

KAWASAKI Lab.

トポロジカルエレクトロニクス

川崎研究室では、最近大きくクローズアップされている固体中の電子が持つトポロジーの概念を新しいエレクトロニクスに展開する可能性を探っています。

現代社会の発展は、半導体エレクトロニクスに支えられていると言っても過言ではありません。従来の半導体デバイスでは、電子の電荷のみが注目され、量子力学を頭には取り入れず電子同士の相関を考えない一近似的な動作は理解できます。一方で、量子物質と呼ばれる物質群では、量子力学がダイレクトに作用し、電子のスピンや軌道の効果が顕著になります。物性物理学としては学理の大きなジャンプなわけですが、川崎研では一歩進んで機能デバイスに活用する可能性を探っています。その根本にあるのは、「原子レベルで制御した薄膜界面」を作製することで、量子現象を設計・制御する要素技術を明らかにし、さらに、超低消費電力デバイスや新しい創エネルギーデバイスの概念実証研究までを一貫して行っています。

トポロジーの概念が頭になったのは量子ホール効果の発見とその後の理論的な解明に遡ります。様々な物質群で試料を流れる非散逸なトポロジカル電子流を作り出し、その性質を調べています。また、実空間のトポロジカルスピン構造に注目し、新たなデバイスを可能にする要素技術も開発しています。

