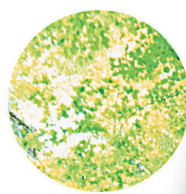


Pure Science

第6号
2012.2



熊本大学 理学部

巻 頭 言

理学部長 古 島 幹 雄

我が国は物理学賞7名、化学賞7名、生理学・医学賞1名のノーベル賞受賞者を輩出しています。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代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。このように、我が国の理学の研究分野は世界的に極めて高い水準にあります。これらの研究は、世界的な評価を得るまでに長い時間がかかっています。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。一方、産業に直接的な利益をもたらす基礎的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います。

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6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分かり難い内容もあるかも知れませんが、そんな事は気にせず読み飛ばして先に先に進み、それぞれの分野の雰囲気や感覚に少しでも触れて頂ければ幸いです。

「未知と既知の境において未知に向かって立て」（岡 潔：数学者）

研究の第一歩は「未知」と「既知」の境に立つ事です。何が既知で何が未知なのかをしっかりと見極めてこそ新たな進展が得られるのです。そのためには労を惜しまず基礎的な勉強をしっかりとしなければなりません。理学は基礎の上に基礎を積み上げその上に基礎を積み上げて真理を探究することで発展してきた学問です。この「Pure Science」を読み終わって少し時間が経ったら、ここに書かれている内容で知らない用語や初めて知った事柄について自分で調べてみる事も良いでしょう。

初等幾何に『三角形の内角の和は 180° である』という結果があります。では歪みのないボールの上に三角形を描いたときにその内角の和は 180° になるでしょうか？実際に三角形を描いて計ってみてください。そうすると 180° より大きくなることが分かります。これらは矛盾しているのでしょうか？答えは「どちらも正しい」です。内角の和が異なるのは三角形が存在する世界が異なるためです。内角の和が 180° になる三角形が存在するのは平面の世界です。内角の和が 180° より大きくなる三角形が存在するのは球面の世界です。このことは図形が棲む世界（空間）が異なれば、図形が満たす性質（幾何学）も異なることを意味しています。つまり、空間の種類だけ幾何学が存在すると考えることができます。

では、平面の世界と球面の世界では何がどれくらい異なるのでしょうか？そのことを調べるのに有用なのが曲率と呼ばれる量です。球面の世界を例にとって考えてみましょう。球面上の1点にベクトルが接しているとします。ベクトルを球面上の閉じた経路に沿って接したままで平行移動させてみてください。すると、経路の取り方によってはベクトルの方向が経路を一周すると変化していることに気づくはずです。平面ではこのようなずれは起こりません。このベクトルの方向のずれを定式化したものをリーマン曲率と呼びます。曲率を用いることで空間の曲がり具合を定量的に調べることが出来ます。曲率が零ということは空間が平坦であることを意味し、曲率が大きいということは凸凹具合も大きいことを意味しています。一方で、平面と球面には共通点もあります。それは、曲率がどの点でも一定であるということです。このことは空間の形が一様であることを意味しています。そのような様を私たちは“美しい”と感じるのかもしれませんが、曲率が一定である空間はそれ自身興味深い対象ですが、数学では“美しい”性質を持った対象の背後には、さらに興味深い世界が広がっていることが多々あります。

曲率にはいくつかの種類があり、それぞれ得られる空間の情報は異なります。私の研究テーマは、曲率の中でもリッチ曲率が一定である空間を、ケーラー多様体と呼ばれる幾何学的対象の中から探す、または調べることにあります。リッチ曲率一定という条件は物理の世界でも有名な方程式として知られています。それは、アインシュタインが一般相対性理論の中で提唱した、時空が満たすべき方程式（アインシュタイン方程式）の特別な場合として与えられます。ここで考える問題とは、与えられたケーラー多様体が果たしてアインシュタイン方程式を満たすか？ということです。このような問題へのアプローチとして微分幾何学が有効であるとされてきました。一方で、ケーラー多様体の多くは射影代数多様体として捉えることができます。球面が $x^2+y^2+z^2=1$ という方程式で定義されるように、代数多様体とは複素数の世界の中で多項式によって定義される空間です。同じ多様体でも見方によって見えてくる風景や用いられる手法は大きく異なります。代数多様体を調べる幾何学を代数幾何学と呼びます。現在、多くの研究者が挑戦している問題に、ケーラー多様体上のアインシュタイン方程式を微分幾何学と代数幾何学の手法を交えて解こうとする予想があります。予想を解決するにはケーラー多様体を二つの視点から捉えなければならないという困難があります。しかし、その困難を乗り越えて微分幾何学と代数幾何学の隠された繋がりをを見つけることがこの問題の醍醐味だと思います。

