

**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 :	広島大学
(英国)側拠点機関 :	グラスゴー大学
(ロシア)側拠点機関:	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

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

研究交流課題に係るウェブサイト : <https://home.hiroshima-u.ac.jp/~kotai/chiral/>

3. 採択期間

平成 27 年 4 月 1 日 ~ 令和 2 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 : 広島大学

実施組織代表者 (所属部局・職名・氏名) : 学長・越智 光夫

コーディネーター (所属部局・職名・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 : 英国

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・職名・氏名) : (英文)

School of Physics & Astronomy ・ Professor ・ Stephen McVITIE

協力機関 : (英文) なし

(和文) なし

経費負担区分：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・職名・氏名)：(英文)

School of Physics・Professor・Alexander OVCHINNIKOV

協力機関1：(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

協力機関2：(英文) Petersburg Nuclear Physics Institute (PNPI)

(和文) ピーターズバーグ原子核物理研究所

経費負担区分：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30年度研究交流目標

<研究協力体制の構築>

キラリティ磁性体の研究において“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した。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

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、以下の目標を設定した。平成30年度の目標は以下とする。

1) キラル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ル物性機能を実証し（計測）、キラル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。

・キラル磁性体の合成では、分子磁性体で25種（2017年度までで18種合成済み）、無機キラル磁性体のシングルキラルドメイン単結晶の合成に9種（2017年度までに6種育成済み）育成する。

・キラル磁性体の物性では、分子性、無機キラル磁性体の共通の非線形磁化率の観測に成功した。（最終年度までに機構を解明する。）

・キラル磁性体のキラルスピンスリトン格子（CSL）に伴う、離散的磁化過程、離散的磁気抵抗効果の観測に成功。（最終年度までに応用の可能性追求を行う。）

・キラル磁性体の電子スピン共鳴（ESR）の測定に成功。（最終年度までに共鳴のアサイン。）

・キラル磁性体の非相反光学効果（赤外線およびマイクロ波）の観測に成功。（最終年度までに他の周波数帯での観測を行う。）

・無機キラル磁性体のマイクロ波共鳴スペクトルの観測に成功。（最終年度までに機構解明を行う）

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）。

・キラル磁性体とキラルプラズモニクスの結合測定装置を開発した。（最終年度までに観測を行う。）

・次世代情報通信技術（THz帯域作動）および非散逸位相流は上記非相反効果参照。

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。

若手の会を国内で2回開催する。若手研究者の交流に関してもこれまで通り行う。

<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、これまで通りの若手の会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。

・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。

・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、今年度も引き続き行う。

・研究者交流：平成29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、今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。

・セミナー：上記の定常的なセミナーを行う。

・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30年度研究交流成果

<研究協力体制の構築>

研究協力体制の構築として、本年度から、ロシア側協力機関として、PNPI（ピーターズバーグ原子核物理研究所）が参画した。PNPIはロシアとして最強の中性子源を構築中であり、キラル磁性体のスピン構造についても、これまで中性子線回折測定で世界的成果を上げてきた研究所である。また過去にも、マレエフ教授、グリゴリエフ教授など、キラル磁性体の複雑な磁気構造の理論的研究を行ってきた蓄積があり、前述の中性子測定実験に加え、理論研究でも充実している。また2014年より、Core主催（2014年度は独自開催）の χ -mag国際会議とPNPI主催のDMI国際会議は姉妹国際会議としてこれまで1年交代で開催してきた。PNPIがロシア側協力機関として参画することにより、より充実した共同研究が行えるようになる。

<学術的観点>

以下に学術的成果を記述する。

1) キラル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ル物性機能を実証し（計測）、キラル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。

・新しいキラルスピンソリトンを有すると思われる反強磁性体の合成に成功した。

・表面バリアによるヒステリシスの解明に成功しつつある。

・熱流の非相反効果について手掛かりが得られつつある。

・キラルスピン構造のダイナミックスの中で最もマクロスケールで現れると考えられ、測定

が可能な「キラルスピン波理論」を完成させた。

- ・キラルスピンが作り出す磁場が弾性を介して結合した結果、二重ソリトンが生成するという「弾性スピン結合による二重ソリトン」を予言した。この理論予言に対し、グラスゴー大学のグループが実験的にこれを見出した。

- ・ソリトン格子に入った欠陥の相転移をコストリッツ・サウレス転移とみなす視点を提案した。

- ・キラル磁性体が示すソリトンの 2 次元版であるスキルミオンに関しては、磁場が垂直からずれることで、三日月形に変形し、その結果、磁化を生じる。その磁化が磁気双極子として働き、スキルミオン間に引力が生じることを明らかにした。

- ・キラル磁性体について中性子散乱実験を行い、異なる二つのトポロジカル磁気構造が移り変わる様子を系統的に観測し、中間領域で新しいトポロジカル磁気構造が実現されている可能性を提唱した。またキララセン磁性体 CsCuCl_3 が強磁場高圧下において、整合磁気構造である **up-up-down** 構造を形成することを中性子散乱測定により観測した。

- ・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、超低速ミュオンコミッションを進め、厚さ 10nm の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。

- ・ DyNi_3Ga_9 のパルス磁場中超音波実験から新たに磁場誘起相転移を見出した。 DyNi_3Ga_9 の定常磁場中超音波実験および結晶場解析から四極子秩序の秩序変数を明らかにした。

- ・希土類カゴ状化合物 $\text{PrTr}_2\text{Zn}_{20}$ (Tr: Rh, Ir) について、超音波実験結果の結晶場計算による解析を行い、回転不変性効果で説明出来ない回転応答を見出し、磁場誘起の新奇キラル量子状態の可能性を明らかにした。

- ・カイラルエッジ状態をもつ磁性トポロジカル絶縁体について放射光やレーザーを用いた研究を行った。

- ・層状反強磁性体 MnBi_2Te_4 について、内殻吸収磁気円二色性実験により垂直磁気異方性を伴った表面強磁性の存在を確かめた上、角度分解光電子分光を用いて表面ディラックバンドにおけるエネルギーギャップを明らかにした。THz パルスを用いた実験により、トポロジカル絶縁体の Dirac 表面バンドが光電場により加速され、光のサブサイクルの時間スケールで振動する様子が観測された。

- ・キラル磁性体 CrNb_3S_6 の X-band ESR で観測されたスパイク状のシグナルの起源を明らかにするために変調周波数、変調磁場や試料サイズ等の測定条件を変えた実験や角度変化測定を行った。

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、プラズモン 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)。

- ・R-2 との共同研究を通じて、表面プラズモン渦場の理論モデルの構築と数値計算によるデータ解析が進展し、実験データの解釈が進んだ。R-4 を含めた共同研究を通じて、電子・表面プラズモン・光渦ビームから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

転送を進めるための実験系の構築を進めた。特に、実験では表面プラズモン場-キラル磁性系における光照射下での低周波ダイナミクス計測を進めた。理論では光渦の磁気系への結合過程を解明することに成功した。

- ・キラルプラズモン渦場の生成制御方法

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、数値計算によるモデル化を進めた。電磁キラリティの強大化への共鳴過程の解明が進み、論文を投稿した。

- ・プラズモン渦場とキラル磁気秩序の相互作用

表面プラズモン場-キラル磁性結合系における光照射下での低周波ダイナミクス計測を進めた。具体的には、 π 型金ナノ構造配列をキラル磁性結晶上に作製し、キラル磁気構造の光応答を磁気抵抗測定によりモニターした。キラルソリトン格子の形成過程は表面バリアにより保護されているため、強制強磁性体状態からの減磁過程で過冷却状態を示す。実験により、光照射下で過冷却状態が壊れる臨界磁場の大きさが小さくなることを見出した。この振舞いは光照射による温度上昇では説明できず、表面プラズモン場よりキラルソリトン格子の表面ツイスト構造がねじられ表面バリアが強まるためと考えられる。光誘起表面プラズモンを用いた電磁キラリティ転送機構によるキラル磁性表面バリアの制御性を示唆しており、プラズモン場を用いたキラル磁性スピントロニクスデバイス開発を進める上での重要な研究成果と位置付けられる。

