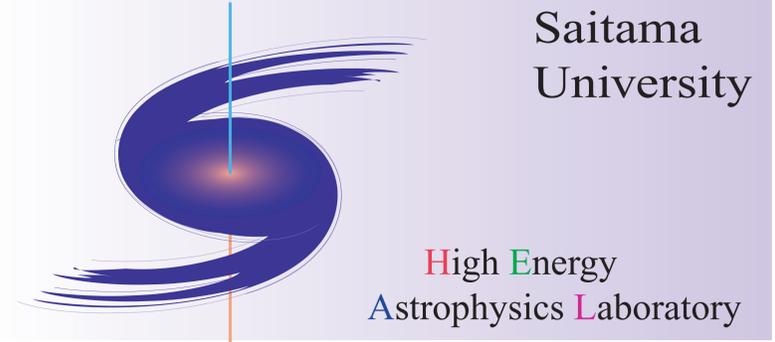


# 宇宙論的シミュレーションデータベース Illustris-TNGを用いた銀河周辺物質の速度 と元素分布構造の解明

宇宙物理実験研究室 20RP021 西濱大将



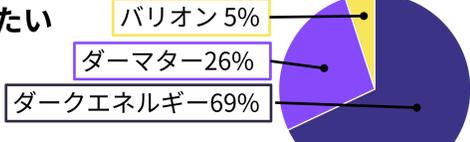
## 1. 背景

**大目標** 宇宙の構造進化を明らかにしたい

現在観測できる通常物質(バリオン)でさえ、大半が見つかっていない

各階層のバリオンの分布を定量的に調べる必要がある

銀河系のような渦巻銀河に注目



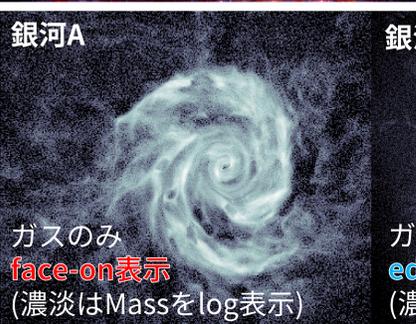
宇宙の各階層構造に広く分布していると考えられるため  
エネルギー密度 ※1 (宇宙マイクロ波背景放射)  
可視光や電波でのスタッキング観測は報告されているが(※2)ガス構造や元素分布の解明には至っていない

**我々の銀河系に似ている渦巻き銀河周辺の物質構造を調べる**

## 2. 手法

宇宙論的シミュレーション

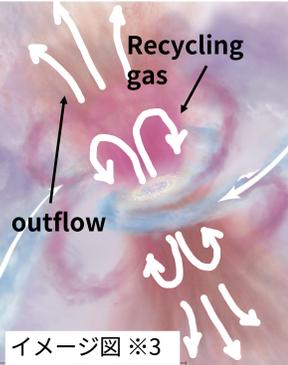
Illustris-TNG上の銀河を解析



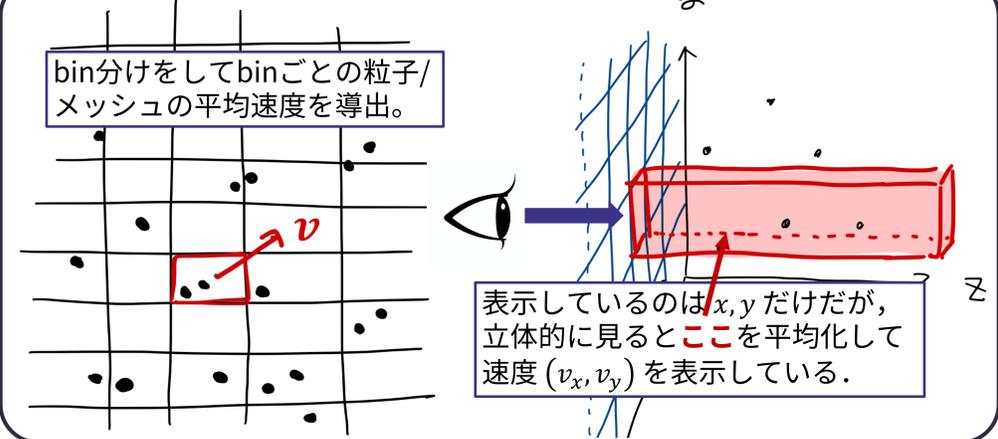
**face-on/edge-on表示の仕方**

- 慣性モーメントテンソル  $I$  を導出
- 固有値  $\lambda_j$  ・ 固有ベクトル  $\chi_j$  ( $j = 0, 1, 2$ ) を導出.  
 $\lambda_0 < \lambda_1 < \lambda_2$  とする. **face-on**
- 回転行列  $R = [\chi_0, \chi_1, \chi_2]$  を作用.
- $x$  軸を  $\sim 90^\circ$  回転 **edge-on**

