



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. 11

February 8, 2021

巻頭言 ～最終シンポジウムに参加して～

栗原 和枝（東北大学）

新学術領域「光圧ナノ物質操作」の最終シンポジウムに参加させて頂き、この領域で多くの成果があげられているのを拝見しました。本領域の活動は、物理と化学、さらに様々な分野の研究者と一緒に力を合わせて作り上げた大変素晴らしいものであったと思います。専門的な内容については、より専門に近い評価委員の皆様にお任せするとして、当領域の活動について印象的であった点を、以下に述べさせていただきます。

まず、何より印象的であったのは、本新学術領域の核となったメンバーの連携の良さと優れた企画力です。実は、領域のスタート時点には「計画しすぎでは？」と思ったこともありましたが、様々な形で連携研究が進んだのは、メンバーの企画力と、何より研究を楽しみ、何かを成し遂げようとする志に基づく個別の努力と連携の力によるものと思います。最終シンポジウムでの領域代表の最初のご挨拶にもありましたが、計画を伺った時「本当にできるのか」と思ったテーマもいくつかありました。ただ、チャレンジすべきことだとも感じました。それが審査員に伝わり採択され、このように大きな成果につながったことは、新学術領域研究という制度の意義を示したことになると思います。ここまで努力を積み上げられたことに対しお礼と敬意を表したいと思います。まだまだ研究自体が終わったわけではありませんが、一つの区切りとして、お疲れ様でした。

日本の当研究分野の活動には物質研究が大きく参画していることが特色と伺いました。誇張したイメージですが、数式を見ると頭が痛くなる化学者と、分子の化学構造を見ると不思議な気がする物理学者がいたとしても、この領域では一緒に活動でき、それぞれの分野の特色が一体となって研究が進んだ本領域は、融合研究のお手本のような領域であったと思います。これも、先に述べた企画力の成果だと思います。

もう一つ、印象的であったのは、シニアのアドバイザーの先生方の親身なアドバイスと、研究に対する温かい想いです。この応援も本領域に大きな力を与えたと思います。そのメンバーに加えていただいたことを感謝しております。最終年がコロナ禍で、先生方に直接お会いできなかったのは残念でしたが、またお会いして、将来の日本の研究を議論できる機会があることを楽しみにしています。

最後に、本分野の研究の今後の展開を楽しみにし、皆様のご研究の更なるご発展をお祈りいたします。この度は貴重な機会を頂きありがとうございました。



共同研究紹介

光の力でナノ粒子を一粒ずつ選別・輸送することに成功

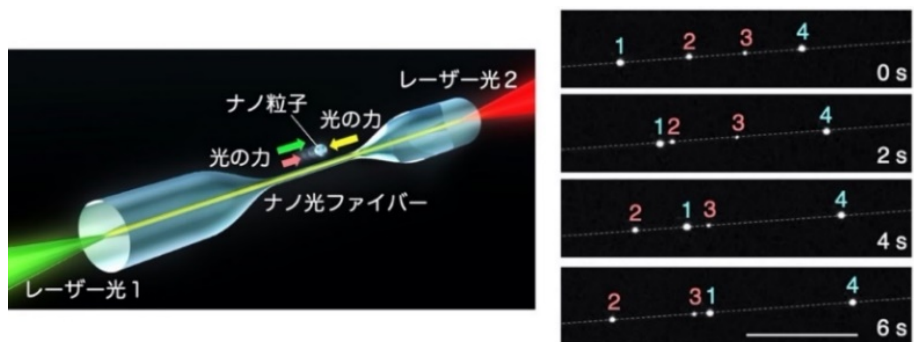
石原 一（大阪府立大学工学研究科、A01 班）

笹木 敬司（北海道大学電子科学研究所、A03 班）

半導体量子ドット、金属クラスター、ナノダイヤモンド、分子集合体、有機高分子等のナノ粒子（通常 1～100nm）は、ナノサイズに特有な性質や機能を持つため、医薬品、化粧品、食品、バイオセンサー、バイオイメージング、触媒、太陽電池、発光素子、量子デバイス、量子コンピューターなど様々な分野で応用されています。これらのナノ粒子は、大きさや形、含有物によって粒子毎に品質や特性が異なるため、粒子の作製段階において、一粒ずつの性質や含有物の量を測定する技術が必要となります。また、製品化段階においては高品質化・高性能化に向けてナノ粒子を選別・分離する技術も不可欠となります。しかし、これまでナノ粒子一粒ずつの物理的な性質や含有物の量を高精度に計測し、特性によって選別・分離する技術はありませんでした。本新学術領域の大きな目標の一つは、光圧に基づく新しい原理によって、このような技術を実現することです。

個々のナノ粒子の物理的な個性は粒子内の電子の性質によって決まりますが、ナノ粒子に光を照射すると電子が光のエネルギーを吸収すると同時に光の運動量も受け渡されて粒子に光圧が発生し、粒子は動かされます。この動き方は電子の性質によって異なるため、ナノ粒子の動きを顕微鏡で観察すれば電子の性質が判明し、粒子一粒一粒のミクロな物理的個性がわかることとなります。また、光の照射方法を工夫することにより、ナノ粒子を特性や含有物の違いによって集めたり、選別したりすることも可能になります。しかし、ナノ粒子に対する光圧が非常に弱いことや、溶媒による擾乱に打ち勝ってこのような選別を実際に行うためには、様々な工夫を必要とします。

