

学位申請論文公開講演会

日時：2026 年 2 月 5 日(木) 15:00～16:00

申請者：大宮 悠希 (Uxg 研)

場所：物理会議室 (C207)

題目：Elucidation of intra-cluster medium dynamics of merging clusters with X-ray spectroscopy (X 線分光観測を用いた衝突銀河団の力学的状態の解明)

主論文の要旨

銀河団は宇宙最大の自己重力系であり、その内部には高温プラズマ(ICM)が存在して X 線を放射する。周囲からの物質降着や合体を通じて成長し、とくに銀河団同士の衝突では 10^{64} erg 規模の重力エネルギーが解放され、ICM の加熱、磁場増幅、電子加速などが生じる。これらの物理過程を理解することは、宇宙の大規模構造形成を解明するうえで重要である。

銀河団内プラズマの進化は、温度・密度構造に加えてガス運動によって規定され、内部磁場は粘性や乱流混合を介して輸送現象に影響を与える。衝突・合体過程では、密度と温度が不連続に変化するコールドフロント(CF)が形成され、ガス流動・乱流・磁場構造を探る重要な指標となる。2023 年に打ち上げられた XRISM 衛星の X 線分光装置は、6 keV の鉄輝線に対して 4.5 eV の分解能を持ち、視線方向速度を約 15 km/s の精度で測定できる。

本研究ではこの能力を用いて、代表的な衝突銀河団 Abell 3667(A3667)、A754、A2319 を対象に CF 周辺の速度構造と乱流を調べ、衝突の幾何学や輸送過程を検証した。A3667 では、XMM-Newton の長時間観測を用いた較正を適応して ICM の速度測定を行った結果、視線速度のばらつきを示した (Omiya et al. 2024)。XRISM 観測から CF 内側が視線方向に約+200 km/s、外側ガスが約-360 km/s の流れを示し、前線内外の速度差が約 560 km/s であることを発見した (Omiya et al. 2026)。これは、オフセット衝突により冷たいコアが角運動量を獲得しつつ移動している状態を示す。さらに CF 幅が数 kpc であることを踏まえ、この剪断流速から磁気張力で安定化するには $5.1 \mu\text{G}$ 以上の境界面磁場が必要であることを得た。

次に A754 では、低温コアとその西側に広がる ICM 間に約 600 km/s の視線方向速度差が確認された (Omiya et al. in press)。A2319 では、従来想定されていた平面内回転では説明できない、視線速度構造が存在することがわかった (XRISM collaboration et al. 2025)。

さらに三天体を比較すると、乱流エネルギー密度と GHz 帯シンクロトロン電波放射の関係は天体ごとに異なり、乱流だけでは電波放射を規定しないことが示された。一方で CF 後流に向けて 20 kpc スケールの渦のパワーが増大する傾向が見られ、A3667 と A754 では電波も強くなる兆候が確認され、後流での磁場増幅や電子加速が示唆された。

本研究は、XRISM 分光と既存 X 線データにより三つの衝突銀河団の力学状態を測定し、それぞれの衝突描像を明らかにした。A3667 では視線上のオフセット衝突であることを確定し、CF 磁場を制限した。A754 では同様の段階を、A2319 ではより小規模な擾乱に伴う類似状況を傾いた角度から捉えていることを示した。これらの結果は、衝突の時間軸を与え、衝突銀河団における ICM 流、粘性、磁場構造、電子加速の理解に寄与する。