

# マイクロARPESによる 新奇トポロジカル物質の特異電子状態の解明

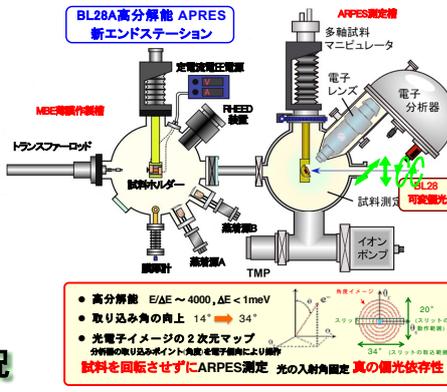
**実験組織** 研究代表者: 佐藤宇史 (東北大学材料科学高等研究所)  
相馬清吾、菅原克明、中山耕輔、組頭広志(東北大)、吉田鉄平、大槻太毅(京大)、齋藤智彦、芝田悟朗(東理大理)、  
石坂香子、坂野昌人、小林正起(東大工)、北村未歩(PF物構研)、堀場弘司(QST)

**課題有効期間** 2021年4月 ~ 2024年3月 (3年間)

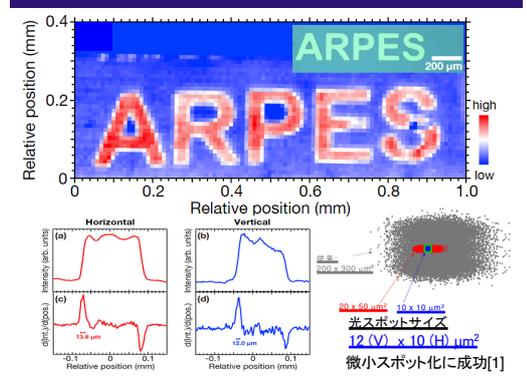
**研究目的** トポロジカル絶縁体の発見を契機にして、新型トポロジカル物質の探索とデバイス応用のための研究が進んでいる。これまでARPESは、ギャップレス表面・バルク状態を直接観測することで、トポロジカル物性探索の駆動力となってきた。一方で、その研究対象は観測が比較的容易な結晶「表面」に集中しており、**エッジ/ヒンジ状態、側面ディラック電子状態**などの新たなトポロジカル相の実証の鍵となる**局所性の高い空間領域での電子構造の解明が殆ど進んでいない**。本研究では、BL28における**マイクロARPESエンドステーションの整備・改良**を行って、空間分割した電子状態を直接決定することで、原子層トポ絶縁体、高次トポ絶縁体、トポ半金属など、**対称性に起因した特異な局所電子状態の発現が期待される新奇トポロジカル物質を実証**し、低エネルギー励起状態と特異物性発現機構との関連を明らかにすることを目的とする。

## 実験ステーション Photon Factory BL-28A 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

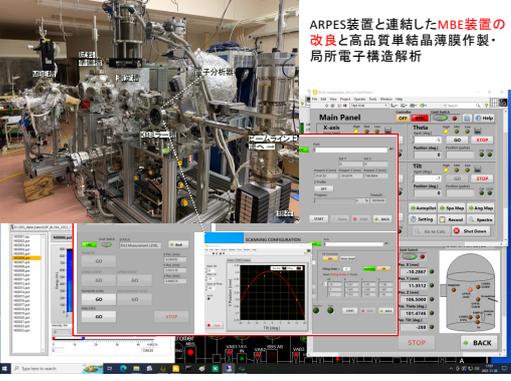


## 昨年度までの状況 マイクロ集光調整とビームスポット評価



## 2022年度の研究成果・進捗状況

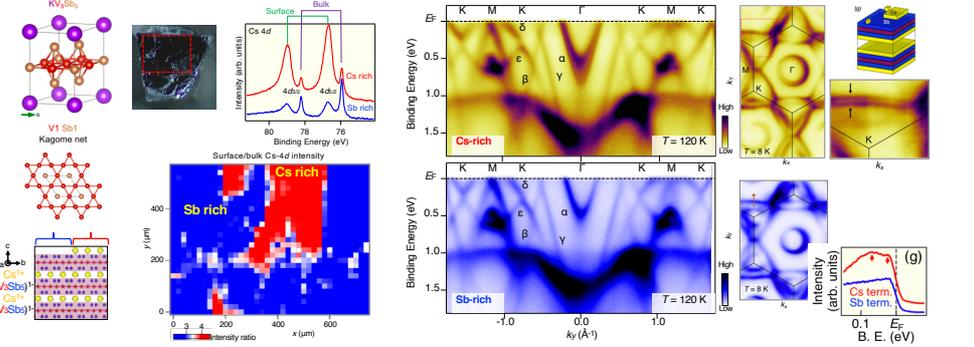
### マイクロARPES装置の整備・改良



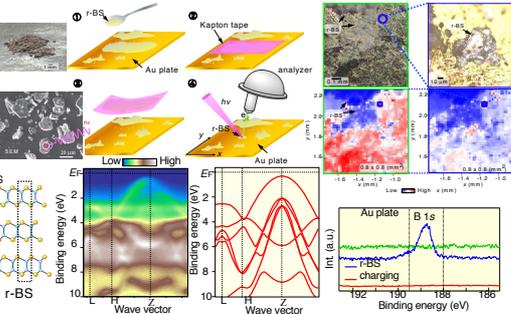
ARPES装置と連結したMBE装置の改良と高品質単結晶薄膜作製・局所電子構造解析

