

東京大学

大学院理学系研究科・理学部

廣報



表紙の説明

雲のダイナミックスとリアルな光学的効果の表現

この表紙は実際の写真と思われるでしょうか？ これは仮想的（バーチャル）な自然景観である。

コンピュータグラフィックス（以下CG）の研究は1960年代前半から始まり35年以上が過ぎた。CGは当初3次元物体の隠面消去や各種表示技法を含む画像の生成法の研究が主であったが、CADシステムへの応用、科学計算結果のビジュアライゼーション、医療への応用、バーチャルリアリティ、ハリウッドの映画で代表されるエンターテインメント分野への応用と多岐に亘り応用されるようになってきた。このように、CGは様々な分野に用いられるようになっており、リアルな画像の追求は留まるところを知らない。

CGで表示対象とするものは、主として自然物や人工物がある。リアルな画像を得るには、人工物の場合には高精度の形状表現、忠実な面の陰影表示が不可欠である。自然物に関してリアルな画像を得るには、形状・ダイナミックス、光学的特性が重要である。自然物を表示する試みは1984年ころから始まり、当初は地形をフラクタルで表現することが行われ、簡単な雲や海の表示も行われるようになってきた。自然物は、そのものの表示のみでなく、建築物などの環境として意味をもつ。すなわち、背景になる空の色、雲、建物を照らす天空光の色、霞の効果などを無視できない。さらに、水の色、煙、雪とさまざまな自然現象も重要な役割をはたす。これらは大気や水中などの粒子による光の散乱・吸収効果によるものである。散乱特性は粒子の大きさに依存する。粒径の小さいものはレーリー散乱、大きいものはミー散乱理論に準じた特性を示す。こうした散乱特性のみでなく、粒子間の多重散乱、他の物体（地表、海面など）からの反射光、天空光の影響など、種々の光学的効果を効慮する必要がある。

表紙は、雲のアニメーションの1シーンであるが、これは3つの要素からなる。雲の形状とダイナミックスはセルオートマトンを利用し雲の生成・消滅をシミュレーションしている。雲の色は、雲の粒子による光の散乱・吸収を考慮している。また、雲の隙間からの光跡は大気中の粒子の散乱光を計算した。さらに計算を高速にするためグラフィックスハードウェアを駆使してパソコンですら数秒で処理可能とする方法を開発した。なお、この方法はCG分野で最も権威ある学会SIGGRAPH2000において発表（北海道大学 土橋助教授らと共同研究）したものである。

西田友是 (情報科学科)
nis@is.s.u-tokyo.ac.jp

目 次

表紙 [雪のダイナミクスとリアルな光学的効果の表現]

表紙の説明	2
《退官者の挨拶・退官者を送る》	
学部教育を考える	壽榮松宏仁 4
壽榮松先生を送る	樽茶 清悟 5
この13年は何であったか	石川 統 6
石川統先生を送る	藤原 晴彦 8
定年退官に際して思う、40年の研究生活のこと	塩川光一郎 9
塩川光一郎先生を送る	深町 博史 12
35年の研究を振り返って－生命を電子で見る－	若林 健之 13
若林先生を送る	桑島 邦博 15
－理学部での日々－	土肥 絢子 16
土肥絢子さんを送る	ゲラー・ロバート 17
退官にあたって	吉田 榮 18
吉田さん退官によせて	植田 榮司 19
《研究紹介》	
モンスターの数学	松尾 厚 20
量子コンピュータ・量子通信の研究－量子情報科学へ	今井 浩 22
クォークの色を観る	初田 哲男 23
原子核の魔法数と中性子過剰核の核分光	櫻井 博儀 25
海洋深層における鉛直乱流拡散率のグローバルな時空間分布の解明に向けて	日比谷紀之 26
巻貝の殻はいかにして巻くか	遠藤 一佳 28
生きた細胞内のサイクリックGMPを見る	佐藤 守俊、梅澤 喜夫 29
強光子場中の分子ダイナミクス研究の新展開：	
タンDEM型質量分析法によるアプローチ	山内 薫 30
大腸菌の酸素非感受性ニトロ還元酵素	善野 修平 32
《その他》	
理学系研究科長（理学部長）と理学部職員組合との交渉	34
人事異動報告	37
博士（理学）学位授与者	38
編集後記	39

学部教育を考える



壽榮松 宏 仁 (前理学系研究科長)

これは、退官にあたっての自戒の念とお考えいただきたい。

今年、最後の半年間、理学部物理学科3年生を対象とする少人数クラス「物理学セミナー」を開講しました。受講者は6人でしたが、大変印象深い講義でありました。彼等がイニシアチブを取るように、それぞれ自分で選んだ最新の論文を中心にチューターを受け持ち、互いに議論する方式をとりましたが、彼等は、詳細な予習をし、学生間の議論も通常の講義より遥かに活発であったからです。彼等が、この学習から、最先端研究の内容を知る事より、これらの研究を理解するためには基礎科目や系統的な学習が重要であることを認識し始めたのではないかと、すなわち、学部教育カリキュラムに対するMotivationを学んでくれたかな、と考えています。この経験は、一方で、少人数教育の重要性を私に教えてくれました。毎週2時間たらず、学生と教官、学生と学生がFace-to-faceで議論することは、彼等にとって得難い機会であった様に思われます。因に、半年間に欠席者はいませんでした。

物理学科は、3年生から既に大教室授業となっており、学生と教官の接触は極めて限られています。さらに、教養学部での大人数教育は、学生に学問への動機と意欲を失わせるに十分粗悪な状況であると言えます。昨今の学生の能力や意識の急激な変化を考慮する事も必要ですが、

従来からの学部教育のシステム自身も再考すべき重要な事項であるように思います。

このような状況は、学部教育のシステムにも問題がありますが、大きくは、我々教官と学生諸君との接触の少なさに起因しています。最近の我々の忙しさは狂気に近いと言えます。「忙しさ」の大きな原因は、極言すれば、「研究」およびこれに関する雑務に支払う時間の肥大化であります(もっとも、幾多の入学試験、事務機構の非コンピューターシステムと不合理性等々、原因を挙げる事はできますが、我々理学系研究科の場合、それらは副次的であると思います)。

これは、我々が教官としての研究と教育のバランスを崩しつつある、即ち、大学の使命は高等教育と言いつつ、研究偏重になっていると考えざるを得ません。研究費獲得のために多くの研究会や国際会議に出席し、研究費を得られれば得られたで、さらにあまたの報告会、報告書が求められることとなります。「研究」の大学院学生の教育での必要性は認めますが、研究偏重は、学部教育の空洞化をもたらす一方で、大学が安い人件費を使った「研究請け負い業」と化す危険を孕んでいます。

かつて、吉川弘之総長は「時間の劣化」を改善すべき、と警鐘を鳴らされました。当時、私は「また妙な造語を創造された」と思っていました。時間が劣化するのではなく、忙しさによって「教育研究の内容そのものが劣化する」と解釈すれば理解できます。今、「劣化」の一端を辿っていると聞いていいでしょう。

基本に立ち戻って努力すべきであったと反省しきりの日々です。ご同心の士のお目にとまれば幸いです。

この14年間、好き勝手な事を言い、やらせていただいた理学系研究科のすべての方々に厚くお礼申し上げます。大学を取り巻く状況は全く楽観できません。皆様の英知に大いに期待しております。

壽榮松先生を送る

樽 茶 清 悟 (物理専攻)
tarucha@phys.s.u-tokyo.ac.jp

壽榮松先生は、京都大学工学部をご卒業後、同大学大学院工学研究科の修士過程、東京工業大学大学院理工学研究科の博士過程へと進まれ、1968年に理学博士号を取得されました。本学物性研究所の助手を勤められた後、1978年に筑波大学に移られ、物質工学系研究科の助教授、教授を歴任された後、1987年に本学の教授として赴任されました。先生は、物性研究所の頃、黒鉛化合物の研究を始められて以来、フラレン化合物、カーボンナノチューブと長らくカーボンとつき合って来られました。この材料系は次々と新しい物性現象が発見されるなど、現在も活発に研究が進められています。先生はその研究の第一人者であり、材料の魅力をも最も熟知して居られる存在です。

壽榮松先生の研究をふり返ってみますと、まず、物性研究所時代から金属、半金属のサイクロトロン共鳴実験のパイオニアとして活躍され、黒鉛化合物、鉛、砒素などの電子構造を厳密に決定されました。筑波大学の頃には、黒鉛層間化合物のステージ構造のその場観察に成功され、それを基に層間化合物に特有の長距離秩序性の起源を解き明かされました。本学に移られてからは、黒鉛やBN上に吸着した酸素などの単分子層の構造と物性の研究に着手され、非常に困難とされていた純粋な1次元、2次元スピンの実験的アプローチに成功されました。さらに、フラレン化合物とカーボンナノチューブにおける物質探索とその特異な構造相転移、電子構造および磁気的性質の研究を進められました。フラレン化合物とカーボンナノチューブは、低次元物性の研究対象として、また将来のナノサイエンスを担う材料系として各国で盛んに研究が進められています。壽榮松先生は我が国における研究の牽引者として、基礎物性の探究だけでなく、応用につながる研究にも大きな足跡を残されました。フラレン関連物質においては、フラレン殻の中に金属が含まれているといわれていた金属内包フラレンの金属内包構造やそれが示す新奇な相転移の特徴をX線回折法で捉えるという先駆的な研究をされました。また、巨大磁気抵抗を示すフラレン化合物の発見、理論的に予測されていたカーボンナノチューブにおける磁気量子伝導の実験的検証などの業績をあげられました。以上のような御業績の多くは、壽榮松先生の卓抜した測定技術に端を発していますが、それだけでなく、先生は試料作製にも腕を揮われました。例えば、世界最高品質の黒鉛は先生が所有されていて、現在でも内外の研究者に試料を提供されているということです。最高級の試料を作るには、相当の労力が必要ですが、これは恐らく先生の物質に対

する御愛着の深さに因るものだと思います。以前、アルカリ金属を層間物質に使うと色が変わる黒鉛化合物を開発されたというお話を伺った折、金色に輝く化合物を指して、これは錬金術だといって笑って居られる御様子は、本当に楽しそうでした。

日頃の研究においては、材料の構造を正確に決定し、それを基に様々な性質を理解するという姿勢を常に大切にしておられたと思います。これは、私達が、ややもすると新奇な側面の研究にのみ目を向けがちなことに対して、材料の本質を正しく理解することの大切さを教えて戴いているように思います。また、学生教育にも格別の熱意を注がれ、御自身の研究室の学生からは、「よく叱られたけれどもその中に優しさが感じられ、叱られると却って安心感があった」という話を聞いています。また、授業では、学生が少しでも体感的に理解できるようにと、身近な模型を使って固体物理の問題を分かり易く説明されていました。先生の授業は学生に人気がありましたが、それも頷けようというものです。

壽榮松先生の学会や学術行政でのご活躍としては、日本物理学会を中心に理事を歴任し、学会での分子性結晶を中心とする物性物理学の発展に貢献されました。国際会議に関しても数多くの会議の委員として運営に携われたことは言うまでもありませんが、とくに1985年につくば市で開催された黒鉛層間化合物に関する国際シンポジウム (ISIC) では、運営の中心人物として御活躍され、会議を成功に導かれました。この他、高エネルギー加速器研究機構の設立に御尽力され、同機構物質構造科学研究所運営協議会副会長として我が国の物質科学の発展に貢献されました。一方、学内では、理学系研究科長、建物委員長、物理学専攻長として本学の運営の重責を担われ、とくに、新領域創成科学研究科の設立と高輝度放射光計画の推進に御尽力されました。また、理学部新1号館建設、付属原子核科学研究センターの設立など、幾多の計画の立案と推進に貢献されました。

先生は筑波大学に居られた頃から自転車ですべての遠出をしたり、霞ヶ浦や三浦半島などでカヌーを楽しむのが趣味だと伺っています。研究科長や専攻長などの多忙な日々の頃には、とりわけ、カヌーの上で自分の空間に浸るのが楽しみだったそうです。この4月からは、休む間もなく西播磨のSPring-8の高輝度放射光研究施設に移られるそうですが、今度は瀬戸内海沿岸の波の静かな入り江にカヌーを漕ぎ出して、更なる御活躍のための鋭気を養って戴きたいと思います。

この13年は何であったか



石川 統 (生物科学専攻)

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

ジョン・F・ケネディは大統領就任演説で「国が何をしてくれるかよりも、国に対して何ができるかを考えよう」とのべたそうですが、もし日本の政治家がこんなことを言ったら、たちまち袋叩きに合ったことでしょう。私もこの言葉には深い違和感を覚えます。自ら希望して市民権を得た国民が少ないアメリカと、そうでない日本の風土の違いなのでしょう。国家と大学は違います。しかし、ほぼ30年にわたって東京大学の禄を食んだ人間、しかも、紛れもなく自らの意思によってそこに居続けた人間にとっては、ケネディの言葉は自分がこの大学にとって何であったのかを省みるきっかけにはなりません。

東京大学は私に何をしてくれたか。少々狭かったり、汚かったりはしましたが、何よりも優れた先輩、同僚、後輩、そして学生たちに恵まれました。その意味では感謝の一語に尽きます。やはり、私が東京大学に対して何をなしたかの方に問題がありそうです。理学部・理学系研究科における13年間、まずまず平均程度には諸役を勤めたと自分では思っています。多分、この点では私も辛うじて合格点を貰えることでしょう。ただし、このようないわば「雑用」は、順番でもありますし、私がいなければ必ず誰かもっと有能な人が、もっと要領よくこなしたことでしょうから、とても貢献などといえる代物ではありません。せいぜい、無難にこなしてあまり迷惑は掛けなかったという程度でしょう。

ただし、この点でも少しだけは貢献できるチャンスがあったはずだと、心残りのことが1つだけあります。それは生物学科の一体化の問題です。生物学関連の動物学、植物学、人類学の3教室はそれぞれ独自の長い歴史を背負って今日に至っています。そのため、平成7年に新設の進化多様性生物学講座を加えて生物科学専攻が発足するまで、大学院レベルはそれぞれ独立の専攻として運営されていました。学部においては、それ以前から形式的には生物学科の枠にくくられていましたが、実質的にはこれも別々の3学科というべき状態の運営で現在に到っています。しかし、いかに伝統とはいえ、このように実験材料を基準とした細分化状態を何時までも放置するこ

とは、日進月歩の生物科学の現状を考えれば怠慢というしかありません。和は homogeneity にあるとしても、活力は heterogeneity の中にこそ生まれます。とくに、駒場から進学してきたばかりの学生を、たちまち狭い枠の中に囲い込む教育には百害あって一利なしとしかいいようがありません。それよりも、生物科学全体を見渡す広い視野を与えることの方が、将来どの分野を選ぶにしてもどれほどプラスになるかはいうまでもないでしょう。生物科学専攻の発足は、学部教育をこのような展望のもとに改革する絶好のチャンスでした。それなのになぜ、私が学科長の間でそれを現実のものにできなかったか、せめて端緒ぐらいはつかめなかったのか。これは私にとって大きな心残りです。もちろん、絵に描いたようなセクショナリズムからの反対もありましたし、実習をどうするかという技術的問題もたしかにありました。しかし、もう少しねばり強く理を訴えれば必ず同意は得られたでしょうし、技術的問題にも打開策はあったはずだと、自らの怠慢を今になって悔やんでいます。とはいっても、時代は逆には動かないことも私は信じています。今後10年か、15年のうちには生物学科の一体化はもとより、生物化学科との統合も実現し、ミクロからマクロまで、多面的かつ多元的な生物科学の学部教育がなされるようになっていくことでしょう。逆にいえば、万一そうならないければ、その頃わが古巣では閑古鳥がべんべん草をついばんでいるのではないかと心配になります。

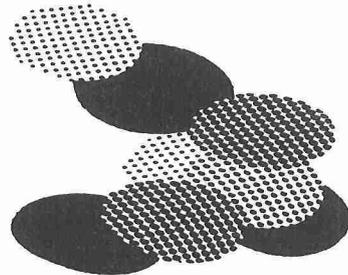
このようなことを思い返していると、われわれが大学に対してなすことのできる貢献とは、やはり教育と研究を通じてしかないという気になります。これについては、14年近く前、現在の教授職に応募したとき書いた自らの抱負を若干の反省とともに思い返さざるをえません。「勤勉な学生よりは、むしろ自由な発想のできる学生を育てたい」という考えは今も間違っていたとは思いませんが、問題はそれが往々にして放任へと流れてしまったことです。このためにたくさんの学生をつぶしたとまでは自虐的になりたくありませんが、別の指導者を得ればもっと伸びたであろう学生も何人かいたことは否定できません。教育はやはりそれぞれの学生(大学院生)の資質に即して行うべきであり、自らの価値観はあくまでも自らにとどめるべきだったのでしょう。これを考えると、教育における大学への貢献度という点では、私のスコアは合格点に届きそうにありません。研究の面では、これよりは少しましであったように思います。しかし、それとて、しのぎを削る競争に打ち勝って、東京大学の名を高からしめたという類のものではありません。ですから、私の研究は貢献などというのではなく、優秀なスタッ

フと大学院生、つまり東京大学に支えられて初めて可能となったものです。貢献を受けたのはもちろん私の側です。

最後に少しだけ、私の使ってきた実験材料の話を書かせてください。何の因果か、私はこの30年近く、ほとんど東京大学に在職の全期間を通じてアブラムシ(アリマキ)にとりつかれていました。そのあおりで、スタッフや大部分の院生まで、この変な昆虫につきあわせることになってしまいました。同じ昆虫でもショウジョウバエのようにエレガントな(?)虫ならよかったのにと、まことに申し訳なく思います。しかし、私がショウジョウバエのように誰もが使う材料ではなく、アブラムシに惹かれたのは天の邪鬼だったからばかりではありません。特異な生殖様式による爆発的増殖力、寄主植物、天敵、アリ、共生微生物、ウイルスなどとの多面的な相互作用、多型性、そして社会性と、ミクロからマクロまで、生物科学のほとんどあらゆる分野の研究テーマを提供してくれる

