



「共形変換」

平地健吾 (数理学研究科 准教授)

共形変換とは空間の一点で交わる二つの曲線のなす角度を保つ変換のことである。たとえばメルカトル図法で描かれた地図は、地球の表面から平面への共形変換である。地球は丸いため、距離の縮尺を保って平面の地図を描くことはできない。しかし、角度だけなら正確に平面上に写すことができる。大航海時代の船乗りは縮尺の変化する地図を使って等角航路(地図上の直線)に沿って旅をしていた。

もし地球がもっと複雑な形をしていたとしたら角度を保つ地図を作ることは可能だろうか?この問を一般化すると、距離の概念をもった二つの空間の間に共形変換が存在するのか、という共形幾何学の問題になる。2次元空間の場合には、

ガウス (C. F. Gauss) により、どんな曲面でも何枚かの等角な地図でカバーすることができることが示されている。曲面の共形変換は美しい構造をもち、数学のみならず理論物理における共形場理論 (CFT) の基礎にもなっている。

いっぽう、次元が3以上のときには等角な地図が作れない「曲がった」空間が存在する。この曲がり方を記述するために、1984年にフェフーマン (C. Fefferman) とグラハム (C. R. Graham) はアンビエント空間の理論を開発した。これは n 次元空間の角度の情報だけから $n+2$ 次元のアインシュタイン・ローレンツ計量もつアンビエント空間とよばれる多様体を構成し、共形変換を対応するア

ンビエント空間の間のローレンツ変換に翻訳するものである。ローレンツ変換の幾何はよく知られているため、この発見が共形幾何学のブレークスルーとなり、高階の共形不変微分作用素、 Q -曲率などの新しい対象が発見され、現在盛んに研究されている。最近ではマルダセナ (J. Maldacena) によって提唱された超弦理論における AdS/CFT 対応においてもアンビエント空間が応用されている。

実は偶数次元空間での共形変換とローレンツ変換の双対性には誤差があり、共形不変量の構成も不完全な部分がある。筆者はグラハム教授と共に偶数次元のアンビエント空間理論の精密化に取り組んでいる。



「太陽系外惑星」

須藤 靖 (物理学専攻 教授)

1995年 ミッシェル・メイヨール (Michel Mayor) とディディエ・ケロス (Didier Queloz) の2名が、ペガス座51番星の周りをわずか4.2日で公転する木星質量の天体を発見したと発表した。わが太陽系以外に惑星が存在することを初めて明らかにしたのだ。2010年1月時点ですでに420個を超える数の系外惑星が発見されている。これに対して太陽系内惑星はわずか8個(しかも1995年時点から1個減っている!)。もはや系外惑星に対して「系外」はとりさって系内惑星の場合のみ「系内」という修飾語をつけたほうが良いと思われるほどだ。

われわれの「世界」以外の「世界」は存在するのか。惑星系に対しておそらく有史以来ずっとくりかえされてきたであろうこの種の哲学的議論には、今や観測

的に決着がついた。現在までに、太陽に似た恒星の少なくとも10パーセント以上は惑星をもつことがわかっている。複数の惑星をもつ系も40個以上知られている。これらはいずれも現在の観測検出限界内という意味において、下限でしかない。つまり惑星(系)は稀なものではなく普遍的な存在である。いっぽう、これらの惑星(系)の公転周期、離心率、質量(分布)はまさに多種多様であり、必ずしもわが太陽系が平均的というわけではなさそうだ。

このような急速な進展は当然さらなる疑問を投げかける。われわれの「地球」以外の「地球」は存在するのか。もし存在する場合、そこには海はあるのか、生物はいるのか、文明はあるのか。地球型(岩石)惑星の検出を目的とした衛星「ケプラー」が2009年3月に打ち上げら

れた。地球型惑星の発見自体はもはや時間の問題であろう。地球型惑星が数多く発見されれば、なかには中心星からほどよい距離にあり水が液体として存在するものもあろう(ハビタブル惑星という誤解を招きやすい名前によばれることが多い)。とすればそこに何らかの生命が存在するのでは、と期待するなど言うほうが無理である。

いかにして遠方の惑星の生命の兆候を科学的に証明できるのか。天文学、化学、地球科学、生物学、物理学を総動員して取り組むべき「宇宙生物学」は、まさに理学系研究科でなくては行えない研究分野である。関連した研究は、物理学専攻の私の研究室、地球惑星科学専攻の阿部豊准教授、田近英一准教授の研究室などで行われている。



