



科学研究費補助金新学術領域研究

「光圧によるナノ物質操作と秩序の創生」

News Letter Vol. 2

February 10, 2017

光圧ナノ物質操作が拓く世界

伊藤 正(大阪大学ナノサイエンスデザイン教育研究センター)

光の性質のうち、光波としての輻射圧(光圧)、あるいは光子としての運動量・角運動量といった比較的未利用の性質がにわかに注目されるようになってきている。光によって原子やマイクロ粒子を動かしたり、空間的に閉じ込めたりという光マニピュレーションは Ashkin の光ピンセットの論文から 47 年、原子トラッピングも 30 年の歴史があるが、それとは一線を画するナノ物質が示す量子力学的な電子準位の多様性や局在プラズモンを利用した光マニピュレーションや光の持つ角運動量の物質への転写といった新手法の開拓はここ 10 年ほどのことであり、日本の研究者の寄与によるところが大きい。

ナノ構造物質における光圧の特色は、透明な誘電体球のように光源と物質の屈折率・形状のみに依存する古典的な光圧とは異なり、制御する(観測する)ナノ物質の示す多様な電子励起分極と電磁場との共鳴的相互作用により生じる変化に富んだ光圧を取り扱う点で、基礎・応用を含めて多様な可能性を秘めている。たとえば、ナノ構造物質による光圧の空間的パターンニング、多くの励起分極がコヒーレントに振舞う超放射を示す高密度ナノ粒子集団における光圧の増強、光学非線形性を用いた光圧の光変調といった、さまざまな応用が考えられる。

光と物質の係わりは、新しい光源、新しい物質、さらに新しい計測法の 3 者がうまく噛み合うとそのシナジー効果により従来まったく予期しなかったような現象が引き起こされる。21 世紀は光の時代といわれるが、このような新しい光科学技術の進展が社会的イノベーションを引き起こすに違いない。今後の光圧に関する効果的な応用展開を図るためには、物理、化学への貢献と共にバイオ、機械、情報といった異分野との、または民間との情報交流の活発化、若手研究者同士の技術交流・共同研究の推奨、世界の研究者を巻き込んでの分野横断的な各種学際研究の積極的展開が肝心と考えられる。さらに、新奇な光マニピュレーションによるナノ粒子サイズの選別、分子の空間凝縮による化学反応の制御、トポロジカル光波によるカイラリティ構造を持ったナノ加工や分子の創成などの新規ものづくりの基礎研究においては将来の実用化も想定しながら取り組んでほしい。

本新学術領域研究「光圧によるナノ物質操作と秩序の創生」の進展を大いに期待したい。



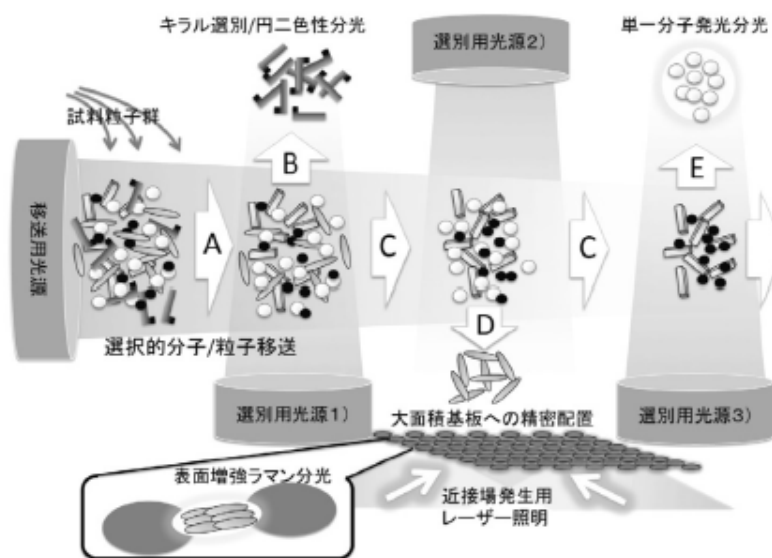
共同研究概要説明

共同研究A：特定ナノ物質の分離と精密配置、及び大面積化

コーディネーター 芦田昌明（大阪大学大学院基礎工学研究科 教授）



この共同研究では、異種のナノ物質の量子力学的特性に基づいた選別を行い、それらをデザインされた空間構造へ精密に配置すると共に、最終的にはそうした操作の大規模化・大面積化を実現します。その際、下図にイメージを示すように、各（矢印で示す）段階で種々の特徴的な実験技術が必要となります。A：用意されたナノ物質群を光圧によって輸送します。B：波面及び偏光が制御された光により特定のキラリティをもつナノ物質の選別を行います。C：特定の性質を持つ粒子を選択しつつ輸送します。D：金属ナノ構造などによる近接場で基板上的特定の場所にナノ物質を配置し、さらに配向も制御します。そして、レーザーの走査や干渉効果を利用した大面積化へと展開します。一方、E では種々の特性を持ったナノ物質の分布から、特性に応じたマクロな空間分布に変換して、単一分子発光分光や表面増強ラマン分光などを用いて均一な性質を計測します。通常の分光では得られない情報が、「動かし、その運動や配置を観測して」はじめて得られる可能性があります。すなわち、分光とは相補的な新しい地平が拓かれることをこの共同研究を通して明らかにします。



上記の計画を実現するには、光圧の理論と精密計測・運動観測、量子力学的選別・輸送、新規ナノ物質の合成、ナノスケール金属構造作製、先端波面・偏光制御光源による大規模化、などの物理、化学、レーザー工学等の知見と技術を深化させた各班の共同研究が必須です。

参考文献：石原 一，光圧によるナノ物質の個別運動制御と秩序の創生，固体物理 Vol.51, 535-545 (2016).



