

光学を応用した生命科学

牧 敦

(日立製作所)

生命科学に貢献した最初の光学的技術を16世紀後半ごろ発明された顕微鏡とすると、その顕微鏡を用いてG. Galilei, R. Hooke, A. v. Leeuwenhoekらが医学・生物学に偉大な足跡を残してから約400年が経過した。また、D. Keilinがウマバエの幼虫の成長に伴う色彩の変化に気づき、分光器を活用してチトクロームを再発見した研究から約90年の時が流れた。生命を支える構造と機能を光学的な観測技術を用いて解明する科学は、人の生命を守りそして質の高い生活をするために今も変わらず重要である。光学的な観察技術の進歩が生命現象の理解を深めてきたが、原理創発や実用化技術の開発には多くの日本人研究者や技術者が貢献している。具体的には、内視鏡・パルスオキシメーター・DNAシーケンサー・Optical Coherence Tomography・光トポグラフィー・静脈認証などが挙げられる。これらの観測技術は研究～医療～情報産業と多岐の分野にわたり利用され、私たちの生活に深く関わっている。

生命の神秘に迫りその知見を応用するためには、生命のダイナミクスを無視することはできない。ありのままの活動を光学的に観測するためには、侵襲性の低い光源と感度の高い検出器を使用する必要がある。近年、光源・検出器の性能は飛躍的に進歩し、単一光子であっても比較的安価に高感度計測ができるようになってきた。

一方で、今後挑戦すべき課題として、生体内の光伝搬の精緻なモデル化が挙げられる。生体は多種多様の分子で構成されるきわめて複雑な構造体であるとともに、その内部では絶え間なく化学反応が起きている。また、熱流体でもあるが、膜という構造体によって秩序正しく反応や動きが制御されている。このような超複雑系の内部における光伝搬の様子を、実験的に観測することは容易ではなく、光と生体の相互作用をモデル化し光が伝搬していく様子を可視化できる解析法の確立が強く望まれている。

こういった複雑な生体内における光伝搬の解析法として、生体内の光吸収・光散乱を確率的に近似して計算するモンテカルロ法や生体内光伝搬を拡散近似して有限要素法で解析する方法などが用いられてきた。近年、光の振る舞いをより忠実に表現できる輸送方程式を解く理論構築が進められており、正確な解析が可能になりつつある。また、低価格で高いパフォーマンスを実現できるGPUによる並列計算機も活用できるようになり、生体内の光伝搬解析法を高度化する環境が整いつつある。高度な生体内光伝搬解析法の確立によって、新たな観測技術の提案や逆問題を解くことによる高解像度化などが期待できるのみならず、光の生体への作用も予測できるようになる。

光学を応用した生命科学の発展は、本号で特集している先進的研究の進歩に寄り添っていくことは明らかであり、関係する研究者の方々にはぜひ参考にしていただきたい。