

物質共鳴とデザインされた光場で拓く次世代光マニピュレーション ー レーザーピンセットを超えて ー

世話人 石原一(大阪府立大学)

Ashkin によるレーザーピンセットの提案以来、光圧を用いた非接触な微小物質操作技術がバイオ、光学、光化学など多様な分野で学際的に研究され、特に細胞生物学等における著しい成功は良く認知されている。最近では近接場、波面制御波などの新しい光源の発達もあり、微粒子操作の新奇自由度の追及が盛んに行われ、例えば米国最大の光学関係国際会議 SPIE では例年 Optical Trapping and Optical Micromanipulation なる4日間のセッションが設けられ連日盛況となっている。一方、国内では近年、光マニピュレーションに関して極めて独自性の高い方向性を持つ研究例が現れてきており、例えば、電子的共鳴光学応答による輻射力を通して、物質のミクロ自由度とマクロ自由度をリンクさせる新しいコンセプトのナノ光マニピュレーションなどが提案されている。これらの研究で扱われている現象は、物質系に内在する量子力学的情報がマクロな力学的運動に転化する新奇なプロセスを含んでおり、操作ツールとして成熟してきた従来型のレーザーピンセット技術とは一線を画する新しい研究分野開拓に結びつく可能性がある。本シンポジウムではこのような研究に携わる研究者を物性物理、光誘起化学、光学等、様々な分野から招き、この研究領域を概観すると共に、分野横断的な議論を促進することを狙いとした。

最初に世話人である石原から本シンポジウムの趣旨説明と、報告者が最近研究してきた共鳴光学応答を用いた光マニピュレーションの考え方を説明した。そこでは、ナノ構造に対する共鳴光マニピュレーションにより、ミクロな物質自由度をマクロ自由度に転写することによって量子力学的個性を非接触で選別するアイデアなどが紹介された。引き続き講演した芦田昌明氏(阪大基礎工)からは、共鳴効果が最も先鋭的に現れる超流動ヘリウム中で、実際に半導体ナノ微粒子を選択的に輸送する実験についての話題が提供された。一方、近年、ベクトルビームが持つ角運動量など、光の新しい自由度を物質自由度へ転写する試みが注目されている。これについては尾松孝茂氏(千葉大工)より実験的事例が紹介された。尾松氏らはトポロジカル光波をフェムト秒パルスとして照射することで金属の針状構造を作製した際に、渦状の構造が現れることを発見し、その解析より、光の角運動量が物質のナノ構造に転写されていることを明らかにしている。また、伊都将司氏(阪大基礎工)からは、光圧により分子の運動が制御された、新しい化学反応場の構築についての研究が紹介された。光圧でトラップされた分子運動の詳細な解析と反応による生成物との相関から、反応場を形成する光圧の特異な役割が議論された。

シンポジウム後半では主に有機光化学分野の研究者による講演が行われた。杉山輝樹氏(台湾儀器科技研究中心)は、気-液界面という特異な場での光圧を利用したアミノ酸結晶化についての研究を紹介した。気-液界面では対流などのダイナミクスと光圧のインタープレイが新しいタイプの分子結晶化プロセスを実現している。一方、最近になり光の新しい自由度として、金属ナノギャップなどで局在化した光の微視的空間構造が注目されている。笹木敬司氏(北大電子研)からはナノギャップ近傍で生じるトラッピング力を詳細に解析した研究が紹介された。金属ナノ構造の

配置・配向によりどのような輻射力が生成されるかを精度良く計測し、回折限界を超えた位置分解トラップが可能であることが示された。また坪井泰之氏(北大理)からは同じくナノギャップによる局在プラズモンを用いた分子トラップが紹介された。特に高分子などのソフトマターをトラップした際に、対流、熱泳動、輻射力の三者の相乗効果により特異的なパターンが作製できることが紹介され、輻射力がトップダウンとボトムアップの融合に結びつく可能性を伺わせた。最後の岡本裕巳氏(分子研)からは金属ナノ微粒子を非線形光学効果でトラップする新しい光マニピュレーションが紹介された。非線形性のために二重トラップが出現するなど特異な効果が現れ、従来にない新しいトラップ技術に結びつく可能性が議論された。

また、本シンポジウムでは招待講演の他に3件の一般講演があった。細川千絵氏(産総研)の分子動態の集合操作、田村守氏(阪府大 21 研究機構 大学院生)の揺らぎを利用した光マニピュレーションの理論提案、工藤哲弘氏(阪府大工 大学院生)の非線形効果を考慮した光マニピュレーションの新しい展開についての講演など、どれも招待講演に匹敵する質の高い講演であった。

聴衆は常時7, 80名程度であったが、講演者の分野に広がりがあったため、多くの聴衆にとって話題が新鮮であり、分野を超えた大変活発な議論が行われた。