

**研究拠点形成事業  
平成 29 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：	広島大学
(英国) 拠点機関：	グラスゴー大学
(ロシア) 拠点機関：	ウラル連邦大学

**2. 研究交流課題名**

(和文)：スピンキラリティを軸にした先端材料コンソーシアム

(交流分野：物性科学)

(英文)：A Consortium to Exploit Spin Chirality in Advanced Materials

(交流分野：Material Science)

研究交流課題に係るホームページ：

[http:// home.hiroshima-u.ac.jp/kotai/KibanS/t005/t005/](http://home.hiroshima-u.ac.jp/kotai/KibanS/t005/t005/)

**3. 採用期間**

平成 27 年 4 月 1 日～平成 32 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：広島大学

実施組織代表者(所属部局・職・氏名)：学長・越智 光夫

コーディネーター(所属部局・職・氏名)：理学研究科およびキラル国際研究拠点・  
教授・井上 克也

協力機関：大学共同利用機関法人自然科学研究機構 分子科学研究所

事務組織：国際室 国際部 国際交流グループ

**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：イギリス

拠点機関：(英文) University of Glasgow

(和文) グラスゴー大学

コーディネーター(所属部局・職・氏名)：(英文)

School of Physics & Astronomy・Reader・Stephen McVITIE

経費負担区分(A型)：パターン1

(2) 国名：ロシア

拠点機関：(英文) Ural Federal University

(和文) ウラル連邦大学

コーディネーター (所属部局・職・氏名)：(英文)

Institute of Natural Sciences・Professor・Alexander OVCHINNIKOV

協力機関：(英文) Institute of Metal Physics RAS

(和文) ロシア科学アカデミー金属物理学研究所

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

現在、左右対称性（キラリティ）が破れた結晶構造を持つキラリティ磁性体の研究が世界的規模で活発に進行している。この種の磁性体では結晶の形態がスピン軌道相互作用を通してスピン系に転写される結果、スピン磁気モーメントが左右いずれかの巻き方（キラリティ）を保持して配列したキラリティ磁気秩序が実現する。結晶キラリティに由来するこれらの構造は欠陥に対する頑丈さと外場に対する柔軟さを併せ持ち、THz領域に及ぶ光学活性などスピントロニクスに新境地を拓く可能性が期待されている。研究代表者らは「自然結晶の対称性を指導原理とする磁性機能制御」という明確な指針のもと研究成果を積み上げこの研究分野を牽引してきた。本事業において“キラリティ物性研究”をより総合的かつ効果的に推進するための研究コンソーシアムを形成する。これまで個別に共同研究を進めていた日・露・英のそれぞれのグループが得意とする理論・材料創製・計測の知見を結集し、各パートが重なりを持ちつつシナジー効果を発揮する研究体制を整え、以下の目標を達成する。

- 1) キラリティ磁性結晶の幅を飛躍的に広げ（材料創製）、理論的に予測されている様々なキラリティ物性機能を実証し（計測）、キラリティ磁性体特有の機能創出に関する基礎学理（理論）を確立する。
- 2) 現時点で別々の学問分野として研究されている磁気光学材料設計、プラズモニクススピントロニクス現象を統合する研究領域を創成し（計測&理論）、次世代情報通信技術（THz 帯域作動、非散逸位相流、非減衰ソリトン伝送など）に資する先端材料を開拓する（材料創製）。
- 3) 国内外問わずに活躍する若手研究者を育成し、将来に渡る国際ネットワーク形成の基盤を与える。

## 5-2. 平成29年度研究交流目標

### <研究協力体制の構築>

日本側（広島大学キラル物性拠点、自然科学研究機構分子科学研究所）、ロシア側（ウラル連邦大学）、英国側（グラスゴー大学）拠点間で研究者の人材交流を活発にするため、H28年度の活動を踏まえて、以下の共同研究を行う。

・6月ごろ、グラスゴー大学の PhD 学生である Cameron GILROY が大阪府立大学に、15 週間滞在し、キラル磁気プラズモンの研究を行う。なお、本件に関連して、大阪府立大学とグラスゴー大学化学科は学術交流協定を締結している。

・9、10月ごろ、大阪府立大学の戸川がグラスゴー大学に、2 週間滞在し、キラル磁性体のローレンツ TEM の研究を行う。

・10月ごろ、大阪府立大学の遠藤がグラスゴー大学に、2 週間滞在し、キラルプラズモンの研究を行う。

・12月ごろ、大阪府立大学の Francisco GONCALVESG がグラスゴー大学に、1 か月間滞在し、キラル磁性体のマイクロ波分光およびローレンツ TEM の研究を行う。

・11月ごろに岡本がグラスゴー大学に 1 週間程度滞在し、キラルプラズモンと分子の相互作用、磁場との相互作用に関する議論と共同研究を行う。

・2月ごろにグラスゴー大学の KADODWALA が分子科学研究所および大阪府立大学に 1 週間程度滞在し、キラルプラズモンと分子の相互作用、磁場との相互作用に関する議論と共同研究を行う。

若手人材育成、および共同研究促進のため討論内容を絞ったトピカルミーティング・若手の会を以下のように行う。

・4月21日ー22日、広島神田山荘でキラル自然哲学会を開催する。

・7月ごろ、国内でキラル物性若手の会を開催する。

・12月ごろ、国内でトピカルミーティングを開催する。

研究体制強化を目的に、研究者の長期滞在を実現するため、広島大学近くにアパートの借上げを継続し、ホテルの宿泊等に掛かる経費の負担軽減を図り、より頻繁に交流が行えるよう環境を整える。

### <学術的観点>

今年度は、前年度に引き続き各研究者が持つ、測定試料の情報交換等をすすめ、今後の共同研究の可能性を探るとともに、すでに始まっている共同研究を推進する。

### <若手研究者育成>

今年度は若手研究者が主導する若手の会を 1 回開催するほかシニア、若手も含むキラル自然哲学会を開催する。人材国際交流の半数を大学院生または若手研究者が行う。

### <その他（社会貢献や独自の目的等）>

HP による研究成果、活動内容の発信を日本語、英語ともに行ってきた。今後も継続する。

なお、共同研究、セミナー、研究者交流の基本方針は次のとおりである。

- ①共同研究：理論と実験の結合を最重視し、各拠点間で随時情報を共有しながら共同研究を進める。これまでの活動により、新しく多くの共同研究がスタートしている。それらの共同研究を進め、成果へと結びつける。
- ②セミナー：相互訪問の際に行われる小規模セミナー、半年に一度程度のメンバーの半数以上が集まる定期セミナーを常時行ってきたが、それらのセミナーによって効率的に研究が進展してきたので、平成29年度も引き続き行う。
- ③研究者交流：平成28年度は、大学院生中心に15人の相互研究者交流を行った。これらの交流は、ほとんどすべて論文作成へと結びついたので、平成29年度も引き続き進める。日本からの派遣に関しては3週間以上の滞在を基本とする。

以下は、各研究交流計画の詳細である。

#### 【平成29年度】

##### ① 共同研究：

- ・一軸性無機キラル磁性体 CrNb<sub>3</sub>S<sub>6</sub> における CHM (キラルヘリカルスピン状態) CSL (キラルスピンソリトン格子状態)、とキラルプラズモンとの相互作用。(継続)  
一軸性無機キラル磁性体 CrNb<sub>3</sub>S<sub>6</sub> における CHM のピッチは48 nm と知られているので、らせんの数が異なる様々な (10 μm~100 μm) サイズの単結晶に、対称的、非対称的なプラズモンが立ちやすい貴金属をデポジットし、レーザー光照射を行い、CHM または CSL 状態での局所電場分布を、近接場をもちいて、調査する。その結果を用いて相互作用の詳細を明らかにする。
- ・キラルスピン位相と遍歴電子位相の関係付け (継続)  
CHM または CSL 相での、電流印可時のダイナミクスを、時間分解能が高い、グラスゴー大学のローレンツ TEM を用いて調査する。また、同様にスピンドイナミクスを、J-PARC 中間子施設で研究する。
- ・キラルスピン位相と光学位相の絡みの探索 (継続)  
CHM または CSL 相で、(軌道角運動量) OAM を持つ光であるボルテックスビームとの相互作用を、まずは物性理論で明らかにする。
- ・非線形誘電率の測定 (継続)  
非線形誘電率の測定装置を用い、キラルラジカル液晶での B-相での測定を行う。ついで、キラル絶縁体磁性体の粉末試料を用いて測定を行い、非線形誘電率を明らかにする。
- ・マイクロ波によるマグノン駆動 (継続)  
キラル磁性体単結晶でのマイクロ波の非相反伝搬を自作の装置を用いて、測定する。
- ・中性子回折測定によるキラル磁気構造の検証

非弾性偏極中性子回折測定、圧力下強磁場中性子回折実験を実施し、キラル磁性体のスピンドYNAMIX及び極限環境下における磁気構造を明らかにする。さらに偏極中性子回折実験によりキラル磁気構造のヘリシティの決定及びキラルソリトン格子の検証を行う。