- ・光渦を用いた磁気構造の制御

2次元ランダウ準位系の光渦に対する選択則を見出し、光渦を用いた2次元磁気構造の制御性を示した。論文発表を行った。

<若手研究者育成>

本年度はキラル自然哲学会、および若手の会を開催した。(実績の項参照)キラル自然哲学会では、これまでと同様、キラルとその周辺の話題について、自由に発表、議論を行った。哲学的な話題からキラルの歴史的な話題、数学との関連や今後の展望など、どの話題も議論が白熱し、いつものように大幅に時間超過し、深夜まで議論が続くという状況であった。今後の開催の期待度も高く、続けていく必要性を感じた。なお、このキラル哲学会をきっかけとして数学の微分幾何位相何学との接点に関心が集まり、数学との研究会を開くことになった。こちらも議論が白熱し、今年度だけでも2回開催することになった。

若手の会については、前の若手の会で、大学院生たちから非常に良かったとの評価があったので、大学院生やポスドククラスの方々の企画提案で行った。主な内容は、非常に長時間のチュートリアルな講義の後、グループに分かれて自由討論し、結果をまとめて発表させるという形式をとった。学生からは多くの疑問がとけて良かったとの感想が多く寄せられた。

<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、英語ともに行った。

- ・共同研究:理論と実験の結合を重視した結果、理論がけん引役となり新しく多くの共同研究がスタートし、成果へと結びついている。

- ・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これまで通り行った。セミナーによって分野の幅が広がり（数学、生物学、素粒子等）、効率的に研究が進展している。

・研究者交流：大学院生中心に相互研究者交流を行った結果、ほとんどすべて論文作成へと結びついた。日本からの若手派遣は3週間以上の滞在を基本とした。

＜今後の課題・問題点＞

キラル磁性体の新規合成と物性研究については、目標を超えて研究が進んでいるが、キラルスピン構造とキラルプラズモニクスの融合研究については、装置作成には成功したものの測定がうまく行っていない。これはキラルスピン構造のサイズが1 nm 程度単位に対して、プラズモンを発生させる金のナノサイズオブジェクトが100 nm 程度以上であるため、サイズの差が大きいのが原因の可能性もある。この点を次年度は詰める予定である。

キラル磁性体の結晶育成に関しては、多くの純良単結晶の育成に成功し、様々な物性の専門家メンバーの手で物性が解明されている。問題は無機キラル磁性体の合成であるが、自然分晶しか方法がないため、そのままでは不可能であるが、最近 AI を用いた結晶設計を行い、指針が得られつつあるが、人材不足に陥っており、研究がストップしたままである。何とか人材を確保して、継続したいと思っている。

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の統合的理解と次世代情報通信技術への展開に関しては、新しく専門家のメンバーに加わっていただき、個々の情報を集積しつつある。研究を加速させていきたい。

次世代通信技術に関して情報の入出力に関して、理論的な成果は発表しているが、実験の方は、現在よくわかっているキラルスピンソリトンやスキルミオンがみられるサンプルは、金属的であるために、電場を印可してソリトンやスキルミオンを動かすことが困難な状況にある。今年度、絶縁体でキラルスピンソリトン状態を持つ分子性キラル反強磁性体を発見したので、今後実験が可能となった状況である。

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 27 年度	研究終了年度	平成 31 年度
共同研究課題名	(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 (英文) Nanoscale analysis of electromagnetic fields in chiral physical (magnetic) phenomena using Lorentz transmission electron microscopy				
日本側代表者 氏名・所属・ 職名・研究者番号	(和文) 戸川欣彦・大阪府立大学・教授・1-85 (英文) Yoshihiko TOGAWA, Osaka Prefecture University, Professor,1-85				
相手国側代表者 氏名・所属・	(英文) Stephen McVITIE, University of Glasgow, Professor, 2-3 Nikolai BARANOV, Ural Federal University, Professor,3-8				

職名・研究者番号	
30年度の 研究交流活動	<p>30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、構造解析と理論的解釈を深め、キラル磁性の安定制御に重要な知見を得た。論文発表を進めると共に、継続して研究方向性に関する議論を行っている。</p> <p>これまでの研究活動実績を元に、共同研究を更に深化させることができた。7月に主催したχマグ会議に日・英・露の研究者が会して研究打合せを行った（日6名、英4名、露3名）。日本側から1名がウラル連邦大学に滞在し研究打合せと理論構築を進めた。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"> ・戸川、岸根、加藤、Francisco Goncalves や学生を含む若手研究者らとロシア側研究者、英国側研究者がχマグ会議(7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。日本メンバーは会期(6日間)に参加し、英国メンバー4名は8日間滞在、ロシアメンバーのうち2名は10日間、うち1名は1ヶ月滞在した。 ・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、キラル磁気秩序の物性理論研究を行った(R-1, R-4 共同)。 ・英国側メンバー(Stephen McVitie, Gary Peterson ら)がグラスゴー大学において系統的なキラル磁性体のローレンツ TEM 実験を進め、日本側・ロシア側メンバーと Skype やメールの手段を用いて日常的に議論を重ねた。
30年度の 研究交流活動 から得られた 成果	<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 CrNb_3S_6 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。本年度は、キラル磁性-弾性結合系の構築に向けて、歪み応力下でのキラル磁気秩序の応答の解明などに着手し、試料作製、高空間分解能での精密磁気構造解析、および理論構築を進めた。その結果、キラル磁気秩序の高次構造の形成を示唆する実験データを得ることに成功した。系統的な実験を進めると共にその学理の体系化を目指して研究を進めている。並行して、昨年度より進めてきたキラルソリトンの融解過程に関して論文発表を行った。また、トポロジカル欠陥の生成機構に関して論文投稿を行った。いずれもキラル磁気秩序の安定制御に必要な知見である。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る。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・歪み応力下でのキラル磁気秩序の高次構造の形成 <p>キラル磁気秩序に歪み応力を印加できる試料を作製し、高空間分解能での</p>

精密磁気構造解析を進めた。歪み応力のため、360度回転のねじり構造（ソリトン部位）から成る通常のキラルソリトン格子ではなく、高次の回転構造を持つソリトンが形成されることが観察された。理論的にはキラルサインゴルドン模型からダブルサインゴルドン模型への遷移を支持しており、その系統的な理論モデル構築を進めている。これはキラル磁性－弾性結合系の構築に向けた重要な知見となる。

・一軸性無機キラル磁性体 CrNb₃S₆ における融解過程

2次元系薄膜でのキラル磁気秩序の周期性の温度依存性が2次元系での融解現象として解釈できることを明らかにし、論文発表を行った。磁性系での2次元融解現象の報告は世界初でありプレスリリースを行った。現在、3次元系バルク結晶との比較検証実験の計画を進めている。

・キラル磁性体におけるトポロジカル欠陥の生成機構

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、異方的構造の形成過程に関する理論モデルの構築、高周波ダイナミクスとトポロジカル欠陥の相関解明、トポロジカル欠陥の制御方法を確立することができた。高空間分解磁気イメージング、理論解析、高周波デバイス特性解析のエキスパートが協同することで得られた研究成果であり、キラル磁性を用いたスピントロニクスデバイス開発に必須の基盤学理と位置付けられる。

