

**平成27年度 研究拠点形成事業(A. 先端拠点形成型)  
中間評価資料(進捗状況報告書)**

## 1. 概要

<b>研究交流課題名 (和文)</b>	同位体スピントロニクス		
<b>日本側拠点機関名</b>	慶應義塾大学		
<b>コーディネーター 所属・職・氏名</b>	理工学部・教授・伊藤公平		
<b>相手国側</b>	<b>国名</b>	<b>拠点機関名</b>	<b>コーディネーター所属・職・氏名</b>
	ドイツ	ミュンヘン工科大学	Department of Physics・Professor・ Martin BRANDT
	英国	ユニヴァーシティーカレッジロンドン	London Center for Nanotechnology・Royal Society University Research Fellow and Reader・John MORTON
	米国	スタンフォード大学	Department of Materials Science and Engineering・Professor・Paul MCINTYRE
	カナダ	サイモンフレーザー大学	Department of Physics・Professor・Mike THEWALT
	スイス	スイス連邦工科大学	Department of Physics・Professor・ Christian DEGEN
	オーストラリア (H27.4 より追加)	ニューサウスウェールズ大学	Centre for Quantum Computation & Communication Technology・Professor・ Andrew DZURAK

## 2. 研究交流目標

申請時に計画した目標と現時点における達成度について記入してください。

### ○申請時の研究交流目標

スピントロニクス (Spintronics) とは、物質の電気特性と磁気特性の双方を制御することにより得られる新しい物理現象を利用して電子・情報通信産業のイノベーションを創成する新しい学術分野である。量子力学的効果を顕在化するための微細加工が不可欠であるため、固体物理学とナノテクノロジーに力点を置いた日本の基幹研究が世界のスピントロニクス研究をリードしてきた。本事業の中心となる慶應義塾スピントロニクス研究センター（以下、慶應スピン研）は、元素戦略および環境保護という観点において特に有用な炭素、ケイ素、ゲルマニウムの安定同位体を自在に制御することから、新しいスピントロニクス材料と新奇な電気・光学・磁気的特性を次々と世界に送り出してきた。

本研究交流では、同位体シリコンおよびカーボン（含む、ダイヤモンド）構造による量子計算手法の確立、同位体ナノ構造による磁気光学素子の開発、同位体ダイヤモンドナノプローブによる単一分子核磁気共鳴 (NMR) イメージングの実現、同位体シリコン基板上での超伝導量子情報処理と量子制御など、同位体工学をキーワードとした先端基礎研究を中心にすすめる。そして、1) 同位体スピントロニクス研究のハブとして国内外を統合したスピントロニクス国際連携ネットワークを発展させ、2) 世界に散らばる先端的手法とノウハウを我が国に結集し、3) 国境を越えた先端研究の推進と若手研究者を啓蒙する教育プログラムを実施することから、本学術分野の発展に対する我が国のリーダーシップを確立する。

