

**平成30年度研究拠点形成事業
(A. 先端拠点形成型) 実施報告書**

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 (平成30年12月まで) ／香港城市大学 (平成31年1月から)

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の学理探求とグローバルネットワークの構築

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

研究交流課題に係るウェブサイト：<http://c2cgnp.parc.osaka-u.ac.jp>

3. 採択期間

平成28年4月1日 ～ 平成33年3月31日
(3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, Byoungho 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

(平成30年12月まで)

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

(平成31年1月から)

拠点機関：(英文) City University of Hong Kong

(和文) 香港城市大学

コーディネーター (所属部局・職・氏名)：

(英文) Dept. of Materials Science and Engineering, Associate Professor,
Dangyuan LEI

協力機関：(英文) The Hong Kong Polytechnic University

(和文) 香港理工大学

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材料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・メタ材料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、高感性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30年度研究交流目標

平成30年度も引き続き本体制を継続して、ナノフォトニクスの研究と研究者交流及び若手研究者の育成を推進する。12月に、インドでの国際会議の開催を予定している。

<研究協力体制の構築>

2年間の活動を踏まえて、16の各共同研究内では1-2名の教員および学生を数日間～1ヶ月程度両国同士で受け入れるなど共同研究を通じた若手研究者や学生の国際交流をさらに加速させる。これにより、引き続きグローバルネットワークの構築を推進する。

<学術的観点>

平成30年度は12月9日～4日間、インドのムンバイ、タタ基礎研究所にて“Global Nanophotonics 2018”の国際会議を開催する予定である。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を推進する。

また、平成30年度も主に下記の研究分野を中心に共同研究を推進する。

- (1) 超解像顕微鏡・走査型近接場光学顕微鏡による分子イメージングや物性評価
- (2) ラマン分光やラマン顕微鏡による試料分析
- (3) テラヘルツ波による物性評価
- (4) メタ表面デバイス及び光メタマテリアルの研究
- (5) 金属ナノクラスター及びナノ光エレクトロニクスの研究
- (6) メタサーフェスレンズの開発
- (7) 生体分子相互作用の研究

これらの研究内容に共通することは光と物質の相互作用の研究であり、国際共同研究なしには、目的を達成することは不可能である。特に日本の有するフォトニクス技術と欧州・米国・豪州・アジアの各国が持つ先駆的研究内容を組み合わせることで、より強固なナノスケール研究が進展する。特にフォトニクスの研究分野では、イメージング法・分光法・非線形光学・ナノ加工などの手法の開発だけでなく、ナノ材料の創製、評価など多角的な視点が必要なため、本学術研究を国際共同で推進する意義は大きい。

<若手研究者育成>

前述の研究交流目標に記載したように、フォトニクスを利用した新しい手法開発、プラズモニクス・メタマテリアル及びデバイスの研究は長期的視野が必要なため、次代を担う若手研究者の交流を支援し人材の育成を積極的に行う必要がある。そのため、今年度も積極的に若手研究者を両国同士で受け入れる。

具体的には共同研究 R-2、R-4、R-5、R-7、R-8、R-18 において、本国の学生および相手国の学生をそれぞれ1週間程度の相互派遣招聘を予定している。各共同研究では、学生には研究能力の育成だけでなく、光マテリアル・国際共同に関するセミナーにおいて研究発表・

議論を通して、総合的な力を涵養する。学生及び若手研究者が他国の研究環境で様々な議論を行うことで、幅広い知識を持った研究者を育成することが可能になる。また、国際会議に大学院生を参画させることにより、口頭発表・ポスター発表・研究議論を通して、若手研究者の育成を行う。

<その他（社会貢献や独自の目的等）>

ホームページ、マスコミなどを通じて、成果を外部に発信し、本事業やナノフォトニクスの社会的貢献の理解を深める。

6. 平成30年度研究交流成果

<研究協力体制の構築>

ナノフォトニクスの分野では、イメージング法・分光法・非線形光学・ナノ加工などの手法の開発だけでなく、ナノ材料の創成、評価など多角的な視点が必要なため本学術研究を国際共同で推進する必要がある。そこで、本年度も10か国、23の研究教育機関、231名の参画メンバーによって研究協力体制を構築し、さらなるグローバルネットワークの形成を行った。

2016年度、2017年度に引き続き2018年度も国際会議Global Nanophotonics2018(GNP2018)を開催した。環太平洋地域にとどまらずグローバルネットワークを拡張させるため2018年12月9日～12日にインドのムンバイ、タタ基礎研究所にて開催した。参加者は大阪大学より19名、国内の研究・教育機関より1名、インド59名、中国7名、シンガポール6名、米国3名、ロシア2名、オーストラリア1名、ドイツ1名、イスラエル1名、台湾1名の合計101名が参加し、口頭発表31件およびポスター発表41件の合計72の講演を行った。本国際会議ではナノフォトニクス分野で世界を牽引する国際的に著名な研究者を招待し、ナノイメージング、プラズモニクス/メタマテリアル、光操作/加工などにわたるテーマで、最新研究の報告と研究討論を行うことができ、今後の拠点事業推進とネットワーク構築に繋がる成果を得ることができた。また、この会議期間中には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、今後の研究協力体制の方針を議論した。委員会において、各国持ち回りで開催している国際会議を中間評価の指摘事項を踏まえて、来年度は環太平洋地域のネットワーク形成をさらに強固なものにするため台湾で開催する事を暫定的に決めた。

また、イメージング、分光、非線形光学、プラズモニクス・メタマテリアルおよびデバイスという5分野において多国間の相互交流を通じた異分野融合を行っている共同研究は、16のテーマを進めているが、テーマごとにそれぞれが1～2名の研究者、学生を数日間～1ヶ月程度両国同士で受け入れ、各分野の発展とさらなる研究の高まりがみられた。

<学術的観点>

イメージング、分光、非線形光学、プラズモニクス・メタマテリアルおよびデバイスの5分野において国際共同研究を推進した。特に日本の有する世界最先端のフォトニクス技術（ナノイメージングおよびナノ分光）と欧州・米国・オーストラリア・アジアの各国が持つ先駆的ナノ材料、ナノ加工技術の研究を組み合わせることで、ナノフォトニクスの研

