

## アジア研究教育拠点事業 平成26年度 実施計画書

### 1. 拠点機関

日本側拠点機関：	大阪大学
(中国) 拠点機関：	中国科学院理化技術研究所
(台湾) 拠点機関：	中央研究院應用科學研究中心
(シンガポール) 拠点機関：	南洋理工大学 革新的フォトン工学センター

### 2. 研究交流課題名

(和文)：アジア先進ナノフォトニクス研究教育拠点

(交流分野：応用物理、フォトニクス)

(英文)：Advanced Nanophotonics Research and Education Center in Asia

(交流分野：Applied physics, Photonics)

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

### 3. 採用期間

平成23年4月1日～平成28年3月31日

(4年度目)

### 4. 実施体制

#### 日本側実施組織

拠点機関：大阪大学

実施組織代表者(所属部局・職・氏名)：学長・平野 俊夫

コーディネーター(所属部局・職・氏名)：大学院工学研究科・教授・河田 聡

協力機関：神戸大学、徳島大学

事務組織：国際交流オフィス 国際交流課 国際交流推進係

工学研究科 評価広報係、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) Technical Institute of Physics and Chemistry, Chinese Academy of Science

(和文) 中国科学院 理化技術研究所

コーディネーター（所属部局・職・氏名）：（英文）

Organic Nanophotonics, Professor, Xuan-Ming DUAN

協力機関：（英文） Peking University, Jilin University, Fudan University, Tsinghua University

（和文） 北京大学、吉林大学、復旦大学、清華大学

経費負担区分：パターン 1\*、パターン 2

\*注：経費負担区分パターン 1 は R11、R12 のみ適用とする。

（2） 国名：台湾

拠点機関：（英文） Research Center for Applied Sciences, Academia Sinica

（和文） 中央研究院 應用科學研究中心

コーディネーター（所属部局・職・氏名）：（英文）

Research Center for Applied Sciences, Academia Sinica,  
Prof. Din Ping TSAI

協力機関：（英文） Institute Technology Research Center, National Applied Research  
Laboratories, National Taiwan University

（和文） 国家実験研究院 儀器科技研究中心、国立台湾大学

経費負担区分：パターン 2

（3） 国名：シンガポール共和国

拠点機関：（英文） The Centre for Disruptive Photonic Technologies (CDPT),  
Nanyang Technological University (NTU)

（和文） 南洋理工大学 革新的フォトン工学センター

コーディネーター（所属部局・職・氏名）：（英文）

The Centre for Disruptive Photonic Technologies (CDPT),  
Director Prof. Nikolay ZHELUDEV

協力機関：（英文） National University of Singapore,  
Agency for Science Technology and Research

（和文） シンガポール国立大学、科学技術研究庁

経費負担区分：パターン 1

## 5. 全期間を通じた研究交流目標

光は高密度の多様な情報を早く伝え、安全でありかつ、エネルギーが低い、環境にやさしいキャリアであってプローブ・ツールである。この特性を活かし21世紀はエレクトロニクスに代わって光の技術・フォトンクスが地球と人にやさしい新しい時代を創ると期待されている。しかし、そのためにはこれまでの常識と限界を超えて、光でもナノスケール(注1)の観察・加工・動作を可能にしなければならぬ(注2)。ナノスケールでの光と物質との相互作用を利用できれば、物理、化学、生物、医学、材料、電気の分野横断的な先進ナノフォトンクスの分野を新しく展開でき、光での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が出来る。一方で、近年、東南アジア諸国が材料・フォトンクスを含む科学研究の面で著しい発展を示している。本研究交流では、新時代をもたらす先進ナノフォトンクスの研究をいち早くアジアにおいて立ち上げ、人材を育成することを目的とする。すなわち、大阪大学フォトンクスセンターとこれまで研究交流を深めてきたフォトンクス研究分野で中国、および台湾を代表する研究機関である中国科学院理化技術研究所および台湾中央研究院應用科學研究中心、そして平成26年度よりはシンガポールを代表する研究機関である南洋理工大学 革新的フォトン工学センターとで、物理、化学、医学、電気の分野横断的な先進フォトンクス研究に携わっている多様な研究者を結集し、日中台シンガポール国際共同研究を推進し、「アジア 先進ナノフォトンクス研究教育拠点」を形成し、21世紀の科学技術の基盤となるフォトンクス研究を先導しうる研究ネットワークを構築する。同時に、

- ・個別分野の深い専門性と分野横断的なフォトンクスの広い視野、国際的な研究発信能力、文化・社会システムの異なる様々な海外研究者との研究交流・共同研究、および人のネットワーク作りの能力を身につけ、次世代のフォトンクス研究を先導し国際的に通用する若手研究者の育成を目指す。

注1:髪の毛は約80ミクロンで、1ナノメートルは1ミクロンの千分の一。

注2:光は空間的に振動している波長(ミクロン程度)より小さな構造は見えないとされていた。この限界を越えなければ、更に遥かに小さな寸法の半導体素子の技術・エレクトロニクスに取って代わることは出来ない。

## 6. 前年度までの研究交流活動による目標達成状況

アジア先進ナノフォトンクス研究教育拠点の研究協力体制を構築するために、大阪大学フォトンクスセンターと中国科学院・理化技術研究所間で日中先進フォトンクス共同研究覚書を2011年9月22日に締結し、日中共同研究室、中日共同研究室をそれぞれ日本と中国拠点機関に設置した。大阪大学フォトンクスセンターと台湾国家実験研究院・儀器科技研究中心間では、2011年1月27日にフォトンクスに関する学術交流協定を結んでいるので、これにより、大阪大学と中国、台湾の拠点機関との間でフォトンクスに関する学術

交流協定を結び研究協力の基盤を確立した。アジアの有力なフォトニクス研究教育機関であるシンガポールの南洋理工大学 革新的フoton工学センターを新たにアジア先進ナノフォトニクス研究教育拠点に迎えた。

先進ナノフォトニクス研究のフロンティアを切り開く 3 テーマ 1 1 共同研究を以下の通り推進した。

テーマ 1 プラズモニクス・ナノフォトニクス研究:

