



高分子を捕まえる光ピンセットの開発にはじめて成功

研究成果のポイント

- ・ レーザーポインターのような光源で、高分子（タンパク質や DNA、合成高分子など）を捕まえることができる新しい光ピンセットを開発。
- ・ 捕まえた高分子を、ミクロな空間内で平面的に自在に動かすことを実現。
- ・ 捕まえたり動かしたりした高分子の様子を観察し、固定することが可能。

研究成果の概要

高い強度のレーザービームを集光すると、焦点に細胞などの小さな微粒子を捕捉し、操ることができます。これは光ピンセットと呼ばれ、すでに市販化されており、生物学において広く利用されてきました。また、この光ピンセットで、細胞よりも小さな高分子（タンパク質や DNA、合成高分子など）を捕まえたり、操ったりすることができれば、創薬や生物学を大きく発展させることができます。しかし、細胞よりも小さなこれらの高分子を、従来の光ピンセットで捕まえ、操ることはできませんでした。

今回我々は、特殊なナノ構造を施した貴金属が生む“プラズモン”と呼ばれる電子の“さざなみ”を光励起することにより、細胞やウイルスよりもはるかに小さい分子（鎖状高分子や DNA）や高分子微粒子を自在に捕捉・操作することに成功しました。

このようなプラズモン光ピンセットは、細胞への遺伝子導入や医療診断に役立つプロテインチップの開発を可能にするかもしれません。また、ナノ空間における単分子の自在操作やそれに基づく選択的合成や分離など、革新的な技術開発につながることを期待されます。

論文発表の概要

研究論文名：Plasmonic Optical Tweezers Can Form Characteristic Micropatterns（プラズモン光ピンセットによる特徴的なマイクロパターンの形成）

著者：氏名（所属）坪井泰之（北海道大学大学院理学研究院・JST さきがけ）

公表雑誌：SPIE Newsroom

※国際光工学会（The International Society for Optical Engineering；SPIE）の Web 版ニュースリリース

公表日：米国時間 2013 年 3 月 5 日

研究成果の概要

(背景) 赤血球やポリマービーズなどの微粒子を空間的に捕まえ、操ることができる技術のひとつに光ピンセットがあります。これは、明るいレーザービームをレンズで集光し、焦点で小さな微粒子を捕捉する技術です。ビームを操作すれば、捕まえた微粒子を操ることもできます(光マニピュレーション)。今までこの光ピンセットは、生物学の分野で大きな成果をあげてきました。細胞を引っ張ったり動かしたり、その様子を観察することができるからです。

ところが、この光ピンセットで、細胞よりも小さいタンパク質やDNAといった高分子を捕まえ、操ることはできませんでした。捕まえる物体の大きさが小さくなると、ピンセットの「握力」も弱くなってしまうからです。

もし、細胞とタンパク質やDNAを別々に捕まえ、お互いを自在に操り、細胞内にこれらの高分子を導入できれば、創薬やDNA発現の研究に大きなインパクトがあると考えられます。これを実現するためには、細胞よりもはるかに小さな、このような生体高分子を捕まえ、操ることができる新しい“ピンセット”が必要になるのです。

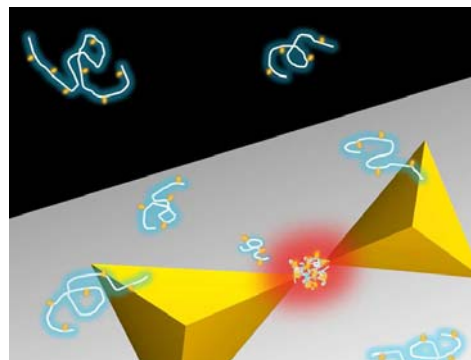
(研究手法) 我々は、金属中の電子の“さざなみ”であるプラズモンに着目しました。金の微粒子に、ある波長の光を当てると、電子が“さざなみ”のように動き出します(プラズモン励起)。その結果、光の力が1万倍以上に増幅されます。この効果を光ピンセットに応用すると、光ピンセットの握力も一万倍強くなると考えられます。