宇宙の始まりにせまる

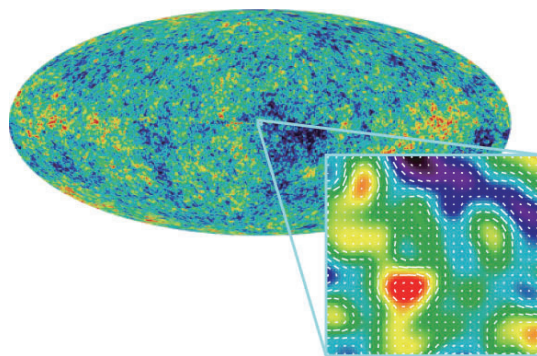
物理学コース 准教授
高橋 慶太郎

みなさんはビッグバンという言葉聞いたことがあるでしょうか？ビッグバンとは私たちが住んでいるこの宇宙が熱い火の玉から始まったという理論です。宇宙は現在膨張しています。膨張するとともに宇宙に存在するガスはだんだんと薄まり、冷えていきます。これを逆に考えると、宇宙は過去には熱くて濃いガスで満たされていたということになります。その行きつく先が火の玉・ビッグバンなのです。火の玉状態の宇宙では物質は全て素粒子に分解されており、原子や分子は存在しませんでした。宇宙が膨張しだんだん冷えると原子が形成され、分子が形成され、そしてガスが集まって星・銀河が形成され、今私たちが見ているような宇宙へと進化したのです。

ビッグバン理論の根拠はいくつかあります。その1つは宇宙マイクロ波背景放射と呼ばれるものです。これは宇宙のあらゆる方向から地球に飛んできている電波のことです（図参照）。電波はとてもエネルギーの低い電磁波ですが、電波が宇宙全体を満たしているということが「宇宙が火の玉で始まりその後冷えていった」という証拠になるのです。宇宙背景放射の発見は非常に衝撃的で、1965年に初めて発見したペンジアスとウィルソンはその後ノーベル物理学賞を受賞しました。

もう1つの大きな証拠は、宇宙に存在する元素の存在比です。地球は主に酸素や鉄、ケイ素、マグネシウムなどでできています。しかし太陽はほとんどが水素です。重さで言うと約7割が水素、残りの2割弱がヘリウムで、その他の元素はごく微量しか存在していません。実は宇宙全体の元素組成も太陽と同じようなものです。つまり宇宙のほとんどの元素は水素やヘリウムなのです。どうしてこのような組成になっているのか？実はビッグバン理論で説明できます。火の玉宇宙が冷えていく間にどのような元素がどのくらい生成されていくのか、原子核理論や一般相対性理論に基づいてきちんと計算できるのです。

以上のように宇宙の始まり、物質の起源などを研究するのが「宇宙論」と呼ばれる学問です。宇宙はどのように始まり、どのように進化し、未来はどうなるのか？根源的な問題です。太古の昔から人間を魅了してきた問題です。ただ、昔はこのような問題は哲学や神学の一部として考えられてきました。しかし宇宙論は科学です。物理学の発達により、我々は宇宙を科学的に研究することができるようになってきたのです。物理学は実験に基づいています。小さな実験室でできるような実験もあれば、山手線ほどの巨大な粒子加速器を用いて行なう実験もあります。宇宙全体から見ればずいぶんちっぽけな地球で築き上げられてきた物理学ですが、それによってこの広大な宇宙を研究することができるというのはとても不思議なことですね。まだ宇宙にはたくさんの謎があります。宇宙を加速膨張させる暗黒エネルギー、目に見えないが宇宙の物質のほとんどを占める暗黒物質、宇宙全体を満たす磁場の起源など、ワクワクする謎が私たちの挑戦を待っているのです。



宇宙のあらゆる方向からやってくる電波、宇宙マイクロ波背景放射。電波には方向によってわずかに強弱がありそれが色で示されている。右下の図の白い線は火の玉宇宙で生成される磁場の様子。

分子が世界を変えていく！

化学コース 教授
速水 真也

今、物質が有する様々な機能を光でスイッチさせることができる新しい物質、新しい技術を開発する研究が盛んに行われています。しかしこれまでに開発された光機能性分子材料はその数が非常に限られています。これは光機能性分子材料を開発する上で、基本的な設計指針があまり明らかにされていないためです。

