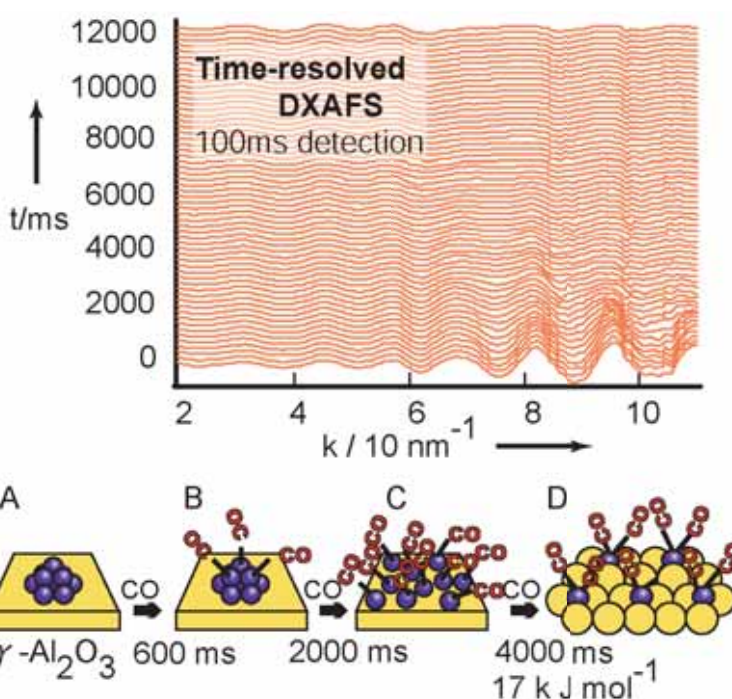


# 東京大学 理学系研究科・理学部ニュース

35巻4号 2003年11月25日発行

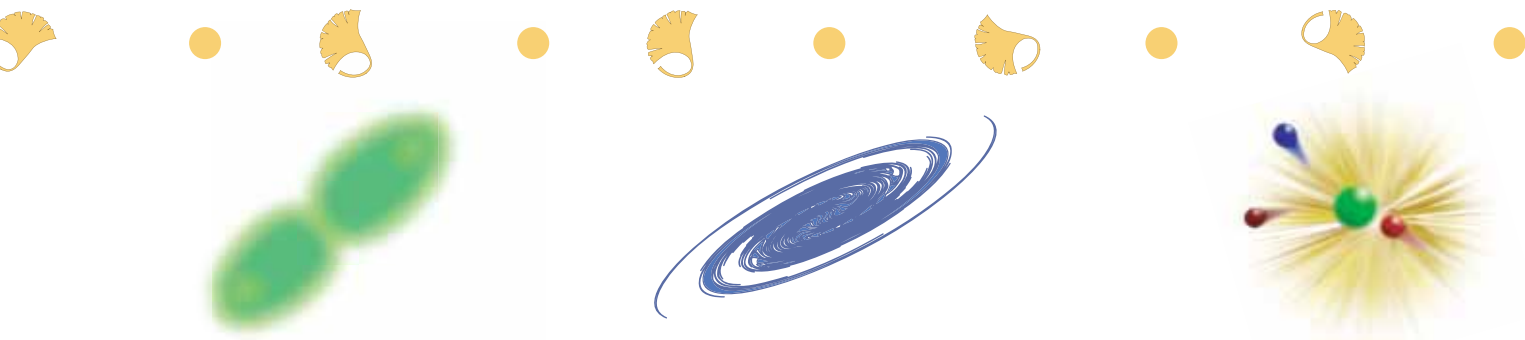
<http://www.s.u-tokyo.ac.jp/>

理学系研究科・理学部ホームページ  
<http://www.s.u-tokyo.ac.jp>  
と連携しています。



Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 表面上のロジウムクラスター (Rh<sub>9</sub>) が、CO 分子の吸着によりバラバラになって表面を拡散して、最後にモノマーになる構造ダイナミクスを、100 ミリ秒の時間分解 DXAFS 法により追跡に成功した。

(関連記事 → 本誌 P.4)



# 目次

## サイエンス・ギャラリー

- 本学名誉教授の西島和彦先生が平成 15 年度の文化勲章を受章 . . . . . 3  
江口 徹 (物理学専攻)
- 岩澤教授、平成 15 年秋の紫綬褒章を受章 . . . . . 3  
西原 寛 (化学専攻)
- 時間分解 X 線吸収微細構造 (XAFS) 法によるナノクラスター触媒の構造追跡  
- 世界最高の時間分解能と解析精度 - . . . . . 4  
岩澤 康裕 (化学専攻)
- 化学専攻の中村栄一教授が第 55 回日本化学会賞を受賞 . . . . . 6
- 化学専攻の西原寛教授が第 20 回日本化学会学術賞 (無機化学・分析化学部門) を受賞 . . . . . 6

## 博士学位取得者・人事異動

- 東京大学理学系研究科・博士学位取得者一覧 . . . . . 7
- 人事異動報告 . . . . . 7

## 研究ニュース

- 望遠鏡ものがたり 1 クエーサーを狙うマグナム望遠鏡 吉井 譲 (天文学教育研究センター) . . . 8
- 研究室探訪 第五回 空間を斬る! (河野 俊丈教授、数理科学研究科)  
茂池 圭一 (物理学専攻) . . . . . 12

## トピックス

- 平成 15 年度理学系研究科技術シンポジウム実施される 櫻井 康子 (生物化学専攻) . . . . . 22

## 名誉教授からのご意見

- 独立法人となる大学 海野 和三郎 (東京大学名誉教授) . . . . . 23

## 本学名誉教授の西島和彦先生が平成 15 年度の文化勲章を受章



本学名誉教授の西島和彦先生が平成 15 年度の文化勲章を受章されました。西島先生は 1926 年東京のご出身で本学物理教室を卒業後、大阪市立大学、米国イリノイ大学で教鞭をとられました。その後、1966 年に東京大学理学部物理学教室教授となられ 1986 年に京都大学基礎物理

学研究所に所長としてお移りになるまで本学の研究・教育に尽力されました。1979-82 年には理学部長をお務めになっています。

今回受章の対象となった「西島・ゲルマン」の法則は、1950 年代に奇妙な粒子と呼ばれた  $K, \Lambda, \Sigma$  粒子など一群の粒子の振る舞いを、奇妙さ(ストレンジネス)と呼ばれる量子数を導入することにより説明したお仕事で、あまりにもよく知られています。西島・ゲルマンの法則によれば、素粒子の持つストレンジネスを  $S$ 、バリオン数を  $B$ 、アイソスピンの第三成分を  $I_3$  とし電荷を  $Q$  とするとこれらの量の間には  $Q = e(I_3 + S/2 + B/2)$  の関係が成立します。

ストレンジネスの概念は現在では素粒子のフレーバーとして一般化され、カラーと共に素粒子のもつ最も

基本的な量子数として、現代の素粒子物理学の中心的な概念を形成しています。

西島先生はストレンジネスの導入のほかに、場の理論における束縛状態の記述や分散理論を用いた場の理論の再構成、さらに繰り込み群を用いたゲージ理論の分析などにも優れた業績を残されています。また、先生は明快な教科書を書かれることでも良く知られており、以前ベンジャミンから出版された「Fundamental Particles」や「Particles and Fields」は院生の間で広く用いられました。日本語の教科書としては「場の量子論(紀伊国屋書店)」などがあります。

西島先生は 1989 年に学士院会員となられ、1993 年には文化功労者に選出されておられます。理学系研究所・理学部を代表して、心からご受章をお祝い申し上げます。

## 岩澤教授、平成 15 年秋の紫綬褒章を受章



本学評議員で 21 世紀 COE プログラム「動的分子論に立脚したフロンティア基礎化学」拠点リーダー

である化学専攻の岩澤康裕教授が、2003 年 11 月 3 日秋の褒章発令において、学術、芸術上の発明、改良、創作に関し事績の著しい方を対象とする紫綬褒章を受章されました。

岩澤教授は永年にわたって、触媒化学・表面科学の教育、研究に努められ、また、触媒化学と表面科学を融合した触媒表面科学の新領域を切り開き、先導されています。触媒の作用機構は触媒活性点の幾何学構造、電子構造、反応分子との相互作用、反応経路の選択性など多様な因子を含んでおり、その解明は応用の重要性にも関連して基礎的研究の主要な目標となっていますが、岩澤教

授は、従来困難とされていた不均一系固体触媒の表面活性構造の設計に成功し、設計した表面及び単結晶触媒モデル表面に表面科学的解析手法を適用して、触媒作用の機構の解明に対して独創的研究を展開し、触媒基礎化学に大きな衝撃と研究のブレークスルーを与えるなど傑出した業績を挙げられました。特に、触媒反応における材料表面での原子・分子レベルでのダイナミックな動きを、複合顕微鏡等の独自に開拓された手法により瞬時に画像化・観察できることを示されたことは、新たな学問の潮流をつくられた特筆すべきものです。

## 時間分解 X 線吸収微細構造 (XAFS) 法による ナノクラスター触媒の構造追跡

- 世界最高の時間分解能と解析精度 -

岩澤 康裕 (化学専攻)

