

研究拠点形成事業
平成 29 年度 実施報告書

A. (平成 26～29 年度採択課題用) 先端拠点形成型

1. 拠点機関

| | |
|-------------|----------------|
| 日本側拠点機関： | 東北大学電気通信研究所 |
| (英国) 拠点機関： | ヨーク大学 |
| (ドイツ) 拠点機関： | カイザースラウテルン工科大学 |

2. 研究交流課題名

(和文)： 新概念スピントロニクス素子創製のための国際研究拠点形成
(交流分野：スピントロニクス)

(英文)： International research center for new-concept spintronics devices
(交流分野：spintronics)

研究交流課題に係るホームページ：[http:// www.riec.tohoku.ac.jp/core-to-core/](http://www.riec.tohoku.ac.jp/core-to-core/)

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：東北大学 電気通信研究所

実施組織代表者(所属部局・職・氏名)：電気通信研究所・所長・大野 英男

コーディネーター(所属部局・職・氏名)：電気通信研究所・教授・大野 英男

事務組織：東北大学 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：

拠点機関：(英文) The University of York

(和文) ヨーク大学

コーディネーター(所属部局・職・氏名)：(英文)

Department of Physics・Professor・O'GRADY Kevin

経費負担区分 (A 型)：パターン 1

(2) 国名：

拠点機関：(英文) Technical University of Kaiserslautern

(和文) カイザースラウテルン工科大学

コーディネーター (所属部局・職・氏名)：(英文)

Faculty of Physics・Professor・HILLEBRANDS Burkard

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

スピントロニクス素子は、磁気を利用した不揮発性メモリ機能と情報処理を一体化することによりデータ転送遅延・回路面積・消費電力の低減を実現する素子として期待されている。本課題の拠点となる東北大学電気通信研究所附属ナノ・スピン実験施設および省エネルギー・スピントロニクス集積化システムセンターでは、磁気メモリ(MRAM)の開発を通じて、これら利点の実証のみならず、電圧による磁性の制御や磁壁駆動メモリなどについて世界に先駆けた研究を行ってきた。本課題では、将来の集積回路の飛躍的な動作特性向上に資するために、成膜・高周波評価において世界をリードする英独の拠点と共同研究を進めて、新概念スピントロニクス素子の創製に挑戦する。

そのために本課題では以下の 3 つの研究テーマに取り組む。(1) 低磁化、高スピン分極、低磁気緩和を兼備した新規強磁性/反強磁性材料を創製し、その間にはたらく交換結合を利用してスピントロニクス素子の高出力化、低電圧化、高速・安定動作、高熱安定性を実現する。(2) 磁性体/半導体接合におけるスピン-光の相互変換を利用したスピン情報伝達技術を開発する。(3) 熱電効果、熱擾乱、スピンゼーベック効果等で排熱を積極的に利用することにより、素子動作特性を飛躍的に向上させる。これらは強みの異なる日英独間の緊密な連携の下で初めて可能となるものであり、こうした知見を本邦に蓄積し、国境を越えた研究環境を提供することが期待される。特に、本計画では共同研究のみならず、若手研究者に向けた教育プログラムを英独で新設する計画であることから、継続的な相互交流が可能となる。したがって、本計画は、当該学術分野の発展と実用化、その過程での我国のリーダーシップ確立に大きく寄与するものである。

5-2. 平成 29 年度研究交流目標

<研究協力体制の構築>

平成 29 年度は、6 月にヨーク大学において日英独拠点機関の主要研究者を集めたワークショップを開催する。ここで、各研究グループの研究成果を報告し、共同研究の促進に向けた意見交換を行うと共に研究協力体制の強化を図る。また、12 月に東北大学においてワークショップを開催して、共同研究の進捗状況に関する情報を共有し、解決すべき課題について忌憚なく議論する。

<学術的観点>

平成 29 年度は、以下の研究テーマに関する共同研究を推進する。

研究テーマ(1) 低磁化、高スピン分極、低磁気緩和を兼備した新規強磁性もしくは反強磁性材料の創製を目指して、ハーフメタル・ホイスラー合金薄膜を作製し、そのスピン物性を評価する。特に研究テーマ(2)と関連して有望な新規材料の光学特性を重点的に評価する。

