

研究拠点形成事業
平成 28 年度 実施報告書
(平成 28 年度採択課題用)

A. 先端拠点形成型

1. 拠点機関

日本側拠点機関：	国立大学法人 大阪大学
(中国) 拠点機関：	北京大学
(台湾) 拠点機関：	中央研究院
(シンガポール) 拠点機関：	南洋理工大学
(フィリピン) 拠点機関：	フィリピン大学
(韓国) 拠点機関：	ソウル大学校
(インド) 拠点機関：	タタ基礎研究所
(オーストラリア) 拠点機関：	オーストラリア国立大学
(イギリス) 拠点機関：	オックスフォード大学
(米国) 拠点機関：	ライス大学
(香港) 拠点機関：	香港理工大学

2. 研究交流課題名

(和文)： ナノ空間で光と物質が紡ぎ出すフォトニクス of 学理探求とグローバルネットワークの構築 (交流分野：応用物理、フォトニクス)

(英文)： Advanced Nanophotonics in the Emerging Fields of Nano-imaging, Spectroscopy, Nonlinear Optics, Plasmonics/ Metamaterials and Devices

(交流分野： Applied physics, Photonics)

研究交流課題に係るホームページ：<http://c2cgnp.parc.osaka-u.ac.jp>

3. 採用期間

平成 28 年 4 月 1 日 ～ 平成 33 年 3 月 31 日

(1 年度目)

4. 実施体制

日本側実施組織

拠点機関： 国立大学法人 大阪大学

実施組織代表者 (所属部局・職・氏名)：大阪大学・学長・西尾 章治郎

コーディネーター (所属部局・職・氏名)：大阪大学・大学院工学研究科・教授・

バルマ プラブハット

協力機関：静岡大学、電気通信大学、岡山大学、理化学研究所

事務組織：大阪大学国際部 国際企画課 国際交流係

大阪大学工学研究科 総務課評価・広報係、研究協力室産学連携係

相手国側実施組織（拠点機関名・協力機関名は、和英併記願います。）

(1) 国名：中国

拠点機関：(英文) Peking University

(和文) 北京大学

コーディネーター（所属部局・職・氏名）：

(英文) Dept. of Physics, Professor, Qihuang GONG

協力機関：(英文) Chinese Academy of Science, Tianjin University

(和文) 中国科学院、天津大学

経費負担区分 (A型)：パターン1

(2) 国名：台湾

拠点機関：(英文) Academia Sinica

(和文) 中央研究院

コーディネーター（所属部局・職・氏名）：

(英文) Research Center for Applied Sciences, Professor, Din Ping TSAI

協力機関：(英文) National Taiwan University, National Taiwan Normal University

(和文) 国立台湾大学、国立台湾師範大学

経費負担区分 (A型)：パターン2

(3) 国名：シンガポール

拠点機関：(英文) Nanyang Technological University

(和文) 南洋理工大学

コーディネーター（所属部局・職・氏名）：

(英文) Center for Disruptive Photonic Technologies, Professor, Nikolay ZHELUDEV

協力機関：(英文) Agency for Science, Technology and Research (ASTAR)

(和文) シンガポール科学技術研究庁

経費負担区分 (A型)：パターン1

(4) 国名：フィリピン

拠点機関：(英文) University of the Philippines

(和文) フィリピン大学

コーディネーター（所属部局・職・氏名）：

(英文) Dept. of Science and Technology, Professor, Wilson GARCIA

協力機関：(英文) University of San Carlos

(和文) サン・カルロス大学

経費負担区分 (A型) : パターン1

(5) 国名 : 韓国

拠点機関 : (英文) Seoul National University

(和文) ソウル大学校

コーディネーター (所属部局・職・氏名) :

(英文) Electrical Engineering, Professor, Byoung-ho LEE

協力機関 : (英文) Korea University, Pohang University of Science and Technology (POSTECH)

(和文) 高麗大学校、浦項工科大学校

経費負担区分 (A型) : パターン1

(6) 国名 : インド

拠点機関 : (英文) Tata Institute of Fundamental Research

(和文) タタ基礎研究所

コーディネーター (所属部局・職・氏名) :

(英文) Condensed Matter Physics and Material Science, Associate Professor,
Achanta Venu GOPAL

協力機関 : (英文) Indian Institutes of Science Education and Research (IISERs)

(和文) インド科学教育研究大学

経費負担区分 (A型) : パターン1

(7) 国名 : オーストラリア

拠点機関 : (英文) Australian National University

(和文) オーストラリア国立大学

コーディネーター (所属部局・職・氏名) :

(英文) ANU College of Medicine, Biology and Environment, Research fellow,
Vincent DARIA

協力機関 : (英文) RMIT University Melbourne, Swinburne University of Technology

(和文) ロイヤルメルボルン工科大学、スインバン大学

経費負担区分 (A型) : パターン1

(8) 国名 : 英国

拠点機関 : (英文) University of Oxford

(和文) オックスフォード大学

コーディネーター (所属部局・職・氏名) :

(英文) Engineering Science, Professor, Martin BOOTH

協力機関 : (英文) University of Southampton

(和文) サウサンプトン大学

経費負担区分 (A 型) : パターン 1

(9) 国名 : 米国

拠点機関 : (英文) Rice University

(和文) ライス大学

コーディネーター (所属部局・職・氏名) :

(英文) Physics and Astronomy, Professor, Junichiro KONO,

協力機関 : (英文) Brown University

(和文) ブラウン大学

経費負担区分 (A 型) : パターン 1

(10) 国名 : 香港

拠点機関 : (英文) The Hong Kong Polytechnic University

(和文) 香港理工大学

コーディネーター (所属部局・職・氏名) :

(英文) Dept. of Applied Physics, Assistant Professor, Dangyuan LEI

経費負担区分 (A 型) : パターン 1

5. 研究交流目標

5-1. 全期間を通じた研究交流目標

光と物質の相互作用の研究は、ナノスケールで制御された構造を新たな舞台とすることで、新しい展開を見せている。例えば、金属ナノ構造体では、フォトンとプラズモンとの共鳴的な結合によりナノスケールに局在した非常に強い電磁場の励起が可能となり、ナノ空間への光の閉じ込めの実現、微小構造の周期的配列による負の屈折率の誘起など、自然界では存在し得ない特異な光学的性質を持ったメタマテリアルが創製されようとしている。一方、超短パルスレーザーによる高強度光電場を形成することによってナノ空間で非線形な光学現象を誘起することが可能となり、超解像イメージングやナノレベルの分光学的解析法、3次元光ナノ加工を確立することが試みられている。今まさに、これらナノスケールのフォトニクスを利用した新しいイメージング法、分光法、非線形光学、プラズモニクス・メタマテリアル及びデバイスの研究分野が胎動しようとしている。それらは、非侵襲な治療、高感度な照明や省エネルギーなどの実現に波及し、21世紀の快適な生活をもたらすと考えられる。

それぞれの分野の発展と融合研究の深まりにより、さらなる研究の高まりが予測され、本交流計画ではこれらの研究を総合した先進ナノフォトニクスの新研究領域：ナノ空間で光と物質が紡ぎ出すフォトニクスの学理探求とグローバルネットワークの構築を推進する。

この目的を実現するために、これらの研究分野で世界をリードする研究者の研究交流の基盤となるネットワークを構築し、共同研究の推進とともに、次代を担う若手研究者の交流を支援し人材の育成を図る。

5-2. 平成28年度研究交流目標

初年度の平成28年度は、これまでの参画研究者間の研究交流実績を踏まえ、ナノ空間で光と物質が紡ぎ出すフォトニクス of 学理探求をテーマに、日本および参加国の研究者間のグローバルに広がる新たなネットワーク形成に着手する。共同研究事業やネットワークの立ち上がりの時間を考慮して、初年度はやや予算計画を縮小している。共同研究は、イメージング法、分光法、非線形光学、プラズモニクス・メタマテリアル及びデバイスの5分野の融合研究を15テーマ立ち上げる。

初年度はセミナーを日本で実施し、国内外の参画研究者、学生が一堂に会し、顔合わせと研究交流により本事業立ち上げに資する場とする。セミナーに先立って、大学院生、若手研究者が自主的に企画運営する本拠点の学生カンファレンスを開催する。事業を立ち上げるための研究者交流を実施する。

<研究協力体制の構築>

多くのアジア・環太平洋諸国の参画により、地域的にコンパクトにネットワークを構築することにより、集中的に共同研究、融合研究の推進を図ると共に、欧米の2カ国の参画により、グローバルなネットワークの形成を実現する。

