

研 究 報 告 書

「誘電体スピントロニクス材料開拓とスピン光機能」

研究期間：平成19年10月～平成23年3月

研究者：齊藤 英治

1. 研究のねらい

本研究のねらいは、「誘電体を用いたスピントロニクス」を提起しその端緒を開くことである。スピントロニクスとは、電子の持つ電荷とスピンの両者を利用することで、新しいエレクトロニクスを作り出す科学である。従来のエレクトロニクスにおいて情報を運んでいたのは電流（電荷の流れ）であった。スピントロニクスにおける新しく重要な概念は、スピンの流れである「スピン流」である。スピン流の生成・制御は、スピントロニクスの新しい機能開拓の指導原理といってよい。

従来、物質は電流を流すか否かによって金属、半導体、誘電体（絶縁体）に分類され、物質概念の基礎を成している。しかし原理的には、スピン流を流すか否かは電流を流すか否かとは異なってよく、これが本研究の着眼点である。特に、電流は流さずにスピン流だけを流す物質群は重要である。何故なら、電荷の流れを完全に抑制することができればジュール熱など電荷移動が本質的に持つエネルギー損失から解放され、電流から切り離されスピン流のみを利用した「究極のスピントロニクス」が実現されるからである。

本研究ではこのコンセプトに基づき、従来金属や半導体のみに限定されていたスピントロニクスの研究の殻を破り、誘電体（絶縁体）を中心に据えた新しいスピントロニクスの体系を切り拓くことを目標にする。これを可能にするのは、我々が開拓してきたスピン流-電流変換に関する基礎学理である。

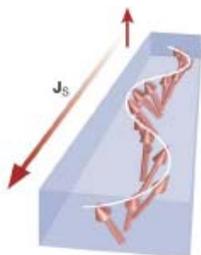


図1 スピン波スピン流の概念図。スピン波とは磁性体中の磁化の波であり、ある種のスピン波はスピン流（スピン角運動量の流れ）を運ぶことができる。

2. 研究成果

本研究の研究要素は、(1)磁性誘電体からスピン流を取り出す、(2)磁性誘電体へスピン流を注入する、(3)磁性誘電体中にスピン流を伝搬させる、の3つから成る。我々の開拓してきた「逆スピンホール効果」と呼ばれるスピン流-電流変換効果を軸に、これらの要素を実現する実験系を設計した。

(1)磁性誘電体からのスピンプンプ

まず「(1)磁性誘電体からスピン流を取り出す」ことから研究をはじめた。試行錯誤の末、磁性誘電体イットリウム鉄ガーネット(YIG)/Pt 二重膜の界面において、スピン流を取り出すことにはじめて成功した。YIGは2.7eVもの巨大な電荷ギャップのためスピンの個別励起(ストーナー励起)が強く抑制され、従って磁化緩和(ギルバート緩和)が大変小さい。またスピン波のギャップは μeV 程度と大変小さい(室温の熱ゆらぎに対して無視できる程小さい)。従って、YIGは電流に対しては巨大なギャップを有する絶縁体であるが、スピン流に対してはほぼギャップレスであり、スピン波スピン流の伝播媒体に適した性質を備えた物質である。

図2(a)に、この YIG 試料のマイクロ波共鳴スペクトルを示す。スペクトルには、多数の共鳴信号が現れ、すべての共鳴は磁気共鳴モード(静磁後退波モード及びデーモン・エッシュバツハモード)で指数付けされる。図2(b)に、9.5GHzのマイクロ波を照射しながら測定した Pt 層中の電圧の磁場依存性を示す。電圧信号が磁気共鳴の条件において現れている。本系では磁性体層は絶縁体であり、磁性体層に電流信号は生じない。実際、Pt を除いた系や Pt のみの系、Pt をスピホール効果の弱い Cu に置換した系ではこの電圧信号は消失する。また、電圧信号の磁場方向依存性は逆スピホール効果の予言によく一致し、観測された信号は YIG からスピポンプによる逆スピホール電圧であると同定された。この値から、この YIG/Pt 接合のスピ混成コンダクタンスが評価された。以上のように、スピポンプによって磁性誘電体からスピ角運動量を取り出せることをはじめて示した(Nature(2010))。