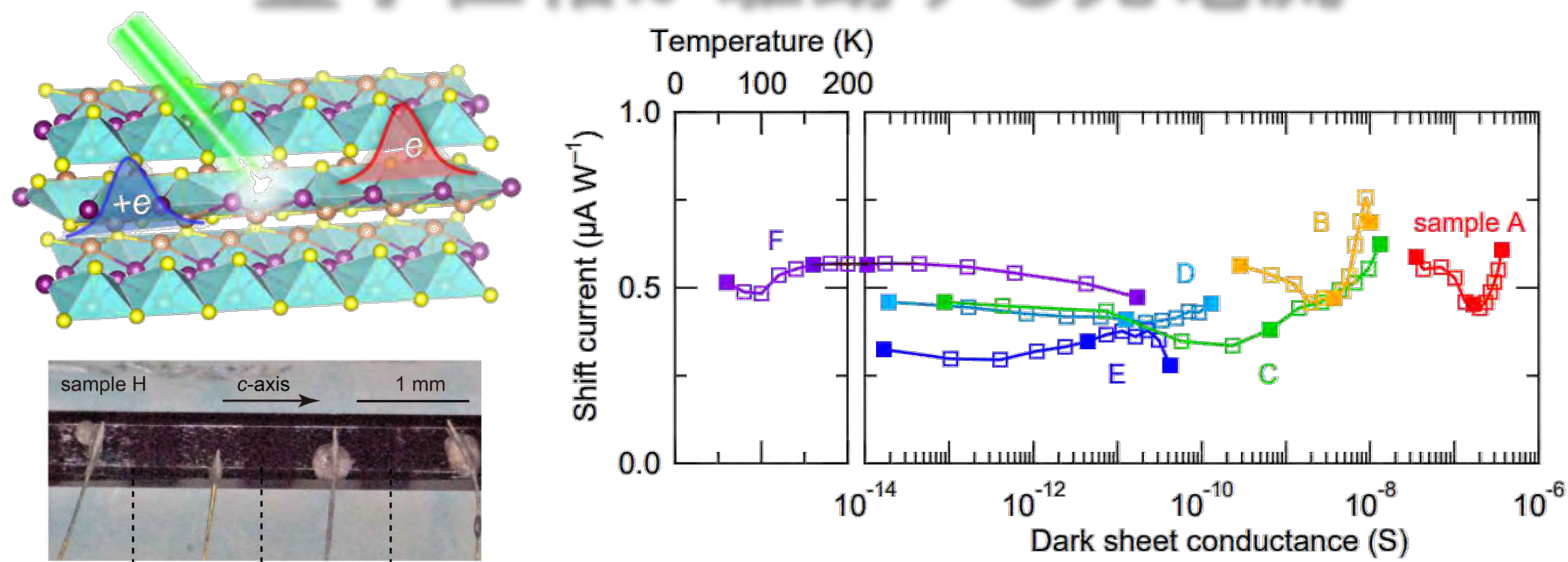


川崎 雅司 教授  
Professor  
Masashi Kawasaki



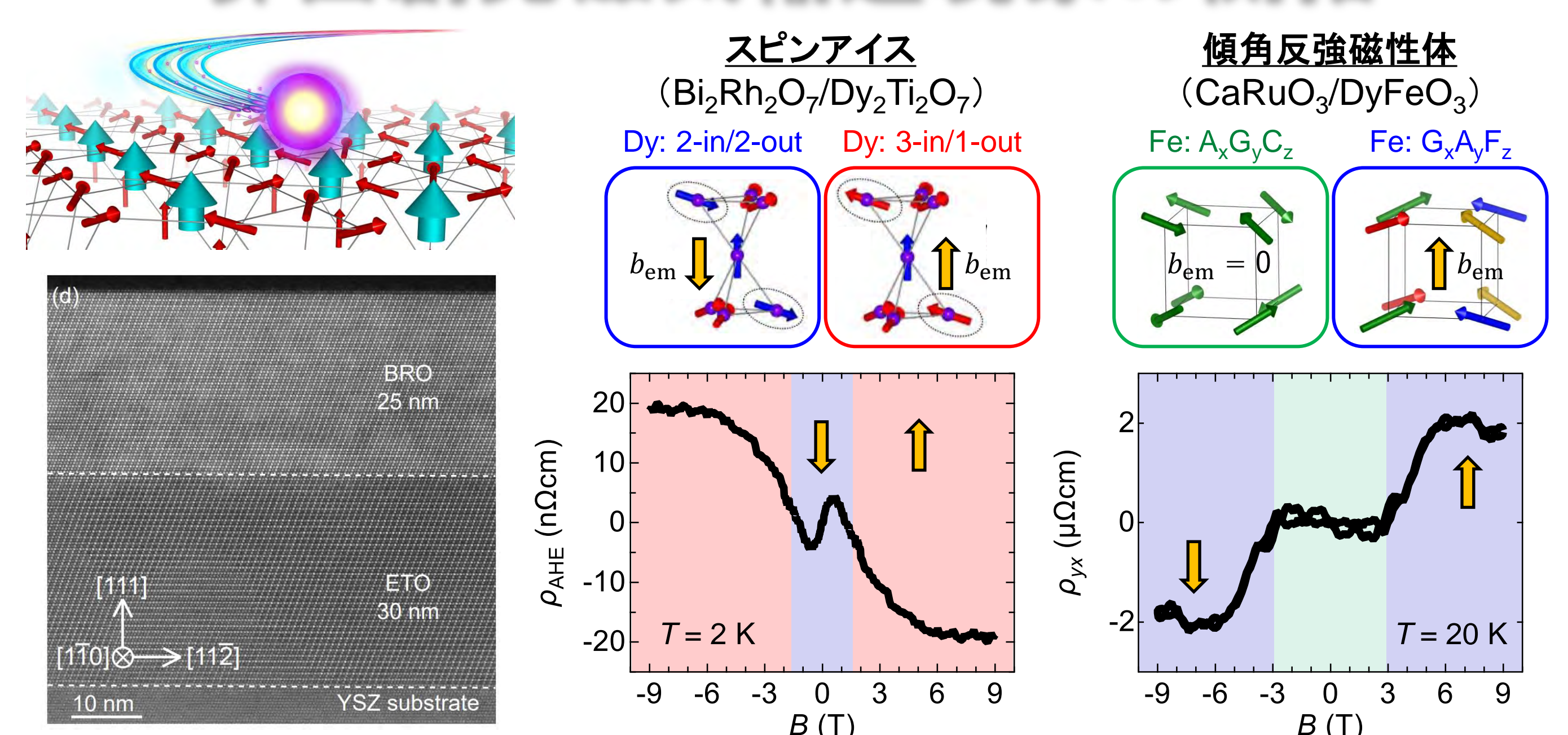
藤田 貴啓 助教  
Research Associate  
Takahiro Fujita

