

Pure Science

第5号
2011.1



熊本大学 理学部

理学という「フィールド」—— 知の文化遺産

理学部長 古島 幹雄

.....

昨年のノーベル賞は日本人として根岸英一・鈴木章両先生が化学賞を受賞された事は記憶に新しいかと思います。これで我が国は物理学賞7名、化学賞7名、生理学・医学賞1名の受賞者を輩出したことになります。一方、数学分野でも、フィールズ賞（ノーベル賞に数学部門はない）というノーベル賞に変わる国際的賞があり、これまで3名の日本人数学者が受賞しています。この事は、我が国の理学分野の研究は世界的に見て極めて高い水準にあることを示しています。これら受賞者の研究は、世界的に認められるまでには長い時間を要しています。一般的に、研究成果に対する評価は時には100年以上経たないと分らないものもあります。勿論、直接的な利益をもたらす研究も国益の観点から極めて重要であり、実際、そのような研究分野に於いても我が国は先進国の中で高い水準を維持してきました。

しかし、近年、中国、韓国、インドといったアジア地域内で経済的に急成長してきた国々は、基礎研究にも力を入れ、科学研究・基礎研究のレベルに於いても、我が国と肩を並べる程（或はそれ以上）になってきました。恐らく、20年後には、ノーベル賞やフィールズ賞受賞者はこれらの国々から多く輩出されるようになるでしょう。このように、基礎科学研究分野の国際競争が激化してなっていく中、我々も手を拱いているわけにはいきません。特に、若い世代への期待はこれまで以上に高まっています。この「Pure Science」は、まさに理科や数学に強い関心をもつ志の高い学生・生徒諸君に、理学研究の面白さや方向性、そして果てしない夢などを伝えたいという思いで刊行してきました。今回発行する第5号も、これまで同様に、読者として、高校生から大学初年時の学生を対象としています。所々に分らない専門用語や全体的なイメージが描き難い記述内容もあるかも知れませんが、そんな事は気にしないで読み飛ばして先に先に進み、それぞれの分野の雰囲気になんとも触れて頂ければ幸いです。

「遠景は細節に拘らず、近景は手に取る如し」（岡潔：数学者）

研究は何かの役に立てたいという目的で行うのではなく、面白いと思う事・不思議に思う事・腑に落ちない事（遠景）に（細節に拘らずに）ピュアーな心で接してあげる事が肝要です。そして、それらが、いつの日か「近景」として目の前に広がってきたとき、「手に取るように」分る喜びを実感することが出来るのです。

因に、私は57年前に提起され、現在も、未解決のまま残っている次の問題を25年間研究しています。

問題：「既約な境界因子を持つ n 次元複素アファイン空間のコンパクト化を決定せよ」

このような、シンプルな命題は実は奥が深いものです。興味ある読者は、まず上記問題の意味（もしくは内容）から勉強を始めてみて下さい。

曲面の形状について考えるときには、まず曲面の1点で接平面に直交する平面(法平面)を一つ取り、その平面と曲面の共通部分に現れる曲線のその点での曲率に注目します。ここで曲線の曲率とはどういうものかという、曲線の1点で接するいろいろな大きさの円のうち、その点の周りで曲線を一番近似している円を曲率円または接触円と言いますが、その半径の逆数が曲線のその点での曲率です。曲面と法平面の共通部分に現れる曲線の曲率を曲面の法曲率と言います。法平面を動かしたときそれに応じて法曲率が変化する点では、特別な二つの法平面に対し法曲率は最大値および最小値を取ります。これらの特別な法平面の各々と曲面の接平面との共通部分に現れる直線を曲面の主方向と言い、対応する法曲率を主曲率と言います。主曲率を用いて一般の法曲率を記述することができます。