のが、この昆虫です。むかし、昆虫学の泰斗 Wigglesworth は「昆虫の中にはすべての生理学がある」と言いましたが、アブラムシにはそれどころか、「すべての生物学がある」のかもしれませんが。それを考えると、私などは彼らと30年つきあっても、「共生微生物」のページを少し覗かせてもらっただけです。七たび生まれ変わってアブラムシを研究しても、とても彼らの全貌には迫れそうにありません。そんなことを言うと、悪友の1人は必ず言い返します。「それより前に、お前がアブラムシになっているぞ」と。

総じてたのしい13年でしたが、そこここに幾ばくかの悔いも残しました。たのしさは何時までも懐かしむとしても、誰かの言葉にあったように、「昨日の悔いの1つ1つを撃ち殺して、時間のように明日へ走るのだ」というのが今の偽らざる私の心境です。どうも長いことお世話になりました。



石川統先生を送る

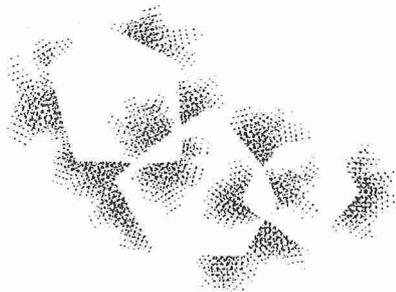
藤原晴彦 (新領域創成科学研究科)
haruh@k.u-tokyo.ac.jp

石川統先生を語るのに忘れてはならないのは、金曜日の夜のビールです。毎週金曜日になると学生、近隣の教官、飛び入りの卒業生、遠来の客などを交え、世間話から研究談義までありとあらゆる話題で深夜まで飲み明かすのが恒例の行事なのです。このときほど、石川先生が至福の表情を垣間見せる瞬間はないかもしれません？ご覧になったことのない方は、是非一度金曜日の夜に（残念ながらもうその時間がありませんが）研究室を訪ねてみてください。ビールを飲むのを忘れるほどの美人でなければ大歓迎されるでしょう。幸いなことにそのような美人が来たことはありません。このときよく話題にのぼるのは、アメリカでの自動車の運転（特に西海岸）がいかに楽しいかということです。かつて大学院を出てまもなくご夫妻で渡米され、数年を過ごしたオレゴンの生活がよほど楽しいものだったのか、アメリカで国際学会があるたびにドライブを楽しむ、これがおそらくビールの次に至福の時間ということのようです。果たしてビールが好きなのか、それとも多くの人と飲み明かすのが好きなのか？いずれにしても4月からこの行事がどのように継続されるのか気にかかることではあります。

しかし、石川先生にとって、何よりの至福の時、というよりも興奮の時は、あまり人の考えもしなかったアイデアなり結果に行き当たった瞬間でしょう。この場合は当然、ビールの席での話題の多くを占めることになり、また研究室でのセミナーの活気もいやが上にも高まります。仮にそのアイデアが本物となるかどうかは別にして、常に新たなアイデアを携えていることが、先生の研究の大きな motive force になってきたことは間違いありません。研究に関して言えば、先生は人のまね（これは単

なるまねというよりは、多くの人がおこなっていたり、着目している研究という意味まで含めてですが）というのが特にきらいです。昆虫という素材はただでさえあまり世間の注目を集めませんが、その中でもアブラムシ（アリマキ）という素材にこれほどこだわり、また研究を深めた研究者は少ないでしょう。その興味のあるのは、アブラムシの腹部の細胞の中に存在するプフネラという細菌が、宿主のアブラムシとどのようにして共生関係を結んでいるのかということです。先生の研究は次々に裾野を広げ、数多くの大学院生が研究に携わり、今や“共生”は生物の中でも大きな一分野に発展しました。筆者が大学院生であった20年ほど前には想像もつかなかったことです。特に、昨年はこの共生細菌のゲノムの全塩基配列が解読されるという快挙が石川研究室でなされました。このような研究はつい数年前まではとてもできるとは思えませんでしたから、先生御自身もここまでの発展は予想していなかったのではないのでしょうか？現在、最も先端的なバイオインフォマティクス研究の中でも、様々な宝物が隠されている共生細菌のゲノムが投げかけたインパクトは非常に大きいものです。石川先生は、最近になりしばらく休めていた手に試験管（最近プラスチック製のチューブですが）を持ち、自ら実験を始めました。もちろん、全ゲノムの解読は研究の完成を意味するのではなく、大いなるスタートを意味するからです。

石川先生の今後の研究のますますの発展とご活躍をお祈りすると共に、共生微生物に隠された宝物をさかんにビールで祝杯をあげることを皆心待ちにしております。



定年退官に際して思う、40年の研究生活のこと



塩川 光一郎 (生物科学専攻)
xlshioka@biol.s.u-tokyo.ac.jp

60才という定年の年になって改めて思い返しますと、私の研究生活は、いつも苦労はあったと思いますが、結局のところ、まわりの皆さんのおかげで、ずいぶんと恵まれた、大変有難い時間の連続であったと思います。私の場合、九州大学大学院の2年プラス3年、プラス奨励研究員の1年、大阪の武田薬品での3年、ニューヨークの血液センター研究所での2年、九大の助手の7年プラス助教授の8年、それに、今回まもなくそれを終える東大での教授の12年、という経過でした。なにはさておいても、合計40年間というこの長い間に会うことのできた、得難き師、先輩、友、後輩、そして、多くの学生諸君に、深く感謝したいと思います。

私は、九大の学部学生時代に、動物の発生・分化の、特に初期の過程で起こる遺伝子発現調節に興味をもち、川上泉・山名清隆両先生のご指導よろしきを得て、アフリカツメガエル初期胚を用いて、発生に伴うRNA合成活性の変化を、主としてトレーサーの取り込みによって研究しました。当時、RNAといえば、シュミット・タンハウザー・シュナイダー法を用い、熱酸処理かアルカリ分解によって”壊して抽出する”しかなかったのですが、私は山名先生、それに山口大学の医学部におられた柴谷篤弘先生のおかげで、カービーのフェノール法を用い、RNAを”壊さないで抽出して分析する”という、当時としては夢のようなアプローチをカエル胚研究に応用することができました。実際、1960年代のはじめ、これをやっていた発生学者は、世界中で、カーネギー研究所のDonald Brown博士のグループと九大の私たち(つまり、山名先生と私)だけでした。

実は、私の最初の修士の研究テーマは”イモリの予定外胚葉における中胚葉および神経誘導に対するヌクレオチドおよびアミノ酸のアナログの影響”というものでした。川上泉先生と奥様の逸枝先生のご指導により、このテーマで1シーズンを忙しく過ごしました。そして、秋のイモリのシーズン・オフの時に、大腸菌を用いてアナログ(特に、6-アザウラシル)そのものもつ基本的な作用の生化学的研究を始めたのです。更に、次の春には、材料をニホンアカガエルの卵に変え、カエルの核酸

研究を始めました。そして間もなく、Brown博士がRana(トノサマガエルのようなカエル)からXenopus(アフリカツメガエル;このカエルの卵にはRNaseが少なく、しかも年中卵が得られる)に材料を切り替えたのを知って、山名先生にお願いして、私もツメガエルに切り替えることにしました。当時、唯一群馬大学の内分泌研究室に主として妊娠反応のバイオアッセイ用に飼育されていたツメガエルを、当時、花岡教授の下に居られた今井先生のおかげで、分けてもらえることになったのです。その日、山名先生が朝早くから飛行機で出かけました。私は九大前の下宿でその日一日の大腸菌を用いた増殖実験の結果をグラフ用紙に書付けて整理していました。夜の9時近くだったでしょうか、空にジェット機の音が聞こえ、しばらくするとタクシーの止まる音がして、山名先生が急ぎ足でやって来ました。われわれはそのままタクシーに乗り込み、大学の裏の農場のところに行き、昼間きれいに掃除して水を張っておいたイモリ池の一つに、山名先生がかかえてきた大きな箱の中味を一気に注ぎ込みました。月明りの中で、黒くぬるぬると光る皮膚のカエルたちが、注がれた水とともに、一斉に弧を描いて池の中に飛び込んで行くのが見えました。そして、これが、私とツメガエルの”つきあい”の始まりでした。

部屋中がイモリ研究を行っている中で、カエルを扱うのは勇気のいることだったはずですが、先生がこれをよくサポートしてくれたせいか、ほとんど違和感を感じませんでした。山名先生は「たぶん、バクテリアで分かっていたことが、カエルでも成り立つ、ということが分かるだけだろうがね」と、かなりクールに、しかし実際は熱心に手を取って教えて下さったし、川上先生は「材料をたくさんすりつぶす実験にはイモリよりカエルがいいだろう」といつてくれ、好きなようにやらせてもらいました。ここでは、放射性のトレーサーがよく取り込まれるように、ツメガエルの胚の解離細胞系という、思い切った実験系を開発しました。カエル卵は水中に産み落とされるのに浸透圧ショックを受けませんが、これは表面にコートがあるからです。ところがそのせいで、外からトレーサを与えても細胞の中に入りません。それを解決するための解離細胞だったわけですが、実は、私の気持ちの上では、カエル胚という複雑な系を、修士の間研究していたバクテリアの細胞のように、簡便に取り扱いたかった、のです。この系を用い、当時唯一、単一種類のRNAとして扱うことのできたrRNAについて種々検討し、その合成が胞胚後期から開始されることなどを明らかにしました。

大学院を終えると、1年間の奨励研究員の後、武田薬

品の研究所でインターフェロン・インデューサーについて研究し、抗ウイルス剤の開発を試みました（ここでは特許を出すなど、当時の大学ではなかなかできないような経験をしました）。そうしているうちに、柴谷先生のロックフェラー大時代の友人でニューヨーク血液センター研究所の A.O.Pogo 先生から急に手紙がきて、結局、ニューヨークに行くことになりました。ここでは、イーストの温度感受性ミュータントを用いて mRNA の核・細胞質トランスポートの研究を行ないました。mRNA はポリ (A) をもつ RNA (当時はこのことが発見された直後でした) として分析しました。用いたイーストのミュータントは、非許容温度では mRNA が核内に蓄積するという、うそのような素晴らしい性質のものでした。

1974年には九大に助手として赴任し、ツメガエル胚の mRNA, tRNA, rRNA の合成、核・細胞質トランスポート、翻訳のありさまを詳しく調べました。助教に就任してからは外来性の DNA をツメガエル卵に注入し、その転写、複製の基本的なありかたについて調べる研究を始めました。カエルとはいえ、なにしろ日本でははじめて受精卵に遺伝子を注入するというので、東京からお役人と分子生物学会の偉い人（確か、飯野先生）が検査に来ました。私たちは当時九大の医学部の遺伝情報研究施設におられた榊佳之教授の協力で、榊研の P 2 の部屋の流しの配水管を切断して卵が川に流れ出ないようにするという処置を施し、これで許可を得て、実験を始めました。ここでは、環状 DNA と直鎖状 DNA の複製と発現の違いを検討することから始め、細胞学的な研究として、裸の DNA を受精卵に注入するとこれが直ちにヒストンと結合し、核膜で囲まれ、核様構造を形成することを明らかにしました。また、ウイルスプロモーターをもつ CAT 遺伝子をツメガエル受精卵に注入すると、その転写がすでに卵割期から起こることを明確に示し、外来性 DNA はすべて MBT (中期胞胚変移: 胞胚直後の、細胞の性質に大きな変化の起こる時期で、この時、細胞周期にはじめて G 1 期が現れる) 後にならないと転写されないとする”定説”を正しました。他方で、学生時代から続けていたツメガエル胚の rRNA の転写に関しては、これが weak base によって調節される(“きわめて選択的に”阻害される)ことを当時九大の薬学部の助教授であった川副裕一先生の協力で、つきとめました。

東大に赴任してからは、mRNA 集団ではなく個々の蛋白質をコードする遺伝子について、その発現を発生時間経過に沿って調べる研究を種々行ないました。これは、時代を反映し、以前にはアクセス困難だった、形態形成遺伝子の研究をやりたいという学生諸君の希望を生かすかたちでテーマ選定を行った結果です。こうして、ホメオボックス遺伝子である distal-less、アクチビンレセプター (タイプ I および II)、ホリスタチン、FGF レセプター 4、カドヘリン、FGF-20、最近では、マウスの臓器の左右非対称性を担う inv などの cDNA をカエルのライブラリーからクローニングし、それらの発現を形態形成との関連で調べました。

これらの研究のなかで、約 5 年前に、ポリアミン研究を行うチャンスに恵まれました。ここでは、千葉大の五十嵐一衛教授の助けを得て、ポリアミン代謝の重要酵素である S-アデノシルメチオニン脱炭酸酵素 (SAMDC) の cDNA をクローニングし、その mRNA をツメガエル胚に過剰発現しました。その結果、思いもかけず、注入胚が胞胚後期になると (おそらくは細胞周期に G 1 期が現れるのと期を一にして)、一斉に細胞解離をおこすことを見いだしました。そして、種々の検討の末、これがアポトーシスによることをつきとめました。このアポトーシスは、胞胚後期 (MBT 直後) という発生の極めて早い時期に起こるもので、いままで考えられたことの無かったタイプのものです。このアポトーシスのしくみはすでにカエル受精卵に存在し、もし卵割中に損傷を受けた細胞が生じるとその細胞は囊胚期に入る直前にチェックされ、アポトーシス・プログラムにスイッチが入り、除かれるようになっている、と思われます。MBT 直後に起こるこのアポトーシスの発見は、実はほぼ同じ頃に、デンバーの Jim Maller 教授のグループにより主としてガンマ線照射およびシクロヘキシミド処理胚において、また、ニューヨークの Jean Gautier 博士のグループによって主としてガンマ線照射およびアルファアマンチン処理胚において、それぞれ独立になされたもので、これは私が東大に来て最も力を入れて進めた研究でした (学生時代から興味を持って研究してきた rRNA 合成の開始も、この MBT 直後のチェックに合格した細胞においてのみ起こる、というふうになっているものと理解されます)。

これらの研究の他に、生物化学科の西郷薫教授の助けでプロテアソームのサブユニットの cDNA をクローニングしたり、北里大の水本清久教授と共に mRNA キャッピング酵素や mRNA キャップメチル転移酵素のクローニングをしたり、埼玉医大の村松正実教授の助けを得て、基本転写因子の調節因子である Dr1 のクローニングをしたり、学習院大の三浦謹一郎教授と共に mRNA 翻訳の伸長因子のクローニングを行ったり、癌センターの加藤勝博士の協力で Frizzled 遺伝子の研究を行ったりしました。また、解糖系のキー・エンザイムであるアルドラーゼ A, B, C すべてのサブユニットの cDNA を佐賀医大の堀勝治教授と共同でクローニングし、カエルの発生過程におけるそれぞれの発現をその酵素活性の特異性および発生上の役割分担との関連で明らかにしました。そして、これら 3 つの遺伝子の染色上の位置を、同じ理学部 2 号館の平井百樹教授と共に明らかにしました。このように、私の研究生活は、とても書ききれないたくさん素晴らしい研究仲間にも恵まれ、いろいろと変化に富み、大変楽しいものであったと思います。

研究室を離れたところで楽しかったものといえば、海外出張を挙げることができると思います。私の場合、東大に移る前後から、海外出張が多くなり、これが私のそれぞれの一年間を通しての研究活動に大きな刺激を与えました。私は海外へ出かける度に、いつも比較的長め

(だいたい2週間)の”海外の友人訪問の旅”を行うようにして来ました。このため、多くの仲良しの外国人研究者ができました。私は、東京生活のごくはじめの部分を除くと、ほとんどが単身赴任でした(家内は福岡の田舎で、以前は中学生の末の二人の子供、最近では90才に近くなった私の両親を守っていたのです)。ですから、せめて海外出張の時くらいは一緒にと、ほとんどいつも家内を連れて海外に出かけていました。そのせいで、海外のいわゆる Xenopus 研究者(だいたい、毎回300人くらいは集まるのですが)からは、たぶん、もっともよく知られたカップルになってしまったと思いますし、外国の活発に活動している特に Xenopus 研究者の家族のことをおそらくもっとも多く知っている日本人研究者になったのではないかと、思っています。

最後に、特に教育について考えてきたことをちょっとだけ述べさせてあげたいと思います。私は上にも触れましたように、研究テーマについては、できるだけ学生諸君の希望を生かすようにしてきました。これは、どのようなテーマでも、テーマそれ自体にはよいわるいはないと考えてきたからです。細胞を構成するものであれば、水分子から DNA 分子、細胞膜に至るまで、どれ一つとして重要でないものはない。問題は、そのテーマをどのように取り扱うかである、と考えてきたわけです。従って、いわゆる”お茶の水博士(江上不二夫先生)のことば”、つまり、おもしろいところに行くのではなく、自分でおもしろいものをつくる、おもしろいものにする

