

研究拠点形成事業 平成 29 年度 実施計画書

A. 先端拠点形成型

1. 拠点機関

日本側拠点機関：	東北大学国際集積エレクトロニクス研究開発センター
(英国) 拠点機関：	ケンブリッジ大学
(仏国) 拠点機関：	パリ南大学

2. 研究交流課題名

(和文)：半導体集積デバイス向け二次元電子・スピン材料研究拠点

(交流分野：ナノエレクトロニクス・スピントロニクス)

(英文)：Controlled Interfacing of 2D materials for Integrated Device Technology

(交流分野：Nano-electronics・Spintronics)

研究交流課題に係るホームページ：[http:// www.cies.tohoku.ac.jp/program/jsps.html](http://www.cies.tohoku.ac.jp/program/jsps.html)

3. 採用期間

平成 28 年 4 月 1 日 ～ 平成 33 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・国際集積エレクトロニクス研究開発センター

実施組織代表者 (所属部局・職・氏名)：

国際集積エレクトロニクス研究開発センター・センター長・遠藤哲郎
コーディネーター (所属部局・職・氏名)：

国際集積エレクトロニクス研究開発センター・センター長・遠藤哲郎
協力機関：東京大学、筑波大学

事務組織：東北大学・国際集積エレクトロニクス研究開発センター・支援室

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 Cambridge

(和文) ケンブリッジ大学

コーディネーター (所属部局・職・氏名)：(英文)

Department of Engineering・Professor・John ROBERTSON

協力機関：(英文) Hitachi Cambridge Laboratory

(和文) 日立ケンブリッジ研究所

経費負担区分 (A型) : パターン 1

(2) 国名 : 仏国

拠点機関 : (英文) University of Paris Sud

(和文) パリ南大学

コーディネーター (所属部局・職・氏名) : (英文)

Unité Mixte de Physique・Professor・Pierre SENEOR

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

電子を情報単体とする情報処理デバイスのスケーリングは限界に近づいており、次世代の半導体開発のブレークスルーとなる新材料と、その製造技術へのインテグレーション技術の開発が、強く求められている。グラフェンに代表される 2 次元材料は、高い電子移動度を有するにのみならず、室温で非常に長いスピン拡散長を有し、現在の MOS チャンネルにかわる新規電子伝導チャンネルとして、さらに近年電子にかわる超消費電力の新しい情報担体として注目されているスピンの伝導チャンネルとして、大きな注目を集めている。しかしながらグラフェン等の 2 次元材料を集積回路へ導入する製造技術はいまだ確立していないため、現状ではその応用範囲はニッチな産業領域に限られている。

本課題の目標は、大面積基板に適用可能な CVD 技術を駆使した再現性の高い 2 次元電子材料の製造技術を用い、高品質な電極物質や絶縁体との界面を創製することで、高品質の 2 次元電子、スピンチャンネルを実現し、前記チャンネルを伝導する電子・スピンの挙動を理論的、実験的に明らかにすることにある。これらは、日英仏間の世界トップレベルの拠点機関間の緊密な連携により実現できるものであり、本課題の共同研究によって次世代半導体のブレークスルー技術を創製するとともに、研究拠点交流を通じて革新的技術創出に資する国際的なセンス豊かな若手研究者を育成することも目標とする。

6. 前年度までの研究交流活動による目標達成状況

<研究協力体制の構築>

平成 28 年度は、まず 7 月に英国拠点のケンブリッジ大学で第 1 回目のセミナーを開催し、3 拠点の技術ポテンシャルを相互に紹介し、研究拠点整備の具体的な課題と明確化した。その後、各研究拠点ごとに研究拠点整備を行い、同年 11 月に仙台で 2 度目のワークショップを開催し、研究拠点整備の進捗状況に関する情報を共有して、課題を明確化し、実行計画に反映するとともに、国際ワークショップを開催し (100 名参加)、日本側の研究者の学生の欧州側拠点への交流の端緒を作る活動を行った。