鉄(III)錯体 $[\text{Fe}(\text{pap})_2]\text{ClO}_4$ は、温度に依存しスイッチングを示し、解析の結果からも、分子間で強く結びついていることが確かめられました(図1)。この鉄(III)錯体に 532 nm の光を 5 K で照射すると、光スイッチングすることに成功しました。このことは単に現在まで不可能とされた鉄(III)錯体の光誘起スピン転移現象を観測したとい

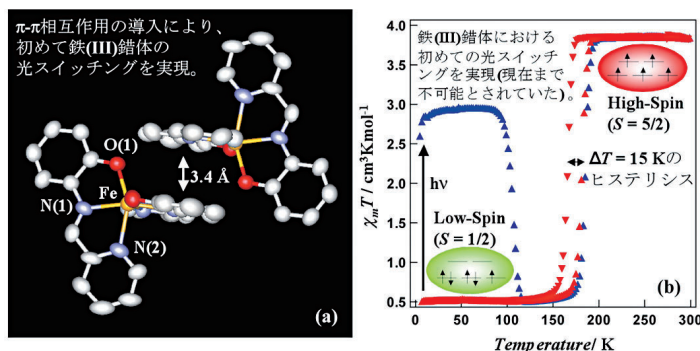


図1 (a) 鉄(III)錯体 $[\text{Fe}(\text{pap})_2]\text{ClO}_4$ の構造。隣り合う分子と配位子が π - π スタッキングを形成しており、強い分子間相互作用が働いている。(b) 温度に依存して熱ヒステリシス $\Delta T = 15 \text{ K}$ を伴った急激なスピン転移挙動を示す(▼: 降温(▲): 昇温。(▲): 5 Kで550 nmの光を2時間照射後、低スピン状態から高スピン状態へ光誘起スピン転移挙動を示す。分子間に π - π スタッキングを導入することにより、現在まで不可能とされてきた鉄(III)錯体の光スイッチングを初めて実現することに成功した。

う結果のみならず、今後、分子に光機能性をもたせるための重要な設計指針を与えた結果となりました。一方、フレキシブルな系では今までに例を見ない機能発現および材料開発が行える可能性があります。例えば液晶材料やゲル材料あるいは薄膜材料においても、その物性発現において

構築素子が形成する柔軟な場が重要です。長鎖アルキル基を導入したスピנקロスオーバー鉄(II)錯体 $[\text{Fe}(\text{3C16-bzimpy})_2](\text{BF}_4)_2$ は 321 K において結晶 - 液晶相転移を示し、同時にスピン転移 ($S = 0 \leftrightarrow S = 2$) も観測され、これは液晶相転移により誘起されたものです(図2)。さらにこの液晶相は強誘電性が発現するとされる液晶相である*SmC相に帰属され、自発分極測定においても、この錯体が強誘電性を示すことが明らかとなりました。したがってこの錯体は、新たな概念により創製された強誘電性液晶材料であることが分かり、新たな分子性材料の開発に成功しました。

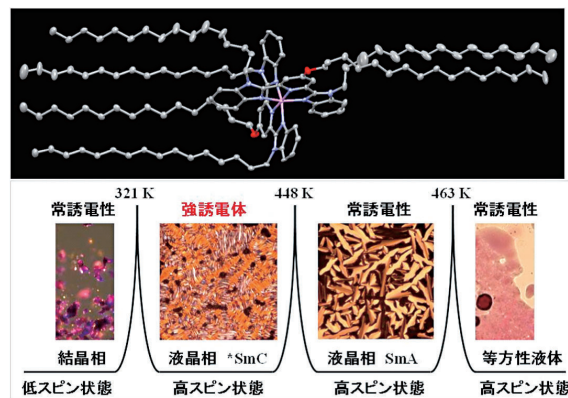


図2 鉄(II)スピנקロスオーバー錯体に長鎖アルキル鎖を付加した金属錯体液晶 $[\text{Fe}(\text{3C16-bzimpy})_2](\text{BF}_4)_2$ は、液晶転移に伴うスピン転移挙動を示しさらに強誘電相である*SmC相を示した。

このように分子は、みなさんが日常使っている電気やDVDさらには液晶ディスプレイなど様々なところで活躍していますが、さらなる分子性材料としての進化を続け、みなさんの生活の役に立っているのです。おもしろいですね…。

