

XRISM銀河団観測に基づく電波放射の起源とその物理的制約

○藏原 昂平¹ 中澤 知洋¹ 赤堀 卓也² 西脇 公祐³ 大宮 悠希⁴ 伊藤 大将¹ (1.名古屋大学 2.国立天文台/総研大 3.INAF 4.JAXA)

銀河団内ガスにおける乱流は、銀河団に観測される拡散電波放射を説明するための相対論的電子の再加速および磁場増幅を担う主要な機構と考えられているが、その効率や時間発展、さらには空間スケール依存性には未解明な点が多い。本研究では、XRISMによる複数銀河団の高分解能X線分光観測に基づき、観測される速度分散から乱流エネルギー密度 ϵ_{turb} およびエネルギーフラックス Q_{turb} を評価し、非熱的放射との比較によって加速効率 $\eta_{\text{acc}} = Q_{\text{NT}}/Q_{\text{turb}}$ を導出する枠組みを適用する。特に、XRISM観測から直接制約することが難しい乱流スケール、乱流強度、磁場強度といった主要パラメータに内在する不定性に着目し、これらを系統的に変化させることで、再加速効率および加速時間スケール t_{acc} のパラメータ依存性を包括的に評価する。

その結果、静穏な銀河団Abell 1060や衝突銀河団Coma銀河団などにおいて、典型値を用いた加速効率は $10^{-4} \sim 10^{-3}$ などの低い値に留まる傾向を示し、これは、乱流エネルギーフラックス自体は相対論的電子の再加速を維持するためのエネルギー供給としては十分であることが示唆される。しかしながら、観測される電波構造を再現するために必要な加速時間スケール t_{acc} は、シンクロトロン損失により決まる冷却時間 t_{cool} を上回る傾向があり、現在観測されている乱流のみでは高エネルギー電子の生成が困難であることを示唆する。この結果は、乱流がエネルギー源としては十分であるにもかかわらず、加速効率や時間スケールの観点では制約を受けるという、加速過程の非自明な性質を示している。したがって、過去により強い乱流やAGN活動などによって加速された種電子が存在し、それらが現在の比較的弱い乱流によって再加速・維持されているという進化的シナリオが考えられる。本研究は、これらの結果をパラメータ空間の系統的探索として整理することで、X線と電波の相補的観測から得られる情報を統合し、乱流・磁場・宇宙線を定量的に理解する新たな枠組みを提示することを目指す。