のだ、ということばが大好きです。一つ、蛇足を付け加えますと、学生の教育は私にとっては、精神的な意味でまさに”格闘技”でした。ある日はセミナー室、ある日は30枚の原稿用紙、といった、逃げ場の無い具体的な”リング”の中で、学生と1対1のファイトに及ぶ。ルールはきわめて簡単で、なにが真実かということ。実は、私は東大に来て5年目に、柔道初段の免状をもらいました。これは、私の高校時代の実力(私は高校の時、中学生の柔道部員に稽古をつけに行っていたのです)に対して、当時の中学校の柔道の先生が5代になった私に特別にくれたものです。田舎のバスでこの先生にひょっこり出会いました折りに、「東大での教育はどげなふうね」と問われましたので、「大学院生の教育は毎日まるで格闘しているようなものですよ」と私が答えたことから、先生が急に「そういえば、あん時、初段をやるちゅうたのに、取りに来んやったらが」と昔のことを思いだして、急に初段の免状をくれたのです。これは、「あの体力の盛りの若者達に負けるな」という昔の柔道の先生からのありがたい応援だと思い、いつも財布の中に初段の証明のカードを持ち歩き、精神的な意味で彼らに負けないように、またクリーンに、ファイトするように、心がけているのです。

少し長くなってしまいました。12年間、東京では本当に皆さんのお世話になりました。重ねて感謝申し上げて、この拙文を終わりたいと思います。皆さん、どうもありがとうございました。



塩川光一郎先生を送る

深町博史 (生物科学専攻)

h-fukama@biol.s.u-tokyo.ac.jp

私と塩川先生とのお付き合いは、先生が東京大学に赴任されてからのことです。赴任されてから間もない頃、日本発生生物学会の幹事長に就任された先生と共に、昨年急逝された早稲田大学の安増郁夫先生（当時の学会会長）運転の乗用車で、岡崎の基礎生物学研究所へ発生生物学会の雑誌を受け取りに行ったことが昨日のこのように思い出されます。早いもので、あれから12年経ったと思うと、感慨深いものがあります。

塩川先生は昭和16年に福岡県にお生まれになり、昭和38年に九州大学理学部生物学科をご卒業後、昭和43年に同大学から“アフリカツメガエル胚発生におけるリボソームRNA合成の調節”で理学博士号を授与されました。その後、学術振興会奨励研究員を経て、武田薬品工業（株）生物研究所でインターフェロン・インデューサーとしての二重鎖RNAの研究に従事され、米国ニューヨーク血液センター研究所では客員科学者としてmRNAの核・細胞質トランスポート機構の研究をなさいました。昭和49年に九州大学理学部助手に就任され、同助教授を経て、平成元年4月に東京大学理学部教授に転任されました。

塩川先生は、アフリカツメガエル (*Xenopus laevis*) を日本で初めて発生生物学の実験に使われた研究者の一人であり、*Xenopus* を用いた発生生物学の発展に指導的な役割を果たされました。国際 *Xenopus* 会議は昭和59年に30人の研究者がワークショップを開催したのが始まりで、昭和61年を第1回として今日までに8回開かれ、*Xenopus* を使用した重要な研究が発表される研究会として有名ですが、塩川先生はそのいわば第0回目の会議から18年間にわたり欠かさず参加されている唯一の日本人研究者です。そのためイギリスの J.Gurdon 教授やアメリカの I.Dawid 博士、D.Melton 教授など *Xenopus* を材料としている研究者の多くは塩川先生の古い友人であると伺っております。

塩川先生は九州大学時代から、アフリカツメガエル胚の mRNA・tRNA・rRNA の核内での合成、核から細

胞質への輸送、細胞質での翻訳の機構を研究されてきました。そして rRNA の転写が胞胚後期から開始されること、それがアンモニアなどの weak base によって調節されることを明らかにされ、この業績によって、昭和56年に山名清隆先生と共に“カエル胚におけるリボソームRNA合成とその調節機構の研究”で、日本動物学会賞を受賞されました。東京大学に赴任されてからは、カエルの初期発生で機能する様々な遺伝子（特に、形態形成遺伝子）を精力的にクローニングされ、その発現を発生の時間経過に伴って調べる研究を発展させられました。最近では、中期胞胚変移 (MBT) と呼ばれる初期発生の一定の時期に、発生が正常に進行しているかどうかを調べるチェック・ポイントがあり、それまでに何らかの異常が起きた細胞では、この MBT の時期にアポトーシス・プログラムが活性化され、異常な細胞が除去されるという、初期発生の新しいモデルを提唱・証明されました。

塩川先生は数多くの学生・院生を指導して研究を進展させられると共に、研究以外の面でも非常にユニークな存在として著名です。学生・院生時代に九州大学フィルハーモニー・オーケストラでバイオリンを弾かれていただけでなく、OB による楽団のリーダーもされています。また国際 *Xenopus* 会議の際に、余興としてハーモニカをたびたび吹かれていますので、*Xenopus* の研究者には、塩川先生のハーモニカは大変有名です。一方、絵画好きでもあり、ミロやベルナルド・ピュフェなどのリトグラフなども収集していらっしゃいます。知人が来ると、写真を撮ってみんなに配られますし、パチンコで大勝ちした写真を見せていただいたこともあります。負けず嫌いな一方で、みんなを驚かせることが大好きです。東京大学へは、ご家族を福岡に残しての単身赴任でした。非常にご家族想いの先生ですので、いろいろと大変だったと思います。本当にお疲れさまでした。先生のこれからの更なるご活躍とご健康を心よりお祈り申し上げます。

35年の研究を振り返って—生命を電子で見る—



若林 健之 (物理学専攻)

wakabayashi@phys.s.u-tokyo.ac.jp
wakabayashi@h2.dion.ne.jp

1973年2月1日に、物理学教室の助手として理学部のメンバーに加えて頂いてから28年になります。研究に没頭できるよう御支援くださった方々に厚くお礼を申し上げます。同僚の教官の皆さん、事務系の方々、試作室・回路室のテクニカル・スタッフ、そして辛抱強く研究を共にしてくださった研究室のメンバーに心から感謝致します。

ボールドウィンの「動的生化学」と題する著作は、私を生き生きとした生命科学の世界へ誘ってくれた。駒場の図書館でその原典を見つけ、読み進める度に生化学の道に進みたい気持ちが高まった。幸いなことに医学部に筋肉の生化学で世界的業績を挙げられた江橋先生がおられた。医学部の江橋研究室では毎週土曜に物理勉強会があり、指南役は都立大の山本三三三(みさぞう)先生だった。山本学校で学部・院と約8年間、量子論、熱統計学、三次元レオロジーの教科書を講読した。

生きていることを実感するのは体の動きによる所が大きい。筋肉が躍動するときも、静かな息で瞑想している時であろう。筋肉はどのように収縮し、弛緩するのだろうか。タンパク質分子はどのようにそれを実現しているのか。この問題を大学院時代から35年間追ってきた。

ポストドックとしては、Cavendish 研究所から独立した分子生物学研究所で過した。生命を分子構造に着目しつつ研究する「構造学派」の発祥地で、DNAの二重らせんやタンパク質の原子構造もここで解かれた。収縮・弛緩のときの、「アクチン」フィラメントの変化が三次元像として見えるようになった頃、短いイギリスの夏が終わり1972年も残り少なかった。所長のペルーツ先生は所員にして下さり、仕事をまとめゆっくり考える時間が与えられた。

物理学教室では、ミオシンが「アクチン」のどこに結合するかに取り組むことにした。筋肉収縮はミオシンと「アクチン」の相互作用によっているからである。まず電子顕微鏡写真をコンピュータに読み込むために、マイクロデンシトメータを作った。使わなくなった光散乱光度計を分解しフォトマルと高電圧回路を取り出し、光学系はニコン製のシャドウグラフを利用した。パルスモーター

駆動のステージとADCは試作室(当時の金工室)と回路室の長沢勝明さんの協力で組み立てた。旋盤工作にも慣れた。ミニコンピュータ制御は隣の研究室の伏見譲さんに、光学系は泡箱写真解析の川口湊さんや小穴先生に教わることが多かった。

約2年で装置が完成し、ミオシンが「アクチン」のどこに結合するかの研究に入ったが、予期しなかった激しい国際競争に巻き込まれた。私達の答は世界の他のグループと違っていた。生化学的手法で得られた不利な状況証拠が発表されたりしたが、私達は「アクチン」だけの構造を精密化し、それと「アクチン」・ミオシン複合体構造の相互相関関数を計算した結果からむしろ自信を深めていた。丁度その頃、生化学の結果の解釈の前提が間違っていたという直接的データがイギリスの研究者と須藤和夫さんにより独立に出され、ゴードン・コンファランスの招待講演で私達の主張を16ミリ映画で提示した。「アクチン」単独から「アクチン」・ミオシン複合体に連続的に変化して見えるコンピュータ・グラフィックスであった。見た人達の大多数の賛同が得られたのは幸いだった。その後、「アクチン」もミオシンもX線結晶解析による原子構造が決定され、私達の提唱した結合様式が正しいことが再確認されている。特別推進研究の数回にわたる支援と物理教室がスペースを配慮してくださった賜物と感謝しています。

理系大学院最先端設備として電界放出型電子銃を備えた電子顕微鏡が皆様のご理解のお陰で導入され、研究は新しい段階に進んだ。“生きた”タンパク質の観察が可能になった。これまではタンパク質を見るときは、ウランなどで染色して、見ていたのは重原子であったので、無染色でタンパク質そのものを「見る」ことができるようになったのは大きな進歩だった。200keVの電子は炭素、酸素、窒素などの低い原子番号の原子をほとんど素通りし、原子核の静電的ポテンシャルにより電子波の位相が変わるだけである。電界放出による高コヒーレント電子ビームを使うと、この位相の変化を効率よく強度に変換できる。

筋肉の収縮は細胞内のカルシウムによってスイッチ・オンされる。スイッチ分子であるトロポニン・トロポミオシンは「アクチン」に結合している。トロポミオシンの結合位置は1970年頃からずっと研究されてきたが、トロポニンと「アクチン」との結合位置の研究は難しく、未踏の領域だった。高コヒーレント電子で撮影した像を成田君らが開発した方法で解析したところ、トロポニンを三次元的に可視化出来た：スイッチ・オンの時には球

状であるがスイッチ・オフの時は腕状構造物（トロポニン・アーム）が突出し、「アクチン」のフィラメントの上を 3nm 移動していた。これが筋肉弛緩の原動力である。心臓の筋肉が十分弛緩できないとポンプ機能が下がり、心筋肥大による突然死（家族性心筋症）に見舞われる。その分子メカニズムの解明に向けての第一歩を、ささやかではあるが踏み出した。この論文は 3 月 6 日付けで Journal of Molecular Biology に採択された。感慨が深い。

1969年に、トロポニンとトロポミオシンが「アクチン」のフィラメントに結合している様子を想像モデル図として描いてから32年かかった事になる。構造変化は予想を遙かに超えて興味深かった。二本の α ヘリックスが捻れあった堅い棒状分子であるトロポミオシンも、弛緩状態のときはトロポニン・アームに引っ張られて途中で曲がっていることも見えてきた。「アクチン」がトロポニン・アームとの結合を通して、スイッチ機構の一翼を担っていることも新しい視点を与えてくれた。

ここまで述べてきたことは、研究の自然な成り行きとして発展してきた。そんな中で、偶然見つけた「アクチン」変異体はカルシウムによるスイッチが強く働き、予期しない展開を見せた。アミノ酸を5個変えると、スイッチが10倍以上強く入る。友人の Stewart 博士は、X線結晶解析を勧めてくれ、1997年夏の欧州での学会のとき以来、結晶化・構造解析を習う事になった。1998年春の会議の後、会議前に準備した結晶が育っていた。その週末は Stewart 研のマシン・タイムがあり、私達は Daresbury のシンクロトロン目指し起伏に富んだ道を急いだ。Stewart 研の結晶をテストした後、「アクチン」結晶の出番となり、昼から夕方までに全データが集まった。ケンブリッジへの帰路ではイングランド中部の早春の風光が目に入った。水曜には、野生型「アクチン」のほぼ全ての原子座標が求まり、変異型「アクチン」に取り組む準備ができた。

変異型のデータは播磨の SPring-8 で松浦君と集めた。第3世代シンクロトロンは素晴らしかった。解析を習いながら構造決定するため3週間ほど短期留学した。変異箇所の原子は、帰国が数日後に迫っても見えてこなかった。せつせと水化した水分子の座標やタンパク質のあちこちを精密化しながらも、本当に変異型結晶だったのかと非論理的な心配をしたりした。そんな頃の深夜、忽然と変異箇所が見え始めた。夏とはいえ冷え切った北国の夜空の下を Hills Road をゆっくりと下宿に戻った。翌日噂を聞いて、X線結晶学の開祖のペルーツ先生が原子地図を見たいと来て下さった。カルシウムによって10倍以上も強くスイッチ・オンするのは、「アクチン」の第4サブドメインにある疎水ポケットが溶媒に露出するためであることが分かった。ここにトロポミオシンが結

合し、「アクチン」とミオシンの強い相互作用を10倍以上促進するのであろう。

X線結晶学はタンパク質の原子構造を解くに当たり、このように強力である。しかし、「アクチン」とミオシンや、「アクチン」とスイッチ・タンパク質の関係など、機能を担う分子複合体の構造を解く現実的な方法は、やはり三次元電子顕微鏡法である。分子構築体や生きた細胞の立体構造をよりクリアに「見る」ために、安永助手を中心に新しい電子顕微鏡（電子分光顕微鏡）の開発に取り組んできた。幸いなことに、像を劣化させる非弾性散乱電子を除くためのエネルギー・フィルタも良く働いた。新型電子顕微鏡が完成し、高分解能 CCD カメラの開発も完了した。この電子顕微鏡は単一電子を捉えることができ、一つ一つのみオシン分子や一本一本の「アクチン」のフィラメントがずっと良く見えるようになった。ワン・ショットの写真だけから 8 Å の分解能が得られた。従って、分子構築体を構成するタンパク質の α ヘリックスを見ることも可能であり、筋収縮を駆動する「アクチン」とミオシンの反応の原子モデルをつくる基礎になるであろう。他方で細胞の中で「アクチン」のフィラメントがどのように活躍しているかも明らかにできる。遺伝子のパッケージである染色体、核小体、ゴルジ装置、神経シナプスなど生命にとって重要な構造体は「電子の目」を通してその立体構造が解かれてゆくであろう。

Klug 博士が開発した三次元電子顕微鏡法を、物理教室で立ち上げようとしていた1973年に、この方法を使う研究室は日本にはなかった。この方法論をテーマにしたゴードン・コンファランスが隔年毎に開催されるようになり、日本では8つの研究室で駆使されている。それらの研究室の全てで、私達の研究室で過ごした方々が活躍しているのは頼もしい。そのうち3つの研究室ではリーダーとして、研究者を育てている。演歌ではないが、「孫」研究者の活躍ほど嬉しいものはない。

振り返ってみると、私は電子顕微鏡法に色々工夫をこらしつつ、「アクチン」物語を読み書きしてきたように思う。「アクチン」分子は、筋肉では収縮をもたらす、通常の細胞では細胞分裂や癌化と関係し、脳ではシナプス形成に関与し学習・記憶の一端を担っているようであり、その物語は“ネバー・エンディング・ストーリー”といえよう。

このように物理学教室で「アクチン」物語に没頭して28年間を過ごせたのは、皆様のお陰です。心からお礼を申し上げますと共に、理学部がもっている柔軟性と復元力に対して心から敬意を表し、若い世代の方々がすすくと成長され、活躍なさる場であり続けることを期待したいと思います。筆を擱くに当たり、皆様の益々のご発展とご健康をお祈り申し上げます。

本当に有り難うございました。

若林先生を送る

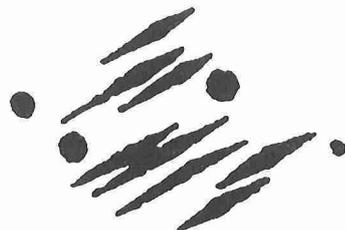
桑島邦博 (物理学専攻)
kuwajima@phy.s.u-tokyo.ac.jp

若林健之先生と私は同じ生物物理学ではありますが、先生が筋肉など高次タンパク質複合体の構造機能解析研究をされているのに対し、私は水溶性球状タンパク質の物性研究が主な仕事です。少し分野がことなる上、いずれも研究者人口が大きいので、学会などでは常に別会場でした。そのため、生物物理学学会などでも同じ会場で一緒にすることはほとんどなかったように思います。唯一私の記憶にあるのは、1984年、英国のブリストルで開催された国際生物物理学学会の後、ケンブリッジでタンパク質に関するEMBO (European Molecular Biology Organization) ワークショップが開かれ、そこでご一緒させていただいたと思います。その当時の先生は、筋肉タンパク質の分野で活躍しておられる輝かしい存在として、私には映っておりましたが、その先生が盛んにケンブリッジの風景を懐かしんでおられる様子を拝見したこと、印象深く憶えております。その後、1992年に私が東大に移り、爾来9年にわたり先生の研究室のそばに研究室をもつことができ、大変お世話になり、また親しくさせていただきました。

若林先生は、本学医学部医学科を卒業し東大病院でインターンをされた後、本学医学系大学院博士課程(第二基礎医学専攻)に入学されました。1970年に博士号を取得後直ちに、英国王立協会交換フェローとして、ケンブリッジMRC分子生物学研究所にて Hugh E. Huxley 教授と Aaron Klug 教授のもとで研究に従事されました。電子顕微鏡をらせん対称性を用いて三次元再構成する方法により、筋肉のカルシウム制御能を担う細いフィラメントの制御の際の三次元構造変化を明らかにされました。この先生のお仕事は、制御タンパク質トロポメオシン・トロポニン複合体がアクチン・ミオシン相互作用を「立体障害」的に阻害するとした「立体障害説」の最