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
共同研究課題名	(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・ 職名・研究者番号	(和文) 岡本裕巳・分子科学研究所・教授・1-110 (英文) Hiromi OKAMOTO, Institute for Molecular Science, Professor, 1-110				
相手国側代表者 氏名・所属・ 職名・研究者番号	(英文) Malcolm KADODWALA, University of Glasgow, Professor,2-8 Alexander OVCHINNIKOV, Ural Federal University, Professor,3-1				
30年度の 研究交流活動	<p>30年度は引き続き、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分光特性の解析、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、日本側から1名 (岡本) のグラスゴー大学訪問・滞を実施したほか、日本側と英国側のメンバーが日本で開催された国際会議 (χ-mag) の学会会場で会合して議論した (日本側3名、英国側3名)。前年度までに分子研に属する大学院生 (30年度現在博士研究員) 1名がグラスゴー大にて得た実験結果に関して、取りまとめに向けた方針と将来展望に関して議論した。</p> <p>なお、この課題では、現在ロシア側との直接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。不定期にこの研究課題に関するメールでの研究打合せを開催し、議論を深めた。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・4月にグラスゴー大学の Kadodwala が分子科学研究所に4日間、また12月には分子科学研究所の岡本がグラスゴー大学に2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。また、Kadodwala は4月に大阪府立大学で招聘客員教授を務めた。 ・大阪府立大学の戸川とその研究室の大学院生も本研究課題に参画し、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。グラスゴー大学の大学院生が7月に大阪府立大学に滞在し数値計算を進めた。 				

<p>30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、その利用を進めた。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た、キラル光学特性のイメージングでは、キラル構造を持つ金属有機構造体 (MOF) の創製・特性解明の共同研究で成果を得て論文公表に至った。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、論文発表した。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。アキラルな金属ナノ構造に誘起するキラルなプラズモンの近接場光学イメージングによる特性解明では、基礎学術的な成果が得られ、論文を発表した。この成果は上述の Kadodwala グループとの共同研究の結果の解釈の基礎となる。</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教授の研究グループと共同で、ガラス及び水晶基板表面に作成した二次元キラル形状の貴金属ナノ構造に関して、光学活性の検討を行った。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。これに関して論文を取りまとめる方向で進めている。</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
共同研究課題名	<p>(和文) キラル物性およびキラル渦ビームのスピントロ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・ 職名・研究者番号	<p>(和文) 戸川欣彦・大阪府立大学・教授・1-85</p> <p>(英文) Yoshihiko TOGAWA, Osaka Prefecture University, Professor,1-85</p>				
相手国側代表者 氏名・所属・ 職名・研究者番号	<p>(英文) Donald MACLAREN, University of Glasgow, Lecturer,2-2 Stephen McVITIE, University of Glasgow, Professor,2-3 Alexander OVCHINNIKOV, Ural Federal University, Professor,3-1</p>				
30年度の 研究交流活動	<p>30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 Ovchinikov 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>大阪府立大学とグラスゴー大学間で学術交流協定を締結し、相互にメンバーを派遣し、実験と議論を行っている。これにウラル連邦大学からの理論サポートが加わることで多角的に研究を進めている。本年度は英国から2名が大阪府立大学に滞在、日本から1名がウラル連邦大学に滞在、ロシアから1名が放送大学に滞在するなどして共同研究を進めた。また、日常的にメールや Skype でやり取りを通して、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"> ・グラスゴー大学の Kadodwala 教授が大阪府立大学の客員招聘教授として4月にかけて1ヶ月に滞在し、プラズモン渦場とキラル磁性体の結合系に関する共同研究について学生指導を行った。また、磁気共鳴を用いたキラル分子検出に関する研究に着手した。 ・グラスゴー大学の大学院生 (Kadodwala 研究室) が7月にかけて1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。プラズモン渦場との結合の高効率化に向けて数値計算を用いた理論モデルの構築を進めた。 ・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、また、ウラル連邦大学の Ovchinikov 教授が放送大学に7月から1ヶ月滞在し、他メンバーとの議論を行うと共に、電磁キラリティを介したキラリティ転送、また、キラル磁性と光渦の結合に関する理論研究を進めた。 				

<p>30年度の 研究交流活動 から得られた 成果</p>	<p>30年度は、R-2 との共同研究を通じて、表面プラズモン渦場の理論モデルの構築と数値計算によるデータ解析が進展し、実験データの解釈が進んだ。R-4 を含めた共同研究を通じて、電子・表面プラズモン・光渦ビームから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を進めるための実験系の構築を進めた。特に、実験では表面プラズモン場-キラル磁性系における光照射下での低周波ダイナミクス計測を進めた。理論では光渦の磁気系への結合過程を解明することに成功し、論文報告を行った。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・キラルプラズモン渦場の生成制御方法 <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、数値計算によるモデル化を進めた。電磁キラリティの強大化への共鳴過程の解明が進み、論文を投稿した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・プラズモン渦場とキラル磁気秩序の相互作用 <p>表面プラズモン場-キラル磁性結合系における光照射下での低周波ダイナミクス計測を進めた。具体的には、Γ型金ナノ構造配列をキラル磁性結晶上に作製し、キラル磁気構造の光応答を磁気抵抗測定によりモニターした。キラルソリトン格子の形成過程は表面バリアにより保護されているため、強制強磁性体状態からの減磁過程で過冷却状態を示す。実験により、光照射下で過冷却状態が壊れる臨界磁場の大きさが小さくなることを見出した。この振舞いは光照射による温度上昇では説明できず、表面プラズモン場よりキラルソリトン格子の表面ツイスト構造がねじられ表面バリアが強まるためと考えられる。光誘起表面プラズモンを用いた電磁キラリティ転送機構によるキラル磁性表面バリアの制御性を示唆しており、プラズモン場を用いたキラル磁性スピントロニクスデバイス開発を進める上での重要な研究成果と位置付けられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・光渦を用いた磁気構造の制御 <p>2次元ランダウ準位系の光渦に対する選択則を見出し、光渦を用いた2次元磁気構造の制御性を示した。論文発表を行った。</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
共同研究課題名	(和文) キラル磁性体の構造とダイナミクスの理論的研究 (英文) Theoretical studies on structure and dynamics of chiral helimagnet				
日本側代表者 氏名・所属・ 職名・研究者番号	(和文) 岸根順一郎・放送大学・教授・1-77 (英文) Junichiro KISHINE・The Open University of Japan, Professor, 1-77				
相手国側代表者 氏名・所属・ 職名・研究者番号	(英文) Alexander OVCHINNIKOV, Ural Federal University, Professor,3-1 Stephen McVITIE, University of Glasgow, Professor, 2-3				
30年度の 研究交流活動	<p>30年度最大の事業は2018年7月24-29に実施した「Chimag2018」である。本事業メンバーが参集し、口頭発表36件、ポスター発表23件からなる活発な議論が展開された。特にキラル磁性体のダイナミクス、キラル結晶薄膜の基礎物性、新規スピネクスタチャについて活発な議論がなされた。また、岸根は2018年3月8-30の3週間にわたりウラル連邦大学に滞在し、Alexander Ovchinnikov 教授と「キラルスピン波理論」を完成させた。また、「弾性スピン結合による二重ソリトン」を予言し、グラスゴー大学のグループが実験的にこれを見出した。さらに、ソリトン格子に入った欠陥の相転移をコストリッツ・サウレス転移とみなす視点を提案した。これらの実りある成果をふまえ、初期の予想を超えて順調に研究が進んでいるといえる。</p>				
30年度の 研究交流活動 から得られた 成果	<p>日本側メンバーの岸根とロシア側代表者の Alexander Ovchinnikov 教授はキラルスピン構造のダイナミックスの中で最もマクロスケールで現れると考えられ、測定が可能な「キラルスピン波理論」を完成させた。また日本側メンバーの岸根とロシア側代表者の Alexander Ovchinnikov 教授は、キラルスピンが作り出す磁場が弾性を介して結合した結果、二重ソリトンが生成するという「弾性スピン結合による二重ソリトン」を予言した。この理論予言に対し、グラスゴー大学のグループが実験的にこれを見出した。</p> <p>また、ソリトン格子に入った欠陥の相転移をコストリッツ・サウレス転移とみなす視点を提案した。日本側メンバーの A. Leonov はキラル磁性体を示すソリトンの2次元版であるスキルミオンに関しては、磁場が垂直からずれることで、三日月形に変形し、その結果、磁化を生じる。その磁化が磁気双極子として働き、スキルミオン間に引力が生じることを明らかにした。</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
共同研究課題名	(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・ 職名・研究者番号	(和文) 井上克也・広島大学・キラル国際研究拠点・教授・1-1 (英文) Katsuya INOUE・Chirality Research Center, Hiroshima University, Professor,1-1				
相手国側代表者 氏名・所属・ 職名・研究者番号	(英文) Nikolai BARANOV, Ural Federal University, Professor,3-8				
30年度の 研究交流活動	<p>R-5 は新しいキラル磁性体の合成やキラルシングルドメイン単結晶の育成が目的である。当初の研究目標に掲げた通り、分子性キラル磁性体については広島大学およびリヨン第一大学、無機キラルシングルドメイン優良単結晶育成は広島大学および日本側協力研究機関であるフランスネール研究所およびリヨン第一大学、新規無機キラル磁性体探索は広島大学+ロシア側拠点機関のウラル連邦大学および名古屋工業大学、その他で進めることにしていた。</p> <p>日本側コーディネーターの井上がウラル連邦大学を 11 月に訪問し、共同研究について議論をしたほか、フランス・ネール研究所およびリヨン大学の日本側研究者である Dominique Luneau 教授が、広島大学を 2 回訪問した。また国内の共同研究は常時進めているほか、Skype 会議による共同研究も常時行っている。</p>				
30年度の 研究交流活動 から得られた 成果	<p>分子性新規キラル磁性体合成に関しては、該当年度新しくキラルスピソリトンを有すると思われるキラル反強磁性体の合成に成功した。(論文投稿済み) さらには R-4 (理論、加藤グループ)、R-6 (測定、美藤グループ) と共同研究を始めた。無機キラルシングルドメイン優良単結晶育成ではフランスネール研究所で数センチサイズの CsCuCl₃ のシングルドメイン結晶の育成に成功しており、R-6 (物性測定グループ) と共同研究を進めている。(一部の結果については、2018年春、秋、2019年春の物理学会で発表済み) 新規無機キラル磁性体探索では、新しくウラル連邦大学グループで成功し広島大学と共同で測定を開始しているほか名古屋工業大学および広島大学でランタノイドを含む新しいキラル磁性体の合成および物性研究を進めている。(一部は論文として発表済み。論文成果の項参照) また無機キラル磁性体の探索として AI を用いた設計を進めており、第 1 報を論文として発表した。(論文成果の項参照)</p>				