### 触媒について

最近の化学工業プロセスの 9 割近くが触媒を使って実現されており、触媒は医薬、農薬、ポリマー、ガソリンなど物質を効率よく生産することで人類社会を支えている。また、燃料電池、光環境材料、センサーなども触媒を用いてシステムが成り立っている。さらに、日本と米国において触媒が生産する製品総額は先進国は別にして一国の国民総生産に相当する程の経済貢献を持つと言われる。今後の環境、エネルギー、資源という 3 大課題を解決するために触媒の役割は一層大きいものとなっている。

このような現実的な触媒の働きは重要であることはよく認識されている反面、固体触媒の触媒作用の原理や反応の機構については驚くほど分かっていない。従って、未だ触媒表面の原子分子レベルの設計指針と方法論が確立されていないと言える。

この理由には幾つかの要因があるが、最も大きな障害は表面に分散する活性点構造の触媒反応中の時々刻々の変化を追跡する有効な手段がほとんど無いことによる。触媒反応中、触媒の表面構造は一定不変では

なく大きく変化することが多く、その構造変化と対応して触媒機能が生まれている。触媒を理解し何故どのように触媒作用が生まれるのかを理解するためにはどうしても触媒表面の活性構造のダイナミクスを明らかにする必要がある。では、どのような手段によってこの種の課題に取り組んでいけるのだろうか。

### 時間分解 X 線吸収微細構造法

X 線吸収微細構造 (XAFS) 法は触媒構造を解析する手段として優れた特長を持っている。その理由は、X 線を用いるため触媒反応条件下で測定が可能であること、局所構造を解析する理論に基づくため長周期秩序構造を持たない触媒のような分散系に適していること、結晶・粉末・アモルファス・ペーストなどどのような形態にも適用可能であること、複数の元素が混在した試料の解析もできることなどによる。しかし、通常 XAFS は平板 Si 結晶モノクロメーターを機械的に回転することで必要なエネルギー (波長) 領域をスキャンして一つのスペクトルを得ているため、一つのスペクトルを測定するのに 10 - 60 分を要するのが普通

である。従って、従来型 XAFS 法を用いて反応中の構造変化を時々刻々追跡することは困難である。

一方、湾曲 Si 結晶を用いると白色 X 線を一点に焦点を結ばせることが可能である。この焦点に試料を置けば必要な全波長領域の X 線が同時に吸収でき、つまり一挙にスペクトルを得ることが可能となる。試料によって吸収された X 線は同時に波長毎に位置敏感検出器 (フォトダイオードアレイ) に到達し強度が測定される。このエネルギー分散型 XAFS 法の原理を利用することにより、モノクロメーターの機械的回転 (波長スキャン) することなしにスペクトルを得ることが可能となる。

この原理による測定は KEK-PF の松下が報告して以来海外の幾つかのグループが研究を展開していたが、我々は 2000 年にそれまでの時間分解能を約 1 桁向上させ、1 秒ごとの触媒活性構造変化を測定することを可能とさせた。また、スペクトルの完全な解析を初めて報告した。2003 年、時間分解能をさらに 1 桁向上させ、100 ミリ秒毎に表面の分散した金属ナノクラスターの構造変化を追跡することに成功した。時



時間分解 XAFS 法は、現在、触媒自身のダイナミクス研究に唯一の手法である。

### MgO 表面上のルテニウムクラスター [Ru<sub>6</sub>C] の構造追跡

酸化マグネシウム表面に固定化した [Ru<sub>6</sub>C] クラスタ触媒は、CO/H<sub>2</sub> 合成ガスを転換し選択的にメタノール、ホルムアルデヒド及びジメチルエーテルを生成する特長を有する。この新型 [Ru<sub>6</sub>C]/MgO 触媒の CO/H<sub>2</sub> 触媒反応の初期段階を時間分解 DXAFS で追跡に成功した。

構造変化の概略を図 1 に示す。まず、[Ru<sub>6</sub>C] クラスタ骨格に 6 CO 分子が吸着（配位）し、4 秒遅れて骨格が膨れ始め、膨潤は 11 秒後までかかり、膨潤が一段落するとさらに 5 CO 分子が吸着し、約 30 秒後に [Ru<sub>6</sub>C(CO)<sub>11</sub>] クラスタが完成する。この構造が高い触媒活性を持つ。逆に、吸着 CO が反応して消失したり、脱離すると、膨潤したクラスタ骨格が縮まっていく。その過程は膨潤より約 100 倍遅い。最初に 5 CO 分子が脱離してから、時間差を置いて 5 分後にさらに 6 CO 分子が脱離し裸のクラスタになる。その後 3 分してクラスタ骨格の収縮が始まり 3 分で完結し、完全に最初のクラスタ [Ru<sub>6</sub>C]/MgO 触媒へと戻る。これらは可逆的現象である。また、図 1 には構造変化のエネルギープロファイルも示した。この種のダイナミックな構造とエネルギー情報は初めてのもので、化学結合の形成、切断の順序、時間スケール、結合距

離の変化などが直接解析できるようになり、通念とは異なる固定化クラスタの挙動が明らかになりつつある。

### Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 表面の固定化ロジウムクラスタ構造の拡散過程の追跡

アルミナ表面の分散担持された Rh クラスタが、CO 分子の吸着によりバラバラになり、最終的にモノマーまでに変化することは、20 年来、現象が知られていたがそのダイナミクスを追跡する手段がなかったために実際に何が生じているかを理解することができなかった。時間分解 DXAFS 法によりこの金属クラスタ

の表面拡散過程を追跡し、ダイナミック過程の途中に存在する中間体構造を捉えることに成功して、この種の問題を決着した。100 ミリ秒の時間分解 DXAFS と構造変化の概略図を表紙図に示した。

おわりに

本研究の主たる内容は、9 月末に新聞記者発表したもので、また、Angew. Chem. Int. Ed. の VIP Paper に選ばれた論文内容である。なお、本研究は 21 世紀 COE プログラム「フロンティア基礎化学」の下に行われた。

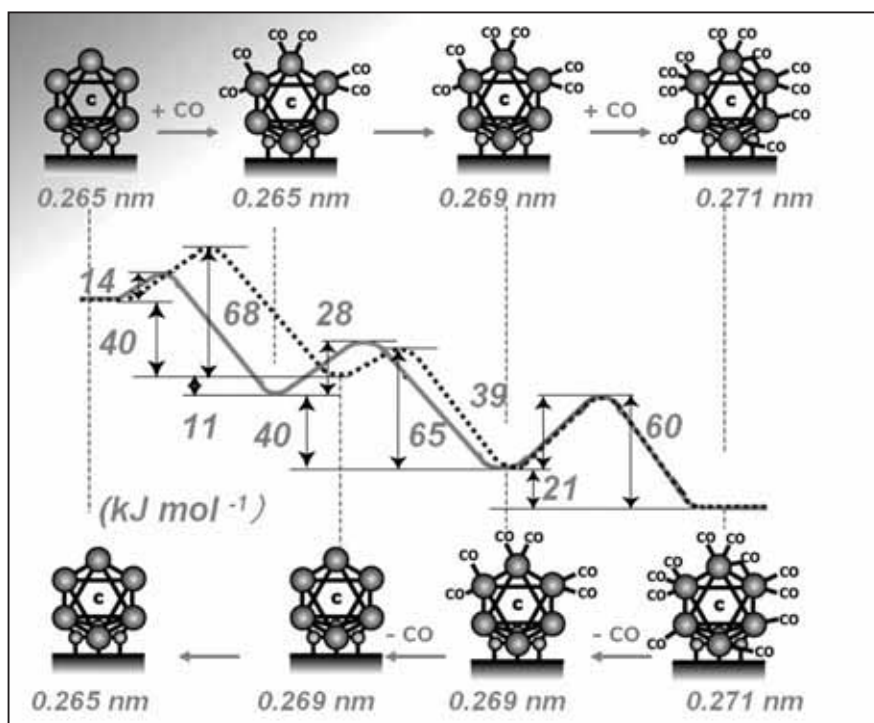


図 1 MgO 表面上のルテニウムクラスターによる CO/H<sub>2</sub> 触媒反応の初期過程における可逆構造変化とエネルギープロファイル

## 化学専攻の中村栄一教授が第 55 回日本化学会賞を受賞



中村栄一教授が平成 14 年度日本化学会賞を受賞しました。同賞は、「化学の基礎または応用に関する貴重な研究をなし、その業績が特に優秀な者」に贈呈されるもので、今回受賞の対象となった研究は「新規有機化学反応に基づく機能性分子の創製」です。

中村先生は、多種多様な有機分子を望みのままに操ることを目指して研究を行い、数多くの重要な有機反応を発見しました。その中で、有機銅化合物やカルベン活性種による炭素-炭素結合形成反応が、 $C_{60}$  やカーボンナノチューブなどに代表される炭素クラスター分子の化学修飾に極めて有効であることを示しています。これら独自の反応を用いて創り出される一群の炭素クラスター化合物は、いずれも独創的な構造を持ち、これまでに無い機能を発現します。

例えば、両腕構造を持つフラーレン分子には DNA を凝集する性質があり、現在これを利用して動物細胞への遺伝子導入法の開発が進んでいます。また、フラーレン・フェロセン複合分子を始めとする種々の