研究テーマ(2) 磁性体／半導体接合におけるスピン・光相互変換を実証するため、接合界面を改善してスピン注入効率の向上を図る。また、新たに開発された計測技術を用いて、円偏光により生成されたスピン波励起を評価する。

研究テーマ(3) 排熱の積極的利用によるスピントロニクス素子の動作特性向上を目指し、巨大なスピンゼーベック効果を発現する材料を探索する。また、強磁性金属／絶縁体接合素子におけるスピンゼーベック効果による磁化反転アシストの可能性を理論検証する。

<若手研究者育成>

平成 29 年度は、6 月と 12 月に開催するワークショップに拠点機関の大学院生・ポストドクを参加させ、主要研究者の発表を聴講させる。また、若手研究者にポスター発表の機会を与えて、若手研究者同士の交流を深めると共に、主要研究者との議論を通して育成を図る。これとは別に若手研究者を相手国拠点機関に派遣して、実験技術等を修得させると共に、他国の研究者との日々の議論・交流を通して国際的な場で活躍する素養を身につけさせる。

また 7 月 26 日～28 日の 3 日間の日程で、東北大学スピントロニクス国際共同大学院プログラム※との共催でサマースクールをヨーク大学にて開催する。東北大学からは 5 名の大学院生と 2 名の教員が参加予定であり、ヨーク大学及び英国の関連機関からは 15 名の大学院生と 5 名の教員が、カイザースラウテルン工科大学及びドイツの関連機関からは 5 名の大学院生と 2 名の教員がそれぞれ参加予定である。本スクールは各国の大学院生が主体となって協力して企画・運営し、今回は参加者の口頭発表と教員等による各分野の講義を中心として行う計画である。さらに 3 カ国の拠点・協力機関以外からも参加者を募り幅広い研究交流・議論の場を提供する計画である。

※) 東北大学スピントロニクス国際共同大学院プログラム

東北大学の特色・強みを活かして、海外教育研究機関と共同してスピントロニクス分野における世界的な人財を育成するために設立された。国際社会で力強く活躍できる人財の育成の場を創出するプログラムで、東北大学と海外教育研究機関から世界トップクラスの教員を集め、スピントロニクス分野の教育を実施している。

<その他（社会貢献や独自の目的等）>

他国の拠点に滞在中の週末は滞在先の文化に触れるため、具体的には美術館・博物館・遺跡などを訪問する。さらに、滞在先の研究者が生活・文化なども紹介することで、より深いレベルでの交流と理解を深める。特に研究スタイルの違いなどに触れることは、将来国際的

な研究者として活躍していく際に役立つ貴重な経験となると考えられる。

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

平成29年6月21日～23日にヨーク大学において日英独拠点機関の主要研究者を集めたワークショップを開催した。各研究グループのこれまでの研究成果に関する口頭発表により、研究グループ相互の理解を深めることができた。また、参加研究者同士で具体的な共同研究の内容について意見交換すると共に、若手研究者や大学院生の派遣時期を確認し、共同研究に向けた協力体制を構築することができた。

平成29年12月15日～16日に東北大学においてワークショップを開催した。ここでは若手研究者や大学院生が研究成果の発表を行い、関連研究者同士で研究の進捗状況を共有することができた。また、直面している問題点を整理し、その解決に向けた方策について有意義な意見交換を行うことができた。

上記2回のワークショップでは、共同研究の促進のため関連研究者に招待講演を依頼し、既存メンバーとの研究交流を図ると共に、協力研究者として本事業に参画していただき、ネットワークの拡大に対応した。