曲面の第一基本形式とは大まかに言えば曲面上の曲線の長さを測るための「ものさし」ですが、曲面の主方向、主曲率および第一基本形式が曲面の形状を決定します。

私が今までに行なった研究の大部分は、曲面の各点での主方向を集めて作った場である主分布の振る舞いに関するものです。論点は主に二つあります。一つ目は、法平面を動かしても法曲率が変わらない点(臍点)の周りでの主分布の振る舞いについてです。臍点の周りでの主分布の振る舞いは非常に複雑な場合があります。曲面が臍点の一つを持ち、その周りには他の臍点はないとします。曲面上の点が臍点を囲む閉曲線に沿って動くとし、それに応じて各点で主方向を与えながら移動する直線を考えます。動く点が臍点の周りをちょうど1周すると、移動する直線は一般には回転運動をした後に元の場所に戻ります(但し逆向きに戻って来ることがある)。その際の回転数を臍点の指数と言います。

臍点の指数は1以下なのではないかと予想されています。多くの場合にこの予想は正しく、また幾つかの種類の曲面に限定すると臍点の指数が取り得る値は負である、または1/2以下である等のより精密な結論を導くことができます。臍点の指数は曲面の大域的な情報に関係しています。例えば、曲面は球面を少し変形させたものであるとします。楕円面や卵の表面のようなものです。1人乗りの浮き袋のようなものは考えません。また曲面は臍点を有限個だけ持つとします。これらの条件を曲面が満たすときには、どのような場合でも全ての臍点の指数の和は2に等しいことが知られています。

主分布の振る舞いについての二つ目の論点は、主分布と第一基本形式の関係についてです。曲面についての様々な情報が第一基本形式から定まります。例えば、第一基本形式から曲面の面積が定まります。また第一基本形式からガウス曲率(二つの主曲率の積)が定まります。一方で主分布や主曲率は第一基本形式から定まりません。曲面の形状を決定する第一基本形式、主分布および主曲率のうち、主曲率は第一基本形式および主分布から「ほとんど」決定されることがわかります。ここで「ほとんど」と書いたのは例外的な場合があるからです。第一基本形式と主分布を保ちながら連続的に変形できる曲面が存在します。また第一基本形式と主分布を保ちながらもう一つの形状に変形できる曲面も存在し、この場合には2通りの形状だけが可能でさらに他の形状はあり得ません。これらの例外的な場合を除けば、曲面の形状は第一基本形式および主分布から決定されます。

以上の研究にはまだまだ議論の余地があり、非常に悩ましいものもありますが、これからも挑戦したいです。また以上の研究の多くが曲面の局所的な情報に関するものですが、曲面の局所的な情報と大域的な情報の関係も興味深いですので、その観点での研究にも力を入れたいと考えています。

宇宙ジェット:ブラックホールからのメッセージ?

物理学コース 教授

小出 眞路

みなさんは宇宙にあるものというのを思い浮かべるでしょうか? 月や太陽あるいは惑星などの太陽系内の天体でしょうか。それとも夜空に輝く星ですか。あるいは、無数の星が渦巻く銀河かもしれません。月や惑星、太陽などは球形、銀河は円盤状あるいは球に近い形をしています。ここで紹介するのは、それらの形とはちょっと違った細長い棒のような天体です。図1(a)はM87という私たちの銀河から6千万光年の彼方にある巨大な銀河の写真です。その中心近くにかすかな一条の光の線が見えます。これは、写真のキズなどではなく、電波望遠鏡を使って、その中心部を拡大すると図1(b)のようにはっきりと強い電波を発する細長い帯が現れます。その帯の長さは5千光年に達します。他の天体とは似ても似つかない棒の形をしたこの天体は光に近い速さで運動する物質の細い流れであると考えられています。そのような高速の細く絞られた流れを「宇宙ジェット」、特に、光の速さに近い宇宙ジェットを「相対論的宇宙ジェット」といいます。

ではいったい、相対論的宇宙ジェットはどのようにして形作られるのでしょうか。現在、それは巨大な(太陽質量の数十億倍の)ブラックホールのまわりから噴出していると考えられています。ブラックホールというと光さえ飲み込んでしまう宇宙の墓穴。暗くて静かなイメージがあるかもしれません。しかし、相対論的宇宙ジェットを引き起こすようなブラックホールのまわりでは非常ににぎやかで、激しい現象が起こっています。ただ、今のところ、相対論的宇宙ジェットを引き起こす具体的なしくみは分かっていません。