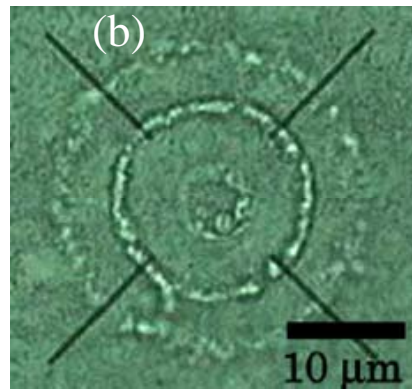
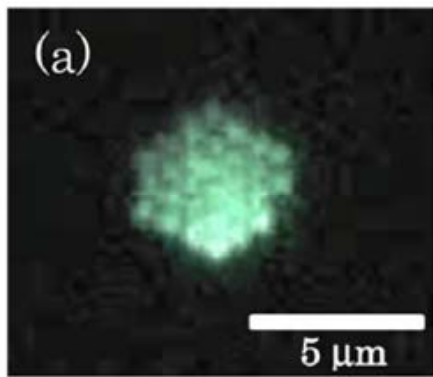
よって、自己組織化的な手法を用いてガラス基板上に金ナノ粒子を配列させ、鎖状高分子やDNA、高分子ゲル微粒子などの“分子系”のナノ粒子(サイズ10~200 nm)を含む水溶液に接触させました。そこに、プラズモンを励起する近赤外光を照射し、金ナノ粒子表面での分子捕捉にチャレンジしました。

(研究成果) このように開発した“プラズモン光ピンセット”で、タンパク質モデル化合物である高分子の光捕捉を試みたところ、蛍光スペクトル測定及び顕微鏡観察により、下図に示すように、金ナノピラミッドの近傍に、好きなタイミングで高分子を捕捉し、操ることに初めて成功しました。さらに、この現象の理論解析も行い、この現象が典型的なプラズモン光ピンセットであることを確認しました。(利光麻里子・東海林竜也・坪井泰之 他 *J. Phys. Chem. C* 2012, 116, 14610-14618)

さらに我々は捕捉対象の範囲を広げ、実験と議論を重ねました。その結果、ゲル微粒子やポリスチレン粒子、DNAなどの“高分子系”を、開発したプラズモン光ピンセットによって極めて効率よく捕捉・操作することに成功しました。

(次ページの図: 東海林竜也・柴田路子・坪井泰之 他 *J. Phys. Chem. C* 2013, 117, 2500-2506)





【図の説明】 本手法で高分子を捕まえ、操った実例の顕微鏡写真。

(a) 直径 500 nm の高分子ナノ粒子を捕捉。微粒子を 2 次的に六角形に整列させた。

(b) タンパク質モデル高分子のゲルナノ粒子を捕捉。

捕捉した微粒子を操り、このようなリングパターンを描くこともできた。

（今後への期待） 本手法を駆使すれば、ミクロな空間で分子系を自在に操り、異なる分子系同士を空間的に接触させ、配向や化学量論などを制御した高選択的な化学合成や、DNA ハイブリダイゼーションが可能になるかもしれません。捕捉した分子系の高感度な光検出も期待できます。その結果、今まで作成できなかったような、新しい診断ツールである DNA チップやタンパク質チップを作ることが可能になり、在宅診断や各種臨床検査の業務も大きく変わる可能性を秘めています。

本研究は、坪井（写真中央）以外に、東海林竜也くん（現・博士研究員、写真右）、利光麻里子さん（当時・修士 2 年、写真左）が中心となって進めました。



お問い合わせ先

所属・職・氏名：北海道大学大学院理学研究院化学部門 准教授 坪井 泰之（つぼい やすゆき）

TEL: 011-706-3222 FAX: 011-706-4630 E-mail: twoboys@sci.hokudai.ac.jp

ホームページ： <http://barato.sci.hokudai.ac.jp/~bunseki/Tsuboi/tsuboi.html>