

ナノ金属物質の特異な光学特性 ～ナノの孔は塞ぐと光がよく通る?～



自然科学研究機構 分子科学研究所 教授
岡本 裕巳

研究の背景

我々の日常の常識では、光は直進し、金属は不透明で光が当たるとそれ以上進めません。しかしナノの世界ではそのような常識が当てはまらなくなります。通常の光学顕微鏡ではナノの世界を観察することはできませんが、私達はナノ世界の光による観察を可能にする近接場光学顕微鏡という方式を用いて、様々な形状の貴金属ナノ微粒子とそれが集まった物質の光学的性質を調べています。その中で、ナノサイズの小孔をナノサイズの金の円盤で塞ぐと、そこを光が却ってよく通るという、一見不思議な現象が起こることを見出しました。

研究の成果

実験では、近接場光学顕微鏡で用いられている、金の薄膜にあげられた微細な孔(直径50～100 nm程度:近接場プローブと呼ぶ)を用いています(図1)。この孔に光を入射すると、わずかな光が孔を通過してきます。この孔のごく近くに、金のナノサイズの円盤(厚さ35nm、直径100～200nm程度)を配置して、光の通り道を塞ぎます。孔よりも円盤の直径が大きく、また円盤は孔のごく近く(30nm未満)にあるので、普通ならここを通る光は、更に弱くなって、ほとんどゼロになるはずですが、ところが実際に孔を通ってくる光の強さを測ったところ、円盤がない時に比べて、円盤で孔を塞いだ時の方が、光の波長によっては数倍強くなる場合があることがわかりました。孔を塞いだ方が、光がよく通ることになります(図2)。更に興味深いことに、孔を塞ぐ円盤の直径を100nm → 150nm → 200nmと大きくしていくと、通る光が

強くなりました。

ナノサイズの孔からは、光はほとんど通過してきませんが、実は孔の周辺に「留まっている」強い光があります。ナノサイズの円盤を孔に近づけると、この留まっている光を拾い出して、空間に放出する働きを持つと予想されます。この性質のため、孔を金属円盤で塞ぐと、却って通過する光が強くなったと考えられます(図3)。

今後の展望

この現象は、貴金属のナノ円盤が「留まっている光」と空間を伝わる光(普通の光)の間の、相互変換に有効に働くという、基礎的な性質を明らかにした点で意味があると考えられます。貴金属ナノ物質のこの特性が、例えば光のエネルギーを有効に電気エネルギーや化学エネルギーに変換するための基礎的な物性として、今後重要になることが期待されます。光デバイスなどで、ナノスケールで光を誘導するような応用も考えられます。私達は金属ナノ構造体の、光を局所的に増強する性質や偏光特性、極めて短時間で起こる動的挙動などを、近接場光学顕微鏡で更に調べて行きます。

関連する科研費

平成18-21年度 基盤研究(A)「ナノ微粒子系の波動関数と励起状態の動的挙動」

平成19-22年度 特定領域研究「近接場顕微分光に基づく光反応場の動的可視化・制御」

平成22-26年度 基盤研究(S)「ナノドット配列における結合励起状態の時空間特性と励起場制御」

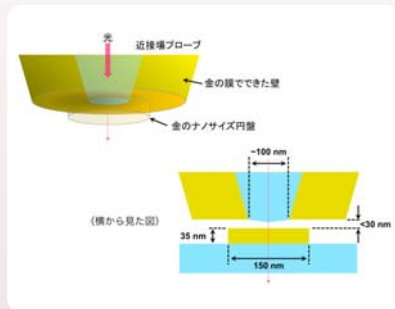


図1 実験の配置図。ナノサイズの金の円盤は、近接場プローブの光を通す孔よりも大きい。

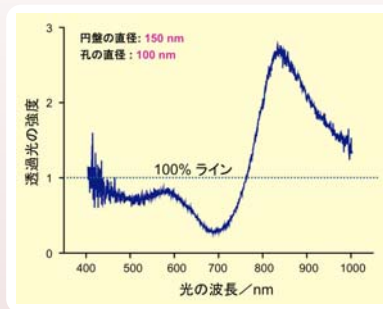


図2 孔と円盤を透過する光の強さの、光の波長による変化。円盤を孔に近づけない時の孔を通る光の強さを1とし(100%ライン)、円盤を近づけた時に通る光の相対的な強さを縦軸にとってある。円盤を近づける(孔を塞ぐ)ことで、波長850 nm付近の光は、円盤がない時よりも3倍近く透過していることがわかる。

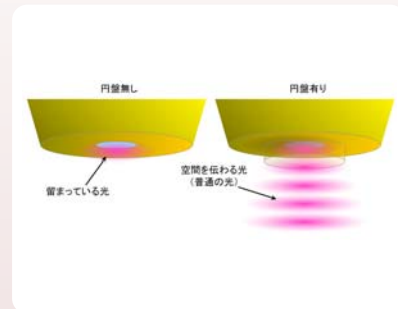


図3 ナノサイズの孔の周辺には、「留まっている光」があり(左)、ナノサイズの金の円盤を近づけることで、それが空間を伝わる光(通常の光)として取り出される。