本研究では、通常の光ファイバーをヒーターで加熱・延伸して 1/100 以下まで細線化したナノファイバー（直径約 400nm）を作製し、ファイバーの両端から緑色レーザー光と近赤外レーザー光を入射する装置を開発しました。ナノファイバーの周囲に発生する光圧によって液体中を漂うナノ粒子を引き寄せるとともに、粒子をファイバーに沿って輸送することを実現しました。実験では、近年、新材料として注目されているナノサイズのダイヤモンド微粒子を用いました。ナノダイヤモンド粒子は、窒素空孔中心（NV センター）と呼ばれる構造欠陥の電子が緑色の光を吸収して赤色の蛍光を安定に発する特性があるため、細胞や生体組織のイメージングに広く利用されています。また、この構造欠陥の電子は磁気特性を持つため、ナノ空間の磁気センサーや量子コンピューターの素子としての応用も検討されています。このナノダイヤモンド粒子をナノファイバーで捕集して輸送すると、構造欠陥がない粒子は近赤外レーザーの光圧に押されて動きますが、構造欠陥ある粒子は緑色レーザー光を強く吸収し、そのために生じる光圧が近赤



（左）ナノファイバーを用いた光の力によるナノ粒子の捕集・特性選別・分離輸送の概念図、（右）ナノダイヤモンド粒子の構造欠陥有無による光選別輸送実験（2秒毎の顕微鏡写真、点線がナノ光ファイバーの位置、1と4が構造欠陥のある粒子、2と3は構造欠陥のない粒子。



外レーザーの光圧に打ち勝って逆方向に動きます。この機構を利用して、構造欠陥の有無によって粒子を一粒ずつ選別し、それぞれ反対方向に分離輸送することに成功しました。すなわち、窒素空孔中心を含有する品質の良いナノダイヤモンド粒子だけを光選択分離することを実現しました。さらに、ナノファイバーに沿って動く速さを測定することによってナノダイヤモンド粒子一粒の高精度吸収分光計測を世界で初めて成功させ、何個の構造欠陥があるかを解析することも実現可能となっています。

今回新たに開発したナノ粒子の光圧捕集・選別・輸送技術は、高純度・高品質な医薬品、高感度なバイオセンサー、高効率な太陽電池、高性能な量子コンピューター素子の開発への貢献が期待されます。また、物理的特性や化学的性質が未解明である新奇なナノ粒子の研究においても、光圧を用いた新しい原理の解析手法として重要な役割を担うと考えられます。さらに、分離輸送だけでなく、選別したナノ粒子を光圧で自在に操作して、高度な配列構造材料を作製し、最先端のエレクトロニクス素子や光デバイスを構築する、新しい光利用技術へ展開することも期待され、まさに本新学術領域がめざす技術へ一歩近づいた成果と言えます。

[1] T. Wada, H. Fujiwara, K. Sasaki, H. Ishihara, *Nanophotonics*, **9**, 3335-3345 (2020).

[2] H. Fujiwara, K. Yamauchi, T. Wada, H. Ishihara, K. Sasaki, *Science Advances*, **7**, eabd9551 (2021).