究を大きく進展させることができた。

各研究課題の学術的成果の詳細を7章の表に示す。

概要は下記の通りである。

- (1) イメージング：光を使ったイメージングは古典的な光学顕微鏡の解析限界を超えて現在も発展を続けている。最先端の超解像顕微鏡の解像度はすでに波長の限界を超えているが、これをナノ粒子のもつ非線形性や金属ナノクラスター蛍光体、あるいは電子線により性能をさらに向上させる研究を行った。
- (2) 分光：先端増強ラマン分光は大阪大学で発明されたナノ空間での物質分析を行うための強力な武器である。各国の共同研究者から提供されたナノ材料の分析を先端増強ラマン分光により行い、本顕微鏡の威力が存分に発揮された共同研究となった。
- (3) 非線形光学：CNT やグラフェンなどのナノカーボン材料は光との非線形相互作用を示すので、これを利用した新しいレーザーナノ加工やテラヘルツフォトンクスへの応用を目指した共同研究を行い、エキシトン生成とその乖離過程によるキャリア増幅が得られた。
- (4) プラズモニクス・メタマテリアル：プラズモニクスで用いられる光波長はこれまで可視～近赤外光であったが、ここでは紫外線を用いることにより新しい研究の展開が得られた。紫外線フォトンクスはGa_N系半導体光源の実用化により今後の大きな応用が期待されている。また、メタ表面の熱を利用したヒステリシスをもつ動的な光学特性の制御や金属ナノ微粒子の自己組織化法による新しい3次元メタマテリアルの作製技術などで成果が得られた。
- (5) デバイス：プラズモニクスの具体的な出口を見据えたデバイス研究を推進した。ここでは高感度赤外センサーや焦点可変のメタレンズの研究を行った。また、フォトニックデバイス応用を目指したナノカーボン材料の研究を行った。

<若手研究者育成>

前述の研究交流成果に記載したように、フォトンクスを利用した新しい手法開発、プラズモニクス・メタマテリアルおよびデバイスの研究は長期的視野が必要なため、次世代を担う若手研究者の交流を支援し人材の育成を積極的に行う必要がある。そのため、今年度も積極的に若手研究者を両国同士で受け入れた。

具体的には共同研究 R-1 では日本側から2名の、および台湾側から1名の学生をそれぞれ相互に受け入れた。うち、日本側の学生1名は約3ヶ月間にわたり台湾で研究に従事し、金属ナノ粒子の絶対温度がその発光スペクトル幅に反映されることを示唆するデータを実験より得る事ができた。

また、国際会議に大学院生を参画させることにより、口頭発表・ポスター発表・研究議論を通して、若手研究者の育成を行った。また、座長を若手研究者にまかせることで意識の向上を図った。学生及び若手研究者が他国の研究環境で様々な議論を行うことで、幅広い知識を持った研究者を育成することができた。

次年度は学生が今年度培った責任感と主体性、交流ネットワークを生かし、学生自らが

主催する国際会議 Global Student Conference2019 を日本で開催する予定である。

<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中核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>) も発信している。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。

<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。

7. 平成30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
共同研究課題名	(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・ 職名・研究者番号	(和文) 藤田克昌・大阪大学 大学院工学研究科・教授・1-11 (英文) Katsumasa FUJITA, Graduate School of Engineering, Osaka University, Professor・1-11				
相手国側代表者 氏名・所属・ 職名・研究者番号	(英文) Shi-Wei CHU, National Taiwan University, Professor・3-8 Chi-Kuang SUN, National Taiwan University, Professor・3-6				
30年度の 研究交流活動	我々はナノ材料からの非線形な光学応答を利用した新たな超解像顕微鏡の開発を目的として、国立台湾大学との共同研究を行ってきた。特に、金ナノ粒子からの非線形な散乱光の応答を使った観察を、生体組織深部で行うために可視領域から近赤外光の領域まで拡張することに取り組んできた。いくつかの金属ナノ粒子の光学特性を計測し、候補となるプローブを絞りこんだ。近赤外光で励起を行う超解像イメージングの顕微鏡の装置開発を行い、プローブの観察を行った。共同研究を行っていく上で、日本側の研究代表者は12月に台湾に1週間程度滞在し、相手国側の代表者と意見交換を行った。ここでは、これまでの本研究の進捗を相互に確認するとともにこれからの研究の方針が決定された。 また、金属ナノ粒子からの散乱光強度の温度依存性の調査も行われた。				

	<p>これは、ナノ粒子から非線形な散乱光の応答が生じるメカニズムを解明する鍵となりうる。日本側から2人の博士後期課程の学生が台湾に滞在した。一人は10月から翌年1月まで約3ヶ月間滞在し、本研究に従事した。一人は6月と2月に1週間滞在し、シミュレーションのための理論構築を行なった。台湾側からは2名の修士課程の学生が3月に2週間ほど訪日し、滞在した。そのうち一人は、前年度に発見したシリコンのナノ粒子からの非線形な散乱応答を使った超解像イメージングに取り組んだ。日本側の研究室にて構築している超解像のイメージングが可能な自作の顕微鏡装置を用いて実験を行った。もう一名の学生は、日本側の学生とともにライン型照明を用いた2光子顕微鏡による細胞の蛍光イメージングの研究に従事した。</p>
<p>30年度の 研究交流活動 から得られた 成果</p>	<p>平成30年度を通して行われた研究の中で、従来使われていた球状の金属ナノ粒子と異なるロッドや、スパイク状の構造を持つナノ粒子の光学応答の観察を励起条件を変えながら行い、レーザー光の照明下でのナノ粒子の吸収と散乱に関する新たな知見を得た。近赤外領域で超解像観察が可能となる条件も見出した。この結果は、我々の手法がさらなる試料深部での超解像観察技術が開発可能であることを示している。</p> <p>日本側の学生が台湾で行なった実験から、金属ナノ粒子の絶対温度がその発光スペクトル幅に反映されることを示唆するデータが得られた。また、ナノ構造と温度応答に関するシミュレーションを行なった。今後この実験データに、適切なモデルを組み込むことでナノスケールの温度測定法を確立することができる。また、ナノ粒子からの特殊な散乱応答のメカニズム解明にも繋がると考えられる。台湾側の学生が日本で行った実験でも進捗があった。シリコンナノ粒子を我々の超解像イメージングが可能な顕微鏡で観察すると、その散乱強度の非線形性により散乱イメージの空間分解能が向上することが分かった。今後測定パラメータを変更していくことでシリコンの微細な構造を超解像の分解能で観察できることが期待できる。また、日本側に滞在したもう一人の台湾側の学生は我々の研究室のイメージング技術を取得した。彼が台湾で行なっている手法と組み合わせることで、2光子顕微鏡による撮像の高速化への展開が期待できる。</p>

