

大阪大学先導的学際研究機構 スピン学際研究部門の設置



夢はバラ色

浜屋 宏平*

Establishment of Spintronics Research Network Division,
Institute for Open and Transdisciplinary Research Initiatives, Osaka University

Key Words : Spintronics, Spintronics Research Network of Japan, OTRI-Spin

1. はじめに

「脱炭素社会(カーボンニュートラル)の実現」・「耐災害社会の構築」という観点から、超低消費電力半導体デバイスや電源喪失下でも情報が保たれる大容量不揮発メモリの実現は我が国の喫緊の課題である。このような観点で「スピントロニクス(Spintronics)」は、将来必要とされる上記の革新的な省エネルギーデバイスの実現に向けて最も有力な科学技術基盤を提供すると期待される学術分野である。特に、スピントロニクス研究分野の黎明期(1980年代)に発見された巨大磁気抵抗効果(GMR)¹⁾(2007年ノーベル物理学賞)や、その後の実証された巨大トンネル磁気抵抗効果(巨大TMR)²⁾は、これまで大容量ハードディスク市場を数百億ドル規模にまで飛躍的に拡大させ、現在では次世代の半導体不揮発メモリとして磁気ランダムアクセスメモリ(MRAM)³⁾の実用化が始まっているという状況である。

スピントロニクス分野は、元々異分野横断型(物理学、応用物理学、化学、電子工学、材料科学、情報科学など)の新しい学際科学技術がベースにあり、マテリアル・デバイス・システムの三階層からなることから、多くの異分野研究者が参入しやすい分野の一つであるが、最近では前述のMRAMの高性能化を志向した新しい物理現象に取り組む研究者が非

常に多い。また、電子のスピン(自由度)は、元来物質の磁性の起源であり、永久磁石はモーターなどの産業分野で広く応用されていることから、磁石材料の開発に関係していた研究者もスピントロニクス研究には多く参入している。このような背景から、当該学術分野の研究者人口は、最近では物理・材料分野に集中しており、今後成長が見込まれる量子情報分野や最先端の半導体エレクトロニクス、AI・ロボット・医療技術といった分野への飛躍的な応用展開を意識した研究者は未だ少ないと言える。

2. スピントロニクス学術研究基盤と連携ネットワーク

スピントロニクス分野における学術教育研究は、第3期中期目標・中期計画期間中に、文部科学省の概算要求事業で「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(図1, Spintronics Research Network of Japan; Spin-RNJ)の整備(拠点4大学: 東京大学、大阪大学、東北大学、慶應大学)」として発展し、2016年(平成28年)には「スピントロニクス学術連携研究教育センター(Center for Spintronics Research Network; CSRN)」が拠点4大学に設置された。大阪大学では基礎工学研究科の附属センターとして設置されている⁴⁾。本事業ではこの6年間で国内外の共同研究数が約2.5倍に、国際共著論文数が約2倍に拡大し、飛躍的な成果を挙げている。

今後、未来の革新的な情報処理基盤技術を構築するためには、古典コンピュータ技術と量子コンピュータ技術の融合を推進する必要があり、莫大な予算(数千億円規模)を投じて推進する中国や欧米諸国の研究開発・人材育成に対抗する効率の良いシステムを構築することが不可欠であると考えられる。この課題において、2020年度には前述 Spin-RNJの拠点大学に京都大学を加えた新体制を構築して、文



* Kohei HAMAYA

1975年11月生まれ
東京工業大学大学院博士後期課程修了
(2005年)

現在、大阪大学大学院基礎工学研究科
附属スピントロニクス学術連携研究教育
センター・センター長/(兼)大阪大学先
導的学際研究機構スピン学際研究部門・
部門長 教授 博士(工学)

TEL : 06-6850-6330

E-mail : hamaya.kohei.es@osaka-u.ac.jp



図 1. Spin-RNJ の概要 (令和 4 年度提案書から抜粋)

部科学省の「学術研究の大型プロジェクトの推進に関する基本構想—ロードマップ 2020」に応募・採択された⁵⁾。その後、All Japan 体制による多階層連結ネットワーク型の研究拠点の形成と若手 PI によるネットワークラボの設置を目的とし、2022 年(令和 4 年度)概算要求・教育研究組織改革分(組織整備)において、「スピントロニクス学術研究基盤と連携ネットワーク」拠点の整備という同様の事業名で、東京大学を代表機関として事業提案され、第 4 期中期目標・中期計画期間の新事業として採択されたという経緯がある。

大阪大学はこの事業の中で拠点大学の一つとして「半導体・スピン・量子融合プロセス研究」の拠点としての役割を担うことになり、2022 年(令和 4 年度)および 2024 年(令和 6 年度)に本事業の核となる「ネットワークラボ」を運営する PI 研究者(准教授または講師)を 2 名採用することで拠点の整備を進めている。さらに、2024 年(令和 6 年度)概算要求・共通政策課題分(基盤的設備等整備分)において、「古典情報・量子情報技術融合半導体微細加工プロセス装置」が採択され、最新の電子線描画装置などの微細加工設備を整備する予定であり、着実に拠点としての研究・教育体制が構築されつつある。