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
共同研究課題名	(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・ 職名・研究者番号	(和文) 萩原政幸・大阪大学・教授・1-94				
	(英文) Masayuki HAGIWARA, Osaka University, Professor,1-94				
相手国側代表者 氏名・所属・ 職名・研究者番号	(英文) Nikolai BARANOV, Ural Federal University, Professor,3-8 Stephen McVITIE, University of Glasgow, Professor, 2-3				
30年度の 研究交流活動	<p>有馬は奈良で開催された国際会議「χ Mag2018 Symposium」(S-2) に出席し、講演を行った。また、広島で開催されたトポロジーとキラリティに関するブレインストーミングにおいて、トロイダルモーメントに関する研究の状況について報告した。有馬研の博士課程学生1名が、キラリティを有する無双晶結晶の作製法などを習得するためにネール研究所に3か月滞在した。</p> <p>高阪は、キララル磁性体の強磁場と高圧下の中性子回折測定を実施する為に必要な単結晶試料の育成を行った。さらに、単結晶試料が圧力セルに収まるような単結晶加工をフランス・ネール研究所の Julien Zaccaro 博士と行った。そして、中性子回折測定は、ドイツのベルリンにある HZB で実施した。</p> <p>大石は、J-PARC において圧力下中性子小角散乱実験装置の開発を進めると共に、カイラル磁性体の中性子小角散乱実験を行った。また、茨城県東海村で行われた日露ミニワークショップ、奈良で行われた χ-mag2018、ドイツのベルリンで行われた Workshop on Sample Environment at Scattering Facilities に参加、口頭・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、J-PARC に設置した超低速ミュオン顕微鏡の開発を進め、Si 基板上に蒸着した厚さ 10nm の Ag 薄膜のミュオンスピン回転に成功した。500eV 以下の超低速ミュオンビームは初めてのことであり。さらに 50eV(厚さ 10nm)までの原則と高強度化を目指して、漏洩磁場の除去や、レーザー媒質の開発を続けている。この結果は、2019年2月に開催された MAC (国際ミュオン諮問委員会) で発表し、英国 RAL、スイス PSI、カナダ TRIUMF の研究者と意見交換を行った。また、χ-mag 2018 (Nara, July 25-28, 2018), 「キララル生命科学研究会」(第7回キララル物性若手の会 2018 年度夏の学校) (Mino, July29-30) に参加し、異分野の研究者、若手研究者との研究交流を深めた。</p> <p>鈴木と石井はドイツのドレスデン強磁場研究所にてパルス超強磁場中超音波実験を実施し、希土類キララル金属 DyNi₃Ga₉ の磁気秩序、多極子秩序</p>				

	<p>に関する研究を行った。(本事業経費外)</p> <p>木村らは、カイラルエッジ状態をもつ磁性トポロジカル絶縁体について放射光を用いた内殻吸収磁気円二色性実験や放射光やレーザーを用いた ARPES を行いて表面バンドの観測を行った。さらには、THz パルスを組み合わせた時間分解 ARPES で、光の 1 周期よりも短い分解能で、Dirac 電子が光電場により加速される様子の可視化を行った。</p> <p>萩原と特任研究員澤田は奈良で開催された国際会議「χ Mag2018 Symposium」に出席して講演を行った。CsCuCl₃ の磁場中磁気励起に関して、この会議期間にロシアウラル連邦大学の理論研究者と議論を行った。米国 Santa Fe で行われた強磁場の国際会議 Research in High Magnetic Fields (RHMF2018)に参加し、萩原と特任研究員澤田はポスター発表を行った。また、「キラル生命科学研究会」(第 7 回キラル物性若手の会 2018 年度夏の学校)(箕面, 7 月 29-30 日)にも参加し、異分野の研究者、若手研究者との研究交流を深めた。</p>
<p>30 年度の研究 交流活動から得 られた成果</p>	<p>有馬・大石が共同で J-PARC の「大観」において中性子散乱実験を行った。異なる二つのトポロジカル磁気構造(スキルミオン格子と創発磁気モノポール格子)が移り変わる様子を系統的に観測し、中間領域で新しいトポロジカル磁気構造が実現されている可能性を提唱した。その結果が、論文として発表された。</p> <p>“Phase-transition kinetics of magnetic skyrmions investigated by stroboscopic small-angle neutron scattering”, T. Nakajima, Y. Inamura, T. Ito, K. Ohishi, H. Oike, F. Kagawa, A. Kikkawa, Y. Taguchi, K. Kakurai, Y. Tokura, T. Arima, Phys. Rev. B 98, 014424 (2018).</p> <p>“Topological transitions among skyrmion- and hedgehog-lattice states in cubic chiral magnets”, Y. Fujishiro, N. Kanazawa, T. Nakajima, X.. Z. Yu, K. Ohishi, Y. Kawamura, K. Kakurai, T. Arima, H. Mitamura, A. Miyake, K. Akiba, M. Tokunaga, A. Matsuo, K. Kindo, T. Koretsune, R. Arita, Y. Tokura, Nature Commun. 10, 1059 (2019).</p> <p>高阪は、キララらせん磁性体 CsCuCl₃ が強磁場高圧下において、整合磁気構造である up-up-down 構造を形成することを中性子散乱測定により観測した。Cu²⁺ (S = 1/2) の磁気散乱強度は、核散乱強度と比較して極めて小さいため試料体積を大きくすることが求められる。そこで、試料を圧力セルの試料空間とほぼ同じ形状として試料体積を最大化することにより磁気散乱ピークの観測に成功した。</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、超低速ミュオンコミッションを進め、厚さ 10nm の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>

鈴木と石井らは次のような成果を得た。

①DyNi₃Ga₉ のパルス磁場中超音波実験から新たに磁場誘起相転移を見出した。DyNi₃Ga₉ の定常磁場中超音波実験および結晶場解析から四極子秩序の秩序変数を明らかにし、論文として公表した。

"Anisotropic phase diagram of ferroquadrupolar ordering in the trigonal chiral compound DyNi₃Ga₉",

I. Ishii, K. Takezawa, T. Mizuno, S. Kumano, T. Suzuki, H. Ninomiya, K. Mitsumoto, K. Umeo, S. Nakamura, and S. Ohara,
Phys. Rev. B **99**, 075156 (2019).

