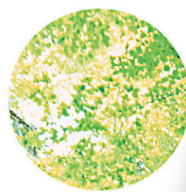


Pure Science

第4号
2010.1



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 西 野 宏

理学を研究する人には「フィールド」がある。数学を研究する人にはおおよそ紙と鉛筆があればよく、物理の理論を研究している人もほぼ同じで、その紙の中に描かれた世界が「フィールド」である。物理や化学を研究している人の中で実験をやって色々な理屈を証明しようとしている人は、実験室にある様々な測定機器の中が「フィールド」である。化学反応を研究している人は実験台上のフラスコの中が「フィールド」であり、また、その反応物を分離するために使うクロマトグラフィーの中が「フィールド」であり、その隅々にどのような化合物が潜んでいるかをくまなく調べる。地学や生物を研究している人の「フィールド」はいわゆる地球上であり、まさにそれが表面であったり地球内部であったり、あるいは地表をずうっと離れた宇宙であったり、それらがすべて「フィールド」である。さらに、細胞などを研究している人は、電子顕微鏡の中に見える世界がまさに「フィールド」であろう。我々科学者はこれらの「フィールド」の中で、これまでに人類が体験し見つけてきたあるいは我々がまさに今発見した「不思議なこと」を、人類がこれまでに知り得た知識と我々の知恵を使って理解し、証明しようとしている。様々な「フィールド」の中で科学者によって理解し証明されてきたことは、人類の「知の文化遺産」となって積み上げられてきた。これらの「知の文化遺産」は、これからの人類の発展のためのシーズ（種）でもある。この「シーズ（種）」に水をやり、発芽させて双葉にし、さらに大きく成長させて花をつけ実をつける大樹にまでするの、また人類である。このようにして我々人類は繰り返し発展を遂げてきた。すなわち、我々人類は常に前に進む（発展する）ようにプログラムされた生き物なのである。

ここに「Pure Science」第4号をお届けします。ここに紹介されたものは、まさに理学部で行われている純粋な学問研究の一端であり、一つ一つが「知の文化遺産」です。さあ、高校生の皆さんもこれらの「知の文化遺産」に触れ、自分のフィールドを開拓し、そこで新しいシーズ（種）を見つけてそれを発芽させて見ませんか？ここに掲載された5つの研究分野の紹介文では専門用語をそのまま使用しているので、高校生の皆さんには分かりにくいかもしれません。しかし、これらの研究紹介を通して、理学研究の底力を感じ取ってください。



(提供: 国立天文台)

多変数の特殊関数の世界の理解を目指して

数理科学プログラム 教授
木村 弘信

私は微分方程式やその解として定義されるよい性質を持つ関数を研究しています。高校で皆さんが学ぶ2次関数や三角関数、指数関数などがもっとも簡単な例になっています。たとえば三角関数 $\sin x$ は周期 2π をもち2回微分すると $-\sin x$ になりますから $y'' = -y$ という簡単な微分方程式を満たしています。 $\cos x$ も同じ方程式の解です。 $\sin x$ と $\cos x$ は加法公式などの不思議な性質を持っていますが、これらは上の述べた微分方程式を用いて示すことができます。なぜ三角関数が大事なのかというと、その性質がよく分かり、そしていろいろな問題を解こうとするとき自然に現れ重要な役割を果たすからです。たとえば、 $a \sin(x-vt)$ は速度 v で進む高さ a の波を表していますし、もっと複雑な波もこのような単純な波の和として表されることが知られています。三角関数のようなよい性質を持つ関数はほかにも知られていて特殊関数と呼ばれています。これらは300年以上も前からたくさん発見されてきており、これまでは個々に調べられてきました。しかしよく調べてみると、特殊関数がよい性質を持っていることの背後に共通の理由があることがここ30年くらいの間に分かってきて、これらの関数の多くを統一的な視点からあつかえるようになって来ました。背後に“群”と呼ばれるものが隠れていて、それが関数だけでなく関数を支配している微分方程式を定め、さまざまな性質が成り立つ根拠を与えていることが認識されてきたのです。現在私が研究しているのは複数個の変数をもつ多変数特殊関数です。この性質を調べようとすると、代数、幾何、解析の数学のさまざまな分野の問題と関連してきますが、それだけでなく、物理学における場の理論や統計物理の問題とも密接につながっており、重要な対象だと考えています。まだ研究は途上にあり、これらの問題の前で、ああでもないこうでもないというろうろ歩き回りながら考えているのが現状です。

