



ナノ粒子を光の力で捕集 ～ 光ナノアンテナで輻射力を増強 ～

研究成果のポイント

- ・金のナノアンテナで光をナノサイズまで絞り込む技術を開発。
- ・光の力で1万分の1ミリメートルの粒子を捕集することに成功。
- ・ナノ粒子に働く輻射力を高精度に解析し画像化する技術を開発。
- ・高機能電子・光デバイス、バイオセンサーなどへの応用が可能。

研究成果の概要

最先端超精密加工装置で作製した金のナノアンテナで光をナノサイズまで絞り込み増強する技術を開発し、ナノサイズの強力な光で1万分の1ミリメートルの粒子（PMO.1）を非接触な力（輻射力）で捕集する実験に成功しました。また、ナノ粒子に働く輻射力を高精度に解析する技術を開発し、ナノアンテナの中心に引き寄せられる様子をナノの解像度で画像化することにも成功しました。この研究成果は、ナノ粒子の特性を活かした高性能電子素子、高機能光デバイス、超高感度バイオセンサーなどへの応用やナノ粒子の選別技術への展開が可能です。

論文発表の概要

研究論文名：Nanostructured Potential of Optical Trapping Using a Plasmonic Nanoblock Pair
著者：氏名（所属）Yoshito Tanaka（田中嘉人）、Shogo Kaneda（兼田翔吾）、Keiji Sasaki（笹木敬司）（北海道大学電子科学研究所）

公表雑誌：Nano Letters（米国化学会、インパクトファクター＝13.198）

公表日：日本時間（現地時間）2013年4月2日

研究成果の概要

（背景）

ナノ粒子は、医薬品、触媒（燃料電池、抗菌性コーティング等）、化粧品、食品などに広く利用されていますが、特に、有機物や半導体は、ナノ粒子にすることによって、電氣的、光学的に新しい機能を発現することから注目を集めています。しかし、ナノ粒子を有効に機能させるためには、作製したナノ粒子を微細な電気配線や光回路の上にナノメートルの精度で配置する技術が必要です。

微粒子に光を当てると力が発生し、光の強い方向に引き寄せて捕集できることは知られており、マイクロメートルサイズの粒子を自在に操作して配置する技術が開発されています。しかし、光の力が極めて弱いため、ナノメートルサイズの粒子を光で捕集することは困難とされてきました。

(研究手法・成果)

今回の実験では、まず、最先端微細加工技術で作製した金のナノアンテナ（図1）に光を当てることにより、光をアンテナの中心にナノメートルサイズまで絞り込んで増強します。ナノサイズの強力な光は、周りに漂うナノ微粒子に非接触な力（輻射力）を発生させ、粒子はアンテナ中心に引き寄せられて捕捉されます。図2は、1万分の1ミリメートルの粒子（PMO.1）を光ナノアンテナで捕捉することに成功した様子を顕微鏡で観察した画像です。

さらに実験では、ナノ粒子がブラウン運動する様子を高精度に観測する技術を開発し、ナノ粒子に働く輻射力を定量的に解析することに成功しました。解析結果から、レーザー光をそのまま使った場合に比べて、ナノアンテナは輻射力を3桁以上も増強することが明らかになり、ナノ粒子の光捕集技術の実用化に向けて大きく前進しました。

図3は、ナノ微粒子が捕集される時に働く力を表すデータです。ポテンシャルで表示しているので、このカーブの微分が力に対応します。ナノ粒子に働く力はフェムトニュートン（1kgのおもりに働く重力の1京分の1）レベルですが、これはナノ粒子に働く重力や粘性力よりも大きく、また、ブラウン運動を抑えることができる力です。図4は、ナノ粒子に働く力の分布をナノメートルの解像度で画像化したデータです。ナノアンテナの中心や尖った位置に引き寄せる力が働いていることが明らかになりました。

(今後への期待)

ナノアンテナの中心は、ナノ粒子の電氣的、光学的な機能を発現するためにも最適な位置であり、高機能電子素子、光デバイスとしての応用が期待されます。また、ナノアンテナによる光捕集は、溶液中のナノ粒子一粒を捕集して計測する技術にも応用でき、生体微粒子に適用すれば超高感度なバイオセンサーとして実用化することも期待されます。さらに、ナノ粒子の光感受性に依存して輻射力が変化することを利用すれば、粒子を大きさや形、材質で選別して捕集することも可能です。

お問い合わせ先

所属・職・氏名：北海道大学電子科学研究所 教授 笹木敬司（ささき けいじ）
TEL: 011-706-9396 FAX: 011-706-9390 E-mail: sasaki@es.hokudai.ac.jp
ホームページ: <http://www.optsys2.es.hokudai.ac.jp>