- CSL相におけるスパイク状シグナルの変調磁場周波数依存性測定（継続）  
キラル磁性体 CrNb<sub>3</sub>S 単結晶試料での上記シグナルの変調磁場依存性を変調磁場可変な装置を開発して測定する。
- キラルなプラズモンと分子の相互作用に関する分光・イメージング解析（継続）  
金属ナノ構造に誘起されるキラルなプラズモンの空間構造の近接場光学イメージングとその解析、キラルな金属ナノ構造体の分光特性の基礎に関する検討、キラルなプラズモンの光学特性を用いたキラル分子の高感度検出に関する結果の取りまとめ、磁場とキラルなプラズモンの光学特性の関係に関する議論、等を主な研究内容として、分子研の岡本とグラスゴー大の KADODWALA が中心となり研究交流を進める。
- 金属性無機キラル磁性体におけるワイル半金属相（継続）  
ワイル半金属相は時間反転対称性か空間反転対称性の破れた系で現れ、価電子帯と伝導帯が一点で接触しており、3次元のディラックコーンを形成する一種のトポロジカル物質である。この観点から、カイラル物質でもワイル半金属相が現れることが予想される。平成29年度は、キラル磁性体のスピン角度分解光電子分光に加え、キラル物質におけるワイル半金属相の探索およびその最大の特徴であるフェルミアークとそのスピントクスチャーの観測を手がける。

②セミナー：上記の定常的なセミナーを行う。

③研究者交流：15人前後の相互研究者交流を行う。日本からは10名前後の派遣を予定。

## 6. 平成29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

今年度から、英国側交流拠点機関のグラスゴー大学の Robert STAMPS 教授がカナダマニトバ大学教授として、転出したため、英国側代表者として、グラスゴー大学の Stephen McVITIE 教授に変更した。なお、マニトバ大学の Robert STAMPS 教授は日本側協力研究者として引き続き、共同研究を進めることとした。

2017年5月23日から26日にかけてロシアサンクトペテルブルグ近郊 Peterhof において DMI2017 “IV International Workshop Dzyaloshinskii-Moriya Interaction and Exotic Spin Structures” 日本学術振興会 研究拠点形成事業 2017【S-2】

本国際会議の組織委員として以下に示す本事業メンバーが組織した。

Sergey GRIGORIEV (PNPI)-ロシア側協力研究者

Jun-ichiro KISHINE (The Open University of Japan)-日本側協力研究者

Javier CAMPO (University of Zaragoza)-日本側協力研究者

Katsuya INOUE (Hiroshima University)-日本側拠点機関

Teodor MONCHESKY (Dalhousie University)-日本側協力研究者

Alexander OVCHINNIKOV (Ural State University)-ロシア側拠点機関

Catherine PAPPAS (Delft University of Technology)-日本側協力研究者

Nadya CHUBOVA (PNPI)-ロシア側協力研究者

なお、本国際会議は、本事業の国際会議として2年に一度サンクトペテルブルグで開催している。対応して本研究会がない年には、日本国内で $\chi$ Mag 国際会議(2018 奈良で開催予定)を開いている。DMI コンファレンスが、メンバー以外にも広く議論する国際会議として、対応する $\chi$ Mag 国際会議はほとんどメンバー参加を期待し、深く本事業に係る研究議論を行う国際会議としての性格を持っている。本国際会議は参加者が100名近くあり、非常に活発に議論された。

2017 年度9月4日～6日にかけて英国側交流拠点機関のグラスゴー大学(University of Glasgow, UK)で日本側、英国側メンバーが組織し、国際会議を開催した(組織委員 Stephen McVITIE University of Glasgow、Yoshihiko TOGAWA, Osaka Prefecture University)本研究会の参加者は、ロシア側交流拠点機関のメンバー、日本側メンバーおよび英国側メンバーが多数参加し、盛会であった。

本事業の若手研究者育成事業として初めて国外のロシアで開催した。名称等詳細は以下である。

日本学術振興会 研究拠点形成事業

Winter school in St. Petersburg

2018年3月12日～16日

場所: St. Petersburg, Russia

本冬の学校は、講師として本事業の日本側、ロシア側、英国側メンバーが務め、多数の大学院生、若手研究者が参加して盛会であった。また多数の継続開催希望の声が寄せられた。

## 6-2 学術面の成果

学術面の成果として、日本側、ロシア側、英国側メンバーが共同研究を進め、以下の成果が上がった。

本事業によって合成されたキラル磁性体 FeGe の薄膜において二次元版キラルスピンスリトンに相当するスキルミオンに関して行い、論文報告を行った。

単軸性キラル磁性体 CrNb<sub>3</sub>S<sub>6</sub> 単結晶では、キラルヘリカル磁気構造(CHM)から垂直磁場下でのキラルスピンスリトン格子(CSL)状態へのスリトン減少時の高次サテライト観測として放射光や中性子を用いた実験で明らかにした。

単軸性キラル磁性体 CrNb<sub>3</sub>S<sub>6</sub> 単結晶における CSL のスリトン数に応じた、磁化の離散性現象の観測に成功した。

単軸性キラル磁性体  $\text{CrNb}_3\text{S}_6$  単結晶のマイクロ波帯の非相反伝導効果の観測に成功した。  
単軸性キラル磁性体  $\text{CrNb}_3\text{S}_6$  の相図に関する知見が明らかになりつつある。

### 6-3 若手研究者育成

2017年度は、国内で2回の若手の会、ロシアで1回の冬の学校、またキラル哲学会を1回開催した。(ロシア冬の学校については上記6-1 研究協力体制の構築状況に記載した。)

本事業研究メンバーの大阪大学博士課程学生だった吉澤氏が拠点協力機関である自然科学研究機構分子科学研究所岡本グループ助教として採用された。

また本事業研究員であった、Francisco GONCALVES 氏が JSPS 海外特別研究員に採用された。アカデミックポジションが得られにくい現状の中で、これらの結果は極めて良好であり、本事業が有効に若手人材育成に働いていることの証である。

### 6-4 その他(社会貢献や独自の目的等)

本拠点事業は、日本語、英語ホームページで、社会一般に向け、発信している。

### 6-5 今後の課題・問題点

若手人材育成関連、(国内若手の会、海外若手の会、キラル自然哲学会)の開催が非常に盛況で、多くの開催希望があり、事業費が不足している。また多くの共同研究も軌道に乗りつつあり、共同研究、トピカルミーティング等の研究会開催についても多くの希望があり、やはり事業費が不足しており、希望の半分程度しか開催できていない。(それでも年6回以上開催している。)

### 6-6 本研究交流事業により発表された論文等

(1) 平成29年度に学術雑誌等に発表した論文・著書 35本

うち、相手国参加研究者との共著 6本

(2) 平成29年度の国際会議における発表 118件

うち、相手国参加研究者との共同発表 14件

(3) 平成29年度の国内学会・シンポジウム等における発表 88件

うち、相手国参加研究者との共同発表 0件

(※ 「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29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 27 年度	研究終了年度	平成 31 年度
研究課題名	<p>(和文) ローレンツ透過型電子顕微鏡法を用いたキラル物性（磁性）のナノスケール電磁場解析</p> <p>(英文) Nanoscale analysis of electromagnetic fields in chiral physical (magnetic) phenomena using Lorentz transmission electron microscopy</p>				
日本側代表者 氏名・所属・職	<p>(和文) 戸川欣彦・大阪府立大学・准教授</p> <p>(英文) Yoshihiko TOGAWA, Osaka Prefecture University, Associate Professor</p>				
相手国側代表者 氏名・所属・職	<p>(英文) Stephen McVITIE, University of Glasgow, Reader Nikolai BARANOV, Ural Federal University, Professor</p>				
29年度の 研究交流活動	<p>29年度は大阪府立大学の戸川、グラスゴー大学の McVITIE、ウラル連邦大学の Baranov と OVCHINNIKOV らが実験および理論の両面から協力し、英国・グラスゴー大学で稼働する最先端のローレンツ走査透過型電子顕微鏡を用いた高空間分解能での精密磁気構造解析を軸として共同研究を進めた。キラル磁気秩序構造の精密実験データを取得し、その解釈の議論を深め、キラル磁性の安定制御に重要な知見を得た。論文文化を進めると共に、継続して、研究方向性に関する議論を行っている。</p> <p>日本側から1名がグラスゴー大学に滞在し研究打合せと共同実験を行った。DMI会議において日露の研究者が会して研究打合せを行った(日6名、露5名)。Glasgow会議において日・英・露の研究者が会して研究打合せを行った(日7名、英7名、露2名)。また、平常的に Skype やメールでやり取りを通して、研究課題の実験計画や進捗などに関して議論を重ねている。交流事例の詳細は次の通り。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・大阪府立大学の戸川がグラスゴー大学に9月に2週間滞在しキラル磁性体のローレンツ TEM の研究を行った。英国側メンバー(Stephen McVITIE, Gary PETERSON ら)らと実験を継続している。</li> <li>・放送大学の岸根がウラル連邦大学に3月に3週間滞在しキラル磁性体の物性理論研究を行った(R-1, R-4 共同)。</li> <li>・戸川、岸根、加藤、Francisco GONCALVES, Igor PROSUKURIN らとロシア側研究者、英国側研究者が DMI 会議(5月)や Glasgow 会議(9月)においてローレンツ TEM の実験データとその解析結果、理論的解釈について議論した。</li> </ul>				

