

# 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

Saitama  
University



High Energy  
Astrophysics Laboratory

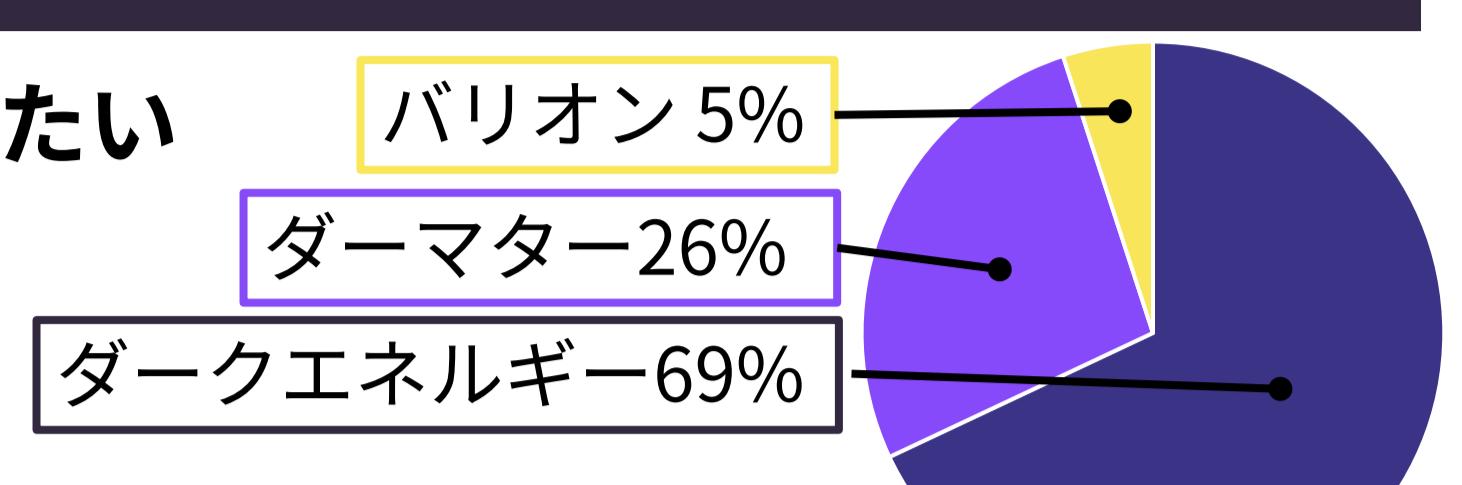
## 1. 背景

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



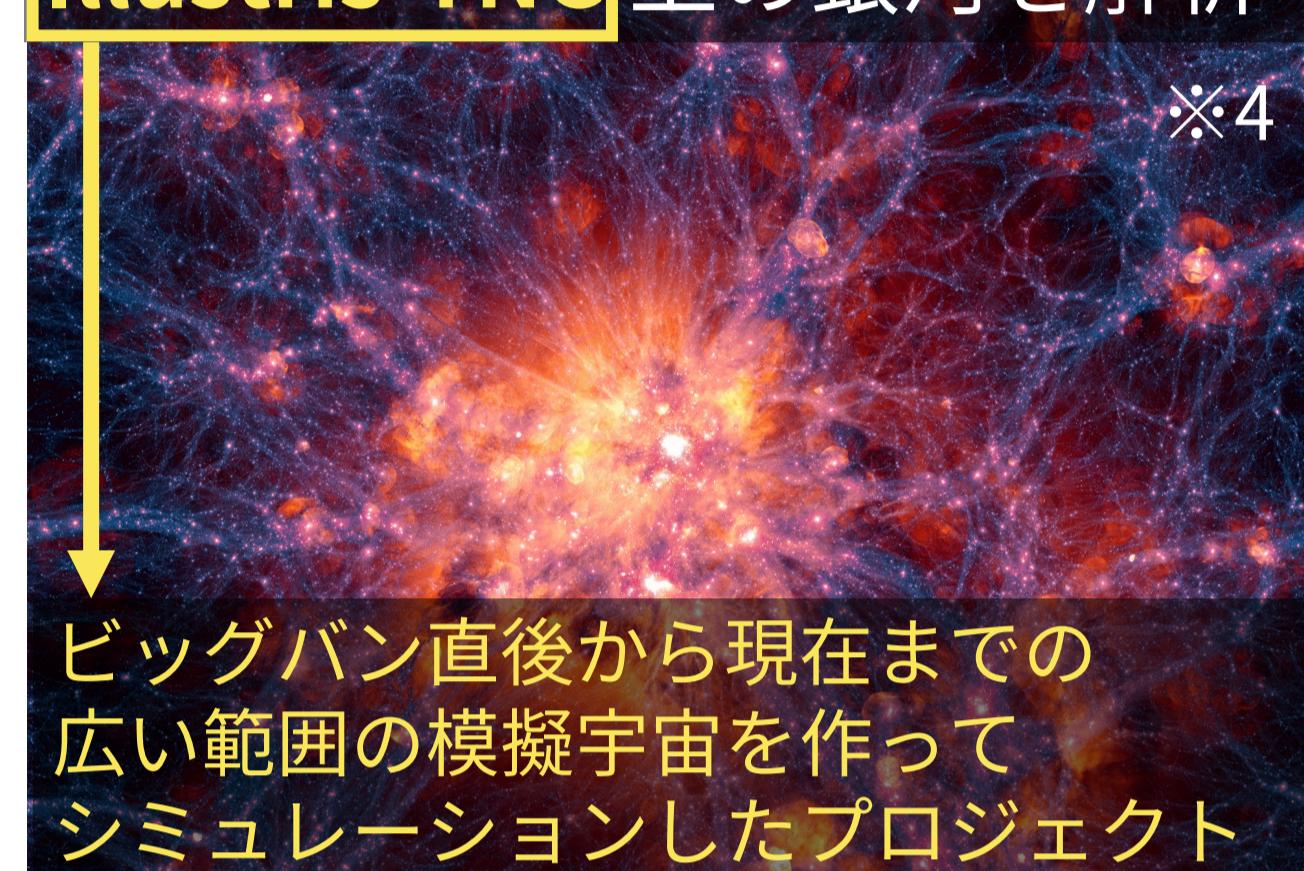
宇宙の各階層構造に  
広く分布していると考えられるため  
エネルギー密度 ≈ 1  
(宇宙マイクロ波背景放射)