フラーレン・金属錯体は、 $C_{60}$  分子への有機基 5 重付加反応によって初めて合成の道が開かれ、超分子の興味深い現象を示すことが明らかになっています。5 つのフェニル基を持つ 5 重付加体の陰イオンは水に溶けて水中で整然と集まり、大きさの揃った層構造を持つベシクルを形成します。これは、「硬い」脂質二重膜という、これまでに存在しなかった新しい物質です。一方、長い炭素鎖を持つ 5 重付加体は、液晶としてのユニークな性質を示します。これらは、電子素子や触媒としての炭素クラスターの新たな可能性を示すものです。

中村先生の、こうした有機反応化学から機能物質科学をシームレスに繋ぐ研究に、学会の内外から益々注目と期待が集まっています。

## 化学専攻の西原寛教授が第 20 回日本化学会学術賞（無機化学・分析化学部門）を受賞



西原 寛教授が、第 20 回日本化学会学術賞（無機化学・分析化学部門）を受賞し、本年 3 月に表彰された。学術賞は化学の基礎または応用の各部門において先導的・開拓的な

研究業績を挙げた研究者に贈呈される賞で、今回、受賞の対象となった研究は、「新しい 共役錯体系の創製と多重物性・機能に関する研究」である。

〔研究紹介〕

「フォトクロミック分子」と呼ばれる、二色の光の照射で分子の構造や色が可逆的に変化する物質がある。分子メモリ、分子スイッチ、分子モーターなど、分子素子の部品として注目されている。その代表例のアゾベンゼンは紫外光を当てるとトランス体からシス体へ変化し、青色光を当てるとシス体からトランス体へ戻る。西原教授の研究グループでは、多重機能分子の研究の一つとして、

この光機能分子と面白い電子、磁気、光学物性を示す金属錯体とを融合した「フォトクロミック錯体」の創製を行っている。例えば、フェロセンをアゾベンゼンと結合した分子の場合、異性化を起こす光の色を変えることができ（緑色光を用いてトランス体からシス体にする事ができる）さらに、その分子から電子を一個抜いた状態では、同じ色の光で、可逆的に元に戻すことができる。すなわち単一光とレドックスの組合せで可逆な異性化を起こす。また発光性の白金錯体をつけたアゾベンゼン分子では、アゾ基がトランス体のときは発光が完全に抑えられ、光異性化してシス体になると発光する。すなわち光入力 光出力を分子レベルで可逆的に行うことができる。

東京大学大学院理学系研究科・博士学位取得者一覧

(2003年8月～9月)

\*は論文博士を表します。

平成15年9月16日付学位授与者(3名)

情報*	高橋 伸	視覚化、アニメーション、直接操作インターフェース作成のための枠組
地惑*	久世 暁彦	衛星搭載大気観測紫外分光計の開発とリトリバルアルゴリズムに関する研究
地惑	菊地 一佳	Madden-Julian 振動の伝播特性に関するデータ解析研究

平成15年9月30日付学位授与者(13名)

物理	後藤 友嗣	環境効果が銀河進化に及ぼす影響の解明
天文	大内 正己	すばるディープフィールドにおける銀河と大規模構造の形成史
情報	カノツハイヌ ビーナ	レーブグラフによる位相解析を用いた3次元物体の変換の研究
物理	福家 英之	宇宙線反重陽子の探索
地惑	建部 洋晶	親潮の南下と循環境界を横切る輸送に関する数値的研究
地惑	竹見(安富) 奈津子	北半球夏季アジアモンスーン域の主要変動モード：その検出と力学
地惑	高藤 尚人	融解鉄とシリケートペロプスカイト間の化学反応と濡れの振る舞い
化学	水野 克哉	メソ位を内向型ポリピリジンで修飾した新規ポルフィリンおよびそれらの金属錯体の合成と物性
化学	佐々木 和樹	単一細胞内でのAkt/PKB及びSrcによる蛋白質リン酸化の蛍光可視化プローブの開発
化学	張 燕	海洋における銀の地球化学
生科	大井 哲雄	染色体倍数性とDNA多型からみた日本列島におけるアオキの地理的分化
生科	岡 恵利佳	ベチユニアの大気汚染物質(PAN)障害及び感受性のメカニズムに関する研究
生科	多田 智子	出芽酵母 <i>Saccharomyces cerevisiae</i> の伸展活性化 $Ca^{2+}$ チャネルコンポーネント Mid1 の分子生物学的解析

人事異動報告

(助手)

所属	官職	氏名	異動年月日	異動事項	備考
化学	助手	山野井慶徳	H15.10.1	採用	
化学	助手	西野 智昭	H15.10.1	採用	
化学	助手	一杉 太郎	H15.10.1	採用	

(職員)

所属	官職	氏名	異動年月日	異動事項	備考
事務	共同利用主任	吉澤 吾郎	H15.9.30	辞職	
事務	共同利用主任	新井 信男	H15.10.1	昇任	生産技術研究所経理課経理第二掛長から
事務	司計掛	横山 隆史	H15.10.1	配置換	
事務	司計掛	山田 研市	H15.10.1	採用	
事務	経理掛	齋藤 美里	H15.10.1	採用	

## 連載シリーズ 「望遠鏡ものがたり」

望遠鏡ものがたり 1

## クエーサーを狙うマグナム望遠鏡

吉井 讓 (天文学教育研究センター)

ハワイ島の西隣に、ひょうたんの形をしたマウイ島はある。広さはハワイ島の五分の一ほどで、ちょうど佐渡島を二つ合わせたぐらいの大きさである。ひょうたんの大きな方は、ハレアカラという富士山より少し低い火山からできている。頂上には巨大な火口原があり、一九六〇年代にNASAの宇宙飛行士の訓練がここで行われたといわれ、また映画『二〇〇一年宇宙の旅』のロケーションが行われた場所とも聞く。

この標高三〇五五メートルのハレアカラ山頂に東京大学のマグナム望遠鏡はある。口径二メートルの光学望遠鏡で、国立天文台の巨大望遠鏡「すばる」の八メートルとは比較にならないが、それでも日本では二番目の大きさである。マグナムはモニター観測専用で、その種の望遠鏡としては世界最大級を誇っている。ターゲットにしている天体はクエーサーと呼ばれる、星のようにしか見えないが、

実は極めて狭い中心核領域から莫大なエネルギーを放出している、遙か遠方にある活動的な銀河である。それらは数日、数週間、長いものは数年のタイムスケールの変光が重なって明るくなったり暗くなったりしている。そ

の変光の様子を紫外線、可視光、赤外線で克明に記録する世界に例のない専用望遠鏡である。

最先端の撮像装置でも残念ながら空間分解能には限界がある。そのため、クエーサーの心臓部は依然としてベールで覆われて



図1 マグナム観測所の全景

ハワイ大学が所有する手前のドームの中にマグナム望遠鏡が設置されている。右側のコンテナは観測室で、右端の支柱は気象モニターである。左後方にハワイ島のマウナケア山頂が見える。



いるが、そこにはダスト（塵）が存在すると予想される。クエーサーの中心から出た紫外線を吸収したダストは約一五〇〇度の融解温度を越えると溶けてしまい、ドーナツ状に分布する（図3）。ドーナツの穴を通り抜けて中心から私たちの方に向かって放射された紫外線や可視光線はそのまま観測される。一方、ドーナツの方に向かった紫外線はそこで吸収され、融解温度に熱せられたダストから赤外線が放射される。つまり、紫外や可視の明るさが変わると、それがドーナツに到達する時間だけ遅れて、赤外で変光する。

まずは、クエーサーと同様に中心領域が強い活動性を示す、比較的近傍にある活動銀河 NGC4151 のデータを見ていただく（図4）。可視光域で減光してから増光に転ずると、予想通りに、遅れて赤外で同じような変光が起こる。可視と赤外の変光曲線を時間軸に沿って横にずらすとほぼ完全に重なり合うのがわかる。この遅れは相対誤差5%の精度で48+2-3日と決定され、ドーナツの内径は光の速さでそれだけの日数を要する距離と見積もることができる。その場所でダストを融解温度に熱するに必要な、銀河中心領域からの光度を求め、見かけの明るさと比較すれば、この銀河までの距離がわかる。多波長、測光精度、観測頻度

