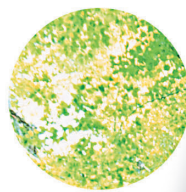


Pure Science

第10号
2015.12



熊本大学 理学部

巻 頭 言



理学部長 高 宮 正 之

この「Pure Science」も今回で第10号の刊行となりました。これまで延べ50名の熊本大学理学部教員が、理学研究の一端を高校生や大学初年次の理系学生向けに分かり易く解説してきました。

理学は、自然界や数理の世界で生じる現象の仕組みを探り、論理的に解明することを目指しています。様々な自然現象に対し、「なぜ？ どうして？？」と疑問を持ち、それを追求すること、正確なプロセスを通して検証することがPure Science(純粋科学)としての理学です。一つでも謎が解決できた時の喜びが理学を学ぶ醍醐味の一つでしょう。

写真で示したのは、私がこれまで命名した新種のシダ植物の一部です。どれも日本国内で発見されたもので、日本にのみ生育する固有種です。新種と言ったら、人類未踏の地を探検し、やっと探し出すように思われますが、植物分類学の研究が進んでいる日本でもまだまだ未発見なものが沢山あり、謎解きを待っています。



日本産新種のシダ植物

- A: ヤマエオオクジャク(発見地、熊本県)
- B: オオバミヤマノコギリシダ(和歌山県)
- C: ミズニラモドキ(岡山県)
- D: ヒュウガノコギリシダ(宮崎県)

掲載された5名の先生による研究分野の紹介は、専門用語が使用されていて少し難しいかもしれませんが、先生方の知への挑戦と研究の喜びを感じ取ってください。手に取った皆さんが「Pure Science」を通して、真理の追究に魅せられた理学研究に対し、興味や関心を持っていただけたら幸いです。皆さんの中から、次世代の我が国の理学研究を担う研究者が生まれることを期待します。

「良い問題」を作りたい！

数学コース 准教授
阿部 健

ちょっと奇を衒ったタイトルにしてしまったかもしれません。われわれ教員は期末試験の時などに問題を作りますが、期末試験問題として良い問題とは、学生の理解度を的確に測れる問題のことでしょう。しかしもちろんこのタイトルにある「良い問題」とは、そのような問題を指しているわけではありません。そもそも、数学の研究者が「問題」と言うときには、まだ答えの知られていない、いわゆる未解決問題のことを意味します。(では期末試験問題の様に既に答えのある問題を数学者は何と呼ぶのか、と聞かれると困るのですが、しいて言えば「練習問題」でしょうか。実のところ、もう答えが分かっているものに対しては、数学者はもはやそれを問題とは認識しないのです。)

数学の研究についてしばしば人は、「数学ではまだ解けていない問題があるのだろうか？」と思うようです。確かに現代数学の進歩は目覚ましいものがあります。私が高校生の頃、数学の三大問題と言えば「フェルマー予想」、「ポアンカレ予想」、「リーマン予想」で、これら難問の解決を夢見て数学少年たちは数学者を目指したものです。その「フェルマー予想」も前世紀の終わりに解かれ、今世紀に入ると「ポアンカレ予想」も解かれてしまいました。この調子でどんどんと未解決問題が解かれていくと、近い将来解かれていない問題が無くなってしまうのでは、そう思う人が出てくるのも無理からぬことです。しかし上に挙げた三大問題が「人名+予想」となっていることから分かる様に、未解決問題は天から降ってきてそして数に限りがあるものではなくて、人が作ったものなのです。実際、数学の研究の現場では今も、「こんなことが成り立つのではないかなあ」と、次から次へと新しい問題が提出されているのです。日常生活において日々さまざまな新商品が作り出されているのと似た状況です。

数学の問題の中で、数学者が「良い問題」と呼ぶものがあります。まあ細かいこと言えば、どの問題を良い問題と感ずるかは、数学者一人ひとりの感性によって微妙に異なってくるでしょうが、大筋では、その問題を解くことによって数学の世界が広がっていくような問題を「良い問題」と呼ぶのではないのでしょうか。例えば、ある問題が解かれる過程で、新しい数学的理論や概念が現れてくる、するとそれは「良い問題」なわけです。逆に、既存の理論をチョコチョコと当てはめて解けるような問題は、面白い問題ではあるかもしれませんが、「良い問題」と言うのとはちょっと違う気がします。

