

**研究拠点形成事業**  
**平成 28 年度 実施計画書**  
**(平成 24～27 年度採択課題用)**

A. 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/>

### 3. 採用期間

平成 27 年 4 月 1 日 ～ 平成 32 年 3 月 31 日

(2 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：英国

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：ドイツ

拠点機関：(英文) Technical University of Kaiserslautern

(和文) カイザー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. 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。

## 6. 前年度までの研究交流活動による目標達成状況

平成27年度は、当初の計画どおり2回の会議を開催した。まず、平成27年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一堂に集めてキックオフ・シンポジウムを開催した。ここでは、各研究グループの準備状況を報告し、研究協力体制の構築に向けた有意義な意見交換を行った。また、平成27年11月には仙台においてワークショップを開催し、各研究グループの進捗状況を報告すると共に、大学院生やポスドクにも口頭発表の機会を与え、若手研究者育成にも配慮した。

共同研究については、日英独拠点機関の間で大学院生を含む若手研究者を相互に派遣し、数週間から数ヶ月に亘る滞在期間の実験等により進捗が見られた。この若手研究者の派遣は、各拠点機関における実験手法の習得を通じた若手研究者育成を兼ねており、研究成果を取りまとめて発表するためには、次年度以降も共同研究の継続が必要である。

## 7. 平成28年度研究交流目標

### <研究協力体制の構築>

平成28年度は、6月にカイザースラウテルン工科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、11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28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、Mn-Ge合金等の薄膜試料の作製と物性評価を継続する。

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、接合試料の作製と物性評価を継続し、光パルス照射による磁化反転実験に着手する。

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、強磁性金属/絶縁体接合素子のスピnzeーベック効果による磁化反転アシストを検証する。

### <若手研究者育成>

平成28年度は、6月と11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。

### <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。

## 8. 平成28年度研究交流計画状況

### 8-1 共同研究

整理番号	R-1	研究開始年度	平成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	(和文) 白井正文・東北大学 電気通信研究所・教授				

**平成24～27年度採択課題**

氏名・所属・職	(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
28年度の 研究交流活動 計画	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、昨年度は東北大学ならびに物質・材料研究機構において Mn-Ge 合金等を用いたトンネル接合を作製し、ヨーク大学において透過電子顕微鏡観察を行った。本年度は、昨年度の共同研究によって得られた知見を踏まえて、Mn-Ge 合金等を用いたトンネル接合の品質改善と素子特性向上に取り組む。また、昨年度の東北大学とヨーク大学の研究交流により構築した強磁性体／反強磁性体界面における交換結合のモデルに基づいて、本年度は東北大学において数値計算を実施し、実験結果を再現する最適モデルを探索する。さらに、昨年度ヨーク大学において実施した磁気光学効果の予備的実験を、本年度はカイザースラウテルン工科大学にある高性能な装置を用いて本格的に実施する。
28年度の 研究交流活動 から得られる ことが期待さ れる成果	低磁化、高スピン分極、低磁気緩和を兼備した Mn-Ge 合金等を用いたトンネル接合の品質改善により、強磁性体／非磁性体／強磁性体三層構造における磁気抵抗の向上と電流誘起磁化反転に要する電流密度の大幅な低減が期待される。また、強磁性体／反強磁性体界面における交換結合を数値計算と実験検証により理解することで、次年度以降に作製する素子構造をあらかじめ最適化することが可能となる。さらに、高精度な磁気光学測定によりスピン偏極した電子状態を確認することで、新規強磁性材料の素子応用に向けた有益な知見を得ることができると期待される。

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 29 年度
研究課題名	(和文) 磁性体／半導体接合におけるスピン-光相互作用 (英文) Interaction between spin and light in ferromagnet/semiconductor hybrid structures				
日本側代表者 氏名・所属・職	(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 (英文) MATSUKURA Fumihito・Advanced Institute for Materials Research, 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				