<p>29年度の研究 交流活動から得 られた成果</p>	<p>グラスゴー大学で稼働する最先端のローレンツ透過型電子顕微鏡を用いて、無機キラル磁性体の <math>\text{CrNb}_3\text{S}_6</math> 単結晶において発現するキラル磁気秩序構造に関する実験を進めた。高空間分解能での精密磁気構造解析の結果、キラル磁気秩序であるキラルソリトンの融解過程やトポロジカル欠陥の生成機構を解明することに成功した。いずれもキラル磁気秩序の安定制御に必要となる重要な知見である。日・英・露間での実験と理論の両面からの共同研究がうまく機能して得られた研究成果であり、その論文化を進めている。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・一軸性無機キラル磁性体 <math>\text{CrNb}_3\text{S}_6</math> における融解過程</li> </ul> <p>ローレンツ透過型電子顕微鏡法を用いてキラル磁気秩序の周期性の温度変化を詳細に調べた。温度上昇に伴い、周期が減少すること、空間周波数が線形に増加することを見出した。融解過程の次元性に注目することで理論的に解釈できることを明らかにした。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・キラル磁性体におけるトポロジカル欠陥の生成機構</li> </ul> <p>キラル磁気秩序内に生成されるトポロジカル欠陥の高空間分解能での精密磁気構造解析を進めた。らせん軸と垂直な面内方向に極めて異方的な構造が形成されていることを見出した。実験データを踏まえた理論的解析が進み、トポロジカル欠陥の生成機構を解明することに成功した。</p>
--------------------------------------	---

整理番号	R-2	研究開始年度	平成 27 年度	研究終了年度	平成 31 年度
研究課題名	(和文) キラルプラズモニクスの新展開：計測法と解析 (英文) Development of Chiral Plasmonics: Novel Methods of Measurements and Analysis				
日本側代表者 氏名・所属・職	(和文) 岡本裕巳・分子科学研究所・教授 (英文) Hiromi OKAMOTO, Institute for Molecular Science, Professor				
相手国側代表者 氏名・所属・職	(英文) Malcolm KADODWALA, University of Glasgow, Professor Alexander OVCHINNIKOV, Ural Federal University, Professor				
29年度の研究 交流活動	<p>29年度は、金属ナノ構造に誘起されるキラルなプラズモンの空間構造の近接場光学イメージングとその解析及びキラルプラズモンの制御、キラルなプラズモンの光学特性を用いたキラル分子の高感度検出、磁場とキラルなプラズモンの光学特性の関係に関する議論と実験、2次元キラル金属ナノ構造のマクロな文光学特性の解析、等を主な研究内容として、分子研の岡本とグラスゴー大の KADODWALA が中心となり研究交流を進めた。</p> <p>英国側から1名 (KADODWALA) の分子研訪問・滞在を実施したほか、日本側と英国側のメンバーが韓国で開催された国際会議の学会会場で合して議論した (日本側1名、英国側4名)。また英国側から大学院生が大阪府立大学戸川欣彦准教授の研究室に約4ヶ月滞在して本課題に深く関連する研究を実施した。前年度までに分子研に属する大学院生1名がグラスゴー大にて得た実験結果に関連して必要となった実験に関して、その結果と将来展望に関して議論した。なお、この課題では、現在ロシア側との具体的な共同研究は行っていないが、共同研究を模索し、共同研究の議論を行った。</p> <p>不定期にこの研究課題に関するメールまたは Skype でのブレインストーミングを開催し (メールは常時、Skype は2回程度)、議論を深めた。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・8月、グラスゴー大学の KADODWALA が分子科学研究所に3日間滞在し、キラルプラズモンと分子の相互作用、及び磁場との相互作用に関する共同研究を行った。</li> <li>・本課題に密接に関連することとして、大阪府立大学 (戸川研究室) の大学院生が10月から1ヶ月、グラスゴー大学に滞在し、プラズモン共鳴のキラル光学特性に関する共同研究を一部実施した。</li> </ul>				

<p>29年度の研究 交流活動から得 られた成果</p>	<p>分子科学研究所・岡本らは局所的な光学活性を検出するための CD イメージング装置の開発と感度向上の試みを継続的に行い、28年度までに開発した異方性物質の CD 計測の確度を高める新方式に基づく顕微鏡を用い、共同研究を含め、各種の物質のキラル光学特性のイメージングを展開し、成果が出つつある。キラル金属ナノ構造による色素分子からの円偏光発光を見出し、その解析結果から、その機構に関する情報を得て、現在論文投稿中である。またグラスゴー大の KADODWALA グループとの共同研究において、アキラルな周期構造を持つ金属ナノ構造体を用いたキラル超分子（ウィルス）の光学活性検出の特性の詳細に関する解析を継続した。</p> <p>またキラル磁性体の巨視的スピン位相オーダーおよび非線形位相状態であるキラルスピンソリトン格子とキラルプラズモニクスの相互作用および新機能発見に向けた基礎研究として、大阪府立大学の戸川准教授の研究グループと共同で、ガラス基板表面に二次元キラル形状の貴金属ナノ構造を作成し、その光学活性について分光学的検討を行ったところ、ナノ構造の対称性に依存して、単純に解釈できない実験結果を得た。さらに条件を変更した実験を実施し、ある傾向を見出しており、理論的な解析を含めた研究を継続して行っている。</p>
--------------------------------------	--

整理番号	R-3	研究開始年度	平成 27 年度	研究終了年度	平成 31 年度
研究課題名	<p>(和文) キラル物性およびキラル渦ビームのスピン트로ニクスおよびメタマテリアルへの展開、および、電子ホログラフィーへの応用</p> <p>(英文) Application of chiral physical phenomena and chiral vortex beam into spintronics, metamaterials, and electron holography</p>				
日本側代表者 氏名・所属・職	<p>(和文) 戸川欣彦・大阪府立大学・准教授</p> <p>(英文) Yoshihiko TOGAWA, Osaka Prefecture University, Associate Professor</p>				
相手国側代表者 氏名・所属・職	<p>(英文) Donald MACLAREN, University of Glasgow, Lecturer Stephen McVITIE, University of Glasgow, Reader Alexander OVCHINNIKOV, Ural Federal University, Professor</p>				
29年度の研究 交流活動	<p>29年度は大阪府立大学の戸川、グラスゴー大学の MacLaren、ウラル連邦大学の OVCHINNIKOV らを中心に、光渦・プラズモン場・電子渦などの渦ビームとキラル物性の相互作用の原理構築を目指して研究を進めた。研究を多角的に進めるため R-2 と R-4 を含めたチーム間での共同研究を展開し、理論と実験の両面からのアプローチを可能としている。</p> <p>日本から 2 名および英国から 1 名が大阪府立大学とグラスゴー大学へ相互に滞在し実験と議論を進めた。日本から 1 名がウラル連邦大学を訪問し理論研究を進めた。日常的にメールや Skype でのやり取りを通して、研究課題の実験計画や進捗などを確認し合っている。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・グラスゴー大学 (KADODWALA 研究室) の大学院生が 5 月から 9 月にかけての 4 ヶ月、大阪府立大学に滞在し、プラズモン渦場とキラル磁性体の電磁結合に関する共同研究を行った。特に、理論モデルの構築を進めた。</li> <li>・大阪府立大学の戸川がグラスゴー大学に 9 月に 2 週間滞在し、ボルテックス電子ビームを用いた回折データに関する議論を行った。</li> <li>・大阪府立大学 (戸川研究室) の大学院生が 10 月から 11 月にかけての 1 ヶ月、グラスゴー大学に滞在し、プラズモン渦場とキラル磁性体の電磁結合に関する共同研究を行った。光学系の設計や数値計算を進めた。</li> <li>・放送大学の岸根がウラル連邦大学に 3 月に 3 週間滞在し、電磁キラリティを仲介してキラリティ転送に関する理論研究を行った。</li> </ul>				

<p>29年度の研 究交流活動 から得られ た成果</p>	<p>29年度は、R-4を含めた共同研究を通じて、物質中の電磁キラリティの意義を見出し、電子・表面プラズモン・光渦ビームとキラル磁性体におけるスピン秩序構造への電磁キラリティ転送の原理を構築した。R-2との共同研究を通じて、表面プラズモン渦場の効率的な生成方法に関する実験データを取得することに成功し、理論モデルの構築と数値計算によるデータ解析を進めている。キラル磁性体におけるスピン秩序構造への渦ビームからの電磁キラリティ転送の実験光学系構築の準備を進めた。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・電磁キラリティの意義と指導原理の構築</li> </ul> <p>物質中のMaxwell方程式において渦度に関する保存量が導出され、電磁キラリティとして定義されることを見出した。流れと密度の交換を通じて、キラル磁性体におけるスピン秩序構造と電磁場の相互制御への指導原理となる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・キラルプラズモン渦場の生成制御方法</li> </ul> <p>光増強されたキラル表面プラズモン場に関する研究を進め、金ナノ構造配列からの非自明な光学活性応答を得た。電磁キラリティの強化化に向けて金ナノ構造の設計パターンの指針となり得え、理論モデル構築と数値計算によるデータ解析を進めている。論文準備中である。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・電子渦とキラル物質の相互作用</li> </ul> <p>キラル物質による電子渦の回折現象に関して理論的考察を進め、特徴的な回折パターンが出現することを見出した。本研究によって、MacLarenが指導するグラスゴー大学の大学院生が学位(PhD)を取得した。</p>
---	--

