

別紙 4

報告番号	※ 甲 第 号
------	---------

主 論 文 の 要 旨

論文題目 動的格子変形によるスピン流および軌道流生成の
微視的理論

氏 名 小川 祐巨

論 文 内 容 の 要 旨

スピントロニクス分野では、スピン角運動量の流れであるスピン流の輸送現象が主要な研究テーマとなっている。スピン流の生成方法としては電氣的、磁氣的、熱的な方法が確立されている。一方で、軌道角運動量の流れである軌道流の輸送現象の研究も盛んになりつつある。スピン流の生成には主に物質のスピン軌道相互作用が利用されてきたが、軌道流の生成にはそれが足りないため対象物質群が広がる可能性を持つ。その実現のために、軌道流を生成する現象が探索されている。

近年、従来のスピン流生成法に加えて液体金属中のせん断流や固体の表面弾性波による物体の力学的な運動を用いたスピン流生成が実現されている。力学的スピン流生成機構としては、物体の運動に乗った座標系において存在する有効磁場と電子スピンの結合(スピン渦度結合)、不純物による外因性およびラシュバ型の内因性スピン軌道相互作用を介した機構が提案されている。しかし、表面弾性波を用いた最近の実験では、これらの理論とは異なるスピン軌道相互作用を介したスピン流生成機構があると示唆されている。スピン軌道相互作用を介した力学的スピン流生成機構の解明は、現在の重要な課題である。また軌道流については、最近では軌道ホール効果(電流-軌道流変換)の観測に至ったが、他の軌道流生成法の開拓も期待される。そこで申請者はスピン軌道相互作用を介した力学的スピン流生成の解析に加え、軌道流の力学的生成について解析を行なった。

申請者は、ラシュバ系における格子歪みの効果をより本質的に捉えるために、先行研究で用いられた軌道自由度を考慮しない自由電子模型ではなく、3次元正方格子上的 sp 電子系の強束縛模型から出発して格子歪みの効果を定式化し、力学的スピン流生成を理論的に調べた。格子歪みは、電子の飛び移り積分の変調と空間反転対称性の破れを表す結晶軸の回転を通して取り入れた。線形応答理論を用いて動的格子歪みに対するスピン流の応答を計算した結果、先行研究では現れなかった型を含む多様なスピン流が生成されることが分かった。また、空間反転対称性のある系においても、3次元正方格子上の p_x , p_y 軌道の強束縛模型を用いて力学的スピン流生成を理論的に調べ、動的格子歪みの空間微分に比例してスピン流が生成されることを明らかにした。

また申請者は、軌道流の力学的生成について解析した。空間反転対称性のある系におけるスピン流生成の解析と同じモデルを用いると、スピン軌道相互作用が無い場合には軌道流は生成され

ないことが分かった。これは、軌道混成が存在しないことが原因である。正方格子においては次近接サイト間の飛び移り積分を考慮することで軌道混成を導入することもできるが、格子歪みに対する軌道流の応答の計算はかなり複雑になる。そこで最近接サイト間の飛び移り積分のみで軌道混成を実現するモデルとして、三角格子を積層した格子構造において p_x , p_y 軌道の強束縛モデルを解析した。その結果、動的格子歪みの空間微分の 1 次に比例して軌道流が生成されることを明らかにした。

申請者は、多軌道強束縛モデルに基づいて格子歪みの効果を微視的に定式化し、動的格子変形によるスピン流・軌道流の生成を調べた。ラシュバ系では非従来型の多様なスピン流が生成されること、空間反転対称性のある系においても、スピン軌道相互作用を介してスピン流が生成されることを明らかにした。また、スピン軌道相互作用がない場合でも力学的に軌道流が生じ得ることを示した。