6-2 学術面の成果

平成29年度は、東北大学にて作成した試料の透過電子顕微鏡などによる構造・物性評価をヨーク大学にて、ブリルアン光散乱を用いたスピン波測定ならびに磁気ダンピング測定をカイザースラウテルン工科大学において実施した。また、理論計算に基づいて、新概念スピントロニクス素子の実現可能性を検証した。これらの共同研究により、磁性薄膜及び素子の特性と微細構造との関係が明らかになった。また、光や熱を利用した新概念スピントロニクス素子の動作実証に向けた重要な知見を蓄積することができた。

研究テーマ(1) 低磁化、高スピン分極、低磁気緩和を兼備した新規磁性材料の創製を目指し、薄膜試料及び磁気抵抗素子の作製と物性評価を本年度も継続した。その結果、磁気トンネル接合の酸化物粒界の結晶構造と電子構造を解明した。また、ハーフメタル材料薄膜におけるハーフメタルギャップの組成・成膜温度依存性を系統的に観測し、磁気抵抗素子中の欠陥とスピン依存伝導特性との関連性を明らかにした

研究テーマ(2) 磁性体/半導体接合におけるスピン-光相互変換の実現に向けて、光励起によるスピン波の生成・伝搬・検出を実証する研究を実施した。スピン波の分散関係を測定する新しい分光法であるスピン波トモグラフィ法を開発した。また、金属から絶縁体まで多様な強磁性薄膜におけるスピン波励起や磁化ダイナミクスを光学的に観測することに成功した。

研究テーマ(3) 排熱の積極的利用によるスピントロニクス素子の動作特性向上を目指す

研究の一環として、本年度は熱パルスによるスキルミオンのカイラリティ反転の可能性について、マイクロマグネティックシミュレーションにより理論的に検証した。

6-3 若手研究者育成

ヨーク大学と東北大学において開催した 2 回のワークショップでは大学院生を含む若手研究者に口頭発表もしくはポスター発表の機会を与え、国内外研究者との意見交換を通じた若手研究者育成の場とした。また、海外拠点機関に大学院生を派遣し、実験技術の修得と共に主要研究者との議論を通じて国際的に活躍する研究者として自立するための一助とした。

6-4 その他（社会貢献や独自の目的等）

平成 29 年 12 月に東北大学において開催した本事業のワークショップは、「15th RIEC International Workshop on Spintronics」と連続して開催した。これによりそれぞれの参加者が相互に交流する場を提供した。また、一般の参加者にも公開としたため、企業からの参加者もあり、社会人教育にも貢献した。

6-5 今後の課題・問題点

共同研究（R-3）「排熱利用によるスピントロニクス素子の動作特性向上」に関しては、理論計算・計算機シミュレーションに基づいた素子動作の検証は終えたが、実際に素子を作製して動作特性の向上を実証するためには、成膜・素子作製状況の最適化など克服すべき課題が多く残されており、その克服には日英独拠点機関を中心とした共同研究の加速が不可欠である。

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 12 本
うち、相手国参加研究者との共著 2 本
- (2) 平成 29 年度の国際会議における発表 20 件
うち、相手国参加研究者との共同発表 8 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 11 件
うち、相手国参加研究者との共同発表 0 件

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 29 年度 |
|-------|---|--------|----------|--------|----------|
| 研究課題名 | (和文) 新規強磁性／反強磁性材料の創製 | | | | |
| | (英文) Fabrication of new ferromagnets and antiferromagnets | | | | |