整理番号	R-4	研究開始年度	平成 27 年度	研究終了年度	平成 31 年度
研究課題名	<p>(和文) キラル磁性体の構造とダイナミクスの理論的研究</p> <p>(英文) Theoretical studies on structure and dynamics of chiral helimagnet</p>				
日本側代表者 氏名・所属・職	<p>(和文) 岸根順一郎・放送大学・教授</p> <p>(英文) Junichiro KISHINE・The Open University of Japan, Professor</p>				
相手国側代表者 氏名・所属・職	<p>(英文) Alexander OVCHINNIKOV, Ural Federal University, Professor</p> <p>Stephen McVITIE, University of Glasgow, Reader</p>				
29年度の研究 交流活動	<p>岸根順一郎：5/5-5/22 に渡り、ウラル連邦大学に滞在して Alexander OVCHINNIKOV 氏と共同研究を行った。これに続き、5/23-26 に開催された DMI2017 に参加して研究発表を行った。さらに、9/4-6 にグラスゴー大学を訪問して研究討論を行った。さらに、2/25-3/12、ウラル連邦大学に滞在して Alexander OVCHINNIKOV 氏と共同研究を行った。これに続き、3/12-18 に開催されたロシア物性物理冬の学校に参加して講師として講演を行った。</p> <p>加藤雄介：5/23-26 に開催された DMI2017 に参加して研究発表を行った。</p> <p>松浦弘泰：8 月末にウラル連邦大学に滞在して Alexander OVCHINNIKOV 氏と共同研究を行った。</p> <p>小形正男：8 月末にウラル連邦大学に滞在して Alexander OVCHINNIKOV 氏と共同研究を行った。</p>				
29年度の研究 交流活動から得 られた成果	<p>DMI2017 において本プロジェクトから多くの参加者が研究成果を発表したことは大きな成果である。これによって、研究全体の進捗について相互にレビューを受けることができた。</p> <p>研究成果として特筆すべきは、OVCHINNIKOV 教授らとともにキラル磁性体における弾性波の伝搬に非相反性が現れることを理論的に見出したことである。これは、キラルらせん磁性体のらせん軸に沿った磁場をかけたばあいにはできる「強制強磁性状態」の周りのマグノン伝搬が非相反であることによって、ずれ弾性波がこれと結合して左右円偏波によって吸収に違いが生じる。この現象は、弾性波についての“二色性”効果が磁気駆動で起きるものであり、これまで指摘されてこなかったものである。</p>				

整理番号	R-5	研究開始年度	平成 27 年度	研究終了年度	平成 31 年度
研究課題名	(和文) キラル結晶の設計指針と結晶成長				
	(英文) Chiral Crystal design and growth.				
日本側代表者 氏名・所属・職	(和文) 井上克也・広島大学・キラル国際研究拠点・教授				
	(英文) Katsuya INOUE・Chirality Research Center, Hiroshima University, Professor				
相手国側代表者 氏名・所属・職	(英文) Nikolai BARANOV, Ural Federal University, Professor				
29年度の研 究交流活動	日本側協力研究機関のフランス Neel 研究所で、シングルキラルドメイン単結晶の育成研究を進めた。ロシア側共同研究機関のウラル連邦大学、Nikolai BARANOV 研究室では、日本で扱えないカルコゲナイドの結晶育成研究を進めた。				
29年度の研 究交流活動から得 られた成果	Neel 研究所では、数 cm に及ぶ CsCuCl <sub>3</sub> の単結晶育成に成功しており、測定研究グループに提供している。また Neel 研究所で進めている、室温以上のキラル磁性体の結晶育成に関して、フラックスの探索研究を進めており、手掛かりが得られつつある。ロシア側共同研究機関のウラル連邦大学、Nikolai BARANOV 研究室では、日本で扱えないテルルやセレンを含む母物質の結晶育成に成功した。				

整理番号	R-6	研究開始年度	平成 27 年度	研究終了年度	平成 31 年度
研究課題名	(和文) キラル磁性体の物性測定				
	(英文) Physical properties of Chiral Magnets				
日本側代表者 氏名・所属・職	(和文) 萩原政幸・大阪大学・教授				
	(英文) Masayuki HAGIWARA, Osaka University, Professor				
相手国側代表者 氏名・所属・職	(英文) Nikolai BARANOV, Ural Federal University, Professor				
	Stephen McVITIE, University of Glasgow, Reader				
29年度の研究 交流活動	<p>有馬の研究グループではロシアで開催された国際会議「IV International Workshop Dzyaloshinskii-Moriya Interaction and Exotic Spin Structures」に修士課程の学生2名が出席しポスター発表を行った。広島で開催された国際会議「A Consortium to Exploit Spin Chirality in Advanced Materials」に修士課程の学生2名が出席し、ポスター発表を行った。これらの活動を通じて、ロシアのグループとの共同研究がスタートした。</p> <p>鈴木と石井は超強定常磁場中超音波実験ならびに低温 X 線回折実験を実施し、希土類キラル金属 DyNi<sub>3</sub>Ga<sub>9</sub> の f 電子状態、磁気秩序、多極子秩序に関する研究を行った。</p> <p>萩原の研究グループでは特任研究員の澤田が分子科学研究所で CrNb<sub>3</sub>S<sub>6</sub> の Q-band ESR 測定を行い、また、X-band ESR 測定を阪大で詳細に行った。こられの結果はロシアで開催された国際会議「IV International Workshop Dzyaloshinskii-Moriya Interaction and Exotic Spin Structures」で萩原が行った。東大物性研で行われた国際ワークショップ「The 9th APCTP Workshop on Multiferroics」で澤田が出席し、ポスター発表を行った。前年度に測定を行った CsCuCl<sub>3</sub> の多周波数 ESR の実験結果をロシアの Ural Fedral University の理論家の研究グループに送り、このグループでの理論解析がスタートした。</p> <p>高阪は、キラル磁性体の中性子回折測定を実施する為に必要な大型単結晶試料の育成を行った。また、イギリス・グラスゴーで行われた Core-to-Core Progress Meeting、スペイン・サラゴサで行われた Perspectives for Science at Extreme Conditions using Neutron Scattering に参加、口頭発表を行い、欧州の研究者との交流を行った。</p> <p>大石は、J-PARC において偏極中性子回折実験装置の開発を進めると共に、f 電子系カイラル磁性体のヘリシティ及びカイラルソリトン格子の検証実験のため、<sup>3</sup>He 冷凍機の導入・整備を行った。また、札幌で行われた国際会議(<math>\mu</math> SR2017)に参加、ポスター発表を行い、海外の研究者との交流を行った。</p> <p>鳥養らは、英国 RAL、スイス PSI、カナダ TRIUMF において、鉄鋼</p>				

	<p>材料や 生体物質のミュオン実験を行い、各施設の研究者らと研究交流を深めるとともに、成果を <math>\mu</math> SR2017 において発表した。さらに、<math>\mu</math> SR2017 において J-PARC で開発中の超速ミュオン顕微鏡について紹介、<math>\mu</math> SR2017 スクールで講義を行ったところ、世界の研究者や学生らから、表面・界面研究への応用に強い期待が寄せられた。</p> <p>木村らは、キラル磁性体 CrNb3S6 について、広島大学放射光科学研究センターにて放射光を用いたスピン・角度分解光電子分光を行なった。さらにはディラック線ノードを有するいくつかのトポロジカル半金属についても測定を行い、特に表面バンドのスピンテクスチャーを決定した。また直線偏光依存性からバルク由来のディラックコーンや表面バンドの軌道対称性を明らかにした。また、量子異常ホール効果を示しカイラルエッジ状態を有する磁性トポロジカル絶縁体について内殻吸収磁気円二色性実験を行なった。</p>
<p>29年度の研究 交流活動から得 られた成果</p>	<p>有馬らのグループでは CsCuCl3 の大型単結晶を用いた磁気キラル二色性の測定に成功し、論文として公表した。“Magneto-chiral dichroism of CsCuCl3”, N. Nakagawa, N. Abe, S. Toyoda, S. Kimura, J. Zaccaro, I. Gautier-Luneau, D. Luneau, Y. Kousaka, A. Sera, M. Sera, K. Inoue, J. Akimitsu, Y. Tokunaga, T. Arima, Phys. Rev. B 96, 121102(R) (2017).</p> <p>鈴木と石井らは DyNi3Ga9 の四極子秩序の磁場-温度相図を明らかにし、結晶場準位の磁場依存性に起因することを解明した。DyNi3Ga9 の四極子秩序の論文を JPSJ で発表した。また、層状ペロフスカイト (C2H5NH3)2CuCl4 において、新規の弱強誘電秩序を発見するとともに、強弾性秩序、反強磁性秩序を確認し、新規のマルチフェロイックスとして提案した。この成果は、SSC に発表した。これらの研究の範疇で、博士1名、修士2名、学士2名を輩出した。</p> <p>萩原らは CrNb3S6 の ESR 測定から Q-band ESR ではスパイク状のアノマリーが観測されないこと、X-band ESR の結果から変調磁場の周波数を低くしてもスパイク状のアノマリーに変化がないことがわかり、またスパイク状のアノマリーが角度変化することが分かった。</p> <p>大石と有馬らは J-PARC の BL15「大観」において、中性子パルスと電流パルスを同期させた。ストロボスコピック中性子小角散乱実験を行い、急冷中の磁気状態の変化を 10ms の時間分解能で測定することに成功した。</p> <p>鳥養らは、超低速ミュオン顕微鏡によるキラル磁性体の磁気構造とダイナミクスの完全計測を目指して、三軸分光装置を完成させるとともに、銀薄膜における 超低速ミュオンスピン回転の観測に成功した。</p> <p>木村らが行なったキラル磁性体 CrNb3S6 のスピン・角度分解光電子分光実験からブリルアンゾーンの K 点付近で明確なスピン偏極電子を観測</p>