「R-4 ファンクショナル金属ナノマテリアルの開発と物性探索、光ナノ計測への展開」、

「R-7 プラズモニック超解像顕微鏡の開発」

「R-10 金属メタマテリアル構造の光学特性の数値解析」

「R-11 近接場ラマン分光とナノイメージング」

テーマ 2 光材料とナノ加工:

「R-1 光材料とナノ加工」、 「R-2 フォトニクス分子イメージングプローブ」、

「R-8 高解像度顕微鏡のための蛍光プローブ開発」

テーマ 3 プラズモニックデバイス:

「R-3 異方性メタマテリアルとその高効率 THz 光源への応用」、

「R-5 導波形および局在形機能性プラズモニックデバイス」、 「R-6 高効率太陽電池」、 「R-9 ナノ粒子表面基板生化学光電子検出デバイスの開発」

中国、台湾よりの研究者、学生の受入れ、および日本から中国、台湾への研究者、学生の派遣を行い、共同研究を推進した。これらのテーマを推進する打合せのために、教員が中国、台湾を訪問し研究者交流を行った。本拠点のコーディネーターや協力研究者が主催した数多くのナノフォトニクスの国際シンポジウムで、本拠点の研究成果の招待講演を行った。上記各テーマの研究成果を報告、議論、研究交流を行う国際シンポジウムを開催した。若手研究者がじっくり研究成果を議論し、最先端研究の講演を聴講できる機会とした。シンポジウムなどの機会にコーディネーター会議、幹事の打合せを行い、拠点運営や重要企画について協議した。

平成 23 年度には、キックオフセミナーを日中台 3 国(地域)でそれぞれ開催し、「アジア進ナノフォトニクス 国際シンポジウム 2011」を伊勢志摩で開催した。北京でのセミナーでは、3 拠点機関のコーディネーターが集まって、コーディネーター会議を持ち平成 24 年度の拠点事業計画について審議した。台湾のセミナーでは、パネルディスカッションが行われ、次年度以降、学生が中心となってセミナー、若手交流会を企画実施することが話し合われた。

平成 24 年度には、セミナー“アジア ナノフォトニクス 2012”を金沢で開催し、バイオメディカルフォトニクスに焦点を当て研究交流を行った。学生が中心となってセミナー「アジア学生フォトニクスカンファレンス 2012」を大阪大学フォトニクスセンターで開催し、アジア学生のネットワークを形成した。セミナーアジアコアワークショップ“ナノテクノロジーとフォトニクス”を、これまで大阪大学フォトニクスセンターと交流実績があ

り MoU を締結しているモロッコ MAScIR で開催した。

平成 25 年度には、「アジア学生フォトニクスカンファレンス 2013」、中国セミナー「Nanophotonics and Nanomaterials」、台湾セミナー「Japan-Taiwan Bilateral Conference on Biomedical and Plasmonic Imaging」を実施した。日中台 3 国(地域)で開催したセミナーへの学生・若手研究者の比率は参加研究者の半数を超えるほど高く、研究交流・議論の機会を通して、相互に国際的に通用する交流力を 向上させた。

本拠点の研究推進により数多くの成果を挙げ、国際会議や論文で発表した。

アジア先進ナノフォトニクス研究教育拠点のホームページを立ち上げ、セミナー・プロシーディング等の開催内容及びその成果、共同研究、研究者交流などの状況を、ホームページに掲載し、写真や図も含め分かりやすく広く公開した。中国、台湾をはじめ世界に情報を発信できるよう英文も充実した。

共同研究推進や新たな共同研究立ち上げの打合せ、新たなシンガポール拠点との共同研究推進などのための研究者交流が活発に行われた。

## **7. 平成 26 年度研究交流目標**

### **<研究協力体制の構築>**

3 テーマ「プラズモニクス・ナノフォトニクス研究」、「光材料とナノ加工」、「プラズモニックデバイス」に「メタマテリアル」を加えた 4 テーマの融合研究を推進する。メタマテリアルは、プラズモニクスに関連したナノフォトニクスの重要な科学分野で、この先進分野のリードする研究機関の一つであるシンガポールの Centre for Disruptive Photonic Technologies, NTU, Nanyang Technological University を加えることにより、ナノフォトニクス研究体制がより充実したものとなる。日本、中国、台湾、シンガポールの連携が、融合研究の推進に資するよう、シンガポールでの S-2「アジアプラズモニクス・メタマテリアル国際会議」や研究者交流を有効に活用する。

これは、以下の中間評価結果に沿ったものである。

「セミナー、シンポジウムの枠を日本国内の他の教育研究機関、またアジア諸国に拡大し、本プログラムが研究教育拠点として認知されている実体作りにも努力していただきたい。」

### **<学術的観点>**

先進ナノフォトニクス研究のフロンティアを切り開く共同研究を引き続き推進する。3 テーマ「プラズモニクス・ナノフォトニクス研究」、「光材料とナノ加工」、「プラズモニックデバイス」に「メタマテリアル」を加えた 4 テーマの融合研究を推進する。メタマテリアルは、プラズモニクスに関連したナノフォトニクスの重要な科学分野で、これを加えることにより、ナノフォトニクス研究がより一層深化発展する。R-2「フォトニクス分子イメージングプローブ」および R-8「高解像度顕微鏡のための蛍光プローブ開発」は、研究目的が達成されたので終了する。また、新たに R-12「金属ナノロッドを用いた表面増強ラマン散

乱」を立ち上げる。メタマテリアルをテーマとして取り上げ、以下の様に 10 テーマを推進する。

テーマ 1 プラズモニクス・ナノフォトニクス研究:

- 「R-4 ファンクショナル金属ナノマテリアルの開発と物性探索、光ナノ計測への展開」、
- 「R-7 プラズモニック超解像顕微鏡の開発」
- 「R-11 近接場ラマン分光とナノイメージング」
- 「R-12 金属ナノロッドを用いた表面増強ラマン散乱」

テーマ 2 光材料とナノ加工:

- 「R-1 光材料とナノ加工」、

テーマ 3 プラズモニックデバイス:

- 「R-5 導波形および局在形機能性プラズモニックデバイス」、
- 「R-6 高効率太陽電池」、
- 「R-9 ナノ粒子表面基板生化学光電子検出デバイスの開発」

