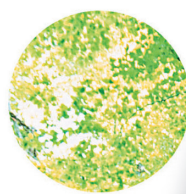


Pure Science

第8号
2013.12



熊本大学 理学部

巻 頭 言

理学部長 古 島 幹 雄

この「Pure Science」も今回で第8号の刊行となりました。これまで延べ40名の理学部教員がそれぞれの分野の専門研究や研究にまつわる話題を高校生や大学初年次の理系学生向けに分かりやすく解説してきました。読者には「Pure Science」を通して、理学研究に興味や関心を持って頂き、その広がりや奥の深さを感じて頂ければ幸いに思います。

理学研究は基礎研究であり、一般に、その研究目的や意義を初心者に分かり易く解説するのは難しい作業ですが、この「Pure Science」の記事は比較的分かり易く書かれていますので、全ての記事を読んで頂き、その中に興味ある内容があれば、その著者と直接コンタクトをとり、さらに詳しい話を聞いてみるのも良いでしょう。

理学研究の醍醐味は成果を何かの役に立たせるというより、身の回りにある様々な現象を不思議に思い、そこから、想像を膨らませ、予想や仮説を立て、一つの結論を導いて行くそのプロセスにあると思います。どういう分野やどういう研究が面白いかは、人それぞれですが、真実を見極めようとする思いに違いはないように思います。読者の諸氏にとって、この「Pure Science」が理学研究を目指す一つの動機に繋がる事を願っています。



熊本大学理学部1・2号館

数列の収束について(力学系理論)

数学コース 教授
鷺見 直哉

漸化式と初項を勝手に与えた時、これらによって定まる数列は収束しているとは限りません。では、漸化式と初項がどのような組み合わせの時に、数列は収束するのでしょうか。また、収束しない時には、数列はどのように振舞うのでしょうか。このような問題を研究するのが、力学系理論です。

上の問題が簡単ではないことを知るために、具体的な漸化式 $x_{n+1} = ax_n(1 - x_n)$ を考えてみることにしましょう。ただし変数 a は $0 \leq a \leq 4$ 、初項 x_0 は $0 \leq x_0 \leq 1$ を満たすものとします。この漸化式はロジスティック写像と呼ばれ、力学系理論で最も研究が進んでいる漸化式です。

まず、 $0 \leq a \leq 1$ ならば、初項 x_0 がどのような値であっても、数列 $\{x_n\}$ は0に収束します。下の図1は、 $a = 0.9, x_0 = 0.5$ の時にMathematicaで描いた数列 $\{x_n\}$ の図です。折れ線と対角線との交点がそれぞれ数列の各項 $x_0, x_1, x_2, \dots$ に対応しています。次に、 $1 < a \leq 3$ ならば、初項 x_0 が0または1となる