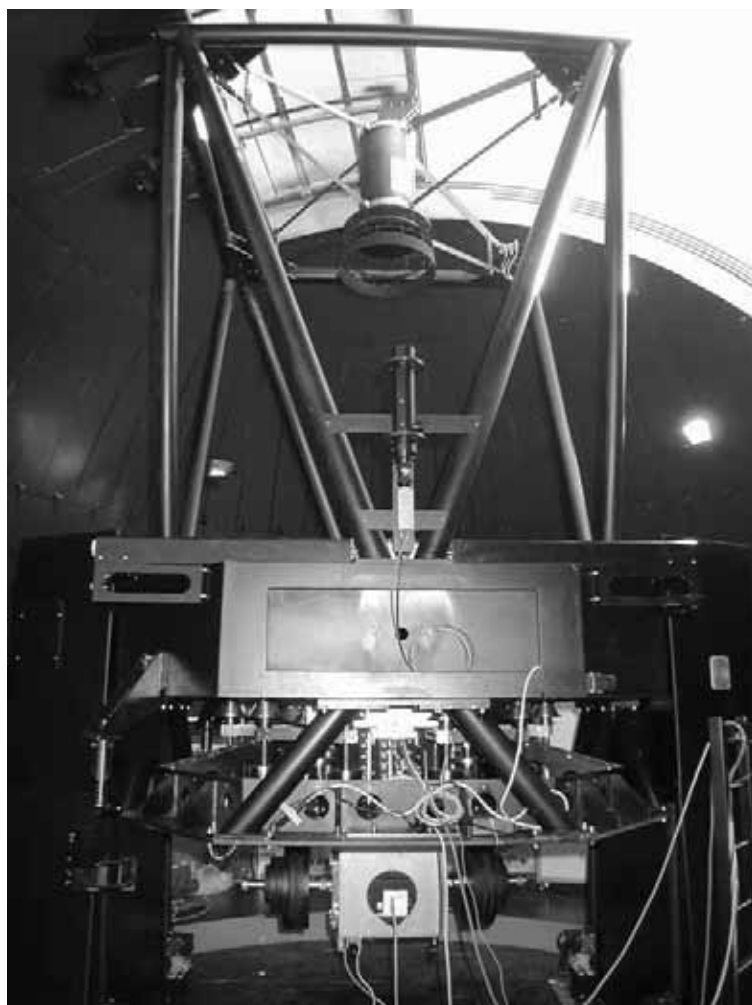


図2 ドーム内に設置された口径二メートルのマグナム望遠鏡

Spec	
主鏡口径	2 0 2 c m
主鏡 f 比	1 . 7 5
合成 f 比	9
光学系	リッチークレチアン式
視野	3 3 . 3 分角
架台形式	経緯台
駆動方式	フリクションドライブ
絶対指向精度	2 秒角
追尾精度	0 . 3 秒角 5 分角内
結像性能	8 0 % 0 . 6 秒角内
焦点	ベントカセグレ式

の三拍子が揃ったマグナムのモニター観測ならではの威力である。サンプル数が増えると、やがて距離と赤方偏移の関係からハッブル定数や  $H_0$  などの宇宙パラメータの制限も可能となる。最終目標はこれである。

モニター観測は同じ天体を繰り返し見ることなので観測自体は単純である。それゆえ自動観測が可能で、望遠鏡はロボット化されている。夕暮れ時、ハレアカラではまるで映画の1シーンを見るかのように、自動的に

ドームが開き、彼方のクエーサーを望遠鏡が捕らえ、紫外や可視から赤外まで同時に撮像する。次々とクエーサーを捕らえ、明け方に観測を終了し、ドームを閉じる。世界で最も進んだこのハイテク無人観測所にはインターネットを通じて、機上からでもあるいは宿泊先からでも、世界中至るところからアクセスすることができる。望遠鏡が正常に作動しているかどうかを監視するだけでなく、何か不具合が起こったときには遠隔制御によ

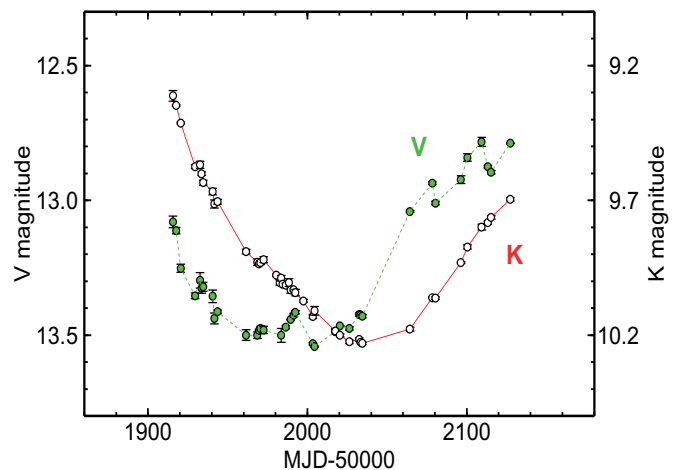
って調整することもできる。

突発現象の報を受けたときは、観測スケジュールに割り込み、追加観測を指令することも可能である。実際、私たちは二〇〇二年の一月末に出現した超新星を爆発直後から紫外、可視から赤外まで八種類の波長で同時に観測し、その明るさの変化を一年にわたって追いかけた。マグナム望遠鏡が多波長カメラを備えたモニター観測専用の望遠鏡だからできたことで、即座に対応できるという点で比類のない観測施設となっている。目



図3 クエーサーや活動銀河の中心付近の想像図  
中心核領域からは太陽の数兆倍にも及ぶエネルギーが放出されており、それを取り囲んでダストがドーナツ状に分布すると予想される。このドーナツ構造のスケールは銀河本体のおよそ百万分の一に相当する。中心には太陽の数億倍の質量をもつ巨大ブラックホールがあり、その周りの円盤から物質が落ち込むときに開放される重力エネルギーが活動銀河の莫大なエネルギーの出どころと考えられている。

図4 活動銀河 NGC4151 (約5000万光年の距離)の可視光域(Vバンド)と赤外線域(Kバンド)の変光曲線。2001年1月に試験観測を開始してから約200日間のデータに基づく。



的はあくまでもクエーサーの観測にあるが、はからずも超新星の出現によって、もう一つ、別の面で威力を発揮することとなった。

ここまで到達するにはさまざまな苦勞があった。しかし終わってみると全て良しということで、一つ一つが良い思い出であり、良い経験となった。今後のマグナム望遠鏡からもたらされる新しい結果が非常に楽しみであると同時に、今後続く種々の望遠鏡計画に声援を送りたい。

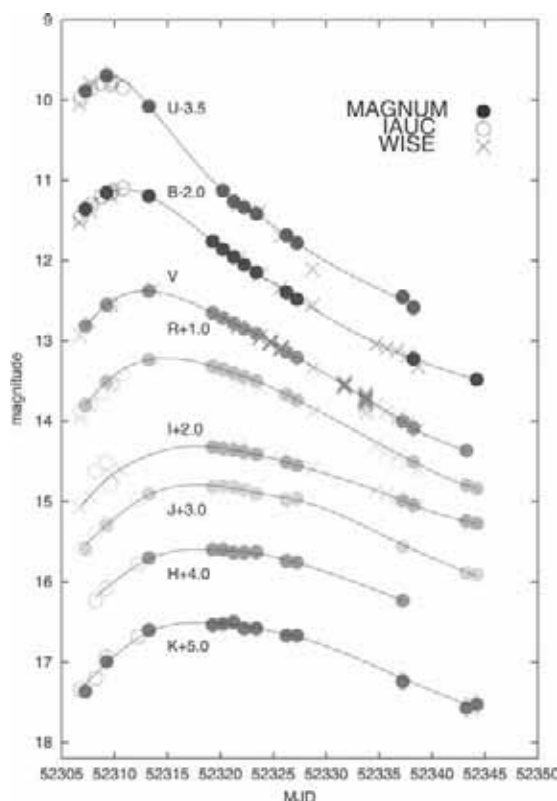


図5 近傍の渦状銀河 M74 (約 2600 万光年の距離) に出現した超新星 2002ap の 8 種類の波長域 (UBVRJHK バンド) の変光曲線。2002 年 1 月末の爆発直後から約 40 日間のデータに基づく。

## 望遠鏡ものがたり

理科年表によると、レンズを組み合わせた望遠鏡は 17 世紀初頭に、オランダの眼鏡師リッペルスハイにより発明されたとある。この発明を聞いたガリレイは、直ちに望遠鏡を製作し、月や惑星、天の川などの天体に望遠鏡を向け、人類に多くの新たな知見をもたらした。以降、天文学、宇宙の探求に、望遠鏡は不可欠の器械となり、天文学の発展は望遠鏡の発達と軌を一にしてきたと言っても過言ではあるまい。今日では、可視光だけでなく、ガンマ線、X 線、紫外線、赤外線、電波まで、広い電磁波の波長域、更には宇宙線、素粒子を使って宇宙の探求がなされるようになった。その意味において、望遠鏡の語意は天体・宇宙からの信号検出器にまで一般化されよう。天体・宇宙に関する最先端の研究が多くなされている本学でも、様々な望遠鏡が活躍している。このシリーズでは、これらの望遠鏡にまつわる話を、関係する先生達にご紹介して頂く。

柴橋 博資 (天文学専攻)

# 空間を斬る！

河野 俊丈教授（数理科学研究科 専門：位相幾何学）

聞き手：茂池 圭一（物理学専攻 和達研究室 修士課程1年）

数理科学研究科の河野俊丈先生にお話を伺った。ふと手に取った本が河野先生の数学の本だった。空間という抽象的なものを様々な理論を用いて切り裂いていく、そのようなイメージを持った。また、近年、幾何学と物理学の関わり合いが大きく、物理学を学ぶ者として非常に興味を抱いていたため、インタビューをさせてもらった。人を惹きつけてやまない数学。その魅力に迫る。