量子位相が駆動する光電流



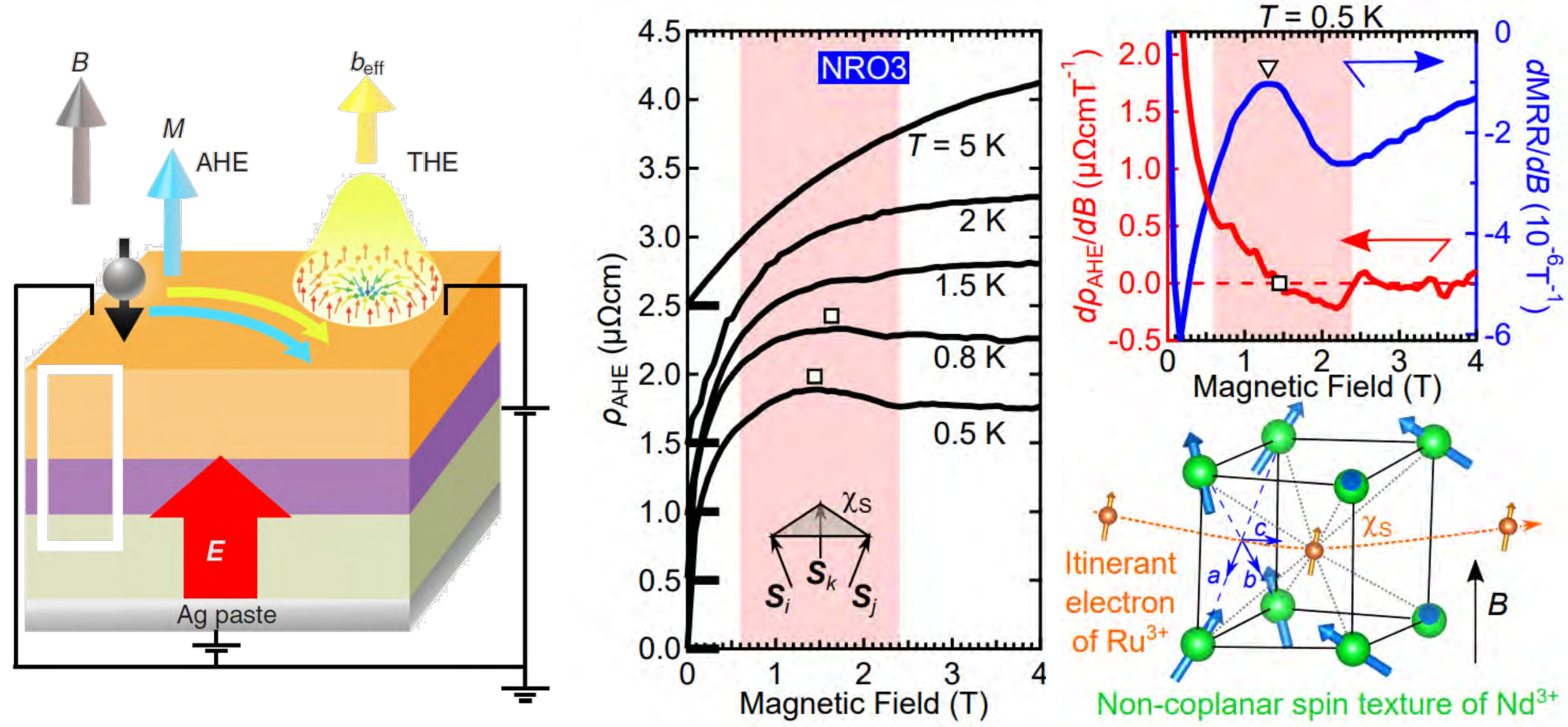
- 光電流の端子依存性 M. Nakamura et al., *Appl. Phys. Lett.* **113**, 232901 (2018)
- SbSIにおけるトポロジカルな光電流 Y. Nakazawa et al., *PNAS* **34**, 20411 (2020)
- SbSIの分子線エピタキシー成長 S. Inagaki et al., *Appl. Phys. Lett.* **116**, 072902 (2020)
- SbSIにおける非局所的な光電流 M. Nakamura et al., *Appl. Phys. Lett.* **116**, 122902 (2020)
- CuIの分子線エピタキシー成長 S. Inagaki et al., *Appl. Phys. Lett.* **118**, 012103 (2021)
- BiI<sub>3</sub>の分子線エピタキシー成長 T. Yasunami et al., *Appl. Phys. Lett.* **119**, 243101 (2021)
- CuIのバンド構造の歪変調 M. Nakamura et al., *Phys. Rev. B* **106**, 125307 (2022)
- PbI<sub>2</sub>の分子線エピタキシー成長 M. Nakamura et al., *Appl. Phys. Lett.* **122**, 073101 (2023)