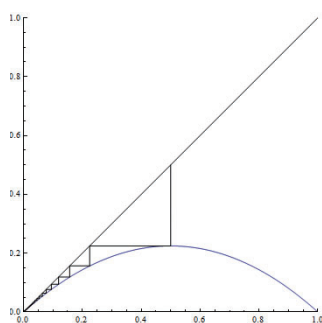


図1

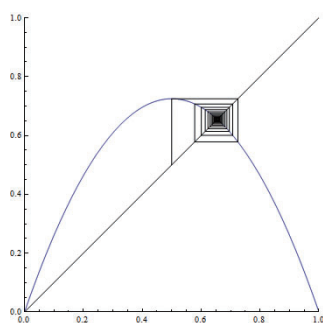


図2

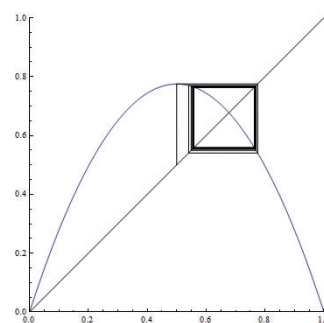


図3

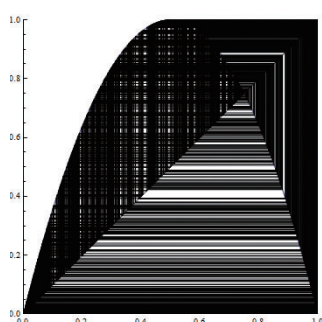


図4

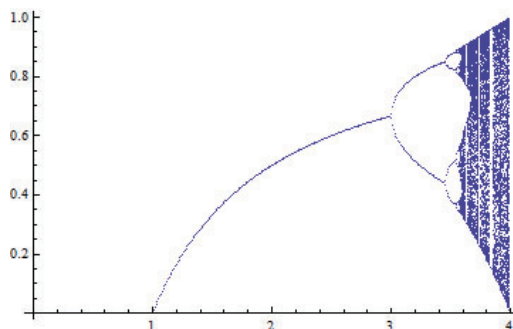


図5

場合を除いて、数列 $\{x_n\}$ は $1 - 1/a$ に収束します。図2は、 $a = 2.9, x_0 = 0.5$ の図で、折れ線が集中している点が数列の収束先を表します。しかし、 $a > 3$ ならば、「例外的」な初項を除いて、数列 $\{x_n\}$ は収束しません。図3は、 $a = 3.1, x_0 = 0.5$ の図で、数列 $\{x_{2m}\}$ と数列 $\{x_{2m+1}\}$ がそれぞれ異なる点に収束しています。さらに $a = 4$ ならば、数列 $\{x_n\}$ は区間 $[0, 1]$ の中で「乱雑に」動き回ります（図4）。ただ、「乱雑」とはとっても、非常にきれいな統計的法則に従って動いていることが知られています。図5は、横軸に a を、縦軸に数列 $\{x_n\}$ の全ての「集積点」を描いた図で、分岐図と呼ばれています。分岐図は、 a が大きくなるにつれて、数列の振舞いが複雑になっていく様子を表しています。

以上のように、ロジスティック写像のような簡単な漸化式であっても、数列の振舞いは複雑かつ多様です。そして現在でも次々と新しい事実が発見されています。皆さんにも、数列をはじめとした力学系理論の研究に興味を持って頂ければ幸いです。

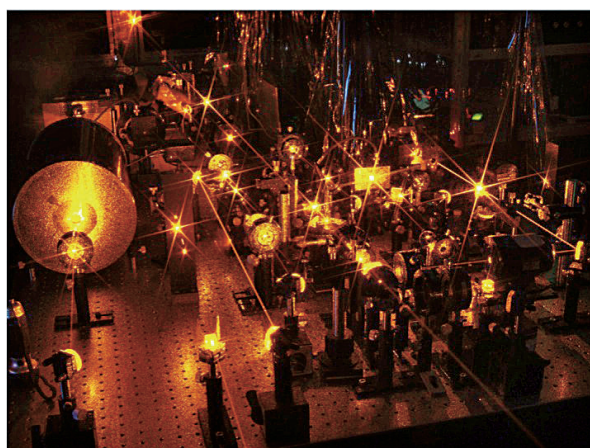
レーザーの功績と将来

物理学コース 教授
光永 正治

1960年にレーザーが発明されて以来、半世紀以上の時が流れてしまいましたが、当初のめまぐるしい技術発展も一段落し、ここでレーザーが人類に及ぼした影響、功績に関してじっくりと考察をくわえてみる時期にきているのかもしれませんが。私の個人的な感想としては、やはり、レーザーは20世紀最大の発明のひとつであった、と思います。理由の最初は、まったく新しい種類の光の概念を人々に植え付けたことです。レーザー以前には、位相のそろった光というものが存在したでしょうか。第二は、(これが最大の理由となるでしょうが)一般社会に与えたインパクトの大きさでしょう。今日のインターネットを基盤とする情報化社会、医療、計測、土木、工学、すべての分野でレーザーは社会に変革をもたらしました。

