



## 「永久磁石」

合田 義弘 (物理学専攻 助教)

永久磁石とは外部からエネルギーを加えることなく、自発的かつ定常的に磁場を外部に発生させる物体といえる。外部に磁気エネルギーを発生させている状態よりもさせていない状態の方が通常は安定であるが、永久磁石を構成する強磁性体のもつ磁気異方性が十分に大きければ、外部磁場を加えたのち取り除くことにより、着磁させる（永久磁石状態を実現する）ことができる。永久磁石はわれわれの日常において身近であるが、物理学の研究対象としてはまだ未知の部分が多い。

永久磁石の歴史は古く、落雷などにより着磁された天然の磁鉄鉱  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  は紀元前より世界各地で用いられていたことが知られているが、人工的な永久磁石材料の歴史はここ 100 年程度、と短い。1917 年の本多光太郎らによる KS 鋼より本格化する永久磁石材料開発では日本人の貢献が大きく、1982 年の佐川真人らによるネオジウム磁石 ( $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  焼結

磁石) により大きなブレイクスルーを迎えた。現在においてもネオジウム磁石は最強の永久磁石であり、この登場により磁石材料の小型化が飛躍的に進み、携帯電話のスピーカーやパソコンのハードディスクなど、現代のエレクトロニクスにおいてきわめて重要な役割を果たしている。ところが、近年の風力発電機タービンやハイブリッド自動車モーターなど、200℃程度の高温環境における大幅な需要の高まりにより、新磁石材料の開発が求められることとなる。なぜならネオジウム磁石の高温性能を確保するためには、重希土類元素であるディスプロシウム (Dy) の添加が必要だが、この希土元素は産地が極端に偏在し調達リスクがきわめて高いからである。

永久磁石材料と通常の強磁性体のもっとも顕著な違いは、磁気異方性由来する保磁力<sup>注)</sup>であり、その発現には相対論効果である 1 電子スピン・軌道カップリングが本質的な役割を果たして

いると考えられている。しかし十分な保磁力の発現には、主相結晶粒と粒界相からなる微細組織による非一様性が必須であり、その微視的メカニズムはいまだほとんど明らかになっていない。これまでの膨大な実験的な試みのいっぽう、理論研究に関してはこの微細組織による複雑性のため、ほぼ手付かずというのが現状である。

本研究科物理学専攻では、宮下精二教授らが統計物理学により磁気モーメントの反転に対する核生成理論を構築し、常行真司教授らが磁石材料以外の微細組織にも適用できる電子論の共通基盤を整備し、筆者らがスーパーコンピュータ「京」を用い焼結磁石材料の微細組織界面に対する大規模第一原理計算を行っている。

注) 磁性材料の巨視的な磁気モーメントを消失させるのに必要な外部磁場の大きさであり、全体として磁気モーメントをもつ永久磁石状態の安定性の指標となる。



## 「進化心理学」

井原 泰雄 (生物科学専攻 講師)

ヒトの心理は、あらゆる生命現象のなかでもっとも複雑なもののひとつである。複雑な心理の物理的基盤は、精巧にデザインされた脳のからくりにある。残念ながら現在の科学は、このからくりの全貌を明らかにするには至っていない。しかし、確信をもって言えるのは、自然界に精巧なデザインを生み出すのは、特定の性質を備えた個体が他の個体より多くの子孫を残すという単純な過程の積み重ねだということだ。つまり、脳のからくりの正体が何であれ、それをつくりあげたのは自然淘汰の過程だと考えられる。進化心理学は、心を生み出す脳の機構が自然淘汰によって形成されたことを仮定し、進化生物学的な枠組みの中でヒトの心理を研究する。

進化心理学的なアプローチは、ダーウィンの 1871 年の著書「人間の由来」

において、早くも実践されている。ダーウィンは、ヒトと他の動物との比較に基づいて、知性や道徳心を含むヒトの心的能力が、自然淘汰により派生してきたことを示そうとした。およそ 100 年後、E. O. ウィルソン (Edward O. Wilson) の著書「社会生物学」は、その最終章でヒトの社会行動の進化的起源について論じている (当時、この本は政治的に不適当な「遺伝決定論」を擁護しているとのレッテルを貼られ、渦中の人ウィルソンは講演会で頭に氷水をぶちまけられたという)。1992 年、J. H. バークウ (Jerome H. Barkow), L. コスミデス (Leda Cosmides), J. トゥービー (John Tooby) の編集による論文集が刊行され、進化心理学の名称は広く知られるようになった。

進化心理学は、ヒトの心理を、あらゆる

問題に対応する汎用システムとしてではなく、個別の問題に対応する「モジュール」の集合体としてとらえる。具体例をひとつ挙げよう。ヒトの進化の過程で、個体間の協力の成立は生存や繁殖を左右するひとつの鍵であったと考えられている。協力の維持には、協力しない個体、すなわち社会契約への違反者を見分けることが重要になる。簡単な心理学的課題を使って、被験者にさまざまな規則への違反を発見させる実験を行うと、同一の論理構造の課題であっても、社会契約の文脈が与えられた場合に、より正確に違反が発見される。この結果は、ヒトの心理に「裏切者検出モジュール」が備わっている可能性を示唆する。