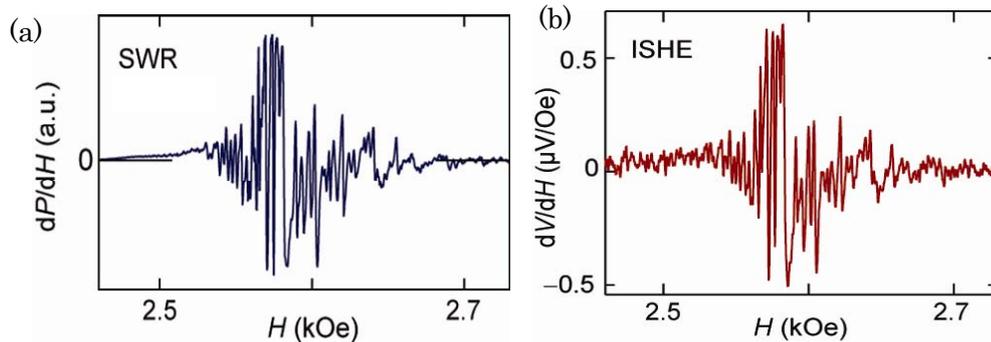


図2(a) 9.5GHzマイクロ波励起時の YIG/Pt のマイクロ波共鳴スペクトル。細かい振動構造はスピン波共鳴信号である。(b) 9.5GHzマイクロ波励起時の YIG/Pt の起電力信号。

(2) 磁性誘電体へのスピ注入

次に、その逆効果として YIG にスピ流を注入することを目指した。これが実現できれば、磁性誘電体にスピ流を出し入れすることができるようになり、スピ流科学を磁性誘電体(絶縁体)へ拡張する基礎現象が揃うことになる。

誘電体(絶縁体)へのスピ流注入を実現するのは、スピホール効果である。絶縁体であるので YIG へ電流やスピ偏極電流を加えることは不可能であるが、YIG 表面に平行に流れる電流によってスピホール効果を駆動することでスピ注入が可能である。前項と同じ試料の Pt 層に電流を流しながら測定した YIG 層の電磁波放射スペクトルを示す。電流を増加させスピホール効果を駆動させると、マイクロ波領域に電磁波発振信号が現れる。この発振信号は磁場を変えることによってキツェルの公式に従った周波数シフトを示すことから、注入されたスピ角運動量によりギルバート緩和の符号が反転したことによるスピ波の自励発振信号であると同定される。これは、Pt 中の伝導電子スピ流が YIG 中のスピ波スピ流に変換されたことを示している。

(3) 誘電体中のスピ流伝導

以上で、誘電体 YIG にスピ角運動量を出し入れすることができることが示された。これで、絶縁体中のスピ波スピ流を利用する原理が整ったことになる。

YIG はギルバート緩和が小さく、YIG のスピ流はミリメートルスケールを超える長距離の伝搬が可能である。これは、従来の伝導電子スピ流が高々数マイクロメートルで減衰してしまうのとは大きく異なっている。このスピ波スピ流の伝搬を観測することを目指した。

試料の構造を調整し、1ミリメートル離れた二つの Pt 膜(それぞれスピ注入用及び検出用)を取り付けた YIG 薄膜試料でスピ波スピ流伝導の観測に成功した。スピ注入用 Pt

膜に電流を注入すると、スピンホール効果によって電流はスピン流に変換される。YIG は電流を遮断するが、スピン流はスピン波スピン流として伝搬させることができる。この伝搬したスピン波スピン流を、検出用 Pt の逆スピンホール効果電圧によって検出した。この二つの Pt は YIG によって電氣的に相互に絶縁されているが、スピン流を経由することで信号情報を伝えることができたのである。

