

量子多体系における非従来型超伝導や スピン輸送などの物性理論研究

量子多体物理学：市岡優典 大成誠一郎 安立裕人

研究分野：物性理論

固体中の電子や原子ガスを極低温まで冷やすと超伝導・超流動など多粒子系での量子力学的効果があらわれ、様々な興味深い現象が起こります。

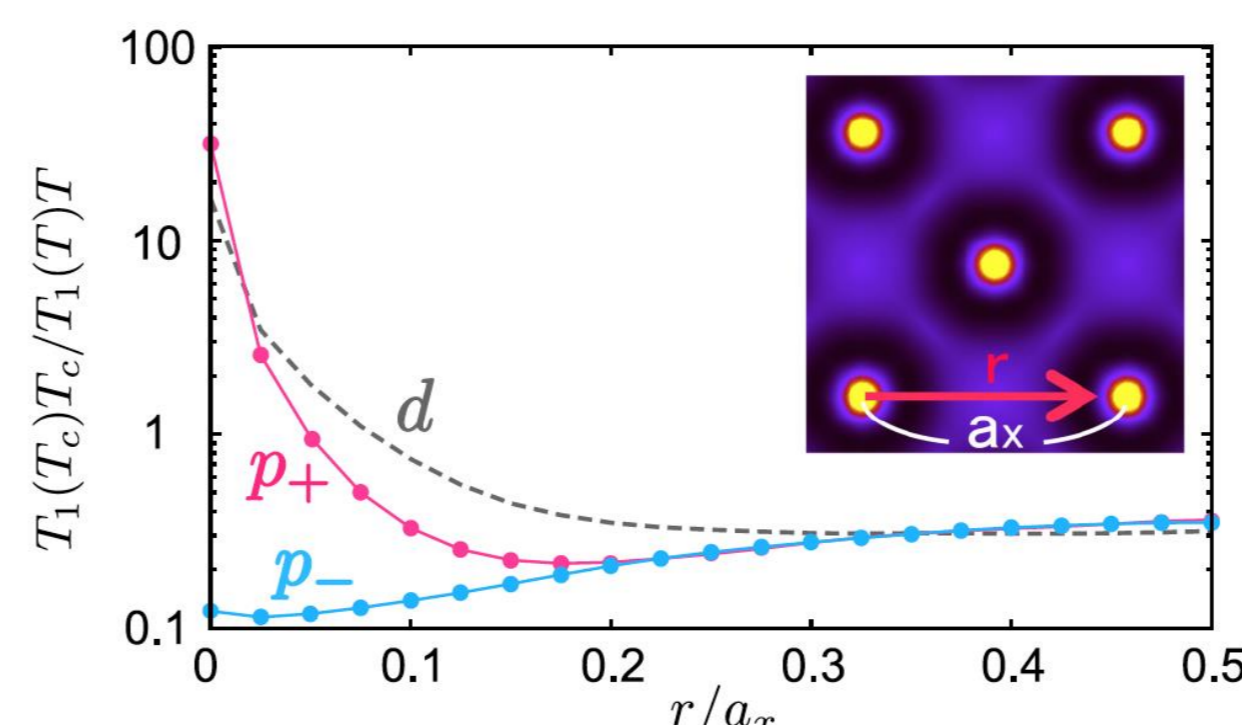
これらの量子多体系の現象に関する理論的な理解をめざし、量子統計力学による理論解析やコンピュータ計算などによる研究を行っています。



