

## 科学研究費補助金研究成果報告書

平成24年 5月 21日現在

機関番号：11301

研究種目：特定領域研究

研究期間：2007～2010

課題番号：19048010

研究課題名（和文） スピン流の創出と制御

研究課題名（英文） Creation and control of spin current

研究代表者

高梨 弘毅 (TAKANASHI KOKI)

東北大学・金属材料研究所・教授

研究者番号：00187981

研究成果の概要（和文）：

スピントロニクス研究の発展の中で「スピン流」と呼ばれる新たな物理概念が登場し、その重要性が近年強く認識されるようになった。本特定領域では、スピン流の生成と消滅、そしてそれらを通して生じる物理的信号の変換・制御に関わる学理を確立し、新規なデバイス応用への可能性を探索することを目的とした。結果として、国内外の学会でスピン流に関するシンポジウムやワークショップが多数開かれるようになり、スピン流の重要性が広く認識されるようになった。また、実際に本特定領域グループの研究によって、スピン流、特に純粋スピン流に関する理解が著しく深まった。

研究成果の概要（英文）：

The new physical concept called "spin current" appeared in development of spintronics researches, and the importance of this concept became to be strongly recognized in recent years. In this study, we aimed to develop new physics on creation, control, conversion and annihilation of spin current, and investigate the possibility of application to new devices. A large number of conferences and workshops were held on spin current, and the importance of spin current was widely recognized. Furthermore, physics of pure spin current was fully investigated in this study.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	4,800,000	0	4,800,000
2008年度	8,700,000	0	8,700,000
2009年度	8,700,000	0	8,700,000
2010年度	11,600,000	0	11,600,000
総計	33,800,000	0	33,800,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：材料工学・構造・機能材料

キーワード：磁性、スピントロニクス、ナノ材料、スピン流、物性機能

## 1. 研究開始当初の背景

スピントロニクス研究の発展の中で「スピン流」と呼ばれる新たな物理概念が登場し、その重要性が近年強く認識されるようにな

った。スピン流は、磁化（磁気的信号）と電流／電圧（電気的信号）あるいは光（光学的信号）との間の相互変換・制御に関わる重要なキーワードである。

本特定領域では、スピン流の生成と消滅、そしてそれらを通して生じる物理的信号の変換・制御に関わる学理を確立し、新規なデバイス応用への可能性を探索することを目的とした。組織的な研究推進と効率的な目標達成のために、「A01 スピン源の探索・創製」、「A02 スピン流とナノヘテロ構造」、「A03 スピン流と光物性」、「A04 スピン流と電子物性」、「A05 スピン流と機能・制御」の5つの研究項目を設定した。

## 2. 研究の目的

総括班は、本特定領域全体のコーディネータ的役割を果たし、研究動向の分析、全体戦略の策定、各研究項目間の連絡・調整、計画研究と公募研究の間の連絡・調整、成果のとりまとめと外部への発信などを行い、同時に研究推進上必要となる科学・技術上のアドバイスと研究成果の客観的な内部評価を行うことを目的とした。

## 3. 研究の方法

総括班のメンバーは、各班長と、理論研究者として先導的役割を果たしている前川禎通から構成され、全体戦略の策定や、研究項目間の連絡・調整、成果のとりまとめと外部への発信などを行った。さらに、世界的に認知された指導的研究者を研究協力者として、客観的な内部評価と研究推進に関する助言を受けた。

具体的には、定期的な研究会を開催して領域全体の連絡調整を行うとともに、ホームページの更新、ニュースレターの発行などの広報活動を行った。また、研究動向の分析結果や研究協力者からの評価・助言に基づいて、研究成果の総括と外部への発信を行った。

特に、以下の課題について留意しつつ、領域の運営を行った。

・計画班と公募班の連携強化・共同研究の推進

- ・金属と半導体のさらなる連携・推進
- ・産業界との研究連携およびコミュニケーション
- ・若手研究者の育成・強化
- ・社会への研究成果の積極的な発信
- ・海外の研究者とのコミュニケーション強化および研究会への招へい