テーマ 4 メタマテリアル:

- 「R-3 異方性メタマテリアルとその高効率 THz 光源への応用」、
- 「R-10 金属メタマテリアル構造の光学特性の数値解析」

以下の中間評価結果を踏まえて、ナノフォトニクスの中でも 4 テーマの融合研究をさらに推進し、共同研究の成果を積み上げる。

「参画機関自体が個々に当該分野での研究拠点を別途構築している実体（たとえば阪大では、「大阪大学フォトニクスセンター」、「大阪大学ナノフォトニクス先端融合研究拠点」）に鑑みて、本プログラムだから実現できた共同研究成果のターゲットをより具体的に設定することが望ましい。」

「単なる交流やセミナーでは拠点化は長続きせず、やはり研究レベルの高いことが大変重要と考える。」

<若手研究者育成>

大阪大学OSA学生チャプターと共催し、S-1「国際フォトニクス学生交流会」を開催する。以下の中間評価結果に沿って、応用物理学会と時期を合わせて、広いナノフォトニクスの視野を踏まえた交流を企画する。

「本プログラムの中で対象となっているナノフォトニクスは広い分野であるが、プラズモニクスの分野は必ずしも広い分野とはいえない。その中で広くナノフォトニクスの見ることの出来る若手研究者を育成して欲しい。」

## 8. 平成26年度研究交流計画状況

### 8-1 共同研究

整理番号	R-1	研究開始年度	平成23年度	研究終了年度	平成27年度
研究課題名	(和文) 光材料とナノ加工 (英文) Photonic materials for nano-processing				
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, Osaka University, Professor				
相手国側代表者 氏名・所属・職	(英文) Xuan-Ming DUAN, Technical Institute of Physics and Chemistry, Chinese Academy of Sciences, Professor				
参加者数	日本側参加者数	22名			
	(中国)側参加者数	12名			
	( )側参加者数	名			
26年度の研究 交流活動計画	昨年度までに確立してきた感光性金属ナノ粒子/ポリマーナノコンポジットの作製方法に関して、更なるナノ加工分解能の向上を目指す。これまでは1つのレーザーを使用して、重要な基礎技術である光重合反応と光放射圧を制御していたが、新たに1つのレーザーを組み合わせそれぞれの機能を独立に制御する。金属ナノ粒子の配向を緻密に制御することで、ポリマーを用いた柔軟性を持つ新規光材料の実現に向けた研究に取り組む。教員、ポスドク、院生を中国科学院に派遣し、特性評価とナノ加工技術の向上を目指す。				
26年度の研究 交流活動から得られることが期待される成果	中国科学院では金属・半導体ナノ粒子および感光性樹脂の作製技術を有している。この化学的知識を用いて、新たな材料設計に取り組む。また、日本側が有するナノフォトンクス技術を基に新規の光学系を構築し、作製された材料中での金属ナノ粒子の配向制御を行うことで、加工分解能の更なる向上と機能性ナノ構造の開発を目指す。				

整理番号	R-2	研究開始年度	平成 23 年度	研究終了年度	平成 25 年度
研究課題名	(和文) フォトニクス分子イメージングプローブ				
	(英文) Photonics probe for molecular imaging				
日本側代表者 氏名・所属・職	(和文) 菊池和也・大阪大学大学院工学研究科・教授				
	(英文) Kazuya KIKUCHI, Osaka University, Professor				
相手国側代表者 氏名・所属・職	(英文) Xuan-Ming DUAN, Technical Institute of Physics and Chemistry, Chinese Academy of Sciences, Professor				
参加者数	日本側参加者数	10 名			
	(中国) 側参加者数	12 名			
	( ) 側参加者数	名			
26年度の研 究交流活動計 画	生体における蛋白質の機能イメージングを行なうための蛋白質の修飾・ 標識技術がテーマである。平成 25 年度までの研究において、蛋白質の動 態をパルスチェイス解析するために、二つの長波長蛍光標識プローブを 開発し、両プローブの高感度・高 S/N 比化を達成したので、ひとまず終 了する。				
26年度の研 究交流活動から得 られることが期 待される成果	蛋白質の時空間的な生体機能・動態を精密に解析するには、異なる波長 の蛍光を発するプローブが少なくとも二つ必要である。本共同研究によ り、高感度・高 S/N 比プローブを開発し、より詳細かつ精密な蛋白質の 時空間解析が可能となった。				



整理番号	R-3	研究開始年度	平成 23 年度	研究終了年度	平成 27 年度
研究課題名	(和文) 三次元等方メタマテリアルの開発				
	(英文) Three dimensional isotropic 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) Din Ping TSAI, Instrument Technology Research Center, National Applied Research Laboratories, the Director General and Distinguished Researcher, Professor				
参加者数	日本側参加者数	4 名			
	(台湾) 側参加者数	4 名			
	( ) 側参加者数	名			
26年度の研究 交流活動計画	引き続き、3次元金属ナノ構造でできたプラズモニック・メタマテリアルの作製とその光学特性の評価を目的とする共同研究を実施する。平成25年度は、ニッケルと金の二層薄膜に作用する応力の違いによって、メタマテリアル共振器の自己組織的作製を行った。そして、試作したサンプルが30THz域で等方性メタマテリアルとして動作することを確認した。これらの実験を踏まえ、H26年度は、二層金属の種類や膜厚を変化させて、形成される共振器構造のバラエティの拡大と再現性の向上を目指す。また、共振器のサイズを小さくし、メタマテリアルの動作周波数を可視光領域に近づけるように、実験パラメータの最適化等を行う。				
26年度の研究 交流活動から得 られることが期 待される成果	本研究交流が目的とする、自己組織化技術を利用して作成された大規模な三次元メタマテリアルは、世界初の成果としてメタマテリアルならびにプラズモニクス分野のみならず、光学分野全体に大きなインパクトを与える。特に、等方性メタマテリアルは世界中の誰もが未だ成功していない技術である。これを日本、台湾それぞれの研究者が持つ独自の加工技術を融合させることで実現することは、両国の光技術や微細加工技術のレベルの高さを示す事にもなり、また交流活動の成果としても価値がある。				