| | |
|--------------------|--|
| 日本側代表者 氏名・所属・職 | (和文) 白井正文・東北大学 電気通信研究所・教授 (英文) SHIRAI Masafumi・Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University・Professor |
| 相手国側代表者 氏名・所属・職 | (英文) HIROHATA Atsufumi, The University of York, Professor HILLEBRANDS Burkard, Technical University of Kaiserslautern, Professor |
| 29年度の研究 交流活動 | <p>(1) 東北大学で作製した CoFeB/MgO 磁気トンネル接合の界面構造及び粒界構造を、ヨーク大学において高解像度透過電子顕微鏡観察及び第一原理計算により解析した。また、CoFeB/MgO 磁気トンネル接合の界面磁気異方性の温度依存性に関するヨーク大学との共同研究を開始した。さらに、東北大学で作製した反強磁性体／強磁性体積層構造におけるスピン軌道トルク磁化反転様式の磁場中熱処理条件依存性について、ヨーク大学との共同研究に着手した。</p> <p>(2) 東北大学で作製したハーフメタル材料薄膜のハーフメタルギャップを、ヨーク大学において赤外光分光装置を用いて評価した。また、ハーフメタル材料を用いた磁気抵抗素子における微細加工後の素子欠陥が、スピン依存伝導特性に与える影響を、ヨーク大学にある走査電子顕微鏡を用いて分析した。東北大学の若手研究者 1 名をヨーク大学に派遣 (平成 30 年 2 月 28 日～3 月 8 日) して共同研究を実施した。</p> <p>(3) 東北大学とヨーク大学の共同研究により新規反強磁性体材料である Mn₃Ge 薄膜の作製に着手した。</p> <p>(4) 強磁性金属／非磁性金属接合構造を有するエピタキシャル薄膜においてスピン軌道相互作用を評価することで、非磁性金属薄膜及び界面におけるスピン軌道トルクを評価する研究を中心に進めている。特に Co/Pt もしくは CoFeB/Ta 構造などを中心にして研究を進めると共に、Cu などの金属材料においてスピン軌道相互作用を増強する手法を探索した。</p> <p>(5) 物質・材料研究機構で成膜・微細加工した Fe/酸化物 接合膜の界面垂直磁気異方性の電界効果を東北大学において測定した。また、得られたデータの解析ならびに妥当性の検討を共同で行った。</p> |

| | |
|--------------------------------------|--|
| <p>29年度の研究 交流活動から得 られた成果</p> | <p>(1) 東北大学とヨーク大学の共同研究により、CoFeB/MgO 磁気トンネル接合の MgO 粒界の結晶構造と電子構造を明らかにすることに成功した。この研究成果は、日英拠点研究者の共著論文として Scientific Reports 誌に掲載された。</p> <p>(2) ハーフメタル材料 Co₂(FeMn)(AlSi)薄膜におけるハーフメタルギャップの組成・成膜温度依存性を系統的に得ることができた。現在、実験データの詳細解析を進めている（論文準備中）。また、磁気抵抗素子中の欠陥とスピン依存伝導特性との関連性を明らかにした（論文投稿中）。</p> <p>(3) Mn₃Ge/CoFe 二層膜を作製した結果、交換バイアス磁場が観測され、Mn₃Ge が反強磁性体であることを示唆する結果が得られた。</p> <p>(4) 通常、Cu はスピン軌道相互作用の弱い材料として知られているが、スパッタ中に酸化もしくは自然酸化させた場合、スピン軌道相互作用が増強する。特に自然酸化させた場合、ビスマス薄膜と同程度までスピン軌道相互作用が大きくなることを、磁気輸送測定における弱反局在現象から明らかにした。</p> <p>(5) 直交磁化配置の強磁性トンネル接合試料を用いることによって、Cr/Fe/MgO 接合膜における界面磁気異方性電界効果の温度依存性を含む基本的なデータが得られた。この研究成果は、日本国内共著論文として Journal of Physics D: Applied Physics 誌に掲載された。</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 29 年度 |
|--------------------|---|--------|----------|--------|----------|
| 研究課題名 | <p>(和文) 磁性体／半導体接合におけるスピン-光相互作用</p> <p>(英文) Interaction between spin and light in ferromagnet/semiconductor hybrid structures</p> | | | | |
| 日本側代表者 氏名・所属・職 | <p>(和文) 松倉文礼・東北大学 原子分子材料科学高等研究機構・教授</p> <p>(英文) MATSUKURA Fumihiko・Advanced Institute for Materials Research, Tohoku University・Professor</p> | | | | |
| 相手国側代表者 氏名・所属・職 | <p>(英文)</p> <p>HIROHATA Atsufumi, The University of York, Professor</p> <p>HILLEBRANDS Burkard, Technical University of Kaiserslautern, Professor</p> | | | | |