数学の世界に「プロブレムソルバー」という言葉があります。日本語にすると「問題解き屋さん」でしょうか。問題を次々と解いていってしまう数学者のことです。問題を解けるというのは大変素晴らしい能力なのですが、不思議なことに、数学者が「彼はプロブレムソルバーだ」と言うときには、どちらかというとネガティブな意味合いであることが多い気がします。つまり、彼は問題を解くけれど新しい理論を作り出さない、という否定的な含意です。次々とどころかたった一つの問題を解くのにも四苦八苦している私にとっては、なんとも厳しい意見に思えますが、しかし考えてみると確かに、世の中にプロブレムソルバーがいなかったら、遅かれ早かれ数学の問題は解き尽くされ、数学活動が終焉を迎えてしまうことになってしまいます。華麗さではプロブレムソルバー程ではないかもしれませんが、果てることのない数学の発展を支えているのは、「良い問題」を作り出す人びとなのです。

素粒子物理学が目指すもの

物理学コース 准教授
矢嶋 哲

物質を砕いていくと、どこまで細かくできるのでしょうか？それに限界があるとする最も小さいもの、つまり物質を構成する最小単位とは何でしょうか？それは古代ギリシャ時代から現在に至る物理学最大の問題です。

原子が物質を構成する粒子であると分かった後でも、原子内には電子があり、(π 中間子によって陽子と中性子が結合した)原子核が存在することが分かりました。ところが、加速器の進歩により陽子や中間子の仲間(バリオン、メソン)は現在までに300種類以上発見されたため、それらは最小単位の粒子ではなく、クォーク(と反クォーク)の複合粒子と見なされています。したがって、物質を構成する素粒子はクォーク(アップ、ダウン、チャーム、ストレンジ、トップ、ボトム)と電子の仲間のレプトン(電子、 μ 粒子、 τ 粒子とそれぞれに反応するニュートリノ)と考えられています。

クォークやレプトンの間で核力や β 崩壊など、電磁気力や重力では説明できない反応が起こることから、新たに“強い力”と“弱い力”が導入されました。それらの力は光子の仲間であるゲージ粒子(グルーオン、Z粒子、W粒子)が伝えると考えられ、それらも素粒子に加えられています。そして、自然界の力は電磁相互作用、重力相互作用の他に、強い相互作用と弱い相互作用の4つで説明できると考えられています。

素粒子の理論ではいろいろな対称性で相互作用の形を決めています。その考え方に沿って電磁相互作用と弱い相互作用を統一して考えた電弱理論は素粒子に質量がないことを前提にして創られました。ところがこれらの素粒子には質量があることから、ゲージ対称性を自発的に破って真空をずらし、新たな素粒子を導入することで、その理論を構成する粒子に質量を与えるメカニズムが考え出されました。最近話題になったヒッグス粒子の発見はそのメカニズムの裏付けとなっています。その他、パリティの破れ、CPの破れ、ニュートリノ振動など、対称性の破れに関する現象も実験で確認され、理論に組み込まれています。

ただし、対称性の破れがすべて許される訳ではありません。素粒子理論における時間や空間の並進および回転に対する対称性は通常成立するエネルギー、運動量、角運動量の保存則を保証します。一方、素粒子の振る舞いは場の量子論で論理的に表現されていますが、量子化をするとそれらの対称性が破れて、それらの物理量が保存しなくなる場合があります。そのため、その破れをうまく相殺できる理論でないとは言いえないでしょう。

素粒子物理学は、究極の最小単位を解明すると共に、それらに働くすべての相互作用を説明する矛盾のない理論を確立して、宇宙で起こるあらゆる現象を解明することを目指しています。それらの探究や応用は更に豊かな未来を創ることにつながるでしょう。

