

運動マシナリーの多様性から見えるもの (前編)

特集によせて

宮田 真人

138億年前にビッグバンで宇宙が誕生して以来、万物は基本的に膨張、発散しつつある。熱力学の用語でいえば、エントロピーが増大しているということになる。ところが、私たち‘生きもの’は、発散しつつある‘物質’‘エネルギー’‘情報’を細胞という限られた空間につかまえて、生体分子、膜電位、塩基配列といった秩序あるものを生み出す。生きものは閉じた系ではないので、これらの事実は宇宙の原理に反するものではない。このことを量子力学で知られるSchrödingerは、「生きものは負のエントロピーを食べている」と表現した。‘動き’についても同様で、宇宙に存在する動きのほとんどは重力などに由来するスケールの大きなものか、逆に熱揺らぎのような方向性のないものである。そのため、私たちは“身の回りサイズ”で方向性のある動きを見つけると、それを生きものであると判断する。人間の直感にとっては、身の回りの運動性がすなわち‘生命’なのである。

筆者は1997年に、病原性のバクテリアであるマイコプラズマの滑走運動の研究を始めた。当時は、運動能のすべてが筋肉に代表されるミオシン、精子鞭毛のダイニン、神経軸索流のキネシン、そして、バクテリアのべん毛モーターのどれかで起こるもの、と特に根拠もなく思われていた。筆者はその当時、自身が細胞分裂を研究していたマイコプラズマが、活発に滑走運動を行うにもかかわらず、上記のどのタンパク質の遺伝子も持っていないことに衝撃を受け、以来、この不思議な現象の解明に取り組んできた。ありがたいことに私が受けた衝撃は、多くの研究者に同様に受け入れられた。そうして自身の研究を進める中でわかってきたのは、確かにマイコプラズマの滑走運動は特別な存在であるが、ミオシン、ダイニン、キネシン、べん毛モーター以外で起こる唯一の運

動能というわけではないことである。特に微生物には、活発でしかも既述の運動能と明らかに異なるものが多数存在している。その中には多くのバクテリアで見られる線毛運動や、土壌細菌であるミキソコッカスの滑走運動のように比較的よく研究されているものもあれば、解明の糸口すら得られていないものもあった。しかも、それぞれの研究は異なった分野で行われ、アイデアや技術の共有も十分には行われていなかった。そこで2012-2017年に筆者らは、科研費・新学術領域「運動超分子マシナリーが織りなす調和と多様性」として文科省からのサポートを得て、運動能を与える個々のメカニズムの解明と進化的な関係の考察を行った。その結果、これまで見つかってきている運動能のすべてが18のメカニズムに分類されることが明らかになった。

近年のゲノム解析の結果によると、バクテリアは大きな多様性を持ち、アーキア(古細菌)はそれに比べるとずっと小さなグループである。真核生物の多様性はさらに小さく、アーキアの一つの枝とするべきか、あるいはこれまでのように一つのドメインとして扱うべきか議論の別れるところである。この新しい生命の樹の上に18の運動能メカニズムを当てはめると、その発生と進化の過程をよく追うことができる。詳細は別の機会に述べるとして、ここではかいつまんで説明すると、バクテリアの多様性、ペプチドグリカンの消失、アーキアへの進化、真核生物細胞の巨大化、などが全生命を通じての運動能発生と進化の鍵になっているということである。

本特集では、私たちが新学術領域で行った研究の中から、材料、方法、アイデアなどで生物工学会誌への親和性が期待できる12のテーマを選んだ。アイデアや議論を得るきっかけにしていただければ幸いである。