なお、研究協力者（評価・助言担当）は、安藤功児（産業技術総合研究所・フェロー）、家泰弘（東京大学物性研究所・所長）、大野英男（東北大学電気通信研究所・教授）、高尾正敏（大阪大学基礎工学研究科・特任教授）、宮崎照宣（東北大学原子分子材料化学高等研究機構・教授）の5人であった。

## 4. 研究成果

平成19年度は、平成19年10月4~5日



図1 キックオフミーティングにおける口頭発表会場の写真。

に東北大学でキックオフミーティングを開催した（図1）。86名の参加者があり、計画研究代表者間の相互理解を深めるとともに、研究計画について活発な議論がなされた。10月5日には第1回総括班会議を行い、運営方針や共同研究の進め方などについて討論し、研究協力者から助言を受けた。また、ホームページおよびメーリングリストを作成することで、計画研究代表者間のみならず関連研究者との間でコミュニケーションが取れる体制を構築した。平成20年2月27~28日には東京大学で平成19年度の成果報告会を開催し、研究の進捗状況の検討と成果の外部への発信を行った。2月28日には第2回総括班会議を行った。3月12日には「若手研究交流会」が開催され、9人の若手研究者による活発な研究討論が行われた。3月末には、海外も含めた外部への情報発信のための平成19年度英文成果報告書を冊子体としてまとめた。計画研究代表者間のコミュニケーションのため、ニュースレター第1号も刊行した。

平成20年度は、7月22~24日に平成20年度研究会（京都大学、参加者119名）および第3回総括班会議を開催し、平成21年1月7~8日に平成20年度成果報告会（東北大学、参加者111名）および第4回総括班会議を開催した。10月にはニュースレター第2号を、3月末には平成20年度英文成果報告書およびニュースレター第3号を刊行した。

平成21年度は、8月9~11日に平成21年度研究会（北海道大学、参加者128名；図2）および第5回総括班会議を開催し、平成22年1月13~14日に平成21年度成果報告会（東京大学）および第6回総括班会議を開催した。12月14~15日には第2回「若手研究交流会」（物材研）が開催された。9月にはニュースレター第4号を、3月末には平成21年度英文成果報告書およびニュースレター第5号を刊行した。



図2 平成21年度研究会におけるポスター発表会場の写真。

平成22年度は、6月23~25日に平成22年度研究会(京都大学、参加者141名)および第7回総括班会議を開催し、平成23年1月6~7日に平成22年度成果報告会(東京大学、参加者130名)および第8回総括班会議を開催した。総括班会議では、研究協力者から助言を受け、今後のこの領域の継続的な発展について、綿密な戦略を練るべき、などのご意見を頂いた。2月23~24日には第3回「若手研究交流会」(東北大)が開催された。9月にはニュースレター第6号を、3月末には平成21年度英文成果報告書およびニュースレター第7号を刊行した。

平成23年度は、本特定領域の最終成果報告会として国際ワークショップ「5th International Workshop on Spin Currents」を平成23年7月25~28日にこの日程で仙台国際センターにおいて開催した(図3)。最近のスピントロニクス研究において注目される議題として、①スピントロニクス効果やスピントロニクス効果に代表される純粋スピントロニクス現象、②スピントロニクス注入磁化反転や自励発振、電流誘起磁壁駆動などのスピントロニクス現象、③非磁性体、特に半導体へのスピントロニクス注入、④磁性体の電気的あるいは光学的制御、⑤スピントロニクスの創出と制御のための材料探索・プロセス・評価の5項目について、それぞれの分野において世界最先端の成果を上げている研究者を組織委員会で選出し、口頭発表をお願いした。それ以外にも、特定領域研究で得られた成果が、ポスター講演において数多く報告され、4日間にわたって活発な議論が展開された。また、各計画研究代表者および公募研究代表者から、領域設定期間中の成果に関するデータを収集した。そのデータを元にして、原著論文、解説、著書、国際会議発表、国内会議発表、報道(新聞、TV等)、受賞、特許、その他(若手育成など)、の9項目について成果のとりまとめを行った。

以下に、本特定領域研究で得られた成果の



図3 国際ワークショップ「5th International Workshop on Spin Currents」における集合写真。

総数をまとめた結果を示す。

- ① 原著論文：794件
- ② 解説総数：90件
- ③ 図書：61件
- ④ 招待講演：国内会議211件、国際会議361件
- ⑤ 受賞：58件
- ⑥ 新聞報道：163件
- ⑦ 産業財産権の出願・取得状況：出願数43件

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計2件)

① 高梨弘毅、固体中におけるスピントロニクスの創出と制御、応用物理、査読有、**77** (2008) 255-263.