空間マップ測定のためのソフト・ハードウェア改良:最大2倍の高速度を実現

### カゴメ超伝導体CsV<sub>3</sub>Sb<sub>5</sub>における極性表面の電子状態解明

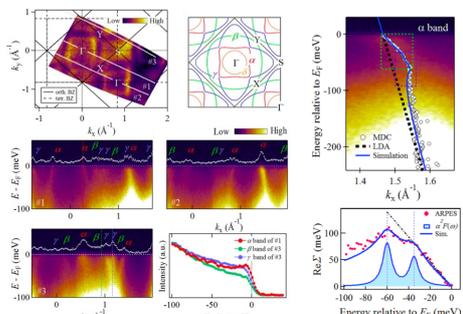


### 粉状微小単結晶におけるARPES法の確立



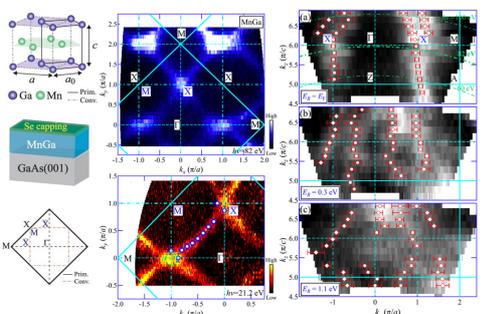
層状半導体 r-BS 微小粉状結晶が、異方的有効質量を持つp型半導体であることを突き止めた[4]。本成果はこれまで計測が困難だった様々な粉状材料や微粒子についての電子状態研究のブレークスルーとなると期待される。

### ルテニウム酸化物における特異な金属的表面状態の観測



トポロジカル超伝導の可能性が指摘されている単層ルテニウム酸化物 Sr<sub>2</sub>RuO<sub>6</sub>の関連物質であるCa<sub>2-x</sub>Sr<sub>x</sub>RuO<sub>6</sub>の低ドープ領域バルク絶縁相において表面金属状態を発見した[5]。

### Mn<sub>1-x</sub>Ga<sub>x</sub>におけるトポロジカル状態との界面混成の観測



トポロジカル絶縁体を用いたスピントロニクスデバイスの強磁性層として用いられているLiO Mn<sub>1-x</sub>Ga<sub>x</sub>の電子構造を決定し、トポロジカル状態との界面混成の様子を明らかにした[6]。

## 発表論文

[1] M. Kitamura, S. Souma, A. Honma, D. Wakabayashi, H. Tanaka, A. Toyoshima, K. Amemiya, T. Kawakami, K. Sugawara, K. Nakayama, K. Yoshimatsu, H. Kumigashira, T. Sato, and K. Horiba, Rev. Sci. Instrum. **93**, 033906 (2022).  
[2] T. Kato, Y. Li, K. Nakayama, Z. Wang, S. Souma, M. Kitamura, K. Horiba, H. Kumigashira, T. Takahashi, and T. Sato, Phys. Rev. B **106**, L211112 (2022).  
[3] T. Kato, Y. Li, K. Nakayama, Z. Wang, S. Souma, F. Matsui, M. Kitamura, K. Horiba, H. Kumigashira, T. Takahashi, Y. Yao, and T. Sato, Phys. Rev. Lett. **129**, 260402 (2022).  
[4] K. Sugawara, H. Kusaka, T. Kawakami, K. Yanagizawa, A. Honma, S. Souma, K. Nakayama, M. Miyakawa, T. Taniguchi, M. Kitamura, K. Horiba, H. Kumigashira, T. Takahashi, S.-I. Orimo, M. Toyoda, S. Saito, T. Kondo, and T. Sato, Nano Lett., online publication (2023).  
[5] D. Ootsuki, A. Hishikawa, T. Ishida, D. Shibata, Y. Takasuka, M. Kitamura, K. Horiba, Y. Takagi, A. Yasui, C. Sow, S. Yonezawa, Y. Maeno, and T. Yoshida, J. Phys. Soc. Jpn. **91**, 114704 (2022).  
[6] M. Kobayashi, N. H. D. Khang, T. Takeda, K. Araki, R. Okano, M. Suzuki, K. Kuroda, K. Yaji, K. Sugawara, S. Souma, K. Nakayama, K. Yamauchi, M. Kitamura, K. Horiba, A. Fujimori, T. Sato, S. Shin, M. Tanaka, and P. N. Hai, Phys. Rev. Mater. **6**, 074403 (2022). 他