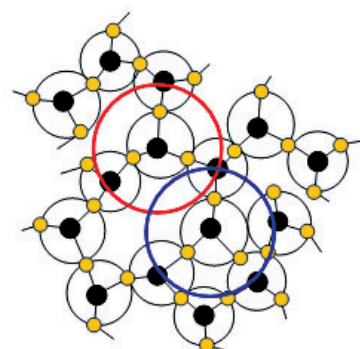
高校生諸君へのアドバイス

自然科学に限らず、何かに興味を持ったときに、本を読んだり先生に質問したりしますね。いまならインターネットで調べたりするかも知れませんが、そこに書かれていたり答えてもらったことがそのまま理解できる人もいるでしょう。しかし、理解できないことのほうが多いのではないのでしょうか。そのようなときにはなんとしても分からなくちゃとあせらなくてもいいのです。別に競争をしているわけでもないのです。立ち止まってゆっくり考えたり、ああではないかこうではないかと試行錯誤したり、またほかの本を読んだり他の人に質問したりしてみましょう。どうしてもそのときに納得できなかつたら、しばらく放り出しておくのもひとつの手です。そして、自分になるほどと思えるようになるまでじっくり待ちましょう。もやもやとした状態というのは必ずしも快適な状態ではないですが、自分に正直であることを続けていくと、いつの間にか難しくてよく分からなかったことが理解できて当たり前のことに思っている自分に気がつくことでしょう。急がば回れです。

固体イオニクスと構造不規則系の物理への招待

物理プログラム 教授
安仁屋 勝

我々の身の周りにはハイテク製品の多くは、半導体を中心としたエレクトロニクスの研究成果に負っているといっても過言ではないでしょう。固体物理学の言葉でいえば、エレクトロニクスは物質を構成する各原子の一番外側の電子（価電子といいます）の振舞いによって支配されます。このとき、原子を構成するもう一つの要素である原子核とそれを取りまく価電子以外の電子（この複合体をイオンといいます）は、原子位置と呼ばれる固定点の周りで振動しています。多くの固体において、イオンはこの固定点から離れることはありません。しかし、超

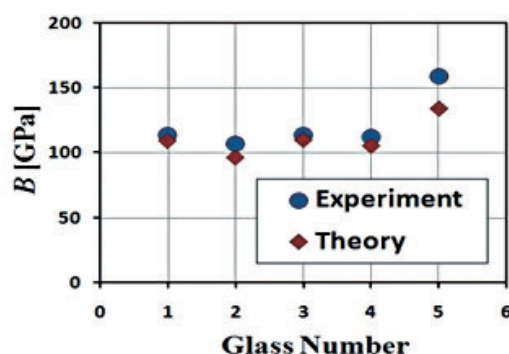


融体のモデル

イオン導電体と呼ばれるある種の物質においては、物質を構成する一部のイオンがあたかも液体中におけるイオンのように動き回ります。超イオン導電体を示すこのような性質は、最近話題の燃料電池を含むあらゆるタイプの電池やセンサーの開発等に利用されています。しかしながら、固体中における高速イオン輸送のメカニズムは何か、電解質と電極との界面付近でどのような現象が起きているのか等、基礎的な物性はまだ十分に理解されていません。物質中におけるイオンの運動とそれに伴う現象、更にはそれらに関する科学や技術を表す総称が固体イオニクスです。