### ○目標に対する達成度とその理由

上記目標に対する2カ年分の計画について、

- 十分に達成された
- 概ね達成された
- ある程度達成された
- ほとんど達成されなかった

#### 【理由】

3つの目標に対する2カ年分の計画が十分に達成されたと考える理由は以下のとおりである

目標1) 同位体スピントロニクス研究のハブとして国内外を統合したスピントロニクス国際連携ネットワークを発展させる

ドイツを通じた間接的協力国であったオーストラリアを第3年度（2015年度）から直接的拠点国とし、6カ国9拠点・協力機関とする準備を整えた。第2年度（2014年度）の終わりには、本拠点事業の中心である慶應スピン研が、米国物理学会（世界最大の物理学会）から国際的に魅力的な先端研究拠点の一つとして着目された。その結果として慶應スピン研を紹介するビデオクリップが米国物理学会により作成され、2015年3月の年会において大々的に紹介・上映された。そのビデオクリップは以下のリンクにてオンデマンドで視聴可能で、ビデオ内には supported by JSPS も明示されている。  
([http://www.websedge.com/videos/aps\\_tv\\_2015/#/a\\_new\\_kind\\_of\\_qubit](http://www.websedge.com/videos/aps_tv_2015/#/a_new_kind_of_qubit)) また本プロジェクトの伊藤コーディネーターが議長として、第3年度（2015年8月）に日本において i) シリコン量子エレクトロニクス国際ワークショップ（研究計画のR-1とR-2とR-4に相当）と、ii) ダイヤモンド量子センシング国際ワークショップ（R-3に相当）を個別に主催する準備を2年間の活動を通して整えた。参加予定者は、それぞれの会議において100名以上になる予定で、その過半数が海外からの参加者となる。本事業により世界から一目置かれる先

端拠点が我が国に形成され発展していることがわかる。

また、本研究拠点形成事業により国内における「量子情報スピントロニクス」拠点を慶應に確立できた。このことが東大・阪大・東北大・慶大が共同で「スピントロニクス学術研究基盤と連携ネットワーク拠点の整備」と題した大型研究計画を提案することにつながり、文部科学省・学術研究の大型プロジェクトに関する基本構想「ロードマップ」に当該計画が記載されることにつながった。東大の「スピントロニクス材料開発」、阪大の「スピントロニクスデザイン」、東北大の「スピントロニクスデバイス開発」、慶應の「量子情報スピントロニクス」の4拠点を有機的に繋ぎ合わせた総合的連携ネットワーク形成を目指すもので、特に慶應のハブは本拠点形成事業の成果そのものである。ロードマップ記載を目指したプロジェクト提案は200件以上に上り、その中から2014年度に選考されたのが10件のみであったことから、本拠点形成事業の成果は明白である。

これらの活動を広く国内外に示し、国際的拠点としての認知度を定着するために英語表記のホームページも充実させている。[http://www.appi.keio.ac.jp/Itoh\\_group/spintronics/](http://www.appi.keio.ac.jp/Itoh_group/spintronics/)

#### 目標2) 世界に散らばる先端的手法とノウハウを我が国に結集する

本研究拠点の最大の特徴は、世界で唯一、カーボン（ダイヤモンド、ナノチューブ）、シリコン、ゲルマニウムの安定同位体操作をナノレベルで実施できることである。これらの試料が海外の有力共同研究機関に提供されるとき、本拠点の研究者が提供先に足を運ぶことを頻繁に行ってきた。その結果として、慶應の試料を用いた海外における実験に日本からの研究者が参加し、実験や解析に関する先端的手法とノウハウを学び、その内容の一部を共同研究契約や秘密保持契約の枠組みのなかで慶應における研究拠点で再現する体制を整えている。このようにして世界最先端の手法とノウハウを我が国に結集してきた。

#### 目標3) 国境を越えた先端研究の推進と若手研究者を啓蒙する教育プログラムを実施する

本事業に支援を受けて2年間に発表した論文は15編。このうち、11編は相手国参加研究者との共著論文で、その内訳はNature Nanotechnology誌（インパクトファクターIF:34）の2報、Nano Letters誌（IF:13.6）の1報、Physical Review Letters誌（IF:7.5）の3報、Physical Review B誌（IF:3.7）の3報、Applied Physics Letters誌（IF:3.51）の1報、Journal of Physics: Condensed Matter誌（IF:2.36）の1報である。各誌のインパクトファクターの高さからも明らかなおと、ナノテクノロジー、物理学、応用物理学の分野で最高峰の学会誌に論文を発表することを達成した。さらに、研究拠点の成果を包括的に提示するために、コーディネーターの伊藤が2報の解説論文を発表した。1報は米国（すなわち世界）最大の材料研究学会であるMaterials Research Societyからの依頼で、MRS Communications誌に同位体スピントロニクス全般に関する現状と今後の展望を解説した。もう1報は環太平洋物理学会の機関誌AAPS Bulletinにダイヤモンド量子センシングの最先端を解説した記事である。