国際研究協力ネットワークの参加者は、先端研究拠点を形成し、5テーマ：イメージング、分光、非線形光学、プラズモニクス・メタマテリアル、デバイスの研究及び融合研究を推進し、新展開するナノフォトニクスの研究を世界でリードする。

具体的には下図に示す通り、分野ごとに強みのある10カ国の研究者が共同研究を実施し、相互に研究交流、人材交流を行う。初年度は本拠点のスタートアップのために国際セミナーを日本で開催する。また、フォトニクス若手人材ネットワークを築くために学生が主体となったフォトニクス学生カンファレンスを開催する。これにより分野間においても積極的に交流を促進し、分野間の融合テーマの探索をおこなう。

これらの活動を通じて、若手同士が分野を超えてお互いの研究内容をより深く知ることを促し、新しい融合分野の芽を見出す。



<学術的観点>

21世紀は光に関する科学技術「フォトニクス」の時代であるといわれる。2014年のノーベル物理学賞(青色LED)と化学賞(超解像光学顕微鏡)はいずれもフォトニクス関連分野が受賞した。米国は National Photonics Initiative、EUは Photonics21を立ち上げ官民一体となってフォトニクス産業の強化に乗り出している。また、昨年2015年は国際光年

(International Year of Light) であり、世界的にフォトニクスに関する関心が高まっている。近年、フォトニクスの中でも特に物理、化学、生物・医学、材料、電気の分野横断的なナノフォトニクスの研究分野が進展を見せている。光とナノスケールで制御された物質の相互作用により、新しい現象が続々と発見され、とりわけ、イメージング法、分光法、非線形光学、プラズモニクス・メタマテリアル及びデバイスの研究分野の新しい展開が起こりつつある。本研究交流課題の先端性・学術的重要性は、これらの5分野にわたるナノフォトニクスの科学を体系化し、深化発展させ、5研究分野とそれらの融合研究分野の推進を図り、光でナノスケールの世界に分け入り、光の新たな時代を拓くことである。

5テーマの融合研究が、新しいイノベーションを生み出す例を以下に述べよう。ナノ粒子におけるプラズモン共鳴による非線形光学効果の増大が発見された。これを利用すると顕微鏡の高解像度が実現できる。この鍵となる現象は、ナノ粒子に励起されるプラズモンによる光散乱場を解析することにより深く理解され、実験的に取得した基礎データは、高解像度顕微鏡の実現を可能とする。これは、新しく見出されたプラズモニクスとイメージングの2研究を融合したもので、先進ナノフォトニクスの新しい領域を切り開くものと言える。この例は、現在実施中のアジア研究教育拠点事業・アジア先進ナノフォトニクス研究教育拠点の成果の一つである。本申請課題では、このようなケースが続々と生まれる予測を踏まえている。

大阪大学はフォトニクス分野の研究者が国内で最も多いことで知られ、基礎から材料、デバイス、バイオ分野にいたるまで幅広い光の分野で世界トップレベルの研究成果を上げてきた。2013年には、総長の主導により大阪大学未来戦略機構第8部門(光量子科学研究部門)を設置し、100を超える研究室が連携することにより、大学をあげてフォトニクス研究の体制を強化している。上に述べたように、現在、光とナノスケールで制御された物質の相互作用の科学と技術であるナノフォトニクスが世界の注目を集め多数の研究者が研究を進め、例えば、Nature Photonics, ACS Photonics, APL Photonics のように新学術論文誌が次々に誕生し、我が国でも JSAP-OSA Joint Symposia などが新しく活況を呈している。しかし、これまで研究者間の系統的な連携は、アジア研究教育拠点事業・アジア先進ナノフォトニクス研究教育拠点のアジア4か国にとどまっておらず、進展著しい環太平洋・欧米地域まで広げたものは皆無であった。

このような中で大阪大学がリーダーシップをとり、アジア・環太平洋・欧米地域のナノフォトニクスのリーダー間で研究者間交流を推進することは、ナノフォトニクス分野のさらなる発展にとって重要である。本研究交流課題を実施する意義は、特にデバイス、イメージング、プラズモニクス・メタマテリアル、分光学、非線形光学の5分野の研究の世界的リーダーが一つの拠点を形成し、5分野にわたるナノフォトニクスの科学を体系化し、深化発展させ、さらにそれぞれの研究と融合研究を推進することにある。

共同研究は、イメージング法、分光法、非線形光学、プラズモニクス・メタマテリアル及びデバイスの5分野の融合研究を15テーマ立ち上げる。5研究分野は、イメージング / Imaging、分光学 / Spectroscopy、非線形光学 / Nonlinear Optics、プラズモニクス・メタマテリアル / Plasmonics, Metamaterial、デバイス / Device で、15のテーマは、融合研究のため相互に関連するが、主な内容で研究分野毎に挙げれば以下の通りである。

イメージング / Imaging :

R-1 分子イメージングを目的とした超解像顕微鏡の開発/Development of super resolution microscope for molecular imaging

R-2 2次元遷移金属ジカルコゲン化物材料の先端増強ラマン研究/Tip-enhanced Raman studies of 2D-transition metal dichalcogenide (2D-TMD) materials

R-3 蛍光性金属ナノクラスターを用いた生体試料の3次元深部イメージング/Three dimensional deeper imaging of living specimen using fluorescent metal nanoclusters
分光学 / Spectroscopy :

R-4 先端増強ラマン顕微鏡を用いた2次元材料のナノラマン分析/Tip-enhanced Raman studies of nano 2D-materials

R-5 ナノスケールでの近接場増強ラマン分光/Near-field enhanced Raman spectroscopy at nanoscale

非線形光学 / Nonlinear Optics :

R-6 ナノカーボン材料を応用した新しいレーザーナノ加工技術の開発/Nano-carbon photonics for novel laser nano-processing

プラズモニクス メタマテリアル /Plasmonics, Metamaterial :

R-7 紫外近接場プラズモニクス/Ultraviolet near-field plasmonics

R-8 電子線励起による局在プラズモンモード可視化のため超解像顕微鏡の開発/Super-resolution imaging with electron beam excitation for observation of localized plasmon resonance

R-9 金属メタマテリアル構造の光学特性の数値解析/Numerical analysis of optical properties on metallic structures for metamaterials

R-10 可逆的アクティブ・メタ表面デバイス/Reversible Active Metasurface Device

R-11 光メタマテリアルと超高感度分子検出・同定デバイスへの応用/Optical metamaterials and their application for molecular detection and identification

R-12 三次元メタマテリアルの自己組織化形成法の開発/Self-organized fabrication of three-dimensional metamaterials

デバイス / Device :

R-13 ナノスケールにおける材料評価のための走査型近接場光学顕微鏡 (SNOM) /Scanning near-field microscopy (SNOM) for material characterization at nanoscale.

R-14 ナノ光エレクトロニクス材料・デバイス/Nano-photoelectronic materials and devices

R-15 生体分子相互作用のラベルフリーの研究 / Label-free study of biomolecular interaction

初年度はセミナーを日本で実施し、国内外の参画研究者、学生が一堂に会し、顔合わせと研究交流により本事業立ち上げに資する場とする。セミナーに先立って、大学院生、若手研究者が自主的に企画運営する本拠点の学生カンファレンスを開催する。

本事業で、デバイス、イメージング、プラズモニクス メタマテリアル、分光学、非線形光学の研究の発展と融合研究を深化させ、先進ナノフォトリクスの新研究領域を発展させる。具体的には、<研究交流計画の概要>に挙げた共同研究テーマで具体的研究成果を挙げる。本事業推進期

間中に、これらの成果をまとめた冊子、” Advanced Nanophotonics in the Emerging Fields of Imaging, Spectroscopy, Nonlinear Optics, Plasmonics/ Metamaterials and Devices” の刊行を目指す。

この目的を実現するために、これらの研究分野で世界をリードする研究者・次代を担う若手研究者の交流ネットワークを築き、人材を育成する。

<若手研究者育成>

1) 全学的な位置づけ

大阪大学は、日本学術振興会の研究拠点形成事業 JSPS Core-to-Core Program を、以下の課題の推進に貢献するものとして位置づけている。

1. キャンパスのグローバル化の推進
2. 「教育の阪大」の特色を活かした人材育成
3. 「研究の阪大」のマルチ展開の促進

とりわけ、次代の科学技術を身につけたグローバルに活躍できる学生・若手研究者の教育の重要な事業として、全学を挙げて推進する体制で臨む。

現在、大阪大学では、大学間学術交流協定を締結している場合には、協定校の中には、学部学生と大学院学生が大阪大学に在籍したまま海外留学し、留学先の協定校では授業料を納めずに、1年以内の科目履修や研究指導を受けることが可能になるところがある。また、FrontierLab@OsakaU制度での研究室への留学生受け入れ制度がある。学生の交流を拡大するには、これらの適用の拡大を検討する。