② K. Takanashi, Generation and Control of Spin Current in Magnetic Nanostructures, Association of Asia Pacific Physical Societies (AAPPS) Bulletin, 査読有、**18** (2008) 47-51.

[学会発表](計12件)

① K. Takanashi、Spin Current and Spintronics (invited)、The 12th International Symposium on Biomimetic Materials Processing (BMMP-12)、2012年1月25日、名古屋市

② 高梨弘毅、スピントロニクスとスピントロニクス(招待講演)、第49回応用物理学会スクール(2011年秋季)、2011年8月29日、山形市

③ K. Takanashi、Advanced spin-current phenomena (invited)、ASPIMATT School、2011年8月25日、Kaiserslautern, Germany

④ K. Takanashi、Introduction into

spin-current phenomena (invited)、ASPIMATT School、2011年8月24日、Kaiserslautern, Germany

⑤ 高梨弘毅、磁性多層膜とスピントロニクス (招待講演)、PF 研究会「磁性薄膜・多層膜を極める：キャラクタリゼーションから新奇材料の創製へ」、2011年3月11日、つくば市

⑥ 高梨弘毅、スピン流とスピントロニクス (招待講演)、東北学院大学ハイテクリサーチセンター公開シンポジウム、2011年3月8日、多賀城市

⑦ K. Takanashi、Spin current and spintronics (招待講演)、International Conference on Electronic Materials and Nanotechnology for Green Environment (ENGE2010)、2010年11月23日、Jeju, Korea

⑧ 高梨弘毅、Spin current and spintronics (招待講演)、HITACHI ARL forum "Future Direction of Spintronics"、2010年11月5日、さいたま市

⑨ 高梨弘毅、スピン流とスピントロニクス (招待講演)、局所構造制御研究センター第1回シンポジウム、2010年10月15日、名古屋市

⑩ 高梨弘毅、スピン流とスピントロニクス (招待講演)、2010年秋季第71回応用物理学学会学術講演会、2010年9月15日、長崎市

⑪ 高梨弘毅、Introduction to Symposium (招待講演)、第34回日本磁気学会学術講演会シンポジウム "Recent progress in spin current research"、2010年9月5日、つくば市

⑫ K. Takanashi、Spin Current in Magnetic Nanostructures (invited)、The 5th Asia Forum on Magnetism、2008年10月17日、Beijing, China

[図書] (計1件)

① 高梨弘毅 監修、出版社：シーエムシー出版、スピントロニクスの基礎と材料・応用技術の最前線、2009、421

[その他]

領域ホームページ

[http://www.scl.kyoto-u.ac.jp/~ono/tokutei/public\\_html/](http://www.scl.kyoto-u.ac.jp/~ono/tokutei/public_html/)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高梨 弘毅 (TAKANASHI KOKI)  
東北大学・金属材料研究所・教授  
研究者番号：00187981

(2) 研究分担者

大谷 義近 (OTANI YOSHICHIKA)  
東京大学・物性研究所・教授  
研究者番号：60245610

大野 裕三 (OHNO YUZUO)  
東北大学・電気通信研究所・准教授  
研究者番号：00282012

小野 輝男 (ONO TERUO)  
京都大学・化学研究所・教授  
研究者番号：90296749

田中 雅明 (TANAKA MASAOKI)  
東京大学・工学系研究科・教授  
研究者番号：30192636

前川 禎通 (MAEKAWA SADAMICHI)  
日本原子力研究開発機構・先端基礎研究センター・センター長  
研究者番号：60005973