界面創発磁気輸送現象の開拓



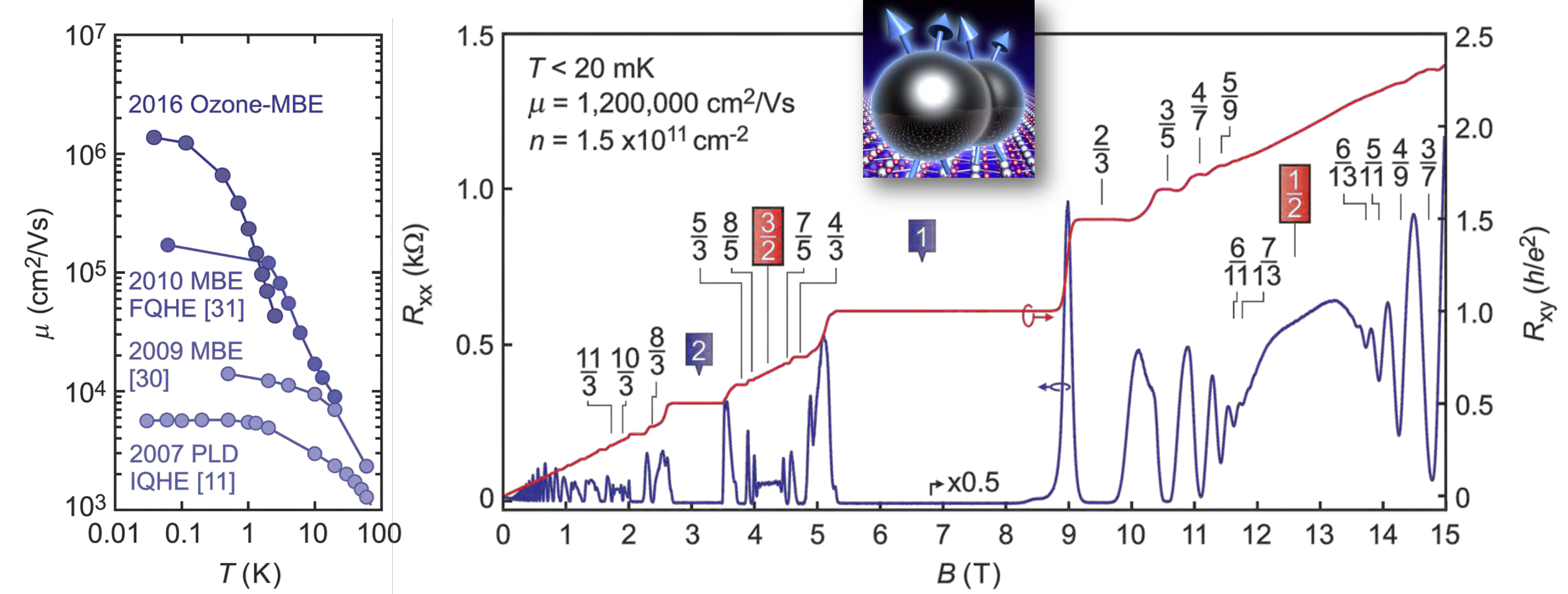
- 新規Bi-Rh-O層状化合物の薄膜化 M. Ohno et al., *APL Materials* **11**, 51107 (2023)
- Bi<sub>2</sub>Rh<sub>2</sub>O<sub>7</sub>の薄膜安定化 M. Ohno et al., *Appl. Phys. Lett.* **122**, 251601 (2023)
- 界面創発磁場のトポロジカルホール効果 M. Ohno et al., *Sci. Adv.* **10**, eadk6308 (2024)
- 巨大界面創発磁場の観測 T. C. Fujita et al., *in preparation* (2024)