国際会議発表は34件で、この内にはコーディネーターの伊藤による6件の招待講演と、大学院生による20件の発表が含まれる。

若手研究者を啓蒙する教育プログラムという点においては、慶應が独拠点から滞在期間2年間の大学院生を2名、滞在期間4ヶ月間の大学院生1名を受け入れた。その他、スイス、アメリカ、英国、カナダから延べ10名以上の大学院生が本拠点に短期的に訪れた。また、日本拠点から延べ22名の大学院生を海外拠点との共同研究・セミナーに派遣した。さらに、定期的に英語による基礎的な授業や先端研究の発表会を開催し、若手および学生研究者も自らの研究を英語で発表し、それらをどこからでも無料・オンデマンドで視聴できるように設定することから世界中の若手研究者の啓蒙に努めてきた。

[http://www.appi.keio.ac.jp/Itoh\\_group/spintronics/](http://www.appi.keio.ac.jp/Itoh_group/spintronics/)

### 3. これまでの研究交流活動の進捗状況

(1)これまで(平成27年3月末まで)の研究交流活動について、「共同研究」、「セミナー」及び「研究者交流」の交流の形態ごとに、派遣及び受入の概要を記入してください。※各年度における派遣及び受入実績については、「中間評価資料(経費関係調書)」に記入してください。

#### ○共同研究

##### 【概要】

R-1: 同位体シリコン・ゲルマニウム・グラフェン・ナノチューブに基づく量子情報処理

(ミュンヘン工科大学-UCL-東京都市大-慶應スピン研の協調)

2年間において、ミュンヘン工科大学の大学院生2名が2年間慶應に滞在して共同研究を実施した。さらにミュンヘン工科大学の大学院生1名が4ヶ月間、教員2名が数週間慶應に滞在することにより共同研究を実施した。一方、慶應の大学院生1名が2年間ミュンヘン工科大学に滞在し(出張費はJSPS ITPから支出)、さらに慶應の大学院生1名がミュンヘンに4ヶ月間、慶應の教員延べ6名がミュンヘンに滞在して共同研究を実施した。これらの共同研究がプロジェクト開始2年間で3編の共著論文発表につながった。

イギリスとの交流では、2013年8月に慶應の大学院生1名がYork大学に滞在し、別の慶應の大学院生が2ヶ月間UCLに滞在し(出張費はJSPS ITPから支出)共同研究を実施した。これらが1編の共著論文の発表につながった。

R-2: 同位体ナノ構造による磁気光学素子の開発

(スタンフォード大学-サイモンフレーザー大学-東京都市大-慶應スピン研の協調)

スタンフォード大学において慶應の教員延べ1名、大学院生延べ3名が共同研究を実施した。また、ヒューレットパッカード研究所では慶應の大学院生1名が、カナダのNational Institute of Scientific Researchでは慶應の教員2名と大学院生延べ2名が共同研究を実施した。以上の成果として、日米加参加メンバー共同執筆の論文を1編出版した。

R-3: 同位体ダイヤモンドナノプローブによる単一分子NMRイメージングの実現

(スイス連邦工科大学(ETH)、慶應スピン研、産総研の協調)

ETHに慶應の大学院生延べ3名、教員2名、産総研研究員1名が滞在して共同研究を実施した。その成果として日瑞共著論文2編、日独共著論文1編を発表した。

R-4: 同位体シリコン基板上での超伝導量子情報処理と量子制御

(スイス連邦工科大学(ETH)、慶應スピン研、東大の協調)

ETHの大学院生1名が慶應スピン研に2ヶ月間滞在し、超伝導とシリコンを組み合わせた量子制御に関する共同研究に取り組んだ。この成果として日瑞共著論文1編を発表した。また、東大のメンバー1名が、Yale大学とMITで共同研究に取り組んだ。