**平成24～27年度採択課題**

28年度の 研究交流活動 計画	スピン情報を載せた情報伝達技術を実現するための要素技術の開発を目指して、昨年度は高品質な強磁性体／半導体接合素子を作製し、その電気伝導特性を評価した。本年度は、昨年度作製した素子におけるスピン注入を確認するための実験を、東北大学とヨーク大学の共同で実施する。また、昨年度は、強磁性薄膜の磁気特性の合金組成・熱処理温度依存性を明らかにするため、東北大学で作製した強磁性薄膜試料のブリルアン光散乱測定を、カイザースラウテルン工科大学において共同で実施した。本年度は、昨年度の共同研究で得られた知見に基づいて、光による磁化反転制御の実証に向けた実験に着手し、得られた実験データを日本国内の研究者による数値計算結果と比較して解析する。
28年度の 研究交流活動 から得られる ことが期待さ れる成果	強磁性体／半導体接合素子におけるスピン注入効率を高めることにより、スピンの情報を円偏光に変換する効率の向上が見込める。一方、光による磁化反転制御により、光からスピンへの情報変換が可能となる。日英独3拠点機関が得意とする素子作製・構造評価・超高速特性評価を結集することにより、スピン・光の相互変換を利用した情報伝達技術の確立に向けた実証実験の進展が期待される。

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	(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 (英文) Improving operating characteristics of spintronics devices by waste heat management				
日本側代表者 氏名・所属・ 職	(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 (英文) MATSUKURA Fumihito・Advanced Institute for Materials Research, 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				
28年度の 研究交流活動 計画	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の飛躍的向上を目指し、巨大な熱電効果やスピンゼーベック効果などを発現する材料を探索する。また、熱擾乱の影響を定量的に評価する。強磁性絶縁体で被覆された巨大磁気抵抗素子を作製し、スピンゼーベック効果による磁化反転アシストを測定する。また、強磁性絶縁体への温度勾配印加により励起されるスピン波について数値計算を行い、素子の最適化を目指す。				

**平成24～27年度採択課題**

<p>28年度の 研究交流活動 から得られる ことが期待さ れる成果</p>	<p>強磁性体／非磁性体／強磁性体三層構造からなるナノピラーを強磁性絶縁体により被覆することで、スピンゼーベック効果によって絶縁体中にスピン波を励起することができるため、電流誘起磁化反転に要する電流密度を大幅に低減することが期待される。</p>
--	--

8-2 セミナー

整理番号	S-1
セミナー名	(和文) 東北・ヨーク・カイザースラウテルン-日本学術振興会研究拠点形成事業 第3回ワークショップ「将来のスピン트로ニクス素子のための新概念」
	(英文) 3rd Workshop of the JSPS Core-to-Core Project Tohoku-York- Kaiserslautern “New Concepts for Future Spintronic Devices”
開催期間	平成28年6月22日 ~ 平成28年6月24日 (3日間)
開催地(国名、都市名、会場名)	(和文) ドイツ、カイザースラウテルン、カイザースラウテルン工科大学
	(英文) Germany, Kaiserslautern, Technical University of Kaiserslautern
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 (※日本以外での開催の場合)	(英文) HILLEBRANDS Burkard・Technical University of Kaiserslautern・Professor

参加者数

派遣先 派遣元	セミナー開催国 (ドイツ)	
	A.	B.
日本 〈人／人日〉	20 / 120	0
	5 / 25	0
英国 〈人／人日〉	8 / 24	10
	33 / 169	10
ドイツ 〈人／人日〉	33 / 169	10
	10	
合計 〈人／人日〉	33 / 169	10
	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)

※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

**平成24～27年度採択課題**

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。	
期待される成果	互いに相補的な知識・技術を有する日英独拠点機関の主要研究者が一堂に集まり、意見交換と研究計画の策定を行うことにより、新概念スピントロニクス素子開発に向けた研究の加速が期待できる。また、本プロジェクト外の関連研究者に招待講演を依頼して、研究計画の客観的な評価を仰ぐことができる。さらに、大学院生を含む若手研究者に発表の機会を与え、若手研究者育成の効果も期待できる。	
セミナーの運営組織	ドイツ側代表が主体となり、日英の代表者と連携して運営する。すでに招待講演者がほぼ確定しており、口頭・ポスター発表者の人選を進めている。	
開催経費 分担内容	日本側	内容 外国旅費・国内旅費
	(英国)側	内容 外国旅費・国内旅費
	(ドイツ)側	内容 会議費 外国旅費・国内旅費