磁性トポロジカル酸化物の開拓



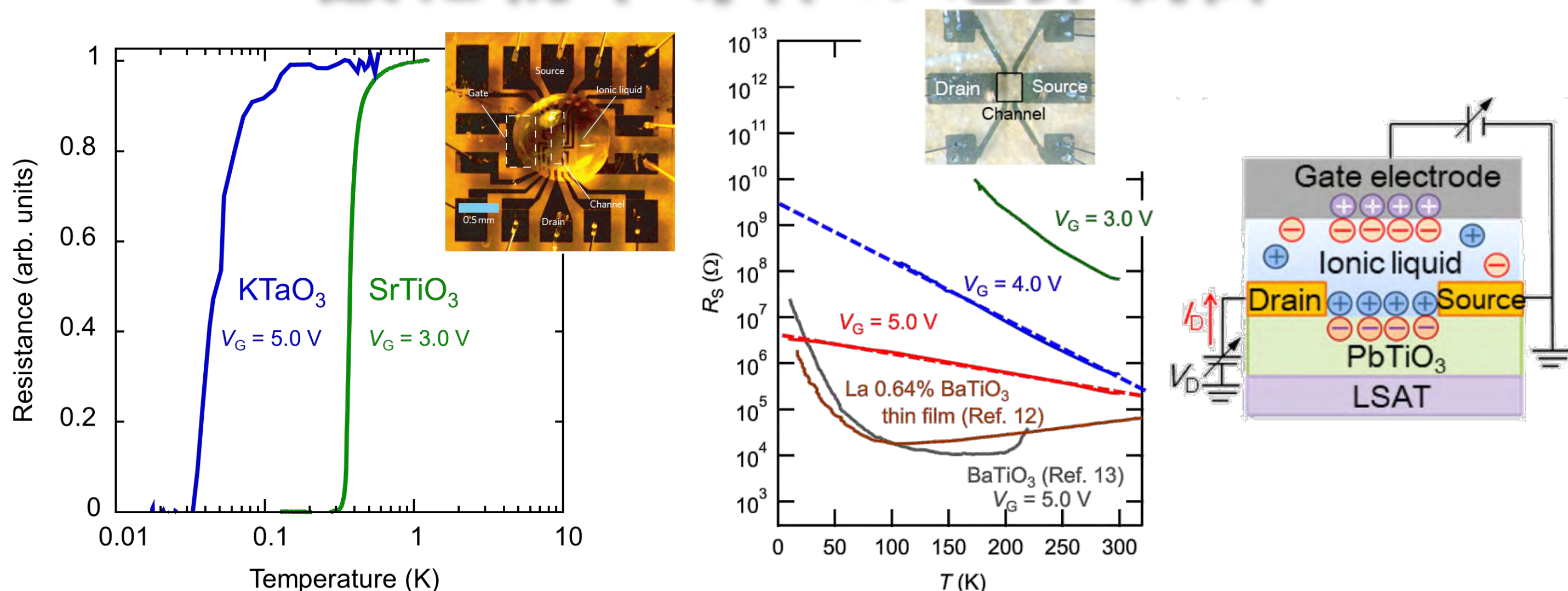
- All-in-all-out磁気ドメイン壁伝導 T. C. Fujita et al., *Phys. Rev. B* **93**, 064419 (2016)
- SrRuO<sub>3</sub>/SrIrO<sub>3</sub>界面誘起トポロジカルホール効果 J. Matsuno et al., *Sci. Adv.* **2**, e1600304 (2016)
- 界面誘起トポロジカルホール効果の電界制御 Y. Ohuchi et al., *Nature Commun.* **9**, 213 (2018)
- CaMnO<sub>3</sub>/CaIrO<sub>3</sub>界面ホール効果の電界制御 R. Nishino et al., *APL Mater.* **10**, 081104 (2022)
- LnRuO<sub>3</sub>薄膜の作製とトポロジカルホール効果 L.-F. Zhang et al., *Commun. Mater.* **5**, 35 (2024)

