

題目：宇宙論的シミュレーションデータベース Illustris-TNG を用いた銀河周辺物質の速度と元素分布構造の解明

宇宙のエネルギー密度の大半を占めるダークエネルギーとダークマターが大局的構造進化を決めており、通常物質（バリオン）は 5% 程度に過ぎない。宇宙の構造形成・進化を理解する上で我々が現在のところ観測できるのはバリオンのみであるが、その大半は未発見である。この問題は「ミッシングバリオン問題」と呼ばれ、宇宙物理学の重要な課題である。

この未発見のバリオン、ダークバリオンを検出すべく各国で 2030 年代から 2040 年代にかけて X 線バリオン探査計画が検討されている。例えば、日本であれば super DIOS 計画、米国であれば Line Emission Mapper 計画、中国であれば Hot Universe Baryon Surveyor 計画などがある。

ダークバリオンは銀河間空間に分布していると考えられており、宇宙の構造形成を明らかにするには、個々の銀河周辺 (~ 10 kpc)、銀河団周辺 (~ 1 Mpc)、宇宙の大規模構造 (~ 100 Mpc) と階層ごとのバリオン分布を定量的に調べる必要がある。

特に私の卒業研究においては、次世代衛星の検出器感度の評価にも多く使われている宇宙論的シミュレーション Illustris-TNG のデータを用いて、我々の銀河系のような渦巻き銀河や楕円銀河周辺物質の物質構造に注目をし、元素分布等を調べ、銀河内で生成された元素がどのように銀河間空間に供給されたメカニズムなどを解明できたら良いと考えている。具体的には、赤方偏移 0 のスナップショットにおける 130 個以上の天の川銀河に似た銀河カタログと、天の川銀河にもある銀緯南北方向に伸びる X 線で明るい構造である eROSITA バブルに似たものができた銀河カタログ等に注目をし、渦巻き銀河の周りのガスの速度と元素組成を系統的に調べることを考えている。eROSITA バブルに関してはアルファ元素の比率が太陽組成よりも高いという報告がなされており (Gupta et al. Nature Astro., 2023)、この結果は、活動銀河中心核の活動に由来するのではなく、一般に銀河風と呼ばれる大量の重力崩壊型超新星爆発により銀河内のガスが銀河間空間に放出される現象を示唆しており、系統誤差も多く結論づけるには尚早であるとする声もある。この議論に決着をつけるには、次世代の X 線観測を待つ必要があるが、シミュレーションデータを用いて予測をすることができるかもしれない。

また、これらのシミュレーションデータは容量も大きいですが、独自にメモリ展開手法などを開発して解決しており、これまで行ってきた私のコード開発の経験を活かしデータ解析を進めている。また、光学的に薄いプラズマモデルを仮定してシミュレーションを行い、それをもとにした模擬 X 線スペクトルを作成し、実際にどのように将来衛星で観測するべきかの観測戦略の検討もすることを考えている。2023 年には高いエネルギー分光能力を実現する X 線分光撮像衛星「XRISM」の打ち上げが予定されており、可能であれば、高精度の分光観測データとの比較も行いたいと考えている。