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

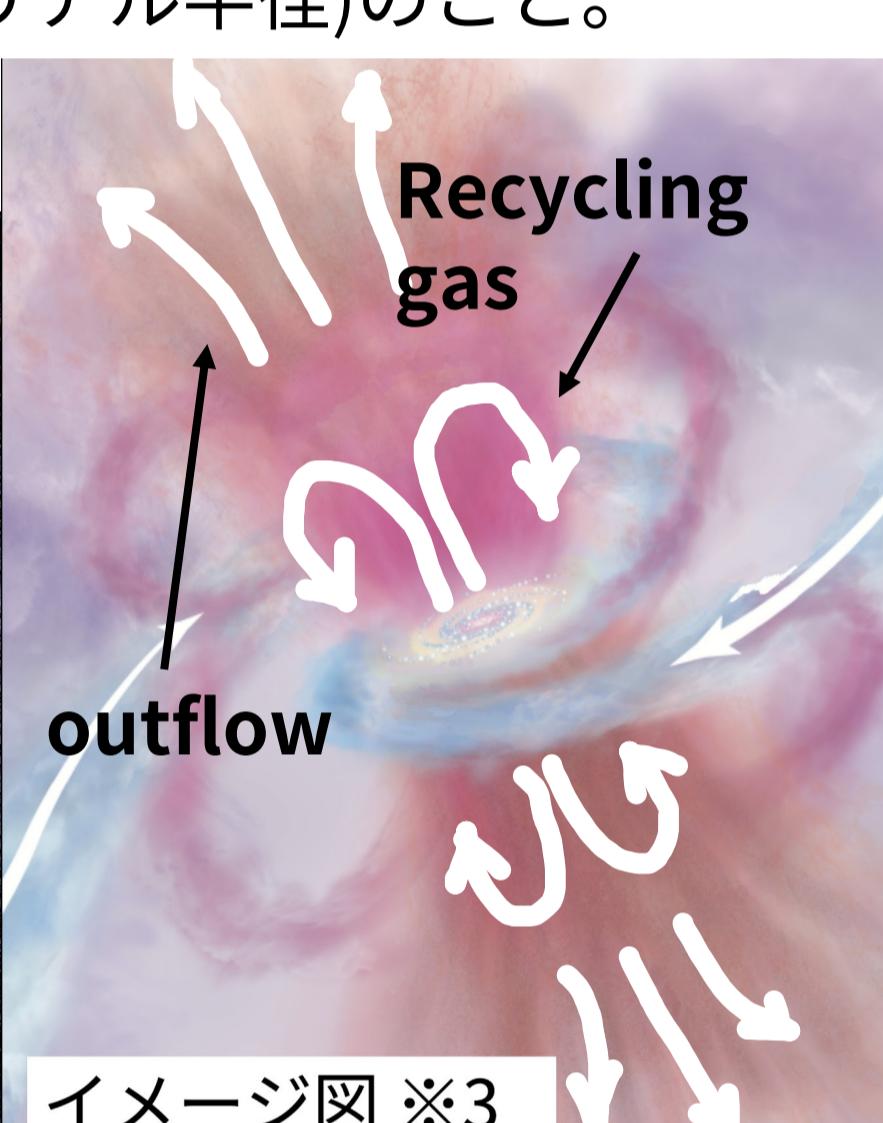


銀河A

### 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。
- 回転行列  $R = [\chi_0, \chi_1, \chi_2]$  を作用。
- $\chi$  軸を $\sim 90^\circ$ 回転