酸化亜鉛ヘテロ界面の量子ホール状態



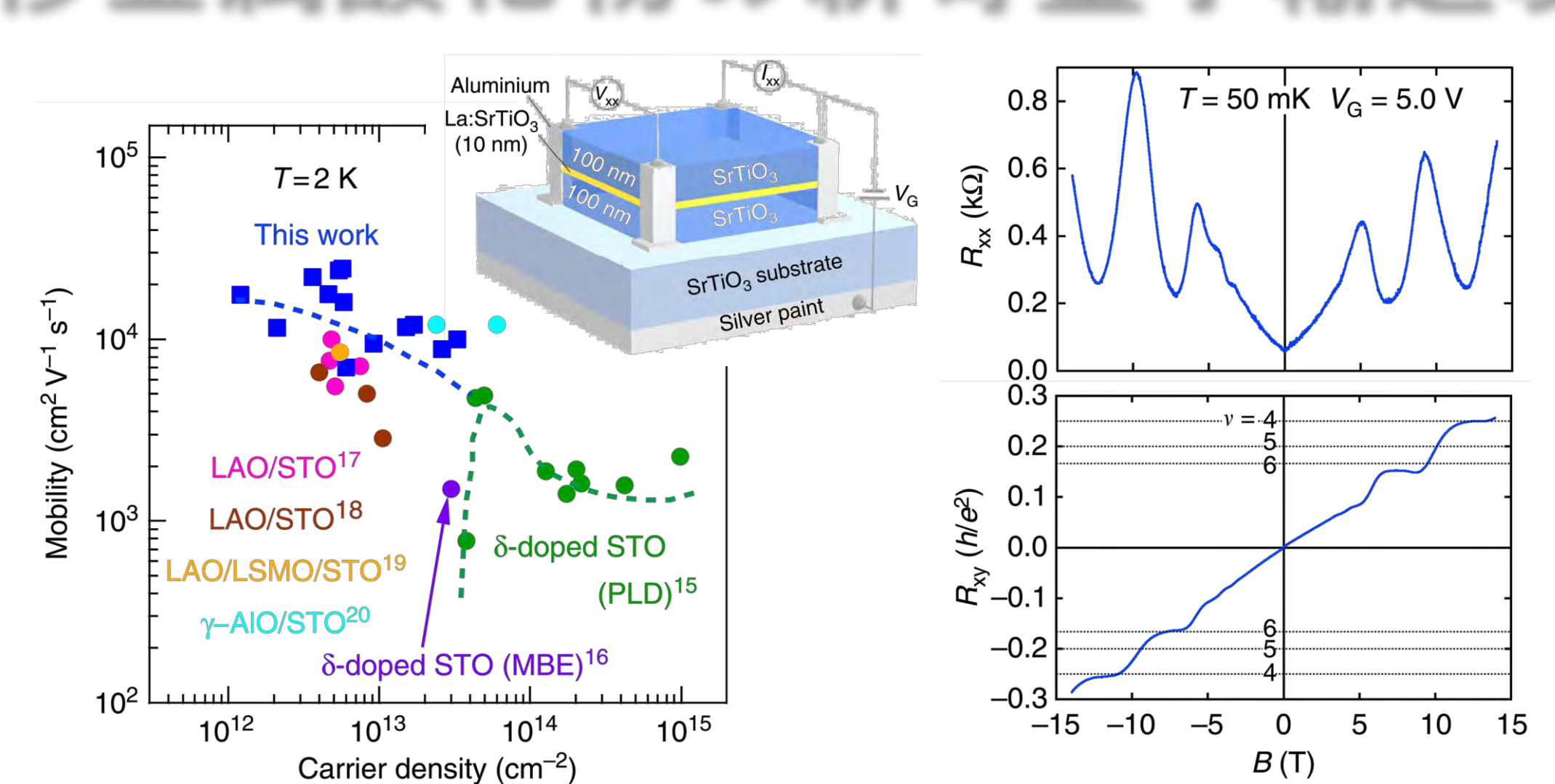
- 整数量子ホール効果 A. Tsukazaki et al., *Science* **315**, 1388 (2007)
- 分数量子ホール効果 A. Tsukazaki et al., *Nature Mater.* **9**, 889 (2010)
- 偶数分母分数量子ホール効果 J. Falson et al., *Nature Phys.* **11**, 347 (2015)
- 移動度10<sup>6</sup> cm<sup>2</sup>/Vs J. Falson et al., *Sci. Rep.* **6**, 26598 (2016)
- Wigner結晶状態 D. Maryenko et al., *Nature Commun.* **9**, 4356 (2018), J. Falson et al., *Nature Mater.* **21**, 311 (2022)