	<p>した。現在キラル磁性との関連を調べるべく解析中である。さらにカイラルエッジ状態を示す磁性トポロジカル絶縁体についてその強磁性の起源について理解を得た。</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「キラル自然哲学会」 (英文) JSPS Core-to-Core Program “Chiral Natural Philosophy”
開催期間	平成 29 年 4 月 21 日 ~ 平成 29 年 4 月 22 日 (2 日間)
開催地 (国名、都市名、会場名)	(和文) 日本、広島、神田山荘 (英文) Japan, Hiroshima, Kanda Sansou Resort
日本側開催責任者 氏名・所属・職	(和文) 井上克也・広島大学キラル物性研究拠点・教授 (英文) Center for Chiral Science Hiroshima University, Project Leader, Professor Katsuya INOUE
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) なし

### 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>	28 / 56	7 / 12
	合計 <人/人日>	7 /

s 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>キラル自然哲学会：現在目的としている研究の枠を超えて、自由な発想で新しい研究の方向性を探るため、高い視点から議論メインの研究会である。</p> <p>学問分野にとらわれない自由な討論、議論を通して、通常の発想にとらわれない広い視点を持つ新規研究の発掘を目的とする。</p>	
セミナーの成果	<p>位相幾何学に関する知識の交換を行い、ホモロジー、コホモロジーに重要性を参加者で共有した。</p> <p>キラル磁性体に現在必要な理論的バックグラウンドが明らかになり、参加者で共有した。</p>	
セミナーの運営組織	<p>本研究プロジェクトの主要メンバーが共同で運営した。</p> <p>本研究会は本プロジェクトを主催した。</p> <p>研究会責任者 井上克也</p> <p>研究会担当者 井上克也</p>	
開催経費 分担内容 と金額	日本側	<p>内容 国内旅費 金額 759,060 円</p> <p>内容 会議費 金額 12,127 円</p>

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「IV International Workshop Dzyaloshinskii-Moriya Interaction and Exotic Spin Structures」
	(英文) JSPS Core-to-Core Program “DMI2017 (IV International Workshop Dzyaloshinskii-Moriya Interaction and Exotic Spin Structures)”
開催期間	平成 29 年 5 月 23 日 ～ 平成 29 年 5 月 26 日 (4 日間)
開催地 (国名、都市名、会場名)	(和文) ロシア、ヴィボルグ (サンクトペテルブルグ近郊)
	(英文) Russia, Peterhof
日本側開催責任者 氏名・所属・職	(和文) 岸根順一郎・放送大学・教授
	(英文) Junichiro KISHINE・The Open Univ. Japan・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) Sergey GRIGORIEV Petersburg Nuclear Physics Institute・Professor
	Alexander OVCHINNIKOV Ural Federal University・Professor

#### 参加者数

派遣先 派遣元		セミナー開催国 (ロシア)	
		A.	B.
日本 <人/人日>	A.	11 / 79	
	B.	5	
ロシア <人/人日>	A.	5 / 22	
	B.	61	
スペイン (日本側協力研究者) <人/人日>	A.	2 / 12	
	B.	1	
カナダ (日本側協力研究者) <人/人日>	A.	1 / 8	
	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)

※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>DMIに関する国際会議  (<a href="https://oiks.pnpi.spb.ru/events/DMI-2017">https://oiks.pnpi.spb.ru/events/DMI-2017</a>) は広島開催の <math>\chi</math> Mag Conference とタイアップしており、DMI Conference はよりグローバルな視点、平成 27 年度に本事業で開催した <math>\chi</math> Mag Conference はブレインストーミング的な議論を行うことになっている。本会議にDMIの専門家（本拠点メンバー含む。）が多数参加するのを機会に、本研究テーマに関係する研究者を交え、研究の展開状況を報告するとともに、今後の共同研究、研究方針について話し合う。</p>	
セミナーの成果	<p>本事業日本側メンバーからは、岸根、加藤、戸川、萩原、大原、篠寄が講演を行った。また、岸根はペテルブルク核物理研究所 Sergey GRIGORIEV とともに Co-Chairman を務め、会議全体のマネジメントを行った。また、ロシア側メンバーとしては Sergey GRIGORIEV、Alexander OVCHINNIKOV らが中心的な役割を果たし、日ロ双方のメンバーが互いの成果を持ち寄ってより広いコミュニティに向けて発信することに成功したといえる。</p> <p>日本側メンバーの具体的な講演テーマは岸根「磁性と光学における 1 軸的 chirality」、萩原「電子スピン共鳴による CrNb<sub>3</sub>S<sub>6</sub> のスピンドYNAMICS」、加藤「1 軸的 chiral 磁性体におけるスピン構造と相転移前駆現象」、大原「希土類 chiral 磁性体の磁気相図」、篠寄「Chiral 磁性体における準安定性と履歴現象」であり、分野の広がりや国際的コミュニティに印象付けることができたといえる。今回のセミナーでは、以上のように本事業メンバーが当該分野を先導していることを内外に周知し、存在感を示すことができたといえる。今回のセミナーの勢いを維持し、2018 年度に計画している国際会議「<math>\chi</math>Mag2018」につなげたい。</p>	
セミナーの運営組織	<p>本研究会は本プロジェクトのロシア側主要メンバーが共同で運営した。</p> <p>研究会責任者 Sergey GRIGORIEV, Junichiro KISHINE, Katsuya INOUE  研究会担当者 上と同じ</p>	
開催経費 分担内容 と金額	日本側	<p>内容 日本側メンバーの旅費 金額 1,189,820 円  内容 外国旅費に係る消費税 金額 89,819 円</p>
	ロシア側	<p>内容 日本側メンバーのロシア国内滞在費  内容 会議費</p>

整理番号	S-3
セミナー名	(和文) 日本学術振興会研究拠点形成事業「第6回キラル物性若手の会 2017年度秋の学校」 (英文) JSPS Core-to-Core Program “Young Scientist Seminar”
開催期間	平成29年11月20日 ~ 平成29年11月22日 (3日間)
開催地(国名、都市名、会場名)	(和文) 日本、大阪、I-site なんば (英文) Japan, Osaka, I-site Namba
日本側開催責任者 氏名・所属・職	(和文) 井上克也・広島大学キラル国際研究拠点・教授 (英文) Chirality Research Center(CResCent) Hiroshima University, Project Leader, Katsuya INOUE
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) なし

#### 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.	22 / 67	
	B.	8	
合計 〈人／人日〉	A.	22 / 67	
	B.	8	

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>本プロジェクトに関係する学生若手メンバー、ポスドクメンバーに向けた勉強会である。若手の会では、研究に必要な基本的な物理を、専門家以外にもわかりやすく、丁寧に講義を行い（1回3時間×2回）、さらには5人程度でグループを組み若手同士で、興味を持ったことや疑問を持ったことなどについて議論を行い、竿後に発表する形式がこれまで効率的であったことから、本年度はほとんどがこの形式で行われた。これによって、新規参加者を含めた若手の意識向上、興味を深め、研究が効率的に進むこと目的としている。</p>		
<p>セミナーの成果</p>	<p>スピントロニクスと磁性に関する入門講座は大変貴重な機会となった。学生はもちろん参加していた教員からも大いに勉強になったとの声を頂いている。グループディスカッションでは学生を含む若手研究者同士の議論が盛り上がり、仕掛けがうまく機能したことが伺える。講演では最先端の研究が発表され、活発な議論が行われた。</p> <p>参加者からアンケートを収集したところ、今回の企画に対して概ね好評の意見を頂いている。より多くの参加者との議論が行えるようグループディスカッションの時間を増やしてほしいとの声もある。時間的な制約はつきものであるが、次回以降にフィードバックをかけることができるようにしたい。我々が先導する研究分野において活発な若手研究者が育ってきている証拠と考えている。</p>		
<p>セミナーの運営組織</p>	<p>本研究プロジェクトの主要メンバーが共同で運営した。          本研究会は本プロジェクトを主催した。          研究会責任者 井上克也          研究会担当者 高橋浩久</p>		
<p>開催経費          分担内容          と金額</p>	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="376 1765 564 1906"> <p>日本側</p> </td> <td data-bbox="564 1765 1348 1906"> <p>内容 国内旅費 金額 522,920 円            内容 会議費 金額 91,020 円            内容 講演者の謝金 金額 15,030 円</p> </td> </tr> </table>	<p>日本側</p>	<p>内容 国内旅費 金額 522,920 円            内容 会議費 金額 91,020 円            内容 講演者の謝金 金額 15,030 円</p>
<p>日本側</p>	<p>内容 国内旅費 金額 522,920 円            内容 会議費 金額 91,020 円            内容 講演者の謝金 金額 15,030 円</p>		

