

**研究拠点形成事業**  
**平成 25 年度 実施報告書**  
**A. 先端拠点形成型**

**1. 拠点機関**

日本側拠点機関：	大阪大学
( 英 国 ) 拠点機関：	オックスフォード大学
( フランス ) 拠点機関：	エコールポリテクニーク
( ドイツ ) 拠点機関：	ドレスデン工科大学
( 米 国 ) 拠点機関：	ローレンスバークレー国立研究所

**2. 研究交流課題名**

(和文)：X線自由電子レーザーとパワーレーザーによる極限物質科学国際アライアンス  
(交流分野： プラズマ科学 )

(英文)：International Alliance for Material Science in Extreme States  
with High Power Laser and XFEL  
(交流分野： Plasma Physics )

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

**3. 採用期間**

平成 25 年 4 月 1 日 ~ 平成 30 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：大阪大学

実施組織代表者（所属部局・職・氏名）：大阪大学・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・兒玉了祐

協力機関：東北大学、宇都宮大学、東京大学、東京工業大学、電気通信大学、京都大学、  
近畿大学、神戸大学、岡山大学、愛媛大学、広島大学、島根大学、熊本大学、  
沖縄工業高等専門学校、独立行政法人日本原子力研究開発機構、大学共同利  
用機関法人高エネルギー加速器研究機構、独立行政法人物質・材料研究機構、  
独立行政法人理化学研究所、（財）高輝度光科学研究センター、株式会社東  
芝、富士重工業株式会社、住友電気工業株式会社

事務組織：大阪大学国際交流オフィス国際交流課

**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：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)

Department of Physics・Professor・Justin WARK

協力機関：(英文) Rutherford Appleton Laboratory, Imperial College London, Queen's University

Belfast, University of Essex, University of York, University of Warwick

(和文) ラザフォード・アップルトン・ラボラトリー、インペリアル・カレッジ

・ロンドン、クイーンズ大学ベルファスト、エセックス大学、ヨー

ク大学、ウォーリック大学

経費負担区分 (A型)：パターン1

(2) 国名：フランス

拠点機関：(英文) Ecole Polytechnique

(和文) エコールポリテクニーク

コーディネーター (所属部局・職・氏名)：(英文)

LULI・Directeur de recherche au CNRS・Michel KOENIG

協力機関：(英文) CNRS, Commissariat Energie Atomique, ENSMA, Observatoire de

Paris-Meudon, Universite Paris, University of Bordeaux I, University of  
Rennes 1

(和文) フランス国立科学研究センター、フランス原子力庁、国立高等航空機  
械工科大学、パリ天文台、パリ大学、ボルドー第一大学、レンヌ第  
一大学

経費負担区分 (A型)：パターン1

(3) 国名：ドイツ

拠点機関：(英文) The Dresden University of Technology

(和文) ドレスデン工科大学

コーディネーター (所属部局・職・氏名)：(英文)

Institute of Radiation Physics・Director/Professor・Thomas COWAN

協力機関：(英文) Technical University of Darmstadt, Deutsches Elektronen-Synchrotron (DESY)、

European XFEL, University of Rostock, Ludwig Maximilians University of  
Munich

(和文) ダルムシュタット工科大学、ドイツ電子シンクロトロン、欧州 X 線自  
由電子レーザー、ロストック大学、ルートヴィヒ・マクシミリアン大  
学ミュンヘン

経費負担区分 (A型)：パターン1

(4) 国名：米国

拠点機関：(英文) Lawrence Berkeley National Laboratory

(和文) ローレンスバークレー国立研究所  
コーディネーター (所属部局・職・氏名) : (英文)

Advanced Light Source・ Group Leader・ Roger FALCONE

協力機関 : (英文) University of California Berkeley, LCLS, Lawrence Livermore National Laboratory, NASA, University of Nevada, Reno, Los Alamos National Laboratory, Perdue University

(和文) カリフォルニア大学バークレー校、LCLS、ロゴ. ローレンス・リバモア国立研究所、アメリカ航空宇宙局、ネバダ大学リノ校、ロスアラモス国立研究所、パデュー大学

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

本課題の目標は、**X線自由電子レーザーとパワーレーザー技術の融合**により、産業応用に繋がる材料科学から基礎学術としての惑星科学など学際的な極限物質科学として我が国独自の高エネルギー密度物質科学を開拓するために、国際研究教育ネットワークの拠点を構築することである。

パワーレーザーやX線自由電子レーザーを利用することで、1000 万気圧以上の地上に存在しない極めて超高压の極限状態を容易に作り出すことができる。これらを利用した産業応用から新物質創生、惑星科学といった学術・産業イノベーションが期待できる。一方、X線自由電子レーザーやパワーレーザーによる量子ビームを利用した新たな極限状態の診断手法が期待されている。X線自由電子レーザーやパワーレーザー、プラズマ制御技術における我が国のコアコンピタンスを集結・収斂することで、世界をリードする**我が国独自の極限物質科学を体系的に開拓する国際研究教育拠点**の形成が可能である。