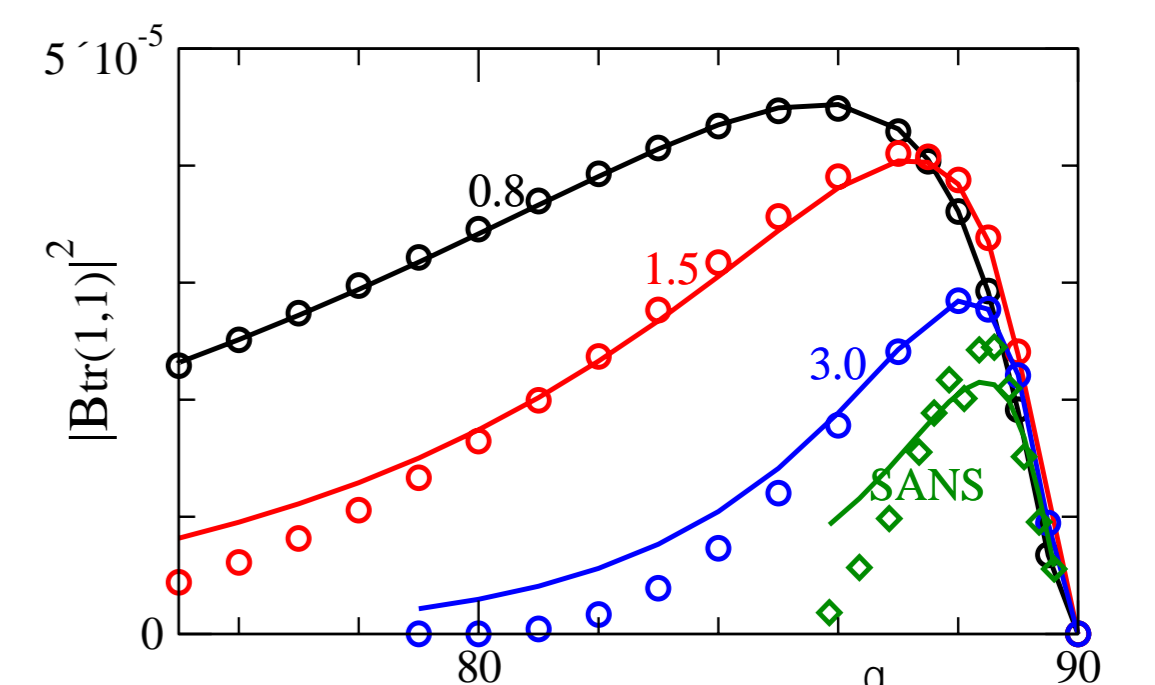
磁束渦糸状態を通して新しい超伝導体の機構を探る

磁束渦糸や界面など超伝導が局所的に壊れた所に、非従来型超伝導やトポロジカル超伝導の特徴が出現します。

このような超伝導の空間変化構造や、磁場中での超伝導体の様々な物性に関する理論計算により、非従来型超伝導体の超伝導機構を解明する研究を進めています。



渦糸格子状態における核磁気緩和率 $(T_1 T)^{-1}$ の空間変化。カイラル p 波の p_+ 状態と p_- 状態、d 波超伝導の違いを渦糸中心からの距離 r の関数として示している。
[Phys. Rev. B **93**, 094507 (2016).]

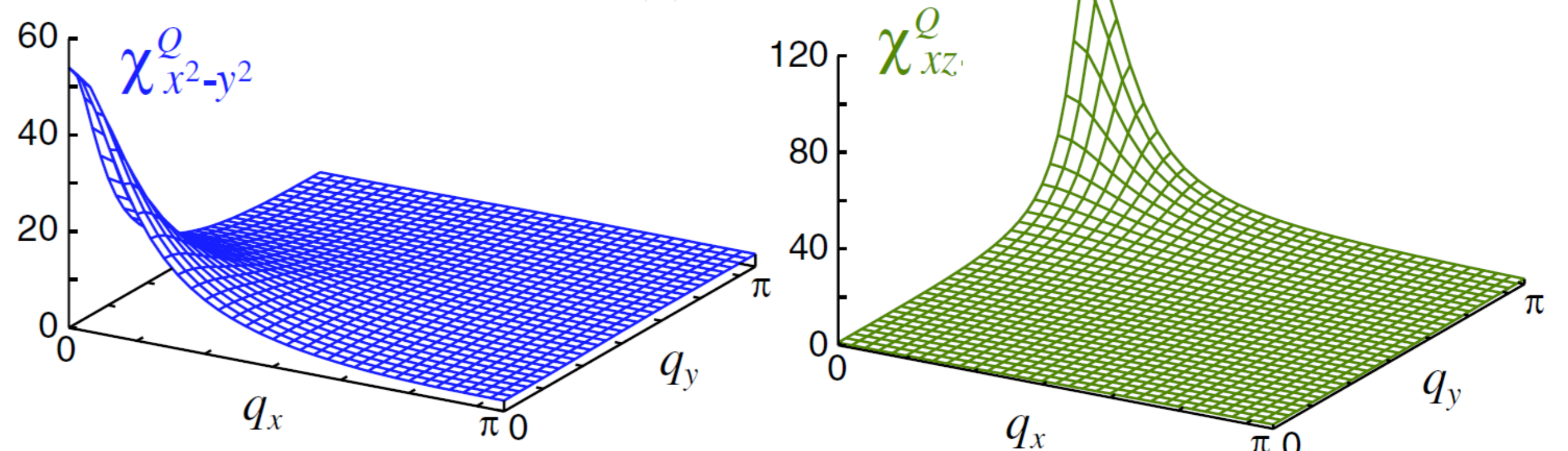


磁束線格子構造因子の横成分の磁場方位 θ 依存性。磁場の大きさ 0.8, 1.5, 3.0 の計算結果と Sr_2RuO_4 の中性子小角散乱 (SANS) 実験データを示している。
[Phys. Proc. **81**, 77 (2016); Phys. Rev. B **91**, 144513 (2015).]

