

プラズモン光捕捉における局所温度上昇と輸送現象の定量評価

Local Temperature Elevation and Thermophoresis in Plasmonic Optical Trapping

阪市大院理¹, 北大院理・総合化学² 伊藤 謙太¹, 東海林 竜也¹, 脇坂 優美², 村越 敬²,

○坪井 泰之¹

Osaka City Univ.¹, Hokkaido Univ.³

E-mail: twoboys@sci.osaka-cu.ac.jp

【緒言】貴金属ナノギャップを有するプラズモニック光アンテナは、共鳴光（多くの場合近赤外光）の照射により、著しく輻射力（光圧）を生む。これを用いた光捕捉方法をプラズモン光ピンセットと呼び、ホットな研究が世界中で展開している。Fig. 1 にその概念図を示した。我々は今まで実現していない「分子の光捕捉」を目指し、分光学的手法を用いた研究を行ってきた。現在まで光共鳴効果を取り入れた手法やフェムト秒プラズモン光ピンセットの開発を行い、ポリマービーズや合成高分子、DNA の安定な光捕捉に成功している。研究を展開している[1-5]。この一連の研究の中で、プラズモンの共鳴励起は光電場の増強だけでなく、貴金属の電子-格子緩和による発熱により局所的な温度上昇が誘起され、これが微粒子の輸送特性や捕捉挙動に大きな影響を与えることを見出した。この熱現象の定量評価について報告する。

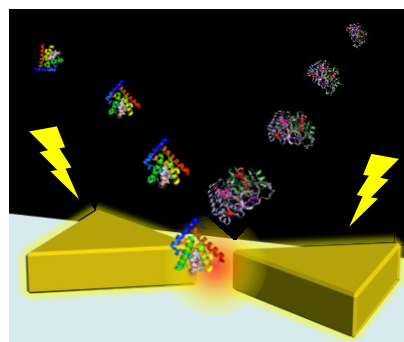


Figure 1. Schematic illustration of plasmonic optical trapping

【実験】金ナノダイマー整列基板をプラズモン発生場にし、ナノ粒子を分散させた試料水溶液に接触させた。共焦点型分光顕微鏡を用い、発光励起用の可視レーザー光（488 nm）とギャップモードプラズモンを励起する近赤外レーザー光（808 nm）を同軸で集光照射し、発光スペクトルと強度変化を測定した。プラズモン励起時の局所上昇温度は蛍光プローブ法により空間分解で定量的に評価した。

【結果と考察】詳細な検討により、プラズモン励起スポットの中心部の温度上昇は、励起光強度 1.0 kW/cm^2 あたり $\Delta T \sim 5 \text{ K}$ と評価された。これだけではない。上昇温度のマイクロマッピングにより、プラズモン励起領域では励起光強度 1.0 kW/cm^2 あたり $1 \text{ K}/\mu\text{m}$ もの巨大温度勾配が形成されていることもわかった。このような局所温度上昇と非平衡状態は、熱対流や熱泳動などの輸送現象を生みだし、これらが増強輻射力による捕捉と複雑にカップルすることがわかった。その結果、Fig. 2 に示すように、ソフトマター系微粒子は特徴的なパターンを形成しながら捕捉されることもわかった。

これらに関し、総合的に議論する。

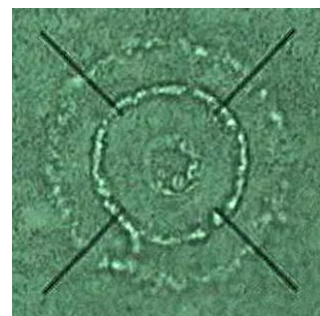


Figure 2.
Multiple-ring pattern formation in a non-equilibrium state.

Reference

- [1] M. Toshimitsu et al. and Y. Tsuboi, *J. Phys. Chem. C* Vol. 116, No. 27 (2012) 14610-14618.
- [2] T. Shoji et al. and Y. Tsuboi, *Jpn. J. Appl. Phys.* Vol. 51, No. 9 (2012) 092001.(Spot Light Paper)
- [3] T. Shoji et al. and Y. Tsuboi, *J. Phys. Chem. C* Vol. 117, No. 20 (2013), pp. 10691-10697.
- [4] T. Shoji et al. and Y. Tsuboi, *J. Phys. Chem. C* Vol. 117, No. 6 (2013), pp 2500-2506.
- [5] H. Yamauchi, Y. Tsuboi et al. and S. Ito, *J. Phys. Chem. C* Vol. 117, No. 16 (2013) pp. 8388-8396.
- [6] T. Shoji et al. and Y. Tsuboi, *J. Am. Chem. Soc.* Vol. 135, No. 17 (2013) 135, pp. 6643-6648.
- [7] T. Shoji and Y. Tsuboi, *J. Phys. Chem. Lett.* Vol.5 (2014) 2957-2967.

Highlighted as a cover art and ACS Editor's Choice.