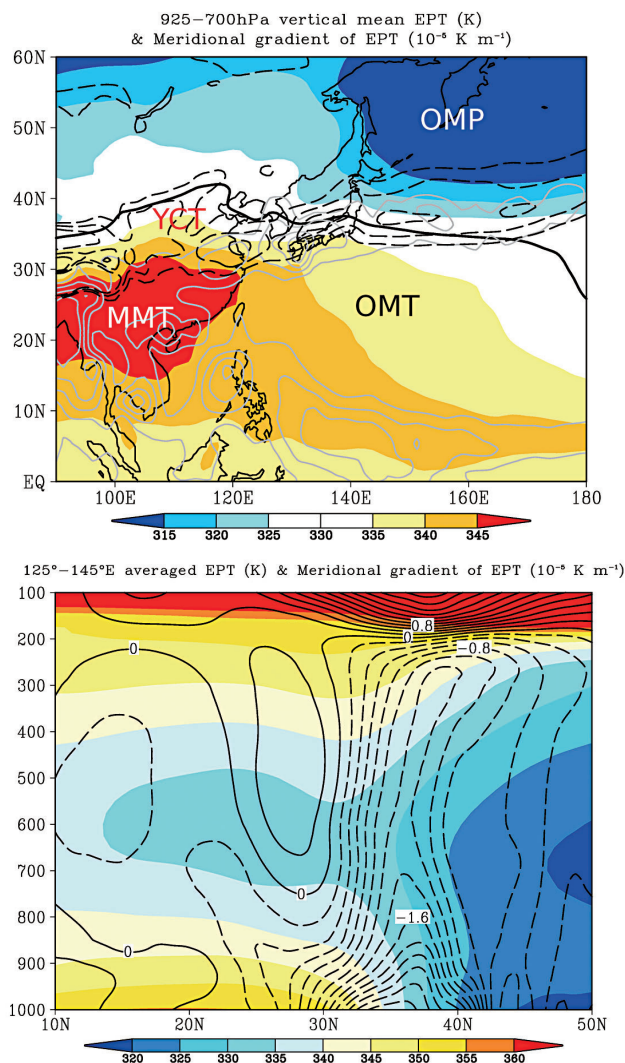
主戦場は雨

地球環境科学コース 准教授
富田 智彦

地球温暖化問題が紙面をにぎわして久しい。この間、世界人口は70億を越えた。水の使用量は2007年から2025年にかけて発展途上国で50%、先進国で18%増える見通しであり、増大する世界人口を支えるよう、水は今後ますます貴重になると予測されている。この意味で21世紀は「水の世紀」となるといわれている(国連)。世界の水をささえる「雨」は今後どのように変わっていくのだろうか、

この間、地球温暖化にかかわる気象研究者の視点も気温から雨に移りました。今では熱くなるか寒くなるかを議論している研究者はいません。主眼は世界の雨は、そして日本の雨は今後どのように変わっていくのか、ということに移っています。しかし降水メカニズムは高度に複雑で気温変動のような共通認識はまだ得られていません。

私たちの研究室では「モンスーン」をキーワードに降水「量」、降水「分布」、そして降水「システム」の中長期的変動特性を調べています。日本の雨にかかわる降水システムは大きく分けて4つ：(1) 温帯低気圧、(2) 台風、(3) 梅雨前線、(4) メソ擾乱。雪を含めると、(5) 大陸からの寒気の吹き出しによる降雪、もあげられます。(1)-(3)はおなじみの現象でご存知のことと思います。(4)は夕立・ゲリラ雷雨に代表される、積乱雲の発達・組織化にともなう温帯低気圧より小さな降水システムです。これらは単体でも十分複雑ですが共存すると輪をかけて複雑になります。私たちの研究室では現在「梅雨前線」を中心にこの構造の基礎研究、年による違い、台風との連動性・相互作用、梅雨前線下での温帯低気圧やメソ擾乱の振る舞いを調べています。梅雨前線の変動メカニズムとそれをコントロールする主要因が分かれば、梅雨の季節予報の精度向上に貢献できます。また温暖化時の梅雨前線の振る舞いの予測精度も上がるでしょう。これらは複雑で非常に難しい問題ですが、科学的に興味深くまたとてもやりがいのある研究です。興味のある方はぜひ研究室に遊びにいらして下さい。続きは研究室でしましょう。