## 「RNA イメージング」

吉村 英哲 (化学専攻 特任助教)

RNAの生理機能に注目が集まっている。RNAの機能について、古くは遺伝子情報の単純な仲介者と考えられていた。DNAにコードされた遺伝情報はRNAに写され、そのRNA上の情報を基に、タンパク質が合成される。しかし、遺伝子情報を仲介するメッセンジャーRNA (mRNA) 以外にも多様なRNAが細胞内に存在し、さまざまな細胞機能に携わっていることが分かってきた。さらに、mRNAについても細胞内外のシグナルに応答して遺伝情報の組み替えが起こったり、細胞内の特定の領域に集まったりすることが明らかとなってきた。

RNAの機能やその仕組みを解明するためには、生きた細胞内でのRNAの振る舞いを直接観察する「RNAイメージング」が威力を発揮する。しかし、RNAイメージングは、タンパク質を観察す

るイメージングとくらべて技術開発が遅れていた。タンパク質の観察では、目的のタンパク質に蛍光タンパク質を結合する遺伝子工学的手法が確立している。蛍光を標識とすることで、生きた細胞の中で特定のタンパク質の振る舞いを可視化できる。いっぽうRNAには、遺伝子工学的に蛍光タンパク質を結合させられない。そこで、観察目的のRNAと選択的に結合し、蛍光標識できるRNA可視化プローブ分子の開発が必要である。

化学専攻の小澤岳昌研究室では新しいRNA可視化プローブ分子を開発した。このプローブはRNAと結合するタンパク質Pumilioと蛍光タンパク質からできており、遺伝子工学的手法により、生きた細胞内で産生できる。またPumilioは、目的のRNAの配列に結合するような分子設計が可能である。その分子設計に基

づきタンパク質を構成するアミノ酸を人工的に組み替えることで、プローブは目的RNAに選択的に結合できるようになる。このプローブを用いて、好気呼吸に必要な補因子NADHの脱水素酵素をコードするmRNAがミトコンドリアに集積している様子や、 $\beta$ -アクチンをコードするmRNAが細胞辺縁部に集まっている様子が観察された。さらに1つ1つの $\beta$ -アクチンmRNA分子が細胞の中央から辺縁部に向かって移動する様子の観察にも成功した。

RNAの機能やその機能が発現する仕組みについてはまだまだ未知の部分が多く残されている。RNAイメージング技術の発展と共に、RNA研究も今後大きく発展していくことが期待される。



## 「古脊椎動物学」

對比地 孝巨 (地球惑星科学専攻 講師)

古脊椎動物学は、一言でまとめると背骨のある動物(脊椎動物)の化石を研究する学問であるが、その研究対象は古生代の顎を持たない魚類から、恐竜などの爬虫類、われわれ人類を含む哺乳類まで多岐にわたる。また研究分野としても、分類、系統進化の推定、機能形態学など、実にさまざまなものが含まれる。古脊椎動物学という学問分野がいつから始まったかを特定するのは難しいが、たとえばニコラウス・ステノ(Nicolaus Steno)は1666年に、現生のサメを解剖することによりそれまで起源の定かでなかったサメの歯の化石の正体をつきとめ、化石は一般的に過去の動物の遺骸の一部であると明らかにした。これは科学的に脊椎動物の化石を論じたという意味で、古脊椎動物学の黎明期を代表する研究であるといえるであろう。その後この分野は18~19世紀にかけて、ジョルジュ・キュビエ(Georges Cuvier)やリチャード・

オーウェン(Richard Owen)などにより、比較解剖学と密接に関連しながら発達していった。化石の骨学的特徴を解釈するためには現生種・化石種を問わず比較解剖研究が重要であるという流れは、現在でも古脊椎動物学の基礎として受け継がれている。たとえば、鳥類は獣脚類恐竜から派生したグループであるという仮説は現在強力に支持されているが、さらに脊柱の骨学形態の比較の結果、鳥類の特殊化した呼吸システムは基盤的な獣脚類によりすでに獲得していたことが推測されている。さらに近年では、このような比較形態学的研究に加えて、骨組織とそこに残された成長線の解析に基づく個体成長の研究や、現生動物から得られる解剖学的データを基にした軟組織の復元など、化石脊椎動物の生物学的側面の研究が活発である。いっぽうで、工学分野で用いられてきた有限要素法を応用した顎などの機能解析、CTスキャン技

術を用いた化石の内部構造の研究、骨の中に保存されたタンパク質など生体分子のシーケンス解析など、他分野の技術を応用した研究も進んでいる。

本学では地球惑星科学専攻の筆者らの研究室においてとくに爬虫類を対象とした古脊椎動物学の研究が行われている。具体的には、CTスキャンデータに基づいた化石種の脳形態の解析や、筋骨格系の進化パターンに関するプロジェクトなどを進めている。とくに爬虫類の形態学的進化を明らかにするためには、現生種の解剖学的知見は必須であるため、化石と現生種の区別にとらわれることない比較解剖学的な研究に重点をおいている。このような手法により、たとえば鳥類に特有の首の筋肉形態の一部は、鳥類の進化するかなり前の獣脚類恐竜によりすでに獲得されていたことを明らかにしつつある。