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
共同研究課題名	(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 (英文) Tip-enhanced Raman studies of 2D-transition metal dichalcogenide (2D-TMD) materials				
日本側代表者 氏名・所属・ 職名・研究者番号	(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・1-1 (英文) Prabhat VERMA, Graduate School of Engineering, Osaka University, Professor・1-1				
相手国側代表者 氏名・所属・ 職名・研究者番号	(英文) Zheyu FANG, Peking University, Beijing, China, Associate professor・2-4				
30年度の 研究交流活動	<p>本研究の目的は、多層二次元 TMD の層間相互作用をナノスケールで理解・解明することである。この目的のもと、中国側の共同研究者は、化学気相成長法 (CVD) によって作製した多層二硫化モリブデンを対象に引き続き研究を行った。加えて、大面積かつ薄い二硫化モリブデンを作製するための金剥離法をベースとした試料作製法も我々独自に開発した。空間分解能の低いファーフィールド測定、高いニアフィールド測定の双方で、日本側でラマン散乱実験を行った。いくつかの成果を学術論文として掲載し、国際学会でも発表した。さらに、低周波ラマン散乱の分析にも注力した。低周波ラマンは層数や堆積方位に大きく影響を受けるため、高感度にそれらを分析することが可能である。低周波帯域で先端増強ラマン分光 (TERS) 分析を行うことを次の目標とする。</p> <p>日本側統括 バルマ・プラブハットが中国側を訪問し、研究進捗及び研究計画について議論を重ねた。</p>				
30年度の 研究交流活動 から得られた 成果	<p>中国側の共同研究者は、試料作製手法の改良に取り組み、実際に層数の異なる二硫化モリブデン試料の作製に成功した。日本側研究者も、大面積かつ層数の少ない二硫化モリブデンを得られる別の作製法を開発した。また、これらの手法で作製した試料のラマン分析にも取り組んだ。ブラッググレーティングを含む低周波ラマン装置の改良を行い、二硫化モリブデンの層間相互作用や積層方位の理解が大きく進んだ。これまではファーフィールドの低周波ラマンイメージングを行ってきたが、今後は TERS を用いてナノスケールで層間相互作用の空間分布を探る予定である。</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
共同研究課題名	<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・ 職名・研究者番号	<p>(和文) 井上康志・大阪大学大学院生命機能研究科・教授・1-3</p> <p>(英文) Yasushi INOUE, Graduate School of Frontier Biosciences, Osaka University・Professor・1-3</p>				
相手国側代表者 氏名・所属・ 職名・研究者番号	<p>(英文) Martin BOOTH, Department of Engineering Science, University of Oxford, Professor・9-1</p> <p>Vincent DARIA, John Curtin School of Medical Research, Australian National University, Group Leader・8-1</p>				
30年度の 研究交流活動	<p>平成30年8月25～28日に、アメリカ・サンディエゴにおいて開催された SPIE Optics + Photonics 2018 に石飛が出席し、最新の研究成果を発表するとともに、オーストラリア側の代表者である Vincent DARIA グループリーダーと情報交換および今後の展開などを議論した。</p> <p>平成30年12月9～12日に、インド・ムンバイにおいて開催された本プログラム主催のシンポジウム“Global Nanophotonics 2018”(GNP2018)に井上、田中、藤篠が出席し、最新の研究成果を発表するとともに、他のグループとの共同研究の可能性を模索した。</p>				
30年度の 研究交流活動 から得られた 成果	<p>開発している蛍光性白金ナノクラスターを用いて、細胞の特定部位の免疫染色を試みた。抗体として AMPA 型グルタミン酸受容体と特異的に結合する Glutamate レセプター2を用いた。蛍光性白金ナノクラスターと抗体との修飾にはグルタルアルデヒドを用いた。その結果、抗体を白金ナノクラスターに結合することに成功し、ラット胎児から取り出した海馬神経細胞内での AMPA 受容体(レセプター)の蛍光イメージングに成功した。またシナプス間隙においてグルタミン酸などの神経伝達物質を金ナノ粒子による表面増強ラマン散乱を用いて検出するため、金ナノ粒子への AMPA 型グルタミン酸受容体の修飾方法について検討した。</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・1-12 (英文) Atsushi TAGUCHI, Graduate School of Engineering, Osaka University, Assistant Professor・1-12				
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・3-7				
30年度の研 究交流活動	昨年度に引き続き、台湾側が作製した単層 MoS ₂ 膜試料および単層 WSe ₂ 膜試料の高解像度ラマン分析を進めた。ラマン測定を日本側が有する先端増強ラマン顕微鏡で行い、データ解析を台湾側で進めた。また、twisted bilayer graphene (ねじれ二層グラフェン) のラマンスペクトル像の測定も行った。				
30年度の研 究交流活動 から得られた 成果	ラマンスペクトル画像を測定し解析を行った結果、スタッキング構造がねじれていない場合には観測されない、ねじれ二層グラフェンに特有のRバンドが観察できた。このことから、ねじれ二層グラフェンのラマンスペクトル像の取得に成功した。				

