

角度分解光電子分光による BaIr<sub>2</sub>Ge<sub>7</sub> の電子状態観測Electronic structure of BaIr<sub>2</sub>Ge<sub>7</sub> studied by angle-resolved photoemission spectroscopy

石田達弘<sup>1\*</sup>, 大槻太毅<sup>1</sup>, 高須賀幸恵<sup>1</sup>, 菱川愛佑子<sup>1</sup>, 北村未歩<sup>2</sup>, 堀場弘司<sup>2</sup>, 組頭広志<sup>2,3</sup>,  
石田茂之<sup>4</sup>, 伊豫彰<sup>4</sup>, 永崎洋<sup>4</sup>, 川島健司<sup>4,5</sup>, 柳陽介<sup>4,5</sup>, 吉田鉄平<sup>1</sup>

<sup>1</sup>京都大学大学院人間・環境学研究科, 〒606-8501 京都市左京区吉田二本松町

<sup>2</sup>高エネルギー加速器研究機構, 物質構造科学研究所, 放射光科学研究施設, 〒305-0801 つくば市大穂 1-1

<sup>3</sup>東北大学多元物質科学研究所, 〒980-8577 仙台市青葉区片平二丁目 1 番 1 号

<sup>4</sup>産業技術総合研究所, 〒305-8568 つくば市梅園 1-1-1

<sup>5</sup>株式会社イムラ材料開発研究所, 〒448-0032 刈谷市朝日町二丁目 1 番地

T. Ishida<sup>1\*</sup>, D. Ootsuki<sup>1</sup>, Y. Takasuka<sup>1</sup>, A. Hishikawa<sup>1</sup>, M. Kitamura<sup>2</sup>, K. Horiba<sup>2</sup>, H. Kumigashira<sup>2,3</sup>,

S. Ishida<sup>4</sup>, A. Iyo<sup>4</sup>, H. Eisaki<sup>4</sup>, K. Kawashima<sup>4,5</sup>, Y. Yanagi<sup>4,5</sup>, T. Yoshida<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Human and Environmental Studies, Kyoto University, Sakyo-ku, Kyoto 606-8501, Japan

<sup>2</sup>High Energy Accelerator Research Organization, Institute of Materials Structure Science, Photon Factory, Tsukuba, 305-0801, Japan

<sup>3</sup>Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials, Tohoku University, Sendai 980-8577, Japan

<sup>4</sup>National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Tsukuba 305-8568, Japan

<sup>5</sup>IMRA Material Research and Development Company, Kariya 448-0032, Japan

## 1 はじめに

近年、ラットリングによる熱伝導度の低下や電子-格子相互作用が注目を浴びている。ラットリングが起きる物質として、 $\beta$ -パイロクロア酸化物やクラスレート化合物、スクッテルダイト化合物が報告されている。これらの化合物は強い共有結合により形成される籠状構造と、その中に弱く結合したゲスト原子を内包するという共通点を持つ。籠状構造の形成する平坦なポテンシャルによりゲスト原子は非調和振動を行い、熱伝導度や電子-格子相互作用の異常をもたらしている。本研究で扱う BaIr<sub>2</sub>Ge<sub>7</sub> はゲスト原子 Ba の内包された 2 種類の籠が積層された結晶構造を有しており、 $T_c = 2.5$  K で超伝導を示す<sup>1)</sup>。比熱測定では内包された Ba 原子による非調和振動が観測されている<sup>2)</sup>。一方、X 線構造解析によると、他の籠状化合物に比べ、BaIr<sub>2</sub>Ge<sub>7</sub> のゲスト原子の変位が小さいことが報告されている<sup>1)</sup>。しかし、BaIr<sub>2</sub>Ge<sub>7</sub> に関する実験報告は少なく、ラットリングによる電子-格子相互作用の有無も明らかになっていなかった。

## 2 実験

単結晶 BaIr<sub>2</sub>Ge<sub>7</sub> は Self-flux 法および Arc-melting 法によって作製された<sup>1)</sup>。ARPES 測定は PF BL-28A の SES2002 を用いた。入射光のエネルギーは  $h\nu = 40 \sim 120$  eV であり、エネルギー分解能は 23 meV、測定温度  $T = 22.7$  K である。また、WIEN2K を用いてバンド構造を計算し実験との比較を行った。

## 3 結果および考察

図 1 に BaIr<sub>2</sub>Ge<sub>7</sub> の ARPES スペクトルの結果を示す。 $k_y$ - $k_z$  平面のフェルミ面マッピングでは、ブリルアンゾーン中心付近のスペクトル強度が  $h\nu = 55$  eV

と  $h\nu = 88$  eV で強められており、電子状態が三次元的であることを示している[図 1(a)]。また、 $k_x$ - $k_y$  平面のフェルミ面マッピングでは  $\Gamma$  点から伸びた強度分布からフェルミ面が 2 回対称であることが分かる[図 1(b)]。図 1(c)に  $h\nu = 55$  eV での  $\Gamma$ -Y 方向の ARPES スペクトルとバンド計算結果との比較を示す。赤線はスピン軌道相互作用(SOC)を考慮した計算結果である。バンド計算結果は観測されたバンド分散とよく一致していることから、BaIr<sub>2</sub>Ge<sub>7</sub> は Ir 原子の強い SOC を反映したバンド構造を有していることが分かった。

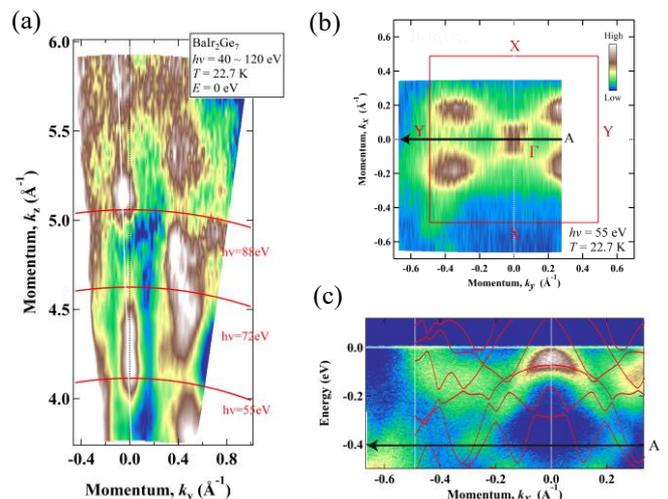


図 1: BaIr<sub>2</sub>Ge<sub>7</sub> の ARPES スペクトル。

(a), (b)はそれぞれ  $k_y$ - $k_z$ ,  $k_x$ - $k_y$  のフェルミ面マッピング (c)は  $\Gamma$ -Y 方向におけるバンド分散および SOC を考慮した計算結果(赤線)

## 参考文献

[1] S. Ishida *et al.*, J. Am. Chem. Soc. **136**, 5245(2014).

[2] J. Guo *et al.*, Phys. Rev. B. **88**, 1(2013).

\*ishida.tatsuhiko.65x@st.kyoto-u.ac.jp