整理番号	S-4
セミナー名	(和文) 日本学術振興会研究拠点形成事業「グラスゴー会議」
	(英文) Glasgow meeting for JSPS Core-to-Core Program “A Consortium to Exploit Spin Chirality in Advanced Materials”
開催期間	平成 29 年 9 月 4 日 ～ 平成 29 年 9 月 6 日 (3 日間)
開催地 (国名、都市名、会場名)	(和文) グラスゴー、英国、グラスゴー大学
	(英文) Glasgow, UK, University of Glasgow
日本側開催責任者 氏名・所属・職	(和文) 戸川欣彦・大阪府立大・准教授
	(英文) Yoshihiko TOGAWA・Osaka Prefecture University・Associate 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) Stephen McVITIE, University of Glasgow, Reader

#### 参加者数

派遣先 派遣元	セミナー開催国 (英国)	
	A.	B.
日本 〈人／人日〉	7 / 21	0
英国 〈人／人日〉	7 / 21	18
ロシア 〈人／人日〉	2 / 6	0
合計 〈人／人日〉	16 / 48	18

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	本プロジェクトのメンバーが集まり、中間時点での研究状況をお互いに確認する。また将来のフォローアップ計画を練る。	
セミナーの成果	プロジェクト推進の中間地点において、多くの主要メンバーが集まり、最新の研究結果を持ち寄って集中して議論する機会となった。プロジェクトの進行状況を確認し、研究ターゲットをより明確にし、短・中期的あるいは長期的な研究の方向性を見定めることができた。グループ内での異分野間での共同研究から想定外の研究成果が生まれつつあり、今後の進展が楽しみである。	
セミナーの運営組織	本プロジェクトの主催であり、主要メンバーが共同で運営した。 研究会責任者 井上克也 研究会担当者 戸川欣彦	
開催経費 分担内容 と金額	日本側	内容 日本側メンバーの旅費 金額 2,085,840 円 内容 外国旅費に係る消費税 金額 162,021 円
	英国側	内容 会議費

整理番号	S-5
セミナー名	(和文) 日本学術振興会研究拠点形成事業「キラル磁性の将来構想トピカルミーティング」
	(英文) JSPS Core-to-Core Program “A Consortium to Exploit Spin Chirality in Advanced Materials”
開催期間	平成 29 年 12 月 8 日 ~ 平成 29 年 12 月 10 日 (3 日間)
開催地 (国名、都市名、会場名)	(和文) 日本、竹原市、休暇村大久野島
	(英文) Japan, Takehara, KYUKAMURA OHKUNOSHIMA
日本側開催責任者 氏名・所属・職	(和文) 井上克也・広島大学キラル国際研究拠点・教授
	(英文) Chirality Research Center(CResCent) Hiroshima University, Project Leader, Katsuya INOUE
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) なし

#### 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.	27 / 74	
	B.	6	
英国 〈人／人日〉	A.	0 / 0	
	B.	1	
スペイン (日本側協力研究者) 〈人／人日〉	A.	1 / 3	
	B.	0	
合計 〈人／人日〉	A.	28 / 77	
	B.	7	

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	本プロジェクトのメンバーが集まり、研究の最新結果を持ち寄り、内容について議論を行い、情報を共有し、さらに先の研究を企画することが目的である。また、長期視点の将来構想を練るための研究会である。	
セミナーの成果	キラル磁性体及び周辺の研究者が一堂に会したため、非常に奥の最先端のケイン旧成果が発表された。それぞれの研究成果について議論を行い方向性を定めた。 また全体としてキラル磁性がどの方向に進むべきか、情報共有を行った。	
セミナーの運営組織	本研究プロジェクトの主要メンバーが共同で運営した。 本研究会は本プロジェクトを主催した。 研究会責任者 井上克也 研究会担当者 井上克也	
開催経費 分担内容 と金額	日本側	内容 国内旅費 金額 1,171,090 円 内容 会議費 金額 83,735 円

整理番号	S-6
セミナー名	(和文) 日本学術振興会研究拠点形成事業「キラル素粒子論セミナー」
	(英文) JSPS Core-to-Core Program “ Chiral Particle Seminar”
開催期間	平成 30 年 1 月 20 日 ～ 平成 30 年 1 月 20 日 (1 日間)
開催地 (国名、都市名、会場名)	(和文) 日本、東広島、広島大学 東広島キャンパス
	(英文) Japan, Higashi-Hiroshima, Hiroshima University
日本側開催責任者 氏名・所属・職	(和文) 井上克也・広島大学キラル国際研究拠点・教授
	(英文) Chirality Research Center(CResCent) Hiroshima University, Project Leader, Katsuya INOUE
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) なし

#### 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.	5 / 7	
	B.	50	
合計 〈人／人日〉	A.	5 / 7	
	B.	50	

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	「キラル素粒子論セミナー」は、新進気鋭の核物理理論家をお招きし、物質のキラルが時空のカイラリティとどうつながるか議論するセミナーであり、本事業の目標である「キラル物性研究」、「カイラリティ解明」の発展のため開催する。	
セミナーの成果	キラル磁性体と高密度の素粒子プラズマとの共通性について認識が深まった。超新星爆発において、カイラリティの破れが重要であることが示され、その際テクスチャが大きくなるインバースカスケードの本質がカイラリティ原因であることが示され、このことは、動物における模様がどのように生まれてきたかを考察するうえで重要であることが、参加者全員認識できた。 一方、低エネルギー現象であるキラル磁性体と、高エネルギー現象の QDP (クオークグルーオンプラズマ) 状態での違いも明らかとなり今後共同研究を進めることとした。	
セミナーの運営組織	本研究プロジェクトの主要メンバーが共同で運営した。 本研究会は本プロジェクトを主催した。 研究会責任者 井上克也 研究会担当者 井上克也	
開催経費 分担内容 と金額	日本側	内容 講演者の国内旅費 金額 42,000 円 内容 講演者の謝金 金額 110,000 円

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。

別紙1の通り

#### 7-4 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）：本課題では、日本側拠点機関である広島大学を中心としてスピントロニクスに関する研究を総合的に展開し、世界的にリーダーシップをとり、国際研究交流拠点の構築を順調に進めている。

学術的側面では、キラル磁性を機軸として、目標とするプラズモニクスおよびスピントロニクスへの展開のための共同研究の基盤を固めつつ、材料開発、物性測定および理論解析の面で、特にスキルミオンの理論に関して優れた成果をあげている。種々のキラル磁性体の左右の作りわけなどキラル系の特徴を引き出す重要な結晶作成技術を進めており、キラル系特有の物性の観測にも成功している。これらは新しい物性が期待されるキラル系の研究に有用な成果と考える。また、磁気光学やプラズモニクス、スピントロニクスにおけるキラル系の効果についても関連研究グループとの交流のもと一定の成果を得ている。論文数、国際会議での発表数、シンポジウムの参加者リストなど数値に現れるエビデンスとしても、成果があがっていると判断できる。一方で、現状としては基礎物性評価と理論的解釈が主体であるため、今後は、目標とする磁気光学材料設計、プラズモニクス、スピントロニクス現象の統合的理解と次世代情報通信技術への展開に向けて、大きなブレークスルーが必要となる。各研究項目の進捗度と今後の研究展開について、より詳細に検討することが望まれる。

若手研究者育成については、多くの国内外の学生を含む若手研究者が研究に参加、活躍しており、成果を上げている。キラル哲学会等の国内でのユニークな取り組みも含め、セミナーを中心とした活発な若手研究者交流が進められている。また、本課題に参加する若手研究者が国内の研究機関の本プロジェクトグループに採用されており、人材育成が進んでいるものとして評価できる。

国際研究交流拠点の構築については、材料・測定・理論チームで編成されるグローバルコンソーシアムの形成による研究交流と共同研究の推進は有効に機能しており、多くの共同研究テーマが立ち上がり、進み始めている。セミナーと共同研究を通して強い国際研究交流が進められ、堅固な国際ネットワークの基盤が構築されつつあり、評価できる。今後、コーディネーターの強いリーダーシップの下、本課題の目標達成に向けての課題に留意しつつ後半の研究交流活動を展開すれば、十分に意義のある結果が残せるものと考えられる。