## ひも遊びの数学

**茂地** それではインタビューを始めさせていただきます。まず、先生のご専門についての簡単なお話から始めていただきたいと思います。

**河野** 私の専門は位相幾何学で、「空間」のもつさまざまな構造を研究する分野です。理論物理とも関係が深く、物理学者の仕事からも多くの刺激を受けて、研究を進めています。私が特に興味をもっているのは、ある図形の上のループ 1) 全体のなす無限次元空間の構造や、それをホモトピー 2) とよばれる関係で分類した、基本群などです。特に典型的な対象として「組みひも群」というものを研究してきました。1980年代の後半ぐらいから、そのあたりの話題について物理学者との共通の興味がいくつかでてきました。組みひも群に関連して我々が研究していた微分方程式が、共形場理論 3)

に出てきた方程式と一致したりということがあって、そのころから、場の理論 4) とトポロジー 5) との関係といった方向に研究がだんだんシフトしていった今に至っているという状況です。特に、場の量子論 4) では「無限」を扱う手法が培われていて、これを幾何学として定式化していく可能性は、まだ多く残されていると思います。

**茂地** 1980年代の後半と言われているのはウィッテンが結び目のジョーンズ多項式と場の理論についての研究 6) を発表したころでしょうか。

**河野** ええ、丁度それが1988年だったんですが、実はもう少し前から、組みひも群に関する興味からいわゆる KZ 方程式 7) の研究を行っていました。

**茂地** 共形場理論の方程式ですね？

**河野** はい、そうです。KZ 方程式のモノドロミー 8) 表現、つまり KZ 方程式の解がどういう多価

1) ある図形の上のループ

直観的には、図形の上に一筆書きで曲線を描き、その始点と終点を一致させたものをループと言う。

2) ホモトピー

連続移動、連続変形を行って二つのループが重ねることができる時、これら二つのループがホモトピックであるといい、この連続写像をホモトピーという。

3) 共形場理論

共形場の理論とは共形不変性（大雑把には角度を保存）をもつ場の理論であり、とくに2次元時空ではこの不変性が無限次元の対称性になるという著しい性質をもつ。近年、共形場の理論は、超弦理論や低次元系の物性物理学の基礎となっている。また、無限次元対称性に由来する共形場の理論の可積分性は、現代数学の多岐の分野、例えばヴィラソロ代数や量子群、低次元トポロジー、複素多様体の理論などと共形場の理論を密接に結びつけた。共形場の理論の研究は物理学・数学の多様な分野と絡み合っで発展している。

4) 場の理論、場の量子論

時間・空間の関数を場と呼ぶ。量子力学によると、場は同時に粒子でもあるので、場の理論は粒子の生成・消滅を記述する論理体系となる。量子力学と相対性理論を融合させようとする、場の量子論が必要となる。場の量子論は素粒子物理学、物性物理学に共通に重要な道具となっている。

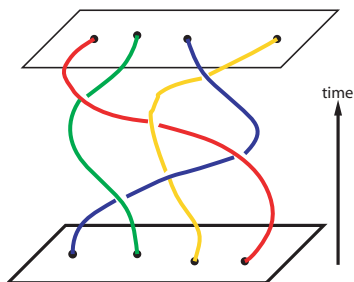


図 1.a 空間内を点が動き回る様子。縦方向に時間軸をとり、各点の軌跡を色のついた曲線で表した。

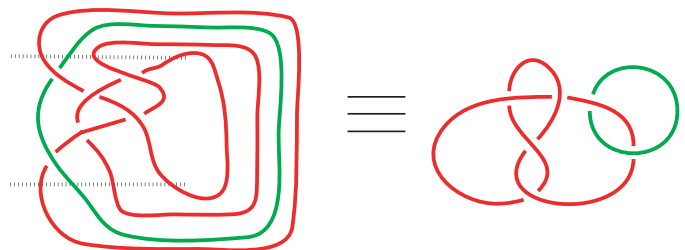


図 1.b aの図を平面に射影し、端点を結んだものが左の図。右は、それと同等な絡み目を表す。

## 5) トポロジー

空間の幾何学的性質のうち、連続的な変形によってかわらないもの。

## 6) 結び目のジョーンズ多項式と場の理論 についての研究

1980年代半ばにジョーンズによって、作用素環論の視点から発見された結び目の不変量(空間配置の異なる同じ結び目に対しては同じ量)がジョーンズ多項式である。ジョーンズ多項式に関して新しい解釈が80年代後半にウィッテンによりなされた。場の理論(特にチャーン・サイモンズ論)を用いて3次元多様体の位相不変量(多様体を特徴付ける量)との関係が調べられた。ジョーンズ、ウィッテンは共に1990年にフィールズ賞を受賞。

## 7) Knizhnik-Zamolodchikov (KZ) 方程式

共形場理論における $n$ 点相関関数(直観的には異なる $n$ 箇所の点に同時に粒子の存在する確率)の満たすべき微分方程式。

## 8) モノドロミー

あるループ(始点と終点が等しい道)に沿って関数を解析接続(関数の定義域に含まれていない領域まで解析的に関数の使える領域を広げていくこと)していくとどの位多価性(大雑把にはある $x$ に対して $f(x)$ の値が2つ以上)が見えるかということ。

性をもっているか、そういう幾何学の問題というのが量子群という概念を使って完全に書けるということを示し、1987年のフランスで開催された研究会で発表しました。そのときに、物理学者のサイドからの反応が随分あって、それを出発点として、研究の興味が広がっていきました。

茂地 今までの話ですとキーワードとして組みひも群とKZ方程式と量子群...

河野 そうですね。

茂地 そのあたりの話にもう少し説明をしていただきたいのですが。

河野 組みひもは、統計物理とも関連があって、そちらのほうの専門家から聞かれたことがあります。平面の中に幾つか異なる点があって、それが、互いにぶつかることなく自由に動き回っている。時間パラメータを垂直方向にとって点が動く様子を「ひも」で表現したものが組みひもです。

茂地 軌跡としてひもを使うということですね?

河野 そうですね(図1.a)。連続的に、上下をかえたりしないで変形して得られる組みひもは同じとみなすことにします。組みひもの両端を閉じると、いわゆる結び目または絡み目が生じ

ます(図1.b)。元来は、組みひも群の概念は結び目理論の研究のために20世紀の始めにアルティンによって導入されたものです。実は、早い時期から組みひもに関心をもったのが物理学者のディラックなんですね。ディラックのストリングゲームというのを聞かれたことはありますか。

茂地 知らないですけども...

河野 これは多価性の問題とも関連しているので、少し説明することにしましょう。図のように何本かのひもをぶら下げて、下に表裏のはっきりしたカードのようなものをつるしておく。カードを裏返したり、ひもをくぐらせたりすると、組みひもができますね。カードを $360^\circ$ ぐるっと回すところという組みひもが出来ますよね(図2.a)。

茂地 はい、はい。

河野 それから $720^\circ$ 回すところという組みひもが出来る(図2.b)で、今度この状態からカードの表裏を変えないで、ひもをくぐらせたりするだけで最初の状態に戻せるかということを考えます(図2.c)。

茂地 これが解ける場合というのは特定の場合しか解けない? 特定の場合のみ?

河野 これは実は $360^\circ$ なら解けないけれども、 $720^\circ$ なら解けるんですね。で後は同じように...

茂地 360°の奇数倍だと解けない。

河野 そうです。まさにそうなります。これは回転する運動というものを図2.dのようにベルトがついた状態で観察しているということに対応しています。回転した最後の状態だけではなくて回転していくまでのプロセスをひねったベルトで表現したと考えられる。3次元空間の向き(右手系もしくは左手系)を変えない回転全体を、SO(3)と書くことにします。360°回転は恒等変換から出発して元に戻ってくる、SO(3)の中のループを与えます。また、720°回転も同様に一つのループを与えるわけなんですけど、それは2周したようなものですね。ディラックのストリングゲームが言っているのは、一

周したのでは一点に連続的に縮める事が出来ない。

茂地 なんか変な穴みたいなものがあるって引っ掛かっている<sup>9)</sup>。

河野 そうですね。ところが、これを2周すると消えてしまう。そういう穴があるということの意味しているわけです。

茂地 それは何かスピンのほうで言うとSU(2)<sup>10)</sup>に近い構造をもっている？

河野 まさにそうですね。それからこういう点の動きだけじゃなくて、それをひもの付いた状態で考えることにより、SO(3)を二重に覆う構造が見えてきて、それが今言われたスピノル群<sup>11)</sup>というものです。

茂地 はい。

河野 80年代の半ばから終わりぐらいに、ニューヨークのC. N.