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



ガスのみ  
face-on表示  
(濃淡はMassをlog表示)

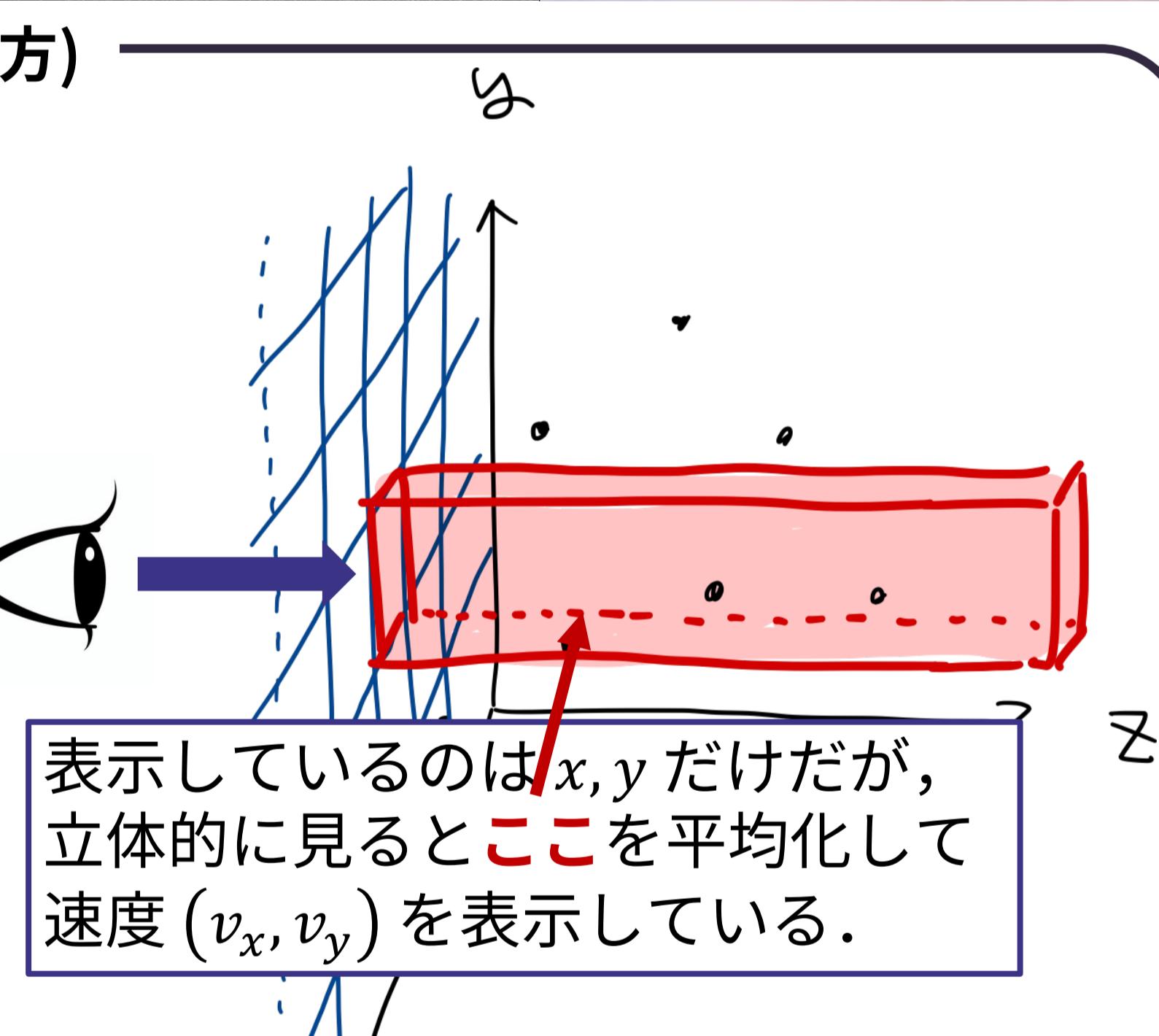
銀河A  $R_{200}: 223.0 \text{ kpc}$

ガスのみ  
edge-on表示  
(濃淡はMassをlog表示)