最近、ブラックホールまわりの『プラズマ』と磁場の現象が相対論的宇宙ジェットを作るといふ説が注目されています。ここで、プラズマというのは高温のために物質の原子が電子とイオンにばらばらになった物質状態のことです。プラズマ・テレビの発光体として利用されているので、聞いたことがあるかもしれません。また、磁場というのは磁石がそのまわりにつくる磁気的な『場』のことで、地球も地磁気という磁場を持っています。図2は磁場が介在して回転するブラックホールがプラズマを吹き飛ばすというシミュレーションの結果です。磁場は磁力線(緑と赤の線)で表されています。磁力線はブラックホールの近くの黄色い領域(エルゴ領域といいます)のプラズマにより回転させられて、しなった鞭のようになり、プラズマを加速します。このプラズマの流れが絞られると相対論的宇宙ジェットの誕生となります。このモデルが正しいければ、相対論的宇宙ジェットを観測することは見えないブラックホールからのメッセージを直接見ていることになります。宇宙には奇妙な形のメッセージがいっぱいです。

図1

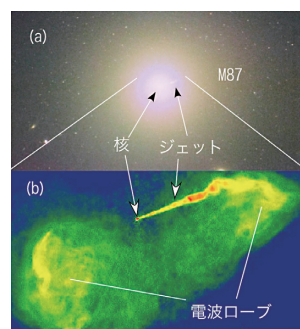


図1: 巨大銀河M87とその中心からの宇宙ジェット。(a) 日本の「すばる」望遠鏡による光学写真。(b) 電波望遠鏡による画像。(提供: (a) 国立天文台©NAOJ (b) 米国電波天文台, Biretta氏ら撮影)

図2

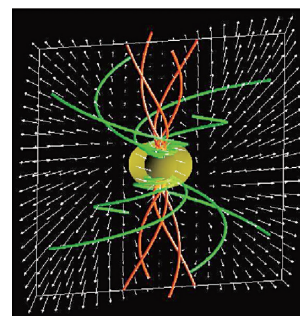
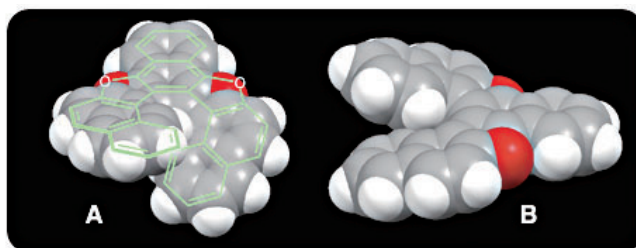


図2: 回転するブラックホールのまわりの磁場によるプラズマ加速のシミュレーション。中央の黒丸がブラックホール、そのまわりの黄色い領域がエルゴ領域、赤と緑の線が磁力線、矢印はプラズマの速度を表している。

ねじれた賢い分子を上手に創り出す

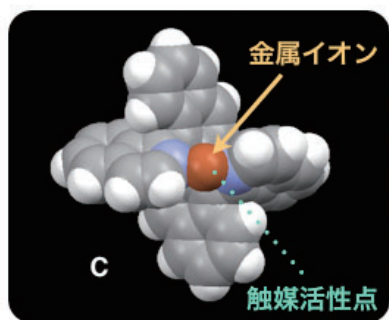
化学コース 教授
入江 亮

右巻き・左巻きの殻を持つカタツムリ。蔓が右方向または左方向に巻いたネジ花。これらの例のように、自然界には“ねじれた”かたちが多く見られます。目で見えない分子の世界でも同じです。遺伝を司る二重らせん構造を持つDNAのように、ユニークな性質を示す“ねじれた分子”が数多く知られています。右巻きの分子を鏡に映すと左巻きの分子になりますが、これら2つの分子は互いに重なることはできません。ちょうど、右手と左手の関係と同じで、**対掌体**(右手体・左手体)または**鏡像異性体**と呼ばれます。右手体と左手体は性質にほとんど差がありませんが、医薬品や触媒として使おうとすると、まったく異なる働きをすることがあります。右図Aの分子は、筆者らの研究室で合成した**らせん状にねじれたhelicene(ヘリセン)**という有機化合物の一種です。ヘリセンという名前はhelix(らせん)に由来しますが、横から見るとベンゼン環が繋がって分子全体がねじれているのが見て取れます(B)。この美しいかたちだけでも、十分に魅力的です。