9) なんか変な穴みたいなものがあるって引っ掛かっている

回転する過程を曲線で書くと360度回転で一つのループが出来る。このループが回転する以前の0度回転の状態(回転していないので一点になる)と同値か調べるために、一点に縮めようと連続変形して行くと、ループで囲われた空間の一部に他の点と異なる性質を持つ点があり、そこに引っ掛かってしまうイメージである。

10) SU(2)

二次元複素ベクトルの長さを不変に保つような(複素空間の向きを変えない)回転の全体。

11) スピノル群

スピノル群 SO(n)をちょうど二重に覆うような群。この場合、SO(3)に含まれる元には、対応するSU(2)の元がちょうど2つあるということ。例えばz軸での回転を考える。SO(3)とSU(2)を上手く関係付けることで、SO(3)での回転角を $\theta$ とおくと、SU(2)での「回転角」は $\frac{\theta}{2}$ になる。従って、360度の回転を行ってもSU(2)での「回転角」は180度にしか達していない。従って、SU(2)でちょうど一回転するときSO(3)では2回転しなければいけない。SO(3)での回転角 $\alpha$ を指定すると、SU(2)では $\alpha$ と $\alpha+360^\circ$ の「回転」に対応した2点が現れることから、SU(2)がSO(3)を二重に覆うことがわかる。

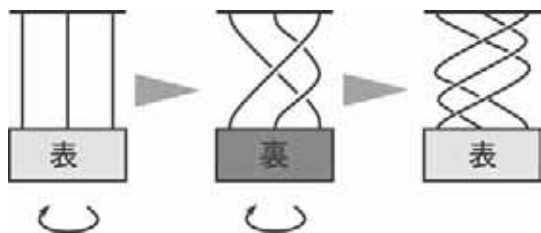


図 2.a カードを 360 度回転させたもの

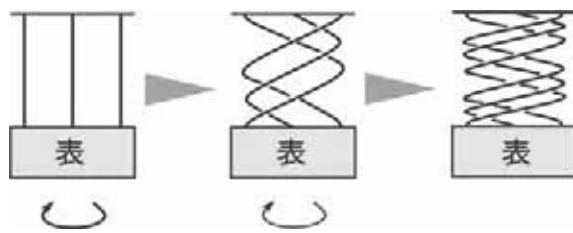


図 2.b カードを 720 度回転させたもの



図 2.c カードに対する操作の一つの例

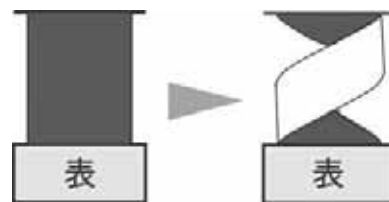


図 2.d 2.a に対するものをベルトのついたカードでの表現

## 12) リー群

リー群は大雑把にいうと、群構造(積と逆元)が定義された多様体である。例えば、複素平面上の単位円  $S_1 = \{e^{i\theta} | 0 \leq \theta < 2\pi\}$  では、 $e^{i\theta} \cdot e^{i\xi} = e^{i(\theta+\xi)}$  によって積の構造、 $(e^{i\theta})^{-1} = e^{-i\theta}$  によって逆元を定義することにより、リー群になる。

## 13) ポアソン構造をつかった量子変形

量子力学で、プランク定数  $\hbar$  を無視することができるほど大きい世界では、古典力学と同様の法則が成り立っている。古典力学でのポアソン括弧と呼ばれるものは量子力学では交換子積に置き換えられ、プランク定数を付け加える必要がある。ここでは、ポアソン構造というものに、パラメータ ( $\hbar$  に対応) を導入することで量子化を行っている。

ヤンのところで研究する機会がありました。組みひもとディラックについてのエピソードは、そのときにヤン先生から初めて伺いました。

茂地 これが具体的には量子群とどういう関係を？少し曖昧な質問かもしれませんが。

河野 量子群は、大雑把にいうと、リー群<sup>12)</sup>上の関数全体のなす空間を、ポアソン構造というものを使って量子変形<sup>13)</sup>したものです。組みひもについてはひもの交差の上下関係というのが非常に重要です。上下を忘れてしまうと単にアミダクジになってしまうので、それは対称群というものです。その対称群の行列表現というものを線形群の表現の言葉で完全に記述するというのが古典的なワイルの理

論です。標語的に言うところを“量子変形する”ことによって得られるのが組みひも群の表現とリー群の量子群の表現論の相互関係です。

茂地 物理で量子化というと連続的なものを離散化するというイメージがあるのですが、量子群で量子化といわれている場合にはあまり離散的という感じを受けないのですが...

河野 量子化という場合に、物理でも変形量子化というものがありますよね？プランク定数のようなものをパラメータと思って展開し、古典極限をとったりする話がありますね。組みひも群と量子群の場合には、パラメータそのものが連続的に出てきているんですけども、実際に

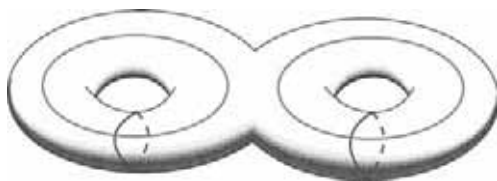


図 3.a 穴の二つ開いたドーナツ型の曲面。  
4つの独立なループが存在する。これらは滑らかな変形によって移りあうことができない。

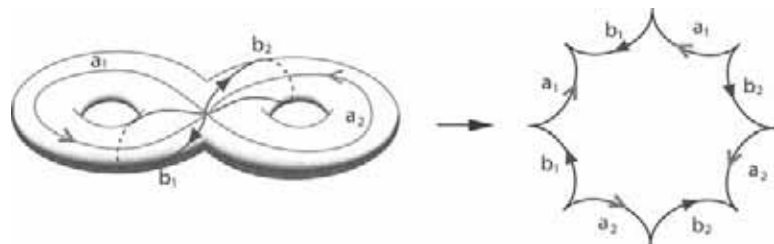


図 3.b aの曲面を切り開いたもの



これが共形場理論と結びつく状況になるとそこで離散化されるんですね。そこにでてくるパラメータというのは離散的で量子変形のなかである非常に特別な部分を抽出しているということになります。今までが大体3つのキーワードに関する話です。

## 研究のきっかけ

茂地 組みひも群、共形場理論などに関連する話題に興味をもたれたきっかけは？

河野 私の場合は、基本群といった「非可換」な情報を微分形言葉でどのように抽出するかといった問題意識が出発点となっています。少し専門的になりますけど、多様体<sup>14)</sup>のホモロジー<sup>15)</sup>は、独立なサイクルがどのくらいあるのかというような話です。これはド・ラム理論によると、閉微分形式全体を完全形式全体で割った空間として捉えることができます。しかしながら、微分形式全体というのはもっと豊かな情報をもっていて、ド・ラム理論はその「可換」な部分のみを表現していると考えられます。

図3.aに示したのは穴の二個あいたドーナツ型の浮き輪のような曲面です。ホモロジーの立場から4個の独立なサイクルがあるということになりますが<sup>16)</sup>、基本群

の方は、さらに複雑な非可換な構造を持っています。

茂地 基本群というのはループのホモトピー類を群とみなしたものです。

河野 図3.bのように切るとわかりやすいかもしれませんが、8角形の境界のループを全部合成したものが中で一点に縮むというというのが基本関係式になっています。

茂地 はい。

河野 そのような非可換な構造を微分形式の空間から抽出できないかという問題からド・ラム理論をさらに深くしたようなチェンの反復積分の理論と出会ったんですね。そういう立場から組みひもを微分形式の言葉で理解しようとすると組みひもをある多価関数の満たす微分方程式から捉えるという観点が得られます。基本群というのはトポロジカルな対象でループのホモトピーを使って表せるんですけども、実際には多価性を実現するように多価関数を非常に沢山考えてそれらの満たす微分方程式から理解するという考え方があるはずで、ポアンカレが基本群の概念を導入したときには、実はそのような視点で考えていたようです。私自身は、組みひも群をこのような立場から理解しようとしてKZ方程式に自然に到達したわけ

### 14) 多様体

多様体は曲線や曲面の任意次元への一般化。本稿では大雑把に曲面と読み替えても差し支えない。

### 15) ホモロジー

空間の中にどれくらい「穴」が開いているか調べる方法の一つ。ここでいう穴は、連続的に(曲線などを)縮めていった時にそれが一点に縮むのを妨げているものを指している。

### 16) ホモロジーの立場から4個の独立なサイクルがあるということになりますが、

図に示した4つのループは、連続的な変形によって(ただし曲面上に制限)一点に縮めることが出来ない。さらに、それぞれのループを連続的な変形によって異なるループに写すことが出来ないため独立である。例えば、図3.aの縦向きの小さなループを横向きの大きなループに移すことを試みられたい。

です。

## 数学と物理

茂地 先ほどから物理との接点があるという話ですけれども、例えば論文なんかでも物理学者と数学者では非常に書き方が異なっていると思うのですが。僕は物理学の方から読むと非常に読みづらい部分があるんですけれども。書き方が定義、定理、...