対応：分子性キラル磁性体の関しては、左右の作り分けは確立している。しかしながら磁気相転移温度が低いことや、配位子の影響による磁気異方性が大きく効くことや、属する空間群が比較的対称であるため、キラルヘリカル磁気構造（CHM）がごく狭い温度範囲でしか存在しないため、安定的にキラルスピントロン格子（CSL）が作りにくい状況になっている。そこで、比較的高対称のキラル空間群に属する無機系キラル磁性体の新たな開発が必要となるが、無機キラル磁性体ではキラル誘導によるキラル結晶作成が不可能であるため、自然分晶に頼らざるを得なくなる。自然分晶は結晶の0.1%以下という非常に低確率のため、現実的に狙って作成することは不可能である。そこでAI等を用いてキラル無機結

晶の設計を始めている。すでに1報論文として報告し、英語によるプレスリリースも行った。(http://home.hiroshima-u.ac.jp/~kotai/chiral/papers/#press20180410) 今後、この方針による研究を進め新しい無機キラル磁性体の創成を行う。また、現状としては基礎物性評価と理論的解釈が主体であるため、今後は、目標とする磁気光学材料設計、プラズモニクス、スピントロニクス現象の統合的理解と次世代情報通信技術への展開に向けて、大きなブレークスルーが必要となるため焦点を絞って、進めていく。各研究項目の進捗度と今後の研究展開について、さらに検討する。

②評価コメント(抜粋): 学術的側面については、目標とするプラズモニクスおよびスピントロニクスへの展開のための共同研究の基盤を固めつつ、材料開発、物性測定および理論解析の面で成果をあげている。種々のキラル磁性体の左右の作りわけなどキラル系の特徴を引き出す重要な結晶作成技術やキラル系特有の物性の観測を進めたことは、新しい物性が期待されるキラル系の研究に有用な成果と考える。また、磁気光学やプラズモニクス、スピントロニクスにおけるキラル系の効果についても関連研究グループとの交流のもと一定の成果を得ている。さらに、キラル系に豊富な物性に関して順調に研究を進めている。ただ、本課題の目標として掲げられている、磁気光学材料設計、プラズモニクス、スピントロニクス現象を統合する研究領域の創成についての成果は、中間評価資料からははっきりと読み取れず、個々の分野の成果が蓄積している印象である。

若手研究者の育成については、人的交流ならびに人材育成も堅調に行われており、成果があがっている。2名の若手研究者が助教や研究員として国内の研究機関の本プロジェクトグループ研究員に採用されたことは高く評価できる。また、研究には多くの国内外の学生を含む若手研究者が参加、活躍しており、共同研究先から博士研究員を受け入れていることも共同研究が順調に進んでいることを示している。

国際研究交流拠点の構築については、セミナーと共同研究を通して強い国際研究交流が進められており、堅固な国際ネットワークの基盤が構築されつつある。スピנקイラリティに関する研究を総合的に展開し、世界的にもリーダーシップをとり、順調に進んでいると考える。

・研究交流活動の成果として優れた研究業績が発表されているか。

共同研究では、多数の相手国との共著論文が出版されており、十分に学術的成果があがっている。特にスキルミオンの理論に関して優れた成果が出ている。

対応: 無機キラル磁性体の結晶設計と合成指針については前述。キラルシングルドメインの単結晶育成に関しては、前述のとおり、フランス・ネール研究所との共同研究を進め、順調に研究を進めている。ただ、本課題の目標として掲げられている、磁気光学材料設計、プラズモニクス、スピントロニクス現象を統合する研究領域の創成についての成果については個々の分野の成果が蓄積している状態である。

一方で、次世代通信技術に資する応用研究はあまり見られないが今後民間企業との共同研究を模索していく。

## 8. 平成 29 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

別紙 2 の通り

※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
46/98	( 27/52 )	26/62	( 66/249 )	73/200	( 90/220 )	50/119	( 57/166 )	195/479 ( 240/687 )

## 9. 平成29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	6,855,306	
	外国旅費	6,000,137	
	謝金	57,030	
	備品・消耗品 購入費	225,629	
	その他の経費	2,374,318	
	不課税取引・ 非課税取引に 係る消費税	487,580	学会参加費・論文掲載料・ 燃料費・宿舍借上費に係 る消費税を含む
	計	16,000,000	
業務委託手数料		1,600,000	
合 計		17,600,000	

## 10. 平成29年度相手国マッチングファンド使用額

相手国名	平成29年度使用額	
	現地通貨額[現地通貨単位]	日本円換算額
英国	900,000[£]	117,828,000 円相当
ロシア	ウラル連邦大学(Ural Federal University) 1,024,000[ RUB ] 2017.1.1 ~ 2017.12.31 ロシア連邦 教育・科学省	ウラル連邦大学(Ural Federal University) 1,945,600 円相当 2017.1.1 ~ 2017.12.31 ロシア連邦 教育・科学省
	600,000[ RUB ] 2017.1.1 ~ 2017.12.31	1,140,000 円相当 2017.1.1 ~ 2017.12.31
	ウラル連邦大学(Ural Federal University) 314,000 [ RUB ] 2018.1.1 ~ 2018.12.31 Russian Fund of Basic	ウラル連邦大学(Ural Federal University) 596,060 円相当 2018.1.1 ~ 2018.12.31 Russian Fund of Basic

	<b>Researches</b> 1,200,000 [ RUB ] 2018.1.1 ~ 2018.12.31 Fund of Development of Theoretical Physics "BASIS" 1,200,000[ RUB ] 2018.1.1 ~ 2018.12.31	<b>Researches</b> 2,277,530 円相当 2018.1.1 ~ 2018.12.31 Fund of Development of Theoretical Physics "BASIS" 2,277,530 円相当 2018.1.1 ~ 2018.12.31
--	---	--

※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。

## (別紙1) 7-3 研究者交流(共同研究、セミナー以外の交流)

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		内容
2日間	Andrey A. (O.) LEONOV	広島大学大学院理学研究科 特任助教			SKYMAG2017 (5月フランス)に参加するためにVisaの申請を行う。	在日フランス大使館
10日間	Andrey A. (O.) LEONOV	広島大学大学院理学研究科 特任助教			SKYMAG2017に参加、発表を行う。	フランス CHIMIE PARISTECH
3日間	高橋 浩久	放送大学 D3			第14回ミュオンスピン回転緩和共鳴国際会議(μSR2017)に参加、発表を行う。	北海道大学
7日間	大原 繁男	名古屋工業大学大学院教授			強相関電子系国際会議SCES2017に参加、発表を行う。	Prague at the Clarion Congress Hotel Prague プラハ
9日間	二宮 博樹	名古屋工業大学大学院 D3			強相関電子系国際会議SCES2017に参加、発表を行う。	Prague at the Clarion Congress Hotel Prague プラハ
32日間	Bertalan György Szigeti	Budapest University of Technology and Economics M2	Andrey A. (O.) LEONOV	広島大学大学院理学研究科 特任助教	スキルミオン合成について研究打合せ、議論を行う。	広島大学
11日間	鶴田 一樹	SPring-8 PD			28th International Conference LT28に参加、発表を行う。	The Swedish Exhibition and Congress Centre ヨーテボリ スウェーデン
6日間	Kseniya Maryunina	広島大学大学院理学研究科 助教			DESIGN OF MAGNETOACTIVE COMPOUNDSに参加、発表を行う。	Campin g-hote l Yolo chka ロシア
4日間	井上 克也	広島大学大学院理学研究科 教授	Istvan Kezsmarki	University of Augsburg 教授	GaV2S4の結晶育成及びフェロトロイダルモーメントについて研究打合せ、議論を行う。	アウクスブルク大学 ドイツ
6日間	世良 文香	広島大学大学院理学研究科 D3			日本物理学会秋季大会に参加、発表を行う。	岩手大学 上田キャンパス
4日間	高橋 浩久	放送大学 D3			日本物理学会秋季大会に参加し、発表を行う。	岩手大学 上田キャンパス
6日間	李 思敏	広島大学大学院理学研究科 M2			ISCOM2017に参加、発表を行う。	宮城蔵王ロイヤルホテル
2日間	李 思敏	広島大学大学院理学研究科 M2			NFMM2017に参加、発表を行う。	東北大学金属材料研究所
2日間	井上 克也	広島大学大学院理学研究科 教授			「キラル物性研究の将来構想会議」に参加した。	キャンパスイノベーションセンター 東京
2日間	戸川 欣彦	大阪府立大学 准教授	井上 克也	広島大学大学院理学研究科 教授	「キラル物性研究の将来構想会議」に参加した。	キャンパスイノベーションセンター 東京