〈参考図〉

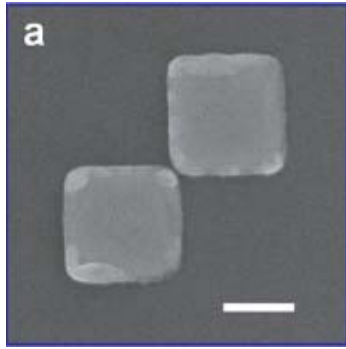


図1 光ナノアンテナの電子顕微鏡写真。白線は100ナノメートルのスケール。一辺140ナノメートル、厚さ30ナノメートルの金のナノブロック2個を、先端を10ナノメートルだけ離して配置しています。このナノアンテナに光を当てると、中心の10ナノメートルの空隙（ギャップ）に光が集められて、強力なナノサイズの光スポットを作ります。このようなナノアンテナ構造は、最先端の超微細加工技術によって作製が可能となりました。

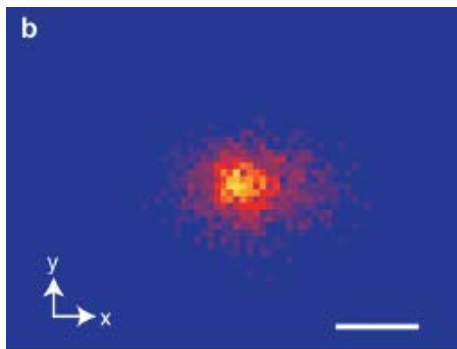


図2 光ナノアンテナによる1万分の1ミリメートルの粒子（PM0.1）の捕捉に成功したことを示すデータ。白線は100ナノメートルのスケール。ナノアンテナの上で粒子がブラウン運動する様子を高精度解析技術で画像化した結果です。アンテナの中心に捕集され、運動が抑制されていることが分かります。

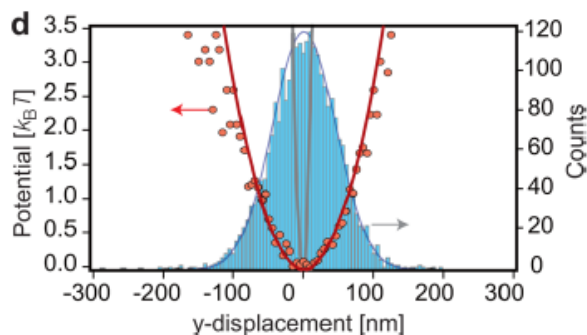


図3 ナノ粒子に働く輻射力を定量的に解析したデータ。ナノ微粒子が捕集されるときのパテンシャルを表している。ナノ粒子に働く力はフェムトニュートン（1kgのおもりに働く重力の1京分の1）レベルであり、レーザー光をそのまま使った場合に比べて、ナノアンテナは輻射力を3桁以上も増強することが明らかになりました。

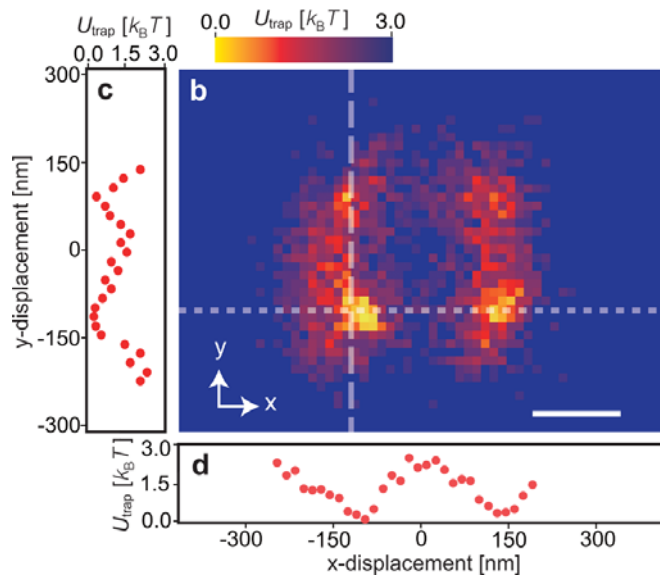


図4 ナノ粒子に働く力の分布をナノメートルの解像度で画像化したデータ。ナノアンテナの尖った位置に引き寄せる力が働いていることが明らかになりました。このデータは、当てる光の状態を変えると、働く力（輻射力）の分布を自在にコントロールすることができることを示しています。