

スピン状態自由度のある相関電子系における光照射効果

東北大学大学院 理学研究科 金森 悠, 井上 優太, 石原 純夫

超巨大磁気抵抗効果やマルチフェロイクスに代表される強相関電子系物質における多様な物性現象は、電子のスピン、電荷、軌道という複数の自由度間に働く相互作用の競合と共同現象に起因する。これらの自由度の揺らぎが大きい相境界においては、僅かな外場により競合する相の均衡が崩れることで劇的な変化が生じる。ペロブスカイト型コバルト酸化物 LaCoO_3 では、主な物性を担うコバルトイオンは低スピン (LS) 状態 [$S=0$]、中間スピン (IS) 状態 [$S=1$]、高スピン (HS) 状態 [$S=2$] の3つの異なるスピン状態をとることができる。この物質において温度変化やホールドープによってスピン状態間の転移が生じることが報告されている。最近 LaCoO_3 にフェムト秒レーザーパルス光を照射する実験が行われた [1]。ポンプ・プローブ実験で見出された超高速の反射率の変化は、この現象に電子的な相互作用が関与していることを意味し、光によって誘起されたキャリアの遍歴性とスピン状態の強い相関による光誘起スピン転移の可能性が示唆される。

本研究ではスピン状態の自由度のある系における光誘起スピン転移の可能性の探索と、その微視的機構の解明を目的とした。コバルトイオンの 3 d 軌道の電子状態を記述するための理論模型として、2つの軌道を各サイトに導入し、結晶場分裂とサイト内クーロン相互作用、最近接電子遷移を考慮した2軌道ハバード模型を設定した。サイト当たりの電子数を2個とした場合、結晶場分裂とフント結合の大きさによって二つのスピン状態、LS 状態 [$S=0$] と HS 状態 [$S=1$] が実現する。この模型を元に電子遷移を摂動として取り扱うことで有効模型を導出した。ここで光照射前の状態では各サイトの電子数を2個とし、光照射により電子数3個のサイトと1個のサイトが一对できるものとした。数値解析には2次元正方格子の有限サイズクラスターにおける数値厳密対角化法を用いた。

まず光照射前の電子状態として、結晶場分裂が大きな領域において LS のバンド絶縁体状態が、フント結合の大きな領域において HS のモット絶縁体状態が、結晶場分裂とフント結合が競合するの2つの絶縁相の境界においては、HS と LS 状態が共存する相が存在することを示した。相境界近傍の LS 相において光スピン転移が生じる可能性を見出した [2]。また光照射前後の動的相関関数の変化について解析を行ったので、詳細を報告する予定である。

参考文献

- [1] 中屋ほか、日本物理学会第64回年次大会（立教大学）28aVA-2
- [2] 金森ほか、日本物理学会 2009 年秋季大会（熊本大学）26aXB-10