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
共同研究課題名	(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・ 職名・研究者番号	(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・1-1 (英文) Prabhat VERMA, Graduate School of Engineering, Osaka University, Professor・1-1				
相手国側代表者 氏名・所属・ 職名・研究者番号	(英文) Venu Gopal ACHANTA, Tata Institute of Fundamental Research, Mumbai, India, Professor・7-1 Wilson GARCIA, University of the Philippines, Manila, Philippines, Professor・ 5-1				
30年度の 研究交流活動	<p>本研究では、プラズモン増強の温度に対する影響を探るべく低温下での表面増強ラマン散乱(SERS)効果を評価することを目的としている。この目的のもと、自作の低温装置を用いてカーボンナノチューブの基礎的な低温ラマン測定を行った。この低温装置をSERS測定にも応用し、基礎的なSERS測定も開始した。次年度は、低温SERS分光及び顕微法を様々な試料で実施し研究目的の達成を狙う。</p> <p>日本側統括 バルマ・プラブハットがインド側共同研究先を数日間訪問し、研究活動内容・計画・進捗について議論した。また、フィリピン国際会議にて研究進捗を発表した。</p>				
30年度の 研究交流活動 から得られた 成果	<p>作製した自作低温ラマン測定システムに様々な観点からいくつかの改良を加えた。結果として、さらなる低温化、高安定性を実現した。現在、安定的に動作できるようになっており、温度制御も望む温度に正確に制御できている。カーボンナノチューブを用いて基礎的な低温測定を行い、様々な試料温度で高い確度でラマン測定及びSERS測定を行えることを確認した。</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28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・ 職名・研究者 番号	(和文) 庄司 暁 電気通信大学 准教授・1-9 (英文) Satoru SHOJI, The University of Electro-Communications, Associate Professor・1-9				
相手国側代表 者氏名・所 属・職名・研 究者番号	(英文) Junichiro KONO, Professor, Rice University・10-1				
30年度の 研究交流活動	【本共同研究は平成28年度で終了】 本共同研究の日本側代表者 電気通信大学 庄司 暁准教授が JSPS の新たな責務で予期せず多忙となり、本共同研究に専念することが不可能になったため、本共同研究は平成28年度で終了し、同研究テーマを引き継ぐ新たな共同研究として R-17「ナノ材料によるテラヘルツフォトニクスの開拓」を立ち上げることとした。				
30年度の 研究交流活動 から得られ た成果					

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
共同研究課題名	(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・ 職名・研究者番号	(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・1-1 (英文) Prabhat VERMA, Graduate School of Engineering, Osaka University, Professor・1-1				
相手国側代表者 氏名・所属・ 職名・研究者番号	(英文) Alexander Dubrovkin, Nanyang Technological University, Singapore, Associate Professor.・4-4				
30年度の 研究交流活動	本研究は、紫外域でのプラズモン増強に関するものであり、プラズモンナノフォーカスという技術でこれを達成することを予定している。本年度は、電磁場計算、実験の両面から研究を実施し、三角形構造の先端で光を局在・増強できることを実証した。金や銀の三角形構造も用いて、短波長域でのプラズモンナノフォーカス特性を検証したが、アルミニウムで作製した三角形構造がシミュレーションと実験の双方で紫外域においては優良な結果を得た。現在は実際の実験に主眼を置いて、紫外光増強の様々な技術への応用を見込んでいる。 日本側統括 バルマ・プラブハットはシンガポール側共同研究先に数日間滞在し、研究計画・活動内容・進捗について議論した。				
30年度の 研究交流活動 から得られた 成果	FDTD 計算を用いて、アルミニウム三角形構造の紫外域におけるプラズモンナノフォーカス特性をシミュレーションした。種々のパラメータを最適化したのち、真空蒸着法とFIBナノリソグラフィを用いて同様のアルミニウム構造を実際に作製した。また、紫外光が構造の先端で局在・増強されることを確認した。背景基盤的な研究として、銀や金でも同等の実験を行い、これらは可視光域や近赤外域では優れた特性を示すことを見出した。				

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
共同研究課題名	<p>(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</p> <p>(英文) Super-resolution imaging with electron beam excitation for observation of localized plasmon resonance</p>				
日本側代表者 氏名・所属・ 職名・研究者番号	<p>(和文) 川田善正・静岡大学 工学部機械工学科・教授・1-7</p> <p>(英文) Yoshimasa KAWATA, Department of Mechanical Engineering, Shizuoka University, Professor・1-7</p>				
相手国側代表者 氏名・所属・ 職名・研究者番号	<p>(英文) Din Ping TSAI, Academia Sinica, Professor・3-1</p>				
30年度の 研究交流活動	<p>本研究では、集束電子線を用いて金属微細構造での局在プラズモンを励起し、その発光分布を検出することにより、局在プラズモンの励起特性を解明することを目的とする。平成30年度は昨年度に続いて集束電子線で金属ナノ粒子に励起した局在プラズモンを利用して、蛍光の発光増強を行うことを試みた。集束電子線を用いることにより、微小な領域にのみ局在プラズモンを励起し、蛍光分子を発光させることが可能となる。</p> <p>平成30年度は、これまでに得られたさまざまな金属微細構造において、表面プラズモンの励起特性を可視化した。その励起特性に基づいて、共同研究者とともにメール、研究機関の訪問を通して多くの議論を重ねるとともに、微細構造の作製について検討した。</p>				
30年度の 研究交流活動 から得られた 成果	<p>本年度の研究により、ナノ粒子の金属の種類、大きさ、また集合状態などによる電場増強効果を明らかにした。単一粒子、近接した2粒子、多数の金属ナノ粒子が凝集した状態などにおける電場増強効果などを明らかにした。これらの研究成果をもとに、より高い電場増強効果を実現するための金属微細構造の設計、解析などを行うための基礎データが得られた。これらの研究実績は、次年度の研究計画を議論する上で基礎となるものである。</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28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・ 職名・研究者 番号	(和文) 河田 聡・大阪大学 大学院工学研究科・教授・1-2 (英文) Satoshi KAWATA, Graduate School of Engineering, Osaka University, Professor・1-2				
相手国側代表 者氏名・所 属・職名・研 究者番号	(英文) Din Ping TSAI, Research Center for Applied Sciences, Academia Sinica, Professor・3-1				
30年度の 研究交流活動	【本共同研究は平成28年度で終了】 本共同研究の日本側代表者 大阪大学大学院工学研究科 河田 聡教授が平成29年3月31日をもって退職したため、本共同研究は平成28年度で終了し、同研究テーマを引き継ぐ新たな共同研究としてR-18「メタサーフェスを用いた先端増強ラマン分光法」を立ち上げることにした。				
30年度の 研究交流活動 から得られた 成果					