整理番号	R-4	研究開始年度	平成 23 年度	研究終了年度	平成 27 年度
研究課題名	(和文) ファンクショナル金属ナノマテリアルの開発と物性探索、 光ナノ計測への展開				
	(英文) Design, fabrication and characterization of functional metal nano-materials				
日本側代表者 氏名・所属・職	(和文) 井上康志・大阪大学大学院生命機能研究科・教授				
	(英文) Yasushi INOUE, Graduate School of Frontier Biosciences, Osaka University, Professor				
相手国側代表者 氏名・所属・職	(英文) Xuan-Ming DUAN, Technical Institute of Physics and Chemistry, Chinese Academy of Sciences, Professor  Din Ping TSAI, Instrument Technology Research Laboratories, the Director General and Distinguished Researcher, Professor				
参加者数	日本側参加者数	15 名			
	(中国) 側参加者数	1 名			
	(台湾) 側参加者数	38 名			
26年度の研 究交流活動計 画	直径が数 10nm 程度の金属ナノ粒子や原子数個からなる金属ナノクラスターなどの金属ナノマテリアルはバルク金属とは異なり、特定の波長を共鳴的に散乱するプラズモニクス特性や蛍光性などを有する。これまでに日本側で開発してきた金属ナノマテリアルに中国側の高度な有機化学技術を組み合わせることで、磁場や電荷（電場）、pH などにも応答する機能性の創発を目指す。これまでの検討で、プラチナイオン（2 価）と PAMAM デンドリマーが十分な錯体を形成することが確認できたので、平成 26 年度は還元方法についての検討を行う。複数種の還元剤を用いるとともに、還元剤を加える量、タイミング等を変えながら、プラチナイオンを還元し、吸収-蛍光スペクトル、質量分析等を用いて、形成されるナノクラスターの評価を行い、プラチナナノクラスター蛍光の長波長化を目指とともに、その光物性を解明する。				
26年度の研 究交流活動から得 られることが期 待される成果	プラチナイオンの PAMAM デンドリマー内での還元過程を、詳細に解明することで、よりサイズの大きなナノクラスターの形成とそれによる蛍光波長の長波長化を行い、生体細胞・組織の深部イメージング等への展開が期待される。また、溶液中でのナノクラスター形成メカニズムの詳細な理解と複数種の元素による合金ナノクラスター合成法の可能性の検討についても共同研究による一層の進展が期待される。				

整理番号	R-5	研究開始年度	平成 23 年度	研究終了年度	平成 27 年度
研究課題名	(和文) 導波形および局在形機能性プラズモニックデバイス				
	(英文) Functional propagating and localized plasmonic devices				
日本側代表者 氏名・所属・職	(和文) 原口雅宣・徳島大学大学院・教授				
	(英文) Masanobu HARAGUCHI, The University of Tokushima, Professor				
相手国側代表者 氏名・所属・職	(英文) Din Ping TSAI, Academia Sinica Research center for applied sciences, Director & Distinguished Research Fellow, Professor				
参加者数	日本側参加者数	11 名			
	(台湾) 側参加者数	38 名			
	( ) 側参加者数	名			
26年度の研 究交流活動計 画	近赤外～通信波長帯領域で動作するプラズモンを用いたマイクロスケールの光情報通信および情報処理デバイスの技術要素研究のため、徳島側から研究者1名と大学院生2名を台湾に派遣するとともに、台湾側から研究者の徳島への派遣を通じて、シリコン基板上のプラズモン導波デバイスのための光インターフェースデバイスおよびプラズモン導波構造を用いた高速変調デバイスに関して、設計指針と作製手法の確立を行う。				
26年度の研 究交流活動から得 られることが期 待される成果	本研究テーマの共同研究体制が深化し、相互交流による研究の加速、学生の研究意欲向上と日本人学生のグローバルな視点を持った研究活動が期待される。これに加えて連名による2件程度の国際会議発表と1～2件の学術論文発表が期待される。				

整理番号	R-6	研究開始年度	平成 23 年度	研究終了年度	平成 27 年度
研究課題名	(和文) 高効率太陽電池				
	(英文) Highly efficient solar cells				
日本側代表者 氏名・所属・職	(和文) 尾崎雅則・大阪大学工学研究科・教授				
	(英文) Masanori OZAKI, Osaka University, Professor				
相手国側代表者 氏名・所属・職	(英文) Xuan-Ming DUAN, Technical Institute of Physics and Chemistry, Chinese Academy of Sciences, Professor.				
参加者数	日本側参加者数	19 名			
	(中国) 側参加者数	3 名			
	( ) 側参加者数	名			
26 年度の研究 交流活動計画	<p>引き続き、中国科学院で開発を行っている半導体ナノ粒子、金属ナノ粒子、さらにはそれらの複合材料について、光誘起吸収、光誘起電荷移動、光誘起電界増強などの光応答特性、光機能性について調べ、局在プラズモンに基づく電場変調効果、そのメカニズム解明を検討する。有機ならびに無機太陽電池に導入する半導体ナノ粒子、金属ナノ粒子、ならびに複合材料の、特にサイズ、密度、半導体・金属材料種の最適化により、活性層材料の低分光感度波長における量子効率を向上させ、高効率太陽電池の開発を行う。特に、有機系の活性層材料では十分な吸収を得ることが困難な波長領域の光について、ナノ粒子ギャップに基づく局在プラズモン吸収および電場を活用して、高効率化を図る。</p> <p>平成 26 年度は、相互に教員、院生を派遣し、種々のナノ粒子材料の光・電子物性を検討し、その光応答特性、光機能性の比較について議論する。また、引き続きナノピラー構造を有する太陽電池におけるデバイス構造の提案と、ナノ粒子の導入についての議論を行い、フォトン利用効率改善のためのデバイス構造設計を進める。同時に、ピラー構造作製手法、作製条件の最適化を進め、ナノピラー構造の最適な配列構造もしくは分散状態を実現する。</p>				