宇宙創成時の高エネルギー現象は加速器での検証実験が今のところ難しいので、まず合理的な条件を満たし数学的に記述される素粒子理論を創り上げようとしています。その理論は低エネルギーでの実験や観測の結果と矛盾しないことが前提ですが、それらを踏まえて、皆さんがこれから生み出すアイデアから創られるものかもしれません。

2015年のノーベル医学生理学賞は、北里大学の太田智特別栄誉教授に授与されました。太田先生は、長年に渡り微生物が作り出す天然有機化合物に関する研究を進められ、抗寄生虫薬の「イベルメクチン」(図1)を生み出すに至ります。この抗生物質は、アフリカや東南アジアなど熱帯域の風土病に対して良く効き、これまでに多くの人命を救い感染症の撲滅に貢献しました。人類の幸福に直結する業績が発信されることは素晴らしく、日本の科学水準の高さと奥深さが改めて示されました。ところが、イベルメクチンの影響が意外なところに及んでいる可能性を指摘されていることはご存知でしょうか。

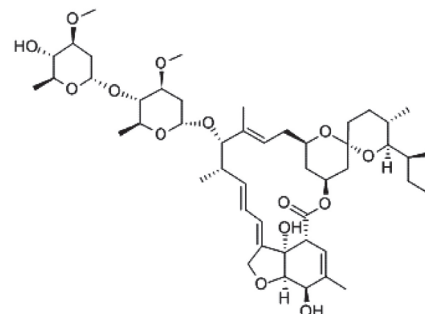


図1:イベルメクチンの化学構造

日本では、1996年から家畜の寄生虫駆除を目的にイベルメクチンが使用されています。ウシに投与されたイベルメクチンは、体内で全て代謝・分解されず、その何割かは糞中に排泄され、数日間は糞中に残留することが知られています。通常、家畜の糞は土壌微生物や昆虫によって分解されるのですが、イベルメクチンはこうした駆除対象外の有用な生物に作用してその数を減らしているというのです。とくに、その影響は日本最大の糞虫で、高い糞分解能力を持つダイコクコガネ(*Copris ochus*)という甲虫(いわゆる「フンコロガシ」)(図2)に顕在化していて、現在この虫は複数の都道府県で希少種または絶滅危惧種に指定されています。糞の分解者が少なくなれば、多くの生物が相互依存した群集構造を有する放牧生態系のバランスが崩れることが懸念されますが、現在そのリスクを予測するための科学的知見は不十分といわざるを得ません。私の専門は環境化学で、環境中の有害物質の微量分析を生業にしていますが、この問題は取り組む価値のある環境課題の一つと思います。



図2:ダイコクコガネ(*Copris ochus*)のオス
写真は「生き物研究室(<http://www.k3.dion.ne.jp/~gecko/>)」より管理人の許可を得て掲載。

人間が生活するうえで、化学物質は不可欠なものです。環境微生物から新規物質を発見して人工的に合成することで、人間を不治の病から解放した太田先生の業績は心より素晴らしいと思います。一方で、物事の評価軸は時代とともに変わることもあります。かつて、DDTという殺虫剤が世界中で使用されました。DDTの害虫駆除効果を発見した科学者は、1948年にノーベル医学生理学賞を受賞しましたが、この物質は容易に環境中で分解されず人間の体内から高濃度で検出されたり、多くの野生生物に毒性を示すことが指摘され、現在では国際条約で原則使用禁止になりました。

末筆になりましたが、本稿を読んでいただいた若い世代の方々に伝えたかったことは、物事を一つの方
向だけでなく多面的に捉えることの重要性であり、何事もバランスが大事ということです。イベルメクチンが20～30年後にどう評価を受けているのか、その答えはフンコロガシだけが知っているのかもしれない。

岩石の磁気から復元する 過去の地球磁場変動

地球環境科学コース 准教授
望月 伸竜

地球の磁場は、地球の中心に自転軸に平行に置いた棒磁石が作る磁場と良く似た形をしています。しかし、地球の深部に棒磁石があるわけではありません。それでは、いったい何が地球磁場を作っているのでしょうか。地球磁場は地球深部の外核(溶けた鉄)における電磁誘導現象によって生成・維持されています。端的に言うならば、外核に流れる電流によって地球磁場は作られていると言ってよいでしょう。