このように、本研究によって誘電体(絶縁体)中にスピン流を経由して電気信号を流す方法が見いだされた(Nature(2010))。

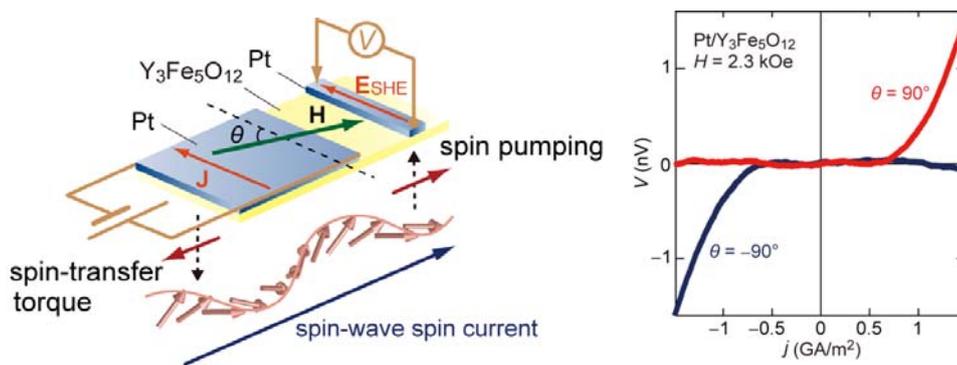


図3 Pt/YIG 薄膜のスピン流伝送試料の概念図(左)と非局所電気伝導信号。 j は左側 Pt に印加した電流密度、 V は右側 Pt での起電力である。

(4) 誘電体のスピンゼーベック効果

更に、誘電体(絶縁体)のスピン流を使うことで、従来全く不可能であった絶縁体による熱電変換を実現させた。まず、ゼーベック効果のスピン版であるスピンゼーベック効果を発見した(Nature (2008))。これは、強磁性金属に熱勾配をかけることで、スピン圧(スピン流を駆動するポテンシャル)が生成される現象である。このスピン圧は、逆スピンホール効果によって電圧に変換できる。

通常の従来型ゼーベック効果は伝導電子の熱運動を使っており、金属又は半導体のみで現れる現象である。しかし、この伝導電子の存在は同時にエネルギーのロスをもたらし、従来型のゼーベック効果による熱電変換の性能の上限を与えていた。一方で、スピンゼーベック効果は電流ではなくスピン流を用いているので、磁性誘電体(絶縁体)でも発現するはずである。我々は、YIG を皮切りに様々な磁性誘電体においてスピンゼーベック効果を実現させた(Nature materials (2010))。理論解析により、絶縁体のスピンゼーベック効果はスピンの非相反ダイナミクスに起因した熱的スピンプンプにより説明され、スピンプンプとスピンゼーベック効果を統合的に説明する理論式を導出することができた(Appl.Phys.Lett.(2010))。

以上のように、本研究により、絶縁体中の「ミリメートル級」のスピン流を利用することにはじめて成功し、「誘電体スピントロニクス」の端緒を開いた。

3. 今後の展開

本研究によって、従来全く目を向けられなかった誘電体(絶縁体)中のスピン流をスピントロニクスの枠組みのコアに組み入れることに成功した。誘電体のスピン波スピン流はミリメートルを超える伝搬長を有する。従って、従来短距離性が問題であったスピン流の概念を根底から変革し、新しい科学技術の芽を出したと考える。実際、絶縁体中のスピンゼーベック効果など従来では考えられなかった効果など新しい現象が数多く見つかっている。今後は、(1)これらの現象の奥にある物理原理を暴く基礎研究、(2)産業への応用研究が考えられる。(1)では、電子系に限定しない一般の角運動量を含む体系を作ることが重要と考え、CREST 課

題を申請した。(2)については、応用研究を既に企業と開始している。

4. 自己評価

目標は効果的に達成され、「誘電体スピントロニクス」の端緒が開かれた。この成果は、世界的にも大きく注目されている。

5. 研究総括の見解

齊藤研究者は、応募前に逆スピンホール効果の考え方を提唱し、金属に注入されたスピンの流れを電気信号としてとりだすことに成功していましたが、本さがけ研究としては、あえて金属でなく「誘電体」においてスピンの流れを伝搬させるという困難な課題に取り組みました。