<p>26年度の研究 交流活動から得 られることが期 待される成果</p>	<p>中国科学院が有する金属・半導体ナノ粒子ならびにそれらの複合材料の合成・作製技術と、日本側が有する薄膜太陽電池作製・評価技術との融合により、従前にはないフォトンの有効利用に基づく高効率太陽電池の開発が期待できる。すなわち、先進的な材料合成、材料加工技術と、信頼性の高いデバイス作製・評価技術の融合により、革新的な応用デバイスの創製が可能になると考えられる。また、密接な連携体制により、デバイス作製・評価に対する議論をもとに、材料合成・開発に対する迅速なフィードバックも可能であると考えられる。</p> <p>具体的には、平成26年度において、昨年度の無機ナノピラーの作製技術に加えてナノ粒子合成技術を有する大学院学生を大阪大学に受け入れ、有機薄膜太陽電池デバイス作製について高度な技術をもつ日本側大学院学生とともに、融合デバイスの作製とその評価を共同で行うことは、高性能デバイスの実現にとって極めて効率的であるばかりでなく、中国側はデバイス作製技術を持ち帰ることができ、日本側もナノピラー作製のノウハウを習得することも可能となり、両者の今後の研究進展における大きな成果があるものと考えられる。</p> <p>ナノピラー構造を有する太陽電池へのナノ粒子の導入によるフォトン利用効率改善の議論が進むことが期待される。</p>
---	--

整理番号	R-7	研究開始年度	平成 23 年度	研究終了年度	平成 27 年度
研究課題名	(和文) プラズモニック超解像顕微鏡の開発				
	(英文) High resolution microscopy using plasmonic nanoparticle				
日本側代表者 氏名・所属・職	(和文) 藤田克昌・大阪大学工学研究科・准教授				
	(英文) Katsumasa FUJITA, Osaka University, Associate Professor				
相手国側代表者 氏名・所属・職	(英文) Shi-Wei CHU, Department of Physics, National Taiwan University, Associate Professor				
参加者数	日本側参加者数	7 名			
	(台湾) 側参加者数	7 名			
	( ) 側参加者数	名			
26年度の研 究交流活動計 画	<p>昨年度に引き続き、台湾側から日本に学生を派遣し、高強度レーザーを金属ナノ粒子に照射した際の非線形な光散乱効果の理解のための実験的、および理論的な解析を進めていく。今年度は、従来からの研究を進めてきた金ナノ粒子に加え、銀ナノ粒子についても光散乱特性を実験的に確かめる。光学特性の異なる2種以上の材料を用いて研究を進めることで、誘起されている光学応答の理解を理論的にさらに深めることができると考える。また、2つの波長の異なる光を入射した際の光学応答についても調査する。</p>				
26年度の研 究交流活動か ら得られるこ とが期待され る成果	<p>金属ナノ構造体のもつ複雑な光学応答をさらに深め、その知見を基に新しい光計測技術を開発できる。新たな実験を通して、これまでに発見した金属表面での光散乱の飽和効果と高次の非線形な散乱応答のメカニズムの理解を深めることができる。また複数の波長のレーザー光を用いた実験により、モードの異なるプラズモンの相互作用が初めて測定されることが期待できる。これは、さらに新しい金属の光学応答の側面を明らかにし、またその応答を用いた光デバイス、計測技術の開拓に寄与すると考える。</p>				

整理番号	R-8	研究開始年度	平成 23 年度	研究終了年度	平成 25 年度
研究課題名	(和文) 高解像度顕微鏡のための蛍光プローブ開発 (英文) Fluorescence probes for high resolution bioimaging				
日本側代表者 氏名・所属・職	(和文) 藤田克昌・大阪大学工学研究科・准教授 (英文) Katsumasa FUJITA, Osaka University, Associate Professor				
相手国側代表者 氏名・所属・職	(英文) Huan-Cheng CHANG, Institute of Atomic and Molecular Sciences, Academia Sinica, Professor				
参加者数	日本側参加者数	2 名			
	(台湾) 側参加者数	2 名			
	( ) 側参加者数	名			
26年度の研 究交流活動計 画	昨年度までに、ナノダイヤモンド粒子を高強度パルスレーザーにより 蛍光励起した際の励起-発光特性の測定を試み、高強度のレーザー光の照 射に対して、屈折率の大きなダイヤモンド粒子は大きな光放射圧を受け て測定箇所から大きく移動し、蛍光発光特性を把握できないという結果 を得た。この結果は、高強度パルスレーザーによるナノダイヤモンド粒 子への照射を高解像度観察に利用するのは本質的に難しいことが明らか となり、本プロジェクトは昨年度をもってひとまず終了とする。				
26年度の研 究交流活動から得 られることが期 待される成果	高解像度顕微鏡のための蛍光プローブにおいては、屈折率の大きなナ ノ粒子の強光放射圧が重要な問題であることが明らかとなった。				

整理番号	R-9	研究開始年度	平成 24 年度	研究終了年度	平成 27 年度
研究課題名	(和文) ナノ粒子表面基板生化学光電子検出デバイスの開発				
	(英文) Nanoparticle-arrayed surface substrates for optoelectronic biological devices				
日本側代表者 氏名・所属・職	(和文) 民谷栄一、大阪大学・教授				
	(英文) Eiichi TAMIYA, Osaka University, Professor				
相手国側代表者 氏名・所属・職	(英文) Pei-Kuen WEI, The Research Center for Applied Sciences, Academia Sinica, Taiwan, Research Fellow				
参加者数	日本側参加者数	17 名			
	(台湾) 側参加者数	2 名			
	( ) 側参加者数	名			
26年度の研究 交流活動計画	<p>疾病に関する生体マーカーを一度にモニタリングすることができれば、健康維持のためのバイオセンサーが開発できる。異なるバイオマーカーを網羅的に測定するには、微細加工技術を駆使して独立した検出系を作製し、光科学、電気化学の手法を利用できる。日本側はナノ材料を用いた信号取得とバイオセンサーへの応用の、台湾側は金ナノ構造の表面プラズモンを用いた生きた細胞の活動のモニターの側面から共同研究を実施する。引き続き、有用なバイオマーカー、ナノ構造を持つセンサー界面の設計と創成を行ない、高感度、多項目検出などについて研究する。</p>				
26年度の研究 交流活動から得られることが期待される成果	<p>バイオマーカー成分検出を光検出技術と微細加工技術を利用することによって、バイオマーカーの高感度、多項目検出チップの作製が期待できる。</p>				