#### ○セミナー

	平成25年度	平成26年度
国内開催	7回	5回
海外開催	2回	6回
合計	9回	11回

## 【概要】

2年間でセミナーを日独米瑞の主要拠点で開催し、第3年度（2015年度）から新規拠点として加わる豪においても実施した。もう一つの拠点であるカナダにおいてはセミナー開催はしていないが、第3年度（2015年度）にカナダで開催される2つの異なる国際会議からコーディネーターの伊藤が招待講演を依頼されているため、本事業の広報は追々実行できる。個々のセミナーの様子は本事業のホームページにおいてプログラムと写真等を交えて紹介している。（[http://www.appi.keio.ac.jp/Itoh\\_group/spintronics/](http://www.appi.keio.ac.jp/Itoh_group/spintronics/)）全体的な特徴としては、初年度にコアメンバーを集めた日独のキックオフセミナーを日独拠点のそれぞれで開催、日米のセミナーも日米拠点それぞれで開催、日瑞のキックオフセミナーは香港で開催することで、よいスタートと長期的なプランの形成を目指した。2年度目は、加速中のプログラムを支えることを目的として、個別プロジェクトごとに分けたセミナー開催を積上げた。また2014年度には慶應義塾理工学部においてももう一つのCore-to-Coreプロジェクト「数論と幾何学を核とする数理学国際連携研究拠点形成」が発足したため、Keio Core-to-Core Dayと称して、本Core-to-Coreプログラムと、数論Core-to-Coreプログラム合同の発表会を慶應キャンパスで開催し、本事業の広報と研究成果の発信を行った。

第3年度（2015年度）には、本事業の中間報告会と位置づける大規模な国際セミナーを2件計画している。R-1, R-2, R-4 関連の Silicon Quantum Electronics Workshop と、R-3 関連の Diamond Quantum Sensing Workshop である。それぞれのセミナー参加者を100名以上の規模に設定し、本事業の拠点間連携の成果発表に加えて、世界中から気鋭の研究者を集めるために、2年度（2014年度）中に様々な準備を関係外国拠点とともに開始した。

次にプロジェクト別のセミナーの位置づけと概要を示す。

### R-1: 同位体シリコン・ゲルマニウム・グラフェン・ナノチューブに基づく量子情報処理

（ミュンヘン工科大学-UCL-東京都市大-慶應スピン研の協調）

プロジェクト開始直後の2013年5月にミュンヘン工科大学のコーディネーターである Martin Brandt 教授を含む一団が共同研究を目的として慶應スピン研に滞在し慶應スピン研においてキックオフセミナーを開催した。このセミナーにおける9講演（すべて英語）のビデオは慶應スピン研のホームページに掲載され、世界中からオンデマンド視聴されている。また同じ2013年12月には慶應の教員4名がミュンヘン工科大学を共同研究・共同セミナー開催で訪れ、これらのスタートダッシュがプロジェクト開始2年間で3通の共著論文発表につながった。その他、日独関連セミナーを慶應において6回、ミュンヘン工科大学において1回開催した。

英国拠点 UCL とは、プロジェクト開始直前に UCL-Keio 合同セミナーを開き、その成果として Core-to-Core でよいスタートダッシュをきり、共著論文の発表につながった。その他、日英関連セミナーを慶應において1回開催した。

### R-2: 同位体ナノ構造による磁気光学素子の開発

（スタンフォード大学-サイモンフレーザー大学-東京都市大-慶應スピン研の協調）

米国の拠点であるスタンフォード大学と円滑なスタートを切るため、2013年6月にスタンフォード大学でキックオフセミナーを開催した。日本側拠点代表とメンバー5名がスタンフォード大学にて発表し、先方のメンバー5名も発表して共同研究の詳細に関する打合せを実施した。その他、日米関連セミナーを慶應において2回開催した。

R-3：同位体ダイヤモンドナノプローブによる単一分子 NMR イメージングの実現

(スイス連邦工科大学 (ETH)、慶應スピ研、産総研の協調)