彼は、①スピンホール効果により電流をスピン流に転換→②スピントルク効果で金属から誘電体にスピン波を転送→③スピン波スピン流を誘電体に沿って伝搬→④スピンポンピングによって金属にスピン波を励起→⑤逆スピンホール効果で電圧として取り出す、というストーリーを立て、②、③、④を順次実証し、最終的にこれらを総合して、世界で初めて「スピン流を使って誘電体に電気を流す」ことに成功しました。

成果は、Nature に掲載されるとともに、JST の広報からプレスリリースされ、国内 17 紙の紙面を飾りました。このような基礎的成果が、一般紙の一面に掲載されたことはまれなことです。米国物理学学会誌にもトピックスとして取り上げられました。

彼は、さがけ 2 年目に慶大講師から東北大に教授として招聘されるという栄誉を得ましたが、JST からの支援もあって、幸い研究をシームレスに続けることができました。領域会議では、彼は常にあらゆる研究に対しコメントし、領域全体を活性化してくれました。実験家でありながら理論に強く、理論家との密接な研究協力により、きちんとした理論的見通しの下にこの研究を進めたことが、この成果につながりました。

彼は、さらに金属磁性体において成功したスピンゼーベック効果が、磁性誘電体においても生じることを実証し、スピン流の学理と応用において世界をリードする立場を確立しました。

サー・マーチンウッド賞、学士院研究奨励賞はじめ、多数の賞を受賞したほか、22 年度には CREST にも採択され、スピン流の研究をさらに発展させており、スピン流イノベーションの推進役として、さらなる活躍が期待されています。

6. 主要な研究成果リスト

(1) 論文(原著論文)発表

【本研究テーマ直接の成果(代表的なもの5つ)】

1. Y. Kajiwara, K. Harii, S. Takahashi, J. Ohe, K. Uchida, M. Mizuguchi, H. Umezawa, H. Kawai, K. Ando, K. Takanashi, S. Maekawa, and <u>E. Saitoh</u> (corresponding author), “Transmission of electrical signals by spin-wave interconversion in a magnetic insulator” Nature 464 (2010) 262–266.
2. K. Uchida, J. Xiao, H. Adachi, J. Ohe, S. Takahashi, J. Ieda, T. Ota, Y. Kajiwara, H. Umezawa, H. Kawai, G. E. W. Bauer, S. Maekawa, and <u>E. Saitoh</u> (corresponding author), “Spin Seebeck insulator” Nature materials 9 (2010) 894 – 897.
3. J. Xiao, G. E. W. Bauer, K. Uchida, <u>E. Saitoh</u> , and S. Maekawa “Theory of magnon-driven spin Seebeck effect” Physical Review B 81 (2010) 214418_1–214418_8.
4. K. Uchida, H. Adachi, T. Ota, H. Nakayama, S. Maekawa, and <u>E. Saitoh</u> ,

	“Observation of longitudinal spin-Seebeck effect in magnetic insulators” Applied Physics Letters 96 (2010) 172505_1–172505_3.
	5. K. Uchida, T. Nonaka, T. Ota, and E. Saitoh, “Longitudinal spin-Seebeck effect in sintered polycrystalline (Mn,Zn)Fe ₂ O ₄ ” Applied Physics Letters 97 (2010) 262504_1–262504_3.