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
共同研究課題名	(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・ 職名・研究者番号	(和文) 高原淳一・大阪大学 大学院工学研究科・教授・1-5				
	(英文) Junichi TAKAHARA, Graduate School of Engineering, Osaka University, Professor・1-5				
相手国側代表者 氏名・所属・ 職名・研究者番号	(英文) Eric Plum, University of Southampton, Lecturer・9-6 Kevin F. MacDonald, University of Southampton, Principal Research Fellow・9-7				
30年度の 研究交流活動	<p>本学博士後期課程大学院生 長崎裕介が University of Southampton の Zheludev 研究室に滞在（平成 28 年 6 月～平成 29 年 3 月）し、Plum 博士と MacDonald 博士の指導の下で形状記憶合金を用いたメタ表面の光学反射特性のヒステリシス制御の研究を行った。帰国後、平成 30 年度まで時間をかけて国際共著論文の執筆を共同ですすめ、論文にまとめることができた。</p> <p>また、平成 30 年 12 月にインドで開催された GNP2018（ムンバイ、インド）に大学院生 2 名を派遣し、研究成果の発表と意見交換を行った。</p>				
30年度の 研究交流活動 から得られた 成果	<p>共同研究の成果を以下の国際共著論文として出版した。これにより、形状記憶合金というこれまでにない機能性材料を用いて可逆的に光学特性を変化させることのできるメタ表面デバイスを実現することができた。</p> <p>Y. Nagasaki, B. Gholipour, J.-Y. Ou, M. Tsuruta, E. Plum, K.F. MacDonald, J. Takahara, and N.I. Zheludev, "Optical bistability in shape-memory nanowire metamaterial array", Appl. Phys. Lett. 113, 021105 (2018).</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
共同研究課題名	(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・ 職名・研究者番号	(和文) 田中拓男・理化学研究所・主任研究員・1-8 (英文) Takuo TANAKA・RIKEN・Chief Scientist・1-8				
相手国側代表者 氏名・所属・ 職名・研究者番号	(英文) Din Ping TSAI・Academia Sinica, Taiwan・Professor・3-1 Qihuang GONG・Peking University, China・Professor・2-1				
30年度の 研究交流活動	1) Tsai 教授と田中は共同で米国サンディエゴで開催された国際会議 SPIE Optics+Photonics において Plasmonics セッションを主催した。このセッションは、当国際会議の中でも最大級のものとなった。会議では、田中ならびに Tsai 自身も共同研究の成果を発表した。 2) 田中は、Academia Sinica から博士課程学生 Dong-Sheng SU を理研に受け入れ共同研究を行った。実験ではガス分子を高感度に検出する新しいデバイスの試作を行い、これが実際に機能することを実証した。この研究成果は、現在論文執筆中であり、近日中に投稿予定である。				
30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) 上に述べたように国際会議のセッションの主催などを通して、人的交流を積極的に行った。セッションでは、互いの若手研究者に座長を任せるなど、国際的な舞台に参加する経験の提供に努めた。 2) 台湾からの博士課程学生の受け入れルートを確立させて、H31年度も引き続き新たな学生を理研に受け入れることが確定した。このように、日台間の人的交流を推進するとともに、問題点などを明らかにしながら議論することで、効率良く共同研究を進めるための基盤を構築した。 3) 共同研究で得られた研究成果は、共著論文として執筆を進めており、研究成果の外部発表という点からもスムーズに計画を進められるようになった。				

整理番号	R-12	研究開始年度	平成28年度	研究終了年度	平成32年度
共同研究課題名	(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・ 職名・研究者番号	(和文) 田中拓男・理化学研究所・主任研究員・1-8 (英文) Takuo TANAKA・RIKEN・Chief Scientist・1-8				
相手国側代表者 氏名・所属・ 職名・研究者番号	(英文) Junsuk RHO, Pohang University of Science and Technology (POSTECH), Assistant Professor・6-4				
30年度の 研究交流活動	1) 昨年度に引き続き、韓国 POSTECH の Rho 助教ならびに岡山大の武安准教授との3者間の共同研究を進め、自己組織的に形成される金属ナノ構造の高次元化を目指した研究を実施した。田中と武安は、化学的に合成した金ナノ微粒子を複数個組み合わせて、2量体や3量体などの高次構造体を自己形成させる手法を開発した。 2) Rho 助教は、カイラリティを示す金属ナノ微粒子の合成プロセスの開発を進め、これに成功した。 3) 田中と武安は、Rho 助教を訪問し、互いの成果を報告しあうと同時に今後の共同研究の方針を議論するなど、日韓間の連携をより活発にするための方法を検討した。				
30年度の 研究交流活動 から得られた 成果	1) 3次元メタマテリアルの自己組織化形成法の実現に向けて、互いに金属ナノ微粒子を様々な形状に加工できる技術が得られつつある。また、それらの成果は論文として纏めてあり、今年度は共著論文として1報を発表することができた。残りの成果についても順次論文投稿の準備中である。 2) 若手研究者の交流についても、具体的な計画を議論し、平成31年度は韓国から博士課程の学生を理研に受け入れることが決定した。これを足がかりに、共同研究がより強力で推進できると期待している。 3) 韓国側の研究プロジェクト nCOMS の参画メンバーとも継続して共同研究の立ち上げを目指した議論を続けており、その中には学生を含む若手研究者も参加させて国際的な共同研究の経験を積む機会を継続的に提供できるようになった。				

