

## 光マニピュレーション小特集号に寄せて

浮田 宏生\*

Hiroo UKITA\*

レーザー応用の研究・開発は、光記録、光通信、ディスプレイなどの情報処理分野、核融合などのエネルギー分野、各種計測分野などで積極的に行われてきた。最近では、医療やマイクロマシンの分野でも応用研究が盛んである。一方、基礎研究の分野でも、レーザー応用は分光学、光化学、コロイド化学、生物学へと広がっている。さらに、代替手段のない分野を中心に光マニピュレーション技術が浸透してきた。特に分子生物学の分野では、細胞操作(1987 A. Ashkin), 鞭毛モーターの力学特性(1989, S. M. Block), 筋収縮に関するミオシン分子のステップ運動の測定(1994, J. T. Finer)など、光マニピュレーション技術の果たす役割は大きい(本誌, 倉知正)。

光マニピュレーションの理論については、基本的考え方や解析法がほぼ明かになっており(1992, A. Ashkinの幾何光学理論; 1994, W. H. Wrightの電磁界理論), 本特集号にも G. J. Sonek の立派なレビューがある。今後は、目的に応じた材料や形状に対し従来理論が適用されるとともに、新たに光トルクの解析(本誌, 永富謙司)にも応用されよう。微粒子には光圧(pN/mW程度)のほかに静電力, 熱輻射力, 重力, 浮力, ブラウン運動, ファン・デル・ワールス力などが作用している。このため微粒子を光でマニピュレーションするには、まず力の大きい静電力や熱輻射力を除去する必要がある。次に、ミクロン領域の大きい粒子に対しては重力から浮力を差し引いた力より大きい力を、メゾスコピック

領域の小さい粒子に対してはブラウン運動以上の力(光パワー)を付与する必要がある。重力や浮力は粒径の3乗に比例して増大し、熱運動は小粒径で大きくなるので、微粒子の光マニピュレーションでは、捕捉しやすい寸法(数 $\mu\text{m}$ 程度)や屈折率(媒質との比屈折率で1.3~1.4)がある。なお、実験的には寸法として20nm~50 $\mu\text{m}$ , 材料として生体細胞, 有機, 誘電体, 金属, 金属酸化物の微粒子に対し光操作が報告されている。なお、ミクロからメゾスコピックの領域では摩擦や粘性が実生活空間と異なるので、光マニピュレーションを用いた各種現象の解明は、分子生物学やマイクロマシンの設計に不可欠なものとなっている。

光源は、固体レーザーだけでなく簡便な半導体レーザーが使用でき(1991, S. Sato), ファイバによる光操作も可能である(1995, E. R. Lyons)。このため光マニピュレーションの応用分野は、生物学以外にも下記のような分野に広がっている。(1)光トラップした微粒子による近接場顕微鏡(1994, H. M. Hertz), 光化学機能をもった微小反応物質による極微変換システム(1992, 増原宏), 原子・分子間力の測定(本誌, 笹木敬司)などのマイクロ化学, (2)エバネッセント波による微粒子駆動(1992, 河田聡), 微小球レーザー(1994, 三澤弘明)などの応用物理学, (3)金属(1994, K. Svoboda)や金属酸化物(本誌, 大森良太)の光トラッピングなどの素材工学, (4)3次元構造物の組立てや回転駆動(1994, E. Higurashi)などの機械工学, (5)微粒子の回転数測定(1995, A.

\* 立命館大学理工学部 (〒525 草津市野路町 1916)

\* Ritsumeikan University (1916 Noji-cho, Kusatsu-shi, Shiga 525-77)

Yamamoto), 抗力係数測定 (1995, M. Miwa) などのマイクロ理工学の分野である。以上の例からも明らかなように、生物学以外の分野では、日本人研究者が活躍していることが伺える。

多岐にわたるこのような光マニピュレーションの研究は各機関で個別に研究され、関連するそれぞれの学会や雑誌で個別に発表されているのが実情である。それらの研究成果に接すると、レーザー応用の研究もここまでできたかとい

う感慨とともに、新たなロマンをかきたてられるのは私一人であろうか？レーザー学会編集委員会からの小特集号企画のお誘いを、佐藤先生(東北大学)とともにお引き受けさせていただいた次第である。本誌では原子やイオンを対象とした光トラップについては割愛させていただいたが、各分野の研究者の共通の場になれば幸いである。最後に、国内外から投稿していただいた方々に深謝申し上げる。