本研究交流課題では、特に4つのテーマについて重点的且つ横断的なアプローチを実施することで新しい境界領域を俯瞰的・戦略的に開拓する。1. 高エネルギー密度物質科学、2. 超高压惑星科学、3. 高压材料・プロセス科学、4. 光・量子ビーム科学。そのために、我が国のX線自由電子レーザーやパワーレーザーだけでなく世界の高出力レーザー、X線自由電子レーザーおよび関連する国際ネットワークと連携する。さらに本拠点を中心に国際ネットワークを利用した効率的な情報収集や世界に通じる次世代若手人材育成を行う国際研究教育拠点を目指す。

### 5-2. 平成25年度研究交流目標

我が国を中心とした2国間連携に重点をおいた共同研究を進める。日英による日米のXFELを利用した高エネルギー密度物質共同研究、XFEL実験を目指した日仏によるレーザー高圧・惑星科学に関する共同研究、日本のXFEL、独国のレーザーを利用した日

独による高エネルギー密度物質、レーザー量子ビーム応用に関する共同研究、日米によるレーザー・XFEL 生成 WDM/原子過程に関する共同研究などこれまでの連携を軸にした共同研究を推進する。これにより、次年度以降の多国間連携の要としての我が国の位置づけを明確にする。セミナーに関しては、本研究交流ネットワークのキックオフを兼ね、5ヶ国連携国際シンポジウムを開催し本事業の国際的プレゼンスを示す。また学会と連携したサマースクールを開催し、共同研究などの実践教育とともに若手人材育成を行う。

## 6. 平成25年度研究交流成果

(交流を通じての相手国からの貢献及び相手国への貢献を含めてください。)

### 6-1 研究協力体制の構築状況

我が国を中心とした2国間連携に重点をおいた共同研究を進めた。

英国オックスフォード大学、インペリアル大学、ラザフォード研究所などと日米のXFEL を利用した高エネルギー密度物質共同研究の可能性を議論した。特に我が国 XFEL を利用した研究に関しては、次年度以降、本格的に共同研究を進めることを念頭にオックスフォード大学博士学生が英国ロイヤルソサエティに2014年度大阪大学でのポスドク奨学金を申請した。また光・量子ビーム科学に関しては、英国の光量子ビーム開発プロジェクトがインペリアル大学、ラザフォード研究所などを中心に進められており、これらとの連携に関してもその可能性を議論した。

日仏に関しては、仏国パワーレーザーだけでなく我が国のXFEL を利用したレーザー高圧・惑星科学に関する共同研究を推進するために、仏国コーディネーターであるM. Koenig 主任研究員を大阪大学客員教授とし招聘した。年間1か月以上滞在することでより密接な関係を構築できる体制を整えた。さらに大学別予算で仏国エコールポリテクニクを卒業した若手研究者を大阪大学のポスドクとし雇用することで、日仏共同研究の体制強化を図った。

独国のレーザーを利用した高エネルギー密度物質、レーザー量子ビーム応用に関する共同研究に関しては独国より別予算でT. Cowan 教授を複数回招聘し議論を深めた。また独国 Desy の欧州XFEL のプロジェクトに関して、国際会議による情報収集だけでなく、当プロジェクトのパワーレーザー施設設備現場責任者となっている大阪大学卒業の若手研究者との密接な連携体制を構築した。

日米に関しては、レーザー・XFEL 生成 WDM/原子過程に関する共同研究などこれまでの連携を軸にした共同研究を推進した。

多国間連携の体制に関しては、次年度以降を見据え、多国間連携の要としての我が国の位置づけを明確にすることを目的に、我が国の実験プラットフォームの整備と5か国によるキックオフ会議を2013年4月に横浜で開催し本事業の国際的プレゼンスを示した。実験プラットフォームは、我が国のXFEL 施設にXFEL と同期した40TW 短パルスレーザーを別予算で整備するとともに400J ロングパルスレーザーの一部を整備した。また次年度

からの本格的な実験に備え、同期実験を開始するとともに仏国、独国の研究者をオブザーバーとして参加させ共同実験体制の準備を行った。

## 6-2 学術面の成果

以下に示す4つの領域に関して学術的成果を得た。

### 高エネルギー密度物質科学

- ・短パルスレーザーによる新しい低エントロピー圧縮法の可能性を英国オックスフォード大学のチームとその可能性を議論した。また短パルスを作るチャープパルスでパルス圧縮することなく固体試料に照射することで当手法の実験的検証の予備実験を仏国エコールポリテクニク M. Koenig 主任研究員のオブザーバー参加の下で行った。その結果、当手法を本格的に行うにはパルス波形の自由な制御技術の開発が今後必要であることが分かった。
- ・また我が国の XFEL を利用し 10-100 万気圧程度のレーザー衝撃波によるシリコンや鉄の相転移ダイナミクスに関して英国オックスフォード大学 J. Wark 教授らと議論しその結果を反映しながら我が国の XFEL とパワーレーザーを組み合わせた初めての実験を実施した。
- ・超高压低エントロピー圧縮の実験経験が豊富な仏国 LULI 研究所と交流を図ることで、将来、固体状態を保ったまま 1000 万気圧を実現し、その構造解析を行う実験の具体的な手法の検討を行った。
- ・レーザーや X 線による Warm dense matter 生成や X 線構造解析によるレーザー衝撃波下の相転移を明らかにすることを目的に米国 (LBNL や LCLS など) との交流を行った。LCLS から実験責任者 H. Ja LEE 教授を、大阪大学別予算で招聘しセミナーなどを通じた情報交換を行った。
- ・将来の欧州 XFEL 稼働を考慮した共同研究のテーマ設定と予備実験の可能性を探ることを目的にドイツ (ドレスデン工科大学、デジーの欧州 XFEL チーム、ロストック大学など) との交流を行った。特にドレスデン工科大学に関しては、独国コーディネーターの T. Cowan 教授や A. Pelka 博士を招聘し、セミナーなどを通じた情報交換やパワーレーザーと XFEL による高エネルギープラズマ実験の可能性などの議論を行った。

