

反磁性効果を考慮したシンクロトロン冷却不安定性による銀河系中心非熱的フィラメントの分裂過程の再解析

○玉木 悠暉¹ 犬塚 修一郎¹ (1.名古屋大学)

近年、MeerKATによる高解像度観測により、銀河系中心領域には多数の非熱的フィラメント (non-thermal filaments; NTFs) が存在することが明らかになっている (Heywood et al. 2022)。NTFsは銀河面に対してほぼ垂直に伸びる細長いシンクロトロン放射構造であり、銀河系中心領域の大局的磁場構造や宇宙線電子の輸送過程を探る重要な手がかりである。しかし、その起源および形成過程は十分に理解されていない。特に、NTFsの中には複数の細い直線状構造がほぼ平行に並んだ「非熱的フィラメント群」が数多く存在し、その束状構造や特徴的な間隔の起源が問題となっている。この形成機構として、シンクロトロン冷却不安定性 (Simon & Axford 1967) により単一のフィラメントが複数の細いフィラメントへ分裂するシナリオが提案されている (Yusef-Zadeh et al. 2022)。しかし、Simon & Axford (1967) では熱平衡状態にあるプラズマに対し、MHD近似を用いて熱的不安定性の解析を行っている。一方、NTFsでは相対論的粒子によるシンクロトロン放射が支配的であるため、非平衡性や無衝突性、粒子的効果が重要になる可能性がある。したがって、Simon & Axford (1967) の解析をNTFsに直接適用できるかは自明ではなく、NTFsの物理条件に即した検証が必要である。

そこで本研究では、まず相対論的荷電粒子がつくる反磁性磁場を数値的に求め、その振る舞いを再現する解析解を導出した。次に、粒子の速度分布に摂動を与え、背景磁場から反磁性磁場を差し引いた実効磁場を用いて線形解析を行った。

本講演では、得られた成長時間および特徴的スケールを Simon & Axford (1967) の解析と比較し、さらに観測される非熱的フィラメント群の典型的な間隔と対応させることで、シンクロトロン冷却不安定性がNTFsの縞状構造の形成機構となり得るかを議論する。