また、本事業に参画する全国の若手教授陣を中心に、2023 年度日本学術会議「未来の学術振興構想」策定に向けた「学術の中長期研究戦略」に採択され⁶⁾、文部科学省の「学術研究の大型プロジェクトの推進に関する基本構想—ロードマップ 2023」に

も継続採択され続けている⁷⁾。まさに、スピントロニクス研究分野が我が国の将来を担う学術分野として極めて重要な位置を占めているという客観的な高い評価を得ている状況である。

3. OTRI スピン学際研究部門

大阪大学ではこれまで、前述の基礎工学研究科附属スピントロニクス学術連携研究教育センター(CSRN)を中心に、基礎工学研究科・理学研究科・工学研究科・産業科学研究所という 4 部局間で連携しながらネットワーク事業を展開してきており、既にこれまでコンピューショナルマテリアルズデザイン、量子スピントロニクス材料、半導体スピントロニクス、フレキシブルスピントロニクスなどの様々な融合型研究による飛躍的な研究展開を目指す研究者が世界トップレベルの研究成果・技術を発信してきた。この実績を受け、大阪大学におけるスピントロニクス研究分野は理工情報系戦略会議において既に重点領域の一つと位置づけられている。しかし、上記の 4 部局を基本とした「スピントロニクスコミュニティ内の連携」のみでは、最先端の量子情報技術・半導体エレクトロニクス・情報科学といった「古典コンピュータ技術と量子コンピュータ技術の融合」の観点のみならず、その他を含む重要な学際研究教育の場が形成されにくい。また、「スピントロニクス」という概念に囚われ過ぎるあまり、医療や機械・航空宇宙・輸送技術・無機/有機化学技術といった分野への飛躍的な応用展開を考えるのは容易ではない。そのため、学内に限らず異分野研究者との共同研究が極めて重要な意味を持つことになる。

このような状況下において、基礎工学研究科・理学研究科・工学研究科・産業科学研究所の 4 部局間の更なる連携の強化のみならず、上述のような学際研究をさらに推し進める環境を整備するため、2022 年 4 月に先導的学際研究機構 (Institute for Open and Transdisciplinary Research Initiative, OTRI) 内に、新部門として「スピン学際研究部門(図 2)」を設置することが認められた。特に、図 2 に示したような「スピン・磁性体・量子材料」などの先端技術を異分野・学際研究へと発展させ、「古典・量子融合の新学理」・「先端半導体技術との融合」・「医療・生命科学との融合」・「航空・宇宙・輸送技術と



図 2. OTRI スピンの概要と目標

の融合」などにおける革新的なイノベーションを創出したいと考えている。そのために、異分野からスピントロニクスや磁性材料分野への参入を歓迎しながら、スピントロニクスコミュニティで築かれた英知と技術を異分野研究者と共有し、新たなイノベーションを創出する人材（大学院生含む）の育成システムを構築することを目指している。例えば、阪大 QIQB の研究者との連携による古典・量子融合研究や、データビリティフロンティア機構や産研 AI センターの研究者との連携による量子マテリアルズ・計測インフォマティクス研究、医療・機械分野の教員・研究者との連携などを期待したい。

将来的には、この OTRI スピン学際研究部門を中心に産学連携研究拠点や異分野学術連携拠点への発展を構想している。2024 年（令和 6 年度）の現在で、約 50 名の研究者が組織メンバーとして参画しており、そのメンバーが互いに共同研究をしたり、阪大内の異分野研究者との共同研究を推進する体制を支援している状況である。研究業績や活動内容の詳細は、当部門のホームページ（図 3；<https://spin.otri.osaka-u.ac.jp>）に紹介されているため、確認をいただければ幸いである。

おわりに

2022 年（令和 4 年）4 月 1 日に大阪大学先導的学際研究機構に「スピン・磁性体・量子材料」などを基軸とした学際融合研究を行う部門として「スピン



図 3. OTRI スピンの HP のトップページ

学際研究部門」が設置された。部局の垣根を超え、異分野・学際融合研究を目的とした研究体制を支援し、「スピントロニクス学術研究基盤と連携ネットワーク」拠点の整備計画と連携しながら、高度人材育成とイノベーションの創出を目指している。今後、大阪大学をはじめ、皆様のご指導とご支援が不可欠と考えており、多大なるご支援を切にお願いする次第である。

参考文献

- 1) 例えば M. N. Baibich et al., “Giant Magnetoresistance of (001)Fe/(001)Cr Magnetic Superlattices, Phys. Rev. Lett. **61**, 2472 (1988).
- 2) 例えば S. Yuasa et al., “Giant room-temperature magnetoresistance in single-crystal Fe/MgO/Fe magnetic tunnel junctions”, Nat. Mater. **3**, 868 (2004).
- 3) 例えば S. Bhatti et al., “Spintronics based random access memory: a review”, Mater. Today **20**, 530 (2017).
- 4) 吉田博, “大阪大学基礎工学研究科附属スピントロニクス学術連携研究教育センター” 生産と技術 (夢はバラ色) **68**, 第 4 号, p75 (2016).
- 5) https://www.mext.go.jp/content/20200930-mxt_gakkikan1388523_1.pdf
- 6) <https://www.scj.go.jp/ja/member/iinkai/kenkyukeikaku/pdf25/sinsa.pdf>
- 7) https://www.mext.go.jp/content/20231222-mxt_gakkikan-000033259_1.pdf