

高分解能角度分解光電子分光による 高機能物質における新たな量子物質相の探索

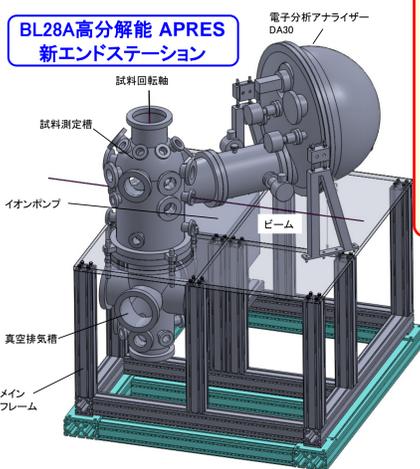
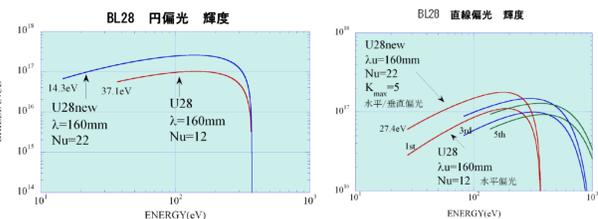
実験組織 研究代表者： 高橋 隆（東北大学原子分子材料科学高等研究機構）
佐藤宇史、相馬清吾、中山耕輔、菅原克明(東北大)、藤森淳、堀尾真史(東大理)、吉田鉄平(京大)、斉藤智彦、大川万里生(東理大理)、石坂香子、下志万貴博(東大工)、組頭広志、小野寛太(PF物構研)

課題有効期間 平成27年4月 ~ 平成30年3月(3年間)

研究目的 本課題では、物質の背後にある空間反転・時間反転・結晶点群対称性などの様々な対称性が、如何にして新たな量子物質相の発現と関わるかを明らかにするために、BL28において偏光可変高輝度光を利用した高分解能角度分解光電子分光エンドステーションを新たに建設する。これを用い、トポロジカル絶縁体、グラフェン、鉄系高温超伝導体、ラシュバ系物質などの物質群における基盤電子状態を高精度で直接決定することによって、物質の対称性と電子構造の関連を明らかにし、特異物性発現機構を解明することを目的とする。

実験ステーション Photon Factory BL-28高分解能角度分解光電子分光装置

BL28 横、左右円偏光 → 縦、横、左右円偏光
アンジュレーター更新マグネットの増強 → 輝度 2倍
新しい偏光特性・高輝度を活かすことができる
新たな高分解能ARPESエンドステーションの建設

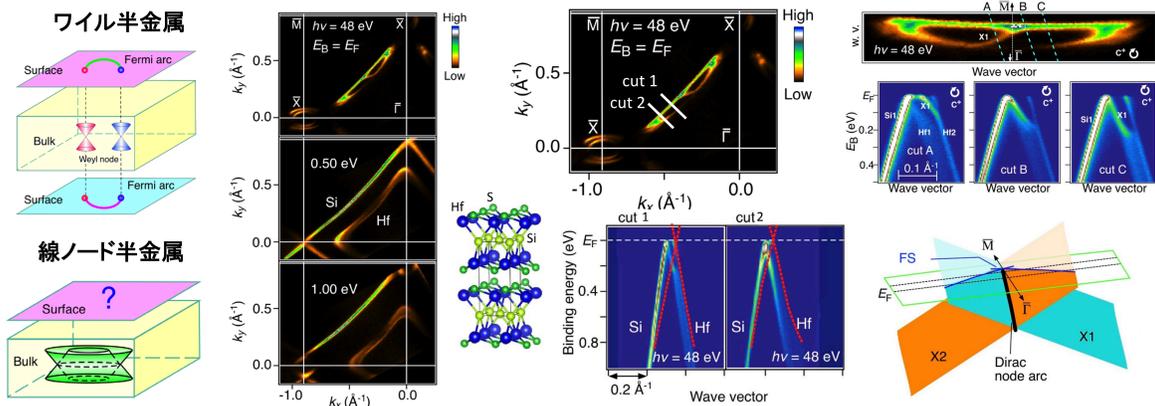


- 高分解能 $E/\Delta E \sim 4000, \Delta E < 1\text{meV}$
 - 取り込み角の向上 $14^\circ \rightarrow 34^\circ$
 - 光電子イメージの2次元マップ
分析器の取り込みポイント(角度)を電子偏向により操作
- 試料を回転させずにARPES測定
光の入射角固定 真の偏光依存性

- 建設スケジュール —
- 2017年3月 ビームラインドッキング、全体調整
 - 2017年4月 運用テスト開始
 - 2017年5-10月 測定解析ソフトウェア製作
 - 2017年11月 実際の試料による本格運転