「分子モーター」

平岡 秀一（化学専攻 准教授）

多くの機械にモーターが組み込まれているように、われわれの体を自在に動かし、また生命活動を維持するために、分子レベルのモーターが備わっている。これらを生体分子モーターとよぶ。回転運動を行うバクテリア鞭毛モーターや直進運動を行うミオシンやキネシンなど、多くの生体分子モーターはタンパク質からなり、10 nm 程の大きさで、常に水の粘性抵抗にさらされて運動している。また、DNA 合成酵素や DNA 二重らせんをほどく DNA ヘリカーゼ、RNA 合成酵素などの遺伝情報に関わる酵素も DNA 上を進むリニアモーターである。生体分子モーターのエネルギー源の多くはアデノシン 3 リン酸 (ATP) の加水分解により得られる自由エネルギーであり、これが熱エネルギーの約 20 倍しかないことから、

熱揺らぎを巧みに利用して運動する点が生体分子モーターと通常のモーターとの大きな違いである。

生体分子モーターの研究の歴史は生化学的な解析から始まり、その後光学顕微鏡や高感度カメラの開発により生体分子モーター 1 分子を直接観察する方法が主流となった。これにより生体分子モーターの研究は飛躍的に発展し、さまざまな生体分子モーターのメカニズムが明らかになりつつある。

生体分子モーターの研究がその機構解明にあるのに対して、人工的に分子レベルの機械を構築しようとする挑戦がなされている。これら人工分子モーターの開発は、さまざまな化学結合の結合、解裂、変換とそれに伴う原子の相対位置変化を利用し、機械のような動きを行う分子を

化学合成する試みである。これらの分子は生体分子モーターとは異なる独自の運動メカニズムにより駆動することから、ゼロからの開発である。本学では、工学系研究科の相田卓三教授や筆者らが機械的な動きを行う人工超分子の研究開発を行っている。

生体分子モーターは数十億年という長い進化により高い機能性を獲得した。いっぽう、人工分子モーターの研究はたった十数年が経過したばかりである。現在、人工分子モーターの開発における問題はエネルギーをいかに効率よく運動に変換するかである。生体分子モーターでは ATP 合成酵素がその重要な役割を担っている。このため、見方を変えると人工分子機械の開発は高度な触媒開発のひとつであるといえる。



「キスペプチン」

岡 良隆（生物科学専攻 教授）

キスペプチンとは、脊椎動物脳内のおもに視床下部とよばれるところにあるニューロンがつくる、ペプチドである。*KISS1* 遺伝子の産物で約 54 個のアミノ酸よりなるこのペプチドは、武田製薬の大瀧徹也ら日本人研究者がガン転移 (metastasis) 抑制因子として 2001 年に発見したことから、メタスチン (metastin) とよばれていた。その後メタスチンが脳下垂体からの生殖腺刺激ホルモンの強力な分泌促進作用をもち、思春期の開始に重要であることが報告され、生殖神経内分泌分野でにわかに注目を浴び始めた。これに伴い、*KISS1* が first kiss を連想させること、*KISS1* 遺伝子がハーシーチョコレート (キス・チョコレートという製品で有名) 工場のあるペンシ

ルバニア州の大学で発見されたこと、などの理由から、キスペプチン (kisspeptin) とよばれることが多くなった。

脊椎動物においては、視床下部から生殖腺刺激ホルモン放出ホルモン (GnRH) が分泌され、GnRH の作用により脳下垂体から生殖腺刺激ホルモンが、そして生殖腺刺激ホルモンにより生殖腺から性ステロイドホルモンが分泌される。この性ステロイドホルモンが脳に達して GnRH 分泌量を調節することにより、生殖腺機能の恒常性が神経・内分泌的に保たれる。この脳内生殖制御回路において、キスペプチン産生ニューロンは、血中の性ステロイド濃度情報を GnRH ニューロンに伝える大事な働きをするらしい。

生物科学専攻生体情報学研究室では、

生物学の多方面でモデル動物として有用でゲノムデータベースも完備したメダカを中心に、キスペプチンニューロンの研究を進めており、ノーベル賞受賞で有名になった GFP 蛍光タンパク質などで GnRH ニューロンやキスペプチンニューロンを標識した遺伝子改変メダカを用いて、上記脳内回路の解明を目指している。また、*KISS1* 遺伝子に相当する非哺乳類 *kiss1* 遺伝子のみならず、遺伝子重複により進化の過程で生じた *kiss2* 遺伝子をメダカで発見し、さらに両遺伝子が脊椎動物に広く存在することを示した。今後それらの機能を細胞から個体の生殖や行動レベルで解明するとともに、こうした遺伝子機能の多様性が神経・内分泌系で生じる仕組みを解明していく。