現在の固体物理学は主として、原子が周期的に規則正しく並んでいる結晶を対象に研究が進められてきました。一方、自然界には原子が規則正しく並んでいない液体やガラス等の物質も数多く存在します。これらの物質のことをアモルファス物質とか構造不規則系と呼んだりします。構造不規則性をもつ物質の研究はここ30年ほどで大きく進展したものの、結晶性物質と比べ、その理解は大幅に遅れています。

私は、「固体イオニクス」と「構造不規則系」という2つのキーワードをもとに研究を行っています。物質中におけるイオン輸送機構に関しては、電子系とイオン系が行う運動の連携から生じる結合揺らぎモデルを提案しました。このモデルにより、あらゆる物質におけるイオン輸送のメカニズムが統一的な観点から理解できることが期待されます。その他の研究としては、ガラスなどに存在する中距離構造がイオン輸送に及ぼす影響の発見とその物理的背景の理解、過冷却液体の粘性を記述するモデルの提案、アモルファス半導体における光誘起イオン輸送現象に関するモデルの提案などがあります。



金属ガラスの体積弾性率。
理論値と実験値との比較。

固体イオニクスや構造不規則系の研究分野は物理学だけでなく、化学、地球科学、材料科学、電気化学、金属学などが絡む極めて学際的な研究分野です。国際的な規模で展開される基礎研究と応用研究の交流も盛んです。学問分野が融合するとき、多くの新しい概念や解決しなければならない多くの謎が次から次へと湧き出てきます。ダイナミックに進展するこの分野の研究にあなたも参加してみませんか？

炭素、興味ある元素、興味ある性質

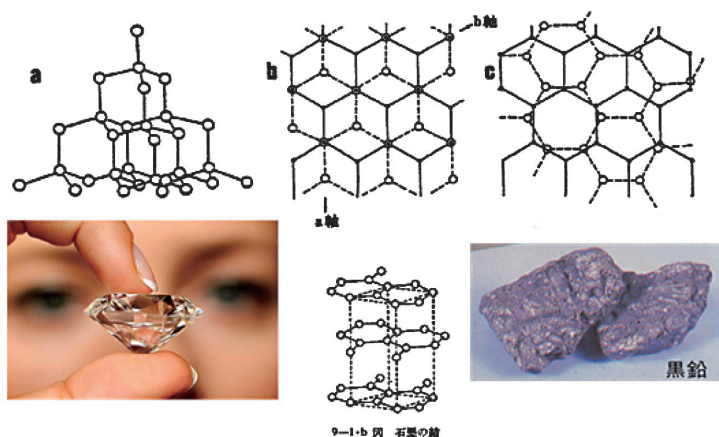
化学プログラム 教授
市村 憲司

炭素の同素体は、ダイヤモンドとグラファイト（石墨）が知られていたが、フラーレンとナノチューブが発見され、第3の結合様式をもつ炭素結晶相が数学的に証明された。これらの炭素同素体は、電気的性質、光学的性質、磁氣的性質、熱的性質、機械的性質など、様々な多様な性質を示す。

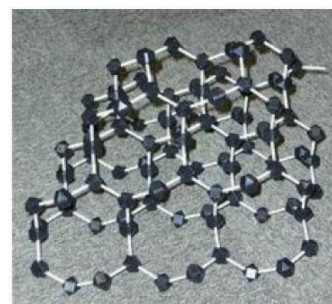
また、ダイヤモンドでもナノスケールの大きさを持つナノダイヤモンドはダイヤモンドとは異なる性質を持つことが報告され始め、ナノスケールのグラファイトやその構成シートであるグラフェンのナノ構造によって様々な性質を示すことが計算や実験で報告されてきている。