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
共同研究課題名	<p>(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)</p> <p>(英文) Scanning near-field microscopy (SNOM) for material characterization at nanoscale.</p>				
日本側代表者 氏名・所属・ 職名・研究者番号	<p>(和文) バルマ プラバット・大阪大学 大学院工学研究科・教授・1-1</p> <p>(英文) Prabhat VERMA, Graduate School of Engineering, Osaka University, Professor・1-1</p>				
相手国側代表者 氏名・所属・ 職名・研究者番号	<p>(英文) Dangyuan LEI, City University of Hong Kong, Associate Professor・11-1</p>				
30年度の 研究交流活動	<p>探針先端に三角形銀構造を作製することによって TERS プローブを作製した。この三角形構造はシミュレーションに準じた形状を有している。三角形構造の作製方法であるが、まず非常に滑らかな銀薄膜をピラミッド型酸化シリコン探針の片面にのみ真空蒸着した。次に、集束イオンビームでこの銀薄膜を切断することによって、異なる長さを有する三角形銀構造を得た。実験としては、まず各プローブのプラズモン共鳴波長を分析するために散乱スペクトルを計測した。また、チューナブルな共鳴増強を用いて TERS 実験も実施した。</p> <p>日本側統括 バルマ・プラバットが香港側共同研究先に数日間滞在し、研究計画・活動内容・進捗について議論した。</p>				
30年度の 研究交流活動 から得られた 成果	<p>シミュレーションを通して、三角形金属構造の長さが増加するにつれて、プラズモン共鳴波長が明確に長波長シフトすることを確認した。これは、所望のプラズモン共鳴波長を有するプローブを作製可能であることを意味する。複数のプローブを作製し、散乱スペクトル計測を通してそれぞれのプラズモン共鳴波長を精査した。長さ 70 nm と 120 nm の三角形銀構造プローブを作製し、2 種類のカーボンナノチューブでそれぞれ TERS 測定を行った。これらのプローブでプラズモン共鳴波長が制御可能であることも見出した。</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
共同研究課題名	(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・ 職名・研究者番号	(和文) 尾崎雅則・大阪大学 大学院工学研究科・教授・1-6 (英文) Masanori OZAKI, Graduate School of Engineering, Osaka University, Professor・1-6				
相手国側代表者 氏名・所属・ 職名・研究者番号	(英文) Wei FENG, School of Materials Science and Engineering, Tianjin University, Professor・2-5				
30年度の 研究交流活動	<p>30年9月東京開催の固体材料デバイスの国際会議 SSDM2018 に参加し、共同研究の一部を報告した。大阪大学からは准教授の藤井と大学院生の藪内に参加した。天津大学側からの参加はなかったが、会議での議論について報告し、今後の研究方針について議論を行った。今後共同で実験を行うにあたり、引き続き、天津大学側で新規カーボン量子ドット材料の開発を行い、大阪大学にてその光電子物性評価を行うこととした。また、実験機器、設備の進捗を相互に説明すると共に、それらの相互利用について議論を行った。</p>				
30年度の 研究交流活動 から得られた 成果	<p>天津大学が開発した光機能性官能基を修飾したカーボン量子ドット材料の光異性化、光会合に基づく分子配向特性と結晶構造を X 線回折像及び偏光顕微鏡観察により明らかにした。また、π共役系分子・高分子の高品質有機半導体薄膜を、一軸掃引機構を有する塗布製膜プロセスによって作製し、分子パッキング構造、光電変換機能、キャリア輸送特性を明らかにした。カーボン量子ドット材料との複合構造及び積層構造についても検討し、分子間相互作用に基づく電子・光物性について議論した。薄膜中のキャリア移動度を決定するために、CELIV 法を採用し、固体薄膜中のキャリア挙動の評価を行った。特に、薄膜接合界面で蓄積もしくは生成するキャリアの拡散過程を考慮した輸送モデルを提案し、キャリアの極性と移動度を決定する手法の改良に成功した。</p>				

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
共同研究課題名	<p>(和文) 生体分子相互作用のラベルフリーの研究</p> <p>(英文) Label-free study of biomolecular interaction</p>				
日本側代表者 氏名・所属・ 職名・研究者番号	<p>(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・1-13</p> <p>(英文) Nicholas SMITH, Immunology Frontier Research Center, Osaka University, Associate Professor・1-13</p>				
相手国側代表者 氏名・所属・ 職名・研究者番号	<p>(英文) Vincent DARIA, Australian National University, Research Fellow・8-1</p> <p>Ewan BLANCH, Physical Chemistry, Royal Melbourne Institute of Technology, Professor・8-2</p>				
30年度の 研究交流活動	<p>平成29年度の研究を引き続き推進するためRMITのBlanch教授と3名の学生が我々の研究室を訪問した。更にRMITの博士後期課程2年の学生1名も3週間にわたり我々の研究室を訪問し共同研究を行った。日本側の研究代表者はオーストラリア国立大学のVincent Dalia研究室に1週間訪問し、共同実験を行った。また、インドのムンバイとデリにおいてこの事業の研究成果の発表を行った。</p>				
30年度の 研究交流活動 から得られた 成果	<p>ラマン測定を用いた共同実験により、レーザー照射中に細胞内で起こる分子変化を測定する事に成功した。この成果についてRMITグループと大阪大学の研究グループで現在共著論文の執筆を進めている。また、大阪大学の修了生であるオーストラリア国立大学のDaria博士は小分子（神経伝達物質）のラマン測定の機能性を精査した。</p>				

整理番号	R-16	研究開始年度	平成29年度	研究終了年度	平成32年度
共同研究課題名	(和文) メタレンズによる集光点の3次元制御 (英文) Three-dimensional control of the focal point via meta-lenses				
日本側代表者 氏名・所属・ 職名・研究者番号	(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・1-1 (英文) Prabhat VERMA, Graduate School of Engineering, Osaka University, Professor・1-1				
相手国側代表者 氏名・所属・ 職名・研究者番号	(英文) Byoung-ho LEE, School of Electrical Engineering, Seoul National University, Seoul, Korea, Professor・6-1				
30年度の 研究交流活動	本研究は、光を制御する二次元メタサーフィスの設計と作製に関するものであり、特に光の集光点をナノ制御するメタレンズに関する研究に取り組んだ。FDTD シミュレーションを通して、複数金ナノリングから成るメタレンズの設計パラメータ最適化を行った。三次元全ての方向に集光点を独立に制御することに成功した。また、集光点を任意の位置に自在に制御できることも見出した。 日本側統括 バルマ・プラブハットが韓国側共同研究先に数日間滞在し、研究計画・活動内容・進捗について議論した。また、本研究に関して学会発表も行った。				
30年度の 研究交流活動 から得られた 成果	複数の金ナノリングから成るメタレンズの設計パラメータを最適化するため、FDTD シミュレーションを行った。三次元方向全てに独立して、集光点を制御できることを示した。				