河野 そうかもしれませんね。考えてきた順序では書かないで、概念的にどのように組み立てるかということ、後から話を逆転して書いている。論理的な整合性を重視して書いているということがあります。先が見えにくいと、かえって読みにくいかもしれませんね。我々は物理の論文を読むと逆に、

茂地 違和感を感じる？

河野 ええ、定義がわからない。概念が確定しないうちにどんどん話が進んでいくので定義が飲み込みにくいというのが、多くの数学者の印象なんですけれども。それはそれでいいと思うんですよ。違う文化としての側面があるんですね。物理との関わりというのも付かず離れずで、いつも物理学者と一緒に同じ様な問題意識を持ってやっているというわけではなくて、時々全然違う文化が相互作用

を起こしてまた離れてまた別の方向へ、という繰り返したと思います。数学の方では、概念の構築を重視しますが、物理の方では思考の方法の原則といったものを多くの研究者が共有しているように思います。

例えば、「量子化」といった概念にはさまざまな定式化がありますが、それらは物理的要請から等価でなくてはいけないといった感覚です。このような同等性から数学的にも大胆な予想が生まれる可能性があることは、さまざまな例で体験してきました。違和感というのはやっぱりあったほうが面白いと思います。

茂地 なるほど。2つの分野があったとしても同じ様な方向性では効果がない？

河野 ええ。やっぱり時間的なスパンも違いますし、何十年か同じテーマをやり続けますよね、数学者は。一回出来たことでも証明を簡略化しようとしたり、概念をもっと整理して体系としてわかりやすいものにしようという努力というのが長い時間続いて、やっぱり二十年、三十年して形になっていくっていうケースが多いわけなんです。

茂地 非常に長いスパンで一つの理論体系が組み上がっていく...

河野 そのあたりの感覚の違いというのは今でも随分あると思いま

すけど。

茂地 具体的に実感された事はなにかありますか？

河野 1990年代から2000年の始めぐらいにかなり物理の研究者と一緒にセミナーをしたりしたんですけれども、2、3年でどんどん違う話題に移っていくのには、ちょっとついていけないなという感を覚えたことは時々ありました。でも、それは何年かするとまた解消されて、別の方向で接点が出てくるということがあります。

## 研究スタイル

茂地 ちょっと話は変わりますが、普段の研究生活についてどのようなスタイルなんでしょうか？

河野 今の研究室には大学院生、ポスドクが十数人、また海外からのビジターも数人います。数学の研究室というのはちょっと他の分野とは違って一つのテーマをチームで研究するという事はあまり無いんですね。一人一人がやっぱり全然違う目をもっていて、私も独立した研究者として見ています。

茂地 関連はある程度あるのかもしれませんが、十数人もの院生がやっている分野、非常に広い分野を扱うというのは大変なことだと思うのですが。

河野 それは非常に面白い事なん

ですね。数学を研究していく上では、時としては他の人と議論して、自分の研究対象が全体としてどういう位置付けにあるかということ意識することが重要だと思います。それは物理学者との話があるかもしれないし、数学の他の分野というのもやっぱりかなり違う文化をもっているんですよね。

茂地 それは、幾何と代数、解析とか？

河野 はいそうです。学生の持っている視点というのは斬新なものがあったりするわけで、かなりの時間を学生や同僚、ピジターとの議論に費やしていますよね。

茂地 そういう議論の中から新しいものを創りだしていく？

河野 ええ。議論の中から生まれたものを検証し、概念を定式化して、後でそれをひたすら書くといった生活です。時々外国の研究所で集中的に研究したり、全然別の分野の人と議論したりということも必要だと思います。

茂地 何か気晴らしのようなことをされたりとかは？

河野 趣味は結構たくさんあります。料理が好きで、よく自宅に人を招いて、料理をふるまいながら色々な話を伺うことがあります。

茂地 最も得意な料理というのは？ 幾つか挙げてもらえると。

河野 ー。結構フランスに長くいたんで。

茂地 フランス料理？

河野 主に、魚介類ですが、日本の素材に合った調理法を工夫しています。得意な料理というと魚のパイ皮包みなどです。

茂地 料理の他には？

河野 料理をする為に自宅の庭で色々ハーブを栽培したりしています。まあ、他にも色々ありますけど。最近は、天体写真の撮影などにも興味があります。

茂地 ずっと一つの事だけに集中するのではなくて、趣味とかで気晴らしをしながら研究を進めていくという感じですか、それとも…。

河野 ええ、いつも何か考えてはいるんで、他のことをやっているときに何かパッとアイデアが浮かんできたりというのは時々あるんですね。

茂地 手は何か動いているんだけど、頭の中では別のことを考えている。

河野 必ずしも机の前だけではない。随分怠けてるなぁと言う風に見えるかもしれない。

## 研究方法论

茂地 今まで大学院生からずっと研究生活を続けていらっやると言うんですけど、その中で一番苦労された事は？ つらかった時期とか？

河野 そうですね。研究を始める

当初は問題意識が非常に漠然としているわけですね。私の場合はその当時非常に流行している問題に関わったわけではなく、自分の知りたい事をやりたかったという意識がはっきりありました。ですから、研究テーマが分野として認知されるまでかなり時間がかかりましたよね。確立された理論をきちんと勉強して、時流に乗って、ある程度成果を出せば、順調に仕事はできるんだけど、やっぱりそれだけじゃなくて何か自分の核になるものを…。

茂地 何か核になって新しいものを。

河野 そうそう。だからそれで認められない時期がしばらくあったとしても、そこは我慢して。そういうステップがやっぱり必要じゃないかと思いますね。

茂地 そういう点では多少苦労が？

河野 そうですね。

茂地 逆に研究をやっていて一番良かったと思うことは？

河野 それは色々ありますが、自分の予期していなかった分野との出会いや、それを通して新しい人間関係が生まれるということだと思うんですね。

茂地 色んな人と議論が出来る。

河野 はい。しかも今まで全然違うバックグラウンドを持って人と出会えて。この数年、海

外の代数的位相幾何学の研究者と共同研究を進めています。そのような体験というのは何年か毎にあるので…。

茂地 ところで、例えば、量子群というものは非常に抽象化された概念であると思うんですけども、そういうものにアプローチしていく方法論というのがあれば漠然とでも良いので。

河野 概念を定式化していくときの方法ですか？数学には非常に洗練された古典的な理論というものが幾つかあるんですね。さっき、量子群の話をするときに古典的なワイルの理論を引き合いに出しましたが、やっぱり古典をよくみるということだと思います。それも解説論だけではなくて原論文をみる。私自身の基本群に対する微分形式の話もポアンカレの原論文を読んで感じたことなんですね。

茂地 そこには色々なアイデアが？

河野 そうですね。定式化するのは少し違うかもしれませんが、方法論の根本というか、定式化する少し手前の目鼻のついてない状態のものですけど。そういうものが転がっている。それからある意味で非常に綺麗に定式化された理論体系というものが既に幾つかある。理論のまとまるべき形というものの素材が非

常に沢山あるというのが数学の特徴です。例えば、ガロア理論というのもそうですね。群論と代数方程式という非常に違う分野の間を結び付けているのと、その群と被覆空間を通じての基本群との結び付き。複数の分野の概念をある意味で透明化して、きちんと結び付けていくということが数学において非常にたくさんやられているんですね。そういう意味でも古典をよく知ることが定式化をきちんとしていく上のモデルとしては素晴らしいものではないかと思えます。

茂地 原論文というと、まだ教科書になるほど綺麗に定式化されていない。そういったものの中に新しい方法だとかアイデアだとかが詰まっている？

河野 ええ。それと同時に非常に洗練された理論体系というのも自分の理論を進めていく上でモデルになるという両面があると思えます。

## 研究の広がり

河野 ガウスの超幾何関数というものを一般次元のものに拡張して、こういうものが満たす微分方程式系としては自然にKZ方程式というものが捉えられる、そういう理解の仕方があります。道に沿って関数を解析接続していくとど

の位多価性が見えてくるか、それがモノドロミーです。一般的には微分方程式の独立な解を持ってきてそれがひもの操作によってどう変わるかということを行列で表現する、それがモノドロミーの表現です。で、最近はこのことを積み重ねていって非常に多くの超幾何関数を構成すれば、組みひも群はある意味で完全に捉えられることがわかったんです。

茂地 完全にというのは？

河野 完全にというのは、組みひも群から超幾何関数のモノドロミー表現をつくる群への単射を作ることができるということです。組みひも群を超幾何関数のモノドロミー表現全体のなす離散群に埋め込む事が出来る。で、つまり組みひも群における古典的な問題というのがこういう線形群の話に置き換わってしまう。

茂地 古典的な問題といわれているのは、組みひもの分類など？

河野 ええ、それも一つですし、既に別の方法で解かれてはいますけど“語”の問題です。組みひもを生成元で書いた場合、 $i, i+1$  を入れ替える生成元の積で書かれます。語を2つ持ってきた場合に、それが同じ組みひもかどうかということを判定するアルゴリズムはいくつか知られてはいますが、モノドロミー表現への埋め込みも有力な方法を与えます。それから、



組みひもの共役問題への応用も見込まれています。2つの語  $\sigma, \sigma'$  が共役というのは、適当な  $x$  を使って、こういうように書ける。

$$\sigma' = x^{-1}\sigma x$$

茂地  $x$  というのもまた語？

河野 はい。共役だったならば、両端を閉じた結び目は同じになります。

茂地 上に持っていけば打ち消しあって...