| | |
|--------------------------------------|---|
| <p>29年度の研究 交流活動</p> | <p>(1) 東北大学で作製したフェリ磁性ホイスラー合金 $(\text{MnCo})_2\text{VAI}$ 薄膜のスピンの分散を、カイザースラウテルン工科大学においてブリリアン光散乱測定により調べた。低ダンピング定数を有するハーフメタル・ホイスラー合金 Co_2MnSi 薄膜における長距離スピン波伝搬を観測するための実験に着手した。</p> <p>(2) 東北大学・九州大学・カイザースラウテルン工科大学などの共同研究により、スピンの分散関係を測定する新しい分光法であるスピン波トモグラフィ法を開発した。</p> <p>(3) 前年度から継続してレーザー励起超高速磁化ダイナミクスの計測を進めた。本年度はスピン波伝搬長の磁性膜厚依存性やナノヘテロ接合におけるスピンの伝搬について調べた。</p> <p>(4) 九州大学の大学院生1名をカイザースラウテルン工科大学に派遣(平成29年8月14日～9日)して、ブリリアン光散乱測定によるBi添加希土類鉄ガーネットのスピンの励起を観測する共同研究を実施した。</p> |
| <p>29年度の研究 交流活動から得 られた成果</p> | <p>(1) 基板温度を最適化することで高い $L2_1$ 規則構造を有する $(\text{MnCo})_2\text{VAI}$ 薄膜を作製することに成功した。また、Co組成を増やすことで飽和磁化が減少し、MnとCoが反平行に結合したフェリ磁性体であることが示唆される結果を得た。ブリリアン光散乱測定の結果、強度は小さいものの光散乱信号の観測に成功した。MBE法で作製したハーフメタル・ホイスラー合金 Co_2MnSi 薄膜において、非常に小さい磁気緩和定数 0.0007 を得た。この磁気緩和定数は金属強磁性材料の中で最小であり、長距離のスピンの伝搬の実現が期待できる。</p> <p>(2) スピン波トモグラフィ法の開発により、これまで検出が難しかったスピンの静磁モードの分散関係を明瞭に測定することができる。この手法は、原子炉を必要とする中性子線や、複雑な検出系が必要な光学手法とは異なり、実験室レベルで可能であり、様々な物質におけるスピンの性質をより簡便に測定することを可能とする。この研究成果は、本事業の日独参加研究者を含む共著論文として、Nature Communications 誌に掲載された。</p> <p>(3) 磁性薄膜にパルス光を集光すると照射位置からスピン波が発生し、薄膜面内を擬一次的に伝搬する。パーマロイ薄膜におけるスピンの伝搬長をこの手法で評価し、伝搬長が膜厚とともに増大することを見出し</p> |

| | |
|--|--|
| | <p>た。しかし、その伝搬長は磁気緩和定数から予測されるよりも短かった。また、ジャロジンスキー・守屋相互作用を有する金属ナノヘテロ接合におけるスピン波伝搬を評価した。その結果、カイラル非対称性に起因する非相反スピン波伝搬を示唆する結果を得た。</p> <p>(4) Bi 添加希土類鉄ガーネットにおいて、イットリウム鉄ガーネットと比べて桁違いに大きな強度のスピン波励起ブリルアン散乱が観測された。これは強いスピン軌道相互作用に起因すると考えられる。また、後方散乱スピン波励起が観測され、交換スティッフネス定数を見積もることに成功した（論文執筆中）。</p> |
|--|--|