②希土類カゴ状化合物 PrTr₂Zn₂₀ (Tr: Rh, Ir)について、超音波実験結果の結晶場計算による解析を行い、回転不変性効果で説明出来ない回転応答を見出し、磁場誘起の新奇キラル量子状態の可能性を明らかにした。

木村らは、カイラルエッジ状態をもつ磁性トポロジカル絶縁体について放射光やレーザーを用いた研究を行い、その成果がいくつか論文として掲載された[M. Ye *et al.*, Phys. Rev. B **99**, 144413 (2019), T. Xu *et al.*, Phys. Rev. B **99**, 094308 (2019), A. M. Shikin *et al.*, Sci. Rep. **9**, 4813 (2019), A. M. Shikin *et al.*, Phys. Rev. B **97**, 245407 (2018), A. M. Shikin *et al.*, Sci. Rep. **8**, 6544 (2018).]。また層状反強磁性体 MnBi₂Te₄について、内殻吸収磁気円二色性実験により垂直磁気異方性を伴った表面強磁性の存在を確かめた上、角度分解光電子分光を用いて表面ディラックバンドにおけるエネルギーギャップを明らかにした。この結果は同物質がカイラルエッジ状態を有していることを示唆し、今後アクシオン絶縁相、トポロジカル電気磁気現象の解明につながるものと期待される。さらには、THz パルスを用いた実験により、トポロジカル絶縁体の Dirac 表面バンドが光電場により加速され、光のサブサイクルの時間スケールで振動する様子が観測された。この結果は、Nature に掲載され[J. Reimann *et al.*, Nature **562**, 396 (2018)]、今後トポロジカル絶縁体用いた光周波数スピントロニクスへの応用につながると期待される。

萩原らはキラル磁性体 CrNb₃S₆ の X-band ESR で観測されたスパイク状のシグナルの起源を明らかにするために変調周波数、変調磁場や試料サイズ等の測定条件を変えた実験や角度変化測定を行った。その結果、らせん軸に垂直方向 ($\theta = 0^\circ$) かららせん軸方向 ($\theta = 90^\circ$) に外部磁場を変化させると $1/|\cos \theta|$ の角度変化をすることが分かった。本研究結果は論文投稿中 (二度の査読を経て再投稿中) である。

7-2 セミナー

整理番号	S-1
セミナー名	(和文) 日本学術振興会研究拠点形成事業「キラル素粒子論セミナーII」
	(英文) JSPS Core-to-Core Program “Chiral Particle Seminar II”
開催期間	平成30年4月1日～平成30年4月2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・職名・ 研究者番号	(和文) 井上克也・広島大学キラル国際研究拠点・教授・1-1
	(英文) Chirality Research Center(CResCent) Hiroshima University, Project Leader, Katsuya INOUE,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) なし

参加者数

派遣先 派遣元		セミナー開催国 (日本)		備考
		A.	B.	
日本	A.	25/48		
	B.	10		
合計 〈人/人日〉	A.	25/48		
	B.	10		

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	キラル磁性体における CSL のラグランジアンは、素粒子におけるラグランジアンと同じものがあることが、素粒子・原子核物理学の慶応大学 山本らにより示された。このことは CSL を表す式が地場の対するものであることに対し、空間を記述できることを示している。この関係詳しく議論することにより、明らかにすることを目的とした		
セミナーの成果	キラル磁性研究で一番重要かつ将来的に研究の広がり期待できる“磁場と空間の関係”が明らかになる可能性が高いことが分かった。ホモキラリティーの起源に迫れる可能性がある。		
セミナーの運営組織	本プロジェクトの主要メンバーが共同で運営した。本セミナーは本事業が主催した。 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 日本側メンバーの国内旅費 講演者（メンバー外）の国内旅費 講演者（メンバー外）の謝金 会議費	金額 713,350 円 54,300 円 25,000 円 14,056 円

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 International meeting 「 χ Mag2018 Symposium」
	(英文) JSPS Core-to-Core Program “International meeting χ Mag2018 Symposium”
開催期間	平成 30 年 7 月 25 日 ~ 平成 30 年 7 月 28 日 (4 日間)
開催地(国名、都市名、 会場名)	(和文) 日本、奈良、奈良春日野国際フォーラム
	(英文) Japan, Nara, Nara Kasugano International Forum
日本側開催責任者 氏名・所属・職名・ 研究者番号	(和文) 戸川欣彦・大阪府立大学・教授・1-85
	(英文) Yoshihiko TOGAWA, Osaka Prefecture University, Professor, 1-85
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) Alexander OVCHINNIKOV, Ural Federal University, Professor, 3-1
	Stephen McVITIE, University of Glasgow, Professor, 2-3
	Malcolm Kadodwala, University of Glasgow, Professor, 2-8

参加者数

派遣先 派遣元		セミナー開催国 (日本)	備考
日本	A.	38/ 164	
	B.	21	
イギリス	A.	9/ 71	
	B.	3	
ロシア	A.	5/ 36	
	B.	2	
イギリス (日本側協力研究者)	A.	1/ 3	
	B.	0	
スペイン (日本側協力研究者)	A.	2/ 16	
	B.	0	
フランス	A.	1/ 6	
	B.	0	
オランダ (日本側協力研究者)	A.	1/ 8	
	B.	0	
アメリカ	A.	0/ 0	
	B.	4	
合計 〈人／人日〉	A.	57/ 304	
	B.	30	

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	キラル物質科学の創生を目的に、1. How to make chirality, 2. How to detect chirality, 3. How to use chirality をテーマとした国際会議 χ -mag2018 を開催する。磁性、液晶、結晶学、プラズモニクス、フォトニクスと広範な研究領域における chirality の概念に関して議論を交わす。2014 年、2016 年と 2 年ごとに開催している国際会議であり、国内外の拠点メンバーとそれ以外から 80 名程度の参加者を見込んでいる。		
セミナーの成果	磁性、液晶、結晶学、プラズモニクス、フォトニクスと広範な研究領域の研究者が一堂に会する機会となり、様々な視点から分野横断的に chirality の概念に関して議論を行うことができた。キラル物質科学の基盤構築に取り組むにあたり大変有意義な国際会議となったと考えている。		
セミナーの運営組織	本プロジェクトの主要メンバーが共同で運営した。 Organizing Committee: Sergey GRIGORIEV (PNPI, RUSSIA) Katsuya INOUE (Hiroshima University, JAPAN) Malcolm KADODWALA (University of Glasgow, United Kingdom) Junichiro KISHINE (The Open University of Japan, JAPAN) Stephen McVITIE (University of Glasgow, United Kingdom) Alexander OVCHINIKOV (Ural Federal University, RUSSIA) Yoshihiko TOGAWA (Osaka Prefecture University, JAPAN)		
開催経費 分担内容 と金額	日本側	内容	金額
		日本側メンバーの国内旅費	707,260 円
		日本側メンバーの外国旅費	284,906 円
		招待講演者の国内旅費	171,080 円
		招待講演者の外国旅費	1,091,902 円
		外国旅費に係る消費税	77,557 円
		会議費	62,835 円
	英国側	参加者の旅費・滞在費はマッチングファンドで負担	
	ロシア側	参加者の旅費・滞在費はマッチングファンドで負担	

整理番号	S-3 ※実施せず
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 30 年 10 月 (3 日間)
開催地 (国名、都市名、会場名)	(和文) 日本、広島県内、会場未定
	(英文) Japan,Hiroshima
日本側開催責任者 氏名・所属・職名・ 研究者番号	(和文) 井上克也・広島大学キラル国際研究拠点・教授・1-1
	(英文) Chirality Research Center(CResCent) Hiroshima University, Project Leader, Katsuya INOUE,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) なし

