

略 生 年 月 歴 物性物理学

慶應義塾大学理工学部助手 東北大学金属材料研究所教授 慶應義塾大学理工学部専任講師 東京大学大学院工学系研究科博士課程修了 東京大学工学部物理工学科卒業

四〇月月 東北大学リサーチプロフェッサー 科学技術振興機構 ERATO「齊藤量子整流」総括 東北大学原子分子材料科学高等研究機構(現・東北大学材料科学高等研究所)主任研究者 日本原子力研究開発機構先端基礎研究センターグループリーダー(現在に至る) (現在に至る)

七四四月月月 東北大学名誉教授 東京大学大学院工学系研究科教授(現在に至る)

同同令同同同和 一一一

二七年 三〇年 二年

四月 東京大学 Beyond AI 研究推進機構教授 東京大学ナノ量子情報エレクトロニクス研究機構教授 (現在に至る) (現在に至る)

四

物理学の先駆的研究」に対する授賞審査博士(工学)齊藤英治氏の「スピン流

要旨

現象を次々と発見し、スピントロニクスの分野を先導してきた。さらにスピンゼーベック効果をはじめとする、スピン流の基礎的なスピン流の検出原理を確立し、スピン流物性科学の基礎を築いた。齊藤英治氏は、固体物理学の分野において、観測が困難であった

田を集めている。 目を集めている。 こクスをスピントロニクスと呼ぶ。近年、実際にスピンを利用した 本として利用できる。電荷だけでなくスピンも利用したエレクトロ こクスをスピントロニクスと呼ぶ。近年、実際にスピンを利用した こクスをスピントロニクスと呼ぶ。近年、実際にスピンを利用した エレクトロ こうスをスピントロニクスと呼ぶ。近年、実際にスピンを利用した エレクトロ こうスをスピントロニクスと呼ぶ。近年、実際にスピンを利用した こうスをスピントロニクスと呼ぶ。近年、実際にスピンを利用した にてが多く提案、制作され、スピントロニクスが大きな注 電子デバイスが多く提案、制作され、スピントロニクスが大きな注 である。電流と電圧は電子のもつ「電荷」から生じるが、電子は電

る巨大磁気抵抗効果の発見である(二〇〇七年ノーベル物理学賞)。 スピントロニクス研究の発端のひとつは、磁性金属超格子におけ

効果であり、これも、現在、多くの磁気ディスクの読み出しヘッドの読み取りヘッドとして利用された。もう一つはトンネル磁気抵抗これは電気抵抗が磁場で大きく変化する現象であり、磁気ディスク

として使われるようになった。

電子の電荷による電流の代わりに、電子のスピンの流れであるスピン流を利用することができれば全く新しい機能のデバイスが生ます、スピン流も保存しない。電流演算子は電流保存則を満足するように一意的に定まるが、厳密なスピン流が注目されることはほとんあいまいさが残る。そのため、スピン流が注目されることはほとんをなかったが、最近になって、基礎・応用の両面から大いに興味をどなかったが、最近になって、基礎・応用の両面から大いに興味を持たれるようになった。

受ける。このため、電流を流すと電流とは垂直方向に、電荷の流れを感じ、上向きスピンの電子と下向きスピンの電子が逆方向の力をを感じ、上向きスピンの電子はスピン軌道相互作用による「有効磁場」がなくても、運動する電子はスピン軌道相互作用による「有効磁場」の場場では電子がローレンツ力を受けるため、電場と垂直方向に

接的な方法が用いられてきていた。ため、スピンの向きの空間変化(スピン蓄積)を観測するなど、間ため、スピンの向きの空間変化(スピン蓄積)を観測するなど、間れる。これまでこのスピン流を直接検出する方法が存在しなかったを伴わないスピン流が生じる。これは「スピンホール効果」とよば

齊藤氏は NiFe/金属複合膜における系統的な実験により、スピン流によって強い電場が発生することを世界に先駆けて観測した。ホール効果の逆過程に対応し、「逆スピンホール効果」と呼ばれる。ホール効果の逆過程に対応し、「逆スピンホール効果」と呼ばれる。なり、これを契機にスピン流の研究が世界中で盛んに行われるようなり、これを契機にスピン流の研究が世界中で盛んに行われるようなり、これを契機にスピン流の研究が世界中で盛んに行われるようなり、これを契機によって、必要様によって、必要様によって、必要様によって、必要様によって、必要様によって、必要様によって、これを対象を表して、これを対象を表します。

齊藤氏は、逆スピンホール効果によるスピン流検出の手法に基づき、スピン流に関する研究を展開し、絶縁体スピン流、スピンゼーベック効果の発見は注目される。通常のゼーベック効果は足差によって電流が発生する現象である。電流が流れない場合には起電力を誘起する。また、逆に電流により温度差を誘起することは起電力を誘起する。また、逆に電流により温度差を誘起することは起電力を誘起する。また、逆に電流により温度差を誘起することは起電力を誘起する。また、逆に電流により温度差を誘起することは起電力を誘起する。また、逆に電流により温度差を誘起することはできる。スピンゼーベック効果は温度差により温度差を誘起することができる。スピンボール効果によるスピン流検出の手法に基づる現象であり、熱エネルギーとスピン流の間のエネルギー変換現象をできる。スピンゼーベック効果は温度差により温度差を誘起する。

ンゼーベック効果は熱発電や熱流センサーなど応用の面からも興味生するため、絶縁体による熱発電も可能となる。したがって、スピれば機能する。スピン流は逆スピンホール効果によって起電力を発である。スピンゼーベック効果は絶縁体でもスピン流の良導体であ