【上記以外の論文】

- [6] H.Y. Inoue, K. Harii, K. Ando, K. Sasage, and E. Saitoh,
“Detection of pure inverse spin-Hall effect induced by spin pumping at various excitation”
Journal of Applied Physics 102 (2007) 083915_1–083915_4.
- [7] K. Ando, K. Sasage, K. Harii, and E. Saitoh,
“Ferromagnetic resonance spectra in patterned and unpatterned NiFe/Pt films”
Physica Status Solidi B 244 (2007) 4522–4525.
- [8] K. Harii, K. Ando, H.Y. Inoue, E. Sasage, and E. Saitoh,
“Inverse spin-Hall effect and spin pumping in metallic films”
Journal of Applied Physics 103 (2008) 07F311_1–07F311_4.
- [9] K. Ando, S. Takahashi, K. Harii, K. Sasage, J. Ieda, S. Maekawa, and E. Saitoh,
“Electric manipulation of spin relaxation using spin-Hall effect”
Physical Review Letters 98 (2008) 036601_1–036601_4.
- [10] K. Ando, Y. Kajiwara, S. Takahashi, S. Maekawa, K. Takemoto, M. Takatsu, and E. Saitoh,
“Angular dependence of inverse spin-Hall effect induced by spin pumping
investigated in a Ni₈₁Fe₁₉/Pt thin film”
Physical Review B 78 (2008) 014413_1–014413_6.
- [11] K. Uchida, S. Takahashi, K. Harii, J. Ieda, W. Koshibae, K. Ando, S. Maekawa, and E. Saitoh,
“Observation of the spin Seebeck effect”
Nature 455 (2008) 778–781.
- [12] K. Uchida, S. Takahashi, K. Harii, J. Ieda, W. Koshibae, K. Ando, S. Maekawa, and E. Saitoh,
“Phenomenological analysis for spin-Seebeck effect in metallic magnets”
Journal of Applied Physics 105 (2009) 07C908_1–07C908_3.
- [13] K. Sasage, N. Okamoto¹, H. Tsujikawa, T Yamaoka, E. Saitoh,
“Magnetic force microscopic study on domain-wall molecules in NiFe nano rings”
Solid State Phenomena 152–153 (2009) 529–532.
- [14] K. Ando, H. Nakayama, Y. Kajiwara, D. Kikuchi, K. Sasage, K. Uchida, K. Ikeda, and E. Saitoh,
“Measurement of spin current using spin relaxation modulation induced by spin injection”
Journal of Applied Physics 105 (2009) 07C913_1– 07C913_3.

- [15] Y. Kajiwara, K. Ando, K. Sasage, and E Saitoh,
 “Spin pumping and spin-Hall effect observed in metallic films”
 Journal of Physics (conference series) 150 (2009) 042080_1–042080_4.
- [16] K. Ando, T. Yoshino, and E. Saitoh,
 “Optimum condition for spin-current generation from magnetization precession in thin film systems”
 Applied Physics Letters 94 (2009) 152509_1–152509_3.
- [17] K. Uchida, T. Ota, K. Harii, K. Ando, K. Sasage, H. Nakayama, K. Ikeda, and E. Saitoh,
 “Spin Seebeck Effect in Ni₈₁Fe₁₉/Pt Thin Films with different widths”
 IEEE transactions on magnetics 45 (2009) 2386–2388.
- [18] K. Ando, J. Ieda, K. Sasage, S. Takahashi, S. Maekawa, and E. Saitoh,
 “Electric detection of spin wave resonance using inverse spin-Hall effect”
 Applied Physics Letters 94 (2009) 262505_1–262505_3.
- [19] T. Ota, K. Uchida, Y. Kitamura, T. Yoshino, H. Nakayama, and E. Saitoh
 “Electric detection of the spin-Seebeck effect in Ni and Fe thin films at room temperature”
 Journal of Physics (conference series) 200 (2010) 062020_1–062020_4.
- [20] T. Yoshino, Y. Kajiwara, K. Ando, H. Nakayama, T. Ota, K. Uchida, and E. Saitoh
 “Detection of inverse spin-Hall effect in Nb and Nb₄₀Ti₆₀ thin films”
 Journal of Physics (conference series) 200 (2010) 062038_1–062038_4.
- [21] H. Nakayama, K. Harii, Y. Kajiwara, T. Yoshino, K. Ando, K. Uchida, T. Ota, and E. Saitoh
 “Detection of inverse spin-Hall effect induced in Pt_{1-x}M_x (M = Cu, Au) thin films”
 Journal of Physics (conference series) 200 (2010) 062014_1–062014_4.
- [22] S. Takahashi, E. Saitoh, S. Maekawa
 “Spin current through a normal-metal/ferromagnetic-insulator junction”
 Journal of Physics (conference series) 200 (2010) 062030_1–062030_4.
- [23] K. Ando, M. Morikawa, T. Trypiniotis, Y. Fujikawa, C. H. W. Barnes, and E. Saitoh,
 “Photo-induced inverse spin-Hall effect: conversion of light-polarization information into electric voltage”
 Applied Physics Letters 96 (2010) 082502_1–082502_4.
- [24] K. Uchida, T. Ota, K. Harii, S. Takahashi, S. Maekawa, Y. Fujikawa, and E. Saitoh,
 “Spin-Seebeck effects in Ni₈₁Fe₁₉/Pt films”
 Solid State Communications 150 (2010) 524–528.
- [25] K. Sasage, K. Harii, K. Ando, K. Uchida, E. Saitoh,
 “Modulation of Gyromagnetic Ratio in Ni₈₁Fe₁₉ Thin Film Due to Spin Pumping”
 Journal of Magnetism and Magnetic Materials 322 (2010) 1425–1427.
- [26] K. Ando, T. Yoshino, N. Okamoto, Y. Kajiwara, K. Sasage, K. Uchida, and E. Saitoh,
 “Angular dependence of inverse spin-Hall effect induced by spin pumping: experimental