<学術的観点>

平成28年度は、共同研究開始の第一段階として、各拠点の強み技術を活かした本拠点プログラム向けの研究拠点整備と、共同研究に必要な材料デバイス作製、測定手法の整備、および理論、シミュレーションツールの整備を行った。具体的には、日本側は2次元電子・スピンドバイスの伝導機構の理論解析と2次元材料およびその界面の伝導特性測定手法を、英国拠点では良好な界面構造を有する2次元材料の作製手法を、フランス拠点では2次元材料を障壁層として用いた磁気トンネル接合の作製と評価手法を整備した。年度の後半には、平成29年度から本格的に開始する予定の共同研究の具体的な2つのテーマ（「半導体集積デバイス向け2次元電子・スピン材料物性の研究」、および「2次元材料を障壁層とする磁気トンネル接合の研究」）を立案した。

<若手研究者育成>

平成28年度は、次年度以降開始予定の若手研究者交流の基盤整備のため、相互拠点の研究環境の把握に注力し、平成29年度以降の若手研究者交流計画を立案した。さらに、11月に行った国際ワークショップで、日本側の研究者の学生と欧州側拠点の研究者の交流を行い、忌憚ない意見交換を通じて、若手研究者の育成を図った。

<その他（社会貢献や独自の目的等）>

日本で開催する国際シンポジウムを通じて、本研究課題の体制や目標について広く情報発信を行うとともに、共同研究へ参加している研究者の研究成果のタイムリーな情報発信を行った。また、新規に立ち上げたHPを通じて、本研究課題で体制、目標および成果を積極的に情報発信した。

7. 平成29年度研究交流目標

<研究協力体制の構築>

7月に仏国拠点のパリ南大学でセミナーを実施し、仏国内での研究交流の拡大をはかるとともに、28年度の共同研究成果と課題を総括して、今年度の共同研究と研究者交流へのフィードバックを図る。また、11月には仙台で2度目のワークショップを開催し、日本側の研究者、学生の欧州側拠点への交流拡大の端緒を作るとともに、共同研究の進捗状況に関する情報を共有し、課題を明確化して、次年度以降の実行計画に反映する。平成29年度に計画している具体的な2つのテーマに関し各拠点への研究者派遣を通し、具体的な研究計画に基づいて人的交流の拡大を図っていく。

<学術的観点>

平成29年度は、本格的な共同研究の第二段階として、二つの具体的な共同研究（「半導体集積デバイス向け2次元電子・スピン材料物性の研究」、および「2次元材料を障壁層とする磁気トンネル接合の研究」）を開始する。その中で、日本側は2次元電子・スピンドバイスの伝導機構の理論解析と2次元材料およびその界面の伝導特性測定を、英国拠点では良

好な界面構造を有する 2次元材料の作製を、フランス拠点では 2次元材料を障壁層として用いた磁気トンネル接合の作製と評価を推進する。

<若手研究者育成>

年 2 回開催するセミナーをビークルとして、若手研究者の人的交流を開始する。ケンブリッジ大学への若手研究者派遣を通して、研究目的の共有と技術共有を行い互いのレベルを向上させる。

<その他（社会貢献や独自の目的等）>

日本で開催する国際シンポジウムを通じて、研究成果のタイムリーな情報発信を行う。また、HP を通じて、本研究課題で得られた成果を積極的に情報発信していく。

8. 平成 29 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 29 年度	研究終了年度	平成 32 年度
研究課題名	(和文) 二次元材料およびその層状構造の電子・スピン物理の研究 (英文) Research on electron/spin-related physics in 2D material and layered semiconductors				
日本側代表者 氏名・所属・職	(和文) 遠藤哲郎・東北大学国債集積エレクトロニクス研究開発センター・教授 (英文) Tetsuo ENDOH・Center for Innovative Integrated Electronic Systems, Tohoku University・Professor				
相手国側代表者 氏名・所属・職	(英文) John ROBERTSON・Department of Engineering・University of Cambridge・Professor				
29年度の 研究交流活動 計画	本共同研究では、本交流プログラムの根幹である 2次元材料、およびその層状構造の電子、スピン物性の検討を行う。具体的には、英国の研究拠点であるケンブリッジ大学は、独自に開発した CVD 技術を駆使して、電極物質や絶縁体と高品質の界面を有する 2次元電子デバイスの作製を行う。東北大および日本の共同研究グループは、英国側で開発されてきた 2次元電子スピン・デバイス材料の伝導機構の測定と解析を行う。共同研究を進めるうえで、定期的な電話会議等を活用した情報交換を行うとともに、7月および11月のセミナーでは、内部会議を開催して、進捗状況を直接確認する。各拠点へまた各拠点からの若手研究者や PI の招へい・派遣を通して、研究目的と目標とするデバイスおよび 2次元薄膜のニーズとシーズをすり合わせながら、研究を展開していく				