### 超高压材料科学

- ・パワーレーザー照射時の物質・材料の変形機構、レーザー衝撃波による物質・材料の変形挙動を XFEL などの利用でマクロ・ミクロの両面から明らかにすることを目的に英国 (オックスフォード大学・インペリアルカレッジロンドンなど) との情報交換を行い、我々が既に取得している鉄での非平衡圧縮時の物理機構が従来の動的圧縮と異なることが明らかになった。さらに新物質・材料開発につながる衝撃圧縮時の高速物質挙動の直接観察が可能となった。
- ・パワーレーザーによる物質・材料の強化プロセスならびに高耐力材料開発を目的として米国 (NASA・ローレンスリバモア研究所・スタンフォード加速器研究所・ロスアラモス研究所など) との情報交換を行い非平衡衝撃波による新しい材料改変の可能性を検討

した。

- ・パワーレーザーによる物質・材料の破壊機構を明らかにすることを目的にフランス（エコールポリテクニクなど）との交流を行い、パルス波形の違いによる破壊の変化の可能性が検討された。壊れにくい物質・材料の設計指針の構築に活かすため、観測結果からレーザー誘起高速変形挙動のモデル化を進めることができた。

#### 惑星物質科学

- ・米国スタンフォード加速器研究所、仏国エコールポリテクニク、仏国原子力庁プラズマ研究所に研究者および大学院生を派遣しパワーレーザーによる惑星物質科学に関する情報収集を行った。
- ・パワーレーザーを用いて巨大系外惑星内部に匹敵する物質状態の生成を目指すとともに、同期した X 線プローブによるその場構造解析などを開始し、状態方程式や相関係の理解を進めた。惑星深部層構造の理解を進展させるため、第一原理アプローチによる計算を行った。
- ・低エントロピー的に圧縮されたケイ酸塩において、固体地球型系外惑星深部に対応する状態の生成を確認した。また地球内殻-外殻境界領域における鉄の電子状態の決定のための新しい診断手法の開発が進展した。系外氷惑星内部状態における電気伝導度と惑星磁場の評価などが実験から検討可能になった。

#### 光・量子ビーム科学

- ・米国ローレンスバークレー国立研究所を訪問し、プラズマ粒子ビーム加速、超高強度場による真空崩壊、非線形 QED を含む光量子ビーム科学、高強度場科学の議論を行った。PW レーザーを用いた光量子科学、超高強度場科学における研究情報を得ることができた。粒子ビーム加速においては、ビーム安定化を目指した研究が始まりつつあり、将来の研究連携も考えられた。
- ・ドレスデン工科大学を訪問し、高強度レーザーと XFEL の利用による新たな極限物質科学の推進についての議論を行った。加えて、マックスボルン国立研究所を訪問し、レーザープラズマ粒子ビーム加速に関する連携について議論した。マックスボルン、マックスプランク、ハンブルグ大学、DESY らは、プラズマ粒子加速において、我々と同様に実用加速器構築の目標を持つことから今後も交流を継続し連携研究を議論して行くことになった。
- ・英国インペリアルカレッジ、オックスフォード大学を訪問しコヒーレント極短パルス X 線、粒子ビーム加速等の光量子ビーム研究における連携について議論した。英国で開始されている光量子科学プロジェクトとの連携も今後検討することとなった。
- ・フランスエコールポリテクニク応用光学研究所（LOA）を訪問し、レーザープラズマ粒子加速応用に関する情報収集および、議論を行った。また、タレスレーザー社（パリ）、アンプリチュード社（パリ）を訪問し、最新のペタワットレーザー開発状況を調査した。エコールポリテクニクでは、エネルギー領域が我々とは異なる LWFA ではあるものの、極短パル

ス電子イメージングに関する貴重な情報を得ることができた。今後、プラズマ加速応用グループと交流を継続して行くこととした。

### 6-3 若手研究者育成

若手研究者を共同実験に参加させるとともに、大阪大学客員教授として仏国コーディネーターM. Koenig 主任研究員を招聘し若手研究者・大学院生を対象としたセミナーやコロキウムを開催した。同様に米国 LCLS から実験責任者 H. Ja LEE 教授、独国ドレスデン工科大学から T. Cowan 教授や A. Pelka 博士を招聘しセミナーを実施し若手研究者育成に役立てた。さらに連携相手国から若手研究者をポスドクとして招聘することで頭脳循環を図るだけでなく、研究を通して大学院生と外国人ポスドクとの交流を積極的にさせることで実践的な人材育成に役立てた。同様の目的を含め英国からも若手研究者をポスドクとして招聘する準備を行った。