相当温位の南北勾配より見積もられた梅雨前線の
3次元構造(7月1日頃)
図上: 水平分布、図下: 鉛直分布

自然科学の土台を築いたデカルト(図1)は、複雑な事象を理解する際、以下の2つの方向から思考し実証することが大切と説いています。

「考える問題を出来るだけ小さい部分にわけ事：分析」

「最も単純なものから始めて複雑なものに達する事：総合」



図1:ルネ・デカルト
(1596-1650)

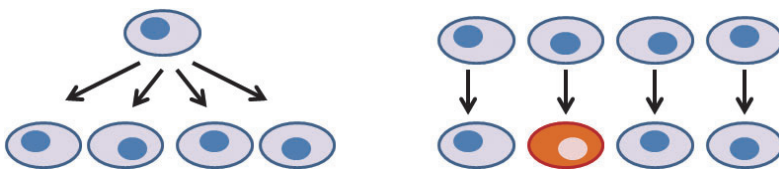


図2:細胞の増殖と分化

図2は「同じ性質・形質が複製される増殖」(左)と「特定の性質・形質に特殊化する分化」(右)という細胞が有する2つの基本的な特性を示しています。

細胞の増殖と分化といった特性をデカルト流の「分析」の手法で考えてみると、左の増殖は「遺伝子とタンパク質の状態を記憶して同じ状態で維持する仕組み」、右の分化は「遺伝子やタンパク質の状態を変化させ記憶する仕組み」とそれぞれ説明できます。

現在では、細胞の増殖や分化に加え、発生や組織・器官形成といった高次の生命現象も生体高分子との因果律を持って説明できるようになってきました。

このような考えに基づき研究者が創り上げたのが「分子生物学」と呼ばれる学問分野です。

さて、私が熊本大学で行っているのは、分子生物学の中の「翻訳後修飾」と呼ばれる領域の研究です。

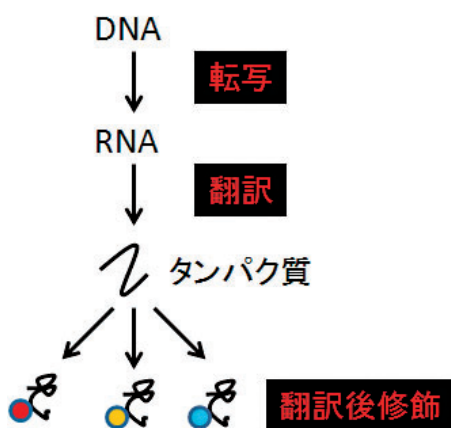


図3:タンパク質の翻訳後修飾
リン酸化・アセチル化・メチル化・糖化・SUMO化・ユビキチン化・シトルリン酸化など他多種類あり、多彩なタンパク質の機能を多様に制御できる。

タンパク質は、遺伝情報がDNAからRNAに転写された後、翻訳されて生成しますが、翻訳後修飾とは、この翻訳反応の後に起こる様々な化学的あるいはタンパク質の付加反応のことです(図3)。

翻訳後修飾の反応は目で見ることにはできませんが、これをうまく制御すれば、タンパク質の構造と機能を変換して、遺伝子発現や細胞の増殖や分化を恣意的に操作できます。

保健医療や農工業の基盤となる技術と、新学術領域の発展・深化に貢献する、活力ある、未来に開かれた学問領域ですので、皆さんの好奇心とインスピレーションをどんどん注入して行って下さい。

続きはWEBで www.sumo-modification.jp

執筆者紹介



佐野 友二
(さの ゆうじ)

1975年生
東京工業大学大学院理工学研究科
数学専攻博士課程修了
博士（理学）
2011年から理学部に在職
専門分野：ケーラー幾何



高橋 慶太郎
(たかはし けいたろう)

1977年生
東京大学大学院理学系研究科修了
博士（理学）
2011年から理学部に在職
専門分野：宇宙論



速水 真也
(はやみ しんや)

1968年生
九州大学大学院理学研究科博士課程
化学専攻修了 博士（理学）
2009年から理学部に在職
専門分野：機能性分子材料化学



富田 智彦
(とみた ともひこ)

1965年生
筑波大学大学院博士課程
地球科学研究科修了（課程博士）
博士（理学）
2002年から理学部に在職
専門分野：気象学・気候学



斉藤 寿仁
(さいとう ひさと)

1962年生
東北大学大学院農学研究科博士課程
農芸化学専攻修了 博士（農学）
2007年から理学部に在職

専門分野：分子生物学



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>