

講演会の御案内

講師：村上 修一 先生

(東京工業大学大学院理工学研究科 准教授)

日 時：平成23年5月31日（火） 11：00～12：00

会 場：電子科学研究所 新棟1F会議室

講演題目

スピンホール効果とトポロジカル絶縁体

講演要旨

スピン流はスピンの流れであり、特に電荷の流れを伴わないスピン流を純粋スピン流と呼ぶ。純粋スピン流は時間反転操作に対し不変であるため、非磁性体であってもスピン流に起因する非自明な物理が期待される。その例がスピンホール効果(※1)やトポロジカル絶縁体(※2)である。本講演ではスピンホール効果[1,2] およびトポロジカル絶縁体[3]についての基本的な性質と原理について解説した後、これらについての我々の理論研究の結果について述べる。こうした現象はスピン軌道相互作用に起因するものであり、重い元素を含む物質において大きくなる。スピンホール効果は種々の半導体および金属で観測されていて、特にPtでは室温でも大きなスピンホール効果が観測されており、この結果は第一原理計算から説明することができる。このPtにおける大きなスピンホール効果は、種々の金属や絶縁体中のスピン流を測定するためのプローブとして使われ始めている。

またトポロジカル絶縁体では、試料の内部は絶縁体であるが、その系のエッジや表面に金属的の状態が必ず現れると言う特異な量子状態である。このエッジ・表面状態に関する物性や輸送特性について、最新の研究動向を交えながら報告する。

[1] 村上修一, 永長直人, 「スピンホール効果の原理と応用」, 応用物理 75, 342 (2006)

[2] 村上修一, 「スピンホール効果とスピンエレクトロニクス」, 日本物理学会誌 62, 2 (2007)

[3] 村上修一, 平原徹, 松田巖, 「トポロジカル絶縁体の物理」, 日本物理学会誌 65, 840 (2010)

上記の通り講演会を開催致しますので、皆様奮ってご参加下さい。

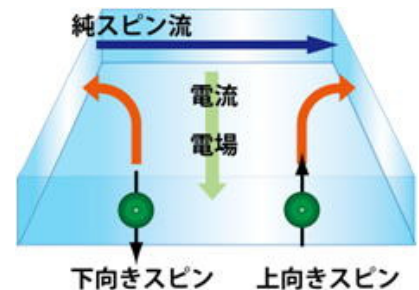
主催：応用物理学会北海道支部

連絡先：海住 英生 (内線9425)、近藤 憲治 (内線9424)、石橋 晃
量子機能素子研究分野

以下、村上研究室 HP(<http://www.stat.phys.titech.ac.jp/murakami/>)より抜粋

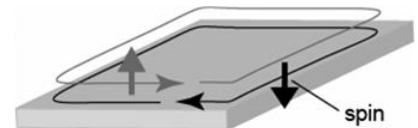
※1

スピンホール効果とは電場を試料にかけるとスピン流がそれに垂直に誘起される効果である。2003年に世界で初めて、不純物散乱によらずにスピンホール効果が現れることを理論的に予言した(S.Murakami, N.Nagaosa, S.-C.Zhang, Science 301,1348(2003))。この効果は運動量空間のベリー曲率、によって起こるため、電子の波動性の帰結であると言える。この効果は磁場や磁性体を使わずにスピン流を半導体中に作り出せて、しかも室温でも十分に強いと考えられるため、半導体スピントロニクスへの応用の可能性も秘めていて盛んに研究されている。その後このスピンホール効果の理論的予言に端を発して、今までに実験的報告十数件を含む600編以上の論文が発表されている。



※2

トポロジカル絶縁体（量子スピンホール系）は、バルクでは非磁性バンド絶縁体でありながらエッジ状態がフェルミエネルギー上にありスピン流を運ぶものである。量子スピンホール系はいわば、量子ホール系のスピン版である。エッジ状態は量子ホール系と同様、トポロジカルに保護されており、非磁性の不純物等があっても壊れない性質を持っていると理論的に予言されている。単純に考えると、磁性や超伝導等の秩序が起きていない絶縁体は、いわば特徴のない、あまり面白みのない研究対象と考えられてきたが、量子スピンホール系は、まさにそうした物質群のなかにも隠れた秩序（トポロジカル秩序）があることを示している。これはバルクでのトポロジカル数で特徴づけられるが、バルクではこうしたトポロジカルは隠れており、試料に境界を作ってはじめてこのトポロジカルがエッジ状態としてあらわになる。



3次元の量子スピンホール系に関しては、バルクのトポロジカルナンバーの計算により任意の方向の表面における表面状態のトポロジカルな性質が分かる。ここで扱う表面状態はトポロジー起源の表面状態である。即ち、バルクでの波動関数が非自明なトポロジー構造を持っているが、その性質はバルクよりむしろ表面に顕著に現れて、表面状態として出てくる。そのためこうした状態は不純物や境界のラフネスにかかわらず、安定に存在するという特異な性質を持つ。