また XFEL2013 の国際会議と連携したサマースクールを仏国で開催し、共同研究などの実践教育とともに若手人材育成を行った。

### 6-4 その他（社会貢献や独自の目的等）

本拠点で実施する国際連携は世界的に注目されており、露国科学アカデミー総裁から下村文科大臣に新たな政府間共同研究として提案があった。これに対して大阪大学では、独自の予算により関係ロシア科学者を招聘し、効率的な共同研究を開始した。当プログラムで進める日独英仏米によるパワーレーザーと XFEL による極限物質科学開拓と研究目的が同じであり、ロシアを含めた多国間連携の共同研究を効率的に推進できる国際拠点形成のための準備研究を開始した。

### 6-5 今後の課題・問題点

事業全体の実施体制上における課題・反省点：予算形態の異なる海外機関とのマッチングファンドに関して、我が国の形態をそのまま適応することに関して自由度のある対応が必要不可欠である。

共同研究の成果発表に対して、研究費そのものをサポートする事業と異なる当支援事業名を出すことに対する考え方が必ずしも国内外で共有されなかった。今後、連携研究者に対してできるだけ本件に関する理解を得る努力をするが、海外と国内における予算形態、評価法などの違いにより限界はあるものと考えられる。

計画目標の達成に向けた課題：現在、XFEL は世界に 2 台しかない。一方で、XFEL とパワーレーザーと組み合わせた実験研究の成果が出はじめその有効性・有用性が示されつつあり、より注目を増すようになってきている。このような中で、マシンタイムの制約下が、今後の研究展開を左右する可能性が出てきている。このためにも、本アライアンスが中心となった多ヶ国間連携による効率的なマシンタイム利用が今後、必要不可欠となるものと考えられる。

## 6-6 本研究交流事業により発表された論文

平成25年度論文総数 0 本

相手国参加研究者との共著 0 本

※なお、国内外の連携研究者に論文や学会発表等において本事業名を明記することについて理解が得られず、事業名が明記されている論文はないが、本事業に関連するものとして、学術誌等に発表された論文7本（うち相手国との共著1本）、国際学会発表28件（うち相手国との共著9件）、国内学会発表4件（うち相手国との共著4件）がある

(※ 「本事業名が明記されているもの」を計上・記入してください。)

(※ 詳細は別紙「論文リスト」に記入してください。)

## 7. 平成25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25年度	研究終了年度	平成29年度
研究課題名	(和文) 高エネルギー密度物質科学 (英文) High Energy Density Matter Science				
日本側代表者 氏名・所属・職	(和文) 児玉了祐・大阪大学大学院工学研究科・教授 (英文) Ryosuke Kodama・Graduate School of Engineering, Osaka University・Professor				
相手国側代表者 氏名・所属・職	(英文) Justin WARK・University of Oxford (英国)・Professor Michel KOENIG・Ecole Polytechnique (フランス)・Directeur de recherche au CNRS Roger FALCONE・LBNL (米国)・Professor Thomas COWAN・The Dresden University of Technology (ドイツ)・Director				
参加者数	日本側参加者数	20名			
	( 英国 ) 側参加者数	7名			
	( フランス ) 側参加者数	8名			
	( ドイツ ) 側参加者数	3名			
	( 米国 ) 側参加者数	4名			
25年度の研究 交流活動	<ul style="list-style-type: none"> <li>短パルスレーザーによる新しい低エントロピー圧縮法の可能性を英国オックスフォード大学のチームと議論した。また短パルスを作るチャープパルスを実験的に検証することなく固体試料に照射することで当手法の実験的検証の予備実験を仏国エコールポリテクニクM. Koenig 主任研究員のオブザーバー参加の下で行った。</li> <li>我が国のXFELを利用し10-100万気圧程度のレーザー衝撃波によるシリコンや鉄の相転移ダイナミクスに関して英国オックスフォード大学J. Wark教授らと議論しその結果を反映しながら我が国のXFELとパワーレーザーを組み合わせた初めての実験を実施した。</li> <li>超高压低エントロピー圧縮の実験経験が豊富な仏国LULI研究所と交流</li> </ul>				

	<p>を図ることで、将来、固体状態を保ったまま 1000 万気圧を実現し、その構造解析を行う実験の具体的手法の検討を行った。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・レーザーや X 線による Warm dense matter 生成や X 線構造解析によるレーザー衝撃波下の相転移を明らかにすることを目的に米国 (LBNL や LCLS など) との交流を行った。LCLS から実験責任者 H. Ja LEE 教授を、大阪大学別予算で招聘しセミナーなどを通じた情報交換を行った。</li> <li>・将来の欧州 XFEL 稼働を考慮した共同研究のテーマ設定と予備実験の可能性を探ることを目的にドイツ (ドレスデン工科大学、デジーの欧州 XFEL チーム、ロストック大学など) との交流を行った。特にドレスデン工科大学に関しては、独国コーディネーターの T. Cowan 教授や A. Pelka 博士を招聘し、セミナーなどを通じた情報交換やパワーレーザーと XFEL による高エネルギープラズマ実験の可能性などの議論を行った。</li> </ul>
<p>25 年度の研究 交流活動から得 られた成果</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・短パルスレーザーによる新しい低エントロピー圧縮法を本格的に行うにはパルス波形の自由な制御技術の開発が今後必要であることが分かった。</li> <li>・我が国の XFEL を利用し 10-100 万気圧程度のレーザー衝撃波による鉄の相転移ダイナミクスを XFEL 初めて観測できた。</li> <li>・LCLS から実験責任者 H. Ja LEE 教授を、大阪大学に招聘し我が国の XFEL 施設及びパワーレーザー装置見学を踏まえ連携協力の可能性を議論した。その結果、日米の XFEL を利用することで限られたマシンタイムを有効利用できる可能性があることを相互に確認し、今後の連携協力の重要性を双方で確認できた。</li> <li>・独国ドレスデン工科大学、デジーの欧州 XFEL チーム、ロストック大学などとの交流を通してパワーレーザーと XFEL による高エネルギープラズマ実験の具体的提案の検討が始まった。</li> </ul>