| 整理番号 | R-3 | 研究開始年度 | 平成 28 年度 | 研究終了年度 | 平成 31 年度 |
|--------------------|--|--------|----------|--------|----------|
| 研究課題名 | <p>(和文) 排熱利用によるスピントロニクス素子の動作特性向上</p> <p>(英文) Improving operating characteristics of spintronics devices by waste heat management</p> | | | | |
| 日本側代表者 氏名・所属・職 | <p>(和文) 松倉文礼・東北大学 原子分子材料科学高等研究機構・教授</p> <p>(英文) MATSUKURA Fumihiko・Advanced Institute for Materials Research, Tohoku University・Professor</p> | | | | |
| 相手国側代表者 氏名・所属・職 | <p>(英文)</p> <p>HIROHATA Atsufumi・The University of York・Professor</p> <p>HILLEBRANDS Burkard・Technical University of Kaiserslautern・Professor</p> | | | | |
| 29年度の研究 交流活動 | <p>磁性薄膜に現れる磁気渦構造であるスキルミオンの研究については、スキルミオンの特徴の一つであるポラリティにのみ注目し、ポラリティ制御に関する研究が主として行なわれてきた。そこで本年度は、スキルミオンのもう一つの特徴であるカイラリティに注目し、熱パルスによるカイラリティ反転の手法について、電気通信大学とヨーク大学が共同で理論研究を実施した。</p> | | | | |

| | |
|-----------------------------|--|
| 29年度の研究 交流活動から得 られた成果 | マイクロマグネティックシミュレーションを用いて、CoFeB 薄膜におけるスキルミオンの二つのカイラリティ出現条件ならびにカイラリティ反転について調査した。まず、右巻及び左巻きのカイラリティを有するスキルミオンが安定に出現する条件を調査したところ、ジャロシンスキー・守谷相互作用(DMI)定数が 0.6 erg/cm^2 程度のとき出現することを確認した。こうして生成されたスキルミオンに熱パルスを加えたところ、可逆的にカイラリティ反転することを初めて見出した。次年度以降、熱パルスによるスキルミオンのカイラリティ反転を実験的に検証する研究に取り組む予定である。 |
|-----------------------------|--|

7-2 セミナー

| | |
|---------------------------------------|--|
| 整理番号 | S-1 |
| セミナー名 | (和文) ヨーク・東北・カイザーズラウテルン 研究シンポジウム 「新概念スピントロニクス素子」－日本学術振興会研究拠点形成 事業 第5回ワークショップ－ |
| | (英文) York-Tohoku-Kaiserslautern Research Symposium on “New-Concept Spintronics Devices” –5th JSPS Core-to-Core Workshop－ |
| 開催期間 | 平成 29 年 6 月 21 日 ～ 平成 29 年 6 月 23 日 (3 日間) |
| 開催地 (国名、都市 名、会場名) | (和文) 英国、ヨーク、ヨーク大学 |
| | (英文) UK, York, The University of York |
| 日本側開催責任者 氏名・所属・職 | (和文) 大野英男・東北大学 電気通信研究所・教授 |
| | (英文) OHNO Hideo・Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University・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) O'GRADY Kevin・The University of York・Professor |

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〉 | A. | 22 / 131 | |
| | B. | 3 | |
| 英国 〈人／人日〉 | A. | 19 / 57 | |
| | B. | 19 | |
| ドイツ 〈人／人日〉 | A. | 5 / 20 | |
| | B. | 0 | |
| 合計 〈人／人日〉 | A. | 46 / 208 | |
| | B. | 22 | |

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 | 日英独拠点機関の研究成果を互いに報告し、共同研究の促進に向けた意見交換を行うと共に研究協力体制の強化を図ることが目的である。 | | |
| セミナーの成果 | 日英独拠点機関の各研究グループのこれまでの研究成果に関する口頭発表により、研究グループ相互の理解を深めることができた。参加研究者同士で具体的な共同研究の内容について意見交換すると共に、若手研究者や大学院生の派遣時期を確認し、共同研究に向けた協力体制を構築することができた。共同研究（R-2）（R-3）の促進のため、拠点機関以外の関連研究者に招待講演を依頼し、既存メンバーとの交流を図ると共に、協力研究者として本事業に参画していただくことができた。さらに、大学院生を含む若手研究者によるポスター発表により、若手研究者同士の交流が深まり、主要研究者と議論の機会を与えることができた。 | | |
| セミナーの運営組織 | 英国側代表が主体となり、日独の代表者と連携して運営した。 | | |
| 開催経費 分担内容 と金額 | 日本側 | 内容 | 外国旅費 金額 7,725,507 円 |
| | | | 国内旅費 金額 501,793 円 |
| | (英国) 側 | 内容 | 会議費・外国旅費・国内旅費 |
| | | (ドイツ) 側 | 内容 |