2) 学生・若手研究者の交流

コーディネーター バルマ プラブハットは、日本学術振興会・アジア研究教育拠点事業・アジア先進ナノフォトニクス研究教育拠点事業の事業推進委員会副委員長として、事業の推進に尽力してきた。すなわち、アジア先進ナノフォトニクス研究教育拠点事業を、大阪大学の更なる国際化と研究力・教育力の向上を促進する事業の一環として2011年から2015年の5年間にわたって実施し、主に学生・若手研究者の派遣・受け入れあわせて4000人日以上にのぼる交流実績を踏まえて、これをアジアから世界に広げて実施するための教育体制を相手国機関と連携して整える事を検討する。また、米国ライス大学コーディネーター河野教授はライス大学とNSF (National Science Foundation) が支援するナノジャパンプログラムのリーダーであり、これまで大阪大学との間で多くの学生が数ヶ月単位で受け入れ・派遣の実績がある。

これらの実績を踏まえ、本事業でも学生、若手研究者の交流を行う。具体的には、学生・若手研究者が自主的に、研究交流と学生・若手ネットワークを形成する「学生・若手研究者カンファレンス」を開催する。また、若手研究者が、共同研究者の責任者や会議の主催者となることを含め、主体的に共同研究、国際セミナーを推進する。大阪大学フォトニクスセンターではOSA/SPIE 学生チャプターが日本で最初に組織され、学生が自ら主催するカンファレンスや一般小学生を対象とした光科学教室などのアウトリーチの開催の実績があるので、これらのノウハウの蓄積を生かす。

3) 組織的な教育体制

大阪大学フォトニクスセンターで作成している e ラーニングによるフォトニクス講座を、プラ

ズモニクス入門、ラマン散乱顕微鏡入門、近接場光学顕微鏡、液晶フォトニクス、分子プローブを用いたバイオイメージングなど現在17講座開講している。これらをベースに、各国の世界的研究リーダーを講師とした講座を加え、先端拠点でも活用し、参加諸国のプログラムとの相補・補完的ネットワークを形成し、先進ナノフォトニクスの体系化された育成プログラムの構築を検討する。

現在実施中のアジア研究教育拠点事業では、中国科学院 理化技術研究所と大阪大学において日中でそれぞれ異なる学位（たとえば物理学と化学）を取得するダブルディグリーを取得した学生が生まれた実績がある。本事業の先端拠点形成に応じて、「共同学位制度」などの具体的検討を進める。

<その他（社会貢献や独自の目的等）>

ホームページ、eラーニング、記者発表など様々な方法により、本事業の社会的意義の理解を広める。最新のナノフォトニクス研究の進展の諸学問分野への展開可能性を本学、協力機関内外に提起し、産業への波及の意義を、広くベンチャー、中小大企業に広める。ホームページは、本事業テーマのグローバルネットワーク形成の重要な交流ツールとして活用する。

6. 平成28年度研究交流成果

6-1 研究協力体制の構築状況

初年度にあたりキックオフのための国際会議 Global Nanophotonics2016 (GN2016) (実施計画書から名称変更) を大阪国際会議場グランキューブ大阪 (大阪中ノ島) にて開催した。コーディネーター バルマ プラブハットはGN2016会議期間中に相手国の代表であるコーディネーター (またはその代理) を集めて運営委員会を開催した。各国のメンバー自己紹介を行うとともに、今後の国際交流の方針を議論した。委員会において、来年度から各国持ち回りで国際会議を開催して研究の最新の成果と進捗状況の情報交換を行うこととなった。来年度はフィリピンで国際会議を行うことを暫定的に決めた。また、15のプロジェクトごとに2か国の代表者が打ち合わせを行い、今後の研究の進め方を具体的に決めた。これにより今後の研究拠点形成事業の基盤となる研究協力体制を構築することができた。

さらに、3月18日～22日までコーディネーター バルマ プラブハットがドイツ IOF フラウンホーファー研究所 (Fraunhofer Institute for Applied Optics and Precision Engineering IOF) <http://www.iof.fraunhofer.de/en.html> を訪問し、研究所所長 Andreas Tunnermann 教授を始めとした研究者と情報収集、施設見学、意見交換を行った。IOF のミッションが産業の支援であることがわかり、今後、欧州拠点を追加することも想定したうえでの知見を得ることができた。

これにより、多くのアジア・環太平洋諸国の参画により、地域的にコンパクトにネットワークを構築すると共に、欧米の2か国の参画により、グローバルなネットワークの基盤を構築することができたといえる。

6-2 学術面の成果

共同研究として計画した、イメージング法、分光法、非線形光学、プラズモニクス・メタマテリアル及びデバイスという5分野において15テーマを立ち上げて、融合研究をスタートさせた。各分野で融合研究が開始されたことにより、各分野の発展とさらなる研究の高まりがみられた。これにより、「ナノ空間で光と物質が紡ぎ出すフォトニクスの学理探求」が成果をあげはじめたといえる。各研究課題の学術的成果の詳細を7章の表に示す。

また、台湾アカデミア・シニカにて、台湾のコーディネーターである Din Ping TSAI 教授が2016 Nanophotonics Core to Core Workshopを開催(2016年12月26日)し、日本から大阪大学、理研、岡山大学から参加して日台交流を深めた。

6-3 若手研究者育成

初年度にあたりキックオフのための国際会議 Global Nanophotonics2016 (GNP2016) を大阪国際会議場グランキューブ大阪(大阪中ノ島)にて開催した。GNP2016には10か国から24名の学生の参加があり、日本からも大阪大学を中心に28名の学生が参加することで、若手研究者と学生の育成を行うことができた。また、本会議に先立って学生自らが主催して Global Student Conference2016 を大阪大学フォトニクスセンター(大阪吹田)にて開催した。国内外から55名の参加者があり、各国の学生同士で研究成果のポスター発表や自由討論を行うなど成功であった。学生が企画から参加者集め、運営を行うことで、責任感と主体性を養成するとともに、同年代の若者同士の議論で刺激を受け研究のモチベーションが向上している。さらに、国際的な学生の交流ネットワークを構築することができた。

6-4 その他(社会貢献や独自の目的等)

本プログラムを紹介するためのホームページ(<http://c2cgnp.parc.osaka-u.ac.jp/>)を立ち上げた。HPを通じて、国際交流や研究成果を外部に発信している。

さらに、日本におけるフォトニクスの拠点である大阪大学のナノフォトニクスの社会的貢献を国際的に発信するための活動として Osaka Photonics Initiative のホームページ

(<http://133.1.47.5/parc-web/initiative/index.html>) を立ち上げた。ここでは、英語の動画などもふんだんに盛り込んで、大阪大学におけるフォトニクス研究の成果を国際的に発信している。本HPを作製したのは米国からの外国人招へい研究員として大阪大学フォトニクスセンターにて受け入れた Aaron C. Cook (期間:2016年5月7日~2016年7月10日)氏である。Cook氏はアメリカ・ステyson大学コンピューターサイエンス学部及びデジタルアーツ学部の学部生で、大学の社会貢献、工学特に enabling technology であるフォトニクスの産業化、生活スタイルひいては社会に与える影響に興味を持ち、日本のフォトニクスの現状を英語で発信するのに最適な人物であった。

6-5 今後の課題・問題点

本予算で事務職員を雇用できないことは今後の課題といえる。

6-6 本研究交流事業により発表された論文等

- (1) 平成28年度に学術雑誌等に発表した論文・著書 2 本
 - うち、相手国参加研究者との共著 0 本
- (2) 平成28年度の国際会議における発表 17 件
 - うち、相手国参加研究者との共同発表 0 件
- (3) 平成28年度の国内学会・シンポジウム等における発表 5 件
 - うち、相手国参加研究者との共同発表 0 件