このことから、地球磁場は不変ではなく、ダイナミックに変動する性質をもっています。過去の地球磁場の変動については、火山岩や海洋底堆積物の磁気(正確に言うならば残留磁化)を測定することで復元することができます。このような研究を古地磁気学といいます。古地磁気学分野のこれまでの研究により、地球磁場は数十万年に1回の頻度で極性を替えること(例外的に白亜紀には4千万年間も同じ極性が続いたこと)、地球磁場の強さは1桁ぐらいの範囲で変動していること、などが明らかになってきました。

現在私が取り組んでいるのは、「地磁気逆転や地磁気永年変化における地球磁場変動を詳細に復元する研究」です。その際には、私を含む日本の研究グループが開発した地球磁場の強さを従来よりも精確に測定する手法を用いています。従来よりも精確なデータを得ることで、地球磁場変動の性質をより定量的に把握し、将来的には地球ダイナモの性質を把握したいと考えています。

最近、もう一つ力を入れている研究は、「古地磁気学の火山噴火史研究への応用」です。地球磁場の方位は緩やかに変動している(200年あたり十数度)ので、2つの火山噴出物から得られた古地磁気方位を比較することで、それらの形成年代にどの程度の時間差があったのかを見積もることができます。阿蘇火山・硫黄島・伊豆大島などで溶岩や火山灰を採取して、古地磁気方位データを取得する研究を現在進めています。

古地磁気学は、地球物理学と地質学の中間に位置する学際的な研究分野です。地球や自然に興味があり、野外調査にも行ってみたいし、実験やデータ解析にも興味がある、という人におすすめです。研究を進めてデータが出てくると、今まで誰も知らなかった事実が見えてくる瞬間があり、科学の先端に自分がいるという高揚感を感じることがあります。そのような面白さを味わえるであろう研究テーマを温めていますので、ご興味をもった方はご連絡頂ければ幸いです。



図1:スコットランドでの大規模岩脈群の調査。専門分野が異なる4人(左から火山学2人、古地磁気学1人、地球化学1人)が協力して調査・研究を行った。



図2:火山の溶岩(玄武岩)サンプル。このようなサンプルの残留磁化を実験室で測定し、過去の地球磁場の情報を復元する。サンプルサイズは25mm。

精子と卵は多くの動物において子孫を残すために必要であり、精子は雄の生殖腺(精巣)から、卵は雌の生殖腺(卵巣)からつくられます。この生殖腺が精巣になるか卵巣になるか(性決定)は、一般的には受精時の性染色体の組み合わせにより決まります。ヒトやメダカはXX/XY型の性決定様式であり、XX個体が雌、XY個体が雄になります(図1)。1990年にヒトの性決定遺伝子SRYが、2002年にメダカの性決定遺伝子DMYが発見され、これら遺伝子が精巣の形成を誘導していることが明らかとなりました。しかしながら、魚類を含む多くの下等生物では、ヒトとは異なり、発生途中での飼育環境の変化(高温等)によって、遺伝的な性とは逆の性に転換することがわかっています。このように、環境に応答して性を決めるしくみとはどのようなものか、またこのしくみがヒトではどの程度保存されているのか、に興味を持ちつつ研究を行っています。最近、私たちはヒトやメダカの糖質コルチコイド(ステロイドホルモン)である「コルチゾル」がメダカの雄化を引き起こすことを見出し、このホルモンが高温ストレスによる雄化に深く関与することを報告しました(図2)。すなわち、コルチゾルが生殖腺に直接働いて精巣形成を誘導するのです。一般的に、このホルモンは様々なストレスにより大量に分泌されて血圧や血糖レベルを上昇させたり、ヒトのステロイド系抗炎症薬として炎症反応を強力に抑制したりすることがわかっています。したがって、このホルモンがなぜ魚類の雄化を引き起こすのか?このホルモンはヒトでは雄化を引き起こさないのか?雄になるとはどういうことなのか?などを悶々と考えながら日々研究に没頭しています。生物学とは、実に奥深く、面白いものです。