整理番号	R-2	研究開始年度	平成25年度	研究終了年度	平成29年度
研究課題名	(和文) 超高压材料科学				
	(英文) Extremely High-Pressured Material Science				
日本側代表者 氏名・所属・職	(和文) 坂田修身・物質・材料研究機構・ステーション長				
	(英文) Osami SAKATA・NIMS・Managing Director				
相手国側代表者 氏名・所属・職	(英文) Justin WARK・University of Oxford (英国)・Professor				
	Omar HATAMLEH・NASA (米国)・Researcher				
	Michel KOENIG・Ecole Polytechnique (フランス)・Directeur de recherche au CNRS				
参加者数	日本側参加者数	11名			
	(英国)側参加者数	3名			
	(フランス)側参加者数	5名			
	(米国)側参加者数	5名			
25年度の 研究交流活動	<ul style="list-style-type: none"> <li>・パワーレーザー照射時の物質・材料の変形機構、レーザー衝撃波による物質・材料の変形挙動をXFELなどの利用でマクロ・ミクロの両面から明らかにすることを目的に英国(オックスフォード大学・インペリアルカレッジロンドンなど)との情報交換を行い、我々が既に取得している鉄での非平衡圧縮時の物理機構が従来の動的圧縮と異なることが明らかになった。</li> <li>・パワーレーザーによる物質・材料の強化プロセスならびに高耐力材料開発を目的として米国(NASA・ローレンスリバモア研究所・スタンフォード加速器研究所・ロスアラモス研究所など)との情報交換を行い非平衡衝撃波による新しい材料改変の可能性を検討した。</li> <li>・パワーレーザーによる物質・材料の破壊機構を明らかにすることを目的にフランス(エコールポリテクニクなど)との交流を行い、パルス波形の違いによる破壊の変化の可能性が検討された。</li> </ul>				
25年度の 研究交流活動 から得られた 成果	<ul style="list-style-type: none"> <li>・新物質・材料開発につながる衝撃圧縮時の高速物質挙動の直接観察が可能となった。</li> <li>・新しいプロセス・材料開発に向けて金属組織の高速挙動観測に成功した。</li> <li>・壊れにくい物質・材料の設計指針の構築に活かすため、観測結果からレーザー誘起高速変形挙動のモデル化を進めることができた。</li> </ul>				

整理番号	R-3	研究開始年度	平成25年度	研究終了年度	平成29年度
研究課題名	(和文) 惑星物質科学				
	(英文) Planetary Material Science				
日本側代表者 氏名・所属・ 職	(和文) 土屋 卓久・愛媛大学 地球深部ダイナミクス研究センター・教授				
	(英文) Taku TSUCHIYA・Ehime University Geodynamics Research Center・ Professor				
相手国側代表 者 氏名・所属・ 職	(英文) Serge BOUQUET・CEA・Senior Scientist				
	Raymond SMITH・LLNL・Researcher				
参加者数	日本側参加者数	8名			
	( フランス ) 側参加者数	4名			
	( 米国 ) 側参加者数	4名			
25年度の研 究交流活動	<p>パワーレーザーを用いて巨大系外惑星内部に匹敵する物質状態の生成を目指すとともに、同期したX線プローブによるその場構造解析などを開始し、状態方程式や相関係の理解を進めた。惑星深部層構造の理解を進展させるため、第一原理アプローチによる計算を行った。</p> <p>25年度は、米国スタンフォード加速器研究所、仏国エコールポリテクニック、仏国原子力庁プラズマ研究所に研究者および大学院生を派遣し情報収集を行うとともに若手人材育成に役立てた。</p>				
25年度の研 究交流活動か ら得られた成 果	<p>低エントロピー的に圧縮されたケイ酸塩において、固体地球型系外惑星深部に対応する状態の生成を確認した。地球内殻-外殻境界領域における鉄の電子状態の決定のための新しい診断手法の開発が進展した。系外氷惑星内部状態における電気伝導度と惑星磁場の評価などが実験から検討可能になった。</p>				

整理番号	R-4	研究開始年度	平成25年度	研究終了年度	平成29年度
------	-----	--------	--------	--------	--------