初の直接的証拠として評価されております。英国から帰国後、1973年より本物理学教室の江橋教授(生物物理学)の研究室の助手となられました。この当時の若林先生のお仕事としては、電子顕微鏡法を用いてアクチン・ミオシンの結合様式を明らかにした仕事がよく知られております。このお仕事では英国の研究室との間で論争があり、結局、若林先生の解釈が正しいことが最終的に認められました。その後、若林先生が研究室をもたれてからは、電子顕微鏡法への急速凍結法の導入、アビジンなどによる分子標識法の利用、タンパク質工学的手法の利用など、次々と新しい研究手法を研究に取り入れ、筋収縮の分子機構研究の分野では常に世界の最先端を歩んでこられました。先生は、私の知る限り、二度以上にわたって文部省科学研究費特別推進研究を獲得されており、これは、上のような先生の研究室の研究業績が高く評価された結果であります。平成12年度には、このような先生のご業績に対し、第32回内藤記念科学振興賞の授与が決定されております。研究室からは、多数の優秀な研究者・教育者が輩出され、国立大学、国立研究所などで活躍されております。

若林先生は、私の知る限り、お話好きであり、必要なことしか話せない私がお相手するときは私が聞き役になることが多かったと思います。先生の部屋で数時間にわたって生物物理学の将来について語り合ったときのことを憶えております。先生は、生物物理学の物理学として重要性はもちろんのことですが、基礎生物科学でもあるという学際性を常に強調されていたように思います。ますます活発に研究を進めておられる先生がこの3月で東大を去られるのは大変残念なことです。若林先生の特に物理学教室へのご貢献に対し、また教室のわれわれへのご指導に対し感謝申し上げますとともに、今後のご活躍とご健勝心よりお祈り申し上げます。



— 理学部での日々 —



土肥 絢子 (地球惑星科学専攻)

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

昭和58年秋に初めて理学部へ面接に訪れた日のことを、今でもはっきりと憶えている。旧1号館の中庭の赤いレンガ色の壁が蔭をからませて、落ち着いた雰囲気漂わせていた。当時物理学教室の図書委員長をされていた霜田光一先生にお目にかかった。早速3階の図書室へ案内され、事務室や図書室および書庫など丁寧に説明して頂いた。気さくで実直なお人柄にホッとしたのだった。それから16年間物理図書室に勤務した。その後、平成8年に地球惑星図書室に配置換えになりこの3月で5年を経過し、定年退職を迎えようとしている。因みに理学部には20年近く在籍していることになる。

顧みれば、昭和38年に初めて東京大学教養学部で事務員として採用され2年近くを経てその後、工学部計数工学科に配置換えになり秘書から図書職へ変わり、15年間に在籍した。

理学部ではそれより遙かに長い年月になり、数限りなく色々なことが思い出される。特に仕事の面では、電算化との関わりがある。コンピュータと初めて出会ったのは25年ほど前、当時計数工学科図書室の時、森口繁一先生のご指導でパンチカードに一枚ずつ穴をあけてデータ入力を経験した時だった。その後、昭和61年から東京大学で電算化が始まり全国ネットワーク情報機械化に向かってデータ入力を開始した。その一端を担ってインターネットの発展と共に歩んでこられたことは、本当に良い経験となった。その過程で業務の変化や価値観の転換も十分体験しながら学び取るものは多くあった。物理学図書室

は、20年ほど前3階西側に閲覧室があり、窓から時計台やイチョウ並木が見え、利用者の心をなごませていた。この片隅の雑誌コーナーで毎週図書委員会が昼休みに開かれ、6～7名のメンバーで議題を検討したり選書をしていった。その当時は、霜田光一先生、橋本英典先生、和田靖先生、清水忠雄先生が次々に図書委員長になられた。みなさんからきめ細やかなご助言を頂き、相談にも快く耳を傾けてくださる寛大さとやさしさが職員にとってどれほど勇気つけられたことか。

現在まで地球惑星物理学図書室の仕事をしてきたこの5年間は、いろいろなことの出合いがあった。最初のときに、この図書室で何ができるだろうと思ひ、先ず業務を機械化していく事にした。そのための設備が必要だった。また、書庫内の古い資料の破損がひどかったので2年計画で修理製本。書庫内資料が長年埃を被っていた為図書清掃を5年計画で実施など。図書委員長のゲラー・ロバート先生と予算委員の先生に説明に伺ったこともあった。ゲラー先生はとてもやさしい先生で何事も相談にのって頂き、その努力が実りそれらが無事に運ぶことが出来た。

一方、平成10年、11年と2年間たてつづけに改修工事が続いたために予定が多少変更せざるを得なかったのは残念だが、その代わり書庫の拡張や開架書庫、閉架書庫を全面的に改修し耐震式書架を新設する事が出来たことはとても良い機会だったと思う。その間に教室の先生方、事務室の方は勿論のこと学生の方にもご協力頂いたことは本当に有り難かった。とくに建物委員をされていた比屋根肇先生には全面的にお世話になった。重ねて皆様の暖かいご指導とご支援に深く感謝申し上げます。平成12年度から新たに地球惑星科学専攻が誕生したが、これからさらに活動して飛躍発展されることを願っております。

長い間、無力な私を支えてくださいました諸先生方々、理学部職員の方々そして図書職員の方々に厚くお礼申し上げます。

土肥絢子さんを送る

ゲラー ロバート（地球惑星科学専攻）

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

地球惑星科学専攻の図書室で私達をサポートして下さった土肥絢子さんがこの度定年を迎えられることになりました。永年のご功績に感謝しつつ、お礼のことばを述べさせていただきますと思います。

土肥さんが私どもの(当時)地球惑星物理学専攻の図書室に来られたのは、平成8年ですから5年ほど前です。それ以前は物理学科、工学部計数工学部でと、25年にわたり図書室の司書業務をされており、その仕事ぶりは広く関係者に知られておりました。

今さら申し上げるまでもなく、図書室の業務は非常に神経をつかう仕事です。様々な要求に対し迅速かつ適格に処理することが要求されますが、そのためには日頃のご苦勞があつてこそです。それを黙々と永年続けてこられたのは、ひとえに土肥さんの仕事に対する誠実で真摯なお気持ちがあつたのことと思います。

特に1999年夏の3号館の改修工事の折は、全ての書籍をダンボールに収納し、6ヶ月程図書の事務を1号館に移動させなければなりませんでした。その間のご苦勞は言葉に尽くせないものがあつたのではないかと思います。

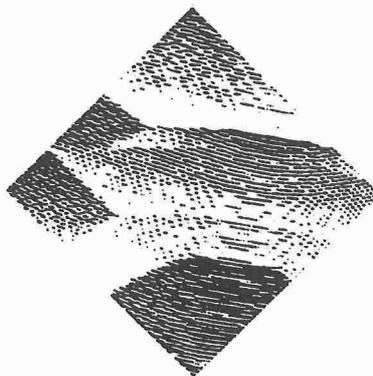
しかしそのご苦勞のお陰で、いま私達は耐震式の新しい書庫と書架を得ているわけですが、そのキチンとした図書室内を見るにつけても、土肥さんがアルバイトスタッフとともにされた仕事が、どれ程正確であつたかが分かるような気がします。それは司書のスペシャリストとい

うだけでなく、書籍を愛してやまない人の姿でもあつたような気がしています。

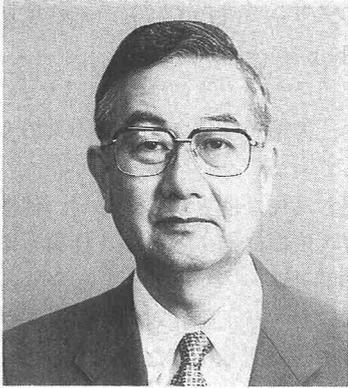
また、土肥さんには他専攻、他部局、他機関への書籍貸し出しや複写依頼に応ずるという仕事もありました。地球惑星科学関連資料を必要とする全国の研究者たちにとって、素早くまた正確に対応する土肥さんは、大変頼りになる存在でもありました。

昨年4月に地質学、地理学、鉱物学及び地球惑星物理学の4つの専攻が統合再編され、新しい地球惑星科学専攻が生まれました。それに伴い図書室組織も統括されることになったのですが、まだ1つの場所に新専攻の図書が保管されていないため、図書職員の方々の仕事がより複雑になりました。それでも、新専攻の図書の運営がスムーズに遂行されているのは、土肥さんのようなベテランの存在が大きいと思います。この統合再編の仕事はこれからの私達の大きな課題ですが、このような時に土肥さんが退職なさるのは大きな痛手と言わざるをえません。

ここに関係者を代表して、長い間のご功績に感謝し、お礼申し上げます。土肥さんはご自分の興味を生かすため退職後のプランをいろいろ考え、楽しみにしていられることと思います。いまはその新しい日々がより充実したものでありますよう、今後のご活躍をお祈り申し上げます。



退官にあたって



吉田 榮（中央事務、施設掛主任）

1956年9月に理学部地球物理学教室永田研究室（柿岡）で故等松隆夫先生が夜光観測を始めるに伴い、臨時職員として採用されてから44年間の歳月があつと言う間に過ぎ退官することに成りました。その間に先生方、院生、職員の同僚諸先輩に恵まれ、充実した日々を送りました事を感謝しています。40年余りの生活の中で思い出も多く有りますが心に残る事を振り返って見ます。私は、祖父金三が気象庁退職後、東大柿岡観測所用地（46ha）を管理していた関係で、等松先生に紹介された事が始まりでした。

地球物理観測所創始者である故永田武先生（施設長）が南極観測の第1次～第3次観測隊長を務められ、昭和基地を建設して南極観測が始まりました。そして柿岡では、南極観測訓練がありましたが、宿泊施設がなかったために、隊長の永田武先生は私の家に宿泊されました。柿岡研究室で最も活気に満ちあふれて居た時代であったように思います。1967年上層大気光のロケット観測（L-4S-3）で等松先生と鹿児島県の内之浦町東大宇宙空間観測所（現宇宙科学研究所）に出張して、打ち上げの様子を連続写真に撮影、又搭載観測機器も正常に作動し成功した時の喜びと飛翔距離1040km、高度も国内最高を記録して新聞等で報道され感激したことを思い起こします。

そして、この年米国のアポロ11号が月面着陸した際、持ちかいった「月の石」を、永田武先生が、研究用に米国より譲り受け、柿岡の岩石磁気実験室で、測定、解析を行った。黒く輝く石にロマンを馳せたものでした。

私の柿岡勤務は38年間でしたが、この頃がとても充実した期間であり、楽しかった様に思えます。1991年には職員も2名となり理学部地球惑星物理学科に配置換えとなりました。その後柿岡を利用する先生方も少なくなり、電離層観測装置（柿岡の目印であったデルタ式60mアンテナ付き）も撤去され、夜光観測装置も長野県木曾に移されて観測が縮小され、柿岡の理学部研究施設の最後はやはり寂しい気持ちでしたが、工学部に移譲されて、研究施設として使用されることになって、本当に良かったと思っています。今後研究施設が発展されますことを期待しております。

1995年4月より理学部中央事務部に配置換えとなり東京へ通勤することになりました施設掛では慣れない事もあり、非常に忙しく夢中で過ごした6年間でした。そのなかでも小石川植物園の日本庭園池の浚渫護岸工事に関係した事が印象深く、工事完了後の日本庭園を見て感動しました。東京勤務がいつまで続けられるか不安でしたが気がついて見ると退官の日を迎えることとなりました。月日がたつのは速いことをしみじみと実感して居ります。

東京大学で定年を迎えられたことは最高の喜びであり、名誉なことと感謝をしております。これも職場の皆様の暖かいご支援とご指導のお陰でございます。どうも有り難う御座いました。これまで公私共に大変お世話に成りました理学部の先生方や職場の皆様へ感謝し、厚く御礼を申し上げます。皆様のご健康とご発展を御祈念申し上げます。皆様と挨拶と致します。

吉田さん退官によせて

植田 榮 司 (事務長)

理学部中央事務、施設掛主任、吉田 榮さんが、2001年3月末日をもって無事本学を定年退官（ご卒業）される運びとなりました。いつかはやって来る定年、いよいよその時がやってきましたね。寂しい気持ちもあるかも知れませんが、心は晴々としていると思われます。

ご退官（ご卒業）おめでとうございます。ここに、お世話になった者として一言のべさせていただきます。

吉田さんは、1958年3月に設置された地球物理観測所（茨城県新治郡八郷町柿岡）に1961年6月に採用になり、観測所創設者である故永田 武先生（南極観測第1次～第3次隊長）はじめ数多くの先生方の研究支援や施設管理等に従事していただいております。

「ここで地球物理観測所、柿岡用地（面積46,400㎡/標高136m・富士山の一部）について少しふれてみたいと思います。

柿岡用地は、本郷通に市街電鉄を敷設するに伴って生じる、本学の研究、観測上の障害をさけるために観測上の代替地として、当時の東京市の費用負担の条件のもと1913年4月に購入され、超高層大気、宇宙空間研究、人口衛星観測やロケット・大気球観測、地磁気変動、電離層及び大気光研究など数多くの研究成果をあげてきた。

当時は、周辺の人口擾乱も少なく、市街地では実施が困難であった関連の地球物理諸分野の実験観測が実施できた。

しかしながら周辺の開発や市街地の拡大、電話や電子

機器の普及等による電磁的ノイズの増大とともに、研究に直結する実験観測の実施が困難となり、1991年に地球物理学科と附属地球物理研究施設を改組して地球惑星物理学科を新設することになり、当該施設は廃止となった。

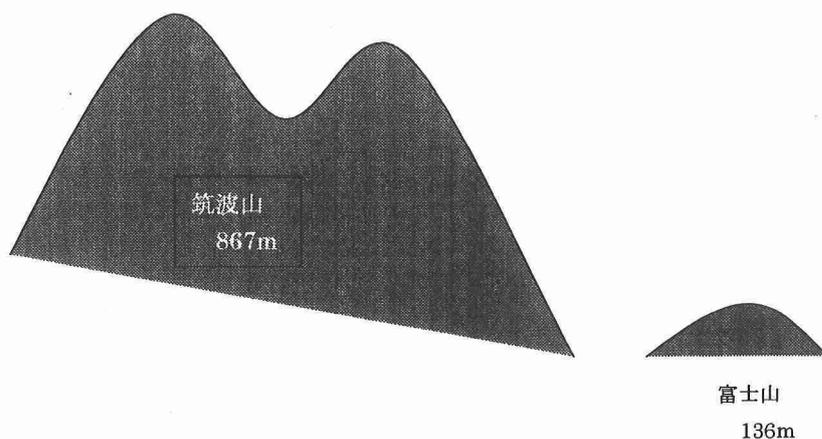
その後、当該施設は、1996年4月30日付で、大学院工学系研究科・工学部へ整理替（国有財産用語）となり教育・研究施設として使用されております。」

吉田さんは、1995年4月に38年間勤務された附属地球物理研究施設（柿岡）より理学部中央事務へ配置換となったわけですが、柿岡での思い出はいつまでも心の奥底に残っているものと思います。

40年余りの勤務のうち電車通勤などまったく考えたこともなかったであろう6年間を東京勤務、仕事はまったく異なった仕事、慣れるまで大変苦労したとおもいますが、そうゆうなかで、無我夢中で取り組んでいただいた小石川植物園日本庭園の整備、貴方にとっては、最高の巡り合せだったでしょう。

今振り返って、ああやって良かったとゆう実感はこれからかもしれません。吉田さん、本当に長い間お疲れさまでした。定年を迎えられるのは、奥様はじめご家族の理解があったからこそ貴方の今日があるのではないのでしょうか。どうぞ、ご健康に留意され、少し落ちついてから、奥様等と、日本庭園でも眺めにきてはいかがですか。

長い間ありがとうございました。お元気で！



モンスターの数学

松尾 厚 (数学科)

matsuo@ms.u-tokyo.ac.jp

モンスターという言葉聞いて、読者は何を想像されるだろうか。昔のヒット曲の題名であろうか。あるいは、現在連載中の人気漫画の題名を思い起こす方もいらっしゃるかも知れない。数学の世界でモンスターと言えば、最大の散在型有限単純群のことである。

群というものは、形式的に言うと、積(二項演算)の与えられた集合で、結合法則を満たし、単位元が存在し、すべての元が逆元を持つものである。ただし積は交換法則を満たすとは限らない。例えば、数字 $1, 2, \dots, n$ の置換(並べ換え)全体のなす集合は、二つの置換を立て続けに行ったものをそれらの置換の積であると考えることによって群となる。

ところで、群 G が与えられたとき、その元全体をうまくグループ分けして、その各グループを一つの元とみなすとき、グループ全体 Q が再び群となることがある。このとき、単位元を含むグループ N はそれ自身群をなし、与えられた群 G はグループ全体のなす群 Q と一つのグループのなす群 N に分解されたと考えることができる。単純群とは、この種の自明でないグループ分けが不可能な群のことである。

元の個数が素数であるような群は単純群であるが、それ以外の単純群で一番小さいものは60個の元からなる交代群 A_5 であり、群 A_n ($n \geq 5$)は単純群の系列をなす。それら以外の単純群で一番小さいものは168個の元からなる線型群 $GL_3(2) = PSL_2(7)$ であるが、このタイプの単純群も複数の系列をなして無限にある。以上のもの以外の有限単純群が26種類あり、散在型の有限単純群と呼ばれる。そのうちの最大のもがモンスターである。