会議開催報告

分子研研究会

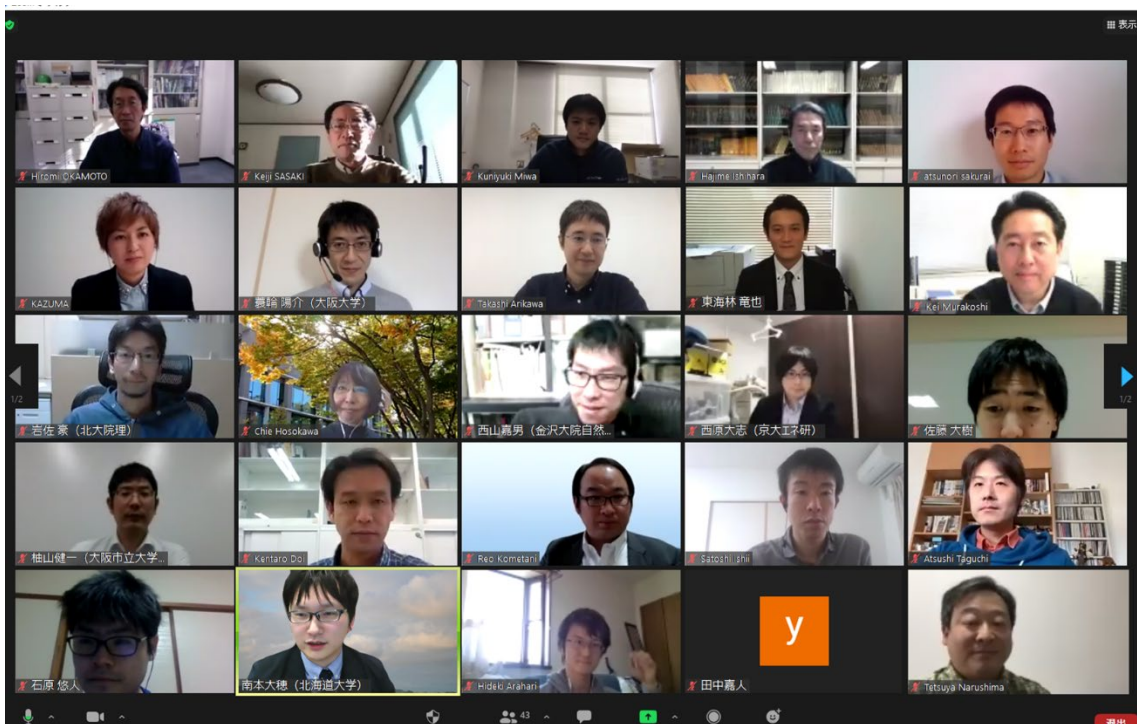
南本大穂（北海道大学理学研究院 A03 班村越グループ）

2020年12月4日から5にかけて、分子研研究会「ナノ空間で光が織りなす分子操作・化学反応制御の新展開」が、分子科学研究所、本新学術領域の共催で開催されました。本会はプラズモニクスやナノフォトリクス分野で活躍する若手研究者の方々を講師としてお招きし、最新の研究成果に関する情報共有・意見交換を通じて共同研究へと発展させる場を提供することを目指して開催されました。当初、分子科学研究所にて対面での開催を想定して準備を進めておりましたが、新型コロナウイルス感染防止の観点を踏まえて開催形態を本新学術領域代表の石原一先生(大阪府立大学/大阪大学)、笹木敬司先生(北海道大学)、岡本裕巳先生(分子研研究会)、事務局の笹部様と議論しました。その話し合いの末、「オンライン開催では交流できない」、ではなく「オンライン開催でも交流ができる新たなスタイルを模索する」という目標を掲げ、オンライン形式へと移行しました。プログラムはチュートリアル講演2件、一般招待講演が10件のからなり、物理から化学に至る幅広い分野の先鋭的研究が紹介されました。本新学術領域のテーマである光圧を用いた物質操作に関する研究に始まり、ナノ界面における物質の光応答やその評価・解析手法に加えその化学反応利用といったトピックに関して紹介され、質疑応答の際には非常に活発に議論が行われていました。この点は本会が当該分野に寄与した部分ではないかなと思っています。また、笹木敬司先生、岡本裕巳先生による「光圧操作の基礎と応用」、「キラリティと光学活性の常識と常識はずれ」というタイトルで行われたチュートリアル講演では、両先生共に若手研究者や聴講学生を意識していただき、それぞれ光圧操作やナノ空間におけるキラル光学活性に関する非常に基礎的な知識から応用に至る部分のお話をして頂き、どちらも大変勉強になるものでした。実際、当研究室の学生達が、当該分野の理解が深まった(真偽のほどは定かではないが)と口を揃えて言っているなど、非常に好評であったことを書き足しておきます。



本会における特筆すべき点としましては、休憩時間や会の前後で利用提供した WEB 会議ツール「Remo」が挙げられます。こちらは本新学術領域のご支援を受けて実現したのになります。残念ながら全ての参加者の皆様にご利用頂けたかと言えば決してそうではないのですが、少なくとも筆者は非常に有効活用させて頂きました。既知の先生方に加えて、今回初めてお会い(?)する先生方とも積極的な交流が図ることができました。私が把握する限りではその場から次のアイデアが出たということもあったようです。企画者として嬉しい限りであると同時に、本新学術領域のサポートに深く感謝致します。

本会はオンラインという会の形式上、ご参加頂いた全ての方々にご満足頂けたかは分かりませんが、講師の先生方の人選と、講演の質が大変高く良いシンポジウムであったという評価を多数頂くことができました。筆者自身は、現状の状況を嘆くばかりではなく、現状で如何に良いものを提供するかという、研究活動にも通じる考え方について改めて向き合う良い機会となったと感じております。最後に、所内対応としてご指導くださいました岡本裕巳先生、世話人の細川千絵先生、蓑輪陽介先生、東海林竜也先生をはじめとした全ての参加者の皆様にご感謝申し上げますとともに、皆様のご健康を祈念いたします。



集合写真 (Zoom 画面キャプチャ)

第5回公開シンポジウム

2021年1月19-20日に領域第5回公開シンポジウムを開催いたしました。今回は新型コロナウイルス感染症による緊急事態宣言中ということでオンラインによる開催となりました。領域メンバー全員による口頭発表とメンバー以外の参加者によるポスター発表を行いました。口頭発表はZoom、ポスター発表はRemoのホワイトボード機能を用いての開催でしたが、参加者がオンライン会議に慣れてきたこともあり、口頭・ポスター発表ともに活発なディスカッションを行うことができました。

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