研究課題名	(和文) 光・量子ビーム科学	
	(英文) Laser and Quantum Beam Science	
日本側代表者 氏名・所属・ 職	(和文) 矢橋 牧名・理化学研究所・放射光科学研究センター・チームリーダー	
	(英文) Makina YABASHI・RIKEN Harima Institute・Team leader	
相手国側代表 者 氏名・所属・ 職	(英文) Roger FALCONE・LBNL(米国)・Professor	
	Thomas COWAN・The Dresden University of Technology (ドイツ)・Director	
	Peter Norreys・RAL (英国)・Professor	
	Francois AMIRANOFF・Ecole Polytechnique LULI (フランス)・Director	
参加者数	日本側参加者数	8 名
	( 英国 ) 側参加者数	2 名
	( フランス ) 側参加者数	3 名
	( ドイツ ) 側参加者数	2 名
	( 米国 ) 側参加者数	3 名
25年度の研 究交流活動	<p>・米国ローレンスバークレー国立研究所を訪問し、プラズマ粒子ビーム加速、超高強度場による真空崩壊、非線形 QED を含む光量子ビーム科学、高強度場科学の議論を行った。</p> <p>・ドレスデン工科大学を訪問し、高強度レーザーと XFEL の利用による新たな極限物質科学の推進についての議論を行った。加えて、マックスボルン国立研究所を訪問し、レーザープラズマ粒子ビーム加速研究に関する連携について議論した。</p> <p>・英国インペリアルカレッジ、オックスフォード大学を訪問しコヒーレント極短パルス X 線、粒子ビーム加速等の光量子ビーム研究における連携について議論した。</p> <p>・フランスエコールポリテク応用光学研究所 (LOA) を訪問し、レーザープラズマ粒子加速応用に関する情報収集および、議論を行った。また、タレスレーザー社 (パリ)、アンプリチュード社 (パリ) を訪問し、最新のペタワットレーザー開発状況を調査した。</p>	
25年度の研 究交流活動か ら得られた成 果	<p>・バークレー国立研での PW レーザーを用いた光量子科学、超高強度場科学における研究情報を得ることができた。粒子ビーム加速においては、ビーム安定化を目指した研究が始まりつつあり、将来の研究連携も考えられる。</p> <p>・マックスボルン、マックスプランク、ハンブルグ大学、DESY らは、プラズマ粒子加速において、我々と同様に実用加速器構築の目標を持つことから今後も交流を継続し連携研究を議論して行くことになった。</p> <p>・英国で開始されている光量子科学プロジェクトとの連携も今後検討することとなった。</p> <p>・エコールポリテクでは、エネルギー領域が我々とは異なる LWFA ではあるものの、極短パルス電子イメージングに関する貴重な情報を得ることができた。今後、プラズマ加速応用グループと交流を継続して行くこととした。また、最新の PW レーザーに関する情報も得られた。</p>	

## 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 「高いエネルギー密度の科学会議 2013」
	(英文) JSPS Core-to-Core Program “Conference on High Energy Density Sciences 2013 “
開催期間	平成 25 年 4 月 23 日 ~ 平成 25 年 4 月 26 日 ( 4 日間)
開催地 (国名、都市名、 会場名)	(和文) 日本・横浜・パシフィコ横浜
	(英文) Japan・Yokohama・Pacifico Yokohama
日本側開催責任者 氏名・所属・職	(和文) 兒玉了祐・大阪大学・教授
	(英文) Ryosuke Kodama・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.	29 / 92	
	B.	29	
英国 〈人／人日〉	A.	1 / 6	
	B.	0	
フランス 〈人／人日〉	A.	1 / 6	
	B.	1	
ドイツ 〈人／人日〉	A.	1 / 7	
	B.	1	
米国 〈人／人日〉	A.	1 / 6	
	B.	0	
合計 〈人／人日〉	A.	33 / 117	
	B.	31	

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	本研究交流ネットワークのキックオフを兼ね、5ヶ国連携国際シンポジウムを行う。従来2国間で行われてきたXFELとパワーレーザー連携利用の可能性や国際協力に関する議論を多国間に広げ、新たな共同研究の可能性を探ることを目的とする。		
セミナーの成果	<p>5か国によるキックオフ会議を2013年4月に横浜で開催し本事業の国際的プレゼンスを示した。我が国の実験プラットフォームの整備状況を報告するとともにXFELとパワーレーザー連携利用による極限物質科学開拓における我が国がリーダーシップを国際的に示すことができた。また2国間・多国間の議論を通し、従来の共同研究のみならず新たな国際共同研究の可能性を見出すことができた。さらに英米仏独国の当分野の進展状況などの効率的な情報収集ができた。若手研究者、大学院生を積極的に参加させることで若手人材育成にも役立てた。</p> <p>また当会議においては、本事業による日独英米仏のコーディネーターが集まり、「X線自由電子レーザーとパワーレーザーによる極限物質科学国際アライアンス」キックオフを宣言するとともに今後の連携協力のあり方が議論された。</p>		
セミナーの運営組織	Ryosuke KODAMA, Professor, Osaka University Norimasa OZAKI, Osaka University Justin WARK, Professor, Oxford University Michel KOENIG, Directeur de recherche au CNRS, Ecole Polytechnique Stephane MAZEVET, Director, Paris Observatory Tomas COWAN, Professor, Dresden Tech.		
開催経費 分担内容 と金額	日本側	内容	金額
		国内旅費	1,208,010 円
		会場費	275,100 円
		印刷費	57,750 円
		その他	243,924 円
		合計	1,784,784 円
	(英国)側	内容	外国旅費
	(フランス)側	内容	外国旅費
	(ドイツ)側	内容	外国旅費
	(米国)側	内容	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 「X線自由電子レーザー2013 スクール・会議」
	(英文) JSPS Core-to-Core Program “X-FEL 2013 X-ray Free Electron Laser School and Symposium“
開催期間	平成 25 年 9 月 16 日 ~ 平成 25 年 9 月 20 日 (5 日間)
開催地 (国名、都市名、 会場名)	(和文) フランス、ディナール、マノアール・ドゥ・ラ・ヴィコンテ
	(英文) France, Dinard, Manoir de La Vicomté
日本側開催責任者 氏名・所属・職	(和文) 矢橋牧名・理化学研究所・チームリーダー
	(英文) Makina YABASHI, RIKEN, Team leader
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) Marco CAMMARATA・CNRS researcher, University of Rennes 1

