

気相中でのレーザーによる液滴トラップとその安定性

京都大学大学院 理学研究科 磯村 彰宏¹

レーザートラップは、光と物体との相互作用を利用して、 μm サイズの物体をレーザーの集光点に捕捉し、移動させることのできる技術である。この技術は、微小物体の非接触・非侵襲な操作や、力学効果の測定手段として、工学や生物物理学を始めとする様々な分野で利用されている [1]。

一方、レーザーによってエネルギーが連続的に注入されることを考えると、非平衡開放系を実現できる技術という視点でも捉えることができる。その点に着目し、数 μm ~ 数 $10\ \mu\text{m}$ サイズの液滴を気相中でレーザートラップし、界面の影響などが顕著な化学反応の場合、すなわち無容器化学反応系を構築することが試みられている。この系は、レーザーによって定常的に熱と光が注入される非平衡開放系であり、非接触な物質・実験系の操作や熱変性や光による構造変化が起こる物質の生成に利用できる。

発表者らの研究グループは、集光レーザーをトラップと非平衡開放場を作り出す道具として用い、レーザーでより大きな液滴をトラップし、より扱いやすく操作できる実験系をデザインすることを試みた。まず、図 1 のような実験系を用い、気相中で水滴のエアロゾルを一本のレーザーでトラップし、限界まで成長させることで、トラップ可能な液滴の最大サイズを実験的に見出すことに成功した [2]。また、水滴に作用するトラップ力とその最大値を幾何光学の手法を用いて数値計算で導出し、保持可能な液滴の最大サイズを理論的に評価した。

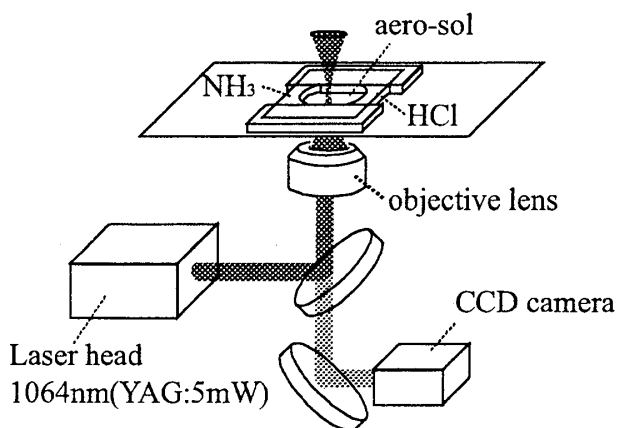


図 1: 一軸レーザーの実験装置図

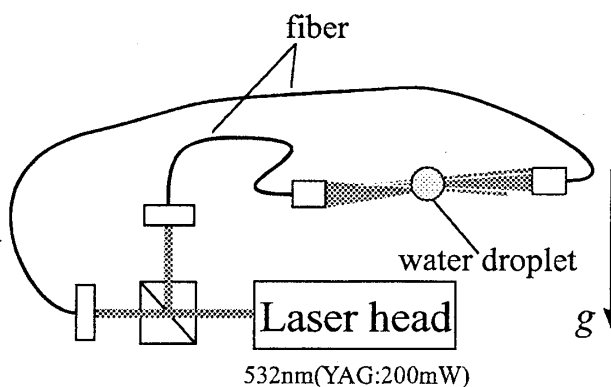


図 2: 二軸レーザーの実験装置図

今回、その実験結果と理論を踏まえて、さらに大きな液滴をトラップできる系として、微小重力下で二本のレーザーを対面から照射して水滴をトラップする実験系を議論する (図 2)。まず、そ

¹E-mail: isomura@chem.scphys.kyoto-u.ac.jp

の実験系でトラップ力とそのポテンシャルを幾何光学の手法を用いて数値計算し、レーザー一本を使用する既存のトラップ系 (図 1) の場合との比較を行い、実験系の特性を考察する。

円筒対称な一軸レーザー光によるトラップ力を計算する場合、レーザー焦点と液滴中心の相対位置 (円筒座標系の鉛直方向 z と動径方向 R) といった 3 自由度を考慮すれば良い。しかし、二軸レーザーの場合、光軸を完全に一致させるのは実験的に難しいため、光軸のずれ距離が無視できなくなる場合がある。これを考慮するとトラップ力のプロファイルが変化し (図 3)、それに伴ってポテンシャルの安定点が移動する特徴も持っていることがわかる (図 4)。そこで本発表では、光軸のずれも含めた自由度で、液滴がそのポテンシャルから揺動力や摂動的な力で脱出してしまう可能性を考察し、それぞれの系における液滴のトラップに関する安定性を議論する。

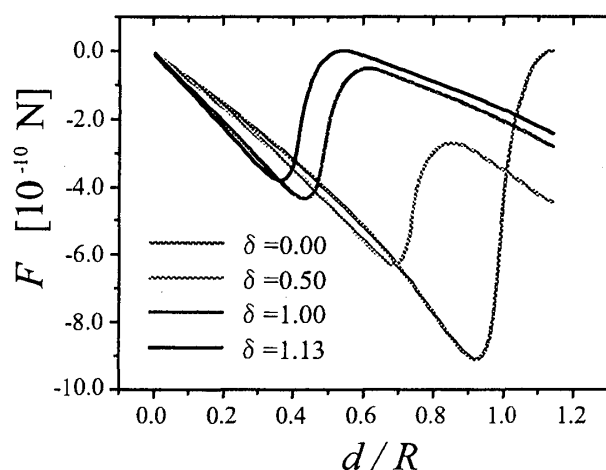


図 3: トラップ力の計算結果

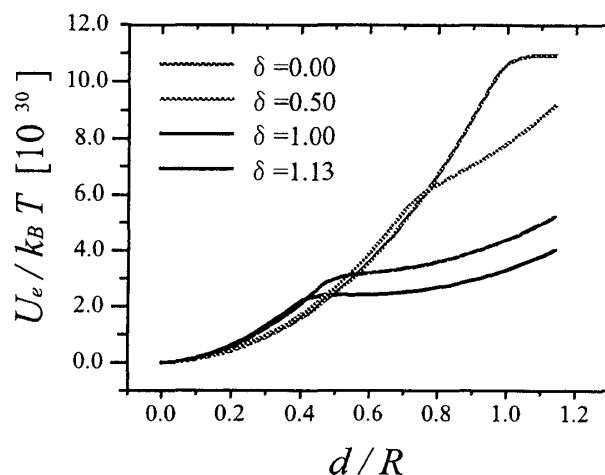


図 4: ポテンシャルの計算結果

参考文献

- [1] Ashkin, A. *Biophys. J.* **61**, 569 (1992)
- [2] N. Magome, M. I. Kohira, E. Hayata, S. Mukai, and K. Yoshikawa, *J. Phys. Chem. B* **107**, 3988 (2003)