

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2006～2009

課題番号：18340111

研究課題名（和文） 強相関物質のフェルミ面直接観測法の開発と応用

研究課題名（英文） Development and Application of a Direct Fermi Surface Mapping Method for Strongly Correlated Materials

研究代表者

櫻井 吉晴（SAKURAI YOSHIHARU）

財団法人高輝度光科学研究センター 利用研究促進部門構造物性Ⅱグループ

グループリーダー副主席研究員

研究者番号：90205815

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物理学・物性Ⅱ

キーワード：強相関系、フェルミ面

1. 研究計画の概要

コンプトン散乱による強相関物質のフェルミ面マッピング法の開発とその応用を目標として、以下のサブ・テーマを設定して研究を進める。

(1) SPring-8, BL08W で稼働している高分解能コンプトン散乱スペクトロメータの性能向上。

(2) フェルミ面をマッピングするプログラムの開発と最適化。

(3) 強相関物質、複雑・不規則系物質への応用。主たる応用として、コバルト酸化物を設定し、銅酸化物高温超伝導体や Ce 系化合物も想定する。

2. 研究の進捗状況

「1. 研究計画の概要」であげた3つのサブ・テーマをほぼ並行して進めている。

(1) について、本科研費以外の予算でモノクロメータの改良が行われ、運動量分解能で3割、測定効率で約3倍の性能向上がなされた。また、本科研費の予算で、スペクトロメータの光学系として重要なコンポーネントである2次元 X 線検出器を購入して、新たにコンプトン散乱 X 線分光系を立ち上げた。これにより、ひとつの試料について2つの結晶方位の測定が同時にできるセットアップが完成した。

(2) について、直接フーリエ法によるフェルミ面マッピング・プログラムが開発された。このプログラムは、10～20本のコンプトン・プロファイル・データから2次元あるいは3次元電子運動量密度を再構成し、LCW

法により第1ブリルアンゾーン内に同密度を積みこむことでk空間の電子占有数密度を求め、さらに同占有数密度を微分することにより、フェルミ面形状をマッピングするものである。現在、直接フーリエ法のエラー伝搬を評価するプログラムを開発中である。また、直接フーリエ法とはアルゴリズムが異なるフーリエ・ベッセル法とコーマック法も開発を進めている。

(3) について、コバルト酸化物の結果は既に論文として発表した。また、銅酸化物高温超伝導体と Ce 化合物の測定も行われ、論文発表の準備を行っている。また、「銅酸化物高温超伝導体の電子運動量密度からどのようにフェルミ面とホール軌道を決定するか？」に関して、ノースイースタン大学（米国）とデルフト工科大学（オランダ）の理論グループと共同研究を進めている。さらに、強相関物質の基底状態の研究から励起状態の研究への発展の可能性を展望するために、ミシガン州立大学（米国）と共同で励起状態にある強相関物質の研究も開始した。

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

(理由)

サブ・テーマ(1)に関しては、目標は達成された。(2)に関しては、エラー伝搬プログラム以外はほぼ開発された。(3)に関しては、当初予定した強相関物質の測定はほぼ完了した。

4. 今後の研究の推進方策

フェルミ面形状に関する実験結果の信頼性を評価する上でエラー伝搬の評価は重要である。今後、エラー伝搬プログラムを開発する。また、研究のまとめとして、スペクトロメータに関する装置論文、銅酸化物およびCe化合物へ応用した結果の論文を発表する。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2件)

①B. Barbiellini, A. Koizumi, P. E. Mijnders, W. Al-Sawai, Hsin Lin, T. Nagao, K. Hirota, M. Itou, Y. Sakurai and A. Bansil, "Role of Oxygen Electrons in the Metal-Insulator Transition in the Magnetoresistive Oxide $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_{1+2x}\text{Mn}_2\text{O}_7$ Probed by Compton Scattering," Phys. Rev. Lett., 査読有, 102 (2009) 206402.

②J. Laverock, S. B. Dugdale, J. A. Duffy, J. Wooldridge, G. Balakrishnan, M. R. Lee, G.-q. Zheng, D. Chen, C. T. Lin, A. Andrejczuk, M. Itou and Y. Sakurai, "Elliptical hole pockets in the Fermi surfaces of unhydrated and hydrated sodium cobalt oxides," Phys. Rev. B, 査読有, 76 (2007) 052509.

[学会発表] (計 5件)

① 櫻井吉晴、伊藤真義、山田和芳、J. -M. Gillet、B. Barbiellini、P. E. Mijnders、S. Kaprzyk、R. S. Markiewicz、A. Bansil、" $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ におけるホール軌道とフェルミ面：コンプトン散乱 IV "、日本物理学会第64回年次大会、2009年3月27日、立教大学（東京）

② 櫻井吉晴、伊藤真義、山田和芳、J. -M. Gillet、B. Barbiellini、P. E. Mijnders、S. Kaprzyk、R. S. Markiewicz、A. Bansil、" k空間における電子占有数密度とフェルミ・アーキ：コンプトン散乱による $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ の研究 "、第22回日本放射光学会、2009年1月9日、東京大学（東京）