炭素の結合様式とその集合状態の制御により、多様な機能性物質が期待される。

ダイヤモンド グラファイト（黒鉛）

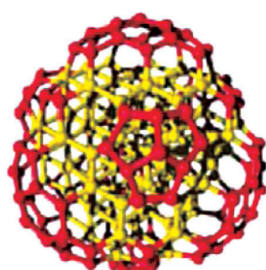


ダイヤモンドとグラファイト

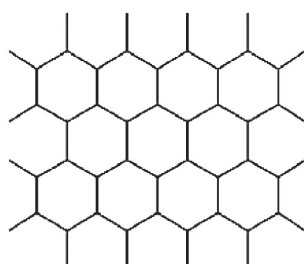


東北大などのグループが存在を証明した、第3の炭素結晶の構造を表した模型

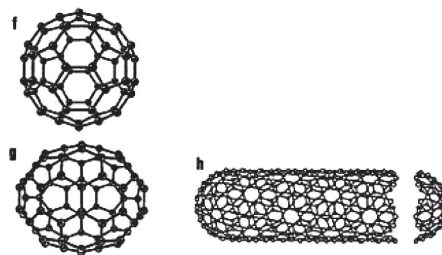
第3の炭素同素体



ナノダイヤモンド



グラフェン



フラーレンとカーボンナノチューブ

ミクロの化石, 有孔虫

地球環境科学プログラム 教授
長谷川四郎

顕微鏡を使ってはじめてその形が観察できるくらいに小さな化石、微化石は、多くが海生の原生生物ですが、化石として残りやすい堅い殻をもちます。その代表格といえる有孔虫は、アメーバに近縁で、世界中のあらゆる海域に分布しています。有孔虫の分類は、殻の構造や形の違いを基準にしている、現生種の数では日本周辺だけでも2300種を越えます。近年、遺伝子解析のデータも、徐々にですが蓄積されています。化石種はざっと2万種といわれ、そのほとんどは膠着質殻(砂など周囲の物質を集めてセメントで固めた殻)と石灰質殻の種です(右上図)。

有孔虫には、プランクトンとして海水中で生活する**浮遊性有孔虫**と、海底に生息する**底生有孔虫**がいます。浮遊性有孔虫はおもに外洋域の表層水に生息しますが、表層付近の生体系でマイナーな存在です。しかし、ほかのプランクトンが死んで海底に沈むうちに分解されてしまうのに対して、浮遊性有孔虫の石灰質殻が分解せずに海底まで到達し堆積するので、とくに低緯度の深海底では、ほぼ有孔虫の殻だけでできた、軟泥と呼ばれる堆積物が見られます(右中図)。浮遊性有孔虫は進化速度が速いことから時代決定の良い指標になりますが、同時に、水温の違いに敏感なので、海洋気候の変遷を知るのに役立ちます。

底生有孔虫は水深・光・餌・溶存酸素や、海底の微地形や特性(岩礁・堆積物・藻場)などに応じた棲み分けを行っていて、海底の多様な環境に特有な有孔虫群集がみられます。そこで、堆積物(地層)に含まれる化石群集の組成を分析することにより、地層がどのような海域の(古気候)、どんな環境で(古環境)できたのかが分かります。古生代後期に繁栄したフズリナや古第三紀のヌムリテス(貨幣石)は時代を決める示準化石ですが、同時に熱帯の浅海環境を示します。沖縄土産として有名な“星の砂”(右下図)も熱帯のサンゴ礁域を指標する種です。

このような有孔虫の環境や年代指標としての特性は、世界中の海成層研究に応用され、地層の年代対比を改訂し、堆積環境の変動メカニズムに新たな視点を与えて、地史を大きく書き換えました。例えば、恐竜が絶滅したK-T(白亜紀-古第三紀)境界において、境界とされた地層断面に無堆積や削剥による欠損を見出して、混乱した議論の整理に貢献しました。さらに、海洋表層の浮遊性有孔虫がほぼ絶滅したのに対し、深海の底生有孔虫に変化がないことより、大量絶滅の特質を明らかにし、巨大隕石衝突説の裏付けに寄与しました。

