

研究課題名

すばる超広視野分光器での観測に向けた原始銀河団中ガスの化学進化の研究

福島啓太 (大阪大学)

利用カテゴリ XC-B

○ 背景

近年、銀河団の前駆体と考えられる高密度領域 (原始銀河団) が高赤方偏移 $z \geq 3$ にて見つかっている。原始銀河団に属する銀河では星形成が活発であり、他の領域に比べ早期から金属が生成される。そのため原始銀河団は宇宙の化学進化の理解に重要な天体である。超新星爆発や小・中質量星の末期段階である AGB 星などにより異なった組成比で金属は生成される。2022 年度から、すばる超広視野分光器 Prime Focus Spectrograph (PFS) を用いた原始銀河団領域の観測が始まり、原始銀河団中ガスの分布や元素組成比が明らかになる。そこで星形成が活発な赤方偏移 $1 \leq z \leq 3$ での原始銀河団中ガスの元素組成比分布の起源やその進化を理論的に明らかにするため XC50 システムを用いて研究を行った。

○ 手法

所属する研究室では、超新星爆発フィードバックモデルとして従来の熱的フィードバックだけでなく衝撃波による運動量フィードバックも考慮した宇宙論的流体シミュレーションコード GADGET3-Osaka [1][2] を開発している。化学進化計算ライブラリ CELib [3] も実装しており、Ia 型・II 型超新星爆発、AGB 星による金属生成も同時に解くことができる。今回この GADGET3-Osaka を用いて原始銀河団のシミュレーションを行った。原始銀河団は非常に珍しい領域のため、ボックスサイズ $(1\text{Gpc}/h)^3$ の N 体計算を行い、観測されている原始銀河団と同質量のハローを同定した。このハローは $z = 0$ で $1.1 \times 10^{15} M_{\odot}$ に成長する。同定したハローに対しズームイン手法によって流体計算を行い、原始銀河団中ガスの元素組成比進化を調べた。

○ 結果

図 1 は本研究のシミュレーションでの原始銀河団領域の一部のガス柱密度を示している。

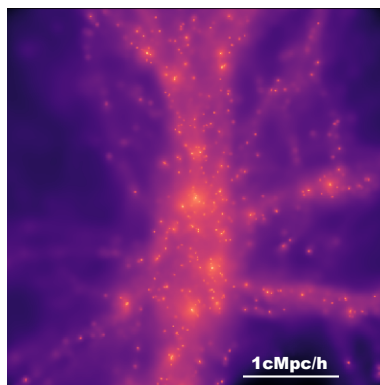


図 1: $z = 2$ における原始銀河団のシミュレーション。原始銀河団内ガスの柱密度分布を表す。

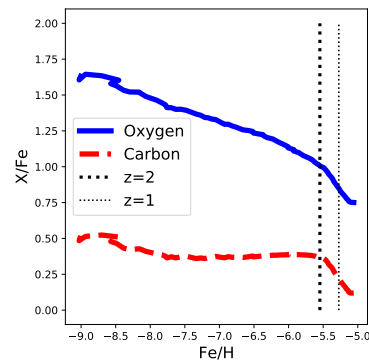


図 2: 原始銀河団内の銀河間物質の元素組成比進化

特にガス密度が高い領域が銀河である。この領域に対して、 $0 \leq z \leq 8$ の原始銀河団中ガス

の元素組成比を調べた。図2は、各赤方偏移での銀河間物質の酸素と炭素の鉄に対する数密度比(縦軸)と、鉄と水素の数密度比(横軸)を調べたものである。青色実線が酸素、赤色破線は炭素に対応している。時間進化に伴って元素合成が進み、鉄は増えていくため、横軸は時間に対応している。縦軸に並行な点線は赤方偏移に対応しており、太い点線が $z=2$ 、細い点線は $z=1$ である。図2より $z\sim 2$ にて傾きが大きく変化することが分かった。酸素はII型超新星爆発で主に生成され、炭素は主にAGB星により、鉄はIa型超新星爆発により主に生成される。II型超新星爆発は短寿命である大質量星が死に際に起こし、Ia型超新星爆発は白色矮星に物質が降着することで起こる。またAGB星は小・中質量星の進化の末期段階である。II型超新星爆発は星形成が始まったあと千万年後に起こり始め、Ia型超新星爆発やAGB星からの質量放出は数億年以降に起こり始める。図2の $z\sim 2$ での傾きの変化は、 $z>2$ ではII型超新星爆発が主に元素組成比を決めていたのが、AGB星やIa型超新星爆発が起き始めたことにより元素組成比を変えたことを示している。これにより、星形成が活発な原始銀河団領域ではIa型超新星爆発が $z\sim 2$ で起き始め、銀河間物質の元素組成比を変えることを明らかにした。

○ 成果

本研究は、超新星爆発により高赤方偏移での高密度環境下のガスの元素組成比が変化することを明らかにした。これを発展させることで2022年度から始まるPFSでの観測と比較し、超新星爆発フィードバックモデルの運動量の与え方やその割合の制限をつけることが出来る。本研究結果は、2019年度秋季日本天文学会で口頭発表を行った。

[参考文献]

Aoyama S., et al. 2017, MNRAS, 466, 105

Shimizu, I., et al. 2019, MNRAS, 484, 2632

Saitoh, T. R., 2017, AJ, 153, 85