

エバネッセント波中の金属ナノプロペラの回転駆動

Evanescent-Wave Driven Rotation of Plasmonic Nano-propeller

大阪大学大学院工学研究科精密科学・応用物理学専攻¹ °大上 能悟¹, 河田 聡¹Osaka Univ.¹, °Daigo Oue¹, and Satoshi Kawata¹

E-mail: oue@ap.eng.osaka-u.ac.jp

1909年に Poynting が円偏光ビームによる物体の回転を予測し[1], 約 30 年後に実験で確かめられた[2]. 当時の光源(熱したフィラメント)では, 光誘起の回転力が熱揺動エネルギーより 1桁以上小さい為, 真空チャンバー中で実験が行われた. レーザーの登場により常温常圧でも円偏光ビームで微粒子を回転できるようになった[3, 4]. 回転操作としては光渦を使う例も報告されてきた[5, 6]. 2010年には, 直線偏光ガウシアンビームで卍形の金属ナノプロペラが回転駆動できると報告された[7].

エバネッセント照明の場合ではどうだろうか. 本発表ではエバネッセント波がナノプロペラに誘起するトルクについて議論する. プロペラの回転駆動には光の放射圧が関わっている. そのため, 回転駆動力は散乱断面積に伴って大きくなると予想できる. 金属微粒子は局在表面プラズモン共鳴が起こる状況では散乱断面積が大きくなる. そこで, プロペラのサイズと入射波の波長をそれぞれ変化させ, 生じるトルクを調べる. 例えば, サイズ 37 [nm]の金ナノプロペラ(図 1)は波長 652 [nm]の入射波で共鳴が起こる. 入射波の振幅を $\mathbf{E}_0 = (0, 1.0 \times 10^7, 0)$ [V/m], 波数ベクトルを $\mathbf{k} = (2\pi/652, 0, 2\pi/652)$ [1/nm]とすると, エバネッセント波は, $\mathbf{E} = \mathbf{E}_0 \exp(i(\mathbf{k} \cdot \mathbf{r} - \omega t))$ と表すことができ, このとき生じる+z方向のトルクは 2.3×10^{-20} [J]である. これは波長 488 [nm]の場合の 1.3×10^{-22} [J]と比べて約 100 倍も大

きい. この値 9.5×10^{-21} [J]は室温の熱揺動エネルギー $k_B T = 3.9 \times 10^{-21}$ [J]より大きく, 室温でも回転駆動が可能だとわかる.

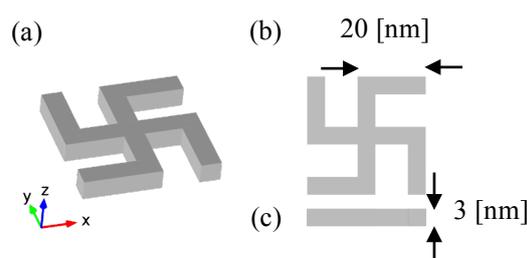


図 1: 金属ナノプロペラをそれぞれ(a)3 次元的に, (b)xy面で, (c)yz面で見た図

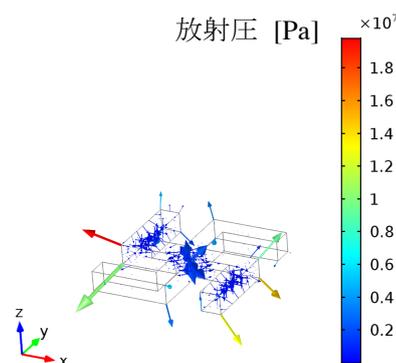


図 2: エバネッセント波 (y方向偏光, +z方向に減衰) 中のナノプロペラに働く放射圧

[1] J. Poynting, *Proc. R. Soc. Lond. A* **82**, 560–567 (1909).

[2] R. Beth, *Phys. Rev.* **50**, 115–125 (1936).

[3] T. Sugiura *et al.*, *J. Spectrosc. Soc. Jpn.* **39**, 342 (1990).

[4] M. Friese *et al.*, *Nature* **394**, 348–350 (1998).

[5] M. Friese *et al.*, *Phys. Rev. A* **54**, 1593–1596 (1996).

[6] N. Simpson *et al.*, *J. Opt. Lett.* **22**, 52–54 (1997).

[7] M. Liu *et al.*, *Nature Nanotech.* **5**, 570–573 (2010).