また、有孔虫の石灰質殻は同位体比測定や化学分析の試料であり、古海水温の指標として表層から底層に至る水温分布や、深層循環の変動を明らかにした。また、海水の塩分や氷期の大氷床量の変動を知る手がかりを与えています。また、加速器質量分析の発展につれ、有孔虫殻を用いた放射性炭素年代測定が日常化し、海底柱状堆積物による高精度の地史的研究が行われています。

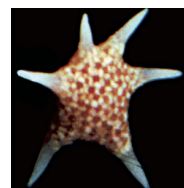
さらに、最近では、堆積物の流動過程を示す指標として、津波堆積物や海底の混濁流堆積物の起源や流体の規模、引き金となる歴史地震の頻度などの解明に迫っています。こうして、有孔虫を用いた研究の領域が益々広がっています。そのような発展の可能性を一緒に追究しませんか？



深海域のさまざまな底生有孔虫。
右の2種は膠着質殻、他は石灰質殻をもつ。(日本海; 現世)



深海堆積物を構成する浮遊性有孔虫
(北太平洋; 現世)



サンゴ礁の底生有孔虫“星の砂”
(沖縄; 現世)

細胞の運命はどのようにして決まるか？ —to go or die is a critical question!—

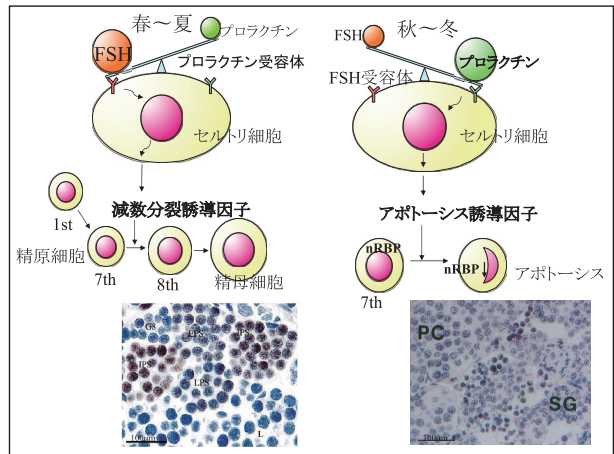
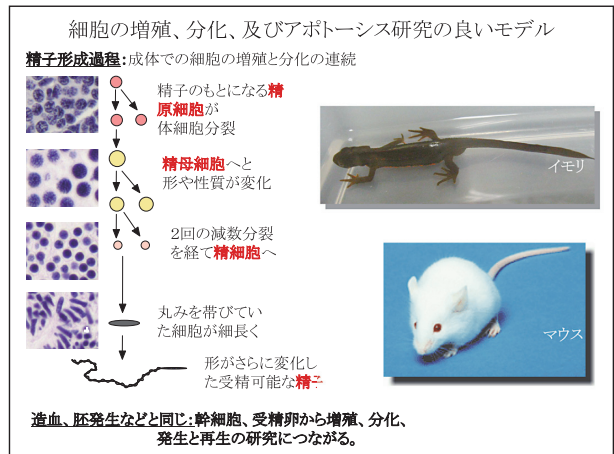
生物環境プログラム

江頭 恒、安部 眞一

高校生の皆さん、あなた一人の身体は約60兆個の細胞からできていて、それぞれの細胞は神経や赤血球などと形も働きも違いますが、もともとは1個の受精卵から出発してできあがったものです。これは、受精卵が分裂していく過程で、細胞の運命が別れていった結果なのです。ではどうして細胞の運命がいくつにも別れ、最終的に神経や赤血球などに分化して行くのでしょうか？我々は、その一つのモデル系として、精子分化の問題に興味を持ち、研究しています。