長々と有限群について述べたが、実は筆者の専門は有限群論ではなく、無限次元 Lie 環の表現論である。その筆者がモンスターに関係する研究をするようになるとは、自分自身想像だにできなかったことであるが、いまにして思えば、1993年に米国を短期訪問したのがその転機であった。筆者は、当時の研究テーマと直接関係する研究を精力的に進めていた Yale 大学の教授に会い、自らの研究成果を報告するとともに彼の薫陶を受けるべく、New Haven を訪れたのだった。実は彼こそが、モンスターが作用する自然な空間「ムーンシャイン加群」を構成して見せた研究グループの中心人物であった。彼は「モンスターに関する話題は非常に重要だから、研究とは言わないまでも、勉強はしておきなさい。」と述べ、彼の著書のイントロを読むよう薦めた。これを真に受け

て勉強を始めたのが、筆者とモンスターの付き合いの始まりであった。

モンスターはおよそ 8×10^{53} 個の元からなる巨大な群であるが、極めて例外的で、かつ面白い性質を持つ実に興味深い群である。とりわけ「ムーンシャイン」と呼ばれる、モンスターの表現とモジュラー関数との間の不思議な関係が人々を惹き付けてきた。ムーンシャイン加群もこれを解明するために考えだされたものである。ムーンシャイン加群を用いたムーンシャインの研究は、その主要な予想が解決されて(それはフィールズ賞につながる重要な研究であったが)一段落した感がある。しかし、モンスターについては、様々なことが分かっている反面、理解できていないこともまだまだ多い。

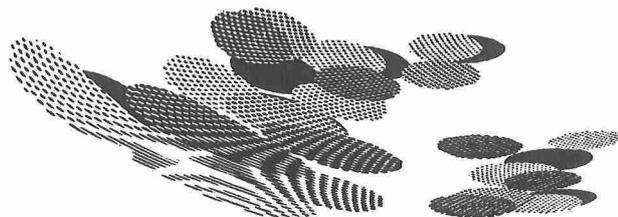
尤も、筆者はやはり群論家ではないので、群論的にモンスターを調べているわけではない。ムーンシャイン加群の性質を調べ、それに基づいてモンスターの性質を導きだそうとしているのである。挑発的な言い方をすれば、モンスターの世界から群論を追放してしまえ、というのが筆者の立場である。

この方向の研究は、実はある日本の研究グループが先鞭を付けたものなのだが、筆者の研究室でも最近いくつかの研究成果が得られた。例えば、モンスターは、ムーンシャイン加群の一部である196884次元の可換非結合的代数に自己同型群として作用していることが知られている。この代数の元の随伴作用のトレースに関するある恒等式がモンスターの群論的構造を用いて得られていたが、筆者は最近の研究で、この恒等式はモンスターの構造とは無関係に、ムーンシャイン加群の性質から直接に導かれることを示した。この恒等式は、代数の非結合性の度合を強く反映するものであると同時に、モンスターの元的作用に関する著しい拘束条件を与えているとみることができる。これをヒントにして、ムーンシャイン加群の新しい部分加群を見つけて、それに従うムーンシャイン加群の分解からモンスターの元的作用を具体的に記述する研究も進みつつある。この方面の研究は、まだまだ始まったばかりであると言えよう。

さて、昨今の数学の世界は、専門分野が細分化されると同時に、細分化された一つの分野に留まっていて飯が食える状況ではなくなってきた。最低でも二つ以上の分野についての知識と能力がなければ、職業数学者として継続的に論文を書くのは難しいように思われる。モンスターに関する数学においても、複数の分野が交錯して美し

い世界を織り成しており、その研究には広汎な知識と経験が必要である。実際、有限群論はもちろんのこと、組合せ論、符号理論、保型関数論、無限次元 Lie 環の表現論、共形場理論などの分野がモンスターと関係している。さらに、直接の関係は解明されていないが、一般コホモロジー論、モジュライ空間の理論なども隣接する分野と言える。こういった周辺分野も視野に入れつつ、研究を続けて行きたいと考えている。

本稿では、これらの周辺分野との関わり等について詳しく述べる余裕はなかったが、興味をもたれた読者は、原田耕一郎著「モンスター 群のひろがり」岩波書店を御覧頂きたい。



量子コンピュータ・量子通信の研究 — 量子情報科学へ

今井 浩 (情報科学専攻)

imai@is.s.u-tokyo.ac.jp

量子コンピュータとは、量子力学の基本原則を巧妙に利用した全く新しいタイプのコンピュータである。量子力学とコンピュータという名前が出てくることからわかるように、物理と情報科学の両方にまたがる新しい学際分野である。この量子コンピュータが、様々な観点から注目を浴びている。それは、90年代半ばに量子コンピュータが素因数分解を高速に行うことが理論的に証明され、量子コンピュータが実現すると現代のITセキュリティを支える公開鍵暗号の安全性が崩壊してしまうことがわかったからである。一方、量子力学は光通信で活用されており、それを押し進め量子観測における波束の収縮の原理を用いた完全に安全な暗号方式（量子暗号）が提案されている。

量子計算と量子通信が用いる量子力学の原理は、量子力学の教科書で最初のあたりに出ているものが多い。量子状態の重ね合わせ・干渉・観測・もつれ原理を用いて、計算と通信に資する方式を展開するのである。実際、量子計算を簡単に定義すると、量子純粋状態に対してある種の簡単なユニタリ変換を組合せ適用して一般のユニタリ変換を実現し、最後に観測を行うことによって出力を得るというものである。そのときの基本ユニタリ変換の適用回数が計算時間となる。一方、計算も通信も情報科学の中核をなす深い分野であり、それと絡み合った理論を展開していくと、量子推定・量子情報量から量子計算量・量子アルゴリズム理論まで深淵な世界が広がる。

我々の研究室では、このように量子力学に基づく量子計算・量子通信の分野を量子情報科学としてとらえ、情報科学からのアプローチをはかっている。これまでに、量子計算モデルで対話証明というある種の認証問題の計算量クラス解析を行ってきた。これによってユニタリ変換が可逆であることからもたらされる量子計算の限界や、量子効果を使っても結局は古典の確立的挙動を許した計

算と同じ能力しか出ない状況や、今の計算の枠組みでは効率よく解けない問題が量子計算によって始めて現実的に解けるようになるといった有用な結果が得られている。また、量子計算を今の並列コンピュータでシミュレートするシステムも開発しており、これによってデコヒーレンスなどエラーに弱い量子計算を理論からサポートする計算方式の開発も行っている。科学技術振興事業団のERATO 今井量子計算機構プロジェクト <http://www.qci.jst.go.jp/> とも連携して、Berry フェーズを用いた幾何的量子計算、量子計算過程を組み紐群など位相的に捉える位相的量子計算、量子推定・量子符号理論さらには単一光子発生・光子計数の実験を通じた量子暗号技術の実証実験を目指している。

量子コンピュータ・量子通信は、情報科学だけでも物理だけでも実現できないものであり、計算・通信原理の物理から情報科学パラダイムの発展がなされる新しい魅力的な分野として研究を推進していきたい。

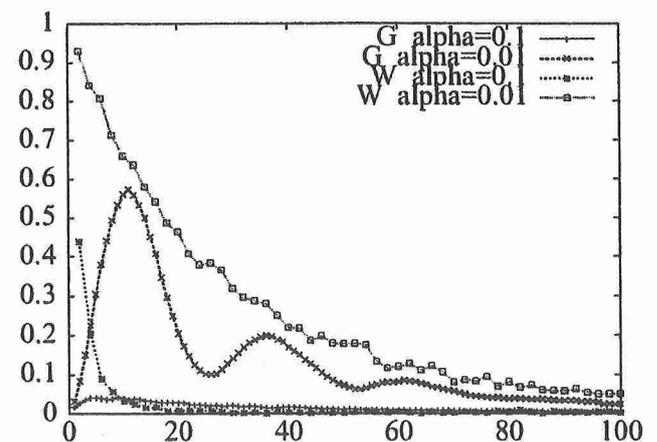


図. 量子計算の基本の Walsh-Hadamard 変換と、Grover 量子探索の両アルゴリズムにおいて、デコヒーレンスによりノイズが入った場合の計算精度の減衰のシミュレーション

クォークの色を観る

初田 哲男 (物理学専攻)
hatsuda@phys.u-tokyo.ac.jp

現在の素粒子・原子核物理学における2つの基本テーマは、物質の基本要素を探り当てる事と、その基本要素から物質がどのようにできているのかを明らかにする事です。今回この誌面で紹介するのは、「原子核はクォークからどのようにできているのか」という後者に関する話題です。

物質の基本要素としてのクォークの存在は、1970年代から実験的に検証されてきました。これまでの研究で、クォークには3種類の“色”(赤、緑、青)があり、赤緑青のクォークが3つ集まって白色になると安定な状態(陽子と中性子)ができる、という事が分かっています。(この“色”というのは、クォークがSU(3)群の基本表現に属しているという事実を便宜的に表したものです。)クォークの運動はこの“色”によって完全に支配されており、色に関する量子論が量子色力学と呼ばれています。またクォーク間の相互作用の結果、クォークの色は時々刻々変わっていきます。クォークの発見以前に物質を構成する最少単位だった陽子や中性子は、実は赤緑青のクォークの三つ組だったわけです。しかし、クォークが集合して具体的にどのように原子核をつくっているのかと問われると、未だに満足のいく答えは得られていません。実際、大きな原子核(例えば、金の原子核は591個のクォーク集合体)の内部で、クォークがどのような運動をしているかを解明するには、数百個のクォークからなる多体系を研究しなければなりません。

最近我々は、クォーク多体系の力学の研究を、色の自由度をとり入れた分子動力学の数値シミュレーションを用いて行いました。このカラー分子動力学では、それぞれのクォークが波束で近似され、クォーク間の色相互作用を考慮した上で、波束の位置と色の時間発展が数値的に求められます。クォーク3つが、どのようにして陽子や中性子をつくるのか? それらが寄り集まってどのように原子核ができているのか? 原子核の中で、クォークはどのように運動しているのか? 原子核の圧縮、加熱、衝突などにより、その密度や内部エネルギーが上げると、クォークの色があらわに見えてくるのではないかとカラー分子動力学の手法は、近似的にですが、このような問題に答えてくれる可能性を秘めています。

図1には、数値シミュレーションの結果できた198個のクォークからなる原子核(亜鉛の原子核に対応)のスナップショットが示されています。個々の丸がクォークを表す波束に対応しています。三つ組をつくり全体で白

色になっているクォークには、淡い色がつけてあります。通常の原子核では、クォークはまず三つ組で陽子や中性子を構成し、それらがもう一度原子核を構成するという2重構造になっている事が見てとれます。

さて、中性子星(太陽と同程度の質量を持ち、半径は10km程度の高密度天体)を考えてみましょう。中性子星は1つの巨大な原子核と考える事ができます。その温度は、ニュートリノ放出による効率的な冷却により低温に保たれていますが、その密度は強い重力のために表面から中心部にむけて増大していきます。このため、星の表面付近では図1のような原子核がそのアイデンティティを保って存在していますが、星の内部に行くにつれ原子核は互いに重なり合い、主として中性子からなる一様物質となります。さらに、星の中心部では中性子が互いに重なり合い、クォークの一様物質になる可能性もあります。

カラー分子動力学のシミュレーションでは、周期境界条件を課した箱のなかにクォークを詰めこんでいき、中性子物質からクォーク物質への転移がどのようにおこるかを調べる事ができます。図2では、通常の原子核密度に近い密度を持つ一様物質(上図)と、その4倍程度の密度を持つ高密度物質(下図)が比較されています。淡い色のクォークは三つ組をつくって白色になっている者、濃い色のは近隣のクォークと三つ組をつくらない“はぐれ者”です。

計算結果は、はぐれ者のクォークが密度の上昇と共に大幅に増える事、クォーク物質への転移は、クォークの3次元実空間での配位のみならず、カラー空間での配位の変化を伴う事、などを示しています。より詳細な議論は文献[1]、及び私のホームページ[2]をご覧ください。

中性子星深部における低温・高密度の相転移とは別に、宇宙初期の最初の 10^{-5} 秒間や相対論的重イオン衝突実験では、クォークの高温プラズマが実現していると考えられます。アメリカのブルックヘブン国立研究所で昨年6月から始まった実験は、金の原子核を光速の99.99%で正面衝突させて、このプラズマ状態を生成する事を目的としており、すでに大量の実験データが蓄積されつつあります。

私たちの研究室では、ここで紹介したカラー分子動力学や格子量子色力学と呼ばれる手法による数値シミュレーション、そして有限温度・密度の場の量子論の解析的手法を併用して、原子核のクォーク構造と高温・高密度のクォーク物質の性質を理論的に明らかにしようとしています。

- [1]Color Molecular Dynamics for High Density Matter:
 T. Maruyama and T. Hatsuda, Physical Review C61 (2000) 062201.
 [2]<http://tkynt2.phys.s.u-tokyo.ac.jp/~hatsuda/index-j.html>

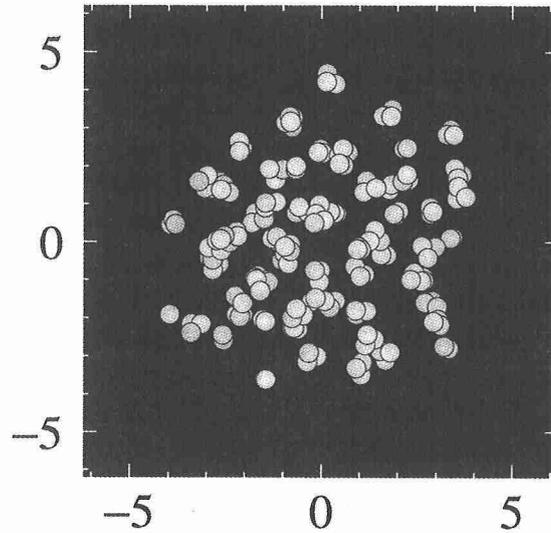


図 1 : カラー分子動力学から得られた 198 個のクォークからなる原子核のスナップショット。x-y 軸の一目盛は 1fm(= 10^{-13}cm) である。

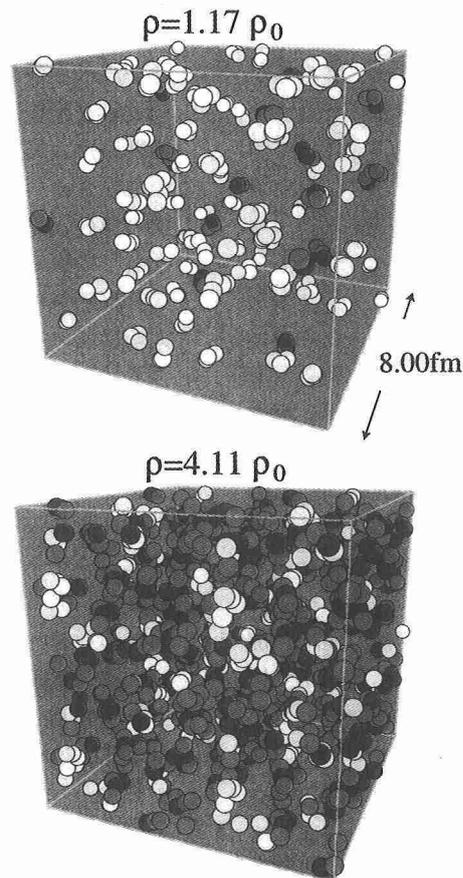


図 2 : 通常の原子核密度に近い密度を持つ一様物質 (上図) と、その 4 倍程度の密度を持つ高密度物質 (下図) の比較。 $\rho_0 = 0.17/\text{fm}^3$ は、通常の原子核密度を表す。淡い色のクォークは三つ組をつくって白色になっている者、濃い色のは近隣のクォークと三つ組をつくらぬ者である。

原子核の魔法数と中性子過剰核の核分光

櫻井 博 儀 (物理学専攻)
sakurai@phys.s.u-tokyo.ac.jp

有限個の粒子によって構成された量子有限多体系には魔法数が存在する。陽子と中性子で構成された原子核の魔法数は、天然に安定に存在する安定核およびその近傍核の研究から得られ、2、8、20、28、50…であり、陽子数、中性子数が魔法数を持つと安定な原子核となることが知られている。魔法数の存在は殻軌道がエネルギー的にバンチしていることと密接な関係がある。原子核の魔法数は、強いスピン軌道相互作用を導入した殻構造で説明することができ、Mayer と Jensen がこの業績で1963年にノーベル賞を受賞した。現在ではむしろ、中性子過剰核での「魔法数の喪失」に関する研究が盛んに行われている。

中性子過剰核とは陽子数に比して中性子数が極端に多い、 β 崩壊する不安定核である。約15年前に不安定核をビームとして効率よく生成する方法が開発され、中性子過剰核を研究対象にすることが出来るようになってきた。特に軽い領域での研究が進むにつれ、中性子数8、20を持った中性子過剰核ではその殻構造が安定核とは大きく異なり、魔法数の意味が喪失していることがわかりつつある。このように中性子過剰度に伴う殻構造の変化は陽子、中性子という2種粒子で構成された量子有限系の新しい研究対象として注目されている。

殻構造の変化は原子核の性質を大きく変える。従来、魔法数をもつ安定核はその閉殻構造のため球形であると考えられていたが、中性子数20近傍の中性子過剰核は異常に変形している。例えば ^{32}Mg (陽子数12、中性子数20) では付加的な束縛エネルギーの増加、第一励起準位エネルギーの異常、電気4重極遷移確率の増大など、複数の実験証拠が得られている。この領域の殻構造の変化をより包括的に理解し、軌道間相互作用に関する知見を得るためには、同じ陽子数を持ち、より中性子過剰な原子核 ^{34}Mg の性質が鍵となっていた。

