

## 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、この剪断流速度から磁気張力で安定化するには $5.1 \mu G$ 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、それぞれの衝突画像を明らかにした。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。