ミニ特集

スピン流の創出と制御のための材料研究最前線

企画にあたって

高　梨　弘　毅*

最近，電流とは異なる新たな物理概念として，スピンの流れ，すなわち「スピン流」が注目を集めている．磁性材料をナノ構造化すると，磁気的な性質と電気的性質(伝導)や光学的性質などのさまざまな物理的性質がお互いに強く相関するようになる．言い換えれば，磁気的な信号によって他の物理信号を制御できるようになり，また逆に他の物理信号によって磁気的な信号を制御できるようになる．スピン流はそのような物理量の変換・制御の基礎である．

スピン流研究の歴史的背景には，最近のスピントロニクスの発展がある[1]．スピントロニクスの原点は，1988年の金属人工格子における巨大磁気抵抗効果(GMR)の発見であると一般に考えられている．GMRの発見者であるA. Fert教授とP. Grünberg教授は2007年にノーベル物理学賞を受賞した．GMRの発見以後，1990年代はトンネル磁気抵抗効果(TMR)を含むスピン依存伝導の研究が全盛を迎えた．一方，半導体分野でも独自の大きな発展があり，さまざまな強磁性半導体が作製され，キャリア誘起磁性の研究が盛んに行われた．1990年代の末には，金属分野においても半導体分野においても，このようなスピンと伝導に関係する分野をスピントロニクスと呼ぶようになった．その頃から，磁化が伝導に影響を与えるスピン依存伝導の研究から，さらに伝導が磁化に与える影響(スピン注入磁化反転など)に興味が持たれるようになり，金属や半導体といった材料の枠組みを超え，磁化と伝導，光などの諸物性との相互変換・制御の基礎になる概念として，スピン流に多くの研究者の注目が集まるようになってきた．スピン流を理解し，スピン流の高効率の創出と高精度の制御を実現することは，スピントロニクスの格段の発展につながると期待される．2007年度からは科学研究費特定領域「スピン流の創出と制御」が設定され，全国規模で組織的に研究が進められている．

スピン流研究には，材料学・材料技術が欠かせない．スピン流研究のための材料に求められる特性には，2つのポイントがある．第一はスピン流を高効率で生成できることであり，このためには高いスピン偏極率を有する材料が重要である．伝導電子のスピン偏極が100％の材料はハーフメタルと呼ばれる．ホイスラー合金の一部はハーフメタルであると考えられている．第二のポイントは，スピン流を長距離まで流せることであり，すなわちスピン緩和が小さいと言い換えることが出来る．一般には，金属よりも半導体，半導体よりも絶縁体の方がスピン緩和は小さい．絶縁体中には伝導電子はないが，磁性絶縁体の場合にはスピン波の伝搬によってスピン流は流れる．スピン流にとっては，従来の金属，半導体，絶縁体という電流の観点からの物質区分は意味を持たない．最近の実験では，金属，半導体，絶縁体が複合した構造においても，スピン流はいわば自由自在に流れることが明らかになりつつある．

本ミニ特集は，スピン流研究の現状を，最先端で活躍する研究者が材料の観点からまとめたものである．まずは，理論家の立場で**白井正文氏**(東北大)に材料設計について解説していただいた．そのあと，金属系材料を代表してハーフメタル・ホイスラー合金に関して**植村哲也氏**(北大)に，磁性半導体に関して**黒田眞司氏**(筑波大)に，磁性絶縁体に関して**齊藤英治氏**(東北大)に，それぞれ研究の現状を紹介していただき，最後に材料のナノ構造評価と特性との関係について，**高橋有紀子氏**(物材機構)にまとめていただいた．本ミニ特集によって，材料研究者の間で，スピン流に対する関心がさらに高まることを期待したい．

文　　献

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

高梨弘毅

★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★

1986年3月　東京大学理学系研究科博士課程修了
同年4月　東北大学金属材料研究所助手
1994年2月　同助教授
2000年11月－　現職
専門分野：磁性材料，スピントロニクス
◎磁気ナノ構造における磁性と伝導の研究に従事．1994–5年にはドイツ・ユーリヒにてP. Grünberg教授と共同研究を行った．現在，科研費特定領域「スピン流の創出と制御」代表．

★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★

* 東北大学教授；金属材料研究所(〒980–8577 仙台市青葉区片平2–1–1)
Introduction; Koki Takanashi(Institute for Materials Research, Tohoku University, Sendai)
Keywords: *spin current, spintronics, Giant magnetoresistance (GMR), Tunnel magnetoresistance (TMR), Half metals, Heusler alloys, magnetic semiconductors, magnetic insulators, spin wave*
2010年10月27日受理