らせん状に巻いた有機化合物
(グレーは炭素、白は水素、赤は酸素原子を表す)

でも、筆者は、この分子を**不斉触媒**として働くようにしたいのです。不斉触媒とは、鏡像異性体のどちらか一方のみを作り出すこと(**不斉合成**)ができる触媒です。この目的を達成するため



ねじれた構造をもつ不斉分子触媒
(青は窒素原子を表す)

には、ヘリセンも右巻きと左巻きを区別して作る必要があります。切り札は、やはり、ねじれた不斉触媒に違いはない。筆者らはそう考えて、左図Cの**金属錯体触媒**を独自に設計し創りました。ナフタレン環とイソキノリン環(ナフタレン環の炭素原子1個が窒素原子に置き換わったもの)がねじれて繋がって、金属イオンを挟み込んでいるのが分かります。基質(原料)と試薬を加えると、これらの分子が金属イオンの上で“踊って”、結合を切ったり結びつけたりします(想像して下さい)。この時、触媒全体のねじれが効いて、一方の鏡像異性体が創り出されます(と期待しています)。

2001年に野依良治教授らに贈られたノーベル化学賞の受賞理由にあるように、不斉合成を可能にする不斉触媒はこれまでに数多く開発されてきました。また、ベンゼン環どうしを繋げる反応(クロスカップリング)を開発した鈴木章名誉教授と根岸英一教授らが受賞した2010年のノーベル化学賞は記憶に新しい。しかし、**ねじれた分子の触媒的不斉合成**は未だに難しい課題となっています。実は、AもCも、ねじれの方向を区別して合成するには至っていません。**ねじれた“賢い”分子を上手に創って使いこなす**。なかなか簡単ではありませんが、興味は尽きません。いつの日か、自分たちが創り出した不斉触媒が、それまでの有機合成化学を一変させてしまうかもしれません。そう考えると、わくわくします。皆さんもこの世界に飛び込み、新しい挑戦を始めませんか？