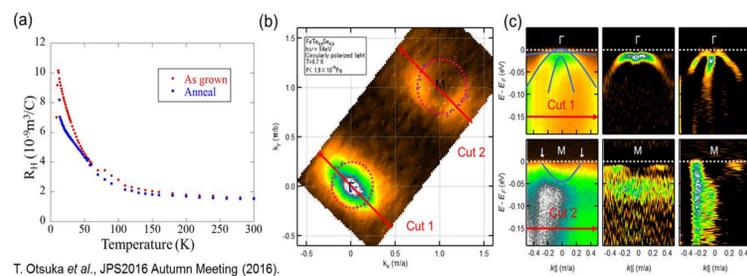
2016年度の研究成果・進捗状況

トポロジカル線ノード半金属 HfSiSの電子構造



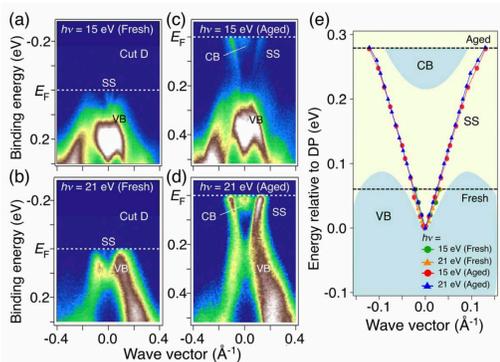
トポロジカル線ノード半金属候補物質であるHfSiSの高分解能ARPES実験を行い、この物質が正方形の一次元線形状を示すエネルギー縮退をもつこと、さらに一次元的に縮退線が伸びるX字型の表面状態を観測した。この表面状態は理論的に予測されておらず、トポロジカル線ノード半金属のトポロジカルな性質に対して新たな見地を与える[1]。

鉄系高温超伝導体の微細電子構造



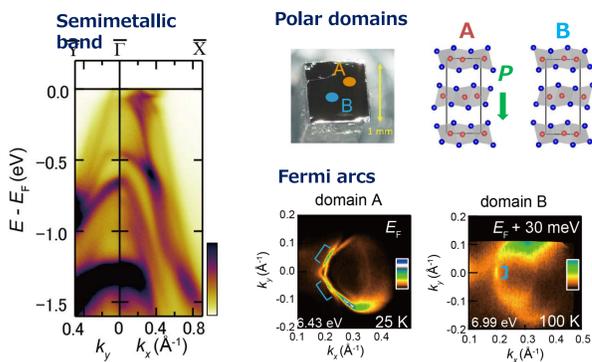
鉄系超伝導体FeTe_{0.8}Se_{0.2}のフェルミ面マッピングを行い、正のホール係数からの予想とは逆に、電子的なフェルミ面が支配的であることを見出した。輸送現象と電子構造の間の矛盾を説明するために、今後は準粒子の寿命のフェルミ面依存性、k空間内の異方性を精密に調べる予定である。

トポロジカル超伝導候補物質 TI_xBi₂Te₃



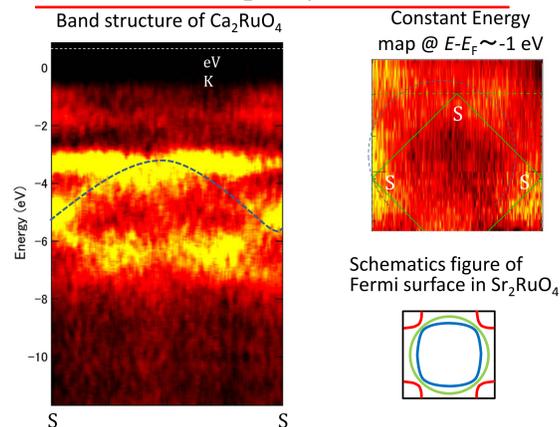
トポロジカル超伝導候補物質TI_{0.5}Bi₂Te₃については、表面ディラックコーン電子状態がバルク価電子帯からよく離れていることから、この物質が2次元トポロジカル超伝導のプラットフォームになり得ると結論した[4]

トポロジカルワイル半金属MoTe₂



トポロジカルワイル半金属の候補であるMoTe₂において、数100μm以下に絞った励起光で単結晶表面を走査することにより、250 K以下の極性相で出現する極性ドメインごとに分離した観測に成功した。それぞれのドメインにおいて異なる形状のフェルミアークを検出し、それらが(001)面と(00-1)面の計算と定性的に良い一致を示すことを明らかにした[5]。

モット絶縁体Ca₂RuO₄のバンド分散



モット絶縁体(左図)低温絶縁体相のバンド分散。-5 eV付近に点線で示したように酸素の分散が確認できる。フェルミ準位付近(-2 eV以下)にRu 4dのバンド分散が存在する。(右図)EF以下-1 eVの強度マッピング。金属相のSr₂RuO₄のフェルミ面におけるγ面に対応し、d_{xy}軌道の性質を有していると考えられる。

発表論文

- [1] D. Takane, Z. Wang, S. Souma, K. Nakayama, C. X. Trang, T. Sato, T. Takahashi, and Y. Ando, Phys. Rev. B **94** (2016) 121108(R)
- [2] S. Souma, Z. Wang, H. Kotaka, T. Sato, K. Nakayama, Y. Tanaka, H. Kimizuka, T. Takahashi, K. Yamauchi, T. Oguchi, K. Segawa, and Y. Ando, Phys. Rev. B **93** (2016) 161112(R)
- [3] T. Otsuka et al., JPS2016 Autumn meeting (2016).
- [4] C. X. Trang, Z. Wang, D. Takane, K. Nakayama, S. Souma, T. Sato, T. Takahashi, A. A. Taskin, and Y. Ando, Phys. Rev. B **93** (2016) 241103(R)
- [5] M. Sakano, M. S. Bahrany, H. Tsuji, I. Araya, K. Ikeura, H. Sakai, S. Ishiwata, K. Yaji, K. Kuroda, A. Harasawa, S. Shin, and K. Ishizaka, Phys. Rev. B **93** (2017) 121101(R).
- [6] N. Okamura, M. Okawa, K. Ono, H. Kuwahara, and T. Saitoh, JPS2016 Autumn meeting (2016).