原子核の変形度については励起準位のエネルギーが有

益な情報を与えてくれる。原子核の変形が進み表面が回転楕円体に変形すると第一励起準位のエネルギー E_1 が低くなり、回転準位が現れる。この回転準位の第一、第二励起準位のエネルギー比 E_2/E_1 は約3.3となることが知られている。実験的には中性子過剰核のビーム強度は中性子過剰度とともに著しく低くなるのでこれまで ^{34}Mg の励起準位を調べることは困難であった。

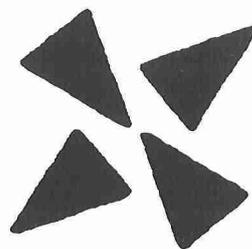
この困難を克服するために入射核破砕反応を用いた核分光法を開発した。入射核破砕反応とはビームの原子核(入射核)が標的核と衝突する際、入射核から核子が剥ぎ取られる反応である。反応直後に作られた原子核(破砕片)は励起状態にあり、脱励起時に γ 線を放出する。この γ 線のエネルギーを測定することで励起準位のエネルギーを得ることができる。

実験は理化学研究所加速器研究施設で行った。 ^{34}Mg を中性子過剰な不安定核 ^{36}Si のビームから生成することで効率を上げ、2本の γ 線を観測し、 ^{34}Mg の核分光に初めて成功した。実験によって得られた γ 線のエネルギーから ^{34}Mg の E_1 が ^{32}Mg よりも低く、 E_2/E_1 比が3.2という結果を得た。これは ^{34}Mg が ^{32}Mg に比べ大きく変形し、回転楕円体に近い表面を持っていることを示唆している。

以上の様な反応を用いた中性子過剰核の核分光は始まったばかりである。新たな実験手法の開発と新たなSerendipityを求めて、より中性子過剰な、またより重い原子核へと研究を進めている。

参考文献

- [1] 大学院原子核物理、中村誠太郎監修、講談社サイエンスエッセイ。2章(大塚孝治)、3章(谷畑勇夫)。
- [2] K. Yoneda, H. Sakurai et al.; Phys. Lett. B 499, 233 (2001)



海洋深層における鉛直乱流拡散率のグローバルな時空間分布の解明に向けて

日比谷 紀之 (地球惑星科学専攻)

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

将来の気候変動や地球温暖化を予測するには、海洋の長期変動を精度よく再現できる熱塩海洋大循環モデルの構築が必要である。しかしながら、数値モデルで再現される熱塩海洋大循環のパターンや強さは、モデル内で仮定される乱流拡散パラメータの値、特に、内部波の碎波に伴う等密度線を横切る方向の鉛直乱流拡散係数の値に依存して大きく変化してしまう。最近の数値実験の結果によれば、観測と矛盾しない程度の強さの循環場を再現するには温度躍層の下部において、全球平均で約 $1.0\text{cm}^2\text{s}^{-1}$ の鉛直乱流拡散係数が必要とされているが、実際の海洋観測から見積もられる値は、これより1オーダーも小さく、 $0.1\text{cm}^2\text{s}^{-1}$ の程度である。しかし、これら従来の乱流観測は、春から夏に、しかも東部北太平洋に集中して行われており、見積もられた鉛直乱流拡散係数を全球的な代表値と考えてよいのかどうかについては疑問が残る。

従来、鉛直乱流拡散率の観測は、アメリカ合衆国の研究者を中心にマイクロスケールプロファイラーなどの測器を海洋中でゆっくりと落下させ、水平流速の鉛直シアの微細構造を測定することによってなされてきた。しかしながら、この方法では、鉛直乱流拡散率のグローバルなマッピングは到底望むことができない。これを解決するため、筆者らは、鉛直乱流拡散に使われるエネルギーが、元々は大規模スケールにおいて大気擾乱や潮汐流などにより与えられ、それが内部波の非線形相互干渉を通じて、中・深層に存在する平衡内部波スペクトル内を乱流拡散スケールまでカスケードダウンしてくることに注目した。すなわち、このエネルギーの流れを理論的におさえることができれば、大気擾乱や潮汐流によって供給される鉛直低波数の内部波エネルギーという、より把握しやすい外力場の情報をもとにして、海洋の中・深層における鉛直乱流拡散率のグローバルなマッピングという難題が解決できるとの観点から研究を進めてきた。その結果、特に、内部波平衡スペクトルに供給される内部波の周波数が $2f$ ($f=2\Omega\sin\phi$ は局所的な慣性周波数。但し、 Ω は地球の自転角速度、 ϕ は緯度) 以上になると、内部波の3波共鳴干渉機構 parametric subharmonic instability の働きでそのエネルギーが近慣性周波数・高鉛直波数域へ効率よく輸送されるため、中・深層には鉛直スケール数 10m 程度の強い鉛直シアを伴う臨界層が発達し (図1)、これに小規模スケールの内部波が捕捉され碎波することで鉛直乱流拡散が活発化することが理論的に明らかにされた^{[1][2]}。実際、海洋観測からも、

この鉛直スケール 10m 程度の近慣性流に伴う鉛直シアの大きさと、鉛直乱流拡散の強さがスケールリングできることが示されている^[3]。さらに、筆者らは、北太平洋を対象として3次元高解像度の数値実験を行い、中・深層における鉛直乱流拡散過程への主要なエネルギー供給源となる鉛直低波数・周波数 $\omega\sim 2f$ の内部波が、中緯度低気圧や台風などの大気擾乱や半日周期の潮汐流によって励起される過程を再現した^{[4][5]}。その結果、時間的には、台風や中緯度低気圧が次々と伝播していく秋季～冬季、空間的には、海底地形の変化が激しいために振幅の大きな半日周期の内部潮汐波が発生し、さらに、中緯度低気圧によって励起された近慣性内部波エネルギーが南下してくる北太平洋の西部から中央部にかけての緯度帯 $18^\circ\text{N}-30^\circ\text{N}$ で、鉛直低波数・周波数 $\omega\sim 2f$ の内部波エネルギーが著しく大きくなることが明らかにされた (図2)。これによれば、春から夏に、主に、東部北太平洋 (図2の星印) で行われてきた従来の乱流観測は、鉛直乱流拡散率の全球的な代表値を捉えるという点からは、全く不適當な時期・場所で行われており、これらの観測によって見積もられた $0.1\text{cm}^2\text{s}^{-1}$ という鉛直乱流拡散係数は全球的な代表値としては考えにくいことが結論された。

以上の結果を踏まえて、現在、筆者らは、乱流観測の空白域といえる北太平洋の西部から中央部にかけての中・深層における鉛直乱流拡散率を明らかにするプロジェクトを進行させている。具体的には、北海道大学・水産学部のおしよろ丸 (平成12年7-8月: 図2の航路A、平成13年7-8月: 図2の航路C) および北星丸 (平成13年2-3月: 図2の航路B)、東京水産大学の海鷹丸 (平成14年1-2月: 図2の航路D) による観測航海を利用し、航走中の船舶から相当数の XCP (Expendable Current Profiler) および XCTD (Expendable Conductivity-Temperature-Depth) を次々と落下させ、北太平洋の各海域における水平流速、水温・塩分の鉛直構造を観測する。得られた結果から Gregg (1989) のスケールリング則^[3]を用いて、各海域毎に鉛直乱流拡散率を求め、その空間分布が鉛直低波数・周波数 $\omega\sim 2f$ の内部波エネルギーの空間分布 (図2) と対応しているのかどうかを調べる。さらに、従来、アメリカ合衆国の研究者により東部北太平洋で行われてきた観測結果と比較することで、北太平洋の東西における鉛直乱流拡散率の空間分布のコントラストを明らかにする。従来のマイクロストラクチャー・プロファイラーを用いた乱流観測とは異なり、XCP や

XCTDでは乱流拡散スケールを直接観測することはできない。このため、鉛直スケール10m程度の水平流速の鉛直シアーなどの情報から、スケーリング則を用いて、鉛直乱流拡散率の推定を間接的に行わなければならない点はあるが、XCPおよびXCTDともに航走中の船舶から約6分間のうちに水深約1.5kmまでの水平流速構造を観測でき、限られた時間内に広範囲の観測を行えるため、この研究課題には最適の観測方法といえる。このようにして明らかにされる鉛直乱流拡散率のグローバルな時空間分布は、気候変動をはじめ、将来の地球環境の予測に不可欠な熱塩海洋大循環モデルの高精度化に大きく貢献するものと思われる。

参考文献

[1] Hibiya, T., Y. Niwa, K. Nakajima, and N. Suginohara, Direct numerical simulation of the roll-

off range of internal wave shear spectra in the ocean, *J. Geophys. Res.*, 101, 14,123-14,129, 1996.
 [2] Hibiya, T., Y. Niwa, and K. Fujiwara, Numerical experiments of nonlinear energy transfer within the oceanic internal wave spectrum, *J. Geophys. Res.*, 103, 18,715-18,722, 1998.
 [3] Gregg, M. C., Scaling turbulent dissipation in the thermocline., *J. Geophys. Res.*, 94, 9,686-9,698, 1989.
 [4] Nagasawa, M., Y. Niwa, and T. Hibiya, Spatial and temporal distribution of the wind-induced internal wave energy available for deep water mixing in the North Pacific, *J. Geophys. Res.*, 105, 13,933-13,943, 2000.
 [5] Niwa, Y., and T. Hibiya, Numerical study of the spatial distribution of the M_2 internal tide in the Pacific Ocean, *J. Geophys. Res.*, revised, 2001.

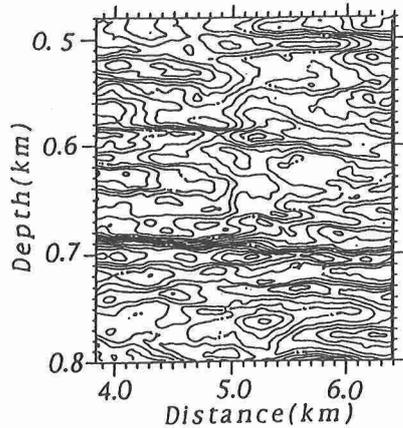


図1. 数値実験^{[1][2]}により得られた、海洋の中・深層における水平流速の空間パターン (コンター間隔は 1cm s^{-1})。内部波の3波共鳴干渉機構 parametric subharmonic instability に伴って、水平スケール5-6km、鉛直スケール数10m程度の強い鉛直シアーを伴う近慣性流が散在して形成されてくる。

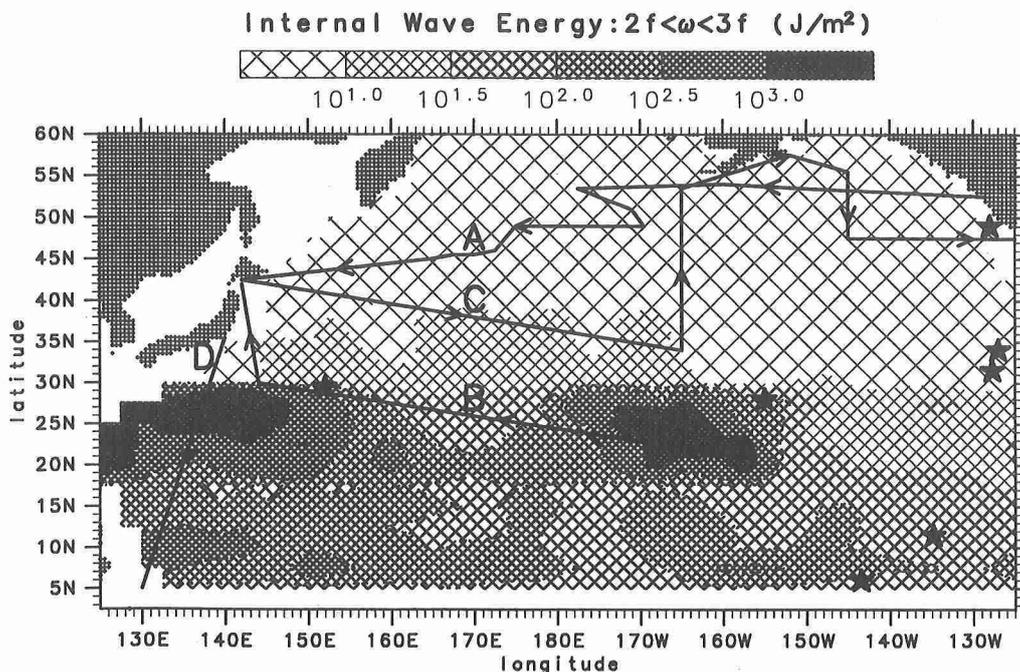


図2. 数値実験^{[4][5]}により得られた、鉛直第1モード・ $2f < \omega < 3f$ の内部波エネルギーの空間分布。A-Dは、XCP/XCTD観測の航路。星印は、現在までの乱流観測によって、鉛直乱流拡散係数の見積もりが行われてきた地点。

巻貝の殻はいかにして巻くか

遠藤 一 佳 (地球惑星科学専攻)
endo@eps.s.u-tokyo.ac.jp

「水面の渦巻き、星雲、旋じ風以外の自然界のらせんはすべて生物によって作られる」とまで言われるように、らせんは生物を特徴づける形である。その代表的な例が巻貝などの軟体動物がつくる貝殻であるが、その基本形はすべて対数らせんにかなり良く近似することができる。では、なぜ貝殻はそのような規則的ならせん形を呈するのだろうか？対数らせんでは、その性質上、ある一巻きはその次の巻きと相似形である。このことから、「貝が軟体部のプロポーションを変えずに成長しながら徐々に貝殻を付加させていくので対数らせんの形がうまれる」という説明がなされる。しかし、これでは巻くことの説明にならない。

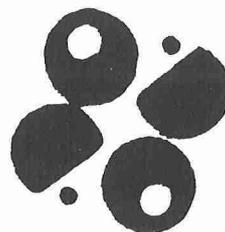
貝殻の成長については、理論形態学的な研究が先行している。ある研究者は、巻きの拡大率・離心率・転移率という3つのパラメータによってほとんどの貝殻の形を記述できると主張した。しかし、このモデルは貝殻が対数らせんで巻くことを前提にしているため、なぜ対数らせんか？という問いに対しては全く無力である。その後開発された動漂溝モデルは、対数らせんといった全体的な規則を前提とせずあらゆる貝殻の形を記述することを可能にした。また貝殻の形を表現するには、微小時間での貝殻成長を、伸びる、膨らむ、曲がるといった要素に分解して考えると見通しがよいことを明らかにした。

貝殻の概形がそれぞれの系統内で通常安定していることや、系統学的に近縁な仲間が一般に類似した貝殻形態を呈することは、貝殻の成長が大枠では遺伝的に決定されていることを強く示唆する。しかし、その発生遺伝的な機構今のところ全くわかっていない。そのしくみを明らかにできれば、幅広い多様性を示す貝殻形態の進化過程を統一的に説明できるかもしれない。また、軟体動物は化石記録が最も豊富な分類群の一つであるが、地質時

代に絶滅してしまった系統（アンモナイトとか）の進化過程についても解明の手がかりを与えるものと期待できる。

貝殻は、材質的には主に炭酸カルシウムからできており、外套上皮から分泌される有機マトリックスと、同じく外套上皮から輸送される無機イオンとの相互作用によって形成される。微小時間での貝殻成長を決定する要因として、この外套上皮を構成する各細胞の分裂、活性・不活性化、移動、細胞死などの挙動が重要であることは明らかであろう。特に、曲がる、よじれるといった要素を含む成長様式から、円周状の外套上皮を構成する細胞群には周辺より分裂速度の大きい部分が局所的に存在し、その部分が成長に伴って規則的に移動するというモデルを想定できる。このような細胞の挙動をもたらすためには細胞間のシグナル伝達が不可欠なはずで、このモデルの物質的基礎として、何らかのシグナル物質もしくはそのレセプターがある部分に局在しているという状況が考えられる。

巻貝の殻は通常右巻きであるが、中には左巻きのものも存在する。同種内で両者が共存するものを比較すると両者は内臓も含め鏡像体になっていることがわかる。このことから殻の巻きは体の左右性と関連していること、そして巻きの決定に関与していると想定される物質は、体を左右に分けた場合、そのいずれかに局在し、両者にまたがっては存在しないと予想された。そこで私は、その物質を特定すべく、淡水巻貝であるモノアラガイの外套組織より左右別々に mRNA を抽出し、サブトラクション法を用いて、左右いずれかで特異的に発現している遺伝子の探索をはじめた。現在のところ左巻き個体の左側で特異的に発現していると見られる興味深い遺伝子について解析を急いでいる。