7. 平成28年度研究交流実績状況

7-1 共同研究

整理番号	R-1	研究開始年度	平成28年度	研究終了年度	平成32年度
研究課題名	(和文) 分子イメージングを目的とした超解像顕微鏡の開発 (英文) Development of super resolution microscope for molecular imaging				
日本側代表者 氏名・所属・職	(和文) 藤田克昌・大阪大学 大学院工学研究科・准教授 (英文) Katsumasa FUJITA, Graduate School of Engineering, Osaka University, Associate Professor				
相手国側代表者 氏名・所属・職	(英文) Shi-Wei CHU, National Taiwan University, Professor Chi-Kuang SUN, National Taiwan University, Professor				
28年度の研究 交流活動	分子イメージングを目的とした超解像顕微鏡の開発を目的とし、28年度は主に、蛍光およびナノ粒子プローブにおける非線形光学応答の誘起について理論的検討および基礎実験を進めた。相手国側の代表者（上記2名）がそれぞれ日本を訪問し、日本側代表者を研究内容の進捗状況、予定を確認しあうとともに、日本側からは1名の学生が台湾大学に滞在し、ナノ粒子プローブの光学特性測定のための実験を進めた。また台湾側からは、1名の学生が大阪大学に滞在し、蛍光プローブの非線形蛍光応答のモデル構築、シミュレーションを行った。台湾側から1名のポスドクが大阪大学に滞在し新規な超解像顕微鏡のプロトタイプの設定アップを行った。				
28年度の研究 交流活動から得 られた成果	28年度の交流において、主に、新規な超解像顕微鏡の実現に必要な、プローブ物質の光学特性とそれを応用するための物理条件について定量的なシミュレーション、および基礎データの取得ができた。それらは生体試料深部での高解像度観察に開発する顕微鏡技術が有用であることを示しており、次年度以降の顕微鏡システム開発のための技術開発、またその応用研究の両方についての方向性を明確にすることができた。				

整理番号	R-2	研究開始年度	平成 28 年度	研究終了年度	平成 32 年度
研究課題名	<p>(和文) 2次元遷移金属ジカルコゲン化物材料の先端増強ラマン研究</p> <p>(英文) Tip-enhanced Raman studies of 2D-transition metal dichalcogenide (2D-TMD) materials</p>				
日本側代表者 氏名・所属・職	<p>(和文) バルマ プラブハット・大阪大学 大学院工学研究科・教授</p> <p>(英文) Prabhat VERMA, Graduate School of Engineering, Osaka University, Professor</p>				
相手国側代表者 氏名・所属・職	<p>(英文) Zheyu FANG, Peking University, Associate professor</p>				
28年度の研 究交流活動	<p>本プロジェクトの初年度は、遷移金属カルコゲナイド二次元結晶の一種である MoS_2 に関する研究に注力した。中国の共同研究グループが化学気層成長法(CVD法)を用いて多層 MoS_2 試料を作製し、日本側研究グループがラマン分光測定を行った。特に、積層数や積層方向に鋭敏に反応する低周波ラマン散乱の分析に尽力した。低周波ラマン分光法による分析の後に、先端増強ラマン分光法(TERS)の取り組みも開始した。TERS分析は次年度に達成される予定である。</p> <p>日本側代表者のバルマ プラブハットが、相手国側代表者の Zheyu FANG、Peking University へ平成 28 年 7 月 21 日～7 月 27 日に訪問し、研究計画や進捗に関して議論を深めた。</p>				
28年度の研 究交流活動から得 られた成果	<p>中国側の研究グループは、試料作製条件の最適化を行い、様々な総数や積層構造を有する MoS_2 の作製に成功した。我々は、それらの試料のラマン分光分析に尽力した。まず、高周波領域のラマン分析を行い、基礎的な試料の特性・層数の分析を行った。さらに、低周波領域ラマン分析装置を開発し、MoS_2 の層間相互作用や積層構造の解明に応用した。将来的には、TERS を用いた高空間分解能分析による、さらに詳細な結果が期待できる。</p>				

整理番号	R-3	研究開始年度	平成 28 年度	研究終了年度	平成 32 年度
研究課題名	<p>(和文) 蛍光性金属ナノクラスターを用いた生体試料の 3 次元深部イメージング</p> <p>(英文) Three dimensional deeper imaging of living specimen using fluorescent metal nanoclusters</p>				
日本側代表者 氏名・所属・職	<p>(和文) 井上康志・大阪大学大学院生命機能研究科・教授</p> <p>(英文) Yasushi INOUE, Graduate School of Frontier Biosciences, Osaka University・Professor</p>				
相手国側代表者 氏名・所属・職	<p>(英文) Martin BOOTH, Department of Engineering Science, University of Oxford, Professor</p> <p>Byoung-ho LEE, School of Electrical Engineering, Seoul National University, Professor</p>				
28 年度の研 究交流活動	<p>平成 28 年 11 月 30 日～12 月 1 日に大阪国際会議場グランキューブ大阪において開催された、本採択課題である日本学術振興会 (JSPS) Core to Core 拠点事業プログラム「ナノ空間で光と物質が紡ぎ出すフォトニクスの学理探求とグローバルネットワークの構築」主催の初年度のキックオフシンポジウム Global Nanophotonics2016 (GNP2016) に井上、石飛、筒川、行森が出席し、最新成果発表を行うとともに、韓国側研究者と情報交換および今後の展開などの議論を行った。オーストラリアの研究者とも情報交換を行い、お互いの研究対象が神経細胞と同じであることから、来年度以降、本研究課題の相手国側代表者として加わってもらうことにした。</p>				
28 年度の研 究交流活動から得 られた成果	<p>PAMAM デンドリマーを鋳型として用いた黄色発光白金ナノクラスターの合成過程を、可視紫外および赤外分光法を用いて評価した。まず PAMAM デンドリマーと白金イオンの錯体形成過程を紫外可視分光光度計を用いて定量的に評価した。具体的には PAMAM デンドリマー内部の窒素原子と白金イオンの吸収に相当する波長 253 nm での吸光度を pH を変化させながら経時的に測定した。その結果、pH が中性付近で最も効率よく緑色蛍光性白金ナノクラスターが合成されることが分かった。また、白金イオンと PAMAM デンドリマーとの結合部位を明らかにするために、フーリエ変換赤外分光分析法を用いて錯体形成前後の中赤外吸収スペクトル変化を観察した。その結果、3 つの窒素グループの内、第 3 級アミン由来の吸収ピークシフトが顕著であることから、第 3 級アミンとの錯体形成が最も起こりやすいことが分かった。これらの知見は、バイオイメージングに適した長波長蛍光を発光するナノクラスター合成のための有益に指針になると考える。</p>				

整理番号	R-4	研究開始年度	平成 28 年度	研究終了年度	平成 32 年度
研究課題名	(和文) 先端増強ラマン顕微鏡を用いた2次元材料のナノラマン分析 (英文) Tip-enhanced Raman studies of nano 2D-materials				
日本側代表者 氏名・所属・職	(和文) 田口 敦清・大阪大学 大学院工学研究科・助教 (英文) Atsushi TAGUCHI, Graduate School of Engineering, Osaka University, Assistant Professor				
相手国側代表者 氏名・所属・職	(英文) Hsiang-Lin LIU, Department of Physics, National Taiwan Normal University, Professor				
28年度の研究交流活動	台湾師範大学の Liu 教授、Yun Chen Chung (博士課程学生) の2名が日本側研究室に平成29年2月23日～2月28日の間滞在し研究交流活動を行った。具体的には、台湾側が単層 MoS ₂ 膜試料を作製し、日本側は先端増強ラマン顕微鏡技術を提供し、2国間のチームが協力して、単層 MoS ₂ 膜の高解像度ラマンイメージングを行った。				
28年度の研究交流活動から得られた成果	日本側開発の先端増強ラマン顕微鏡を用いて、台湾側作製の単層 MoS ₂ 膜試料のラマンイメージングを行った結果、試料のエッジ部分に特徴的な局所的なラマン散乱が観測された。この結果は、先端増強ラマン顕微鏡の高い空間分解能によってはじめて実現されるもので、通常のラマン顕微鏡観察では得られない、2国間の研究交流の成果である。得られたデータは台湾にて、現在、詳細な解析が進められている。				