2013 年 10 月には瑞拠点代表が慶應スピ研を訪問し、日本における R-3 プロジェクトキックオフセミナーを行った。その他、ETH で 2 回、ウルム大学で 2 回のセミナーを実施した。

R-4：同位体シリコン基板上での超伝導量子情報処理と量子制御

(スイス連邦工科大学 (ETH)、慶應スピ研、東大の協調)

東大においてセミナーを 1 回開催した。

○研究者交流

【概要】

R-1：同位体シリコン・ゲルマニウム・グラフェン・ナノチューブに基づく量子情報処理

(ミュンヘン工科大学-UCL-東京都市大-慶應スピ研の協調)

R-1 プロジェクトは R-2 プロジェクトと密接に関わるため、拠点代表者が共通の国際会議に招待される機会等を利用した R-1 と R-2 の合同チームミーティングを様々な国際会議にて実施してきた。例えば、2013 年 7 月イタリアでの国際会議に日独英加の拠点代表と米メンバーが集合、そして同月の米国での国際会議に日英独拠点代表が同時に移動して他の米国メンバーや独研究協力者である豪メンバーと合流して議論を継続、2013 年 11 月には日英拠点代表がブラジルの国際会議で打合せ、2014 年 7 月には日英拠点代表と米国のコアメンバーが米国での国際会議で打合せを実施してきた。その他、拠点メンバー(含む大学院生)レベルの国際会議発表とそれに合わせた拠点メンバー同士の打合せが多数ある。

R-2：同位体ナノ構造による磁気光学素子の開発

(スタンフォード大学-サイモンフレーザー大学-東京都市大-慶應スピ研の協調)

米拠点メンバーと加拠点メンバーと日本側メンバーの交流は、R-1 でも記したとおり頻繁に実施し、研究進捗状況の共有と共同研究の方向性に関する有意義な議論を行った。2013 年 8 月には日本側チームメンバー 3 名がシカゴで開催された国際会議に参加し、そこでも米国側協力研究者と共同研究に関する打合せを実施した。同年 8 月には米国での国際会議で日米加メンバーが共同研究実施の打合せを実施した。

R-3：同位体ダイヤモンドナノプローブによる単一分子 NMR イメージングの実現

(スイス連邦工科大学 (ETH)、慶應スピ研、産総研の協調)

日瑞双方の拠点代表とチームメンバー、そして米独拠点メンバーが一同に会したキックオフミーティングを 2013 年 4 月に香港で実施した。同年 7 月にはイタリアの国際会議において日独メンバーが研究討論を実施した。

R-4：同位体シリコン基板上での超伝導量子情報処理と量子制御

(スイス連邦工科大学 (ETH)、慶應スピ研、東大の協調)

2014 年 3 月に米国での国際会議にて日本側メンバーと米国参加メンバーが研究打合せを行った。超伝導は R-4 であるが、シリコンに関連する部分は米国メンバーの R-2 と関連するため、常に R-2 と R-4 を見渡した議論を続けてきた。

(2)(1)の研究交流活動を通じて、申請時の計画がどの程度進展したか、「学術的側面」、「若手研究者の育成」、及び「研究教育拠点の構築」の観点から記入してください。

#### ○学術的側面

本拠点事業の学術的目標は、同位体スピントロニクスに関する基礎学理の様々な側面を、国際的な共同研究に基づき解明することである。実際にそのような基礎研究に日独米加瑞で取組み、基礎研究として重みのある論文を多数発表してきた。その一方で、本事業では将来的な応用も意識した研究にも取り組んできた。具体的には、独を介して実質的に日豪で取り組んできたシリコン量子コンピュータ研究と、日瑞独で取り組んできたダイヤモンド量子センシング研究がその例であるが、そのような出口を意識した研究に対する学会および社会の着目度は高く、ダイヤモンド量子センシング研究は、2014年度より日本拠点コーディネーターを研究代表とする科研費基盤研究(S)の採択に繋がった。それに並行して、当初は全く予想できない大きな発展を得たのが次に述べるシリコン同位体量子コンピュータ研究である。

