

平成30年度研究拠点形成事業 (A. 先端拠点形成型) 実施計画書

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)側拠点機関：	ケンブリッジ大学
(仏国)側拠点機関：	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

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

研究交流課題に係るウェブサイト：<http://www.cies.tohoku.ac.jp/program/jsp.html>

3. 採択期間

平成28年4月1日 ～ 平成33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・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、東北大学・工学研究科

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

協力機関：なし

コーディネーター (所属部局・職・氏名)：(英文)

Unité Mixte de Physique・Professor・Pierre SENEOR

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29年度は、昨年度の英国、日本に続き、7月に仏国拠点のパリ南大学でセミナーとサイトビジットを開催し、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を明確化できた。その後、研究拠点ごとに研究拠点整備を進め、研究者間の交流を行う中で、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、実行計画に反映した。また、さらに研究交流を加速するため、来年度の4月早々に英国拠点にてワークショップを開催することを決め、年度後半から準備を進めた。

<学術的観点>

平成29年度は、昨年度に引き続き、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と具体化を研究者間の交流を進める中で推進した。具体的には、昨年度に引き続き、日本側は2次元電子・スピンデ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の整備を進めた。また、昨年度立案した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二次元電子・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」）について開催したセミナーにおける内部ミーティングや研究者間の交流を通して共有し、議論を深めた。

<若手研究者育成>

平成29度は、若手研究者交流の基盤整備のため、昨年度サイトビジットをしていなかった仏国でのセミナーなどを通して、研究機関間の研究環境の把握を進めると同時に、若手研究者を更なる交流促進のため英国に派遣するなど、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）>

HPなどを通して、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、2018年3月に開催した日本側拠点の成果報告会（参加者約450名）において、本プログラムの成果を報告し、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30年度研究交流目標

<研究協力体制の構築>

4月に英国拠点のケンブリッジ大学でセミナーを実施し、さらなる研究交流の拡大をはかるとともに、29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を進めるとともに、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30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30年度は、本格的な共同研究の次の段階として、昨年度に引き続き二つの具体的な共同研究（「半導体集積デバイス向け二次元電子・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」）を研究者の交流を通して推進する。その中で、日本側は2次元電子・スピンデ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引き続き、推進していく。

<若手研究者育成>

年2回開催するセミナーを駆動力として、若手研究者の人的交流拡大を図る。ケンブリッジ大学への若手研究者派遣などを通して、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や成果報告会を通じて、研究成果のタイムリーな情報発信を行う。また、引き続き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30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
共同研究課題名	(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・職名・ 研究者番号	(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・1-1 (英文) Tetsuo ENDOH・Center for Innovative Integrated Electronic Systems, Tohoku University・Professor・1-1				
相手国側代表者 氏名・所属・職名・ 研究者番号	(英文) John ROBERTSON・Department of Engineering・University of Cambridge・Professor・2-1				
30年度の 研究交流活動 計画	<p>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、4月および11月のセミナーなどで、内部会議を開催して、進捗状況を直接確認する。また、昨年度に引き続き、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の把握を進めていく。</p>				
30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>本共同研究の継続的な推進により、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。</p>				

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
共同研究課題名	<p>(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</p> <p>(英文) Research on magnetic tunnel junction with 2D material insulator</p>				
日本側代表者 氏名・所属・職名・ 研究者番号	<p>(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・1-1</p> <p>(英文) Tetsuo ENDOH・Center for Innovative Integrated Electronic Systems, Tohoku University・Professor・1-1</p>				
相手国側代表者 氏名・所属・職名・ 研究者番号	<p>(英文) John ROBERTSON・Department of Engineering・University of Cambridge・Professor・2-1</p> <p>Pierre SENEOR・Unite Mixte de Physique・University of Paris Sud・Professor・3-1</p>				
30年度の 研究交流活動 計画	<p>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スピン伝導特性の研究を昨年度に引き続き継続していく。具体的には、英国の研究拠点であるケンブリッジ大学は、障壁層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と材料物性の評価技術の検討の深化を進める。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、4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。</p>				
30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>本共同研究を継続的に進めることで、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。</p>				

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/spintoronic devices"
開催期間	平成 30 年 4 月 16 日 ~ 平成 30 年 4 月 17 日 (2日間)
開催地(国名、都市名、会場名)	(和文) 英国 ケンブリッジ大学 (英文) United Kingdom, University of Cambridge
日本側開催責任者 氏名・所属・職名・研究者番号	(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・1-1 (英文) Tetsuo ENDOH・Center for innovative Integrated Electronics Systems, Tohoku University・Professor・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) John Robertson・Department of Engineering・University of Cambridge・Professor・2-1

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.	9/ 40	
	B.	0	
英国 〈人/人日〉	A.	3/ 12	
	B.	20	
仏国 〈人/人日〉	A.	4/ 8	
	B.	0	
合計 〈人/人日〉	A.	16/ 60	
	B.	20	

- 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30年の4月16-17日に、英国ケンブリッジ大学で、本拠点プログラムのミーティングを開催する。英国における研究交流の更なる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29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29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、英国でのオープンセミナーの開催で、英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	英国側コーディネーターが、日仏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
	(英国)側	内容 国内旅費 会議費用
	(仏国)側	内容 外国旅費

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シンポジウム「2次元スピントロニクスデバイス」および英国工学・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
	(英文) JSPS Core-to-Core Program Symposium "Two dimensional spintronics devices" and EPSRC-JSPS Core-to-Core Program Meeting
開催期間	平成30年11月14日～平成30年11月16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・職名・ 研究者番号	(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・1-1
	(英文) Tetsuo ENDOH・Center for innovative Integrated Electronics Systems, Tohoku University・Professor・1-1

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.	10 / 30	
	B.	80	
英国 〈人／人日〉	A.	2 / 10	
	B.	0	
仏国 〈人／人日〉	A.	2 / 10	
	B.	0	
合計 〈人／人日〉	A.	14 / 50	
	B.	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 30 年の 11 月 14-16 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、4 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エレク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	日本側	内容 会議費・国内旅費
分担内容	(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）

平成 30 年度実施なし

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30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>		12/ 45 (0/ 0)	1/ 4 (0/ 0)	4/ 22 (0/ 0)	17/ 71 (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)	12/ 45 (3/ 12)	1/ 4 (3/ 12)	4/ 22 (0/ 0)	17/ 71 (10/ 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

	交流予定人数 <人/人日>
合計	15 / 15 (/)

10. 平成30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	1,200,000	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	6,800,000	
	謝金	0	
	備品・消耗品購入費	3,803,000	
	その他の経費	400,000	
	不課税取引・非課税取引に係る消費税	544,000	
	計	12,747,000	研究交流経費配分額以内であること。
業務委託手数料		1,274,700	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		14,021,700	