



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. 5

July 31, 2018

Message to the “Nano-Material Optical Manipulation” project Kishan Dholakia (University of St. Andrews, UK)

In science fiction, one is quite familiar with the idea of moving objects using laser beams, evoking concepts such as a “tractor beam”. In the laboratory science fiction turns into science fact: a powerful technique known as “optical tweezers” shows that micrometre-sized particles (and even biological material and atoms) can be grabbed, moved and generally manipulated without any physical contact using optical forces. This is a powerful demonstration of the optical dipole or gradient force in action. Such “optical tweezers”, based primarily on Newton’s laws and fundamental optics have enabled unprecedented insight about biological molecules such as DNA and molecular motors. In the microscopic world of optical tweezers, researchers are now harnessing these systems to study a host of science: this includes advanced colloidal interactions, dynamics of particles in various potentials (with strong analogues to atomic systems), insights into superconductivity, optically bound matter, studies of the optical angular momentum of light, magnetic flux line pinning, thermodynamics, microfluidics and motor protein transport. The list is ever growing.

The “Nano-Material Optical Manipulation” project fits within this area and aims to advance optical force methodology for mechanical manipulation. This refers to the trapping, transportation, positioning, and alignment of individual nano-objects. Whilst dielectric beads are a good precursor for these studies, the ultimate aim is exerting forces on molecules and quantum dots that exploit their individual properties. In turn this would result in new ways to create structural order via microscopic substances. Examples of this would be the growth of crystal structures or new larger scale heterostructures and even new types of materials. To achieve this technological goal with nanoobjects, this project has a strong component comprising the tailoring of applied optical forces notably using linear and nonlinear optical responses including their quantum mechanical behavior. Unique aspects supplied by optical forces in this consortium will lead to new studies in optical sorting, using different quantum resonance conditions to select specific particles, a kind of bottom up tailoring of crystal morphology and alignment. Finally, there are prospects for controlling and directing



chemical processes by molecular diffusion and condensation. Overall, the aim of the project is very well grounded and right at the cutting-edge of the field. Whilst optical forces and applications have a long history, relatively little attention has been paid to the aforementioned areas which show new and promising directions at the nanoscale. The exciting and complementary blend of experience in the project consortium can particularly exploit new directions using novel materials, chemistry approaches as well as quantum features in a way hitherto not seen to realise major world recognized results in these areas. I strongly encourage this is the coming stages of the grant.

The present project aims to exploit optical forces in a novel, powerful way for the non-contact manipulation (trapping, transportation, positioning, and aligning) of individual nano-objects, such as molecules and quantum dots. This would lead to new routes for ordering and structure formation. Some key facets of the work were shown that demonstrated the major advances of the present study by the consortium. A first example is the use of resonance. Here data was shown using both theory and experiment of using resonance – selectively tuning to an internal energy difference in the system – to initiate studies such as optical sorting. Various examples of sorting and particle selection were shown. An exciting, visionary example was the sorting and selection of nanodiamonds with differing NV centres. These particles have come to major international prominence due to their special properties for next generation sensors and imaging capabilities. Other areas here include the formation of tractor beams and using nonlinear resonances. Other topics here include selective transport of quantum dots where we might aim to create monodisperse samples. Engineering of microstructures with lasers also featured prominently. This included the use of optical vortex fields – light beams with a ‘zero’ (phase singularity) at the beam centre and possessing orbital angular momentum – used for creating ‘spiralling’ structures. Rotational and translational motion of particles using plasmonic enhancement and control of forces was a further area of study. I would also like to commend the consortium on nurturing and forming the basis for new future studies by incorporating a strong component of chemistry and associated technologies to the project. The chemistry adds a strong new degree of freedom for particle manipulation by tailoring samples and particle-particle interactions in a way that cannot be achieved purely using physics. Finally, I found the work at low temperatures very important and timely. This is likely to yield surprising new insights of major importance in the field of optical forces and is a further example of work that has a unique, world leading aspect in this project.

It is evident that a large number of researchers from a variety of fields such as physics, chemistry, and engineering have joined this project leading to good future prospects by integrating methods from different fields. I was very impressed to learn of the several “training dojos” where young researchers can learn methods of different fields, thus strongly promoting collaboration across the consortium and using the ability of young researchers.

I appreciate extended efforts by the project to bring together people for future jointly authored high-level publications. The project may also consider a further detailed prioritization of the most ambitious and far-reaching goals and take appropriate steps to fulfill these aims. I strongly advocate incorporation of the materials/chemistry aspects which I think brings a near unique international angle to the project and could lead to startling new breakthroughs.