データサーチ、リソース配分、行路選択、工程設計といった最適化問題は、計算の規模に対して指数関数的に困難になる傾向があり、現実的に計算不可能な問題が多い。その不可能を可能にする量子計算機の開発を米Google、米IBM、加D-Waveらが急ピッチで進め、小規模量子最適化装置の製品化(D-Wave)にまで発展している。しかしこれら企業が採用する超伝導回路は量子情報が保持できる時間が短く集積化が難しいと予想される。一方、本事業では、 $^{28}\text{Si}$ 同位体ウエハとシリコン集積化技術を組み合わせで作製した素子による量子計算が保持時間も含めて超伝導回路より有望である実験結果を次々と見出してきた。D-Wave社の量子最適化装置(量子計算機)は超伝導素子を用いるが、これをシリコン集積技術で置き換えるメリットが突如顕在化してきた。この成功の鍵は慶應スピノ研が実験室レベルで高品質な安定同位体 $^{28}\text{Si}$ ウエハを開発したことである。通常のウエハと同様の素子を作製しても使い物にならない。そこで慶應スピノ研のシリコン同位体技術に一気に注目が集まり、世界中から問い合わせが集まり、その次のステップを慶應スピノ研と内外との共同研究に分けて進めてきた。

これらを総合的にまとめた結果として、本事業に支援を受けて2年間に発表した論文は15編にのぼった。それらの掲載先はNature Nanotechnology誌、Nano Letters誌、Physical Review Letters誌、Physical Review B誌、Applied Physics Letters誌などの世界超一流誌である。さらに、研究拠点の成果を包括的に提示するために、コーディネーターの伊藤が2報の解説論文を発表した。1報は米国(すなわち世界)最大の材料研究学会であるMaterials Research Societyからの依頼で、MRS Communications誌に同位体スピントロニクス全般に関する現状と今後の展望を解説した。もう1報は環太平洋物理学会の機関誌AAPPS Bulletinにダイヤモンド量子センシングの最先端を解説した記事である。

#### ○若手研究者の育成

ミュンヘン工科大学の大学院生2名が2年間慶應に滞在して、共同研究を実施した。一方、慶應の大学院生1名が2年間ミュンヘン工科大学に滞在し、さらに慶應の大学院生1名がミュンヘンに4ヶ月間滞在して共同研究を実施した。その他、スイス、アメリカ、英国、カナダから延べ10名以上の大学院生が本拠点に短期的に訪れ、こちらからも大学院生がそれぞれの海外拠点等を訪れた。このような交流を通して若手研究者間の交流の輪が広がり、その自然の結果として、国境を越えた研究者間のメールおよびskypeによるディスカッションが活発化した。また、国際会議発表は34件中の20件が大学院生による発表であった。さらに、定期的に英語による基礎的な授業や先端研究の発表会を開催し、それらを世界中どこからでも無料・オンデマンドで視聴できるように設定することから世界中の若手研究者の啓蒙に努めてきた。特に日本拠点の大学院生の英語による最先端の研究発表ビデオは世界的な評価が高く、また、発表した博士過程の学生が、海外で研究職を得るた

めに自分の実力（研究計画力、実行力、プレゼン能力、英語力等）を示すツールとしても利用している。

[http://www.appi.keio.ac.jp/Itoh\\_group/spintronics/](http://www.appi.keio.ac.jp/Itoh_group/spintronics/)

### ○研究教育拠点の構築

世界最先端に触れてそのレベルで活性化されながら研究を進めるという環境を、本研究拠点の最大の特徴であるダイヤモンド、シリコン、ゲルマニウムの安定同位体研究を中心に整備した。すなわち、慶應の試料を用いた海外最先端機関における実験に日本からの研究者が参加し、実験や解析に関する先端的手法とノウハウを学び、その内容の一部を共同研究契約や秘密保持契約の枠組みのなかで慶應における研究拠点で再現する体制を整えてきた。このような仕組みの中で、大学院生や若手研究者が積極的かつ国際的に最先端の手法とノウハウを学び、研究者間で自由闊達に議論を重ねる手法と習慣を学び、最先端の研究を進める環境を整えてきた。



