

強相関電子系における局所構造誘起バルク現象の研究

本プロジェクトでは、複数の量子ビームを用いて、実空間の結晶構造とエネルギー波数空間の電子構造を超高精度に測定し、強相関電子系における局所構造変化とバルク物性発現の関係解明を目指します。

強相関電子系では、強い電子間クーロン相互作用や磁気相互作用、原子間結合力などが複雑に拮抗して系の基底状態が決まります。銅酸化物における高温超伝導は、強相関電子系の代表格で、キャリアドーピングされたMott絶縁体として理解が進んできました。ところが最近、僅かな局所結晶構造の変化が基底状態の違いを誘起する可能性に注目が集まり、出発点となる母物質の物性について、構造の特異性を考慮した包括的議論が湧き起こっています。電子ドーピング型超伝導体の母物質であり、 Nd_2CuO_4 (T')構造を持つ銅酸化物 $R_2\text{CuO}_4$ (R : Pr, Nd, Eu...)は、ホールドーピング型超伝導体の母物質で K_2NiF_4 (T)構造の La_2CuO_4 と同様にMott絶縁体であると考えられてきました。しかし、最適アニール処理を施したT'構造の薄膜では、キャリアドーピングとなる元素置換がなくても超伝導が発現する“非ドーピング超伝導”現象が報告されました。これまでのバルク試料では、完全に取り除けない構造の局所乱れ（頂点酸素の存在や CuO_2 面の元素欠損）が磁気秩序を誘起し、バンド構造にエネルギーギャップを生じた結果、絶縁体化しているとの提案もされるに至っています。このことは、超伝導機構の理解に直結する母物質の基底状態の再考を促し、構造パラメータを考慮した一段高い視点から電子相関の電子ホール対称性を論じることの必要性を示しています。同時に、二次元 CuO_2 面が取り得る多彩な基底状態とそのスイッチング現象という新機能の可能性を提示しています。しかし、物性変化や基底状態の違いの要因と考えられるアニールによる構造変化に関しては、十分な情報が未だに得られておらず、化学分析から見積もられる僅か2, 3%程度の酸素量の違いが、どのようにして超伝導発現というバルク物性の変化につながるかはわかっていません。僅かな構造変化が誘因と考えられるバルク物性の変化は、電子ドーピング SrTiO_3 のTiサイトをMn置換することで起こる熱伝導率の低減と熱起電力の増大、あるいは、微量Tiドーピングが引き起こす $\text{Ca}_3\text{Ru}_2\text{O}_7$ の金属絶縁体転移にも見られ、より一般的な現象である様相が伺えます。そこで本プロジェクトでは複数の量子ビーム、複数の測定手法を駆使して、僅かな構造変化が如何にバルク物性の発現につながるかを研究します。これにより局所構造が誘起する創発現象の研究を、強相関電子系におけるひとつの潮流にしたいと考えています。

プロジェクトリーダー：

藤田 全基 (東北大)

プロジェクトメンバー：

門野 良典 (KEK)

小嶋 健児 (KEK)

大友 季哉 (KEK)

横尾 哲也 (KEK)

中尾 裕則 (KEK)

神山 崇 (KEK)

石川 喜久 (KEK)

宮崎 正範 (室蘭工大)

木村 宏之 (東北大)

鈴木 謙介 (東北大)

遠山 貴巳 (東京理科大)

足立 匡 (上智大)

吉田 鉄平 (京大)

椋田 秀和 (阪大)

石井 賢司 (原研)

森 道康 (原研)

鬼柳 亮嗣 (J-PARC)

梶本 亮一 (J-PARC)

山瀬 博之 (物材機構)

菊川 直樹 (物材機構)