生きた細胞内のサイクリックGMPを見る

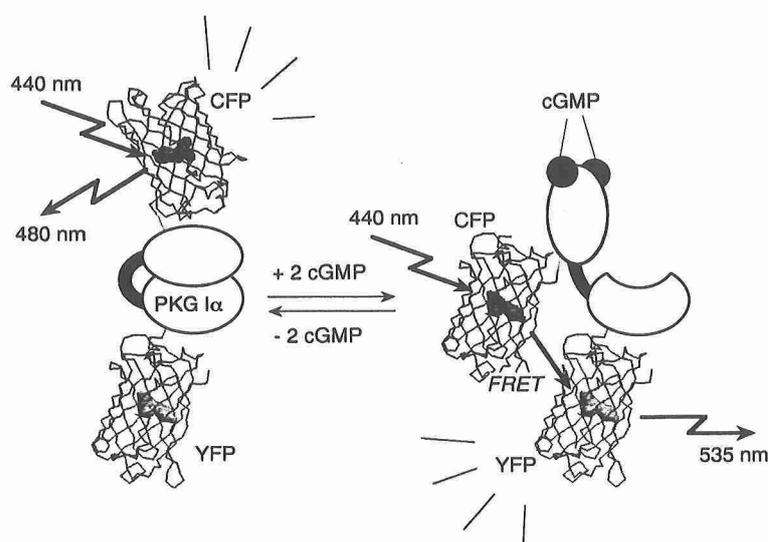
佐藤 守俊 (化学専攻)
sato@chem.s.u-tokyo.ac.jp

梅澤 喜夫 (化学専攻)
omezawa@chem.s.u-tokyo.ac.jp

生物化学研究で用いられる分析手法の多くはいわゆる破壊分析法であり、十万から百万個以上の細胞をすりつぶして、蛋白質・脂質など細胞内生体分子の定性定量分析が一般的に行われている。しかしながら、この破壊分析法には空間分解能はもとより、細胞内情報伝達が進行する数百ミリ秒から秒単位の時間分解能も期待できない。一方、生きた単一細胞レベルでの生体イオン・分子の動態・定量分析には、蛍光分子を巧妙に利用した光学顕微鏡下での可視化分析法が強力である。例えば1980年代にカルシウムイオンの蛍光性の可視化分析試薬が開発され、カルシウム濃度振動や受精卵におけるカルシウム波のような細胞内現象の発見に至っている。これは可視化分析試薬に基づく非破壊・可視化分析法が、従来の破壊分析法にはない空間分解能（数百ナノメートル）および時間分解能（数百ミリ秒から秒）を有しているからに他ならない。但し、個々の生体イオン・分子に対する可視化分析試薬の開発が必要であるため、この新しい研究開発領域が期待されている。

サイクリックGMP (cGMP) は、循環器系・脳神経系などあらゆる生体組織での細胞内情報伝達を担う生体分子であり、カルシウムなどと共に主要な第二次情報伝達物質（セカンドメッセンジャー）として位置づけられている。我々は最近、cGMPを選択的につかんで光る

蛍光分子 (CGY : シージー) を遺伝子工学的手法で設計・合成し、たった一つの生きた細胞の中のcGMP濃度が蛍光顕微鏡下で可視化分析できるようになった(図)。一酸化窒素 (NO) は細胞内にcGMPを産生させる生体分子であるが、CGYを用いることにより、NO刺激により産生されるcGMPの濃度はNO刺激濃度に対して必ずしも平行には変化せず、あるNO濃度領域ではcGMP濃度振動がおこることを見出した。現在、この新しい細胞内cGMP動態の解析をCGYを用いて行っている。遺伝子でコードされたcGMPの可視化分析試薬CGYは、有機合成した分子でなくたんぱく質から構成されている点が特徴の一つであり、この分析試薬を体中あるいはニューロンなど特定の細胞に生まれながらに有するマウスを用いて、cGMPの役割を解析できるのも近い将来のことであろう。またCGYは、「バイアグラ」のような細胞内のcGMP濃度を制御する医薬品の高速スクリーニングに貢献すると期待される。我々はcGMPを可視化分析するCGYのみならず、蛋白質のリン酸化を可視化分析するphocus (フォーカス) など、細胞内情報伝達を可視化する新しい蛍光分子を既に開発し、それらを武器に従来の破壊分析法にはない空間分解能・時間分解能で生命現象を分析・発見したいと考えている。



図：cGMPの選択的分子認識のために、細胞内でのcGMP結合たんぱく質であるcGMP依存性プロテインキナーゼI α (PKGI α)を用いた、cGMPの結合によるPKGI α の構造変化を蛍光シグナルとして検出するために、オワンクラゲ由来の緑色蛍光蛋白質 (GFP) の変異体であり蛍光共鳴エネルギー移動 (FRET) のドナー・アクセプター蛍光団として機能するCFP (シアン色) およびYFP (黄色) を、PKGI α のそれぞれN- およびC- 末端に連結した。この融合蛋白質 CFP-PKGI α -YFP (CGY : シージー) は、細胞内で産生されたcGMPに結合して分子内のFRETが増加するので、蛍光顕微鏡下で細胞内のcGMP濃度変化が可視化分析できる。

強光子場中の分子ダイナミクス研究の新展開： タンデム型質量分析法によるアプローチ

山内 薫 (化学専攻)
kaoru@chem.s.u-tokyo.ac.jp

光子場を強くし、その大きさを原子・分子の中で原子核が作るクーロン場に匹敵するほどにすると、光子場中の原子・分子内の電子は、強い交番電場である光によって外部から揺すられ、その電子状態は著しく乱され、多重イオン化を経てクーロン爆発にいたる [1-3]。

私の研究室では、フェムト秒 (40~100 fs) のパルス幅の超短パルスレーザー光により作られた強光子場中に分子を晒し、クーロン爆発によって生成した原子フラグメントイオンの運動量ベクトル分布を観測し、強光子場中の分子のダイナミクスを追跡している。実際、その運動量ベクトル分布をを2次元表示した質量選別運動量画像 (Mass-resolved momentum imaging: MRMI) を観測することによって、NO、N₂、SO₂、CO₂、NO₂、H₂O などの分子の構造が、強光子場中において大きく変化することを突き止めた。特に、3原子分子における変角方向への構造変形は顕著であり、それは、直線型のポテンシャルを持つ電子状態と変角型のポテンシャルをもつ電子状態との間でドレスト状態 (光の衣をまとった状態) が形成された結果として起こると解釈された。

しかしながら、ドレスト状態の形成とイオン化は互いに競合して起こるので、中性状態でのドレスト状態の生成が構造変形を決定付けたのか、それとも、1価イオンやさらに多価イオンの状態でのドレスト状態が構造変形を支配したのかについては区別することは困難である。

そこで、あらかじめ分子をイオン化し、特定のイオンの価数をもつ分子のみを質量選別し、それを強光子場と相互作用させることを試みた。すなわち、図1に示すタンデム型飛行時間質量分析装置を製作し、質量およびイオン価数を選別したのち、強光子場中でクーロン爆発を起こさせて、そのフラグメントイオンの運動量分布を観

測した [4]。装置の構成の概略を図2に示した。

この装置を用い、ベンゼンの強光子場内でのダイナミクスについて研究を行った。電荷を持たないベンゼンと1価のベンゼンイオンをそれぞれ強光子場と相互作用させたところ、光子場の波長が400 nmの場合、強光子場との強い結合が、ベンゼンの1価のイオンにおいて起こることが明らかとなった。しかし、波長が800 nmの場合には、2価の親イオンの生成が主たる生成物であり、電子状態間の強い結合による現象は見出されていない。このことは、強光子場の波長によって分子の応答が大きく異なることを示しており、強光子場を利用した分子制御に指針を与えるものである。

上記の研究は、科学技術振興事業団の戦略基礎研究推進事業 (CREST) によるプロジェクト「フェムト秒領域の光反応コントロール」(平成8~12年度)、および、研究科特別研究プロジェクト (広域理学プロジェクト) 「強光子場中の化学反応制御」(平成11年度~) によって行われた。

参考文献

- [1] 山内 薫、渡部俊太郎、小森文夫、吉信 淳、中島信昭、河野裕彦、染田清彦、池田研介：物性研究所短期研究会報告、物性研だより42(2000)41.
- [2] 菱川明栄、山内 薫：季刊化学総説44(2000)232, 分光研究、49(2000)62, 日本物理学会誌、56(2001)2.
- [3] 山内 薫：レーザー研究29(2001)243.
- [4] R. Itakura, J. Watanabe, A. Hishikawa, and K. Yamanouchi, J. Chem. Phys. 114(2001)5598.

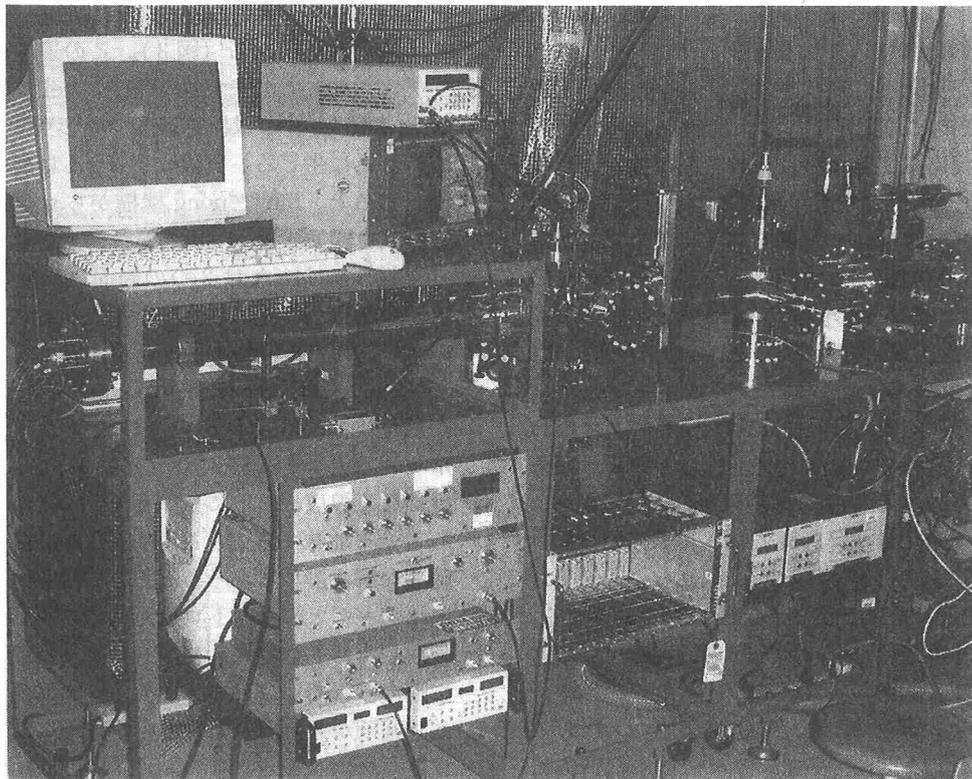


図 1 : タンデム型質量分析装置の写真

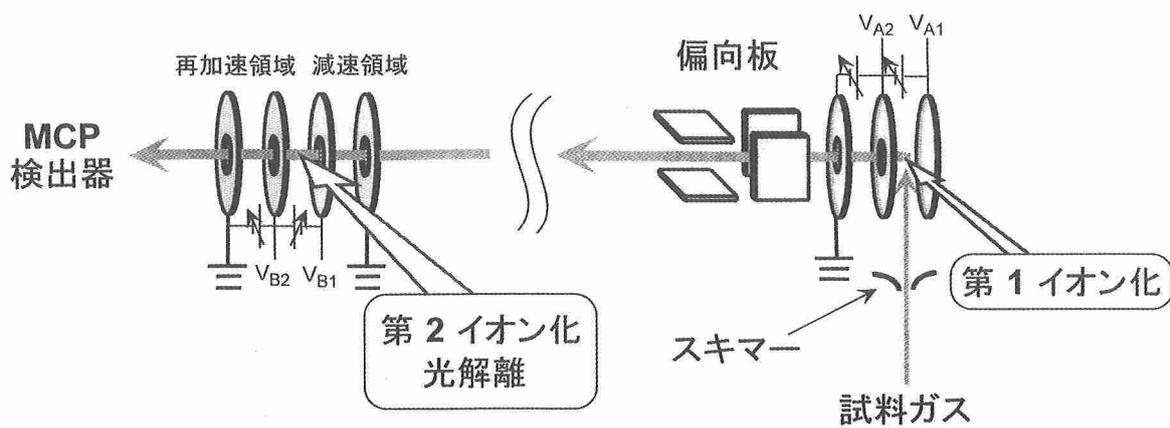


図 2 : タンデム型質量分析装置の概略図

大腸菌の酸素非感受性ニトロ還元酵素

善野修平 (生物化学専攻)
zenno@biochem.s.u-tokyo.ac.jp

ヒトに発生する癌の80-90%は環境要因が原因といわれる。芳香族ニトロ化合物は代表的な環境発癌物質の1つであり、生体内に取り込まれると肝ミクロソーム系と腸内細菌系でニトロソやヒドロキシルアミンに活性化され(図1)、結果的に遺伝子DNAに変異を誘導する。このニトロ還元反応は1電子移行(酸素感受性)と2電子移行(酸素非感受性)する還元酵素により触媒される。酸素感受性の還元酵素はニトロ基をニトロアニオン遊離ラジカルに変換し、間接的に活性酸素を生成し(図1の点線領域)、酸素非感受性の酵素は酸素感受性酵素と競合して、ラジカル発生を抑制する。肝ミクロソームでは、ニトロ還元活性の大部分はDT-ジアホラーゼと呼ばれる酸素非感受性のNAD(P)H-FAD酵素により担われているが、腸内細菌のニトロ還元活性はどのような酵素蛋白に依存するのかは最近まで不明であった。我々は消化器系の発癌への関与が疑われている大腸菌のニトロ還元酵素群の全貌を明らかにすべく、それらの遺伝子および遺伝子産物の解析を進めてきたので、以下に紹介する。

大腸菌の酸素非感受性ニトロ還元酵素活性は1つのメジャーな成分(NfsA)と2つのマイナーな成分(NfsBと未同定)から成る。その内の2つであるNfsAとNfsBは共にDT-ジアホラーゼとは構造的に全く異なる新しいタイプのNAD(P)H依存性FMN酵素であったが(文献1, 2)、その構造の様相は巧みに異なっていた。NfsAとNfsBではお互いに配列相同性が殆ど見いだされず、2次構造上でもNfsBのhelix Gに対応する領域はNfsAで欠失し、その逆でNfsAのhelix IJKに相当する領域はNfsBに存在しないという違いがあった(図2)。一方、それらの立体構造はFMNを挟み込んだ2量体で非常によく似た構造を呈するように見えるが(図3;文献3, 4)、活性ポケット

に注目してみると、NfsAでは1つのサブユニットから成るのに対して、NfsBでは2つのサブユニットを必要とすることが分かる(図3)。この違いは各々反対側のサブユニットに由来するNfsB helix GとNfsAのhelix IJKが、2量体構造上で同じ空間位置に配置されている為に生じる。実際に、NfsAは酸素添加酵素と共役させると、ping-pong機構からsequential機構に反応様式を変換するので、単量体酵素としても機能しえる(文献5)。NfsAは2つの局面(単量体と2量体)の活性型状態が存在するという観点から大変興味深く、その単量体の立体構造解明が待たれるところである。

NfsAとNfsBを機能面からみると、補酵素フラビンを活性中心とする反応特異性の極めて広いDT-ジアホラーゼと類似しており(文献1, 2)、実際に細菌だけでなく線虫やヒトにもNfsA/NfsBホモログが存在することを加味すると、NfsA/NfsB蛋白ファミリーは広範囲な解毒酵素であろうと推測できる。近年、DT-ジアホラーゼと細菌ニトロ還元酵素の反応特異性の違いを利用したニトロ制癌剤やニトロ抗生物質の開発が精力的に進められているので、今後、プロドラッグとしてのニトロ薬剤が癌や多剤耐性菌の特効薬と成り得る日も、そう遠くないかもしれない。

参考文献

- [1] Zenno, S. et al.(1996) J. Bacteriol., 178: 4508.
- [2] Zenno, S. et al.(1996) J. Biochem., 120: 736.
- [3] Kobori, T. et al.(2001) J. Biol. Chem., 276: 2816.
- [4] Parkinson, G.N. et al.(2000) J. Med. Chem., 43: 3624.
- [5] Zenno, S. et al.(1998) Biosci. Biotechnol. Biochem., 62: 1978.