大気エアロゾルの物理化学特性

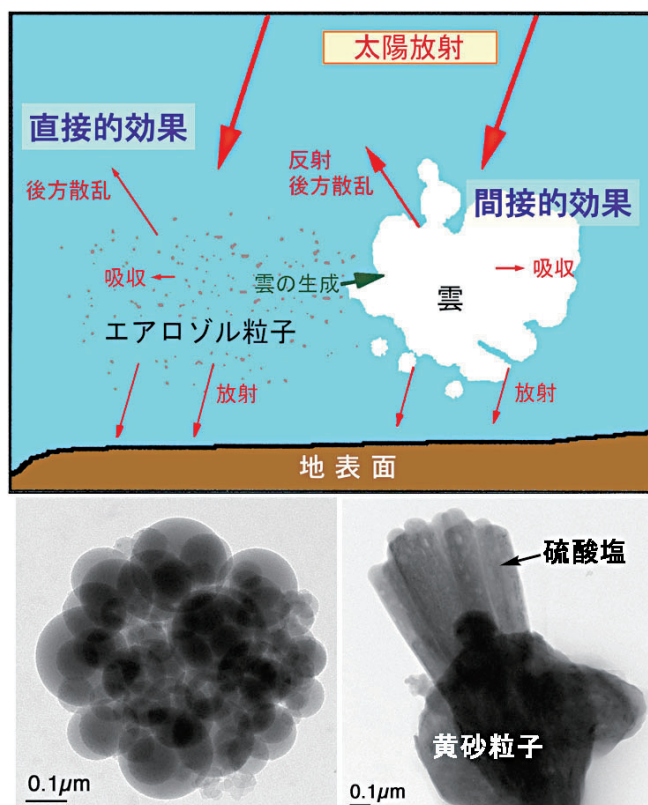
地球環境科学プログラム 准教授

小島 知子

「菜の花畑に入り日うすれ 見わたす山の端 かすみ深し」と歌われるように、おぼろ月夜は私たちになじみ深い春の風物詩です。おぼろ月が春に多く見られる理由には、アジア大陸から偏西風に乗ってやってくる黄砂が深く関わっています。黄砂に限らず、大気中に存在する肉眼では見えないほどの小さな塵や液滴のことを**大気エアロゾル粒子**と呼びますが、これらに月の光が当たると光の進行方向が変化し、**散乱**が起こります。黄砂が飛来しますと比較的大きなエアロゾル粒子の数が増え、月の表面からまっすぐやってくる光以外に、大気中の粒子で散乱された光も私たちの目に入りますので、月の周りがぼんやりと明るく見えるのです。

大気エアロゾル粒子は日光も散乱させますから、**地球温暖化**の問題にも重要な役割を担っています。地球に届いた太陽のエネルギーの一部は、エアロゾル粒子による後方散乱で宇宙空間に戻されますが、その程度が大きくなれば地球を暖めるエネルギーの量が減り、温暖化を緩和することになります。一方、エアロゾル粒子が多くエネルギーを**吸収**すれば、温暖化を進める方向に働きます。散乱と吸収、どちらの影響が大きいのかは、エアロゾル粒子の化学組成、形、大きさや数に関係しますので、どのような粒子がどれだけ大気中に存在するのかを調べる必要があります。さらに、エアロゾル粒子を核として大気中の水蒸気が凝結し、**雲**ができますと、より多くの太陽エネルギーが反射されたり吸収されたりして、温暖化の進行を大きく左右します。雲のでき易さやできた雲の性質もまた、核となるエアロゾル粒子がどんなものであるかに依存します。私の研究室では、黄砂をはじめとする大気エアロゾル粒子を電子顕微鏡などで観察・分析して、それらがどのように発生し、雲形成や太陽エネルギーの散乱・吸収にどのような影響を及ぼすのかを調べています。エアロゾル粒子の物理的・化学的性質は、地球温暖化だけでなく、**大気汚染物質の反応や拡散**、大気を通じた**微生物の移動**など、実に多様な現象に関わってきますので、興味は尽きることがありません。

エアロゾル粒子による散乱が科学的に研究されるようになったのは19世紀後半からですが、日本人はそのずっと以前からおぼろ月という言葉を用い、風情あるものとして慣れ親しんできました。同じ現象が地球の将来をも左右するのですから、面白いものですね。春の夜空を眺めて情緒を楽しむのもいいですが、科学のメスを入れて謎を解明していくのも、また違った楽しみ方と言えるでしょう。



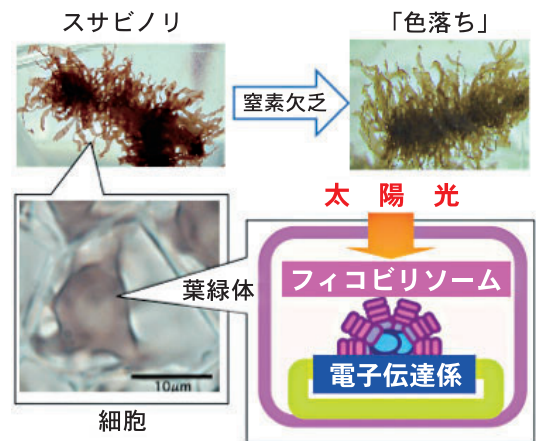
図上: 太陽エネルギーに対しエアロゾル粒子がもたらす効果の模式図

図下: 透過型電子顕微鏡で見た、火力発電所からの灰(左)と黄砂の粒子(右)

海苔巻やおにぎりでおなじみの海苔（ノリ）は、古くから養殖されてきた海藻で、以前はアサクサノリが栽培されていましたが、最近ではスサビノリが使われています。ノリは製品のときは藻体が圧縮されて黒く見えますが、単独では赤い色をして紅藻類に分類されます。赤く見えるのは、フィコビリソームと呼ばれる光合成反応に必要な光を集めるアンテナ装置が紅色で、これが葉緑体にたくさん含まれているためです。