整理番号	R-5	研究開始年度	平成 28 年度	研究終了年度	平成 32 年度
研究課題名	(和文) ナノスケールでの近接場増強ラマン分光				
	(英文) Near-field enhanced Raman spectroscopy at nanoscale				
日本側代表者 氏名・所属・職	(和文) バルマ プラブハット・大阪大学 大学院工学研究科・教授				
	(英文) Prabhat VERMA, Graduate School of Engineering, Osaka University, Professor				
相手国側代表者 氏名・所属・職	(英文) Venu GOPAL Achanta, Tata Institute of Fundamental Research, Mumbai, Associate Professor, and GARCIA Wilson, University of the Philippines, Professor				
28 度の研究交 流活動	<p>本プロジェクトで極めて重要な要件は、表面増強ラマン散乱(SERS)分析において強いプラズモン増強を示す基板を作製するために、膜厚が薄く、かつ表面粗さの大きい基板作製条件を見出すことである。SERS 測定においては、共鳴的なプラズモン増強を得るために、膜厚と表面粗さ、双方を最適化することが不可欠である。初年度は、この SERS 基板の作製に尽力した。様々な条件で作製した基板の特性を統計的に評価するために、それぞれの基板で SERS 測定を数千回行った。結果として、最も適した基板作製条件を見出すことに成功した。次年度は、得られた最適条件で作製した SERS 基板を用いて、さらなる研究の深化を図る。</p> <p>日本側の担当教員・バルマ プラブハットは、フィリピンとインドの共同研究グループへ数日間滞在し、研究計画や進捗に関して議論を深めた。</p>				
28 年度の研究 交流活動から得 られた成果	<p>表面増強効果を用いる近接場ラマン分光技術の基盤技術として、薄く粗い金属基板の作製は、SERS 基板として極めて重要である。金属材料の種類や、膜厚、表面粗さがプラズモン共鳴増強において重要な役割を担う。初年度は、この SERS 基板作製条件の最適化に尽力した。様々な条件で SERS 基板を作製し、カーボンナノチューブの SERS を測定して基板の特性を評価した。極めて有用な結果が得られる作製条件を見出すことに成功したため、本プロジェクトをさらに推し進めるための基礎準備は完了した。</p>				

整理番号	R-6	研究開始年度	平成 28 年度	研究終了年度	平成 32 年度
------	-----	--------	----------	--------	----------

研究課題名	(和文) ナノカーボン材料を応用した新しいレーザーナノ加工技術の開発 (英文) Nano-carbon photonics for novel laser nano-processing
日本側代表者 氏名・所属・職	(和文) 庄司 暁 電気通信大学 准教授 (英文) Satoru SHOJI, Associate Professor The University of Electro-Communications
相手国側代表者 氏名・所属・職	(英文) Junichiro KONO, Rice University, Professor,
28年度の研 究交流活動	本研究課題は、カーボンナノチューブ、グラフェンをはじめ、各種ナノカーボン材料の特異的な光学特性を積極的に応用した、微細構造形成技術の開拓を目指す。両研究代表者はこれまでもカーボンナノチューブとポリマーのコンポジット材料を、非線形光学過程を応用してナノ加工する技術を開発するなど(Carbon 2013, J. Nanomater. 2014 etc.)、長年共同研究で成果を挙げているが、本共同研究では、これまでの研究テーマに縛られることなく全く新しいアプローチを模索する。28年度は主に、日本側研究者・庄司のアイデアを相手国側代表者 Rice 大学・Kono 教授と議論し、共同実験による原理確認と、ナノカーボン材料の光学特性の基礎評価の検討を、研究者交流の機会を含めて行い、次年度からの本格的な研究に繋げる。
28年度の研 究交流活動から得 られた成果	共同研究のテーマについて、相手国側代表者 Rice 大学・Kono 教授とディスカッションをし、レーザー加工と自己組織化現象を融合したカーボンナノチューブの操作技術と配向制御に関する研究テーマを設定した。実験にも着手しており、1) 暗視野顕微鏡を用いて、多層カーボンナノチューブ(直径約 15nm、長さ 5 μ m 程度)の一本ずつが水中に分散している様子とその配向をリアルタイムにイメージングできることを確認した、2) 多層カーボンナノチューブを分散した界面活性剤でシャボン膜を作製し、その中でカーボンナノチューブの動態を暗視野顕微鏡で観察した、3) 金属ワイヤーで作製した枠を用いてシャボン膜を作製し、枠の形状と、シャボン膜中でのカーボンナノチューブの動態や配向の様子との関連性について、実験的に検証を行い、予備的な実験結果を得た。

平成 28 年度採択課題

整理番号	R-7	研究開始年度	平成 28 年度	研究終了年度	平成 32 年度
研究課題名	(和文) 紫外近接場プラズモニクス (英文) Ultraviolet near-field plasmonics				
日本側代表者 氏名・所属・職	(和文) バルマ プラブハット・大阪大学 大学院工学研究科・教授 (英文) Prabhat VERMA, Graduate School of Engineering, Osaka University, Professor				
相手国側代表者 氏名・所属・職	(英文) Alexander DUBROVKIN, Nanyang Technological University, Associate Professor				
28年度の研 究交流活動	<p>本プロジェクトは、プラズモニック材料としてアルミニウムやインジウムを用いて、紫外領域でのプラズモン増強を行うものである。また、これらのプラズモニック材料を散乱型近接場光学顕微鏡(s-SNOM)に応用することも、目的の一つである。本プロジェクトに取り組むに際し、同様の研究課題を可視光域で実施することがまず重要となる。初年度は、この可視広域での近接場プラズモンに関する研究に注力した。s-SNOM への応用を見込み、可視光域でプラズモニック材料として働く銀を用いて、ラフな表面構造を有する探針や先鋭なナノ探針を作製した。カーボンナノチューブを試料として用い、532 nm の励起波長を分光測定に用いた。</p> <p>日本側研究代表者・バルマ プラブハットが数日間シンガポール側の共同研究グループを訪問し、研究計画や活動内容、進捗に関して議論を深めた。</p>				
28年度の研 究交流活動から得 られた成果	<p>本プロジェクトの第一段階として、まずは可視光(波長: 532 nm)でのプラズモン増強を確認し、紫外領域研究への予備準備を行った。可視光域のプラズモニック材料として銀を用いて、粗い銀コートを施した基板とナノ探針の作製に成功した。これらを用いれば、高いプラズモン増強と空間分解能をそれぞれ見込むことができる。これらの成果を応用して、紫外域でも同様に実験を行う予定である。</p>				

整理番号	R-8	研究開始年度	平成 28 年度	研究終了年度	平成 32 年度
------	-----	--------	----------	--------	----------

研究課題名	(和文) 電子線励起による局在プラズモンモード可視化のため超解像顕微鏡の開発
	(英文) Super-resolution imaging with electron beam excitation for observation of localized plasmon resonance
日本側代表者 氏名・所属・職	(和文) 川田善正・静岡大学 工学部機械工学科・教授
	(英文) Yoshimasa KAWATA, Department of Mechanical Engineering, Shizuoka University, Professor
相手国側代表者 氏名・所属・職	(英文) Din Ping TSAI, Academia Sinica, Professor
28年度の研 究交流活動	<p>本年度は、相手国である台湾の研究者に12月に本学を訪問していただき、直接研究打ち合わせを実施するとともに、国際会議などで相手国研究者と直接打ち合わせを実施する機会を持った。具体的には、10月(日本)、11月(日本)、12月(日本: 静大) 2月(韓国) に直接打ち合わせを実施するとともに、3月に台湾の研究者を訪問し、来年度の研究の方向性を具体的に議論した。</p> <p>本年度は、電子線励起による局在プラズモンの励起特性のイメージングシステムを開発するとともに、その評価を行い、それらの実験結果について意見交換を行なった。</p>
28年度の研 究交流活動から得 られた成果	<p>本年度は、電子線励起による局在プラズモンの励起特性のイメージングシステムを開発した。開発したシステムを用い、金や銀などの金属ナノ粒子、ナノダイマー、ナノロッドにおいて、局在プラズモンの励起特性の観察を行った。その結果、金属の種類による励起特性の違い、電子線の照射位置による発光波長の特徴などを明らかにした。金属ナノロッドにおいては、長軸モードと短軸モードの励起による発光波長の違いを明らかにし、高い空間分解能で局在プラズモンの励起特性を可視化できることを実験的に示した。また数値シミュレーション法との比較検討も行った。これらの実験結果およびシミュレーション結果について、相手国研究者と打ち合わせを行い、局在プラズモンの励起特性の物理的な理解を進めるとともに、開発したイメージングシステムの課題、性能、改良点などについて議論した。</p>

