

光照射した金ナノ粒子近傍の熱空間分布の可視化

Visualization of thermal distribution near a gold nanoparticle

早大院¹ ○三沢 悟¹, 井村 考平¹

¹Waseda Univ., ¹○Satoru Misawa, ¹Kohei Imura

E-mail: satoru330@toki.waseda.jp

【緒言】金ナノ粒子により吸収された光のエネルギーは、非常に効率的に熱エネルギーへと変換される。金ナノ粒子をナノスケールの熱源として利用する上で、ナノ粒子から周囲への熱の拡散についての知見が不可欠である。本研究では、金ナノ粒子とその周囲の温度分布を顕微分光手法により可視化することを目的とした。

【実験】ガラス基板に分散させた単一金ナノ球を高分子（ポリビニルアルコール（PVA））中に分散した試料を調製し、暗視野散乱測定により散乱スペクトルの温度依存性を観測した。加熱には、波長 532 nm の CW レーザーによる金ナノ粒子の光吸収を用い、光熱変換により粒子を発熱させた。また、近接場光学顕微鏡（SNOM）を用いた透過分光測定により、温度効果による透過像と透過スペクトルの変化について検討した。さらに、加熱ビームを変調しながら SNOM を用いてポンプ・プローブ測定を行い、加熱ビームの周波数と同期した微弱信号をロックイン検出することで、金ナノ粒子近傍の温度勾配の空間分布を可視化した。プローブ光には白色光または波長 633 nm の CW レーザーを用いた。

【結果・考察】図 1 に、レーザー加熱（出力~0.4 mW）時と室温の金ナノ粒子の散乱スペクトルを示す。図から、二つのスペクトルはともに波長 600 nm 近傍にプラズモン共鳴に帰属される強い散乱ピークを示すことがわかる。二つのスペクトルを注意深く観測すると、レーザー加熱時にはわずかにピークが短波長側へシフトすることがわかる。これは加熱により高分子の屈折率が減少し、プラズモン共鳴波長が短波長シフトしたと解釈できる。図 1 の測定結果について Mie 散乱シミュレーションを用いて評価したところ、レーザー照射により高分子の屈折率が 0.035 変化したと見積もられる。この変化は、約 300 K の温度上昇により起こると推定される。SNOM を用いた透過測定を行った結果、透過像ではレーザー加熱による明瞭な変化を観測することができない一方、透過スペクトルの長波長側において短波長側へのわずかなシフトが観測された。透過スペクトルのこの変化は、暗視野散乱スペクトルと同様に高分子の屈折率低下によるものと解釈される。金ナノ粒子近傍の屈折率分布（温度分布）を可視化するため、SNOM を用いてポンプ・プローブ測定を行った結果を図 2 に示す。図 2 には、粒子近傍の屈折率変化に起因する特徴的な空間分布が可視化され、加熱レーザーの出力増大に伴い像の形状や大きさが変化する様子が観測された。詳細は、発表当日に議論する。

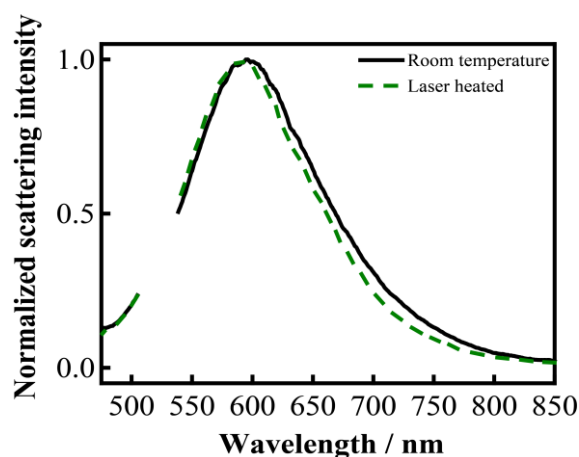


Figure 1. Scattering spectrum of a gold nanosphere (ca. 120 nm in diameter). Solid line: room temperature, dashed line: illuminated by 532 nm laser. Laser power 0.4 mW.

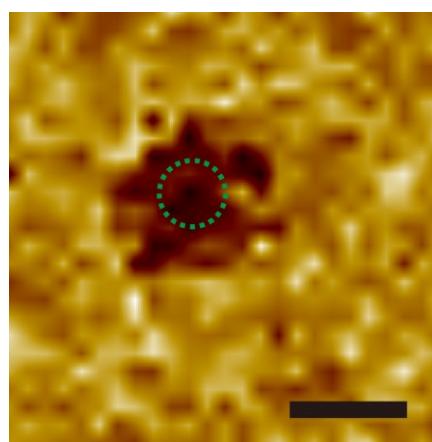


Figure 2. Optical image of thermal distribution near a gold nanosphere (ca. 100 nm in diameter). Laser power 1 mW. Scale bar: 200 nm. Dotted circle: approximate shape of the nanosphere.