そしてもう一つは、(こちらが、今回私が強調したい点なのですが、)科学、特に物理学そのものへの貢献です。原子物理学、分光学、理科教育その他あらゆる物理学の研究分野が、レーザーの出現により急速に変貌を遂げました。さらに、非線形光学、量子情報(量子計算、量子通信を含む)を始めとして、まったく新しい学問分野が出現するに至りました。レーザーの基礎物理学における貢献度は、1960年以来のノーベル物理学賞においてレーザー関連部門がいかに多いかを確かめるだけでも十分でしょう。ざっと列挙してみると、Townes他(レーザーの発明、1964)、Bloembergen、Schawlow (レーザー非線形分光学、1981)、Ramsey(ラムゼー共鳴法の開発、1989)、Chu、Cohen-Tannoudji、Phillips (レーザー冷却法の開発、1997)、Cornell、Ketterle、Wieman (気体のボーズアインシュタイン凝縮(BEC)の確認、2001)、Glauber、Hall、Haensch (量子光学の発展、高精度レーザー分光学の発展、2005)、Haroche、Wineland (量子光学の発展、2012)、等、夥しい数のレーザー関連物理学者に、ノーベル賞が与えられています。特に、レーザー冷却やBEC等は、他の物理分野の研究者を多く取り込んで巨大な物理分野に発展しつつあります。また、量子情報の分野も巨大な勢力となりつつあり、基礎物理学の発展に大きく寄与をしつつあります。

さて、功績についてはこれくらいにして、では、レーザーの将来は、と聞かれると私だって「？」と答えざるを得ませんが、強いて答えるなら、「ハイパワーのレーザー開発が進んでいく限り、将来はどんどん明るいものになるでしょう！」



非線形レーザー分光の実験

環境をひもとく分析化学

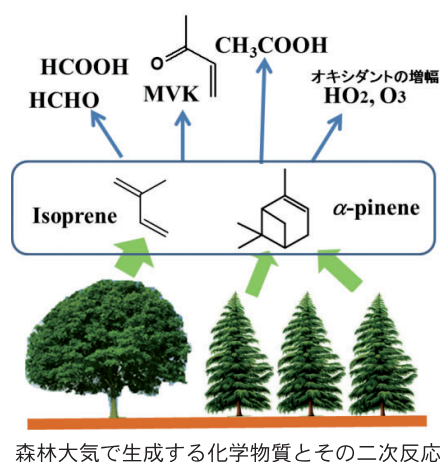
…自然界で生成する化学物質をさぐる

化学コース 教授
戸田 敬

みなさん、環境中の化学物質は人間活動によって放出されていると思っているでしょう。研究開発や産業界の努力によって、日本における人為的汚染は大きく低減されてきました。これに対し、自然界ではどうでしょう。美しい空気をもとめて森や山へ入ることも多いですが、森の木々からは多くの有機化合物が放出されています。ピネンのように樹の香りをもたらす物質も多く、森の空気感をつくっています。しかし、大気では太陽光によってさまざまな化学反応が引き起こされ、このような植物起源の物質 (biogenic volatile organic compounds, BVOCs) からホルムアルデヒドのような発がん性物質が生成したり、オゾンのようなオキシダントの濃度を増幅したりしています。2006年より熊本でも注意喚起されるようになった光化学スモッグや、今年にわかに話題となったPM 2.5は、中国大陸から飛来する汚染物質が原因と言われていますが、日本でローカルに発生する化学物質も相乗的に寄与しています。もちろん、有機溶剤の揮散や燃焼過程で生じる人為的な化合物がオキシダント濃度を増大させていますが、国土の9割を占める森林から発生するBVOCs量の方がはるかに多く、また個々の化合物のオキシダントを増幅する能力も森林のBVOCsの方が大きいのです。実際、熊本市内の立田山森林内のオキシダントは、秋から冬の時期は郊外よりも低めですが、春から夏にかけてのオキシダントは、イソプレンなどBVOCsの発生量に応じて市街よりも高くなっています。個々の反応や複合的な影響を調べていくことが重要と考えられます。