- verification of phenomenological model of spin pumping”
Journal of Magnetism and Magnetic Materials 322 (2010) 1422–1424.
- [27] K. Uchida, T. Ota, K. Harii, K. Ando, H. Nakayama, and E. Saitoh,
“Electric detection of the spin–Seebeck effect in ferromagnetic metals”
Journal of Applied Physics 107 (2010) 09A951_1–09A951_5. May.
- [28] K. Ando, M. Morikawa, T. Trypiniotis, Y. Fujikawa, C. H. W. Barnes, and E. Saitoh,
“Direct conversion of light–polarization information into electric voltage using photoinduced
inverse spin–Hall effect in Pt/GaAs hybrid structure: Spin photodetector”
Journal of Applied Physics 107 (2010) 113902_1–113902_5. June.
- [29] K. Ando, Y. Kajiwara, K. Sasage, K. Uchida, and E. Saitoh,
“Inverse spin–Hall effect induced by spin pumping in various metals”
IEEE transactions on magnetics. 46 (2010) 1331 – 1333. May 19.
- [30] H. Nakayama, K. Ando, K. Harii, Y. Kajiwara, T. Yoshino, K. Uchida, and E. Saitoh
“Inverse spin–Hall effect induced by spin pumping in different thickness Pt films”
IEEE Transaction on Magnetism 46 (2010) 2202 – 2204. June.
- [31] K. Ando and E. Saitoh,
“Inverse spin–Hall effect in palladium at room temperature”
Journal of Applied Physics 108 (2010) 113925_1–113925_4. December 15.
- [32] C. W. Sandweg, Y. Kajiwara, K. Ando, E. Saitoh, and B. Hillebrands,
“Enhancement of the spin pumping efficiency by spin wave mode selection”
Applied Physics Letters 97 (2010) 252504_1–252504_3. December 21.
- [33] H. Adachi, K. Uchida, E. Saitoh, J. Ohe, S. Takahashi, and S. Maekawa,
“Gigantic enhancement of spin Seebeck effect by phonon drag”
Applied Physics Letters 97 (2010) 252506_1–252506_3. Dec24.

(2)特許出願

研究期間累積件数: 4件

発 明 者: 梶原瑛祐、内田健一、安藤和也、齊藤英治
 発明の名称: スピントロニクスデバイス及び情報伝達方法
 出 願 人: 学校法人慶應義塾
 出 願 日: 2008/6/5

発 明 者: 内田健一、梶原瑛祐、中山裕康、齊藤英治)
 発明の名称: 熱電変換素子
 出 願 人: 学校法人慶應義塾
 出 願 日: 2008/6/12

発 明 者: 梶原瑛祐、齊藤英治

発明の名称: マイクロ波発振素子及びマイクロ波発振装置
出願人: 学校法人慶應義塾
出願日: 2009/4/9

発明者: 内田健一、齊藤英治
発明の名称: 熱電変換素子及び熱電変換装置
出願人: 学校法人慶應義塾
出願日: 2010/4/30

(3)その他(主要な学会発表、受賞、著作物等)

【プレナリー講演】

・ 2010年9月19日”(Plenary Talk) Spin current coupled with charge and heat currents”
The IEEE 7th International Symposium on Metallic Multilayers (MML2010, Berkeley).