整理番号	R-9	研究開始年度	平成 28 年度	研究終了年度	平成 32 年度
研究課題名	(和文) 金属メタマテリアル構造の光学特性の数値解析 (英文) Numerical analysis of optical properties on metallic structures for metamaterials				
日本側代表者 氏名・所属・職	(和文) 河田 聡・大阪大学 大学院工学研究科・教授 (英文) Satoshi KAWATA, Graduate School of Engineering, Osaka University, Professor				
相手国側代表者 氏名・所属・職	(英文) Din Ping TSAI, Research Center for Applied Sciences, Academia Sinica, Professor				
28年度の研 究交流活動	国際シンポジウム“Global NanoPhotonics 2016 (GNP2016)”を本採択課題である日本学術振興会 (JSPS) Core to Core 拠点事業プログラム「ナノ空間で光と物質が紡ぎ出すフォトニクス of 学理探求とグローバルネットワークの構築」が主催し、日本側代表者・河田と台湾側代表者・Tsai が基調講演を行った。河田は銀デンドライトの自己成長を利用したメタマテリアル構造の3次元構造創成法について講演し、台湾側 Din Ping Tsai 教授はメタマテリアルを2次元に単純化したメタサーフェスに関する講演を行い、メタマテリアル技術の現状と課題について議論した。				
28年度の研 究交流活動から得 られた成果	3次元メタマテリアルの実現には、金属のナノ構造を3次的に作製する必要があるが、リソグラフィ技術が作製できるのは2次元構造のみであり、ナノレベルの精度で3次元構造を自在に作製する技術は確立していない。3次元から2次元に構造を簡略化し、メタサーフェスとして機能実現を目指すのがメタマテリアル研究の世界的動向となっている。GNP2016では、メタマテリアル研究で世界的に著名なふたりの研究者が基調講演を行い、3次元と2次元という構図でメタマテリアル技術の現状と可能性を議論した。このような機会が実現したことは、本研究交流の成果である。				

整理番号	R-10	研究開始年度	平成 28 年度	研究終了年度	平成 32 年度
研究課題名	(和文) 可逆的アクティブ・メタ表面デバイス (英文) Reversible Active Metasurface Device				
日本側代表者 氏名・所属・職	(和文) 高原淳一・大阪大学 大学院工学研究科・教授 (英文) Junichi TAKAHARA, Graduate School of Engineering, Osaka University, Professor				
相手国側代表者 氏名・所属・職	(英文) Eric PLUM, University of Southampton, Lecturer				
28年度の研 究交流活動	<p>研究交流の開始にあたり、はじめに Nanyang Technological University (University of Southampton 兼任) の Nicolay Zheludev 教授の研究室の講師である E. Plum 博士と平成 28 年 3 月に開催された ICNP2016 (台北、Academia Sinica) において直接会い、事前に研究打ち合わせを行った。お互いに初対面であったが、アクティブ・メタ表面に関するお互いの研究室の現状と今後の予定について意見交換を行うことができた。</p> <p>平成 28 年 6 月から平成 29 年 3 月まで、本学博士後期課程大学院生(D1)を Zheludev 研究室に 10 か月間派遣し、Plum 博士と形状記憶合金を用いた可逆的アクティブ・メタ表面デバイスの基礎研究を行った。</p>				
28年度の研 究交流活動から得 られた成果	<p>形状記憶合金は温度に応じて結晶構造が相転移し、機械特性が大きく変化することがよく知られている。この形状記憶合金をメタ表面の動作母体として使用することで、不揮発性の可逆デバイスを作製することができる。そこで、温形状記憶合金を用いた温度可変のアクティブ・メタ表面の作製と光学特性の計測を行った。</p> <p>具体的には形状記憶合金を薄膜誘電体上に製膜し、さらにプラズモン特性を有する金属の蒸着を行った。作製した薄膜を架橋ナノワイヤー状に加工することで、形状記憶合金メタ表面を作製した。外部温度に応じた光応答スペクトルの不揮発特性を測定した。今後は、ローレンツ力等による光特性の高速変調について理論的に検討する。</p>				

整理番号	R-11	研究開始年度	平成 28 年度	研究終了年度	平成 32 年度
研究課題名	(和文) 光メタマテリアルと超高感度分子検出・同定デバイスへの応用 (英文) Optical metamaterials and their application for molecular detection and identification				
日本側代表者 氏名・所属・職	(和文) 田中拓男・理化学研究所・准主任研究員 石川篤・岡山大学 工学部電気通信系学科・助教 (英文) Takuo TANAKA・RIKEN・Associate Chief Scientist Atsushi ISHIKAWA・Department of Electrical and Electronic Engineering, Okayama University・Assistant Professor				
相手国側代表者 氏名・所属・職	(英文) Din Ping TSAI・Academia Sinica, Taiwan・Professor Qihuang GONG・Peking University, China・Professor				
28年度の研 究交流活動	実施計画に従い、以下の研究交流活動を行なった。 1) Tsai 教授が台湾・Academia Sinica にて主催したワークショップ“2016 Nanophotonics Core to Core Workshop at Academia Sinica”に田中・石川らが参加し、これまでの研究成果についてそれぞれ招待講演を行った。 2) 同ワークショップにおいて、Tsai 教授の研究室を見学するとともに、今後の国際共同研究について議論した。 3) Tsai 教授と田中との間で、博士研究員の受入交流について議論した。 (H29年5月頃に理研に受け入れのため手続き中。)				
28年度の研 究交流活動から得 られた成果	上述の研究交流活動により、以下の成果を得た。 1 日本から台湾への訪問により、国際共同研究の推進に不可欠な人間関係の基盤構築を行った。 2) 研究室見学や議論を通して、お互いが保有する実験装置の確認や、国際共同研究を進めるにあたっての課題の洗い出しを行った。 3) 国際共同研究における博士研究員等の日台間の人的交流について、計画策定を行った。				

研究課題名	(和文) 三次元メタマテリアルの自己組織化形成法の開発
	(英文) Self-organized fabrication of three-dimensional metamaterials
日本側代表者 氏名・所属・職	(和文) 田中拓男・理化学研究所・准主任研究員
	(英文) Takuo TANAKA, RIKEN, Associate Chief Scientist
相手国側代表者 氏名・所属・職	(英文) Junsuk RHO, Pohang University of Science and Technology (POSTECH), Assistant Professor
28年度の研 究交流活動	<p>実施計画書の内容をもとに、以下の研究交流活動を行った。</p> <p>1) 韓国 Junsuk Rho 助教と共同で、第1回の Joint Workshop を理研で開催した。Rho 助教を始め12名の研究者が韓国側から参加し、日本側からも理研の研究者ならびに岡山大の石川を含めほぼ同数の研究者が参加して、積極的な議論と今後の共同研究の方向性の打合せを行った。</p> <p>2) 田中ならびに武安が、3月に Rho 助教を訪問し、今後の自己組織化手法を用いた三次元メタマテリアル構造の形成技術について議論を行った。</p> <p>3) 共同研究の足がかりとして理研において化学的な合成手法を用いた自己組織化手法に関する実験を開始した。</p>
28年度の研 究交流活動から得 られた成果	<p>28年度に実施した活動により、以下の成果を得た。</p> <p>1) 共同開催したワークショップにおける議論を通して、本格的な共同研究の実施体制づくりについて双方合意に至り、まずは理研-POSTECH間で今後の学生を含めた人的交流、実験試料の交換を伴う共同研究の実施やワークショップやセミナーの共同開催を目的としたMOUの締結を行うべく手続きを進めている。これにより相互の交流が一層推進されると期待できる。</p> <p>2) また、上記の議論を通して、互いの研究設備の確認や役割分担等の確認を行った。</p> <p>3) 次年度も引き続きワークショップを開催することで合意し、次回は韓国にて行う事とした。</p> <p>4) 今後の人的交流についても引き続き議論を続ける事で合意に至った。</p>

整理番号	R-13	研究開始年度	平成 28 年度	研究終了年度	平成 32 年度
------	------	--------	----------	--------	----------

