

## ナノテクノロジー時代の光学

増 原 宏

(大阪大学大学院工学研究科)

ますます活発になる光学研究のひとつのベクトルは空間分解能の向上にあり、近接場光学顕微鏡や多光子顕微鏡の発展はめざましい。微小な領域を研究対象とすると、高出力光源、高感度な検出器が必要になるが、幸い関連するレーザー技術や光計測法の進歩はすばらしく、光学研究分野の新展開を可能にしている。かくして回折限界より小さい、数十ナノメートル、数ナノメートルの次元に近づいていくと、当然対象となる原子、分子を具体的に考え、さらには制御することが好むと好まざるとにかかわらず必要となる。従来より光学と分光学的間には少しギャップがあると考えられ、光学と光物性あるいは光学と光化学にはさらに大きな学問的基盤の差があると受け取られてきた。しかし21世紀初頭に至って、光化学の人たちが顕微鏡を駆使したナノ・マイクロ光応用を考え、近接場光学や多光子顕微鏡の研究者が微小物質のキャラクタリゼーションを試み、光重合・光反応を行う時代になった。さらに生物屋が加わって、ノーベル賞を射程に入れた研究を展開している。まさに境界領域、汎領域の研究時代に突入した光学といえるが、ここで新しい光学研究として重要な2つの点を指摘しておきたい。

1つ目は、分光学的なミクロスコピックなアプローチの重要性である。微小領域はより具体的に物質の微細構造を考えるわけであるから、対象を屈折率と誘電率でみるだけでは不十分で、その電子状態、格子振動を具体的に考える必要がある。ここに光学としても新しい仕事が山ほど生まれている。すべての空間ごとの光情報を単に画像化して仕事で分解するだけでなく、波長で分解する。すなわち超高速分光画像観測法の確立と普及が大きな役割を果たす。これにより不均一物質の特性解析、機能分布評価、その空間・時間制御、さらには形態変化とその動的解析が可能になる。これは物質研究法としてもひとつの極限の姿である。

2つ目は、微小領域では従来バルクでは別と考えられていた概念が結びつくことである。最近の光マニピュレーションはその例で、光圧で微小物体を捕捉する条件下では、まったく新しい光物性、光化学、光計測の研究が可能になる。捕捉のために顕微鏡下にワットクラスのレーザー光を導入すると、CW (continuous-wave) 光でも多光子吸収が起こりうるし、水を媒体に用いると分子振動のオーバートーンの一光子吸収に基づき局所温度が上昇する。それにより緩和現象が加速され、ときには相転移も起こる。さまざまな現象が相伴って起こってしまうのである。むしろこれを逆手にとってマニピュレーション技術を使って、光物理、光化学過程を解析し、さらに光圧を決める分子論的パラメーターを決めていくという新しいトライアルが可能になる。

われわれは今ナノテクノロジーの時代にあり、光学でもそれに対応した動きが盛んであるが、あまり光の空間分解能自身にとらわれるよりも光と物質の相互作用の豊かさに着目するほうがよいと考えている。原子や分子をキャラクタライズし、反応を起こし、多様な機能を誘起する上で、光は単純な分子間力や電子よりもはるかにすぐれている。これを生かせばAFM (atomic force microscope)、STM (scanning tunneling microscope) の研究にも勝る光学のナノテクノロジーとしての成果が得られるに違いない。