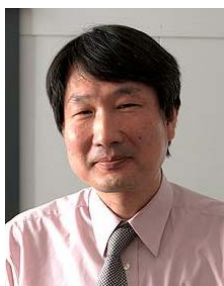


【基盤研究(S)】

理工系 (数物系科学)



研究課題名 重い5d 遷移金属酸化物のスピン軌道相互作用と新奇電子相

東京大学・大学院理学系研究科・教授 たかぎ ひでのり
高木 英典

研究分野：数物系科学

キーワード：強相関係、スピン軌道相互作用、5d 遷移金属酸化物、電子相

【研究の背景・目的】

イリジウムやオスmiumなどの重い5dの遷移金属は、銅やマンガンの様な軽い3d遷移金属と比べると馴染みの薄い元素であるが、極めてユニークな物理的特徴を有する。相対論効果であるスピン軌道相互作用が0.5 eV程度と3dと比べると桁違いに大きいのである。

遷移金属酸化物は電子の運動エネルギーとクーロン反発の競合によって出現する多彩な電子相の物理、電子相関物理の舞台である。本課題はこれまで集中的に研究されてきた3dに代わって重い5d遷移金属酸化物をその舞台とすることで、スピン軌道相互作用が創る新しい相関電子物理を開拓することを目的としている。5d遷移金属酸化物のスピン軌道相互作用は、運動エネルギーやクーロン反発に比肩するほど大きく、電子相関効果を大きく変え、今までにない新しい電子相を生み出す可能性を秘めている。実際、我々は最近この視点からイリジウム複合酸化物 Sr_2IrO_4 に注目し、強いスピン軌道相互作用によって、本来金属であるべき物質が磁性絶縁体へとその姿を変えることを実験的に示すことに成功している。

【研究の方法】

Sr_2IrO_4 におけるスピン軌道モット絶縁体と呼ぶべき新しい電子相の発見を受けて、さらに広範な物質群を対象に、強いスピン軌道相互作用によって、電子状態やスピン・軌道・電荷励起が一般にどのようにその姿を変えるのかを調べる。具体的にはペロブスカイト類縁酸化物 $\text{Sr}_{n+1}\text{Ir}_n\text{O}_{3n+1}$ とパイロクロア酸化物 $\text{RE}_2\text{Ir}_2\text{O}_7$ を取り上げ、光応答・電子輸送現象や共鳴X線散乱などをプローブとして駆使する。

強いスピン軌道相互作用によって、軌道運動が復活すると、5d電子の波動関数には位相項が誘起される。格子のトポロジーとの協奏によっては、原子レベルの位相の効果が顕在化し、エキゾチックな電子相が出現すると期待されている。結晶化学のデータベースの力を借りながら、イリジウム複合酸化物の中から、ハニカム格子やパイロクロア格子をとる物質を開拓し、現実の物質中に量子位相効果に起因するエキゾチック電子相を探索する。今日的なアプローチである超格子薄膜を用いた電子相探索も並行し

て進める。

【期待される成果と意義】

エキゾチックな電子相、例えばトポロジカル絶縁体、ディラック半金属、キタエフスピン液体、エキゾチック超伝導などを、少なくとも一つは現実の物質中に実現したい。同時に、物質横断的な電子状態・励起のデータを基盤として、教科書の新しい章になるようなスピン軌道相互作用と電子相関の基礎学理を構築、発信する。「5d遷移金属酸化物の科学」を分野として確立することを強く意識している。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- B. J. Kim, H. Ohsumi, T. Komesu, S. Sakai, T. Morita, H. Takagi, and T. Arima, "Phase-sensitive observation of a spin-orbital Mott state in Sr_2IrO_4 ", *Science* 323, 1329-1332 (2009).
- K. Ishii, I. Jarrige, M. Yoshida, K. Ikeuchi, J. Mizuki, K. Ohashi, T. Takayama, J. Matsuno, and H. Takagi, "Momentum-resolved electronic excitations in the Mott insulator Sr_2IrO_4 studied by resonant inelastic x-ray scattering", *Phys. Rev. B* 83, 115121 (2011).
- S. Fujiyama, H. Ohsumi, T. Komesu, J. Matsuno, B. J. Kim, M. Takata, T. Arima and H. Takagi, "Two-Dimensional Heisenberg Behavior of $\text{Jeff}=1/2$ Isospins in the Paramagnetic State of the Spin-Orbital Mott Insulator Sr_2IrO_4 ", *Phys. Rev. Lett.* 108, 271472 (2012).

【研究期間と研究経費】

平成24年度－28年度
164,200千円

【ホームページ等】

http://park.itc.u-tokyo.ac.jp/takagi_lab/