水環境中でも様々な物質が生成します。例えば、海水中の植物プランクトンは豊富な硫酸塩から硫黄を含む有機化合物dimethylsulfoniopropionate, DMSPをつくり出します。これは、自分の細胞を、海水の高い浸透圧から守るためと考えられています。ただしDMSPは容易にアクリル酸と硫化ジメチル (dimethyl sulfide, DMS) に分解され、DMSは海水から大気へ放出されます。海岸の磯の香りは主にこのDMSによるものです。DMSは海洋上で雲をつくり雨を降らせるもとになる物質で、現在海水中DMSのデータベースを作成する調査が行われています。ところが、私たちのロシアにおける調査において、バイカル湖の氷の下 (写真) でもDMSPが生成していることがわかってきました。バイカル湖は淡水ですので浸透圧調整の必要がありません。3月に氷の下でプランクトンブルームがありますが、この時期にだけDMSPが検出され、その濃度は海水に匹敵するものでした。その理由は謎ですが、淡水でも凍結防止などのためにプランクトンがDMSPを合成しているのではないかと考えています。

以上のような物質は不安定なため、その場で測定を行わなくてはなりません。熊本大学では、森林中のBVOCsやHCHO、ならびにナノモル (10^{-9} mol)、ピコモル (10^{-12} mol) レベルの超微量のDMSやDMSPを現場で分析する手法を創出し、氷のバイカル湖のような厳しい自然環境中でも調査が行えるようになりました。研究を遂行する上で大きな武器になっています。



氷で覆われたバイカル湖での分析

隕石衝突と大量絶滅

地球環境科学コース 准教授
尾上 哲治

恐竜は巨大隕石の衝突により絶滅した—このような説が1980年に提唱されてから、約30年が過ぎた。この間研究者は、恐竜が絶滅した6500万年前の「白亜紀/古第三紀境界」とよばれる時代以外からも隕石衝突の痕跡が見つかるはずと考え、これまで多くの研究がなされてきた。しかし実際に生物の大量絶滅を引き起こした隕石衝突は、白亜紀/古第三紀境界以外からはみつかっていない。環境変動や大量絶滅を引き起こした隕石衝突は、本当に白亜紀/古第三紀境界だけなのだろうか？

恐竜時代の黎明期に目を向けてみよう。今から約2億～2億3700万年前の「三畳紀後期」という時代は、これまで陸上生態系で主要な位置を占めていた哺乳類型爬虫類(ほにゅうるいがたはちゅうるい)が絶滅し、代わりに恐竜が進化発展した時代だ。哺乳類型爬虫類の絶滅がなければ、その後の恐竜時代はなかったかもしれない。この絶滅の原因として、隕石衝突の可能性がたびたび指摘されてきたのだが、これまで確かな証拠はみつかっていなかった。

2012年、私たちの研究グループは、愛知県犬山市と岐阜県坂祝町の境を流れる木曽川にみられる「層状チャート」とよばれる堆積岩から、三畳紀後期の隕石衝突を示した地層を発見した。層状チャートとは、主に放散虫と呼ばれる二酸化ケイ素の骨格を持つ海生浮遊性プランクトンの死骸が、深海で堆積したことによって形成された地層だ。元素分析の結果から、地球表層には一般に極めて微量にしか存在しない白金族元素とよばれる6つの元素(ルテニウム、ロジウム、パラジウム、オスミウム、イリジウム、白金)が、木曽川の地層中に異常に高い濃度で含まれることが明らかになった。これは地球上の火山活動などのプロセスでは説明できないほど過剰なものであり、隕石との元素濃度の比較から、層状チャートに含まれる白金族元素は巨大な隕石の衝突によりもたらされたものと結論づけられた。