イメージ図 ※3

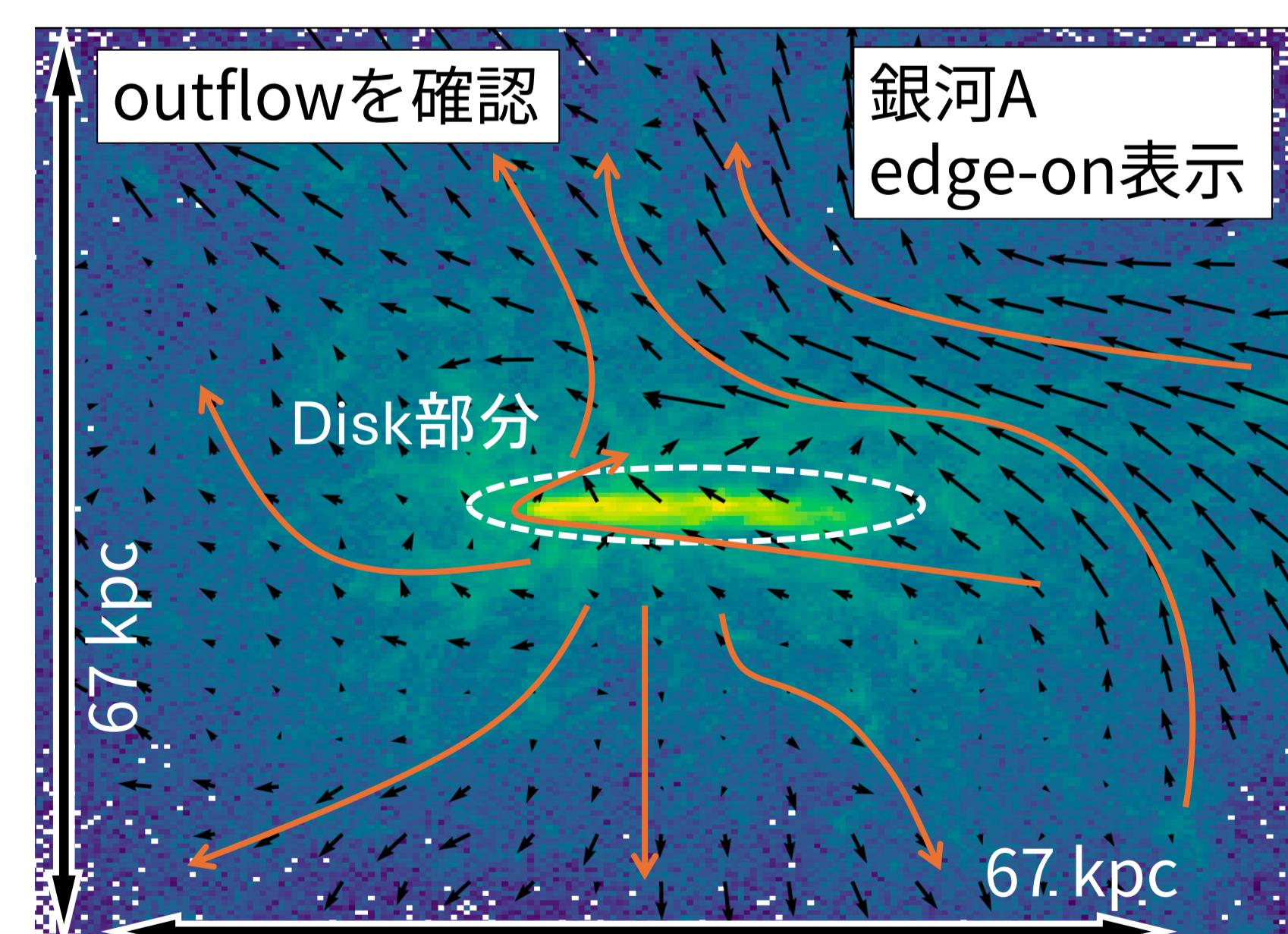
### outflowの射影手法(確認の仕方)