29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	本共同研究の推進により、本交流プログラムの根幹である2次元材料、および2次元材料と電極界面の電子伝導、およびスピン伝導機構の詳細な解析が進展するとともに、共同研究の深化を通じて、日英仏三拠点間の技術の相互移転と人材交流を促進し、交流期間を通じた、研究開発効率を向上することが可能となる。
---	---

整理番号	R-2	研究開始年度	平成29年度	研究終了年度	平成32年度
研究課題名	(和文) 2次元材料を障壁層とする磁気トンネル接合の研究 (英文) Research on magnetic tunnel junction with 2D material insulator				
日本側代表者 氏名・所属・職	(和文) 遠藤哲郎・東北大学国債集積エレクトロニクス研究開発センター・教授 (英文) Tetsuo ENDOH・Center for Innovative Integrated Electronic Systems, Tohoku University・Professor				
相手国側代表者 氏名・所属・職	(英文) John ROBERTSON・Department of Engineering・University of Cambridge・Professor Pierre SENEOR・Unite Mixte de Physique・University of Paris Sud・Professor				
29年度の 研究交流活動 計画	本共同研究では、2次元材料を障壁層として用いる磁気トンネル接合ののスピン伝導特性の研究を行う。具体的には、英国の研究拠点であるケンブリッジ大学は、障壁総として用いる高品質の2次元材料の作製を行うとともに、2次元電子材料界面の電子状態の解明を行う。パリ南大学は、2次元材料を障壁層として用いる磁気トンネル接合高精度の策成と評価を行う。東北大および日本の共同研究グループは、2次元材料を障壁層として用いる磁気トンネル接合の伝導特性の理論的な検討を行う。共同研究を進めるうえで、定期的な電話会議等を活用した情報交換を行うとともに、7月および11月のセミナーでは、内部会議を開催して、進捗状況を直接確認する。				
29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	本共同研究の推進により、2次元材料を障壁層として用いる新規な磁気トンネル接合の学術的な検討を進めるとともに、共同研究の深化を通じて、日英仏三拠点間の技術の相互移転と人材交流を促進し、交流期間を通じた、研究開発効率を向上することが可能となる。				

8-2 セミナー

整理番号	S-1
セミナー名	(和文) 英国工学・物理学研究会議-日本学術振興会研究拠点形成事業セミナー「2次元電子・スピントロニクス」
	(英文) EPSRC-JSPS Core-to-Core Program Seminar "Two dimensional electronics/spintorronics devices"
開催期間	平成 29 年 7 月 10 日 ~ 平成 29 年 7 月 11 日 (2日間)
開催地(国名、都市名、会場名)	(和文) 仏国 パレゾー市 パリ南大学
	(英文) France, Palaiseau, University of Paris Sud
日本側開催責任者 氏名・所属・職	(和文) 遠藤哲郎・東北大学国際集積エレクトロニクス研究開発センター・教授
	(英文) Tetsuo ENDOH・Center for innovative Integrated Electronics Systems, 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) Pierre SENEOR・Unite Mixte de Physique・University of Paris Sud・Professor

参加者数

派遣先 派遣元		セミナー開催国 (仏国)	
		A.	B.
日本 〈人/人日〉	A.	8/ 40	
	B.		
英国 〈人/人日〉	A.	3/ 12	
	B.		
仏国 〈人/人日〉	A.	4/ 8	
	B.	30	
合計 〈人/人日〉	A.	15/ 60	
	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)