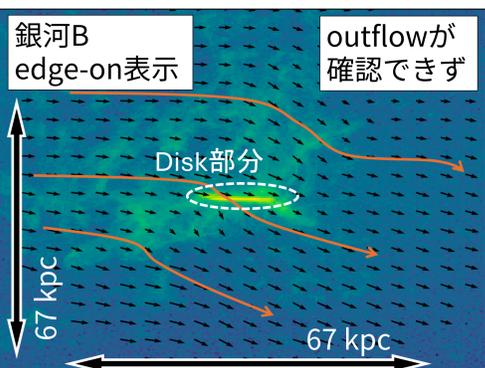
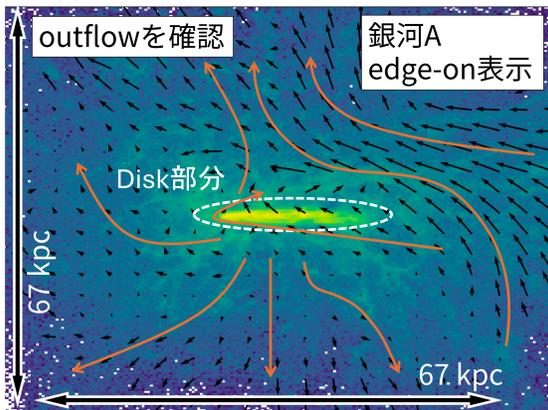
$R_{200}$ : Virial Radius (ビリアル半径) のこと。銀河の大きさを表す。



**outflowの射影手法(確認の仕方)**



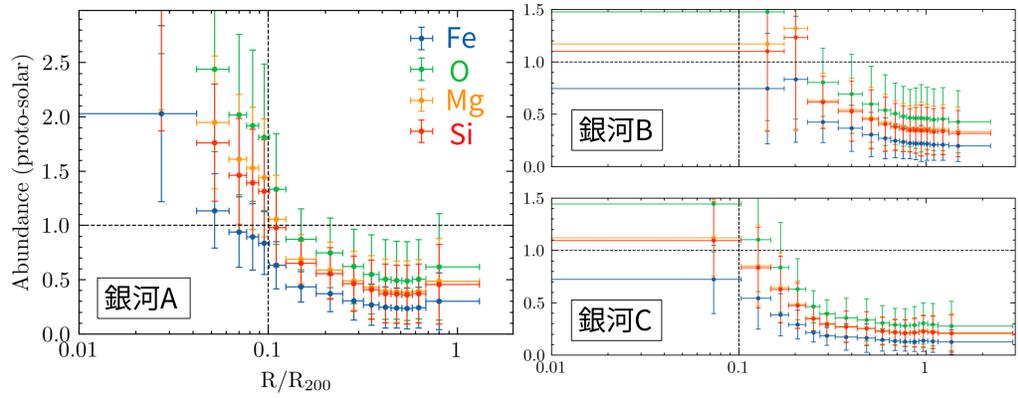
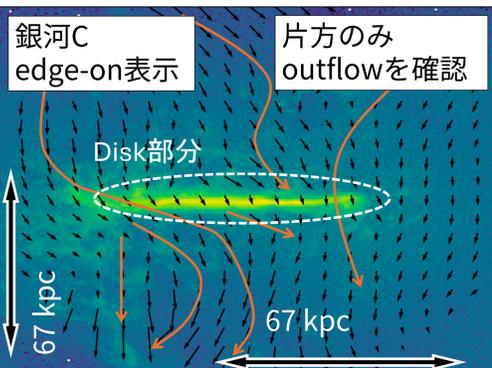
## 3. 結果