酸化物半導体の電界制御



- 電界誘起超伝導 K. Ueno et al., *Nature Mater.* **7**, 855 (2008), *Nature Nanotechnol.* **6**, 408 (2011)
- 強磁性制御 Y. Yamada et al., *Science* **332**, 1065 (2011)
- 強誘電体表面の金属化 M. Ito et al., *Appl. Phys. Lett.* **104**, 222101 (2014), R. Nishino et al., *Appl. Phys. Lett.* **112**, 051602 (2018)
- 結晶構造制御 S. Nishihaya et al., *Appl. Mater. Interfaces* **8**, 22330 (2016)
- 強誘電ゲートFET R. Nishino et al., *Appl. Phys. Lett.* **113**, 143501 (2018)
- 強誘電体超薄膜の電界制御 R. Nishino et al., *Sci. Rep.* **10**, 10864 (2020)

遷移金属酸化物の新奇量子輸送現象



- SrTiO<sub>3</sub>の超伝導と量子振動 Y. Kozuka et al., *Nature* **462**, 487 (2009)
- SrTiO<sub>3</sub>の量子ホール効果 Y. Matsubara et al., *Nature Commun.* **7**, 11631 (2016)
- La-BaTiO<sub>3</sub>の極性金属状態 K. S. Takahashi et al., *Sci. Rep.* **6**, 26598 (2016)
- EuTiO<sub>3</sub>の異常ホール効果 K. S. Takahashi et al., *Sci. Adv.* **4**, eaar7880 (2018)
- EuTiO<sub>3</sub>の量子振動 K. Maruhashi et al., *Adv. Mater.* **32**, 1908315 (2020)
- (La,Sr)VO<sub>3</sub>のMott転移制御 K. S. Takahashi et al., *APL Mater.* **10**, 111114 (2022)
- La, GdドーブEuTiO<sub>3</sub> N. Takahara et al., *APL Mater.* **11**, 031101 (2023)