整理番号	S-2
セミナー名	(和文) 日本学術振興会研究拠点形成事業 第4回ワークショップ「新概念スピントロニクス素子」
	(英文) 4th JSPS Core-to-Core Workshop on “New-Concept Spintronics Devices”
開催期間	平成28年11月16日～平成28年11月17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 (※日本以外での開催の場合)	(英文)

参加者数



派遣先 派遣元		セミナー開催国 (日本)	
日本 〈人／人日〉	A.	25/	50
	B.	10	
英国 〈人／人日〉	A.	3/	18
	B.	0	
ドイツ 〈人／人日〉	A.	3/	18
	B.	0	
合計 〈人／人日〉	A.	31/	86
	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）

※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。		
期待される成果	共同研究が直面している課題について主要研究者が集中的に討議することにより、その後の共同研究が加速されると期待できる。また、本プロジェクト外の関連研究者との交流により、研究計画の客観的な見直しも可能になる。さらに、大学院生を含む若手研究者に発表の機会を与え、若手研究者育成の効果も期待できる。		
セミナーの運営組織	日本側代表が主体となり、英独の代表者と連携して運営する。 詳細については6月のワークショップ（S-1）開催時に日英独拠点機関の主要研究者が協議して確定する。		
開催経費 分担内容	日本側	内容	会議費 国内旅費
	(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

## 8-3 研究者交流（共同研究、セミナー以外の交流）

共同研究、セミナー以外の交流（日本国内の交流を含む）計画を記入してください。

所属・職名 派遣者名	派遣時期	訪問先・内容
東北大学電気通信研究所・准教授・GREAVES Simon	平成28年6月～7月	ヨーク大学（英国） 研究打合せ
東北大学大学院工学研究科・大学院生・中野貴文	平成28年6月～7月	カイザースラウテルン工科大学（ドイツ） 超高速光散乱測定の実習
東北大学電気通信研究所・助教・辻川 雅人	平成28年8月～9月	ヨーク大学（英国） 研究打合せ
University of York・Professor・HIROHATA Atsufumi	平成28年8月	東北大学（日本） 研究打合せ
University of York・Lecturer PRATT Andrew	平成28年7月～8月	物質・材料研究機構（日本） He分光を用いた表面解析

## 8-4 中間評価の指摘事項等を踏まえた対応

該当なし

9. 平成28年度研究交流計画総人数・人日数

9-1 相手国との交流計画

派遣先 派遣元	日本 <人/人日>	英国 <人/人日>	ドイツ <人/人日>	合計 <人/人日>
日本 <人/人日>		4/72 ( 0/0 )	22/156 ( 0/0 )	26/228 ( 0/0 )
英国 <人/人日>	0/0 ( 5/54 )		0/0 ( 5/25 )	0/0 ( 10/79 )
ドイツ <人/人日>	0/0 ( 3/18 )	0/0 ( 0/0 )		0/0 ( 3/18 )
合計 <人/人日>	0/0 ( 8/72 )	4/72 ( 0/0 )	22/156 ( 5/25 )	26/228 ( 13/97 )

※各国別に、研究者交流・共同研究・セミナーにて交流する人数・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。

9-2 国内での交流計画

5/10 <人/人日>
-------------

## 10. 平成28年度経費使用見込み額

(単位 円)

	経費内訳	金額	備考
研究交流経費	国内旅費	800,000	国内旅費、外国旅費の合計は、研究交流経費の50%以上であること。
	外国旅費	9,600,000	
	謝金	0	
	備品・消耗品 購入費	4,200,000	
	その他の経費	175,000	
	不課税取引・ 非課税取引に 係る消費税	0	東北大学にて別途負担
	計	14,775,000	研究交流経費配分額以内であること。
業務委託手数料		1,477,500	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		16,252,500	