

コントラストメカニズム

藤田 克昌
(大阪大学)

光学顕微鏡の画像は，単に光（信号）の明暗の空間分布を示したものに過ぎない．その明暗は，光と試料との相互作用，すなわち光吸収や散乱といった光学効果によりもたらされ，光学像は光学効果の空間分布により生み出される．この明暗を生み出す原理は「コントラストメカニズム」とよばれる．利用する光学効果によって異なるコントラストが生まれ，異なる世界が観察像として現れる．新しい顕微鏡の開発とは，新しいコントラストメカニズムを提案し，それを実現することにほかならない．光学効果をいかに利用して顕微鏡画像を構築するかが，光学顕微鏡開発の醍醐味である．

このコントラストメカニズムの構築に無限の可能性を与えているのが，非線形光学の発展である．非線形光学の発展は波長変換効果の発見に始まり，古典的には非線形分極を介した光吸収や放射としてさまざまな光学現象が説明されてきた．第二高調波顕微鏡や二光子励起顕微鏡などは，このような効果を積極的に利用した顕微鏡である．光波混合や非線形分光法を融合させたコヒーレントラマン散乱顕微鏡なども実現され，無標識観察や大深度観察を実現する新たな顕微鏡の潮流を創り出しつつある．近年注目されている超解像顕微鏡では，光学現象の飽和や光制御により物質の状態変化を誘起し，それにより生じる非線形な光学応答を利用することで回折限界を超えた空間分解能を達成している．ここで利用される非線形な応答は，上記のいわゆる非線形光学効果とは異なる過程で生み出される．しかし，試料に照射する光の強度と光学応答との間の非線形な関係を利用しており，それを利用した顕微鏡は広い意味で非線形光学顕微鏡に含まれる．

新しい光源や検出器の登場は，新しい光学効果の誘起や検出を可能とし，新しいコントラストメカニズムの構築に繋がる．超短パルスレーザーの普及や利用可能な波長域の拡大，またカメラやセンサーの紫外，赤外域への感度の拡大などが進み，従来利用されてこなかった波長域における光学効果の利用も進むと期待される．また，分光学的手法や画像処理技術との融合により，全く新しい観察像構築法も開発されている．さらに，分子デザインによる非線形光学効果の制御や，光スイッチングなどを利用した非線形光学応答の誘起にも，バリエーションが増えてきた．このように非線形光学顕微鏡は，分野を超えて技術開発が進んでおり，その発展はきわめて非線形的で，予測不能である．