

- 【1. 日本側拠点機関名】東北大学 電気通信研究所
- 【2. 日本側協力機関名】該当なし
- 【3. 研究課題名】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
- 【4. 研究分野】スピントロニクス

スピントロニクスとは、電子の持つ電荷とスピンを共に利用して、新しいエレクトロニクスの創造を目指した学問領域である。大容量データを記憶し、高速かつ超低消費電力で処理することを可能にする技術として注目されている。これまでに実用化された代表的なスピントロニクス素子には、高感度磁気センサや不揮発性磁気メモリなどがある。

- 【5. 実施期間】平成27年4月～令和2年3月 5年間

- 【6. 交流相手国との中核的な国際研究交流拠点形成】

本事業の交流相手国・拠点機関は、英国・ヨーク大学とドイツ・カイザースラウテルン工科大学である。ヨーク大学は高分解能電子顕微鏡を用いた断面結晶構造解析に秀でており、磁性材料の微細構造と磁気特性の研究で優れた実績を有する。カイザースラウテルン工科大学は光学的手法を用いた高周波磁気測定技術に特色があり、磁気励起を利用した新概念素子の研究分野を開拓している。本事業では、スピントロニクス研究を先導してきた東北大学が得意とする磁性材料と素子微細構造の作製技術を活かして、英独拠点機関と連携して新概念スピントロニクス素子創製を目指した国際研究交流拠点の形成を目指した。

- 【7. 次世代の中核を担う若手研究者の育成】

本事業で実施する国際共同研究では、若手研究者を相手国拠点機関に派遣して、実験技術等を修得すると共に、他国研究者との交流を通して国際的な場で活躍する素養の修得の機会とした。毎年2回開催したセミナーにおいて、若手研究者に口頭発表やポスター発表を経験させると共に、若手研究者が主体となって企画・運営したチュートリアル講演を開催した。



セミナーでの集合写真（平成30年5月、カイザースラウテルン工科大学）

- 【8. 研究の背景・目的等】

不揮発性磁気メモリを情報処理回路に組み込むことで、データ転送遅延・回路面積・消費電力の低減が期待できる。本事業の国内拠点である東北大学電気通信研究所では、不揮発性磁気メモリの研究開発を通じて、これら利点を実証してきた。また、電圧による磁性の制御や磁壁駆動型の三端子メモリの研究などで、世界に先駆けた優れた成果を挙げてきた。

本事業では、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、磁性材料・素子の微細構造解析と高周波磁気特性評価において世界をリードする英独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必要な要素技術の開発と学術的知見の獲得を目的として、以下の三つの研究課題に取り組んだ。

- (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、高熱安定性を実証する。
- (2) 磁性体・半導体・絶縁体やそれらの接合構造における光によるスピン制御をはじめとする光とスピンの相互変換を利用した情報処理・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により排熱を積極的に利用して動作特性を飛躍的に向上させたスピントロニクス素子を提案・実証する。

【9. 成果・今後の抱負等】

本事業の研究成果に関する学術雑誌論文数と国際会議発表数の年次推移を下表に示す。

年 度	H27	H28	H29	H30	H31(R1)	合 計
学術雑誌論文	1 (1)	5 (1)	12 (2)	17 (4)	28 (8)	63 (16)
国際会議発表	11 (3)	32 (4)	20 (8)	65 (22)	73 (10)	201 (47)

ただし () 内は本事業参加研究者の国際共著による論文数・国際会議発表数を表す。

また、本事業の国際共同研究により得られた代表的な研究成果を以下に示す。

- 新規反強磁性体のスピントロニクス素子への応用を目指して、反強磁性体 Mn_2FeGa と強磁性体 (CoFe または Co/Pt 多層膜) の積層構造における交換結合 (反強磁性体と強磁性体の接合界面にはたらく磁氣的相互作用) に関する研究を行い、それぞれ膜面内または垂直方向に交換結合が生じることを明らかにした。本成果は、日英研究者の共著論文として Journal of Magnetism and Magnetic Materials 誌に掲載された。(第一著者は東北大学の大学院生)
- 日独研究者の共同研究により、スピン波の分散関係を測定する新しい分光法であるスピン波トモグラフィ法を開発した。この測定手法の開発により、これまで検出が難しかったスピン波の静磁モードの分散関係をはじめとする様々な物質におけるスピン波の性質を、より簡便に測定することが可能となった。本成果は、日独研究者の共著論文として、Nature Communications 誌に掲載された。(第一著者は東北大学の若手研究者)
- スピンにより生じる熱起電力 (スピンゼーベック効果) により排熱を利用した磁化反転アシストを実証するための候補材料である磁性ガーネットのスピン波 (マグノン) の寿命を、ブリルアン光散乱測定により定量評価し、スピン波と格子振動の混成状態 (マグノン・ポーラロン) によるスピンゼーベック効果増強の起源を解明した。本成果は、日独研究者の共著論文として Nature Communications 誌に掲載された。(第一著者は東北大学の若手研究者)
- 非常に微細で安定な磁気構造である磁気スキルミオンのカイラリティを情報担体とした新概念スピントロニクス素子に着目し、局所的な熱パルスにより磁気スキルミオンのカイラリティが制御できることを理論的に示した。また、磁気スキルミオンの移動速度がカイラリティに依存することを利用したカイラリティ検出法を提案した。本成果は、日英研究者の共著論文として Scientific Reports 誌に掲載された。

今後の抱負

スピントロニクス分野における研究の進展は急速で、本事業実施期間中にトポロジカル物質やノンコリニア磁気構造を有する新物質に注目が集まるようになり、神経回路網を模した情報処理 (ニューロモルフィック・コンピューティング) や確率論的情報処理にスピントロニクス素子を応用する研究が展開している。こうした研究分野への展開も視野に入れて、本事業で構築されたネットワークのさらなる発展を目指したい。