整理番号	R-10	研究開始年度	平成 25 年度	研究終了年度	平成 27 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・教授				
	(英文) Satoshi KAWATA, Osaka University, Associate 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				
参加者数	日本側参加者数	4 名			
	(台湾) 側参加者数	2 名			
	( ) 側参加者数	名			
26年度の研 究交流活動計 画	前年度に引き続き台湾側からの博士研究員が大阪大学に滞在し、日本側の研究者と共に金属メタマテリアル構造の光学特性のシミュレーションとその応用について研究を進める。また担当教員は適宜、台湾側の教員の受け入れ、また台湾への訪問を通して、研究の進捗状況の確認と議論を行う。				
26年度の研 究交流活動か ら得られるこ とが期待され る成果	前年度のシミュレーションの結果を踏まえ、今年度は実際に作製する金属ナノ構造のデザインの詳細を決定する。特に、表面増強ラマン散乱に利用した際に、高効率でのラマン散乱検出が行えるような形状のシミュレーションと、それを説明するための理論構築を中心に行う。また、実際に金属ナノ構造デバイスを作製し、実験的にもその特性を把握する。開発するデバイスの食物検査や、薬物の品質管理等への応用についても検討する。				

整理番号	R-11	研究開始年度	平成 25 年度	研究終了年度	平成 27 年度
研究課題名	(和文) 近接場ラマン分光とナノイメージング				
	(英文) Near-field Raman spectroscopy and nano-imaging				
日本側代表者 氏名・所属・職	(和文) バルマ プラブハット・大阪大学工学研究科・教授				
	(英文) Prabhat VERMA, Osaka University, Professor				
相手国側代表者 氏名・所属・職	(英文) Zheyu FANG, Peking University, Research Professor Xing ZHU, Peking University, Professor				
参加者数	日本側参加者数	3 名			
	(中国) 側参加者数	3 名			
	( ) 側参加者数	名			
26年度の研 究交流活動計 画	カーボンナノチューブとグラフェンは、我々に馴染みの観察対象である0次元=分子と3次元系=結晶の間に位置する1次元と2次元構造を持ち、かつ $\pi$ 電子ネットワークのトポロジーが支配する独特の電子物性を示すので、基礎研究の対象としても興味深い。グラフェンのエッジには種類があり、この1次元構造は磁性やエネルギー分散関係についてグラフェン本体とは異なる物性を示す。ここではナノ加工を施したグラフェンの試料を、先端増強ラマン分光 (TERS) を用いて観測する。				
26年度の研 究交流活動から得 られることが期 待される成果	グラフェンシートを様々な形状に加工することで、エッジの性質を際立たせることができる。TERS は、フォノン観察をとおしてグラフェンの電子物性を測定することができるので、分析結果からバンドギャップに関する情報を得ることができる。TERS の観測結果を、ナノ加工と材料設計に還元することで、光-電子物性に多様性を持たせることが期待できる。				

注：経費負担区分はパターン1を適用している。

整理番号	R-12	研究開始年度	平成 26 年度	研究終了年度	平成 27 年度
研究課題名	(和文) プラズモニック銀ナノロッド形状制御とハイパーラマン散乱の感度向上				
	(英文) Design and synthesis of silver nano-rod for plasmonic-enhanced hyper-Raman spectroscopy				
日本側代表者 氏名・所属・職	(和文) バルマ プラバット・大阪大学工学研究科・教授				
	(英文) Prabhat VERMA, Osaka University, Professor				
相手国側代表者 氏名・所属・職	(英文) Hongxing XU, Institute of Physics CAS, Professor				
参加者数	日本側参加者数	3 名			
	(中国) 側参加者数	3 名			
	( ) 側参加者数	名			
26年度の研究 交流活動計画	表面増強ラマン散乱 (SERS) は微弱な信号光を増幅することができる有効な手段である。SERS には、光の電場を局在化させて強い散乱光を作り出すために、金属ナノ粒子を用いる。本研究では、金属ナノ粒子として非対称性を持つ金属ナノロッドを用いて、一度に2波長以上の光を増幅することを目的とする。				
26年度の研究 交流活動から得 られることが期 待される成果	非線形ラマン分光は、自発ラマン分光では得られない分子の振動を検出することができる。非線形ラマン分光において2色の光が増強されれば結果として信号光の非常に大きな増幅を得ることができる。金属ナノロッドは非対称な形状から、SERS に用いた場合に2種類の波長の光を増強することが可能である。金属ロッドを用いて非線形ラマン分光及び SERS の感度向上を実現できる。				

注：経費負担区分はパターン1を適用している。

## 8-2 セミナー

整理番号	S-1
セミナー名	(和文) 日本学術振興会アジア研究教育拠点事業 「国際フォトニクス学生交流会」
	(英文) JSPS Asian CORE Program “International OSA network of students “
開催期間	平成 27 年 9 月 20 日 ～ 平成 27 年 9 月 23 日 (4 日間)
開催地(国名、都市名、 会場名)	(和文) 日本、札幌市、北海道大学
	(英文) Japan, Sapporo, Hokkaido University
日本側開催責任者 氏名・所属・職	(和文) 河田 聡・大阪大学・教授
	(英文) Satoshi KAWATA, Osaka University, Professor
相手国側開催責任者 氏名・所属・職 (※日本以外での開催の場合)	(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〉	A.	25 / 100
	B.	5
中国 〈人／人日〉	A.	5 / 20
	B.	
台湾 〈人／人日〉	A.	5 / 20
	B.	
シンガポール 〈人／人日〉	A.	5 / 20
	B.	
インド 〈人／人日〉	A.	
	B.	5
マレーシア 〈人／人日〉	A.	
	B.	5
イギリス 〈人／人日〉	A.	
	B.	5
アメリカ 〈人／人日〉	A.	
	B.	5
合計 〈人／人日〉	A.	40 / 160
	B.	25