bin分けをしてbinごとの粒子/  
メッシュの平均速度を導出。



表示しているのは  $x, y$  だけだが、  
立体的に見るとここを平均化して  
速度  $(v_x, v_y)$  を表示している。

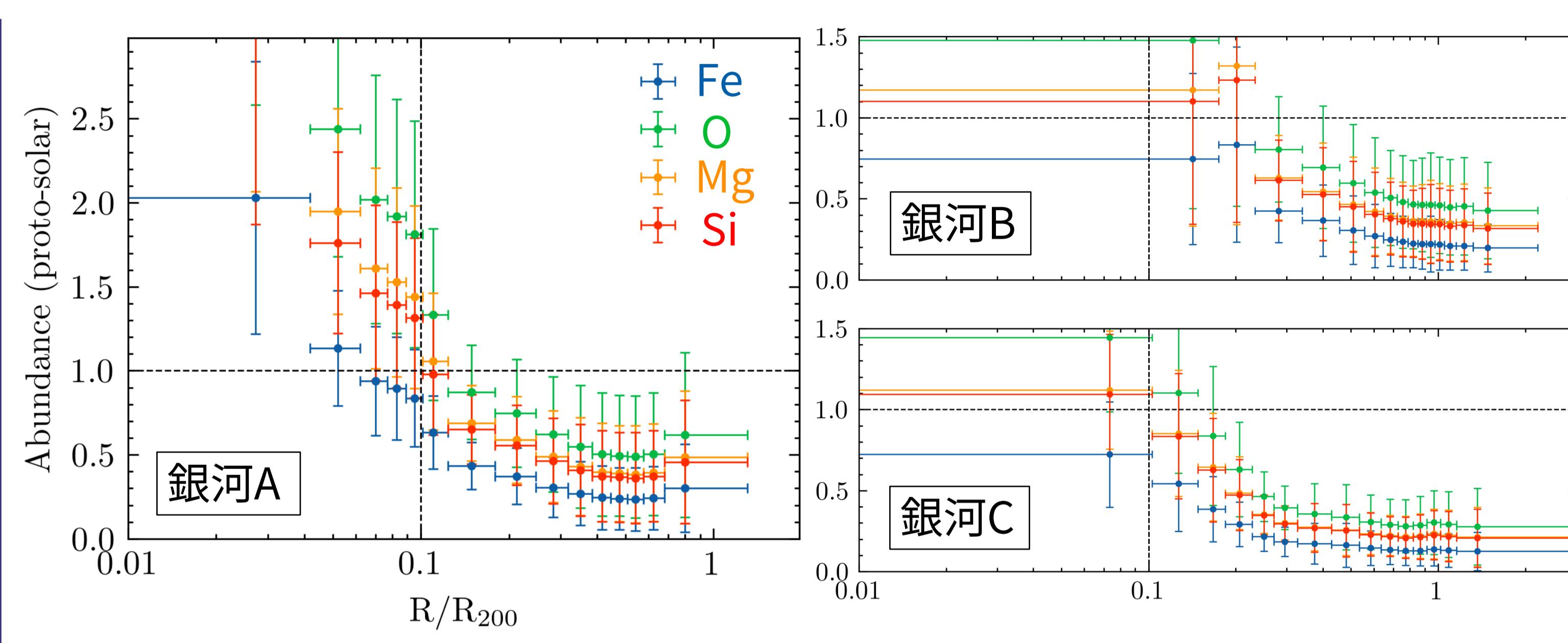
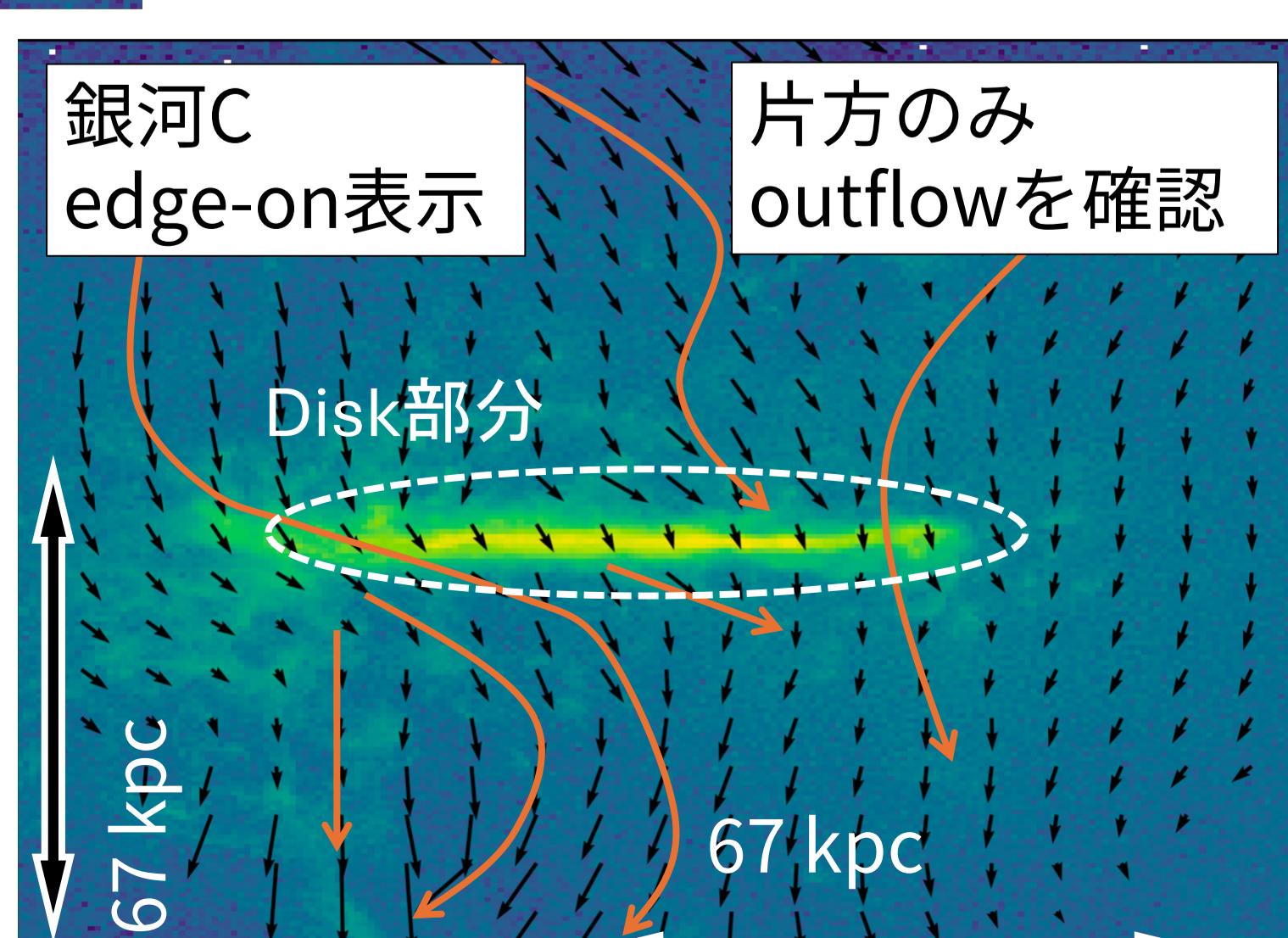
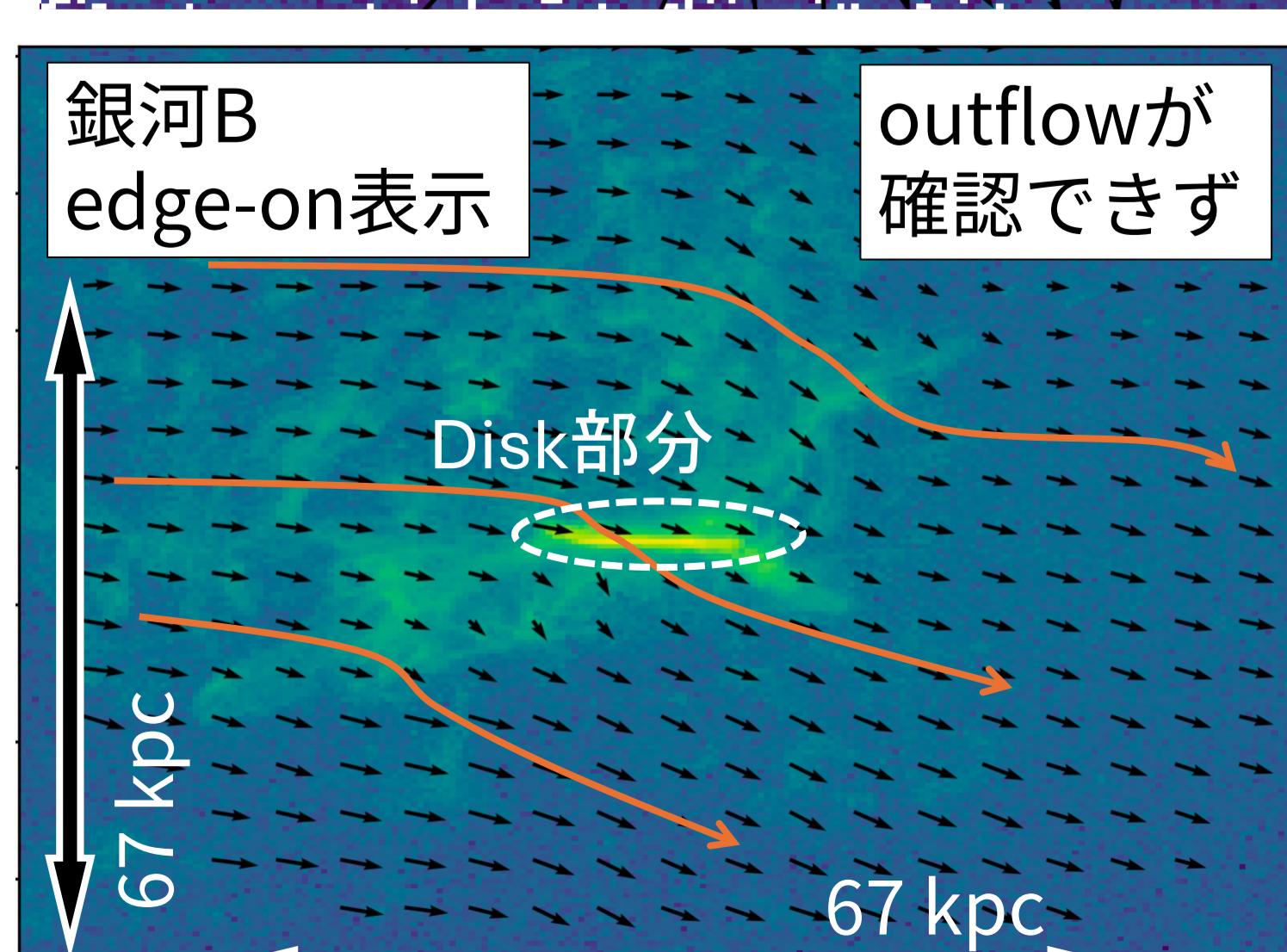
## 3. 結果