整理番号	R-17	研究開始年度	平成29年度	研究終了年度	平成32年度
共同研究課題名	(和文) ナノ材料によるテラヘルツフォトニクスの開拓 (英文) Terahertz Photonics by Nanomaterials				
日本側代表者 氏名・所属・ 職名・研究者番号	(和文) 斗内 政吉・大阪大学レーザー科学研究所・教授・1-139 (英文) Masayoshi TONOUCHI, Institute of Laser Engineering, Osaka University・Professor・1-139				
相手国側代表者 氏名・所属・ 職名・研究者番号	(英文) Junichiro KONO, Professor, Rice University・10-1				
30年度の 研究交流活動	<p>ライス大学(米国)の河野淳一郎氏と、カーボンナノチューブ(CNT)やグラフェンなどのナノカーボン材料の高速キャリアダイナミクスに関する共同研究を行った。特に30年度は、カイラリティを制御した半導体CNTからのテラヘルツ放射特性を詳細に計測し、生成するエキシトンのダイナミクスの計測を試みた。これらの研究を推進するため、河野教授が1度来日し研究打ち合わせを行った他、大阪大学から特任研究員を2ヶ月程度ライス大学に派遣し、ナノカーボンの作製および光応答計測を行った。</p>				
30年度の 研究交流活動 から得られた 成果	<p>カイラリティ制御されかつ一方向に配向したCNTを用いた光伝導アンテナを作製し、フェムト秒パルスレーザーを照射する事により光励起キャリアが生成され、テラヘルツ波が放射されることを確認した。また、その際にTHz波と光電流を同時計測し、その励起波長依存性やバイアス電圧依存性が異なることを明らかにした。このことは、光励起によるエキシトン生成とその乖離過程においてキャリアの増幅されることを示唆している。</p>				

整理番号	R-18	研究開始年度	平成29年度	研究終了年度	平成32年度
共同研究課題名	(和文) メタサーフェスを用いた先端増強ラマン分光法 (英文) Metasurface-modified tip-enhanced Raman spectroscopy				
日本側代表者 氏名・所属・ 職名・研究者番号	(和文) パルマ プラブハット・大阪大学 大学院工学研究科・教授・1-1 (英文) Prabhat VERMA, Graduate School of Engineering, Osaka University, Professor・1-1				
相手国側代表者 氏名・所属・ 職名・研究者番号	(英文) Din Ping TSAI, Research Center for Applied Sciences, Academia Sinica, Taipei, Taiwan, Professor・3-1				
30年度の 研究交流活動	<p>本研究では、ナノ探針の先端でナノ光源を制御することを目的として、TERS に用いられる探針の胴体部にメタサーフィスを作製することを目指している。FDTD シミュレーションを通して、様々な種類のメタサーフィスを設計し、光-プラズモンカップリング及びナノフォーカスにおける特性を評価した。次に、シミュレーションしたメタサーフィスを実際に作製することに取り組んだ。ピラミッド型ナノ探針の片面に滑らかな銀薄膜を蒸着し、そこにメタサーフィスを集束イオンビームを用いて作製した。高精細なメタサーフィスを作製することに成功し、この作製した探針を用いて実際の TERS 実験へと移行する予定である。</p> <p>日本人側の学生を共同実験のため3日間台湾側へ派遣した。また、台湾側からも本研究に取り組む学生を4日間招待した。</p>				
30年度の 研究交流活動 から得られた 成果	FDTD シミュレーションを通して、光と効率的にカップリングしプラズモンナノフォーカスをテーパ構造の先端で誘起できるメタサーフィス構造の最適化を行った。メタサーフィスのシミュレーションに成功したのち、同等のナノ探針構造を実際に作製し、光-プラズモンの高い結合効率及び先端でのプラズモンナノフォーカスを実験的にも確認した。				

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 2018」
	(英文) JSPS Core-to-Core Program “Global Nanophotonics 2018”
開催期間	平成 30 年 12 月 9 日 ～ 平成 30 年 12 月 12 日 (4 日間)
開催地 (国名、都市名、会場名)	(和文) インド、ムンバイ、タタ基礎研究所
	(英文) India
日本側開催責任者 氏名・所属・職名・ 研究者番号	(和文) バルマ プラブハット・大阪大学・教授・1-1
	(英文) Prabhat VERMA, Osaka University, Professor・1-1
相手国側開催責任者 氏名・所属・職名・ 研究者番号 (※日本以外での開催の場合)	(英文) Venu Gopal ACHANTA, Tata Institute of Fundamental Research, Condensed Matter Physics and Material Science, Associate Professor・7-1

参加者数

日本	A.	20 / 123	
	B.		
(インド)	A.	59 / 236	
	B.		
(中国)	A.	7 / 28	
	B.		
(シンガポール)	A.	6 / 24	
	B.		
(米国)	A.	3 / 12	
	B.		
(オーストラリア)	A.	1 / 4	
	B.		
(台湾)	A.	1 / 4	
	B.		
(ロシア)	A.		
	B.	2	
(ドイツ)	A.		
	B.	1	
(イスラエル)	A.		
	B.	1	
合計 <人/人日>	A.	97 / 431	
	B.	4 /	

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)