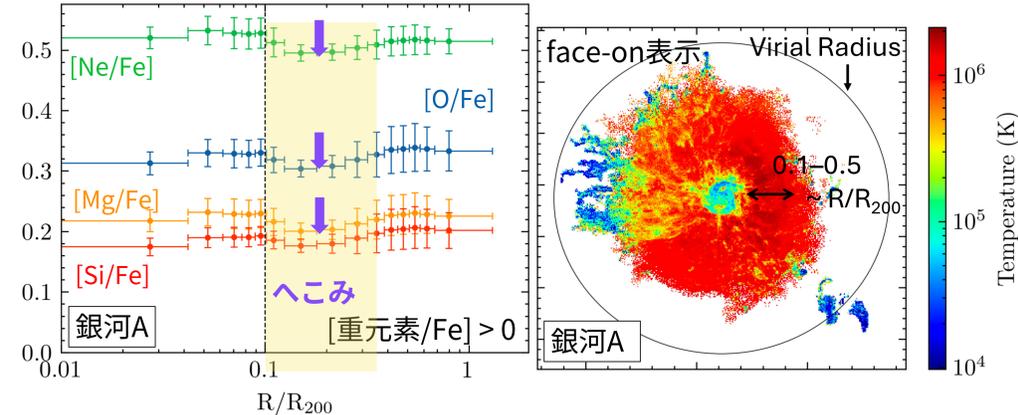
**解析した銀河の特徴一覧**

Name	Virial Radius (kpc)	Mass ( $10^{10} M_\odot$ )
銀河A	223.0191	112.3758
銀河B	335.8409	470.6006
銀河C	321.3181	374.3274

※Massはダークマター込み



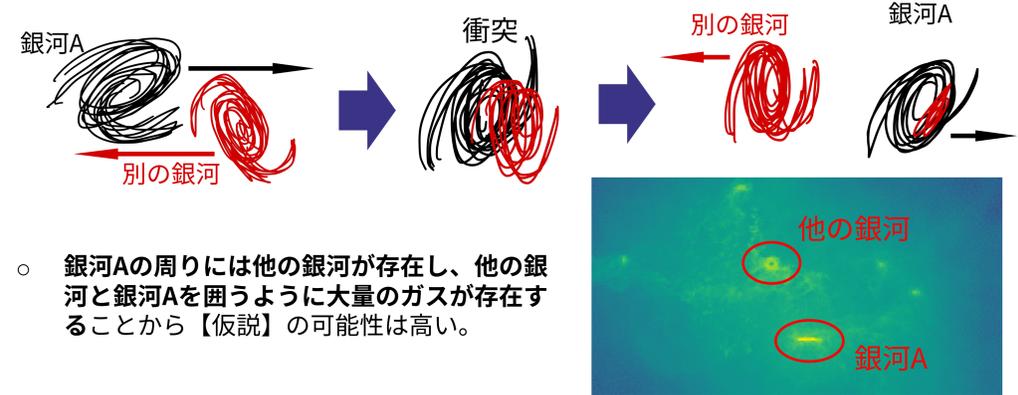
太陽組成に対して何倍のFe, O, Mg, Siが含まれているかを表している。ビリアル半径  $R_{200}$  で規格化しているので1より小さいところはビリアル半径より内側。銀河Aは  $\frac{R}{R_{200}} < 0.1$  のとき太陽組成比の2倍以上ある。銀河BとCは太陽組成程度。



【左図】太陽組成比を使って重元素であるNe, O, Mg, SiとFeを比較した。対数を取っているため、0のときが重元素とFeの比が同じで、0以上のときα元素のほうが多いことを意味する。【右図】銀河Aにおける温度の分布を表している。

## 4. 議論

- 銀河Aはoutflowが観測されたが、銀河B・Cではoutflowが観測されなかった/もしくは片方のみであることからMetallicityと因果関係がある可能性がある。
- 重元素とFeの太陽組成比を比較すると、重元素の方が多いことから銀河Aのガスは重力崩壊型超新星爆発(以下、超新星)に由来していると考えられる。 ※5
  - 超新星は核の質量がチャンドラセカール限界を超えて、電子の縮退圧だけでは重力に打ち勝つことができなくなり、激しい爆縮が発生する。爆縮は中性子縮退によって止まり、反動で外向きの爆発が起こり、高い温度と圧力によって鉄より重い元素が生成されるため。
- 高温箇所 ( $\geq 10^6$  K) と [重元素/Fe] のへこみの位置がほぼ一致する。
  - 高温箇所は他の銀河などと衝突し、他の銀河の組成を取り入れ、非対称性を作り出している可能性がある(=【仮説】)。



- 銀河Aの周りには他の銀河が存在し、他の銀河と銀河Aを囲うように大量のガスが存在することから【仮説】の可能性は高い。

## 5. 展望

- XRISM衛星で銀河Aを観測すると左図のようなスペクトルが得られる。
- 観測に必要な分解能や観測時間を今後、導出することができればよい。
- 銀河Aの左右非対称性についてシミュレーション上で形成時まで遡り、どのような形成過程を歩んできたのかを調べたい。

## 参考文献

- ※1 (Planck Collaboration, 2020) のデータより算出。
- ※2 Tanimura et al. 2019 スタッキング観測
- ※3 Jason et al. 2017 のイメージ図を一部改変。
- ※4
- ※5 Anjali et al. 2023 (eROSITA bubble from Suzaku)