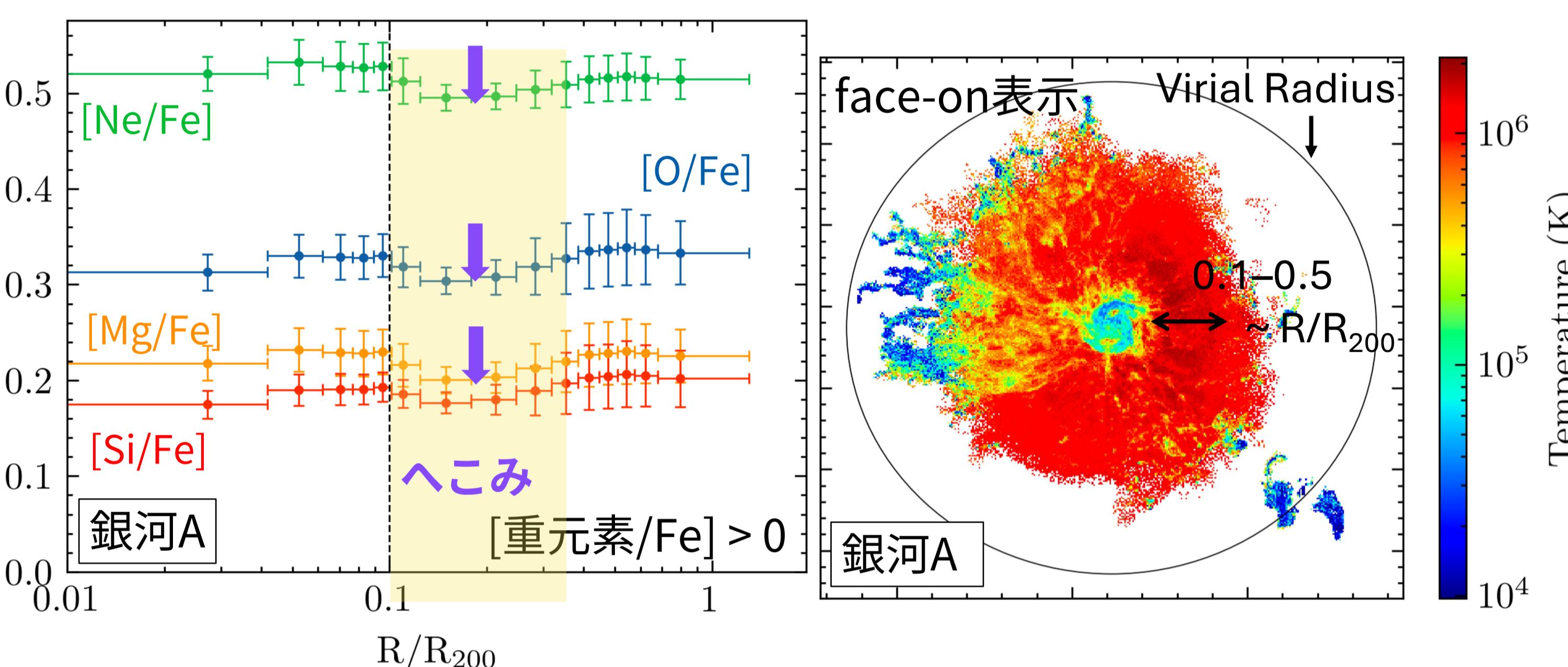
### 解析した銀河の特徴一覧

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。



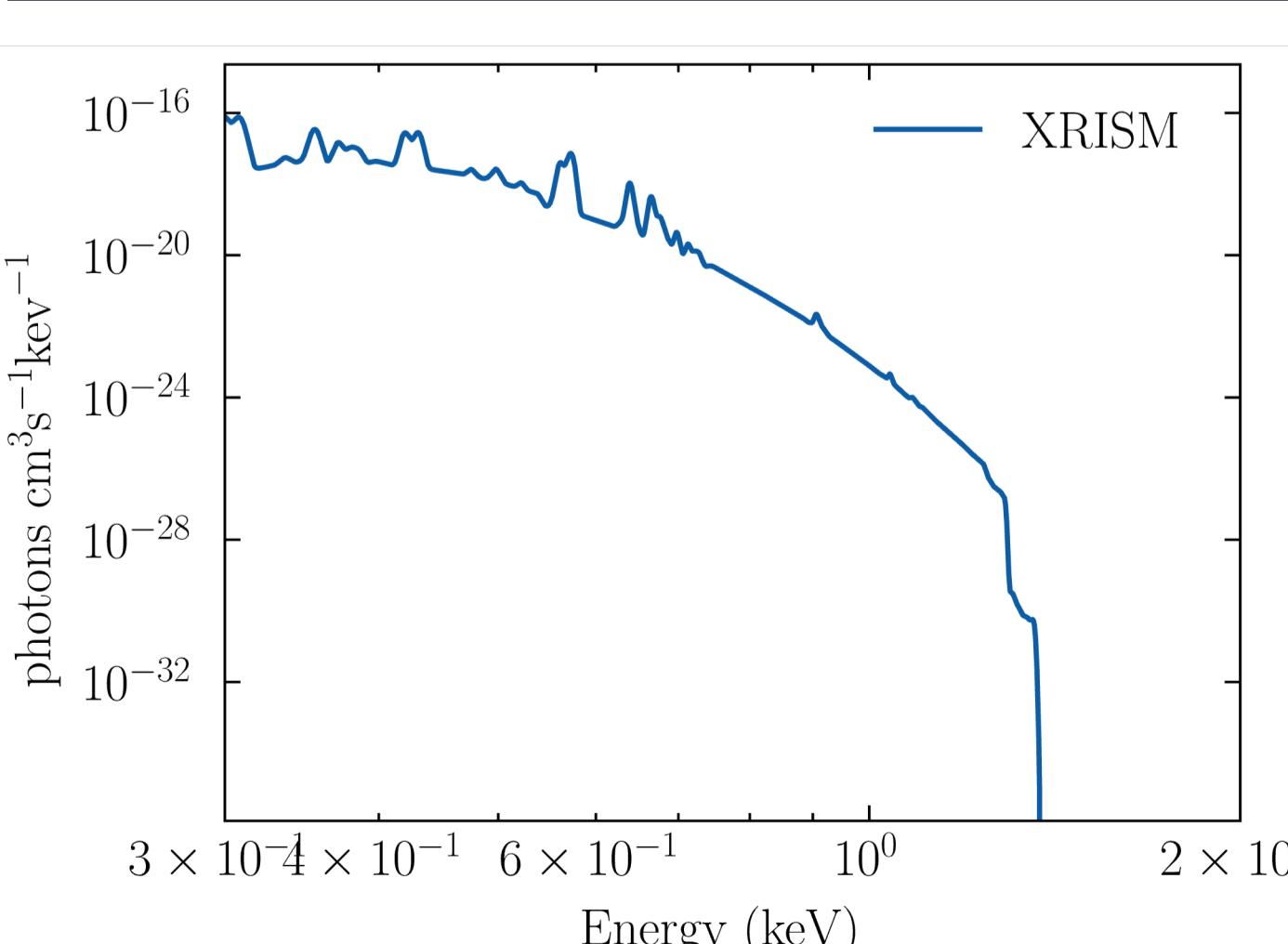
【左図】太陽組成比を使って重元素であるNe, O, Mg, SiとFeを比較した。対数を取っているため、0のときが重元素とFeの比が同じで、0以上のときα元素のほうが多いことを意味する。【右図】銀河Aにおける温度の分布を表している。

## 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 ( $\gtrsim 10^6 \text{ K}$ ) 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)