※人/人日は、2 / 14 (= 2人を7日間ずつ計14日間派遣する) のように記載してください。

※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、備考欄にその内訳等を記入してください。セミナー開催の目的		前年度開催したシンポジウムを引き継ぐ形で、今年度はインドで本プログラムに関わる日本側研究者及び相手側研究者が一同に介し、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、最近の共同研究の進展について皆で議論を行うことによってナノフォトニクスの学理探求と国際交流を行う。また、このような会議に若手研究者を参画させることにより、口頭発表・ポスター発表・研究議論を通して若手人材の育成を行う。	
セミナーの成果		本国際会議ではナノフォトニクス分野で世界を牽引する国際的に著名な研究者を招待し、ナノイメージング、プラズモニクス/メタマテリアル、光操作/加工などにわたるテーマで、最新研究の報告と研究討論を行うことができ、今後の拠点事業推進とネットワーク構築に繋がる成果を得ることができた。会議期間中には相手国の代表であるコーディネーター（またはその代理）を集めて運営会議を開催し、課題を共有するとともに今後の共同研究の進め方を具体的に決めた。また、新たな参加者の獲得と共同研究ネットワークの拡大をめざして、会議には本事業参加研究者以外の発表も招待講演に取り入れた。これにより本事業参加者はさらに増加している。	
セミナーの運営組織		タタ基礎研究所の Venu Gopal ACHANTA とそのチームからなる現地実行委員会	
開催経費 分担内容 と金額	日本側	内容 国内旅費 外国旅費 備品・消耗品費 不課税取引・非課税取引に係る消費税	金額 143,000 円 3,732,756 円 0 円 362,573 円
	中国側	内容 国内旅費 外国旅費	
	台湾側	内容 国内旅費 外国旅費	
	シンガポール側	内容 国内旅費 外国旅費	
	インド側	内容 国内旅費 外国旅費	
	オーストラリア側	内容 国内旅費 外国旅費	
	アメリカ側	内容 国内旅費 外国旅費	

7-3 中間評価の指摘事項等を踏まえた対応

① 評価コメント（抜粋）：

1) 「若手研究者の育成については、セミナーへの学生の参加や、有力機関への若手の長期派遣などを行ってはいるが、今後はさらに新しい研究の芽を生むような長期滞在を通した「研究交流活動」を期待する。」

対応：R-1において日本側学生1名を台湾に3か月間長期滞在させ、共同研究を推進した。R-17では特任研究員1名をライス大学に2か月間長期滞在させ、共同研究を推進した。また、2)に述べるように、有機的な研究交流活動を台湾に集中させた。その結果、新しい研究の芽が生まれつつある。また、R-11では台湾から日本の理研への博士課程学生の受け入れルートを確立させ、若手の長期滞在の道を確立した。

2) 「後半に向け、例えば集中すべき課題をある程度選択し、腰を据えた真の研究交流・共同研究を実施し、そこから派生する新たな成果を期待したい。」

対応：本年度は台湾 Chu 教授との共同研究 R-1 に交流を集中させた。これまでのバイオイメージングを専門とする藤田グループだけでなく、メタ表面デバイスを専門とする高原グループからも学生を台湾側へ2回にわたり派遣した。また、台湾からの学生が高原グループに滞在しセミナーを行うとともに、台湾側の要請に応じてパラメータを調整してメタ表面デバイスを作製した。台湾側も超短パルスを専門とする他のグループと連携して、光学測定を行うなど、日台間の有機的な連携体制を構築することに成功した。その結果、非線形光学とサーマルプラズモニクスの融合分野において新しい展開が生まれている。

3) 「2016年度に学生の企画による Global Student Conference を開催したことで国際交流によって学生の意欲向上に貢献したことが上げられる。」

対応：引き続き2019年度も教育効果の高い Global Student Conference を学生が独自に開催する予定である。

② 評価コメント（抜粋）：

1) 「これまでに開催された海外セミナーが1回というのは総参加国数と比して少ないという印象がある。また、共同研究は、2研究機関・2国間交流が主体であるので、計画調書にあるように、環太平洋地域全体を巻き込むような展開や有機的な多国間交流というものを期待したい。」

対応：2019年度はセミナーの回数を2回に増やす。2019年度の海外セミナーGNPは台湾で開催することとし、さらに大阪でも GNP の開催を予定している。また、学生が主催する Global Student Conference の開催も予定している。これにより環太平洋地域全体を巻き込んだ有機的な多国間交流を推進することができる。

2) 「国内に対するこの事業の波及効果が明確に記載されていない点が気にかかる。大阪大学を中心とした参画研究機関に止まらず、今後、この分野の日本全体の活性化に資する活動を期待したい。」

対応：R-12においては理研および岡山大学との国内連携を行った。これにより国内2機関と韓国との三者間の共同研究が進展している。

③評価コメント（抜粋）：

1) 「研究交流の立ち上げが遅れ気味のインドやフィリピンなど現時点で共同研究が活発でない地域に対して適切な対応、方策が計画されており、この協力強化により弱点を補いながらネットワーク形成が拡充され、具体的な共同研究の成果として結実することを期待したい。」

対応：本年度はインドにて GNP2018 を開催した。2019年度は地理的にフィリピンと隣接する台湾での GNP 開催を予定しており、共同研究が活発でない東南アジア地域に対してのネットワーク形成を強化する計画である。

2) 「本課題経費終了後の活動について、大阪大学フォトニクスセンターがその役割を果たされるものと期待できる。」

対応：これまでフォトニクスセンターは研究者や学生の来日時のブース提供や定例茶話会の主催をはじめとして、交流のハブ機能を担ってきた。フォトニクスセンターは2018年度より工学研究科附属フォトニクスセンターとなり学内センターとして永続化した。フォトニクスセンターを運営している高原教授が本拠点形成事業でもバルマ教授を補佐して副コーディネーターを務めており、本課題経費終了後も活動を継続できる体制にある。

※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。

※相手国以外の国へ派遣する場合、国名に続けて（第三国）と記入してください。

8-2 国内での交流実績

第1四半期	第2四半期	第3四半期	第4四半期	合計
0 / 0 (0 / 0)	12 / 37 (0 / 0)	2 / 3 (0 / 0)	12 / 43 (0 / 0)	26 / 83 (0 / 0)

9. 平成30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	国内旅費	1,547,160	国内旅費、外国旅費の合計は、研究交流経費の50%以上であること。
	外国旅費	8,652,948	
	謝金	0	
	備品・消耗品購入費	792,518	
	その他の経費	1,719,261	
	不課税取引・非課税取引に係る消費税	763,513	
	計	13,475,400	研究交流経費配分額以内であること。
業務委託手数料		1,347,540	研究交流経費の10%を上限とし、必要な額であること。また、消費税額は内額とする。
合計		14,822,940	