※本セミナーは実施せず。2019 年度 4 月に繰り延べ実施（「セミナー実施数の減」について変更申請し、平成 30 年 12 月 5 日付承認）

セミナー開催の目的	このシリーズの研究会は、1年あたり1-2回、定期的を開催している。本研究会は広い視野に立ち、キラル磁性研究、ひいてはキラル物性研究は、どのような意味を持つのか、どのように進めていくのか、ブレインストーミング的な議論中心の研究会である。この研究会により、研究の方向性を定める。		
セミナーの成果	なし		
セミナーの運営組織	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	金額

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 (Core-to-Core) & 広島大学キラル国際研究拠点 (CRescCent) 合同会議「キラル生命科学」(第7回キラル物性若手の会 2018年度夏の学校) (英文) JSPS Core-to-Core and Hiroshima University Chiral Research Center Meeting “Chirality in Bio-systems” (Young Scientist Seminar)
開催期間	平成30年7月29日～7月30日(2日間)
開催地(国名、都市名、会場名)	(和文) 日本、箕面市、みのお山荘風の杜 (英文) Japan, Mino-shi, Kazenomori MINOO SANSOU
日本側開催責任者 氏名・所属・職名・ 研究者番号	(和文) 井上克也・広島大学キラル国際研究拠点・教授・1-1 (英文) Chirality Research Center(CResCent) Hiroshima University, Project Leader, Katsuya INOUE,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) なし

参加者数

派遣先 派遣元		セミナー開催国 (日本)		備考
		A.	B.	
日本	A.	13	26	
	B.	7		
スペイン (日本側協力 研究者)	A.	1	2	
	B.	0		
アメリカ	A.	0	0	
	B.	2		
合計 〈人/人日〉	A.	14	28	
	B.	9		

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		<p>本事業メンバーおよび他の周辺分野の研究者による研究報告を行う。講演により、シニアメンバー、若手研究者の新たな分野への研究展開の動機づけを行う。テーマは「生命系 chirality」とする。加齢性疾患や動物の形などがアミノ酸などのキラリティーに関係していることが最近明らかになりつつある。キラルなアミノ酸などからなる高分子は、柔軟かつ堅牢であることにより生命現象を維持したり、生き物の形を決定していると考えられるが、このことは本研究拠点形成事業であるキラル磁性体のスピン構造が柔軟かつ堅牢であることと同一である。この関係について明らかにし、スピンキラリティーと分子キラリティーの関係付けを行うことを目的とした。</p>	
セミナーの成果		<p>キラリティーが重要な役割を果たしている他の分野の議論、および視野を広げることで、研究が拡大するとともに、若手研究者には広い視野を持つ研究者への人材育成につながる。本研究会では我々の作成したキラル磁性体のスピンドイナミクスが、生物科学ですでに明らかとなっているキラル分子のダイナミクスとの類似性が参加者の中で認識された。このことにより新しい事件の方向性が見いだされた。</p>	
セミナーの運営組織		<p>本プロジェクトの主要メンバーが共同で運営した。本セミナーは本事業が主催した。</p> <p>研究会責任者 井上克也 研究会担当者 萩原政幸</p>	
開催経費 分担内容 と金額	日本側	内容 日本側メンバーの国内旅費 会議費	金額 208,200 円 37,800 円

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「第8回キラル物性若手の会 2018年度秋の学校」
	(英文) JSPS Core-to-Core Program “Young Scientist Seminar ”
開催期間	平成30年12月14日～平成30年12月16日(3日間)
開催地(国名、都市名、会場名)	(和文) 日本、大阪、大阪府立大学 I-site なんば
	(英文) Japan, Osaka, Osaka Prefecture University I-site Namba
日本側開催責任者 氏名・所属・職名・ 研究者番号	(和文) 戸川欣彦・大阪府立大学・教授・1-85
	(英文) Yoshihiko TOGAWA, Osaka Prefecture University, Professor, 1-85
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) なし

参加者数

派遣先 派遣元		セミナー開催国 (日本)		備考
		A.	B.	
日本	A.	20/46		
	B.	10		
合計 〈人/人日〉	A.	20/46		
	B.	10		

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。

<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。当初計画では、テーマを「磁気と弾性の chirality」とし、本事業メンバーによる講義、講演、および若手研究者による研究報告、グループ議論を企画した。講義は、宍戸寛明氏（大阪府立大学 准教授）による「フェルミ面の計測に関する講義」、松浦弘泰氏（東京大学 助教）による「磁性に関する入門講義」を実施し、若手研究者の磁性学基礎の理解を深める。加えて、ごく最近、理論研究が進捗している「光の相互作用」にテーマを拡大し、メンバー外の講師（茨城大学 准教授 佐藤正寛氏）を招聘し「光渦と磁性に関する講義」を依頼した。若手の会は次の3部構成としている。1）集中講義：研究に必要となる基本的な物理を理解することを目的に、分かりやすく丁寧な講義を提供する（2時間×3回程度）。専門家以外にわかりやすい講義を依頼する。2）グループ議論：若手同士で5人程度のグループを組み、各自の研究を発表し合う。少人数制とし、それぞれが素朴に抱く興味や疑問について忌憚なく議論できる仕掛けとする。3）研究発表：最先端の研究成果をじっくり学ぶ機会を設ける。これまでの経験により最適化してきた形式であり、本年度もこの形式とする。新規参加者を含めた若手の意識向上により研究が効率的に進むことを狙っている。</p>		
<p>セミナーの成果</p>	<p>参加者への事後アンケートでは、今回の企画に対して概ね好評の意見を頂いた。磁性基礎に関する入門講座や光渦などの最先端研究の講演は、学生からは非常にわかりやすいと大変好評であった。加えて、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た。グループ議論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。最先端の研究成果について活発な議論が行われた。一方、より多くの参加者との議論が行えるようグループ議論の時間を増やしてほしい、口頭発表を募集してほしいとの声もある。時間的な制約があるものの今後の検討事項であろう。これらの要望は、我々が先導してい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>本プロジェクトの主要メンバーが共同で運営した。本セミナーは本事業が主催した。（研究会責任者および研究会担当者は計画時より変更している） 研究会責任者 戸川欣彦 研究会担当者 高橋浩久</p>		
<p>開催経費 分担内容 と金額</p>	<p>日本側</p>	<p>内容 日本側メンバーの国内旅費 招待講演者への謝金</p>	<p>金額 401,480 円 15,030 円</p>

		会議費	84,901 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 トピカルミーティング「キラリティー、トポロジー、結び目論 第2回研究会」 (英文) JSPS Core-to-Core Program Topical Meeting “Chirality, Topology and Knot Theory 2nd study group”
開催期間	平成30年11月27日 ~ 平成30年11月27日 (1日間)
開催地 (国名、都市名、会場名)	(和文) 日本、東広島市、広島大学 (英文) Japan, Higashi-hiroshima, Hiroshima Univ.
日本側開催責任者 氏名・所属・職名・ 研究者番号	(和文) 井上克也・広島大学キラル国際研究拠点・教授・1-1 (英文) Chirality Research Center(CResCent) Hiroshima University, Project Leader, Katsuya INOUE,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) なし

参加者数

派遣先 派遣元		セミナー開催国 (日本)		備考
		A.	B.	
日本	A.	16	16	
	B.	21		
合計 〈人／人日〉	A.	16	16	
	B.	21		