#### 4. 事業の実施体制

本事業を実施する上での、「日本側拠点機関の実施体制」、「相手国拠点機関との協力体制」、及び「日本側拠点機関の事務支援体制」について記入してください。

##### ○日本側拠点機関の実施体制（拠点機関としての役割・国内の協力機関との協力体制等）

本研究拠点形成事業により国内における「量子情報スピントロニクス」拠点が慶應に確立できた。このことが東大・阪大・東北大・慶大が共同で「スピントロニクス学術研究基盤と連携ネットワーク拠点の整備」と題した計画を提案することにつながり、文部科学省・学術研究の大型プロジェクトに関する基本構想「ロードマップ」に新たに記載されることにつながった。東大の「スピントロニクス材料開発」、阪大の「スピントロニクスデザイン」、東北大の「スピントロニクスデバイス開発」、慶應の「量子情報スピントロニクス」の4拠点を有機的に繋ぎ合わせた総合的連携ネットワーク形成を目指すもので、特に慶應のハブは本拠点形成事業の成果そのものである。ロードマップ記載を目指したプロジェクト提案は200件以上に上り、その中から2014年度に選考されたのは10件のみであった。また慶應スピ研が用意したホームページの国内スピントロニクス研究者を紹介するページ、すなわち本拠点を中心とした連携ネットワークを示すページ ([http://www.appi.keio.ac.jp/Itoh\\_group/spintronics/members/](http://www.appi.keio.ac.jp/Itoh_group/spintronics/members/)) には、北大、東北大、産総研、筑波大、東大、東大物性研、東京都市大、東工大、京大、九大に所属する研究者53名が紹介され、一人一人の研究の魅力を4分程度にまとめた日本語および英語ビデオがそこで観られる。すなわち、このような連携の中心の一つとして慶應スピ研が機能していることがわかる。

##### ○相手国拠点機関との協力体制（各国の役割分担・ネットワーク構築状況等）

ドイツ拠点のミュンヘン工科大学は、ドイツにおける量子物理系スピントロニクスの中心拠点でもあり、日独協調のパートナーとして適している。双方がお互いのパートナーを介して、日独の他機関との協調に着手している。

アメリカ拠点のスタンフォード大学は、ナノテクノロジーと磁気光学効果に関するスピントロニクスの最先端機関で、そこに多くの情報が集約される。日本に近い西海岸に位置することから、様々な米国出張に合わせて立寄りやすいという立地的優位性があり、共同研究と情報収集の両面において有意義なパートナーである。

カナダ拠点のサイモンフレーザー大学は、世界でも唯一、シリコン中の量子状態に対する同位体効果を顕在化できる超高分解能分光技術を有する機関で、この実験技術がR-1, R-2, R-4の発展に不可欠である。

英国拠点のUCLはシリコン量子情報理論と実験に関する最先端機関で、特に量子力学基礎とシリコン量子情報応用の関係を明確にする研究において日本拠点と密な研究協力を構築している。また、英国における量子技術開発および教育に関する中核機関でもある。

スイス拠点のETHは量子センシングのメッカで、実験と理論の両面に強い。日本拠点が開発するダイヤモンド同位体量子センサーの性能評価と理論解析に協調的に取り組んでいる。

##### ○日本側拠点機関の事務支援体制（拠点機関全体としての事務運営・支援体制等）

慶應義塾大学理工学部矢上キャンパス内に設置された学術研究支援課事務スタッフが研究資金を公正かつ適切に管理・執行し、その他の支援もすべて慶應の事務体制でしっかりとカバーされている。また、本事業の遂行に必要な日本語研究マニュアルの英語化や国際ワークショップ実施のための英語事務を対応する非常勤スタッフを本事業では活用している。