

細胞のメゾワールドを解く

楠見明弘

(京都大学)

「生命体の動力は何か？」という問いを、工学部の機械物理専攻と医学部の学生諸君にときどき投げかける。これは、「細胞の動力は何か？」という質問に置き換えてもよい。私の大学院担当は工学と医学の両方の研究科なので、大きく違ったバックグラウンドをもつ若者たちに、この問いを考えてもらうのが楽しみなのである。結構、根源的に聞こえるこの質問は、あまり発せられることがないと見え、両者とも困った顔をしてくれて、いろいろなことを考えて回答してくれるのが嬉しい。

ところで、1905年はアインシュタインの偉大な年で、1年の間に、われわれの世界観を変えた3つの仕事を発表している。特殊相対論、光量子論（ちょっと意外かもしれないが、ノーベル賞はこの仕事に対して授与）、ブラウン運動の理論的解明（原子論・分子論の証明）、である。面白いことに、アインシュタイン自身は、ブラウン運動の理論はたいしたことではない、と考えていたそうである。1905年では仕方がないことではあるが、もし今「細胞の動力は何か？」という問いを彼に発することができたら、彼の考えは変わるのではないかと思っている。

なぜなら、細胞を駆動する一番重要な要素は、熱揺らぎであり「ブラウン運動」らしいからだ。世界を物質と生命の世界に二分すると、生命世界は熱によって可能になっている。例えば、細胞膜は分子量800くらいの分子が集まって作る液体にタンパク質が埋め込まれた構造をしていて、シグナルを受容したり演算したりするコンピューターのように働く。しかし、ICのように決まった回路があるわけではなく、演算にかかわるタンパク質が液体の細胞膜中でブラウン運動し、拡散過程によって短寿命の分子間結合や弱い協同性による集合が誘導されることで演算が可能になっている。細胞外から供給されるエネルギーも必要なのだが、それらはブラウン運動の調整や分子間結合の制御に使われているらしいこともわかってきた。

そこで、「細胞は、どのような仕組みでブラウン運動を適度に制御して利用しているか」、「細胞は、どのように分子の拡散・構造揺らぎ・協同的結合を利用して、生体分子システムを形成し、働かせ、分解するか」、という問題が、いま、細胞生物学・生物物理学・医工学のきわめて重要な課題となっているのである。これらの過程は、5~200 nm程度の「細胞のメゾワールド」で働いている。大きく揺らぎつつ複雑な結合と協同的相互作用をおこなう多分子メゾシステムの理解には、それらを直接観察することを可能にする光学的方法が欠かせない。本特集がこのような方法発展の一助となることを願っている。