※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	平成29年の7月 10-11 日に、仏国パリ南大学で、本拠点プログラムのオープンセミナーとフォローアップオフミーティングを開催する。仏国で行う初のセミナーで、仏国における研究交流の拡大を図るとともに、フォローアップミーティングで、各拠点の28年度の本プログラムで行った共同研究の成果と課題を共有し、共同研究の一層の拡大と加速を図る。	
期待される成果	関係者が一同に会して、各拠点の28年度の共同研究成果と課題を共有することで、本プログラムの全体マイルストーンに照らして、どのような加速策をとるかを明確化し、それを進めるベースとなる人材交流の加速に資することができる。さらに、仏国でのオープンセミナーの開催で、仏国での本プログラム参加者の拡大を図ることができる。	
セミナーの運営組織	仏国側コーディネーターが、日英のコーディネーターと連携して、オープンセミナーとフォローアップオフミーティングを運営する。	
開催経費 分担内容	日本側	内容 外国旅費・国内旅費 不課税取引・非課税取引に係る消費税
	(英国) 側	内容 外国旅費
	(仏国) 側	内容 外国旅費 会議費用

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シンポジウム「2次元スピントロニクス」および英国工学・物理学研究会議ー日本学術振興会研究拠点形成事業セミナー
	(英文) JSPS Core-to-Core Program Symposium "Two dimensional spintoronic devices" and EPSRC-JSPS Core-to-Core Program Meeting
開催期間	平成29年11月15日 ~ 平成29年11月17日(3日間)
開催地(国名、都市名、会場名)	(和文) 日本 仙台市 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) 遠藤哲郎・東北大学国際集積エレクトロニクス研究開発センター・教授
	(英文) Tetsuo ENDOH・Center for innovative Integrated Electronics Systems, Tohoku University・Professor

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〉	10 / 30	
	80	
英国 〈人／人日〉	2 / 10	
仏国 〈人／人日〉	2 / 10	
合計 〈人／人日〉	14 / 50	
	80	

- 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	平成 29 年の 11 月 15-17 日に、東北大学で、本拠点プログラム関連のセミナーを開催し、国際交流の拡大を図るとともに、進捗フォローアップ会議を行い、7月のミーティングで定めた計画の進捗を確認し、解決すべき課題を忌憚なく議論することを目的とする。	
期待される成果	セミナーを東北大のスピントロニクス関連のワークショップと連動させて行い、人材交流を拡大するとともに、本拠点プログラムが開始されて半年後の時点での進捗状況、および課題に関する情報共有を行うことで、プログラムの更なる効率化が期待できる。	
セミナーの運営組織	日本側コーディネータが、英仏のコーディネータと連携して、会議を運営する。	
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
	(仏国) 側	内容 外国旅費

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。
なし

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29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〉	仏国 〈人／人日〉	第3国（米国） 〈人／人日〉	合計 〈人／人日〉
日本 〈人／人日〉		4/ 21 (0/ 0)	8/ 40 (0/ 0)	4/ 22 (0/ 0)	16/ 83 (0/ 0)
英国 〈人／人日〉	0/ 0 (2/ 10)		0/ 0 (3/ 12)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (5/ 22)
仏国 〈人／人日〉	0/ 0 (2/ 10)	0/ 0 (3/ 12)		0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (5/ 22)
第3国（米国） 〈人／人日〉	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)		0/ 0 (0/ 0)
合計 〈人／人日〉	0/ 0 (4/ 20)	4/ 21 (3/ 12)	8/ 40 (0/ 12)	4/ 22 (0/ 0)	16/ 83 (5/ 44)

※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

15 / 15 〈人／人日〉

10. 平成29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	1,124,000	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	4,640,000	
	謝金	0	
	備品・消耗品購入費	4,137,000	
	その他の経費	400,000	
	不課税取引・非課税取引に係る消費税	371,000	
	計	10,672,000	研究交流経費配分額以内であること。
業務委託手数料		1,067,200	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		11,739,200	