研究課題名	(和文) ナノスケールにおける材料評価のための走査型近接場光学顕微鏡 (SNOM)
	(英文) Scanning near-field microscopy (SNOM) for material characterization at nanoscale.
日本側代表者 氏名・所属・職	(和文) バルマ プラブハット・大阪大学 大学院工学研究科・教授
	(英文) Prabhat VERMA, Graduate School of Engineering, Osaka University, Professor
相手国側代表者 氏名・所属・職	(英文) Danyuan LEI, Hong Kong Polytechnic University, Assistant Professor
28年度の研 究交流活動	<p>初年度は、三角形状金属構造を有する近接場プローブのナノ探針近傍の電場分布を理論的に評価した。三角形状金属構造のサイズに対するプローブのプラズモン共鳴への影響を調査した。さらに、実際にシミュレーションで得られた構造の作製にも取り組んだ。まず、四角錐構造を有する AFM 用シリコンカンチレバーチップの片面に極めて滑らかかつ薄い銀薄膜を塗布した。最後に、集束イオンビームを用いて、三角形構造の作製を達成した。本研究課題は来年度も引き続き取り組む予定であり、近接場光学顕微鏡測定において、任意の励起波長で選択的増強を行うために作製したプローブを応用する。</p> <p>日本側代表者であるバルマ プラブハットが平成 29 年 2 月 22 日から 5 日間香港の共同研究グループを訪問し、研究計画や活動内容、進捗に関して議論を行った。</p>
28年度の研 究交流活動から得 られた成果	<p>三角形状金属ナノ構造のサイズが大きくなるにつれ、近接場プローブのプラズモン共鳴波長が長波長方向にシフトすることを見出した。これは、三角形状金属構造のサイズを制御することによって、任意の励起波長にプラズモン共鳴波長を合致させられることを示唆するものである。また、実際に複数本近接場プローブを作製し、光学特性、散乱特性を測定・評価した。</p>

整理番号	R-14	研究開始年度	平成 28 年度	研究終了年度	平成 32 年度
研究課題名	(和文) ナノ光エレクトロニクス材料・デバイス				
	(英文) Nano-photoelectronic materials and devices				
日本側代表者 氏名・所属・職	(和文) 尾崎雅則・大阪大学 大学院工学研究科・教授				
	(英文) Masanori OZAKI, Graduate School of Engineering, Osaka University, Professor				
相手国側代表者 氏名・所属・職	(英文) Wei FENG, School of Materials Science and Engineering, Tianjin University, Professor				
28年度の研 究交流活動	28年6月中国開催の合成金属の国際会議 ICSM2016 に互いに参加し、その会場内で打合せをする機会を設けた。大阪大学側は藤井准教授、Dao 博士研究員、大森氏（大学院生）、天津大学側は Feng 教授が参加し、従来の研究を相互に説明すると共に、今後の研究方針について議論を行った。28年7月に天津大学の Feng 教授他2名が来日の際、大阪大学にてカーボン量子ドット材料に関する電子物性について議論し、今後共同で実験を行うにあたり、大阪大学内の実験機器、設備について説明を行うと共に、具体的な実験計画について議論を行った。				
28年度の研 究交流活動から得 られた成果	天津大学が開発した種々の置換基を有するカーボン量子ドット材料と、 π 共役系高分子もしくはフラーレンとの複合構造及び積層構造を試作し、その固体薄膜における凝集状態、会合体・結晶構造、マイクロ相分離構造を X 線回折像及び偏光顕微鏡観察により明らかにした。光励起状態について時間分解分光法による検討を行い、失活過程における電子・光物性のカーボン量子ドット材料のサイズ依存性を明らかにするとともに、電界発光機能における発光効率・寿命を明らかにした。また、アゾベンゼン-ナノカーボン複合体の光異性化に伴う導電率の変化を明らかにした。この光応答特性について、照射光の波長、強度、照射時間などの条件を検討し、光異性化と偏光特性の相関性を明らかにした。さらに光電変換素子の作製を試み、その電気特性を明らかにした。				

整理番号	R-15	研究開始年度	平成28年度	研究終了年度	平成32年度
研究課題名	(和文) 生体分子相互作用のラベルフリーの研究				
	(英文) Label-free study of biomolecular interaction				
日本側代表者 氏名・所属・職	(和文) ニコラス スミス・大阪大学免疫学フロンティア研究センター・ 准教授				
	(英文) Nicholas SMITH, Immunology Frontier Research Center, Osaka University, Associate Professor				
相手国側代表者 氏名・所属・職	(英文) Vincent DARIA, Australian National University, Research Fellow Ewan BLANCH, Physical Chemistry, Royal Melbourne Institute of Technology, Professor				
28年度の研究交 流活動	スミス准教授はロイヤルメルボルン工科大学を12月4日より6日間訪 問し、相手国側代表者 Ewan Blanch 教授と打ち合わせを行った。そこで、 今後共同研究を共に行う予定の数名のメンバーを紹介された。打ち合わ せでは、技術の限界が何であるのかを明確にし、またそれらの解決策を 提案し議論を深めることができた。				
28年度の研究 交流活動から得 られた成果	最適な分光システムを構築し、532nm 励起光での性能評価を完了した。 良好なラマンシグナルを与えるが、サンプルによっては妨害となる蛍光 が励起される。さらに、671nm の励起光を用いる新たなシステムの完成が 近い。この励起光は高ラマンシグナルと低蛍光バックグラウンドを実現 する最適な選択になると考えられている。卓越した性能が期待されるが、 一方この励起波長を用いたシステムはほとんど例が無く、最良の光学フ ィルターを選定することは挑戦的な課題であり、それを明らかにするた めに現在この波長で効果が期待されるフィルターの到着を待っている。 29年度は532nm と671nm の両システムを本プロジェクトの試料の評価に 用いる予定である。				

7-2 セミナー

整理番号	S-1
セミナー名	(和文) 日本学術振興会研究拠点形成事業「Global Nanophotonics 2016」(実施計画書から名称変更)
	(英文) JSPS Core-to-Core Program “ Global Nanophotonics 2016 ”
開催期間	平成 28 年 11 月 30 日 ~ 平成 28 年 12 月 1 日 (2日間)
開催地(国名、都市名、会場名)	(和文) 日本、大阪、大阪国際会議場
	(英文) Japan, Osaka, Osaka International Convention Center
日本側開催責任者 氏名・所属・職	(和文) バルマ プラブハット・大阪大学 大学院工学研究科・教授
	(英文) Prabhat VERMA, Graduate School of Engineering, Osaka University, Professor
相手国側開催責任者 氏名・所属・職 (※日本以外で開催の場合)	(英文)

参加者数

派遣元	派遣先		セミナー開催国 (日本)
	A	B	
日本 (人/人日)	A	47/94	20
	B		
中国 (人/人日)	A	13/46	0
	B		
台湾 (人/人日)	A	9/31	1
	B		
シンガポール (人/人日)	A	2/8	0
	B		
フィリピン (人/人日)	A	5/17	0
	B		
韓国 (人/人日)	A	8/18	0
	B		
インド (人/人日)	A	4/15	0
	B		
オーストラリア (人/人日)	A	1/3	0
	B		
イギリス (人/人日)	A	0/0	0
	B		
アメリカ (人/人日)	A	1/14	0
	B		
香港 (人/人日)	A	4/14	0
	B		
合計 (人/人日)	A	94/260	21
	B		

A. 本事業参加者(参加研究者リストの研究者等)

B. 一般参加者(参加研究者リスト以外の研究者等)

※日数は、出張期間(渡航日、帰国日を含めた期間)としてください。これによりがたい場合は、備考欄を設け、注意書きを付してください。

セミナー開催の目的	<p>本プログラムに関わる日本側研究者及び相手国側研究者が本拠点に一同に介し、デバイス、イメージング、プラズモニクス、メタマテリアル、分光学、非線形光学の5分野を対象とし、それぞれの研究成果の発信を行うとともに、本拠点構想や研究ビジョンの共有を主題に、最新研究状況を共有し、国際共同研究の加速を狙う。また、若手研究者が研究進捗報告や研究計画を発表するポスターセッションを設ける。</p>		
セミナーの成果	<p>メイン5分野を主題に2日間で22件の口頭発表、学生・若手研究者の58件のポスタープレゼンテーションが行われ、参加者115名が参加し、多くのアジア・環太平洋諸国の研究者・学生が直接話し合うことにより、今後の共同研究、融合研究の推進を図ることができ、アジアを中心とするグローバルネットワークの構築に大きく貢献できた。異なる分野間においても積極的に交流が促進され、分野間の融合テーマの探索を行うことができ、さらには今後の活動に若手同士が分野を超えてお互いの研究内容をより深く知ることが促され、新しい融合分野の芽を見出す契機となった。会期中、バルマ教授が中心となり相手国機関代表者によるコミッティーミーティングを行い今後の活動について直接意見を交わすことができ、より一層活発に研究推進のテーマについて議論され、本セミナーの果たした役割は大きい。</p>		
セミナーの運営組織	<p>委員長：大阪大学・バルマ プラブハット・教授 副委員長：大阪大学・高原 淳一・教授</p>		
開催経費 分担内容 と金額	日本側	内容	金額
		国内旅費	544,375 円
		外国旅費	25,800 円
		その他経費(会議費・郵送費・印刷費)	2,808,216 円
		不課税取引・非課税取引に係る消費税	2,064 円
		合計	3,380,455 円
	中国側	内容 国内・外国旅費	
	台湾側	内容 外国旅費	
	シンガポール側	内容 国内・外国旅費	
フィリピン側	内容 国内・外国旅費		
韓国側	内容 国内・外国旅費		
インド側	内容 国内・外国旅費		
オーストラリア側	内容 国内・外国旅費		
イギリス側	内容 経費負担なし		