- 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）

<p>セミナー開催の目的</p>	<p>本セミナーはフォトニクス研究に取り組む学生のネットワークを確立し、アジアを中心としたフォトニクス研究発展の将来的基盤を構築することを目的とする。</p> <p>昨今の先端研究において、その専門性だけでなく領域横断的な知識や連携が求められている。特にフォトニクス研究では医学・生物・化学・電気工学など様々な分野と密接に絡み合っており、次世代の中核を担う学生らが国と分野を超えたネットワークを確立することは、将来のフォトニクス分野の発展にとって非常に重要である。</p> <p>一昨年・昨年度、本拠点のご支援の下に行った2度の学生カンファレンス（Asia Student Photonics Conference）では、中国・台湾・インド・マレーシア・シンガポールのアジア各国から学生を招待した。そこでは、アジア圏におけるネットワークの構築ならびに共同研究のマネジメント・スキル習得を行い、フォトニクス研究発展の将来的基盤を構築してきた。</p> <p>今回、アジア圏外からの学生も招待しグローバルなネットワーク構築を行い、アジアを中心に広がるフォトニクス研究開発の世界的ネットワークの土壌を作ることを目的とする。</p>
<p>期待される成果</p>	<p>本セミナーでは、学生間・若手研究者・招待演者間の議論・発表を通して、国際的なネットワークを構築し、そのネットワークがアジアを中心としたフォトニクス研究発展の基盤として成長することが期待される。</p> <p>セミナー中では、アジアを中心に広がるフォトニクス研究開発の世界的ネットワークを構築するため、アジアだけでなく欧米諸国など各国の光学研究に従事する学生・若手研究者を招待し、学生による発表と招待講演者によるセミナーを行う。発表では学生間のグループディスカッションならびに研究の口頭・ポスター発表を行う。また、最先端のフォトニ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ディスカッションを行う。</p> <p>グループディスカッションでは、参加者が将来の共同研究へと</p>

	<p>繋がるようなアイデアや研究・研究環境に関する一般的なトピックについての意見を交換することで学生間のネットワーク構築を行う。口頭・ポスター発表では、各分野の需要を把握し共同研究に対する具体的案について考え、その材料となる知識をえる場を提供すると共に、学生間のコミュニケーションを促進する。招待講演では、その研究方面での第一人者達による講演を通して最先端科学に関する知識や分野横断的な研究に繋げる手法に関する知識の習得を図る。そして以上の内容を切り口に議論し交流を深める中で構築した国際的ネットワークや知識を活用することで、アジアを中心としたフォトンクス研究発展の基盤を構築し、将来社会にインパクトを与えるフォトンクスの共同研究を生み出すことが期待できる。</p>																
<p>セミナーの運営組織</p>	<p>委員長：大阪大学・河田聡・教授 副委員長：大阪大学・Prabhat VERMA・教授 実行委員長：大阪大学・馬越貴之・大学院博士後期課程</p>																
<p>開催経費 分担内容 と概算額</p>	<p>日本側</p>	<table border="1"> <tr> <td>内容</td> <td>国内旅費</td> <td>金額 1,100,000 円</td> </tr> <tr> <td></td> <td>外国旅費</td> <td>150,000 円</td> </tr> <tr> <td></td> <td>備品・消耗品購入費</td> <td>30,000 円</td> </tr> <tr> <td></td> <td>その他経費(会議費他)</td> <td>750,000 円</td> </tr> <tr> <td></td> <td>外国旅費に係る消費税</td> <td>12,000 円</td> </tr> </table>	内容	国内旅費	金額 1,100,000 円		外国旅費	150,000 円		備品・消耗品購入費	30,000 円		その他経費(会議費他)	750,000 円		外国旅費に係る消費税	12,000 円
内容	国内旅費	金額 1,100,000 円															
	外国旅費	150,000 円															
	備品・消耗品購入費	30,000 円															
	その他経費(会議費他)	750,000 円															
	外国旅費に係る消費税	12,000 円															
	<p>(中国)側</p>	<p>内容 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 国内旅費 外国旅費</p>															

整理番号	S-2
セミナー名	(和文) 日本学術振興会アジア研究教育拠点事業 「アジアプラズモニクス・メタマテリアル国際会議」
	(英文) JSPS Asian CORE Program “International Conference on Plasmonics and Metamaterials “
開催期間	平成 27 年 11 月 日 ~ 平成 27 年 11 月 日 (4 日間)
開催地 (国名、都市名、 会場名)	(和文) シンガポール、シンガポール、NTU
	(英文) Singapore ,
日本側開催責任者 氏名・所属・職	(和文) 河田 聡・大阪大学・教授
	(英文) Satoshi KAWATA, Osaka University, Professor
相手国側開催責任者 氏名・所属・職 (※日本以外での開催の場合)	(英文) Nikolay ZHELUDEV, The Centre for Disruptive Photonic Technologies (CDPT), Nanyang Technological University (NTU), Professor

#### 参加者数

派遣先 派遣元		セミナー開催国 (シンガポール)	
		A.	B.
日本 〈人／人日〉	A.	16 / 64	
	B.		
中国 〈人／人日〉	A.	5 / 20	
	B.		
台湾 〈人／人日〉	A.	10 / 40	
	B.		
シンガポール 〈人／人日〉	A.	80 / 240	
	B.		
合計 〈人／人日〉	A.	111 / 364	
	B.	0	

- 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)



