

強磁場および粒子相関の制御による 超流動ヘリウム3の トポロジカル量子臨界現象の探求

野村 竜司 / 東京工業大学理学院 助教



のむら・りゅうじ

Heの量子凝縮相が示す多彩で驚きに満ちた現象に惹かれて、boson系とfermion系を問わず研究してきました。 ^4He では主に超流動液体からの結晶化過程を可視化することにより調べてきました。音響放射圧による結晶化 [1] や無重力下の結晶形 [2] など、古典結晶では有り得ない新現象を見ることが出来ました。

超流動 ^3He では、表面状態に興味を持ち調べてきました。超流動 ^3He はスピン3重項p波凝縮状態にあることが確立しています。超流動 ^3He のB相は、3次元の時間反転対称トポロジカル超流体であり、その表面状態が粒子と反粒子が等価なマヨラナ粒子であるとの理論的指摘が出て以来、新たな注目を集めています [3]。私はこのような指摘がされる前から、横波音響抵抗測定により表面アンドレーエフ束縛状態の観測をしていました [4]。この表面状態がトポロジカル物質に特有のバルク-エッジ対応によって生じたギャップレス表面状態であるとの解釈が可能となりました。壁の乱れを系統的に変化させ、乱れが小さいときには表面状態が線形分散関係（マヨラナコーン）を持つことを横波音響抵抗測定から示すことができました。また乱れが大きいつきに、マヨラナ粒子に特有の奇妙な散乱過程に起因する表面状態密度の振る舞いを明らかにしました [5, 6]。

ゼロ磁場・無相関の言わば無摂動状態のマヨラナ表面状態の物理は、我々のこれまでの研究によって、乱れの影響まで含めて有る程度は明らかにされていると言えると思います。本研究の目的は、この無摂動状態に微小な擾乱が加わったときの超流動 ^3He のトポロジカルな安定性を解明することです [7]。磁場の印加や圧力掃引による粒子相関の制御により、マヨラナ粒子が質量を獲得する振る舞いを探究したいと思います。

- [1] Y. Okuda and R. Nomura, J. Phys. Soc. Jpn. **77**, 111009 (2008).
- [2] T. Takahashi, H. Ohuchi, R. Nomura, and Y. Okuda, Science Advances **1**, e1500825 (2015).
- [3] Y. Okuda and R. Nomura, J. Phys.: Cond. Matt. **24**, 343201 (2012).
- [4] Y. Aoki, Y. Wada, M. Saitoh, R. Nomura, Y. Okuda, Y. Nagato, M. Yamamoto, S. Higashitani, and K. Nagai, Phys. Rev. Lett. **95**, 075301 (2005).
- [5] S. Murakawa, Y. Tamura, Y. Wada, M. Wasai, M. Saitoh, Y. Aoki, R. Nomura, Y. Okuda, Y. Nagato, M. Yamamoto, S. Higashitani, and K. Nagai, Phys. Rev. Lett. **103**, 155301 (2009).

1991年京都大学理学部卒業、1998年京都大学大学院理学研究科物理学宇宙物理学専攻博士課程単位取得退学。Northwestern大学研究員、2000年京都大学博士（理学）、東京工業大学大学院理工学研究科物性物理学専攻助手、2007年同助教、2016年東京工業大学理学院物理コース助教、現在に至る。

- [6] S. Murakawa, Y. Wada, Y. Tamura, M. Wasai, M. Saitoh, Y. Aoki, R. Nomura, Y. Okuda, Y. Nagato, M. Yamamoto, S. Higashitani, and K. Nagai, J. Phys. Soc. Jpn. **80**, 013602 (2011).
- [7] K. Akiyama, M. Wasai, M. Mashino, T. Nakao, S. Murakawa, R. Nomura, and Y. Okuda, J. Phys. Soc. Jpn. **84**, 065001 (2015).



図1：超流動液体中を落下する ^4He 結晶。トポロジーとの関連は無い。量子乱流を巻き起こして落下している可能性はあるかも。

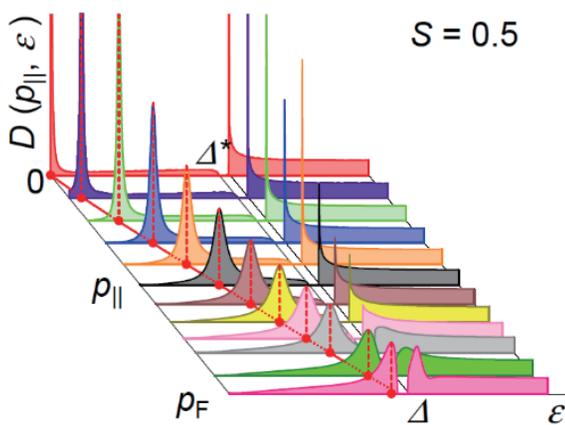


図2：超流動 ^3He -B相の表面マヨラナ状態の分散関係の理論 [6]。 $S=0.5$ は壁の鏡面度を表す。ある程度の乱れが有っても、マヨラナ状態の線形分散関係は生き残る。