

中赤外分子振動共鳴光輸送：青方離調における反射の影響

Mid-Infrared Molecular Vibrational Resonance Optical Manipulation:

The Effect of Reflection with Blue-Detuned Laser

豊田工大¹, 京大² 後藤 拓真¹, ダルマワン ヨシュア アルバート¹,

柳島 大輝², 藤 貴夫¹, 工藤 哲弘¹

Toyota Tech. Inst.¹, Kyoto Univ.², T. Goto¹, Y. A. Darmawan¹, T. Yanagishima², T. Fuji¹, T. Kudo¹

E-mail: kudo@toyota-ti.ac.jp

中赤外領域は分子指紋領域として知られており、分子種や分子構造、周辺環境の僅かな違いが、赤外吸収スペクトル上で大きな違いとして現れる。一般に光マニピュレーションの研究では、可視域や近赤外域の光を利用することが主流であるのに対し、近年我々は中赤外領域における分子振動共鳴を利用した中赤外光マニピュレーションの研究を開始している[1, 2]。これまでの研究では、分子種の異なる四種類の微粒子(シリカ、TPM、PMMA、ポリスチレン)を準備し、波長 9.3 μm の中赤外レーザーで、シリカと TPM を構成する Si-O-Si 結合を励起し、各粒子の輸送速度が吸光度に正比例することを見出した。分子種に応じた光選別を可能にする技術である。

共鳴励起に基づく現象において波長依存性を調べることは重要な基本事項であり、本研究では波長を少し逸らした 8.9 μm のレーザーによる実験を行い、各微粒子の輸送速度を評価した。図 1(a) の赤外吸収スペクトルより、波長 8.9 μm におけるシリカの吸光度は波長 9.3 μm のものに比べて小さいことがわかる。図 1(b)に示すように、輸送速度と吸光度は概ね“線形”な関係にあり、先行研究[2]の結果と良く対応する。しかし、シリカ微粒子を 8.9 μm レーザーで輸送したときのみ線形性から外れ、予想値よりもより速く進むことが明らかとなった(図 1(b), 青丸のデータとピンクの矢印を参照)。図 1(c-e)は輸送された微粒子の軌跡を示したものであり、8.9 μm レーザーを利用した方が微粒子は遠くに輸送される。この傾向は微粒子のサイズが小さくなるほど顕著に現れる。ダイポール近似による輻射力の計算を行い、電場と分極の位相関係を調べることで、青方離調(共鳴ピークよりも短波長側)における反射が影響していることがわかった。本成果は、分子振動共鳴付近における輻射力が反射の影響で、飛躍的に増大することを初めて示した成果である。

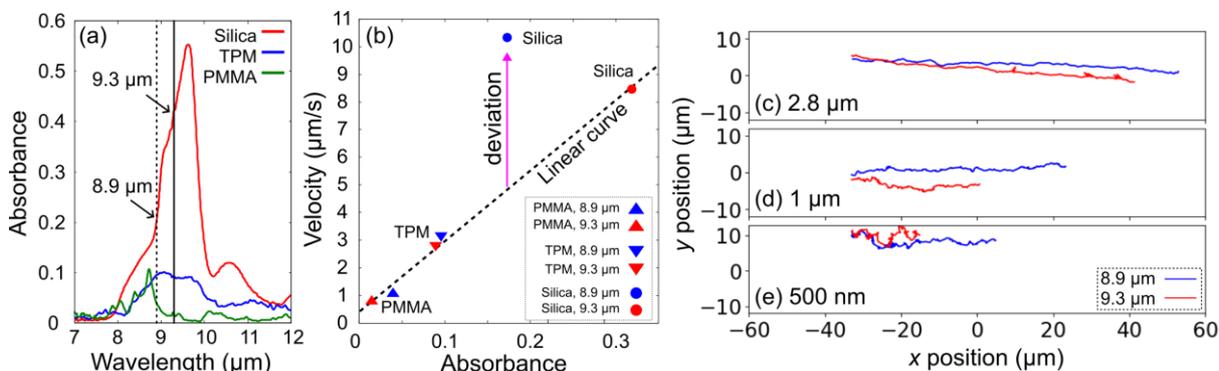


図 1 (a) 各微粒子の赤外吸収スペクトル(微粒子の直径は約 2.8 μm)。 (b) 微粒子の速度と吸光度の関係性。 (c-e) 両波長におけるシリカ微粒子 (直径は 2.8 μm , 1 μm , 500 nm) が光輸送されたときの軌跡。

[1] A. Statsenko, Y. A. Darmawan, T. Fuji, T. Kudo, Phys. Rev. Appl. **18**, 054041 (2022).

[2] Y. A. Darmawan, T. Goto, T. Yanagishima, T. Fuji T. Kudo, J. Phys. Chem. Lett. **14**, 7306 (2023).