<p>セミナー開催の目的</p>	<p>昨年度、それまで推進してきた「プラズモニクス・ナノフォトニクス研究」、「光材料とナノ加工」、「プラズモニックデバイス」の主要テーマに加え、「メタマテリアル」で先進的な研究を推進しているシンガポールの Centre for Disruptive Photonic Technologies, NTU, Nanyang Technological University の参画を得た。これを踏まえて、アジア先進ナノフォトニクス研究教育拠点の拠点機関がシンガポールに集結し、アジア先進ナノフォトニクス研究のマイルストーンとなるセミナーを開催する。</p>		
<p>期待される成果</p>	<p>ナノフォトニクスの中心課題である「プラズモニクス・ナノフォトニクス研究」、「光材料とナノ加工」、「プラズモニックデバイス」、「メタマテリアル」の先進的な研究の重要な会議となり、その成果により、世界をリードする本拠点のナノフォトニクス研究が促進される。また、学生や若手研究者にとっては、最新の成果を発表し、世界をリードする研究者との交流が行われ、本研究拠点が掲げる人材育成に資する。</p>		
<p>セミナーの運営組織</p>	<p>Co-chairpersons:          南洋理工大学・革新的フoton工学センター          Nikolay ZHELUDEV・教授          大阪大学・河田 聡・教授</p>		
<p>開催経費          分担内容          と概算額</p>	<p>日本側</p>	<p>内容 国内旅費          外国旅費          外国旅費に係る消費税</p>	<p>金額 41,000 円          2,186,000 円          174,000 円</p>
	<p>(中国) 側</p>	<p>内容 国内旅費          外国旅費</p>	
	<p>(台湾) 側</p>	<p>内容 国内旅費          外国旅費</p>	
	<p>(シンガポール)側</p>	<p>内容 国内旅費          その他経費(会議費他)</p>	

8-3 研究者交流（共同研究、セミナー以外の交流）

所属・職名 派遣者名	派遣・受入先 (国・都市・ 機関)	派遣時期	用務・目的等
大阪大学 教授 Prabhat VERMA	シンガポール・ 南洋理工大学・ 革新的 フォトン 工学センター	平成26年 5月	シンガポール側コーディネーターと 協議する為。
馬越貴之	インド・ コルカタ・ IISER	平成 26 年 7月 18-21 日	本プログラムで日中台の学生交流を目的に支援を行ってきた Asia Student Photonics Conference の第 3 回目がインドにて引き継がれることになり、本国からも学生を派遣しさらなるネットワークの深化を図るため。また、9 月開催予定のアジア学生交流を目的とした学会 IONS の開催にあたり、そのノウハウを習得する為。
畔堂一樹	インド・ コルカタ・ IISER	平成 26 年 7月 18-21 日	本プログラムで日中台の学生交流を目的に支援を行ってきた Asia Student Photonics Conference の第 3 回目がインドにて引き継がれることになり、本国からも学生を派遣しさらなるネットワークの深化を図るため。また、9 月開催予定のアジア学生交流を目的とした学会 IONS の開催にあたり、そのノウハウを習得する為。
大阪大学 教授 Prabhat VERMA	中国・北京 中国科学院 理化技術研究	平成26年 8月	中国側コーディネーターと協議する為。
大阪大学 教授 Prabhat VERMA	台湾・台北 中央研究院	平成26年 10月	台湾側コーディネーターと協議する為。

#### 8-4 中間評価の指摘事項等を踏まえた対応

中間評価結果の指摘「セミナー、シンポジウムの枠を日本国内の他の教育研究機関、またアジア諸国に拡大し、本プログラムが研究教育拠点として認知されている実体作りにも努力していただきたい。」に沿って、3 テーマ「プラズモニクス・ナノフォトニクス研究」、「光材料とナノ加工」、「プラズモニックデバイス」に加えて、「メタマテリアル」の融合研究を推進する。日本、中国、台湾、シンガポールの連携が、融合研究の推進に資するよう、シンガポールでの S-2「アジアプラズモニクス・メタマテリアル国際会議」や研究者交流を有効に活用する。

中間評価結果「参画機関自体が個々に当該分野での研究拠点を別途構築している実体（たとえば阪大では、「大阪大学フォトニクスセンター」、「大阪大学ナノフォトニクス先端融合研究拠点」）に鑑みて、本プログラムだから実現できた共同研究成果のターゲットをより具体的に設定することが望ましい。」および「単なる交流やセミナーでは拠点化は長続きせず、やはり研究レベルの高いことが大変重要と考える。」を踏まえて、ナノフォトニクスの中でも 4 テーマの融合研究をさらに推進し、共同研究の成果を積み上げる。

中間評価結果「本プログラムの中で対象となっているナノフォトニクスは広い分野であるが、プラズモニクスの分野は必ずしも広い分野とはいえない。その中で広くナノフォトニクスを見ることの出来る若手研究者を育成して欲しい。」に沿って、大阪大学 OSA 学生チャプターと共催し、S-1「国際フォトニクス学生交流会」を応用物理学会と時期を合わせて、広いナノフォトニクスの視野を踏まえた交流を企画する。

## 9. 平成26年度研究交流計画総人数・人日数

### 9-1 相手国との交流計画

派遣先 派遣元	日本 <人/人日>	中国 (パターン1) <人/人日>	中国 (パターン2) <人/人日>	台湾 <人/人日>	シンガポール <人/人日>	インド(第三国) <人/人日>	合計 <人/人日>
日本 <人/人日>		5/68 ( )	7/22 ( )	10/152 ( )	17/67 ( )	2/8 ( )	41/317 ( 0/0 )
中国 (パターン1) <人/人日>	( 2/22 )	( )	( )		( )	( )	0/0 ( 2/22 )
中国 (パターン2) <人/人日>	9/95 ( )			( )	( 5/20 )	( )	9/95 ( 5/20 )
台湾 <人/人日>	18/458 ( )	( )	( )	( )	( 5/20 )	( )	18/458 ( 5/20 )
シンガポール <人/人日>	( 5/20 )	( )	( )	( )	( )	( )	0/0 ( 5/20 )
インド(第三国) <人/人日>	( 5/20 )	( )	( )	( )	( )	( )	0/0 ( 5/20 )
合計 <人/人日>	27/553 ( 10/40 )	5/68 ( 0/0 )	7/22 ( 0/0 )	10/152 ( 0/0 )	17/67 ( 10/40 )	2/8 ( 0/0 )	68/870 ( 22/102 )

### 9-2 国内での交流計画

25/100 <人/人日>
---------------

## 10. 平成26年度経費使用見込み額

(単位 円)

	経費内訳	金額	備考
研究交流経費	国内旅費	3,773,000	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	4,786,000	
	謝金	0	
	備品・消耗品購入費	30,000	
	その他の経費	750,000	
	外国旅費・謝金等に係る消費税	381,000	
	計	9,720,000	研究交流経費配分額以内であること。
業務委託手数料		972,000	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		10,692,000	