【主要な招待講演】(招待講演数 計39件)

- ・ 2009年5月6日 “Spin Hall Effects and spin Seebeck effect in NiFe/Pt films,” INTERMAG 2009 conference (Sacramento).
- ・ 2009年7月27日 “Spin Hall effects and spin Seebeck effect in metallic films” International Conference on Magnetism (ICM 2009)(Karlsruhe, Germany).
- ・ 2010年3月18日 “Electric detection of magnetization dynamics through inverse spin Hall effects” American Physical Society March Meeting 2010 (Portland).
- ・ 2010年8月12日 “Spin Seebeck effect” Gordon Research Conferences, Magnetic Nanostructures (Lewiston, USA).
- ・ 2010年11月17日 “Spin current generation from insulators and metals” Magnetism and Magnetic Materials Conference 2010 (Atlanta, Georgia).

【受賞】

[1] 2008年11月 サー・マーティンウッド賞, 「スピン流生成・検出技術に関する研究」
(Mrenium Science Forum).

[2] 2009年3月 丸文研究奨励賞, 「スピン流生成・検出のための基礎物理現象の開拓」(丸文研究交流財団).

[3] 2009年7月 IUPAP Young Scientist Award,
「For the fabrication of highly original nanostructures and for the discovery of important spin transport phenomena, including the spin-Seebeck effect and the inverse spin-Hall effect.」
(International Union of Pure and Applied Physics).

-受賞決定-

[4] 日本物理学会若手奨励賞 “Conversion of spin current into charge current at room temperature: inverse spin-Hall effect”.

[5] 第7回日本学術振興会賞「スピン流物理現象及び応用技術の開拓.」

【主要な著作物】

- [1] 安藤和也、齊藤英治、「スピンプンピングによる逆スピンホール効果の観測」固体物理 42 (2007) 19-28.
- [2] 安藤和也、齊藤英治、「スピンホール効果の応用 -スピン流の検出とスピンドYNAMICS制御-」応用物理 77 (2008) 836-840.
- [3] 齊藤英治、「伝導Ⅱ (スピン流)」応用物理学会スピントロニクス研究会「スピントロニクスの基礎」テキスト(2008) 56-64.
- [4] E. Saitoh, “New order for magnetism (news &view)” Nature 455 (2008) 474-475.
- [5] 内田健一、齊藤英治、「スピン流生成・検出技術の最前線-スピンホール効果の応用とスピンゼーベック効果の観測-」固体物理 44 (2009) 281-291.
- [6] K. Ando, and E. Saitoh “Application of direct and inverse spin-Hall effects: electric manipulation of spin relaxation and electric detection of spin currents” in Foundation of quantum mechanics in the light of new technology ISQM Tokyo 08 (World Scientific, 2009) 61-68.
- [7] 安藤和也、齊藤英治、「スピン流」科学(岩波書店) 79 (2009) 1029-1033.
- [8] 齊藤英治、「スピン依存伝導」応用物理学会スクール「スピントロニクスの基礎」テキスト(2008) 13-21.
- [9] 針井一哉、安藤和也、内田健一、中山裕康、梶原瑛祐、齊藤英治、「強磁性 Ni₈₁Fe₁₉/非磁性 Au 二層膜における磁化ダイナミクススピン注入のマイクロ波強度依存性」表面科学 30 (2009) 688-693.
- [10] 中山裕康、安藤和也、針井一哉、梶原瑛祐、吉野達郎、齊藤英治、「Pt_{1-x}M_x (M = Cu, Au) 薄膜における逆スピンホール効果」日本磁気学会誌 34 (2010) 337-341. March
- [11] 内田健一、齊藤英治、「強磁性金属におけるスピンゼーベック効果の観測」まぐね 5 (2010) 283-289. June
- [12] 内田健一、齊藤英治、「熱流に付随したスピントロニクス現象」まてりあ 49 (2010) 357-363. August
- [13] 梶原瑛祐、安藤和也、齊藤英治、「磁性絶縁体を用いたスピン流の伝送」まてりあ 49 (2010) 575-579.
- [14] 齊藤英治「物理科学、この1年: スピン流科学の進展」パリティ 26 (2011) No.1 32-33. Jan.11