#### 参加者数

派遣先 派遣元	セミナー開催国 (フランス)	
	A.	B.
日本 〈人／人日〉	A.	8 / 62
	B.	5
英国 〈人／人日〉	A.	1 / 5
	B.	1
フランス 〈人／人日〉	A.	1 / 5
	B.	38
ドイツ 〈人／人日〉	A.	0 / 0
	B.	7
米国 〈人／人日〉	A.	1 / 5
	B.	5
合計 〈人／人日〉	A.	11 / 77
	B.	56

- 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)

セミナー開催の目的	日本、米国の既存の XFEL だけでなく現在建設中の欧州 XFEL を含めた XFEL 応用に関するサマースクールを行い、若手人材育成のみならず他分野あるいは分野間連携の促進を目的とする。		
セミナーの成果	XFEL2013 の国際会議と連携したサマースクールを仏国で開催し、共同研究などの実践教育とともに若手人材育成を行った。学生や若手研究者のみならず他分野の研究者を含めて XFEL と応用に関する基礎的な理解を深めることができ、世代間・分野間連携の輪が広がるのが期待できた。さらに世界の XFEL 技術の進展とともにそれを利用した研究の進捗状況を効率的に把握することができた。		
セミナーの運営組織	Marco CAMMARATA ・ CNRS researcher, University of Rennes 1 Justin Wark, Professor, Oxford University Makina Yabashi, Team Leader, RIKEN		
開催経費 分担内容 と金額	日本側	内容 外国旅費	金額 2,407,169 円
		その他	116,941 円
			合計 2,425,110 円
	(英国) 側	内容 外国旅費	
	(フランス) 側	内容 会場費 国内旅費 印刷費 その他	
	(ドイツ) 側	内容 外国旅費	
	(米国) 側	内容 外国旅費	

7-3 研究者交流（共同研究、セミナー以外の交流）

※実施の時期、概要、成果等をご記入ください。 所属・職名 派遣者名	派遣・受入先 (国・都市・機関)	派遣期間	用務・目的等
株式会社東芝 ・技監 ・佐野雄二	スペイン ・マドリード ・4th International Conference on Laser Peening and Related Phenomena	2013/5/5 — 2013/5/10	国際会議にて成果発表
大阪大学 ・准教授 ・佐野智一	スペイン ・マドリード ・4th International Conference on Laser Peening and Related Phenomena	2013/5/5 — 2013/5/12	国際会議にて成果発表
大阪大学 ・助教 ・藪内俊毅	ドイツ ・ハンブルク ・Kick Off Meeting for the Helmholtz International Beamline for Extreme Fields (HIBEF) at the European XFEL	2013/6/1 — 2013/6/7	国際会議にて成果発表及び共同研究打合せ
大阪大学 ・大学院生 ・松田朋己	アメリカ ・シアトル ・米物理学会	2013/7/7 — 2013/7/14	国際会議にて成果発表
株式会社東芝 ・主務 ・藤田敏之	アメリカ ・シアトル ・米物理学会	2013/7/10 — 2013/7/13	国際会議にて成果発表
宇都宮大学 ・教授 ・湯上登	アメリカ ・デンバー ・55th Annual Meeting of the APS Division of Plasma Physics	2013/10/10 — 2013/10/16	国際会議にて成果発表
大阪大学 ・教授 ・兒玉了祐	アメリカ ・デンバー ・55th Annual Meeting of the APS Division of Plasma Physics	2013/10/10 — 2013/10/16	国際会議にて成果発表
大阪大学 ・大学院生 ・佐藤友哉	ドイツ ・ダームスタット ・EMMI Workshop on "X-Ray Scattering on High Energy Density Plasmas - Status and Future Developments"	2014/3/23 — 2014/3/28	ワークショップ参加