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	キラル磁性体における CSL のラグランジアンは、素粒子におけるラグランジアンと同じものがあることが、素粒子・原子核物理学の慶応大学 山本らにより示された。このことは CSL を表す式が地場の対するものであることに対し、空間を記述できることを示している。この関係詳しく議論することにより、明らかにすることを目的とした		
セミナーの成果	キラル磁性研究で一番重要かつ将来的に研究の広がり期待できる“磁場と空間の関係”が明らかになる可能性が高いことが分かった。ホモキラリティーの起源に迫れる可能性がある。若いポスドクや学生の参加者にとっては、素粒子のキラリティーと物性のキラル磁性体の関連性など、非常に幅広い話題が提供されたため視野の拡大に役立った。		
セミナーの運営組織	本プロジェクトの主要メンバーが共同で運営した。本セミナーは本事業が主催した。 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 日本側メンバーの国内旅費 会議費	金額 59,000 円 2,417 円

整理番号	S-7
セミナー名	(和文) 日本学術振興会 研究拠点形成事業 トピカルミーティング「キラル物性シンポジウム」 (英文) JSPS Core-to-Core Program Topical Meeting “Symposium on fundamental properties of chiral materials”
開催期間	平成 31 年 1 月 27 日 ～ 平成 31 年 1 月 29 日 (3 日間)
開催地 (国名、都市名、会場名)	(和文) 日本、広島市、神田山荘 (英文) Japan, Hiroshima city, Kanda Sanso
日本側開催責任者 氏名・所属・職名・ 研究者番号	(和文) 井上克也・広島大学キラル国際研究拠点・教授・1-1 (英文) Chirality Research Center(CResCent) Hiroshima University, Project Leader, Katsuya INOUE,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) なし

参加者数

派遣先 派遣元		セミナー開催国 (日本)		備考
		A.	B.	
日本	A.	6/17		
	B.	0		
ドイツ	A.	1/3		
	B.	0		
オランダ	A.	1/3		
	B.	0		
スペイン	A.	1/3		
	B.	0		
フランス	A.	1/3		
	B.	1		
シンガポール	A.	0/0		
	B.	1		
合計 〈人／人日〉	A.	10/29		
	B.	2		

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。

<p>セミナー開催の目的</p>	<p>本年度、キラリティーを統合的に理解することを目的の一つとしている。本年度、キラル磁性体に関する理論・実験研究を進めたうえで、その時点で得られている知見をもとに必要な議論を行い、研究に関して情報交換・今後の研究展開に関して話し合うことにより、より効率的にキラル磁性体に関する研究を進めることを目的とする。</p>		
<p>セミナーの成果</p>	<p>キラル磁性体に関する理論・実験研究は、全く新しい研究対象であるために、研究を進めたうえで、徹底的に深く議論を行った結果、新しいキラルスピンドYNAMIKSの研究テーマや、キラル磁性体に見られるソリトンやスキルミオンの引力や斥力、その結果表れる相転移の次数など、新しい観点が見つかった。この研究会ではキラル磁性体の高次構造のスキルミオンとそのダイナミクス、キラリティーを結晶で導入するのではなく薄膜や界面の対称性の破れによって導入された系についても発表された。若手研究者にとってはこの考えは新鮮であり、視野拡大に役立った。</p>		
<p>セミナーの運営組織</p>	<p>本プロジェクトの主要メンバーが共同で運営した。 研究会責任者 井上克也 (1-1) 研究会担当者 Oleksiy Bogdanov (1-132)</p>		
<p>開催経費 分担内容 と金額</p>	<p>日本側</p>	<p>内容 日本側メンバーの国内旅費 会議費</p>	<p>金額 418,033 円 21,842 円</p>

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）：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する。

対応：キラル磁性体の結晶育成に関しては、評価されているように多くの純良単結晶の育成に成功し、様々な物性の専門家メンバーの手で物性が解明されている。問題は無機キラル磁性体の合成であるが、自然分晶しか方法がないため、そのままでは不可能であるが、最近AIを用いた結晶設計を行い、指針が得られつつあるが、人材不足に陥っており、研究がストップしたままである。何とか人材を確保して、継続したいと思っている。

“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の統合的理解と次世代情報通信技術への展開に向けて“に関しては、新しく専門家のメンバーに加わっていただき、個々の情報を集積しつつある。研究を加速させていきたい。

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

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をあげている。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。

・研究交流活動の成果から発生した波及効果はあるか。

本研究の推進においては種々の特殊な測定が不可欠であり、研究交流が有効に機能することで多くの共同研究テーマが立ち上がるとともに、多くの研究分野でキラル系の特徴の認識が進んでいる。また、解説記事など成果の周知も行っている。

対応：“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。”評価の通り、個々の分野の研究蓄積が現状であり、まだ統合には至っていないが、共通する部分が見られ始めており、統合できる可能性がある。上記にも同様の評価に対して記述した。

“次世代通信技術に資する応用研究はあまり見られない。”情報の入出力に関して、理論的な成果は発表しているが、実験の方は、現在よくわかっているキラルスピンソリトンやスキルミオンがみられるサンプルは、金属的であるために、電場を印可してソリトンやスキルミオンを動かすことが困難な状況にある。今年度、絶縁体でキラルスピンソリトン状態を持つ分子性キラル反強磁性体を発見したので、今後実験が可能となった状況である。

③評価コメント（抜粋）：事業の実施状況

・研究交流目標達成に向けて、「共同研究」「セミナー」「研究者交流」を適切に計画し、実施しているか。

共同研究については、熱心を実施され、多くの成果をあげている。セミナーについては、国内外で十分な頻度で開催されており、国内ではセミナーを中心とした活発な若手研究者交流も進められている。特にキラル哲学会はユニークな取り組みであり、興味深い。研究者交流については、双方向に行われており、順調に交流計画は実施されている。

・国内外の拠点機関及び協力機関間の実施体制・協力体制等は適切であるか。

材料・測定・理論チームの編成は適切で、研究遂行にあたり適切な体制ができている。活動は、国内での活動が中心になっているものの、相手国側以外の第3国にも広がっている。

・研究交流活動の実施にあたり、適切に経費が執行されているか。

交流人数・日数と経費を比べてみると、適切であると思われる。

・相手国において交流を行うに十分なマッチングファンドが確保されているか。

英国からの来日にはマッチングファンドが使われているようである一方、ロシアについてはパターン1と2が頻繁に変更されており、応分の負担になっているのか判然としない。

対応：“ロシアについてはパターン1と2が頻繁に変更されており、応分の負担になっているのか判然としない。”2年目までは、ロシアの研究費の使い方の関係やルールの為替変動が非常に大きかった関係で、ロシア側メンバーが日本に渡航する際、非常に手間がかかったのでパターンを1から2へと変更したが、2年目にロシア側の研究費に融通が利くようになったため、パターン1に戻して現在も継続中である。

④評価コメント（抜粋）：今後の研究交流活動計画

・目標達成に向けた計画が具体的であり、かつ実現性の高い内容となっているか。

今後の計画では、これまでの2年間を受けての変化はなく、やや具体性に欠ける。特に目標とし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の統合による新領域創出については、中間評価資料からは進捗が読み取りにくい。

・今後の課題がある場合には、それを検討し、適切に対応しているか。

今後の課題としては、成果の取り纏めの問題が挙げられており、この点については適切な対応策が述べられている。しかしながら、プラズモニクス分野に比べて、スピントロニクスと化合物合成の共同研究展開や今後の計画が乏しく、次世代情報通信技術への展開に関して具体的な目標が中間評価資料からは読み取れない。目標として掲げている、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の統合的理解と次世代情報通信技術への展開を達成することに対して、進捗度と今後の研究展開についての検討は必要と思われる。

・経費支給期間終了後も、当該分野における国際研究交流拠点として継続的な活動を行うネットワーク構築が期待できるか。

ロシアとの共同研究は日本側が何らかの財政的支援をしないと交流の継続が難しい印象ではあるものの、日本側拠点である広島大学を中心としたグローバルコンソーシアムは、本事業による支援により軌道に乗りつつあり、今後の発展が期待される。一方で、中間評価資料においては、具体的な裏付けが不足しているように感じた。

対応：“今後の計画では、これまでの2年間を受けての変化はなく、やや具体性に欠ける。特に目標とし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の統合による新領域創出については、中間評価資料からは進捗が読み取りにくい。”に関しては