| | |
|---------------------------------------|---|
| 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 第6回ワークショップ「新概念スピントロニクス素子」 |
| | (英文) 6th JSPS Core-to-Core Workshop on “New-Concept Spintronics Devices” |
| 開催期間 | 平成29年12月15日 ~ 平成29年12月16日 (2日間) |
| 開催地 (国名、都市名、会場名) | (和文) 日本、仙台、東北大学 |
| | (英文) Japan, Sendai, Tohoku University |
| 日本側開催責任者 氏名・所属・職 | (和文) 大野英男・東北大学 電気通信研究所・教授 |
| | (英文) OHNO Hideo・Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University・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) |

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. | 20 / 42 | |
| | B. | 16 | |
| 英国 〈人／人日〉 | A. | 8 / 38 | |
| | B. | 0 | |
| ドイツ 〈人／人日〉 | A. | 4 / 20 | |
| | B. | 0 | |
| 合計 〈人／人日〉 | A. | 32 / 100 | |
| | B. | 16 | |

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 | 日英独拠点機関の研究者が共同研究の進捗状況を報告することにより、最新の情報を参加メンバー間で共有し、解決すべき課題について忌憚なく議論することを目的とする。 | | |
| セミナーの成果 | 若手研究者や大学院生が研究成果の発表を行い、関連研究者同士で研究の進捗状況を共有することができた。また、直面している問題点を整理して、その解決に向けた方策について有意義な意見交換を行うことができた。共同研究（R-2）（R-3）の促進のため、拠点機関以外の関連研究者に招待講演を依頼し、既存メンバーとの交流を図ると共に、協力研究者として本事業に参画していただくことができた。さらに、大学院生を含む若手研究者にポスター発表により、若手研究者同士の交流が深まり、主要研究者と議論の機会を与えることができた。 | | |
| セミナーの運営組織 | 日本側代表者が中心となり、英独の代表者と連携してワークショップを運営した。今回は「15th RIEC International Workshop on Spintronics」と共同で実行委員会を組織した。 | | |
| 開催経費 分担内容 と金額 | 日本側 | 内容 | 会議費 金額 89,607 円 国内旅費 金額 210,460 円 |
| | (英国) 側 | 内容 | 外国旅費・国内旅費 |
| | (ドイツ) 側 | 内容 | 外国旅費・国内旅費 |

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。

| 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 | | |
| 16 日間 | 松本 慧大・九州大学 大学院理学府・修士学生 | HILLEBRANDS Burkard・ Technical University of Kaiserslautern・Professor | 実験技術の修得 | | ドイツ |
| 9 日間 | 窪田 崇秀・東北大学 金属材料研究所・助教 | HIROHATA Atsufumi・The University of York・ Professor | 研究打合せ | | 英国 |

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）：国内外の研究機関との有機的な連携が見えにくい。

対応：国内外の研究機関との共同研究の成果を、共著論文または国際会議における共著発表することによって、有機的な連携が見えるようにした。

②評価コメント（抜粋）：相手国においては拠点機関のみで協力機関が参加しておらず、さらなる広がりを持ったネットワークの構築が今後の課題と思われる。

対応：セミナー（S-1）（S-2）において招待講演を依頼した拠点機関外の関連研究者に本事業の協力研究者として参画していただき、ネットワークの拡大に対応した。

③評価コメント（抜粋）：目標に向けた学術面での具体的な研究計画については、最終年度に向けて、どのような素子を創成しようとしているのか、どのようなまとまった研究成果を得ようとしているのか、明確にすることが望まれる。

対応：平成 29 年 12 月に開催したセミナー（S-2）の機会を利用して、本事業期間中に実現すべきスピントロニクス素子の具体的な機能等について、日英独拠点機関の主要研究者間で協議・検討した。