植物の進化では、光合成を行うバクテリアの一種のラン藻が、植物の祖先細胞に住み着いてやがて葉緑体になったと考えられています。フィコビリソームはラン藻にもありますが、緑藻や陸上植物にはありません。したがって、ラン藻がもっていた古いタイプのアンテナ装置はノリ（紅藻）の葉緑体に受け継がれて今も使われていますが、他の植物は新しいタイプのアンテナ装置を進化させたと考えられます。

ノリの色は商品価値を決める最も重要な要素ですが、生育環境によって容易に変化します。たとえば、赤潮が発生すると海水中の栄養分がプランクトンに奪われ、ノリは栄養欠乏になり、いわゆる「色落ち」が起こります。このとき、フィコビリソームが分解されることはわかっていましたが、その仕組みは不明でした。一方、ラン藻では栄養欠乏によって起こるフィコビリソーム分解（色落ち）はNblAという遺伝子の働きにより誘導されることが20年以上も前に明らかになっていました。NblA遺伝子は通常状態では働きが抑制されていますが、栄養欠乏になると働きははじめます。



私たちは6年前に、スサビノリなどの紅藻類にもラン藻のNblAとよく似た遺伝子Ycf18があり、その働きについては調べられていないことを知りました。そこで、ノリの色落ちの仕組みを理解するには、Ycf18遺伝子について調べればよいのではないかと考えました。ノリの遺伝子も同じような働きをするなら、窒素欠乏にして色落ちが起こるときにランソウと同じように働き始めると予想していました。ところが、調べてみると、Ycf18遺伝子は窒素欠乏では働いていないことがわかりました。もしかすると、ノリのこの遺伝子は働きを失ってしまった偽遺伝子ではないかとも考えられました。ところが、最近になり、窒素源として通常用いている硝酸塩をアンモニウム塩に切り替えてノリを育てると、この遺伝子が働きはじめることがわかりました。アンモニウム塩はラン藻ではNblAの働きを強く抑制するので、ノリのこの遺伝子はランソウとは異なる新たな働きをもつ遺伝子に生まれ変わったのではないかと、このような新たな謎が生まれてきました。いまのところ、養殖ノリ色落ちの仕組みを探る遺伝子研究は6年を経て振り出しに戻ったかのように見えます。しかし、私たちは色落ちを制御する遺伝子がノリにも存在すると信じて新たな候補遺伝子について研究を続けています。みなさんもおむすびを食べるとき、ノリの遺伝子のことを思い出してください。

執筆者紹介



安藤 直也
(あんどう なおや)

1973年生
東京大学大学院数理科学研究科修士課程
博士(数理科学)
2002年から理学部に在職
専門分野: 微分幾何学、曲面論



小出 眞路
(こいで しんじ)

1962年生
名古屋大学大学院理学研究科博士
後期課程 物理学専攻単位取得退学
理学博士
2006年から理学部に在職
専門分野: 宇宙プラズマ物理学、
ブラックホール天文学



入江 亮
(いりえ りょう)

1967年生
九州大学大学院理学研究科 修士課程
化学専攻修了
1995年に博士(理学)取得
2007年から理学部に在職
専門分野: 有機合成化学



小島 知子
(こじま ともこ)

1967年生
東京大学大学院理学研究科修士課程
鉱物学専攻修了
神戸大学で博士号(理学)取得
2004年から理学部に在職
専門分野: 大気環境学



瀧尾 進
(たきお すずむ)

1955年生
広島大学大学院 理学研究科博士課程
植物学専攻修了
1997年から理学部に在職
専門分野: 植物生理学



Kumamoto University

発行: 熊本大学理学部
編集: 理学部広報委員会
〒860-8555 熊本市黒髪2丁目39番1号
電話: 096-342-3014 (総務担当)
096-342-3321 (教務担当)
URL: <http://www.sci.kumamoto-u.ac.jp/index-j.html>