS による研究
〃	〃	鈴木 秀士	走査トンネル顕微鏡による $\text{TiO}_2(110)$ 単結晶表面の原子・分子及び動的化学過程のその場観察

### 平成12年5月22日付学位授与者（3名）

種別	専攻	申請者名	論文題目
論文博士	物理学	長谷川 太郎	レーザー冷却・共同冷却された rf トラップ中のイオンの運動
〃	地球惑星科学	ネマリカンティ・プルナチャンドラ・ラオ	インドプレートの境界地域および安定大陸地域におけるアクティブテクトニクス
〃	生物化学	白田 佳弘	Exiguobacterium 属におけるグアノシンキナーゼの同定とその酵素学的及び分子生物学的研究

### 平成12年6月26日付学位授与者（5名）

種別	専攻	申請者名	論文題目
課程博士	物理学	平井 正明	クーロン分解反応による太陽エネルギー領域での放射捕獲反応 ${}^7\text{Be}(p,\gamma)^8$ の研究
〃	天文学	友野 大悟	すばる望遠鏡用中間赤外線撮像装置 MIRTOS の製作とその初期成果
〃	化学	松村 尚	液体表面の溶媒和構造とリュードベリ分子の解離反応
論文博士	情報科学	鳥澤 健太郎	主辞駆動句構造文法による実用的なテキストの解析にむけて
〃	物理学	斎藤 晴雄	低温で照射された酸化物微粒子集合体中のポジトロニウムの研究

### 平成12年7月10日付学位授与者（1名）

種別	専攻	申請者名	論文題目
論文博士	生物科学	中村 哲夫	ナイーブ CD4 陽性 T 細胞の初期分化および、Th1 細胞と Th2 細胞の可変性について

### 平成12年7月31日付学位授与者（1名）

種別	専攻	申請者名	論文題目
課程博士	物理学	野村 泰紀	超対称標準模型におけるフレーバーを変える中性カレント問題の一つの解法

---

編集 : 杉浦直治 (地球惑星科学専攻) 内線 2 4 3 0 7  
sugiura@eps.s.u-tokyo.ac.jp  
西田生郎 (生物科学専攻) 2 4 4 7 6  
nishida@biol.s.u-tokyo.ac.jp  
小林直樹 (情報科学専攻) 2 4 0 9 4  
koba@is.s.u-tokyo.ac.jp  
佐々木 晶 (地球惑星科学専攻) 2 4 5 1 1  
sho@eps.s.u-tokyo.ac.jp  
牧島一夫 (物理学専攻) 2 4 1 7 1  
maxima@phys.s.u-tokyo.ac.jp  
館野照政 (庶務掛) 2 4 0 0 5  
tateno@adm.s.u-tokyo.ac.jp

印刷.....三鈴印刷株式会社

---