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

| 派遣先 派遣元 | 四半期 | 日本 | 英国 | ドイツ | チェコ (英国側参加研究者) | 合計 |
|-------------------|-----|---------------|------------------|--------------|-------------------|-------------------|
| | | | | | | |
| 日本 | 1 | | 22/137 (3/13) | 0/0 (0/0) | 0/0 (0/0) | 22/137 (3/13) |
| | 2 | | 0/0 (0/0) | 1/16 (0/0) | 0/0 (0/0) | 1/16 (0/0) |
| | 3 | | 0/0 (0/0) | 0/0 (1/4) | 0/0 (0/0) | 0/0 (1/4) |
| | 4 | | 1/9 (1/83) | 0/0 (0/0) | 0/0 (0/0) | 1/9 (1/83) |
| | 計 | | 23/146 (4/96) | 1/16 (1/4) | 0/0 (0/0) | 24/162 (5/100) |
| 英国 | 1 | 0/0 (0/0) | | 0/0 (0/0) | 0/0 (0/0) | 0/0 (0/0) |
| | 2 | 0/0 (0/0) | | 0/0 (0/0) | 0/0 (0/0) | 0/0 (0/0) |
| | 3 | 0/0 (8/66) | | 0/0 (0/0) | 0/0 (0/0) | 0/0 (8/66) |
| | 4 | 0/0 (0/0) | | 0/0 (0/0) | 0/0 (0/0) | 0/0 (0/0) |
| | 計 | 0/0 (8/66) | | 0/0 (0/0) | 0/0 (0/0) | 0/0 (8/66) |
| ドイツ | 1 | 0/0 (0/0) | 0/0 (5/20) | | 0/0 (0/0) | 0/0 (5/20) |
| | 2 | 0/0 (0/0) | 0/0 (0/0) | | 0/0 (0/0) | 0/0 (0/0) |
| | 3 | 0/0 (4/20) | 0/0 (0/0) | | 0/0 (0/0) | 0/0 (4/20) |
| | 4 | 0/0 (0/0) | 0/0 (0/0) | | 0/0 (0/0) | 0/0 (0/0) |
| | 計 | 0/0 (4/20) | 0/0 (5/20) | | 0/0 (0/0) | 0/0 (9/40) |
| チェコ (英国側参加研究者) | 1 | 0/0 (0/0) | 0/0 (0/0) | 0/0 (0/0) | | 0/0 (0/0) |
| | 2 | 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) |
| | 4 | 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 (0/0) | | 0/0 (0/0) |
| 合計 | 1 | 0/0 (0/0) | 22/137 (8/33) | 0/0 (0/0) | 0/0 (0/0) | 22/137 (8/33) |
| | 2 | 0/0 (0/0) | 0/0 (0/0) | 1/16 (0/0) | 0/0 (0/0) | 1/16 (0/0) |
| | 3 | 0/0 (12/86) | 0/0 (0/0) | 0/0 (1/4) | 0/0 (0/0) | 0/0 (13/90) |
| | 4 | 0/0 (0/0) | 1/9 (1/83) | 0/0 (0/0) | 0/0 (0/0) | 1/9 (1/83) |
| | 計 | 0/0 (12/86) | 23/146 (9/116) | 1/16 (1/4) | 0/0 (0/0) | 24/162 (22/206) |

※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 |
|-------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| 0/0 (0/0) | 0/0 (0/0) | 4/10 (0/0) | 0/0 (0/0) | 4/10 (0/0) |

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 | 741,193 | |
| | 外国旅費 | 8,599,269 | |
| | 謝金 | 0 | |
| | 備品・消耗品 購入費 | 6,282,132 | |
| | その他の経費 | 137,406 | |
| | 不課税取引・ 非課税取引に 係る消費税 | 0 | |
| | 計 | 15,760,000 | |
| 業務委託手数料 | | 1,576,000 | 消費税額は内額とする。 |
| 合 計 | | 17,336,000 | |

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 | 26,038 [ポンド] | 3,905,700 円相当 |
| ドイツ | 9,000 [ユーロ] | 1,170,000 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。