6 日間	Lahcène OUAHAB	National Center for Scientific Research (CNRS- Université de Rennes1)	井上 克也 広島大学大 学院理学研 究科 教授	the 11th Japanese- Russian Workshop on “Open Shell Compounds and Molecular Spin Devices,” に参加、発表を 行った。研究打合せ、議論 を行う。	淡路島 淡路 夢舞台	
3 日間	Lahcène OUAHAB	National Center for Scientific Research (CNRS- Université de Rennes1)	満身 稔 岡山理科大 学 理学部 化学科 教 授	錯体合成について、研 究打合せ、議論を行 う。	岡山大学	
3 日間	井上 克也	広島大学大 学院理学研 究科 教授	Lahcène OUAHAB	National Center for Scientific Research (CNRS- Université de Rennes1)	the 11th Japanese- Russian Workshop on “Open Shell Compounds and Molecular Spin Devices,” に参加、発表を 行った。研究打合せ、議論 を行う。	淡路島 淡路 夢舞台
4 日間	村上 正樹	広島大学大 学院理学研 究科 M1		the 11th Japanese- Russian Workshop on “Open Shell Compounds and Molecular Spin Devices,” に参加、発 表を行った。	淡路島 淡路 夢舞台	
4 日間	一楽 陽司	広島大学大 学院理学研 究科 M2		the 11th Japanese- Russian Workshop on “Open Shell Compounds and Molecular Spin Devices,” に参加、発 表を行った。	淡路島 淡路 夢舞台	
4 日間	林 宏太郎	広島大学大 学院理学研 究科 M2		the 11th Japanese- Russian Workshop on “Open Shell Compounds and Molecular Spin Devices,” に参加、発 表を行った。	淡路島 淡路 夢舞台	
3 日間	十島 彩樺	広島大学大 学院理学研 究科 M1		日本中性子科学会第17 回年会に参加、発表を 行う。	福岡市 福岡 大学	
3 日間	高橋 浩久	放送大学 D3		合同研究会「スピンと 光」に参加、「光渦と2 次元電子系の相互作用 における光応答電流へ の角運動量の影響」に ついて発表を行う。	神奈川県足柄 下郡	

2 日間	井上 克也 広島大学大学院理学研究科 教授	大石 一城 CROSS 副主任研究員	第2回研究討論会 「ミュオンを用いた電子・水素・イオンの複合ダイナミクスの観測ー現状と展望ー」に参加、発表を行う。	武雄温泉ハイ ツ 佐賀県武 雄市
4 日間	Kseniya Maryunina 広島大学大学院理学研究科 助教		CTOC2018に参加、発表を行う。	ロシア シェ レゲシュ
1 日間	岡本 裕巳 分子科学研究所 メソスコピック計測研究センター 教授		早稲田大学 西早稲田キャンパス「第65回応用物理学会春季学術講演会」に参加、発表を行う。	早稲田大学 西早稲田キャンパス
4 日間	西原 禎文 広島大学大学院理学研究科 准教授		日本化学会第98春季年 会に参加、発表を行 う。	日本大学理工 学部 船橋市
4 日間	西田 一輝 広島大学大学院理学研究科 M2		日本化学会第98春季年 会に参加、発表を行 う。	日本大学理工 学部 船橋市
4 日間	丸山 莉央 広島大学大学院理学研究科 M2		日本化学会第98春季年 会に参加、発表を行 う。	日本大学理工 学部 船橋市
4 日間	伊達 拓也 広島大学大学院理学研究科 M1		日本化学会第98春季年 会に参加、発表を行 う。	日本大学理工 学部 船橋市
4 日間	兀尾 和希 広島大学大学院理学研究科 M1		日本化学会第98春季年 会に参加、発表を行 う。	日本大学理工 学部 船橋市
3 日間	成島 哲也 分子科学研究所 メソスコピック計測研究センター 助教		日本化学会第98春季年会(2018)に参加し、キラル物質、分子、構造、反応等に関する情報の収集を行う。また、中長期テーマシンポジウム(分子設計と分子技術:新機能によるイノベーション)に参加、発表を行う。	日本大学理工 学部 船橋 キャンパス
5 日間	荻田 典男 広島大学大学院総合科学研究科 教授		「日本物理学会第73回 年次大会」に参加、発 表を行う。	東京理科大学 野田キャンパ ス
5 日間	澤田 祐也 大阪大学理学研究科 特任研究員		「日本物理学会第73回 年次大会」に参加、発 表を行う。	東京理科大学 野田キャンパ ス

5 日間	赤木 暢 大阪大学理 学研究科 助教		「日本物理学会第73回 年次大会」に参加、発 表を行う。	東京理科大学 野田キャンパ ス
3 日間	高橋 浩久 放送大学 D3		「日本物理学会第73回 年次大会」に参加、発 表を行う。	東京理科大学 野田キャンパ ス
1 日間	美藤 正樹 九州工業大 学大学院 教授		「日本物理学会第73回 年次大会」に参加、発 表を行う。	東京理科大学 野田キャンパ ス
3 日間	井上 克也 広島大学大 学院理学研 究科 教授	戸川 欣彦 大阪府立大 学 准教授	「キラル物性研究の将 来構想会議」に参加 し、キラル物性研究に ついて研究打合せ、議 論を行う	キャンパス・ イノベーショ ンセンター 東京
3 日間	戸川 欣彦 大阪府立大 学 准教授	井上 克也 広島大学大 学院理学研 究科 教授	「キラル物性研究の将 来構想会議」に参加 し、キラル物性研究に ついて研究打合せ、議 論を行う	キャンパス・ イノベーショ ンセンター 東京

## 別紙2

国	日本	英国	ロシア	フランス (第三国)	シンガポール (第三国)	韓国 (第三国)	チェコ (第三国)	台湾 (第三国)	オーストラリア (第三国)	マレーシア (第三国)	ドイツ (第三国-日本側研究者)	ポーランド (第三国)	スペイン (日本側研究者)	スウェーデン (第三国)	中国 (第三国)	合計	
日本	1	0/0 (1/6)	9/81 (5/86)	1/10 (3/21)	0/0 (1/10)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	10/91 (10/123)
	2	5/40 (2/13)	1/28 (3/37)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (4/15)	2/16 (5/43)	0/0 (1/5)	0/0 (2/20)	0/0 (1/5)	2/9 (1/2)	0/0 (1/3)	1/8 (0/0)	1/11 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	12/122 (20/144)
	3	1/34 (0/0)	1/23 (0/0)	0/0 (1/6)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (1/6)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (1/8)	0/0 (7/35)	0/0 (0/0)	2/57 (10/55)
	4	0/0 (0/0)	1/31 (1/21)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (1/4)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (1/9)	0/0 (0/0)	1/7 (1/8)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	2/38 (4/42)
	計	6/74 (3/19)	12/163 (9/144)	1/10 (4/27)	0/0 (1/10)	0/0 (4/15)	2/16 (5/43)	0/0 (2/9)	0/0 (2/20)	0/0 (1/5)	2/9 (3/17)	0/0 (1/3)	2/15 (1/8)	1/11 (1/8)	0/0 (7/35)	0/0 (0/0)	28/200 (44/200)
英国	1	0/0 (2/115)		0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (2/115)
	2	0/0 (4/168)		0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (4/168)
	3	0/0 (0/0)		0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)
	4	0/0 (0/0)		0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)
	計	0/0 (6/283)		0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (6/283)
ロシア	1	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)		0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)
	2	0/0 (0/0)	0/0 (2/20)		0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (1/3)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (2/23)
	3	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)		0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)
	4	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)		0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)
	計	0/0 (0/0)	0/0 (2/20)		0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (1/3)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (2/20)
フランス (日本側研究者)	1	1/24 (3/79)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)		0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	1/24 (3/79)
	2	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)		0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)
	3	2/9 (1/6)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)		0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	2/9 (1/6)
	4	1/3 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)		0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	1/3 (0/0)
	計	4/36 (4/85)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)		0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	4/36 (4/85)
スペイン (日本側研究者)	1	0/0 (1/3)	0/0 (0/0)	0/0 (2/12)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)		0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (3/15)
	2	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)		0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)
	3	1/3 (1/11)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)		0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	1/3 (1/11)	1/3 (1/11)
	4	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)		0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)
	計	1/3 (2/14)	0/0 (0/0)	0/0 (2/12)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)		0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	1/3 (4/28)
カナダ (日本側研究者)	1	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (1/8)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (1/8)
	2	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)
	3	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)
	4	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)
	計	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (1/8)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (1/8)
ハンガリー (日本側研究者)	1	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)
	2	1/32 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	1/32 (0/0)
	3	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)
	4	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)
	計	1/32 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	1/32 (0/0)
合計	1	1/24 (6/197)	0/0 (1/6)	9/81 (8/106)	1/10 (3/21)	0/0 (1/10)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	11/115 (19/340)
	2	1/32 (4/168)	5/40 (4/33)	1/28 (3/37)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (4/15)	2/16 (5/43)	0/0 (1/5)	0/0 (2/20)	0/0 (1/5)	2/9 (2/5)	0/0 (1/3)	1/8 (0/0)	1/11 (0/0)	0/0 (0/0)	13/144 (27/204)
	3	3/12 (2/17)	1/34 (0/0)	1/23 (0/0)	0/0 (1/6)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (1/6)	0/0 (0/0)	0/0 (1/8)	0/0 (7/35)	0/0 (0/0)	5/69 (12/72)
	4	1/3 (0/0)	0/0 (0/0)	1/31 (1/21)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (1/4)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (1/9)	0/0 (0/0)	1/7 (1/8)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	3/41 (4/42)
	計	6/71 (12/382)	6/74 (5/30)	12/163 (12/194)	1/10 (4/27)	0/0 (1/10)	0/0 (4/15)	2/16 (5/43)	0/0 (2/9)	0/0 (2/20)	0/0 (1/5)	2/9 (4/20)	0/0 (1/3)	2/15 (1/8)	1/11 (1/8)	0/0 (7/35)	32/200 (62/200)