## 8. 平成25年度研究交流実績総人数・人日数

### 8-1 相手国との交流実績

派遣先 派遣元	相手国	日本	英国	フランス	ドイツ	米国	スペイン 【第三国】	合計
日本	1		0/0 ( 0/0 )	1/6 ( 5/32 )	2/13 ( 1/7 )	2/31 ( 0/0 )	2/14 ( 1/7 )	7/64 ( 7/46 )
	2		0/0 ( 0/0 )	7/55 ( 1/7 )	0/0 ( 0/0 )	3/25 ( 3/21 )	0/0 ( 0/0 )	10/80 ( 4/28 )
	3		1/3 ( 1/3 )	1/3 ( 1/3 )	0/0 ( 0/0 )	2/14 ( 0/0 )	0/0 ( 0/0 )	4/20 ( 2/6 )
	4		0/0 ( 0/0 )	4/18 ( )	5/14 ( 0/0 )	2/10 ( 0/0 )	0/0 ( 0/0 )	11/42 ( 0/0 )
	計		1/3 ( 1/3 )	13/82 ( 7/42 )	7/27 ( 1/7 )	9/80 ( 3/21 )	2/14 ( 1/7 )	32/206 ( 13/80 )
英国	1	0/0 ( 1/6 )						0/0 ( 1/6 )
	2	0/0 ( 0/0 )						0/0 ( 1/5 )
	3	0/0 ( 0/0 )						0/0 ( 0/0 )
	4	0/0 ( 0/0 )						0/0 ( 0/0 )
	計	0/0 ( 1/6 )		0/0 ( 1/5 )	0/0 ( 0/0 )	0/0 ( 0/0 )	0/0 ( 0/0 )	0/0 ( 2/11 )
フランス	1	0/0 ( 1/6 )						0/0 ( 1/6 )
	2	0/0 ( 1/7 )						0/0 ( 1/7 )
	3	0/0 ( 1/14 )						0/0 ( 1/14 )
	4	0/0 ( 2/16 )						0/0 ( 2/16 )
	計	0/0 ( 5/43 )	0/0 ( 0/0 )		0/0 ( 0/0 )	0/0 ( 0/0 )	0/0 ( 0/0 )	0/0 ( 5/43 )
ドイツ	1	0/0 ( 2/12 )						0/0 ( 2/12 )
	2	0/0 ( 0/0 )						0/0 ( 0/0 )
	3	0/0 ( 0/0 )						0/0 ( 0/0 )
	4	0/0 ( 2/14 )						0/0 ( 2/14 )
	計	0/0 ( 4/26 )	0/0 ( 0/0 )	0/0 ( 0/0 )		0/0 ( 0/0 )	0/0 ( 0/0 )	0/0 ( 4/26 )
米国	1	0/0 ( 1/6 )						0/0 ( 1/6 )
	2	0/0 ( 0/0 )						0/0 ( 1/5 )
	3	0/0 ( 0/0 )						0/0 ( 0/0 )
	4	0/0 ( 2/14 )						0/0 ( 2/14 )
	計	0/0 ( 3/20 )	0/0 ( 0/0 )	0/0 ( 1/5 )	0/0 ( 0/0 )		0/0 ( 0/0 )	0/0 ( 4/25 )
スペイン 【第三国】	1	0/0 ( 0/0 )						0/0 ( 0/0 )
	2	0/0 ( 0/0 )						0/0 ( 0/0 )
	3	0/0 ( 0/0 )						0/0 ( 0/0 )
	4	0/0 ( 0/0 )						0/0 ( 0/0 )
	計	0/0 ( 0/0 )	0/0 ( 0/0 )	0/0 ( 0/0 )	0/0 ( 0/0 )	0/0 ( 0/0 )		0/0 ( 0/0 )
合計	1	0/0 ( 5/30 )	0/0 ( 0/0 )	1/6 ( 5/32 )	2/13 ( 1/7 )	2/31 ( 0/0 )	2/14 ( 1/7 )	7/64 ( 12/76 )
	2	0/0 ( 1/7 )	0/0 ( 0/0 )	7/55 ( 3/17 )	0/0 ( 0/0 )	3/25 ( 3/21 )	0/0 ( 0/0 )	10/80 ( 7/45 )
	3	0/0 ( 1/14 )	1/3 ( 0/0 )	1/3 ( 1/3 )	0/0 ( 0/0 )	2/14 ( 0/0 )	0/0 ( 0/0 )	4/20 ( 3/20 )
	4	0/0 ( 6/44 )	0/0 ( 0/0 )	4/18 ( 0/0 )	5/14 ( 0/0 )	2/10 ( 0/0 )	0/0 ( 0/0 )	11/42 ( 6/44 )
	計	0/0 ( 13/95 )	1/3 ( 0/0 )	13/82 ( 9/52 )	7/27 ( 1/7 )	9/80 ( 3/21 )	2/14 ( 1/7 )	32/206 ( 28/185 )

※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
	23/74 ( 48/154 )	0/0 ( 30/60 )	0/0 ( 84/343 )	0/0 ( 202/668 )	23/74 ( 364/1225 )

## 9. 平成25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	1,432,370	
	外国旅費	11,957,620	
	謝金	0	
	備品・消耗品 購入費	2,939	
	その他の経費	1,941,540	
	外国旅費・謝 金等に係る消 費税	617,531	
	計	15,952,000	
業務委託手数料		1,595,200	
合 計		17,547,200	

## 10. 平成25年度相手国マッチングファンド使用額

相手国名	平成25年度使用額	
	現地通貨額[現地通貨単位]	日本円換算額
英 国	6,000 [ポンド]	750,000 円相当
フランス	60,000 [ユーロ]	6,000,000 円相当
ドイツ	40,000 [ユーロ]	4,000,000 円相当
米 国	20,000 [ド ル]	1,500,000 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。