強相関電子系における超伝導発現機構・輸送現象

電子間斥力が強い系である強相関電子系において、従来のBCS理論を超えた超伝導転移温度の高い特異な超伝導が発現します。

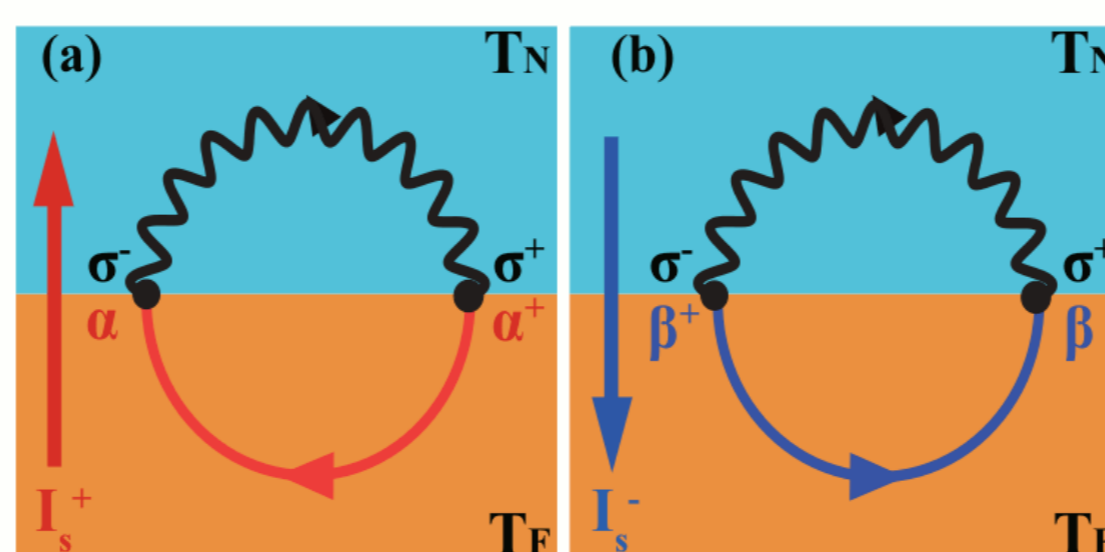
強相関電子系における新しい超伝導発現機構の解明や未発見な高温超伝導体の理論からの追求及び、電気抵抗や熱起電力等の輸送現象の研究を進めています。



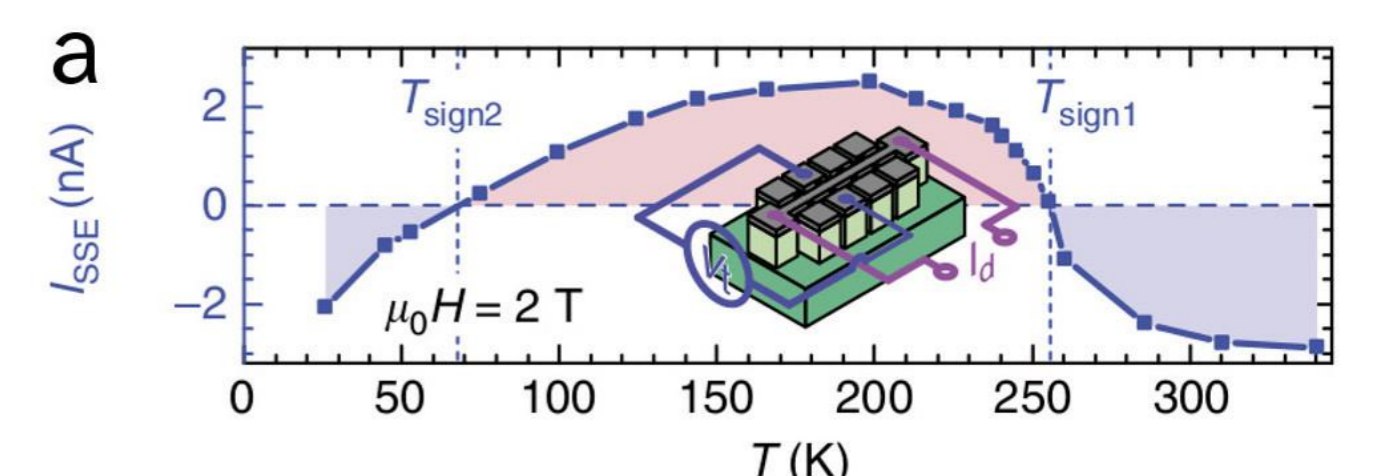
高次多体効果を取り込んで計算した鉄系超伝導体 LaFeAsO の電気四重極 (軌道) 感受率左図の $q=(0,0)$ の発散的なピークは実験で観測されている斜方晶構造相転移に対応する。これらの軌道揺らぎに媒介される超伝導は強相関電子系にもかかわらず、超伝導ギャップ関数に符号反転がないという特殊なものとなる。
[Phys. Rev. Lett. **112**, 187001 (2014).]

スピントロニクス・スピン流の物理

電子は電荷の自由度に加えてスピン (磁気) の自由度を持っています。このスピンの自由度を積極的に利用する電子技術はスピントロニクスと呼ばれますが、当研究室では、スピン (磁気) の流れであるスピン流に着目した基礎研究を進めています。



フェリ磁性体におけるスピン流を記述するファインマンダイアグラム。極性がプラスとマイナスの二つのスピン流が存在し、この二つの大きさによって全スピン流の符号が反転する。
[Phys. Rev. B **87**, 014423 (2013).]



- フェリ磁性体 $\text{Gd}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$ 中のスピントロニクス効果 (= 熱によるスピン流生成) の温度依存性の実験結果。二つの符号反転が見られる。
- 理論計算されたスピントロニクス効果の温度依存性。二つの符号変化を再現できる。
[Nat. Commun. **7**, 10452 (2016).]