上記に記載したように、未だ個々の研究の集積段階にあるために変化が少なくなっている。統合に関しては、上述した。

“プラズモニクス分野に比べて、スピントロニクスと化合物合成の共同研究展開や今後の計画が乏しく、次世代情報通信技術への展開に関して具体的目標が中間評価資料からは読み取れない。”スピントロニクスと次世代情報通信技術への展開に関しては、上述したようにこれまで金属的なキラル磁性体しかなかったのが原因であったが、本年度絶縁体キラル磁性体の合成に成功したので、今後進展すると思われる。新規化合物合成に関しても上述した。

“中間評価資料においては、具体的な裏付けが不足しているように感じた。”この点についてはより裏付けが取れるような形に努力する。

8. 平成30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。

※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			
35	/	68	(34 / 105)	47	/	160	(145 / 511)	31	/	98	(94 / 174)	23	/	77	(40 / 139)	136	/	403	(313 / 929)

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	5,287,595	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	6,918,030	
	謝金	40,030	
	備品・消耗品購入費	81,771	
	その他の経費	3,078,051	
	不課税取引・非課税取引に係る消費税	594,523	学会参加費・論文掲載料・燃料費・保険料・拠点宿舍借上費にかかる手数料を含む
	計	16,000,000	研究交流経費配分額以内であること。
業務委託手数料		1,600,000	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		17,600,000	

1. 相手国別交流研究者総表<人/人日>

派遣先 派遣元	四半期	日本	英国	ロシア	トルコ(第三国・日本側研究者)	ドイツ(第三国・日本側研究者)	フランス(第三国・英国側研究者)	アメリカ(第三国)	中国(第三国)	台湾(第三国)	スペイン(第三国・日本側研究者)	オランダ(第三国)	ブラジル(第三国)	チェコ(第三国)	ポーランド(第三国)	韓国(第三国)	シンガポール(第三国)	インドネシア(第三国)	合計	
日本	1	/ (/)	/ (/)	/ (/)	2 / 20 (5 / 48)	3 / 30 (/)	2 / 89 (/)	1 / 7 (2 / 14)	/ (1 / 5)	/ (1 / 5)	/ (1 / 13)	/ (1 / 8)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	8 / 146 (11 / 93)	
	2	/ (/)	/ (/)	3 / 65 (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	1 / 9 (7 / 47)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	2 / 18 (/)	/ (1 / 9)	/ (1 / 7)	/ (1 / 8)	/ (1 / 4)	/ (/)	6 / 92 (11 / 75)	
	3	/ (/)	1 / 7 (/)	1 / 10 (1 / 8)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (2 / 40)	2 / 9 (/)	/ (/)	/ (1 / 4)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (1 / 2)	/ (/)	5 / 35 (6 / 58)	
	4	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (1 / 9)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (1 / 4)	/ (/)	1 / 9 (1 / 9)
	計	1 / 7 (0 / 0)	1 / 7 (0 / 0)	4 / 75 (1 / 8)	2 / 20 (5 / 48)	4 / 39 (2 / 40)	4 / 98 (0 / 0)	2 / 16 (10 / 70)	0 / 0 (2 / 9)	0 / 0 (1 / 5)	1 / 9 (1 / 13)	0 / 0 (1 / 8)	2 / 18 (0 / 0)	0 / 0 (1 / 9)	0 / 0 (1 / 7)	0 / 0 (2 / 10)	0 / 0 (1 / 4)	0 / 0 (1 / 4)	0 / 0 (1 / 4)	20 / 282 (29 / 235)
英国	1	/ (1 / 19)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	0 / 0 (1 / 19)	
	2	1 / 6 (9 / 72)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	1 / 6 (9 / 72)	
	3	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (1 / 3)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	0 / 0 (1 / 3)	
	4	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	0 / 0 (0 / 0)	
	計	1 / 6 (10 / 91)	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 (0 / 0)	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 (11 / 94)
ロシア	1	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	0 / 0 (0 / 0)	
	2	/ (5 / 38)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	0 / 0 (5 / 38)	
	3	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	0 / 0 (0 / 0)	
	4	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	0 / 0 (0 / 0)	
	計	0 / 0 (5 / 38)	0 / 0 (0 / 0)	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 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (5 / 38)
スペイン (日本側研究者)	1	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	0 / 0 (3 / 28)	
	2	/ (2 / 23)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (1 / 7)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	0 / 0 (3 / 30)	
	3	1 / 5 (1 / 3)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	1 / 5 (1 / 3)	
	4	1 / 3 (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	1 / 3 (0 / 0)	
	計	2 / 8 (3 / 26)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (2 / 20)	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 (1 / 7)	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 / 8 (7 / 61)
アメリカ	1	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	0 / 0 (0 / 0)	
	2	3 / 17 (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	3 / 17 (0 / 0)	
	3	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	0 / 0 (0 / 0)	
	4	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	0 / 0 (0 / 0)	
	計	3 / 17 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	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 / 17 (0 / 0)
フランス	1	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	0 / 0 (0 / 0)	
	2	1 / 6 (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	1 / 6 (0 / 0)	
	3	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	0 / 0 (0 / 0)	
	4	/ (1 / 12)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	0 / 0 (1 / 12)	
	計	1 / 6 (1 / 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 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	1 / 6 (1 / 12)
オランダ (日本側研究者)	1	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	0 / 0 (0 / 0)	
	2	1 / 10 (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	1 / 10 (0 / 0)	
	3	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	0 / 0 (0 / 0)	
	4	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	0 / 0 (0 / 0)	
	計	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 (0 / 0)	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 / 10 (0 / 0)
フランス (日本側研究者)	1	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	0 / 0 (0 / 0)	
	2	1 / 3 (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	1 / 3 (0 / 0)	
	3	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	0 / 0 (0 / 0)	
	4	1 / 7 (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	1 / 7 (0 / 0)	
	計	2 / 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 (0 / 0)	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 / 10 (0 / 0)
シンガポール	1	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	0 / 0 (0 / 0)	
	2	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	0 / 0 (0 / 0)	
	3	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	0 / 0 (0 / 0)	
	4	/ (1 / 7)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	0 / 0 (1 / 7)	
	計	0 / 0 (1 / 7)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (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 / 7)	
合計	1	0 / 0 (1 / 19)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	2 / 20 (7 / 88)	3 / 30 (1 / 8)	2 / 89 (0 / 0)	1 / 7 (2 / 14)	0 / 0 (1 / 5)	0 / 0 (1 / 5)	0 / 0 (1 / 13)	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)	8 / 146 (15 / 140)
	2	7 / 42 (16 / 133)	0 / 0 (0 / 0)	3 / 65 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	1 / 9 (7 / 47)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	2 / 18 (1 / 7)	0 / 0 (1 / 9)	0 / 0 (1 / 7)	0 / 0 (1 / 8)	0 / 0 (1 / 4)	0 / 0 (0 / 0)	13 / 134 (28 / 215)	
	3	1 / 5 (1 / 3)	1 / 7 (0 / 0)	1 / 10 (1 / 8)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (2 / 40)	2 / 9 (1 / 3)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (1 / 4)	0 / 0 (0 / 0)	1 / 9 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (1 / 2)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (1 / 4)	6 / 40 (8 / 64)	
	4	2 / 10 (2 / 19)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	1 / 9 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (1 / 9)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	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 / 19 (3 / 28)	
	計	10 / 57 (20 / 114)	1 / 7 (0 / 0)	4 / 75 (1 / 8)	2 / 20 (7 / 88)	4 / 39 (3 / 48)	4 / 98 (1 / 3)	2 / 16 (10 / 70)	0 / 0 (2 / 9)	0 / 0 (1 / 5)	1 / 9 (1 / 13)	0 / 0 (1 / 8)	2 / 18 (1 / 7)	0 / 0 (1 / 9)	0 / 0 (1 / 7)	0 / 0 (2 / 10)	0 / 0 (1 / 4)	0 / 0 (1 / 4)	0 / 0 (1 / 4)	30 / 339 (54 / 447)