精子分化というのは、もとは精子の「タネ」になる細胞(精原細胞)があり、その細胞が体細胞分裂ののち精母細胞に分化して減数分裂を開始します。減数分裂というのは、精子や卵子ができるときだけ起こる特殊な分裂で、染色体数が半分になります。その後、形が変化して精子となります。この過程には脳下垂体から分泌されるホルモンが深く関わっています。我々は特に精原細胞が体細胞分裂から減数分裂に切り換えるしくみを調べています。イモリ精巣を体外に取り出して培養し、そこに濾胞刺激ホルモン(略してFSH)を加えると精原細胞が活発に分裂して精母細胞に分化する一方、プロラクチンというホルモンを加えると精原細胞は精母細胞に分化せず、アポトーシスを起こして死んでしまうことを発見しました。自然界では春～夏に気温が上がると脳下垂体からのプロラクチンの分泌量が少ないのでFSHの作用で精子分化が進みますが、秋～冬に気温が下がるとプロラクチン分泌量が増えるので精原細胞にアポトーシスが起こり、精子分化が停止します。その頃には精子が十分できあがっていますので、もうそれ以上作る必要はないという自然の合理性かも知れません。

ところで、FSHやプロラクチンは精原細胞に直接働くのではなく、精原細胞を取り巻いているセルトリ細胞という細胞に働き、その後セルトリ細胞から何らかの物質が出て、それが精原細胞に働きます。我々は、FSHが働いたときセルトリ細胞から分泌される重要な物質としてニューレギュリンというタンパク質を発見しました。ニューレギュリンはマウスにおいても精原細胞に働いて精母細胞に分化させるという大変興味深い結果を得ました。また、プロラクチンがセルトリ細胞に働いたのちセルトリ細胞から分泌される「アポトーシス誘導因子」が何であるのかはまだ不明ですが、精原細胞内で働くアポトーシス抑制因子を発見しました。このRNA結合タンパク質はアポトーシスを起こしていない細胞では常に存在し、その標的であるタンパク質の正常な合成に関与してアポトーシスを抑制していますが、一方、プロラクチンが働くと精原細胞内で減少し、結果としてアポトーシスが誘導されることを明らかにしました。これらの結果は、外界の刺激(温度)がホルモンのバランスに影響し、それが標的細胞であるセルトリ細胞から分泌される物質を変化させることによって、精原細胞が精母細胞へ分化するかどうかを決める、という分子的なしくみを示しています。一個の身体ができあがるためには、このような精緻なしくみが次々と働いて細胞運命が少しの狂いもなく決められて行った結果なのです。どうです！生き物ってすごいと思いませんか？



執筆者紹介



木村 弘信

(きむら ひろのぶ)

1954年生
東京大学理学部数学科卒業
東京大学理学研究科博士課程数学専攻修了
1995年より理学部に在職
専門分野：特殊関数，可積分系，複素領域における微分方程式



安仁屋 勝

(あにや まさる)

1960年生
サンパウロ大学物理学科卒業
新潟大学大学院自然科学研究科博士課程 物質科学専攻修了
1997年から理学部に在職
専門分野：物性物理学



市村 憲司

(いちむら けんじ)

1951年生
東京工業大学大学院理工学研究科博士課程理学専攻修了
1987年から理学部に在職
専門分野：物理化学・物性化学・材料科学・エネルギー科学



長谷川 四郎

(はせがわ しろう)

1949年生
早稲田大学教育学部理学科地学専修卒業
東北大学大学院理学研究科博士(後期)課程地学専攻修了
2001年から理学部に在職
専門分野：層位学・微古生物学・古海洋学



江頭 恒

(えとう こう)

1969年生
東京大学大学院医学系研究科修了博士(医学)
2002年から理学部に在職
専門分野：分子生物学



安部 眞一

(あべ しんいち)

1946年生
東京大学大学院理学系研究科修了博士(理学)
1976年から理学部に在職
専門分野：発生生物学・生殖内分泌学



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>