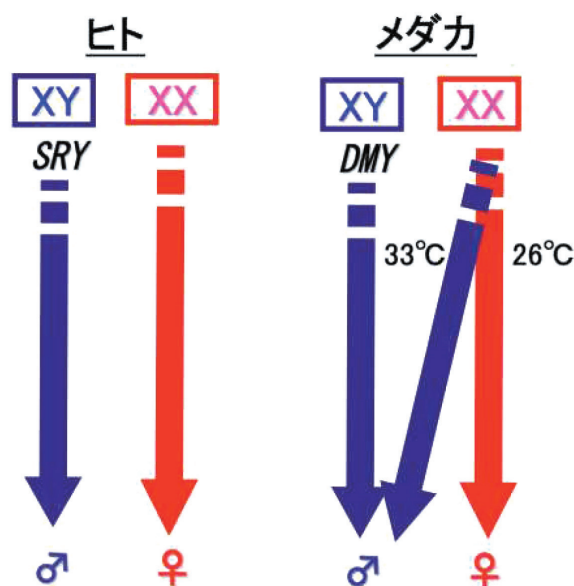


図1:ヒトとメダカの性決定機構

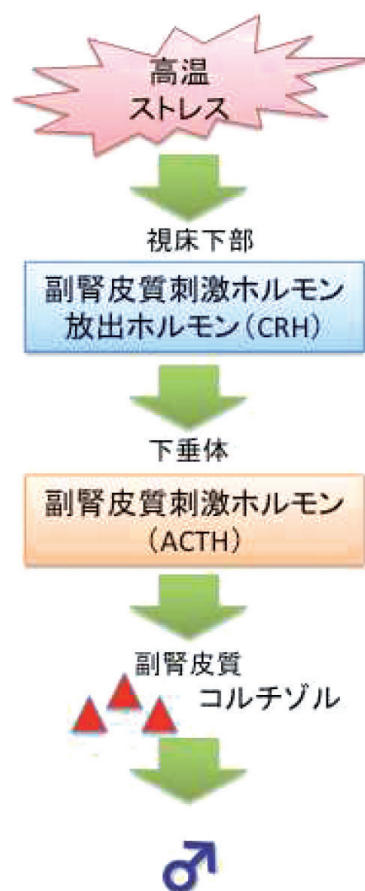
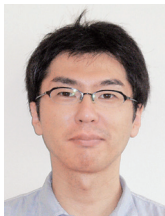


図2:高温による雄化誘導機構

執筆者紹介



阿部 健
(あべ たけし)

1974年生
京都大学大学院理学研究科博士課程
(数学・数理解析専攻) 修了
博士(理学)
2009年から理学部に在職

専門分野: 代数幾何学



矢嶋 哲
(やじま さとし)

1960年生
広島大学大学院理学研究科
博士課程後期修了
博士(理学)
1989年から理学部に在職

専門分野: 素粒子物理学



中田 晴彦
(なかた はるひこ)

1969年生
愛媛大学大学院連合農学研究科
博士課程修了
博士(農学)
1998年から理学部に在籍

専門分野: 環境化学



望月 伸竜
(もちづき のぶたつ)

1976年生
東京工業大学大学院理工学研究科
地球惑星科学専攻博士課程修了
博士(理学)
2009年より熊本大学大学院先導機構、
2014年より理学部を併任
専門分野: 古地磁気学



北野 健
(きたの たけし)

1970年生
熊本大学大学院自然科学研究科
博士後期課程修了
博士(理学)
2000年より理学部に在職

専門分野: 発生生物学



Kumamoto University

発 行: 熊本大学理学部
編 集: 理学部広報委員会
〒860-8555 熊本市中央区黒髪2丁目39番1号
電 話: 096-342-3014 (総務担当)
096-342-3321 (教務担当)
U R L : <http://www.sci.kumamoto-u.ac.jp/index-j.html>