「光圧ナノ物質操作」における若手活動

岡本 裕巳(分子科学研究所:総括班分担者)

本新学術領域では、この研究分野が将来の学術としての裾野が広がるために決定的な役割を果たすのが若い世代の研究者であるという認識の下、若手研究者が自主的に本領域を動かしていく積極的な仕掛けを計画しています。領域の立案当初から計画していたものとして、例えば若手を中心となり企画する研究会・セミナー、異分野交流会への支援、そして本領域の大きな特徴として、異分野手法若手トレーニング道場などを計画しています。

この若手トレーニング道場は、本領域で進める共同研究を成功させるには、各計画研究の成果を有機的に融合することが不可欠であると考え、若手研究者が光制御、光圧捕捉、シミュレーション、熱・流体制御、基板作成など、各々のこれまでの専門分野とは異なる異分野の技術を実地で学ぶことを意図するものです。ここで異分野技術を深く学ぶことで、共同研究の中での自分のミッションの実行にフィードバックが可能となり、一連の知見・技術が一体となった研究が実現すると考えており、この点で一般的な分業体制的な、順送りの共同研究とは一線を画するものになると期待しています。また、ここで育った若手研究者は、異分野に対する広い視野を持った自立した研究者として、将来のこの分野を支える人材となると期待しています。

今年度は当面、微細基板技術(担当:笹木)、光圧捕捉(担当:坪井、伊都)、理論シミュレーション(担当:石原)の道場を開催する予定です。このほかに、これまでの議論で提案されている道場の例としては、光源制御(担当:尾松)、超精密力計測(担当:菅原、秋田)、分子流体理論(担当:川野)等がありますが、次年度以降、どのような道場が必要か、需要があるかを引き続き検討し、幾つかの道場を開催していく計画にしています。さらに、今後の海外との連携の進捗状況次第では、海外からの道場参加の要請への対応も検討していく予定です。

若手を中心となる研究会・セミナー、異分野交流会等は、領域内の若手研究者で若手総括班(班長:細川)を組織し、これが中心となって企画を進めます。領域の総括班も、若手総括班が企画する行事に対して、可能な限り支援します。今年度はまず、2017年1月に開催される公開シンポジウムにおいて若手企画を行いました。これ以外に研究会やセミナーを開催するかどうか、検討中です。今後、毎年2件程度の若手企画や学生プログラムを行うよう、計画していきます。



「光圧ナノ物質操作」における国際活動

尾松 孝茂(千葉大学:総括班分担者)

分子・超分子・無機系(半導体や金属)微粒子などのナノ物質を光圧を駆使して個別・選択的にかつ人為的に運動操作して秩序を創成し、新しい物質科学の開拓を目指す本領域では、

- (1) 世界に本領域のプレゼンスを認知させる。
- (2) 物質科学を資する諸外国の優れた研究者たちを結集し、本領域を世界の学術拠点とする。
- (3) 若手道場を国際的に拡張し、本領域から次世代を担うフロンティア若手研究者を世界に輩出する。

ことを目的に国際活動支援事業を募集しました。

今年度は共同研究(Aalborg University (Denmark)、国立交通大学(台湾))の2件の国際共同研究と1件の日英研究ネットワーク形成のための英国訪問を採択しました。



開催報告

JSPS-EPSRC Symposium on Material Sciences Pioneered by Structured Lights (2017 年 1 月 6 日)

英国との共同研究ネットワークの構築にあたり、日本学術振興会(JSPS)、王立協会(The Royal Society)と連携して、JSPS-EPSRC Symposium on Material Sciences Pioneered by Structured Lights (2017年1月6日)をThe Royal SocietyのBall Hallにて開催しました。Dholakia 教授 (University of St Andrews)、Kadodwala 教授 (University of Glasgow)をはじめ英国の光科学を代表する4人の英国側研究者と本新学術領域計画研究代表である岡本 裕巳 教授(分子科学研究所)、尾松 孝茂 教授(千葉大学)を含む4名の日本側研究者が研究発表・研究討議を行いました。

60名を超える一般参加が聴講する中、光渦や近接場光などのStructured Lightsが創り出す光圧を駆使した物質の構造・物性のキラリティー制御、さらには、光学的遷移選択則制御の可能性など光圧が創る新奇物質科学を示唆する最先端の研究内容が紹介されました。

このシンポジウムを通して、すでに実施している共同研究(尾松-Dholakia、岡本-Kadodwala)に加え、様々な共同研究の可能性が顕在化しました。



プレスリリース、受賞など

計画研究 A04 飯田琢也が The Second Place Award (2016 4th TKU-OPU Joint Symposium) を受賞しました。
計画研究 A04 飯田琢也の論文 (Scientific Reports(Nature Publishing Group), 2016(6), 37768 (1-9)) の成果が、プレスリリースされ、Ratory など Web メディアで紹介されました。

<https://www.osakafu-u.ac.jp/news/publicity-release/pr20161206/>

この論文は Recommended Paper としてスペインの企業である Genomatronic QB が紹介、

計画研究 A04 飯田琢也の論文 (The Journal of Physical Chemistry Letters, 2017(8), 2, 370–374 : Spotlights 論文) の成果がプレスリリースされ、日刊工業新聞で紹介されました。

<https://www.osakafu-u.ac.jp/news/publicity-release/pr20170106/>

告知板

2017 年応用物理学会春季学術講演会 (2017/3/14-17 パシフィコ横浜) において、シンポジウム「ナノ物質光マニピュレーションの最先端」を開催いたします。

3 月 14 日 13:15 ~ 18:30 会場 413 http://meeting.jsap.or.jp/file/symposium_14_3-1.pdf

発行 新学術領域研究「光圧ナノ物質操作」総括班
E-mail: secretariat@optical-manipulation.jp