私たちが発見した恐竜時代黎明期の巨大隕石の衝突が、当時生息していた生物の大量絶滅につながったかどうかはまだはっきりしていない。しかし、私たちの計算によると、この時代に衝突した隕石は、直径が約3～8 kmと巨大サイズである。このような巨大隕石の衝突は、気候変動に影響をあたえるような硫黄や炭素を大量に放出したと予想され、当時の地球環境に何らかの影響を及ぼしたはずである。白亜紀/古第三紀境界以外でも、隕石衝突により引き起こされた大量絶滅が存在するかもしれない。隕石衝突について、一緒に研究をすすめてみてはいかがでしょうか？



隕石衝突が記録された今から約2億1500万年前の粘土層. 岐阜県坂祝町

植物は、器官を切除して培養することや、分化全能性をひきだすことが容易であることから、いかにも各器官、組織、細胞が自律分散的に生きているように見えます。しかし、中枢神経系を持つ動物のような中央管理型の生命形態ではないにもかかわらず、各器官(細胞)の間では確実に情報のやりとりを行っていて、個体としての統一性を保っています。それでは、どのようにして各器官(細胞)の間で情報のやりとりを行っているのでしょうか。また、各細胞は、細胞自身の位置情報や、環境、発生プログラムをどのように認識して自分自身を分化させ"個体"を形作っているのでしょうか。

植物は、日長や温度、水分状況など様々な環境変化をモニターし、その情報を体中に発信します。例えば、日長や温度変化を感じ取り、決まった時期にのみ、生殖器官である“花”を形成します(動物は生まれた時には、既に、生殖器官は出来ていますよね)。生まれた後、基本的に伸長成長のみをする動物と異なり、植物には、幹細胞があり、環境に応じて、死ぬまで新たな器官を作りつづけることが出来るのです。このような、新たな器官を作る元になる幹細胞の活性制御にCLEペプチドホルモンが利用されています。我々は、突然変異体を利用して、その幹細胞活性制御に関わるペプチドホルモンの働く仕組みを解析しています。たとえば、図Hのように、幹細胞の活性が高くなると、野生型(図G)に比べて花卉の数が増えたり、花の数が増えたり、茎が太くなったりします。このペプチドホルモンの働く仕組みを知ることで植物の形作りの本質にせまり、また、植物の形を自由にコントロールしたいと考えています。

このCLEペプチドホルモンは全ての植物が持っていますが、動物界では、唯一、植物に感染する線虫のみが持っています。何故線虫が植物の幹細胞活性制御を行うペプチドホルモンを持っているのでしょうか。我々は、線虫が植物に感染する際に、このCLEペプチドホルモンを利用していると考えています。その働く仕組みを解明すれば、年間数十兆円ともいわれている線虫被害対策にも応用できると考えています。

植物の形作りやその進化、また、農業問題に関心のある方は、是非、遊びに来てください。



執筆者紹介



鷺見 直哉
(すみ なおや)

1968年生
東京都立大学大学院理学研究科
数学専攻博士課程修了
博士(理学)
2013年から理学部に在職

専門分野: 力学系理論



光永 正治
(みつなが まさはる)

1953年生
カリフォルニア大バークレー校
博士課程修了
NTT物性科学基礎研究所 研究員
2000年より理学部に在職

専門分野: 非線形レーザー分光学



戸田 敬
(とだ けい)

1960年生
熊本大学大学院理学研究科修士課程修了
博士(理学)
1994年から理学部に在職

専門分野: 分析化学・環境化学



尾上 哲治
(おのうえ てつじ)

1977年生
九州大学大学院理学府博士後期課程
地球惑星科学専攻修了
博士(理学)
2013年から理学部に在職

専門分野: 堆積学



澤 進一郎
(さわ しんいちろう)

1971年生
名古屋大学(学部)、京都大学(大学院)を経て、
東京都立大学助手、東京大学助手、助教授、
准教授を経て、2010年より現職

専門分野: 分子遺伝学・農業分野



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)
URL: <http://www.sci.kumamoto-u.ac.jp/index-j.html>