

銀河団のメンバー銀河の運動を模擬する数値実験 (1)：研究目的と概略の手法

○牧島 一夫¹ 正木 彰伍² (1.東京大学 2.中京大学)

銀河団のメンバー銀河は、暗黒物質 (DM) のポテンシャル中で保存運動すると近似できるが、現実には2つの摂動が働く。1つはDMとの重力相互作用による力学摩擦 (DF) で、重い銀河ほど影響される。2つめは、銀河がX線放射プラズマ (ICM) 中を運動する際に受ける動圧抵抗 (RP) で、ICMが銀河ガスを後方へと押しやり、それが星+DMを重力で引き戻す効果によると考えられ (Makishima+01, Gu+20)、ガスリッチで軽い銀河ほど大きな影響を受ける。ただしそれらの第一原理的な定量化には、高解像度のMHDシミュレーションが必要であり、容易ではない。そこで我々は、相補的でより手早い方法として、銀河たちを質点で近似し、ポテンシャル内でのそれらの運動を数値的に追跡し、DFとRPという摂動を模擬的に加えることで、銀河団や銀河の進化がどう影響されるか調べるため、以下の数値実験を開始した。

銀河団ポテンシャルはNFW型の外場として与える。銀河たちはシェヒター型の質量分布に従うとし、半径方向の銀河密度分布と、銀河の速度分散の半径依存性が、観測と合うよう初期条件を調整する。ICMの密度分布には、X線観測から得られた典型的なものを固定して用いる。DFはNath (2008) の解析的な式で与える。RPは銀河質量に依存した相互作用半径 R_{int} を現象論的に定義し、それを通じ銀河とICMが運動量を交換するとして取り込む。計算は約5 Gyrについて行う。

R_{int} の質量依存性をどう表すか、DM:ICM：銀河の総質量の比をどう選ぶかなどが重要なパラメータである。

この研究では以下の現象の説明を目指す。(1a) $z=1$ から $z=0$ にかけて、銀河たちがICMに対し中心に集中して来たという観測事実 (Fig.1; Gu+13, Gu+16) が、DF+RPの効果として再現できるか。定量的には、近傍銀河団で、球対称積分した銀河光度と、同様に積分したICM質量との比 (GLIMR) が、外側に向け減少しており、その結果が再現できるか。(1b) 近傍銀河団では、ICM中の重元素は銀河より外側まで広がる。この結果を自然に説明できるか。(2a) cD銀河団の周辺ではICMの放射冷却時間 < 宇宙年齢だが、冷却流は生じていない (Makishima+01)。RP効果が、冷却流の発生を阻止する加熱源となりうるか (Gu+20)。(2b) 銀河団中心部で観測されるICMのエントロピー過剰を説明できるか。(3) ICMと銀河の相互作用を詳細化したり、銀河間の潮汐効果を含めることで、銀河に働く環境効果や、cD銀河の合体成長を、再現できるか。

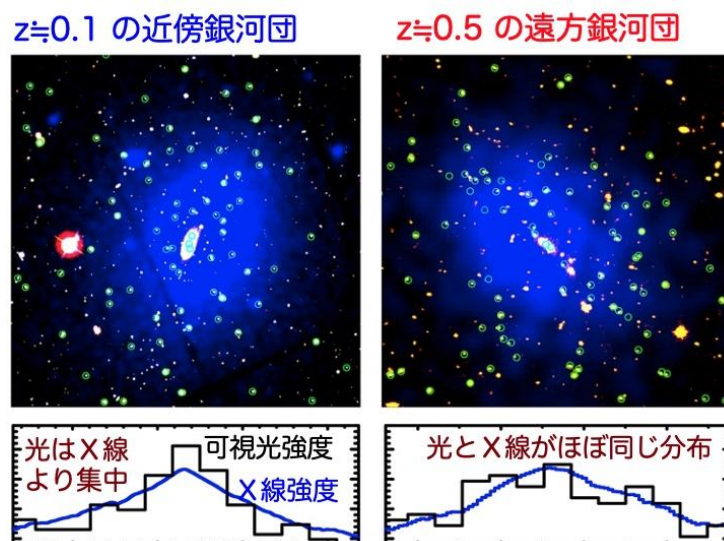


Fig.1. 宇宙論的時間で、メンバー銀河がICMの広がりに対し、中心に落下してきたことを示唆する観測結果。左は近傍、右は遠方銀河団の、それぞれ代表例。上段はX線画像(青)を光学画像に重ねたもので、同定されたメンバー銀河を緑色で示す。下段はX線ガス(青)と銀河(黒)の質量密度分布を1次元に射影して比較したもの。詳細は牧島・Gu・稲田 (天文月報2013年12月号p.796); Gu+13 (ApJ, 767, 15); Gu+16 (ApJ, 826, 72) を参照。