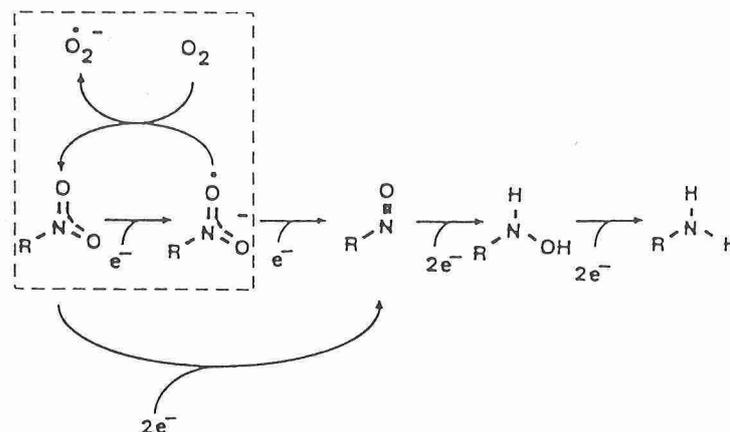


図1 芳香族ニトロ化合物の還元。Rはベンゼン、フラン、イミダゾールなどを示す。

```

          aaaaaa * * *          aaaaaaaaaa *          bbbb aaaaaaaaaa          * aaaa bbbbbb
NfsA:MTPTELICGHRIRHT-DEPISEAREAINSARATSSSSFLCSSIRTDKALREELVLT-----GGQKHVAQAEFWFCAD-----
NfsB:-MDISVALKRTKADASKKLTPAEQKTLQYSPSSTNSPWHFIVASTEGKARVAKSAAGNYVVFNERKMLDSHVVPCAKTAMDDVW
          aaaa * * *          aaaaaaaaaa * aaa          bbbb aaaaaaaaaa          aaaaaa bbbbbb aaa
          * *
          aaaaaa          aaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa          bbbb**          aaaaaa          bbbbbb
NfsA:FNRHLQI--CPDAQLGL-----AEQLLGVVDTAMMAQRAIAAESLGIGGYGELRNNIEAVTKLLKPOH-VLEIFG
NfsB:LKLVVDQEDADGRFATPEAKAANDKGRKFFADMHRKDLHDDAEWMAKQVYLVNGFFLGVAALGIDAMPEFD--AAILDAEFGKEGYTSLVV
          aaaaaaaaaaaaaa          aaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa          aaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa          bbbbbb          aaaaaa          bbbbbb
          *
          bbbb          * *          aaaabbb          helix I          helix J          helix K
          aaaaaaaaaa          aaaaaaaaaa          aaaaaaaaaa          aaaaaaaaaa
NfsA:LCLWPA-----DNPDLFRIASLVHENSYQPLDKGALAQYDEQLAEYLTRGSNRRDTWSDHIRRTIIKESRPFILDYLHKQGWATR 240
NfsB:VPVE-HHSVEDFNATLPSELONTLTV----- 217
          bbb          aa          * *          aaaabbb

```

図2 NfsAとNfsBの1次構造及び2次構造の比較。一致するアミノ酸は黒地に白文字で表示。aはαヘリックス、bはβストランドの領域を示す。*はFMNと水素結合しているアミノ酸。

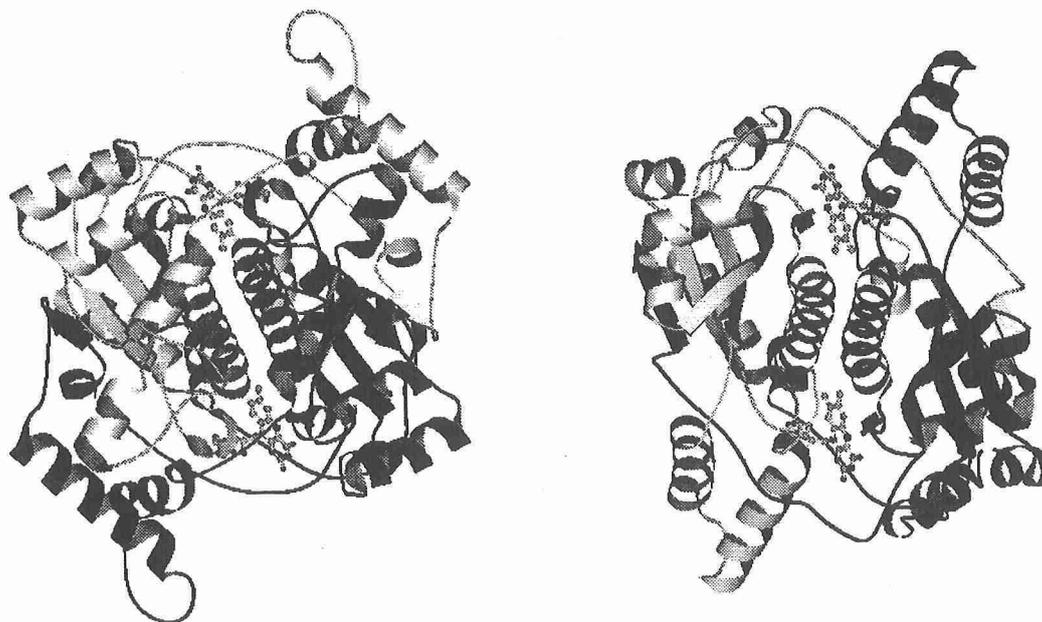


図3 NfsA 2量体とNfsB 2量体の立体構造。NfsAを左側に、NfsBを右側に示す。各サブユニットはグレーと黒のリボン表示で色分けした。

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11月29日と2001年2月1日に小間研究科長、植田事務長他と理学部職員組合(理職)との間で定例研究科長交渉が行なわれた。2月1日は開催に当って、新執行部の自己紹介を行なった。交渉の主な内容は以下のとおりである。

1. 昇格改善等について

11月の交渉で理職は、2001年度に向けた技術職員・図書職員の昇任・昇格の申請時期を尋ねた。事務長補佐は昇任申請は2月初め、昇格申請は3月中旬が本部の締め切りであると答えた。

<事務職員>

11月の交渉で理職は、教室系の事務室主任の半数以上が、50代の女性で、4級におり、定年時やっと5級という低い待遇にあるので、理学部としての改善策を示していただきたいと訴えた。科長は引き続き昇格改善に努力したいと答えた。

2月の交渉で理職は、事務職員の昇格要望書は昨春秋に提出済みであると述べた上で、事務の業務が大変になっている割にポストが増えず、また定員削減もあり、健康を害する恐れもある実情を訴え、事務職員の昇格改善の具体策について質問した。科長は、理系としては4月からできる情報理工学研究科のことも念頭において、事務部制を敷きたいと考えており、ポストの実現に引き続き努力する旨回答した。

<図書職員>

11月の交渉で理職は、図書職員の昇格問題に関して、東職の図書館部会で作成した資料を科長へ手交し、東大図書館職員の待遇について現状を説明し理解を求めた。資料によると、全学で230名中、約6分の1の39名が役職につかない5級の高位号俸者であり、その9割が女性である。定年1年前の6級昇格まで10年間5級のまま放置されている現状があり、年々高位号俸化が著しくなっている。これは全国の大学でもほぼ同様である。理職は、スタッフとしての処遇を受けるために、ラインに乗らない専門職の設置を全国的に要求してきた経過を説明した。また、文人給の6級の推薦基準に相当する東大図書館職員の具体的な職務内容を記した資料、専門職員設置への説得材料として、新しく情報リテラシー教育に注目した資料もあわせて科長に手交した。

また理職は、理学部の図書職員について、14名(掛長1名、役につかない職員13名)の内、半数以上が50才以上5級の高位号俸者で、うち3人が3年以内に定年を迎える現状について説明し、東大図書館職員の平均よりも著しく高位号俸化しており、先細り状態で昇格の展望が見えないと訴えた。理職は異動などの方法では根本的な処遇改善につながらないことを指摘し、図書職員の待遇改善のためには専門職員ポストを多くつけていただきたいと要望した。科長は、専門職員での処遇改善は正しい方向だと思う、人事院にどう理解してもらうかが問題だと述べた。また科長は、新たな定員削減と関連して、技術職員の場合には定年者を機械的に当てはめることはしないことにしたが、図書職員についても同様に考慮したいと述べた。

理職は、図書職員について、定年が近い人の昇格改善のために、定年1年前の6級昇格を2、3年前まで前倒ししてもらいたいことと、来年度定年になる職員が定年1年前には確実に6級昇格するようにと要望した。また理職は、今年度5級昇格した定年が近い職員の早期6級昇格を要望した。事務長補佐は昇格には最低2年の在級が必要だが、定年1年前には丸2年になるので推薦できると述べた。2月の交渉で理職は、図書職員について昇格要望書を手交し、11月に要望した点について強く念を押した。事務長は承知したと答えた。

<技術職員>

2月の交渉で、理職は1月に提出した技術職員の要望書リストの中で、特に、5級昇格が大幅に遅れている民間からの中途採用者について、2000年度に行なわれた文部省と全大教との交渉で、文部省が『中途採用者の在級年数については各機関で弾力的に運用できる』と述べている点を指摘し、理学部としても強く推薦してほしい旨申し入れた。また、6級昇格の団塊の世代の溜まりこみについて、他部局と同様に理学部としても引き続いての取り組みを要請した。さらに、7級昇格についても、今までどおり定年2年前の実現を要望した。これらに対し、事務長は条件を満たしている職員は推薦すると回答した。

理職は、1月29日に開かれた技術委員会の結果について尋ねた。事務長は、平成12年度の昇格状況の報告と来年度に向けた技術専門官と技術専門職員の検討を行ない、専門官には現在6級の3名を推薦し、専門職員には4級昇格該当者を1名推薦したと答えた。また、技術委員会では昇格について討議する場所ではなく、これについては技術部長と事務長が協議して推薦すると述べた。

2. 国立大学の法人化問題について

11月と2月の交渉で理職は、文部省の「検討調査委員会」、東大の「UT21会議」等の状況、および今後のスケジュールについて尋ねた。科長は、文部省の「検討調査委員会」は、2001年6月頃に中間報告をまとめ、2002年3月には最終報告をまとめることになるとの見通しを述べ、報告の内容に大学側の意志を反映させるためには、少なくとも2001年3月までに東大の意志を固める必要があると述べた。また、東大の「国立大学制度検討会」は総長の私的諮問機関であったが、「UT21会議」は評議会の下に置かれ、東大としての正規の意志決定をするためのものだと答えた。

11月の交渉で理職は、文部省が通則法に近い線を考えているのではないかと尋ねた。科長は、総長も国大協も通則法には反対であり、文部省も100%通則法でいいとは思っていないが、通則法から大きく変更するとなると、関連する法律をすべて変更する必要が出てくる、その点では文部省の姿勢が問われると思う、と述べた。科長はまた、我々としては大学の財政と人員の保障を考えて訴えていきたいと述べた。

科長は、2月の交渉において、「UT21会議」は全学部長、研究所長、センター長等で構成されており、二つの大きな委員会にまとめられていると述べた。

一つは法人化に向けての基本的な条件を議論する委員会で、法律案の形でそれをまとめようとしている。二つ目は大学憲章を作る委員会である。前者は、大学として5つの譲れない点をまとめているが、評議会を経た後、全学に意見を求めることになるだろうと述べた。科長はまた、法律案には、総長選出を従来の選挙による方式で行なうことなどが盛り込まれる予定で、自民党案や通則法とは大きく異なると述べた。また科長は、財政面でも運営費(人件費が含まれている)を安定化させるための保障が必要であり、私的見解としては設置審議会で決められる学生数・大学院生数を根拠に算出すべきだろうと述べた。

科長は、憲章に関しては、東大の教育研究の方針、キャンパスの運営は全学で行なうこと、差別しないなど人権宣言的なこと、情報へのアクセス権のこと、等が盛り込まれる予定だと述べた。また、憲章は少し時間をかけて検討すべきだと思うと述べた。

理職は憲章とはどのようなものか、また他大学にもあるかと尋ねた。科長は、最近憲章を作った大学がある、東京大学が憲章を作るなら、東京大学の特徴を盛り込んだものにすべきだと答えた。理職は、大学には組合のような健全な批判勢力が必要で、憲章にはそのようなことも書いておくべきだと述べた。

11月の交渉で理職は、「UT21会議」に、助手や職員

「UT21会議」ではホームページを立ち上げ、大学構成員から意見を書き込んでもらう予定であり、助手や職員の方々も意見を出すことができると述べた。

2月の交渉で理職は、「UT21会議」のホームページの意見投稿ポストについて、他にどんな意見が出ているかがわかるように改善してほしいと訴えた。科長は、何らかの改善は必要だと思うが、すべての意見を生の形でオープンにすべきかどうかは検討を要すると答えた。

理職は、学生・大学院生も大学の重要な構成員であるが、彼らから公式に意見を聞く予定はあるかと尋ねた。科長は、今のところ考えられていないが、学生の意見を聞く適切な手段があればそうすべきだと思うと述べた。理職は今後とも情報を広く流すようにしてほしい旨要望した。

11月の交渉で理職は、理学部の企画委員会で議論されている評価システムの問題について、法人化問題と関連があるかと尋ねた。科長は、法人化の問題とは関係がなく、法人化になった場合には再検討が必要となるだろうと述べた。理職は、評価システムには難しい問題が含まれていること、特に辞職勧告をちらつかせるなど脅迫的なやり方は、大学の自由な雰囲気は損ない、活性化とは逆効果になる危険性があると訴えた。科長は、研究業績などの情報をホームページで公開すること、人事は原則として公募で行なうこと等の穏やかな方針が検討されていると述べた。ただし、ずっと東大のみで昇任させるような人事は避けるべきだとの意見は強いと述べた。

3. 定員削減について

2月の交渉で、理職は、第9次定員削減分の2001年度の3名は定年者2名と退職後の補充なし1名で当てると聞いているが、2001年度は第10次の初年度にも当り、その他職員3名の割り当てが来ており、これらをどのように処理するか尋ねた。事務長は、定削は2001年度初めに行なうので、第9次の最終年度はなくなり、2001年度は教官2名、その他職員3名の定削について対処すると答えた。

理職は、定削とのからみで、再任用はどのように取り扱うのか、再任用についての文部科学省の方針は出たか尋ねた。事務長は、再任用は、定員をいったん退職させてから行なう、フルタイムは定員枠を使う、定削分は減らす、再任用についての正式な文書は来ておらず、事務として勉強中であると述べた。

また、事務長は再任用は年金の関係で1年限りであり、年金支給開始年齢が伸びるにつれて再任用期間も伸び、それは3年ごとに状況が変わると述べ、職員の再任用は国立大学全体の問題なので、文部科学省からの通達を待っているところだと述べた。

理職は定員削減と専攻の定数との関係を質問し、科長

は選考のユニット計算は人事委員会で見直すことになるだろうと述べた。

4. その他

2月の交渉で、理職は理学部の概算要求の内、1号館二期工事の結果について尋ねた。科長は柏の建物も認められず、本郷はより難しい状況にあるとの認識を持っており、2001年度は東大としては柏に力を入れざるを得ないと述べた。理職は柏の引越しスケジュールについて尋ね、科長は先端生命科学専攻が今年(2001年)5月と11月に分けて完全移転すること、柏の合同事務部は概算要求が認められたが、新領域の全てが引っ越しわけではないので事務は暫く理学部旧1号館の中にあるだろうと述べた。

理職は情報理工学研究科が立ち上がった後の職員の定員管理について質問し、科長は理学系と工学系の各専攻に属していた定員がそのまま移るが、工学系の一部の学科では問題も生じていること、本部から一部定員がもらえるように要求中であると述べた。また、科長は、情報理工学研究科として将来的には本郷で1箇所にとまるだろうこと、情報理工学研究科にも定削は来ていると述べた。

理職は本部への人事事務集中化について概算要求中と聞いているが、2001年度より始まるのか尋ねた。事務長は、それはかなり前から決まっており、2001年度に中央事務から1名取られること、事務合理化策の3年計画の最終年度であり、3名取られる部局もあると述べた。

理職はこのような減員で部局事務の円滑な運営が果たして可能かと尋ねた。科長は、学部長会議でも問題となっており、ネットワークの充実を図って対処するしかないと考えていると述べた。

理職は、学内広報の1203号(2000.12.18発行)の記事内容について科長が承知しているかを尋ねた。学内広報の紙媒体の発行部数が激減し、インターネットでの閲覧を勧められているが、忙しくて開いてみる時間のない人が多いこと、今回の問題点は、広報委員会が実名を挙げられた専攻に対し、事実確認を怠ったまま、記事として掲載したところにあることを指摘した。科長は、広報委員会の不手際を認め、早急に何らかの場所で理学系として抗議すると答えた。

また、理職は、紙媒体による配布希望者には配布できるように申し入れできないか尋ね、科長は検討すると述べた。

理職は、これまで届いていた広報が1191号以降止まっている事を伝え、配布の継続を申し入れ、事務長は了承した。

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
情報	講師	小林直樹	13. 1. 1	昇任	東京工業大学助教授へ
化学	助教授	澤村正也	13. 1.16	〃	北海道大学教授へ
スペクトル	〃	岩田耕一	13. 2. 1	配置換	化学から
生化	講師	武藤裕	13. 2.18	復職	

(助手)

所属	官職	氏名	発令年月日	異動内容	備考
化学	助手	板倉隆二	12.12.16	採用	
ビッグバン	〃	白水徹也	〃	配置換	物理から
化学	〃	小林潤司	13. 1. 1	採用	
〃	〃	平岡秀一	13. 1.16	〃	

(兼任)

所属	官職	氏名	発令年月日	異動内容	備考
情報	講師	小林直樹	13. 2. 1	兼任	13.3.31まで

(事務官)

所属	官職	氏名	発令年月日	異動内容	備考
物理	事務官	常行晴美	13. 2.22	育児休業	13.12.26まで
〃	〃	勝見順恵	〃	臨時的任用	13.12.26まで

博士（理学）学位授与者

平成12年11月13日付学位授与者（2名）

種別	専攻	申請者名	論文題目
論文博士	情報科学	高野明彦	関数プログラムの融合変換
課程博士	地球惑星科学	藤川暢子	飛行時間法を用いた上層大気測定用中性ガス質量分析器の開発

平成12年12月11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	物理学	鳥井寿夫	ルビジウム原子気体のボース・アインシュタイン凝縮体の生成および原子波干渉計への応用

平成13年1月29日付学位授与者（2名）

種別	専攻	申請者名	論文題目
論文博士	物理学	竹谷純一	スピンパイエルス物質 CuGeO_3 とその Mg 置換系の熱伝導
課程博士	生物科学	安部隆史	真正粘菌変形体の老化に関わるミトコンドリア DNA の部位特異的一本鎖切断の分子機構

平成13年1月31日付学位授与者（2名）

種別	専攻	申請者名	論文題目
課程博士	物理学	小池正史	ニュートリノファクトリーによるレプトンの T および CP の破れの探索
課程博士	物理学	室裕司	CeTX_3 (T=Rh, Ir; X=Si, Ge) における近藤効果と結晶場に関する研究

編集後記

新しい世紀も始まって理学部の広報活動も変化する必要に迫られています。平成13年度からはホームページを十分に活用した広報活動が行われることになると思います。これまでのようなプリントアウトによる理学部広報がこれからも必要かどうか検討の必要があるでしょう。ホームページを活用すれば広報活動の対象者も世界中の、科学者、学生に広がるわけです。特に、世界中から有能な若者を学生、院生として東京大学理学系研究科に迎えるために理学部の広報活動に期待される役割は大きいと思います。今後とも皆様のご支援、御協力をよろしくお願いいたします。

杉浦直治（地球惑星科学専攻）
sugiura@eps.s.u-tokyo.ac.jp

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