	アメリカ側	内容 国内・外国旅費
	香港側	内容 国内・外国旅費

整理番号	S-2
セミナー名	(和文) 日本学術振興会研究拠点形成事業 C2C グローバルナノフォトニクス学生カンファレンス (英文) JSPS Core-to-Core Program “Global Student Conference 2016 “ (実施計画書から名称変更)
開催期間	平成 28 年 11 月 28 日 ~ 平成 28 年 11 月 29 日 (2日間)
開催地(国名、都市名、会場名)	(和文) 日本、大阪、大阪大学 (英文) Japan, Osaka, Osaka University
日本側開催責任者 氏名・所属・職	(和文) バルマ プラブハット・大阪大学・教授 (英文) Prabhat VERMA, Osaka University, Professor
相手国側開催責任者 氏名・所属・職 (※日本以外で開催の場合)	(英文)

参加者数

派遣先 派遣元	セミナー開催国 (日本)	
	A	B
日本 (人/人日)	20/40	12
中国 (人/人日)	6/18	0
台湾 (人/人日)	5/15	1
シンガポール (人/人日)	0/0	0
フィリピン (人/人日)	3/9	0
韓国 (人/人日)	6/18	0
インド (人/人日)	1/3	0
オーストラリア (人/人日)	0/0	0
イギリス (人/人日)	0/0	0
アメリカ (人/人日)	0/0	0
香港 (人/人日)	1/3	0
合計 (人/人日)	42/106	13

- A. 本事業参加者 (参加研究者リストの研究者等)
 B. 一般参加者 (参加研究者リスト以外の研究者等)
 ※日数は、出張期間 (渡航日、帰国日を含めた期間) としてください。これによりがたい場合は、備考欄を設け、注意書きを付してください。

<p>セミナー開催の目的</p>	<p>本セミナーは、光学（フォトンクス）を中心としてそれに連なる様々な分野で研究に邁進する国内外の学生が互いにネットワークを確立し、フォトンクスの研究開発および発展の将来基盤を築き上げることが目的である。中国・台湾・シンガポール・フィリピン・韓国・インド・イギリス・アメリカ・香港・オーストラリアの世界各国の学生の参加をつのり、科学的ディスカッションや研究発表、文化交流などを通して国際交流を深める。また、最先端のフォトンクスに関する招待講演を行い、深い知識を得ると共に、各国間で学生フォトンクスネットワーク作りなどのディスカッションを行う。</p>		
<p>セミナーの成果</p>	<p>本会議は企画・運営を学生が主体的に行ったもので、本年度は「How does optical science make our future life meaningful?」というコンセプトのもと招待講演を迎えてグループワークなどの企画を盛り込んだ内容となった。</p> <p>本事業参画国である、中国、台湾、香港、韓国、フィリピン、インド、日本から総勢50名を上回る学生が集い、口頭及びポスターで各自最新の研究発表を行い、互いの意見を交換し、有意義なカンファレンスとなった。学生間でのネットワークが構築され、今後さらなる活発な学会の企画や交流が期待される。</p>		
<p>セミナーの運営組織</p>	<p>委員長：大阪大学・バルマ プラブハット・教授 副委員長：大阪大学・高原 淳一・教授 実行委員長：大阪大学・李 泰怙・大学院修士課程</p>		
<p>開催経費 分担内容 と金額</p>	<p>日本側</p>	<p>内容 国内旅費 外国旅費 その他経費(会議費・郵送費・印刷費) 不課税取引・非課税取引に係る消費税 合計</p>	<p>金額 143,280 円 17,000 円 479,231 円 1,360 円 640,871 円</p>
	<p>中国側</p>	<p>内容 国内・外国旅費</p>	
	<p>台湾側</p>	<p>内容 外国旅費</p>	
	<p>シンガポール側</p>	<p>内容 経費負担なし</p>	
	<p>フィリピン側</p>	<p>内容 国内・外国旅費</p>	

	韓国側	内容 国内・外国旅費
	インド側	内容 国内・外国旅費
	オーストラリア側	内容 国内・外国旅費
	イギリス側	内容 経費負担なし
	アメリカ側	内容 経費負担なし

7-3 研究者交流（共同研究、セミナー以外の交流）

共同研究、セミナー以外でどのような交流（日本国内の交流を含む）を行ったか記入してください。

日数	派遣研究者		訪問先・内容		派遣先	
	氏名・所属・職名	氏名・所属・職名	氏名・所属・職名	内容		
5 日間	VERMA Prabhat	大阪大学大学院工学研究科・教授			タイ バンコクで行われたCN2017に参加し、成果発表及び情報収集を行った。	タイ バンコク
4 日間	河田 聡	大阪大学大学院工学研究科・教授			アメリカ サンホゼで行われたSPIE学会に参加し研究発表を行った。	アメリカ サンホゼ
4 日間	河田 聡	大阪大学大学院工学研究科・教授			シンガポール 南洋理工大学へ赴き施設見学、研究者交流を行った	シンガポール
4 日間	VERMA Prabhat	大阪大学大学院工学研究科・教授			応用物理学会 春季学術講演会に参加し成果発表を行った。	日本 【開催場所】バンフィコ横浜（横浜市）
4 日間	馬越 貴之	大阪大学大学院工学研究科・助教授			応用物理学会 春季学術講演会に参加し成果発表を行った。	日本 【開催場所】バンフィコ横浜（横浜市）
4 日間	加藤 遼	大阪大学大学院工学研究科・大学院生			応用物理学会 春季学術講演会に参加し成果発表を行った。	日本 【開催場所】バンフィコ横浜（横浜市）
5 日間	VERMA Prabhat	大阪大学大学院工学研究科・教授			ドイツ イエナ IOFフラウンホーファー研究所を訪問し、情報収集を行った。	ドイツ イエナ

7-4 中間評価の指摘事項等を踏まえた対応

該当なし

※各国別に、研究者交流・共同研究・セミナーにて交流した人数・人日数を記載してください。

(なお、記入の仕方の詳細については「記入上の注意」を参考にしてください。)

※相手国側マッチングファンドなど、本事業経費によらない交流についても、カッコ書きで記入してください。

8-2 国内での交流実績

1	2	3	4	合計
0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	49/86 (41/104)	8/27 (0/0)	57/113 (41/104)

9. 平成 28 年度経費使用総額

(単位 円)

	経費内訳	金額	備考
研究交流経費 (直接経費)	国内旅費	1,641,650	
	外国旅費	4,268,746	
	謝金	0	
	備品・消耗品 購入費	709,440	
	その他の経費	3,562,642	
	不課税取引・ 非課税取引に 係る消費税	366,522	外国旅費及び 学会参加費等
	計	10,549,000	
間接経費		3,164,700	直接経費の 3 0%に相当する 額とすること。
合 計		13,713,700	

10. 平成 2 8 年度相手国マッチングファンド使用額

相手国名	平成 2 8 年度使用額	
	現地通貨額[現地通貨単位]	日本円換算額
中国	160,000 [CNY]	2,527,520 円相当
台湾	750,000 [NTD]	2,686,500 円相当
シンガポール	60,000 [SGD]	4,672,920 円相当
フィリピン	10,000 [USD]	1,088,100 円相当
韓国	25,000 [USD]	2,720,250 円相当
インド	5,000 [USD]	544,050 円相当
オーストラリア	10,000 [AUD]	823,900 円相当
英国	10,000 [GBP]	1,361,320 円相当
米国	10,000 [USD]	1,088,100 円相当
香港	30,000 [HKD]	419,800 円相当

※交流実施期間中に、相手国が本事業のために使用したマッチングファンドの金額について、現地通貨での金額、及び日本円換算額を記入してください。