第3回若手研究会報告

蓑輪陽介（大阪大学基礎工学研究科）

2018年1月23日（火）16:30～19:00に、大阪大学基礎工学研究科G516において第3回若手研究会を開催しました。今回はこれまでの若手研究会と趣向を変え、ワークショップ形式で行いました。大きな目標として、「異なる計画研究に所属する研究者間で“研究の話ができる仲間”を作る」ことと、「異分野の研究者間に“共通言語”の構築を図る」を掲げ、ワークショップを通じて「共同研究の芽を育む」こと、「あわよくば実際に共同研究計画が立ち上がる場作り」を目指しました。

ワークショップは以下のような流れに沿って進行しました。

1. チーム分け

参加者は受付時に、各計画研究（公募研究）に応じた色のポストイットをうけとり、その色をもとに自主的にチームづくりを行いました（目安として待機用の椅子も事前に色分けされています）。お互いに声を掛け合い、なるべく知り合いとチームにならないよう、かつ計画研究がまんべんなくチームメンバーに入るようなチームづくりを行いました。最終的に、4～5人の多様なメンバーで構成されるチームが5つ出来上がりました（参加者リスト参照）。

2. ウォーミングアップ・ブレインストーミング（5分）

次にチームごとに集まり、「チームメンバー全員に共通する何か」を可能な限り列挙するというお題のもとに、メンバー全員でブレインストーミングに挑みました。このウォーミングアップを通じて、常識にとらわれずに発想することの難しさを実感することができます。さらに、他人の意見を聞く能力の大切さも知ることができます。一人がリーダーシップをとるチームではなく、皆が等しく喋るチームのほうが結果的には沢山の共通点を見つけることができました。3つのチームが、5分間の制限時間の中で15個以上もの共通点を見つけることができました。

3. マトリクス自己紹介（35分）

単なる自己紹介では、型通りの情報交換にとどまり、お互いを深く知ることはできません。そこで「マトリクス自己紹介」(<http://www.nikkeibp.co.jp/article/nba/20090629/163704/>)という方法での自己紹介を試みました。各自が自分に関するキーワードをA4サイズの用紙に可能な限り列挙し、それを見た他のチームメンバーが質問を投げかけることでキャッチボールのようにテンポよく自己紹介が進むという方法です。初めに、研究とは関連しないキーワードを用いて練習をした後、自身の研究キーワードを使った「マトリクス自己紹介」を行いました。この「マトリクス自己紹介」を通じて、お互いの「研究上の常識の違い」「用語の違い」を認識することを目指しました。

4. キーワード整理（10分）

「マトリクス自己紹介」を通じて認識した異分野間相互理解の難しさを意識した上で、自分の研究キーワード1つずつを各々ポストイット1枚に記していきました。このキーワードの山が後の共同研究計画発案の種となります。各自がキーワードを書き出した後、各チームのホワイトボードを用いて、キーワードの整理を行いました。同じものを重ね、類似の概念をまとめました。異なる色



のポストイットを使用したことで、ひと目で多様な研究キーワードが存在することがわかるようになっていました。



図：マトリクス自己紹介の様子



図：キーワード整理の様子。

5. 思索の時間 (15分)

ブレインストーミングを始める前に、誰とも話さず自分だけで共同研究計画案を練る時間を設けました。各自が一度、共同研究について深く考えることで、後のブレインストーミングにおける認識のズレや噛み合わない議論を予め防ぐことができると考えました。

6. ブレインストーミング (45分)

各々が考えた共同研究計画について共有し、チームで1つの共同研究計画立案にとりくみました。なかなか思うようにまとまらない部分もあったため、途中で各チームの進捗状況を発表し、困難な点について全参加者で共有しました。その後、自由な発想で研究キーワードをまとめ、最終的に各チーム1つの共同研究計画案を練り上げました。参加者からは途中、もっと時間がほしいという声が聞かれるほど盛り上がり、時間一杯まで延長した上で発表会に臨みました。

7. 発表会 (5分)

チームごとに1人が代表となり、全参加者に向けて共同研究計画案のショートプレゼンテーションを行いました。プレゼンテーションの巧拙も相互投票における重要な判断材料となりました。如何に簡潔に、かつ魅力的に発表ができるか、各チームなりに選んだアピールポイントを交えて発表が行われました。

8. 相互投票および表彰 (15分)

最終的に参加者1人が2票を持ち、自由に相互投票しました。その結果、最優秀賞は「液液界面におけるナノバブルの超解像イメージング」(松田 from 石原 G、瀬戸浦 from 伊都 G、二戸 from 川野 G、松本 from 坪井 G) に与えられることとなりました。その他「DNA オリガミで作る高感度分子選択的ナノ流路センサーの創出」「プラズモニクニューロモルフィックチップの設計開発」「人工的に脳を作る」「ブラックシリコン上に接着した細胞内のナノ粒子の秩序化」といった独創的な共同研究計画が提示されました。最後に、石原領域代表より表彰が行われ、最優秀チームに惜しみない拍手が贈られました。

これまでにない形式での若手研究会であり、どのように進行するか未知数の部分もありましたが、終始各チームが盛り上がり、最終的に無事5つの共同研究計画案を打ち立てることができました。この計画立案を通して、異なる計画研究メンバーの間に沢山のネットワークを作ることができまし