が持たれている。

このように、スピン流の物理は従来からの電荷に加えてスピンの

績は大きく、日本学士院賞に値するものである。開き、スピン流科学を先導し、その発展に大きく寄与した。その功響は広い範囲に及んでいる。齊藤氏はスピン流の物理の最初の扉を観点から物質を見直すものであり、学術的にも実用的にも、その影

主要論文目録

- E. Saitoh, H. Miyajima, T. Yamaoka, and G. Tatara, "Current-induced resonance and mass determination of a single magnetic domain wall", Nature 432, 203–206 (2004).
- E. Saitoh, M. Ueda, H. Miyajima, and G. Tatara, "Conversion of spin current into charge current at room temperature: inverse spin-Hall effect", Applied Physics Letters 88, 182509 (2006).
- 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 101, 036601 (2008).
- 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, 778–781

(2008).

- Y. Kajiwara, K. Harii, S. Takahashi, J. Ohe, K. Uchida, M. Mizuguchi, H. Umezawa, H. Kawai, K. Ando, K. Takanashi, S. Mackawa, and E. Saitoh, "Transmission of electrical signals by spin-wave interconversion in a magnetic insulator", Nature 464, 262–266 (2010).
- 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 E. Saitoh, "Spin Seebeck insulator", Nature Materials 9, 894

 –897 (2010).
- K. Ando, S. Takahashi, J. Ieda, H. Kurebayashi, T. Trypiniotis, C. H. W. Barnes, S. Maekawa, and E. Saitoh, "Electrically tunable spin injector free from the impedance mismatch problem", Nature Materials 10, 655–659 (2011).
- K. Uchida, H. Adachi, T. An, T. Ota, M. Toda, B. Hillebrands, S. Maekawa, and E. Saitoh "Long-range spin Seebeck effect and acoustic spin pumping", Nature materials 10, 737–741 (2011).
- H. Nakayama, M. Althammer, Y.-T. Chen, K. Uchida, Y. Kajiwara, D. Kikuchi, T. Ohtani, S. Geprägs, M. Opel, S. Takahashi, R. Gross, G. E. W. Bauer, S. T. B. Goennenwein, and E. Saitoh, "Spin Hall magnetoresistance induced by a nonequilibrium proximity effect", Physical Review Letters 110, 206601 (2013).
- T. An, V. I. Vasyuchka, K. Uchida, A. V. Chumak, K. Yamaguchi, K. Harii, J. Ohe, M. B. Jungfleisch, Y. Kajiwara, H. Adachi, B. Hillebrands, S. Maekawa, and E. Saitoh, "Unidirectional spin-wave heat conveyer", Nature Materials 12, 549–553 (2013).
- R. Takahashi, M. Matsuo, M. Ono, K. Harii, H. Chudo, S. Okayasu, J. Ieda, S. Takahashi, S. Maekawa, and E. Saitoh, "Spin hydrodynamic generation", Nature Physics 12, 52–56 (2015).

D. Hou, Z. Qiu, R. Iguchi, K. Sato, E. K. Vehstedt, K. Uchida, G. E. W. Bauer,

and E. Saitoh, "Observation of temperature-gradient-induced magnetization",

Nature Communications 7, 12265 (2016).

12.

Maekawa, and E. Saitoh, "One-dimensional spinon spin currents", Nature Physics 13, 30–34 (2017).

D. Hirobe, M. Sato, T. Kawamata, Y. Shiomi, K. Uchida, R. Iguchi, Y. Koike, S.

13.

- K. Uchida, S. Daimon, R. Iguchi, and E. Saitoh, "Observation of anisotropic magneto-Peltier effect in nickel", Nature 558, 95–99 (2018).
- Z. Qiu, D. Hou, J. Barker, K. Yamamoto, O. Gomonay, and E. Saitoh, "Spin colossal magnetoresistance in an antiferromagnetic insulator", Nature Materials 17, 577–580 (2018).
- J. Lustikova, Y. Shiomi, N. Yokoi, N. Kabeya, N. Kimura, K. Jenaga, S. Kaneko, S. Okuma, S. Takahashi, and E. Saitoh, "Vortex rectenna powered by environmental fluctuations", Nature Communications 9, 4922 (2018).
- 17. Y. Shiomi, J. Lustikova, S. Watanabe, D. Hirobe, S. Takahashi, and E. Saitoh, "Spin pumping from nuclear spin waves", Nature Physics 15, 22–26 (2019).
- K. Harii, Y-J. Seo, Y. Tsutsumi, H. Chudo, K. Oyanagi, M. Matsuo, Y. Shiomi, T. Ono, S. Maekawa, and E. Saitoh, "Spin Seebeck mechanical force", Nature Communications 10, 2616 (2019).
- T. Kikkawa, D. Reitz, H. Ito, T. Makiuchi, T. Sugimoto, K. Tsunekawa, S. Daimon, K. Oyanagi, R. Ramos, S. Takahashi, Y. Shiomi, Y. Tserkovnyak, and E. Saitoh, "Observation of nuclear-spin Seebeck effect", Nature Communications 12, 4356 (2021).
- Y. Chen, M. Sato, Y. Tang, Y. Shiomi, K. Oyanagi, T. Masuda, Y. Nambu, M. Fujita, and E. Saitoh, "Triplon current generation in solids", Nature Communications 12, 5199 (2021).