河野 そうです。こういう問題というのはアルゴリズムがあるにはあるんですが、一般には難しい問題です。

茂地 難しいというのはなかなか短い時間でできない？

河野 そうです。最近、こういう事実を使って、組みひもを用いた暗号の開発なども行われています。

茂地 暗号論などにも広がりをも？

河野 ええ、そういう方面への展開も最近はありますね。で、こういうたくさんのモノドロミー表現を使う事によってそういう問題に対して新しい解を得られる可能性が充分ありますね。

茂地 非常に広い分野との関わりがあるように思われますが？

河野 そのように期待しています。

## 学生へのメッセージ

茂地 これから研究者になっていく学生に何かメッセージを。

河野 今までの中でも触れたように、一つは友人やちょっと分野の違う研究者と議論するということですね。

茂地 色んな人と話す事で自分に刺激を与える、と。

河野 それからもう一つは古典。特に数学、理論物理両方そうかもしれないけど、古典に触れて欲しい。

茂地 古典の中にも新しいものがある！

河野 それからもう一つは、特に数学や理論物理のある分野では非常にファッショナブルな話題というものがあるわけですね。それに乗ってれば、ちょっと安心して研究できるということがあるかもしれないけど、やっぱり自分自身が源流になれるようなそういう話題を探す。

茂地 それでいて面白いものを。

河野 何か自分の核になるようなものがいいと思います。だいたいその三点です。

茂地 耳が痛いです。

河野 いえいえ、自戒もこめてです。

茂地 これでインタビューを終らせていただきます。

### 参考文献

1. 河野 俊丈「岩波講座 現代数学の展開 1, 場の理論とトポロジー」
2. 江沢 洋(編集)「数理論理への誘い 最新の動向をめぐって」
3. 河野 俊丈「組みひもの数理」
4. 河野 俊丈「数学の鍵かします 組みひもの幾何学と数理論理」パリ ティ 2002年4月号, pp.60-63

## 平成 15 年度理学系研究科技術シンポジウム実施される

櫻井 康子（生物化学専攻）

9月5日午後1時より、理学部化学本館講堂において、「第20回理学系研究科技術シンポジウム」が開催された。

このシンポジウムは、理学系研究科に所属する技術職員が日頃の業務や研究の中で得られた成果を発表する場で、毎年開催され今年で20回を迎えた。この20回というのは東大の中でも理学部のみで、教官及び事務官の皆様のご協力により無事迎えることができた。

はじめに、研究科長の岡村先生の挨拶があり、引き続き各技術職員の発表に移った。今年定年を迎える立川技術専門官より電子顕微鏡と共に過ごした30余年の話があった。

また、化学の塩谷光彦教授による特別講演「金属イオンを並べるための分子デザイン」は、人工DNAを用いて金属イオンを並べると言う遺伝子工学と有機合成を組み合わせた画期的な御研究で非常に解りやすくお話し下さり、興味深い貴重な御講演に皆深く聞き入り、立ち見が出る盛況ぶりであった。

最後に技術部長の岡村先生と「国立大学法人化に向けて」の討論会を持ち、長時間活発な討論が行われた。

当日のプログラムは次の通りである。

## 〈発表〉

「EPMAを用いた電子線照射に不安定な試料の微量成分分析技術」

吉田英人（地球惑星科学専攻）

「稚魚ネットによる相模湾中層生物の採集」

関藤 守（臨海実験所）

「PA（反応粒子磁気分析装置）の移設と制御系改造」

山崎則夫（原子核科学研究センター）

「植物園における系統保存」

小牧義輝（植物園本園）

「電子顕微鏡について」

立川 統（地球惑星科学専攻）

## 〈特別講演〉

「金属イオンを並べるための分子デザイン」

塩谷光彦教授（化学専攻）

## 〈討論会〉

「国立大学法人化に向けて」

岡村定矩教授（天文学専攻）

シンポジウム終了後、懇親会が行われた。長年お世話になり今年定年を迎えられる近藤教授による乾杯の挨拶の後、岡村教授、塩谷教授を交え、和やかに歓談し、技術職員の親睦を深め盛會に終わった。



電子顕微鏡について語る立川技術専門官



理学系研究科技術シンポジウム風景

## 独立法人となる大学

海野 和三郎（東京大学名誉教授）

大学は生き物で言えばサンゴ礁に似ている。グローバリゼーションの怒濤がやってきたので、行政は公務員を形式的に削減するために国立大学を独立法人にすることにした。サンゴ礁をコンクリートで固めて一時しのぎの防波堤にするわけである。私立大学はもともと会社的な運営がなされていたから大きな変化はない。

しかし、東大の小宮山副学長は「日産にゴーンさんが来て経営がよくなったというのは全然違う。だが、助手以上で4200人いる東大は、その分野でトップだと思って、それぞれにやっている」(朝日新聞7・16)という。サンゴのような生き物の群体という性格を殺してはいけないということである。勿論、国家的プロジェクトとも言うべき大型研究計画も多々ある。そういう大型プロジェクトや実業に直結した分野では、予算・人事の自由度が増すメリットがあるという皮算用もある。東大、京大、東北大などは国家プロジェクトと産業プロジェクトを看板にして、生き延びる手段を講ずることもできるであろう。だが、サンゴ礁の本来の役割はサンゴのポリプが藻類と共生して光合成でプランクトンから魚類にいたる生物を養い、海の森林として地球環境を保全する生き物としての働きである。コンクリートで枠をはめられた中で、ポリプが自由に生育できるかが心配である。「基礎研究は、短期間でうまくいくかどうかかわからず、金にもならない。予算を減らされ、切り捨てられる部分がでてくるのではないか」東大理学系大学院の岡村定矩研究科長は心配する。「地方の大学はもっと厳しいのではないか」(朝日新聞7・13)恐らく厳しいどころの沙汰ではあるまい。

よくノーベル賞30個取るのを目標にするとかいう話を聞く。小柴さん、田中さんらのおかげで、そんなことで圧力をかけてくる声もいくらか下火になったようであるが、ノーベル賞のある学問領域は少数であり、物理や化学についてさえ、ノーベル賞の出やすい領域は極めて限られる。ノーベル賞30個を目標とするような法人化では、肝心の文化を守り創造するサンゴ礁としての大学は死滅しかねない。

具体的には、教育や研究を助成するための校費、研究費の総額及び内訳に法人化がどう影響するかである。これまでは、校費の中にも教官一人当たりの研究費もあり、科学研究費にも総合研究、基盤研究もA、B、Cなどの各種、奨励研究などあった。「すばる」の建設などは研究費とは言わず、多分特別事業費というような名前の費用であろう。そうした違った名前の予算配分が今後どうなっていくかが問題であるが、ここでは、生きたサンゴのポリプのような研究者、自分がその分野でトップだと思っていたり、自分しか興味のないことを一生懸命研究する人、そんな研究者がこれまで以上に住みやすくなるような環境が整えられるかどうかを最大の課題として提起したい。

\*\*\*\*\*

第35巻4号 2003年11月25日発行

編集:

柴橋博資(天文学専攻) shibahashi@astron.s.u-tokyo.ac.jp

牧島一夫(物理学専攻) maxima@phys.s.u-tokyo.ac.jp

佐々木晶(地球惑星科学専攻) sho@eps.s.u-tokyo.ac.jp

武田洋幸(生物科学専攻) htakeda@biol.s.u-tokyo.ac.jp

田中健太郎(化学専攻) kentaro@chem.s.u-tokyo.ac.jp

鈴木和美(庶務掛) ksuzuki@adm.s.u-tokyo.ac.jp

岸真千子(庶務掛) kishi@adm.s.u-tokyo.ac.jp

\*\*\*\*\*

HP担当:

名取 伸(ネットワーク) natori@adm.s.u-tokyo.ac.jp

HP & 表紙デザイン

田中一敏(ネットワーク) kazutoshi@adm.s.u-tokyo.ac.jp

印刷.....三鈴印刷株式会社



▲ *Amorphophallus gigas*  
写真の右側は若い株の葉。

## 「世界一背の高い花」 *Amorphophallus gigas* 植物園で開花

サトイモ科にはポトス属などのように細長い茎を持ち、主に樹上に着生するものと、塊状に肥大した地下茎（イモ）を持ち、地中に生えるものがある。コンニャク属や日本に多くの種類があるテンナンショウ属は後者の典型的なものである。食用のコンニャクを含むコンニャク属 *Amorphophallus* にはイモが 10kg を超えるものがいくつもあるが、なかでも巨大なのは 1991 年に植物園で開花した「世界一大きな花」ショクダイオオコンニャク *A. titanum* と今回開花した「世界一背の高い花」*A. gigas* であり、それらのイモはときに 70kg にも達するという。どちらもスマトラ島だけに分布する希少植物である。今回開花した *A. gigas* の花（花序）の高さは花茎も含め約 3m であったが、そのイモは 20kg 程度と推定されるので、本種としてはまだ小さい方かもしれない。この *A. gigas* の種子はショクダイオオコンニャクの愛好家であった合衆国の J. Simon 氏によって 1993 年に採集され、ショクダイオオコンニャクの種子とともに世界の主要な植物園に送られたもので、彼は奇しくもその直後に亡くなっている。植物園ではその種子から育ったショクダイオオコンニャクも順調に育っており、最近、葉が枯れて休眠にはいったイモを掘り上げて測定したところ 28kg もあった。この株がもし開花するとすれば数ヶ月のうちには植物園で花が見られることになるのだが、1年のうちにこれら両種を続けて開花させるという快挙は世界にまだ例のないことだろう。

植物園園長・教授 邑田 仁

