レーザーの進歩と光学顕微鏡

川田 善正[†]

Development of Laser Light Source and Optical Microscopy

Yoshimasa KAWATA[†]

光学顕微鏡の歴史は古く，もとは17世紀まで遡るといわれている．それ以来，生物分野，工業応用を中心に，微細な構造を観察する方法として，広く利用されてきた．あまりに歴史が長いため，光学顕微鏡の研究をおこなっているというと，「まだやることがあるのですか」という反応をされることもたまにある．

光学顕微鏡は，試料に優しい光をプローブとして用いるため，非接触・非破壊で測定でき，生物・医学分野を中心に，現在も幅広く用いられている．コンパクトディスクやDVDなどの光ディスクでもこの特徴をうまく利用し，データを何回再生しても劣化しないメディアを実現している．レコードのように溝がすり減ってノイズが増えたり，音質が悪くなったりすることはない．また，光学顕微鏡では，分光測定法と組み合わせることにより，測定対象の材質，分子構造を調べることもできる．この特徴は，他の高分解能顕微鏡（電子顕微鏡，走査型プローブ顕微鏡など）と大きく異なり，光学顕微鏡の大きな優位性となっている．これらの特徴のために，現在でも，多くの分野で幅広く，中心的に用いられる装置の一つとなっている．

最近の光学顕微鏡は，高分解能化と高機能化に向けて技術が展開されている．光学顕微鏡の分解能は，光の波動性によって決まるため，物理的な限界があり，技術的には，ほぼその限界が達成されている．そこで，光源，光学系，検出器，光変調機，蛍光プローブなどにおいて様々な技術を駆使して高分解能化・高機能化が図られている．

高分解能化および高機能化に寄与する一番大きな技術の進歩は，高機能レーザー光源の開発である．超短パルスレーザーの開発により，従来は観測が困難であった多光子励起過程や高調波発生などの非線形現象を，顕微領域で容易に誘起することができるようになり，分解能の向上に大きく貢献している．また，CARS，STEDなどの非線形効果も新しく光学顕微鏡に導入され，飛躍的に空間分解能を向上させることに成功している．さらに，広帯域レーザー光源が開発され，試料の分光スペクトルを測定することも容易になっている．コンパクトかつ大出力な半導体レーザーが光源に使用され，フィールドユース可能な顕微鏡が開発され，顕微鏡の応用範囲を拡げている．最近では，電子顕微鏡と融合した光学顕微鏡の開発も進められている．

光学顕微鏡の分解能向上には，装置の性能だけでなく，観測に使用する蛍光プローブ，画像処理などの周辺技術の寄与も大きい．多光子過程によって効率良く発光するための蛍光プローブが開発され，またSTEDを誘起可能なプローブの開発も必要である．蛍光プローブは，従来アルゴンレーザーの488 nmや515 nmの波長に合わせて開発されてきたものが多いが，青紫色半導体レーザーで直接励起する場合は400 nm付近での発光するものが求められる．最近では，光機能性の蛍光プローブを用いて，レーザー光の照射によってその発光を制御し，回折限界を大きく超えた分解能を実現することも可能となっている．画像処理では，デコンボリューション処理による高分解能化，複数枚の観察画像から観察帯域を拡げて分解能を向上させる手法などが開発されている．

光学顕微鏡は，その歴史は古いが，様々な新しい技術との融合により，高分解能化および高機能化が進められている．光学顕微鏡の開発には，特定分野の専門的な知識だけでなく，レーザー光源，光学系，蛍光プローブ，画像処理技術など，幅広い知識が要求される．応用分野から見れば，医学・生物学に関する知識，工学に関する知識も要求される．光学顕微鏡の高機能化・高分解能は，それらの総合力をもって，はじめて実現できるものと考える．

レーザー学会は，新規レーザー光源の開発はもちろんのこと，医学・生物分野，光情報処理分野，光機能材料，レーザープロセッシング，レーザー物理など非常に幅広い分野をカバーしている．このような幅広い議論の中から，画期的な光学顕微鏡が産み出されることを期待したい．

[†]静岡大学 工学部（〒432-8561 静岡県浜松市中区城北3-5-1）
[†]*Department of Mechanical Engineering, Shizuoka University, Johoku, Naka, Hamamatsu, Shizuoka 432-8561*