【新聞(国内)】

- [1] 2010年3月11日掲載 毎日新聞(朝刊1面)「絶縁体で電気信号伝達」.

- [2] 2010年3月11日掲載 河北新報(朝刊1面トップ)「絶縁体に電気信号伝達」.
- [3] 2010年3月11日掲載 読売新聞(夕刊2面)「絶縁体に電気信号通す」.
- [4] 2010年3月11日掲載 日刊工業新聞「絶縁体に電気信号通す」.
- [5] 2010年3月11日掲載 日経産業新聞「絶縁体使い伝送」.
- [6] 2010年3月11日掲載 山形新聞「電子の自転を利用 絶縁体に電気通る」.
- [7] 2010年3月11日掲載 京都新聞「絶縁体に電気信号通った!」.
- [8] 2010年3月11日掲載 神戸新聞「絶縁体に電気信号通す」.
- [9] 2010年3月11日掲載 宮崎日日新聞(朝刊3面)「絶縁体に電気信号伝達」.
- [10] 2010年3月11日掲載 琉球新聞「電気信号が絶縁体通る」.
- [11] 2010年3月15日掲載 産経新聞(朝刊14面)「絶縁体で電気信号の伝達に成功」.
- [12] 2010年3月16日掲載 朝日新聞(科学欄)「絶縁体を流れる電気信号発見 東北大」.
- [13] 2010年3月19日掲載 科学新聞(4面)「電子のスピンを利用-東北大と慶応大の研究グループ-絶縁体に電気信号流す方法発見」.
- [14] 2010年9月27日掲載 日刊工業新聞(24面)「磁性絶縁体から電気エネルギー 原子力機構・東北大が成功」.
- [15] 2010年9月27日掲載 電気新聞(2面)「絶縁体磁石で熱電発電 原子力機構・東北大学 効率高く多用途期待」.
- [16] 2010年10月8日掲載 日経産業新聞(13面)「絶縁体から発電技術 スピン振動現象を利用」.
- [17] 2010年10月28日掲載 読売新聞(夕刊9面)「「熱電変換」のコスト大幅減」.

【その他のメディアでの報道】

- [1] news and views “Recipe for spin currents” Nature 455 (2008) 741-742.
- [2] 「熱で磁気の流れを作るスピンゼーベック効果を発見」 Nature Digest Vol.6 No.2 (2009) 32-33.
- [3] 「絶縁体で電子スピンを送る」現代化学 No. 471 (2010) pp. 13, 6月1日掲載.
- [4] 「絶縁体も電気信号を送ることを発見」JSTNEWS Vol.7, No. 3 (2010) pp.8-9. (表紙にも採用)

[5] 「絶縁体で電気信号を伝える 電子スピン流」JST サイエンスニュース 2010年6月1日配信.

[6] 「電流ならぬ「スピン流」物理の開拓」科研費 NEWS Vol. 1 (2010) pp. 12.

[7] 5月3日「Japan & World Update」NHK WORLD.

[8] “A magnetic insulator transmits electrical signal via spin waves” Physics Today 2010 vol. 5 13-15.5月

[9] news and views “Think globally but act locally” Nature Materials 10 (2010) 880-881. September 20

[10] “SCIENCE WATCH: A New Spin on Electric Signal Transmission” The Japan Journal 7 (2010) Vol.6 pp. 30. October 1