た。具体的な5つの共同研究計画にとらわれず、このネットワークを通じた共同研究の実現が可能となると考えています。

参加者からは、次のような感想が寄せられました。

「非常に盛り上がった、もうちょっとブレインストーミングの時間が欲しかった」

「ブレインストーミングには参加したことがなかったが、全く新しい視点から自分の研究を見つめ直すことができた」

大阪大学いちょう祭 光ピンセットデモ報告

～ マイクロ粒子を光の力で掴んで動かす ～

横山 知大 (大阪大学大学院基礎工学研究科)

大阪大学豊中キャンパスにて、4月30日にいちょう祭、および基礎工学部オープンラボが行われました。いちょう祭は50年以上続くイベントで、本学の新入生歓迎と地域の方々への一般公開を旨としています。その平成30年度いちょう祭にて行いました、新学術領域で試作した光ピンセットデモンストレーション用顕微鏡（以下、デモ機）による一般公開の様子を報告します。

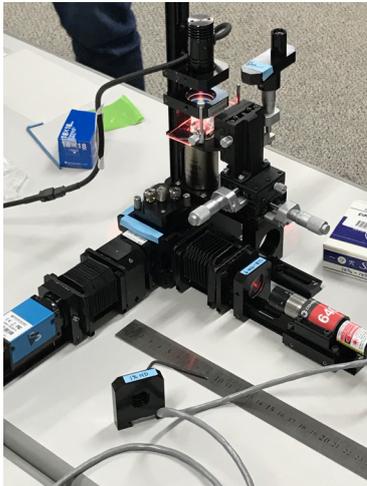
デモ機の詳細は割愛しますが、基本的な構成は①波長640nmの赤色レーザーと②集光兼観察用の対物レンズ、③マイクロ粒子を含んだ純水サンプルを乗せたサンプル台、④CCDカメラです。いちょう祭には地域の方や高校生以下の方が多数来場されるので、来場者がデモ機の細かな設定やサンプル作成をすることなく光ピンセットを体験できるようにしました。まずはCCDカメラを通して水中を漂うマイクロ粒子のブラウン運動を観察してもらってから、レーザーの減光フィルタを取り外すと光捕捉力によってブラウン運動が見えなくなる様子を楽しんでもらいました。また、顕微鏡のサンプル台を上下左右につまみで自由に動かしてもらい、台と一緒に動く粒子、光捕捉で動かない粒子、新たに捕捉される粒子の様子をリアルタイムで楽しんでもらいました。

来場して頂いたほとんどの方は、マイクロ粒子の様子をCCDカメラで見ることで新鮮だったようで、一見すると透明な純水に見えるサンプル中にふよふよと漂うマイクロ粒子があることが面白い様でした。さらにレーザー光によって光捕捉される様子、その（大雑把な）メカニズムを解説すると、光が力を持っていることを不思議がりながら実感していた様です。小学生以下の子供達はデモ機をつまみをグリグリと回すことで粒子が動いたり動かなかったり、時には吹っ飛んでいく様子が楽しかった様です。特に、光捕捉力が強すぎてわらわらとマイクロ粒子が塊になっているのを見てみんな喜んでいました。

デモ機での実演・体験は1日中盛況で、4歳のお子さんから中高学生・ご年配の方まで約80の方に体験して頂きました。全体を通して楽しんで説明できたと思います。やはり、単に光ピンセットについてプレゼンする、動画をお見せするよりも、実際に装置に触れてもらいながら光ピンセットを「体験」して頂くことが高い満足度につながる様です。ただ、レーザーを扱うので、安全対策に気をつけなければなりません。特に小さいおさんはレーザー用のゴーグルを外したがるので、注意が必要でした。また、デモ機の実演と同時に使う解説用資料を充実させるとより良いと思います。それでも、実験グループではない石原研がデモを大盛況に行えたことから、本デモ機が扱い易く、今後のアウトリーチ活動



の要になっていくと期待しています。さらに、マイクロ粒子だけではなく微生物を光捕捉できると子供達の科学への好奇心に繋がるのではないかと思います。



光ピンセットデモンストレーション
用顕微鏡



いちよう祭・オープンラボの様子

開催報告

第2回公開シンポジウム 2018年1月22-23日

1月22-23日に大阪大学基礎工学研究科において本領域第2回公開シンポジウムを開催しました。

領域メンバーによる口頭発表、ポスター発表に加え、特別講演として本領域のアドバイザーである増原 宏 先生（台湾・国立交通大学）に「光化学、光科学、そして光圧の科学」というタイトルでご講演いただきました。参加者は120名で、休憩時間には本領域で試作した光ピンセットデモンストレーション用顕微鏡のデモも行いました。



増原塾・Summer Course・Workshop（2018年6月24-27日 台湾国立交通大学）

昨年に引き続き、領域の学生21人が参加し、6月24日に台湾国立交通大学において増原塾を開催いたしました。また、Summer Course・Workshopも共催し、台湾の学生とともにディスカッションを行いました。学生の参加レポートはニュースレター特別号として発刊いたします。

告知板

2019年1月23日（水）-24日（木）に名古屋大学において本領域第3回公開シンポジウムを開催いたします。

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