

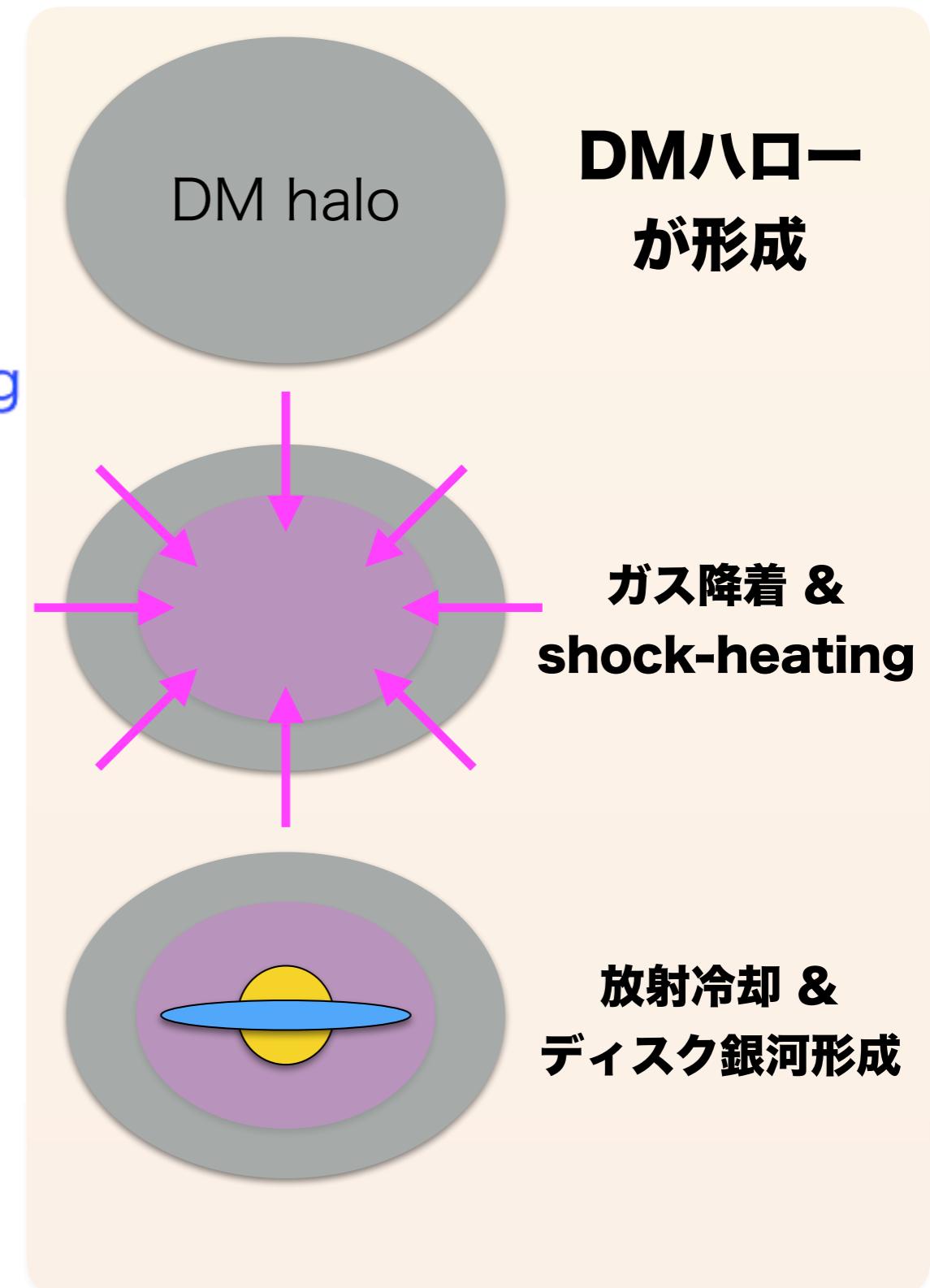
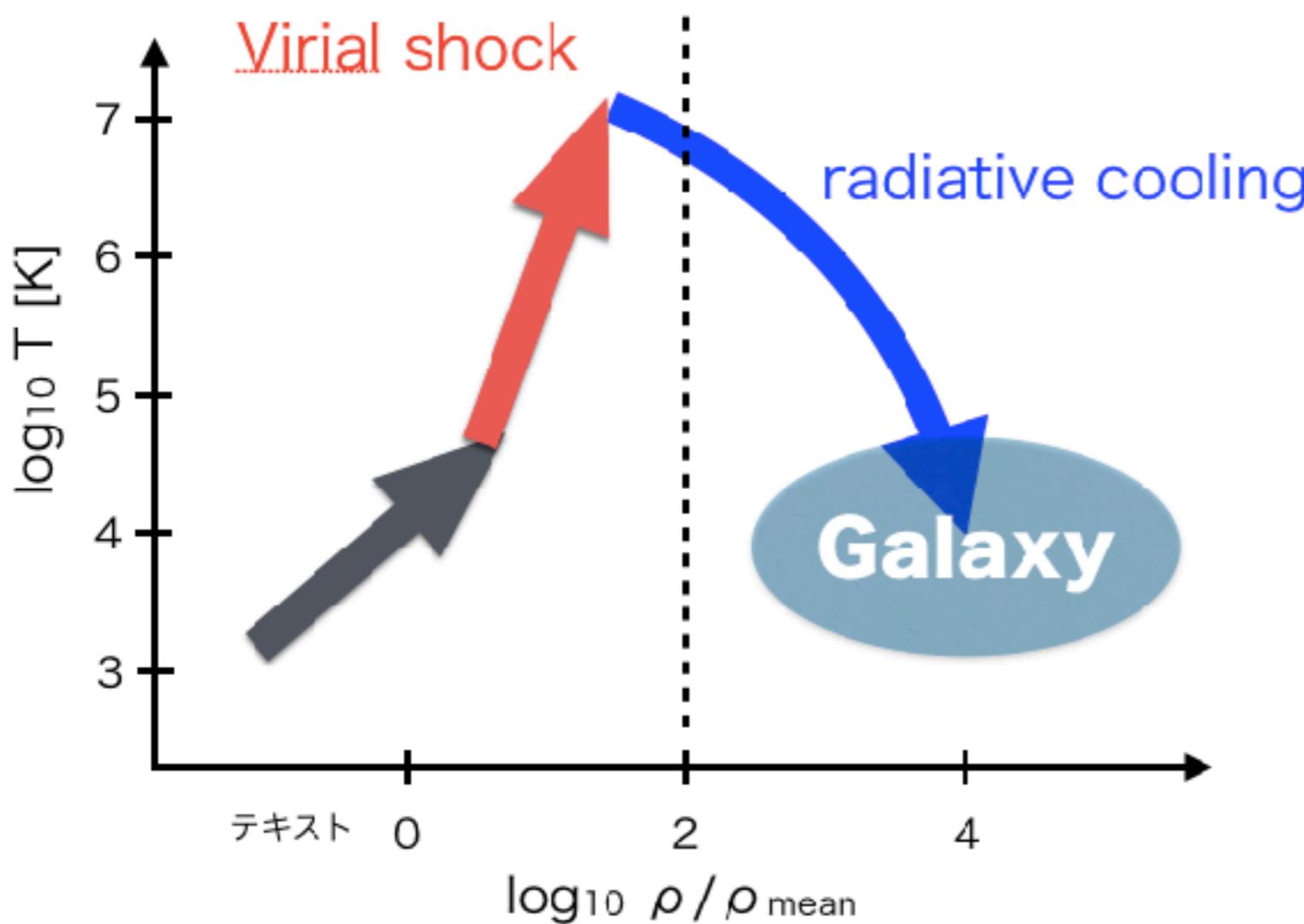
宇宙論的流体シミュレーションによる 銀河 Cold flow の研究

大阪大学理学研究科宇宙地球科学専攻 M2
中村亮介

共同研究者: 長峯健太郎、清水 一紘

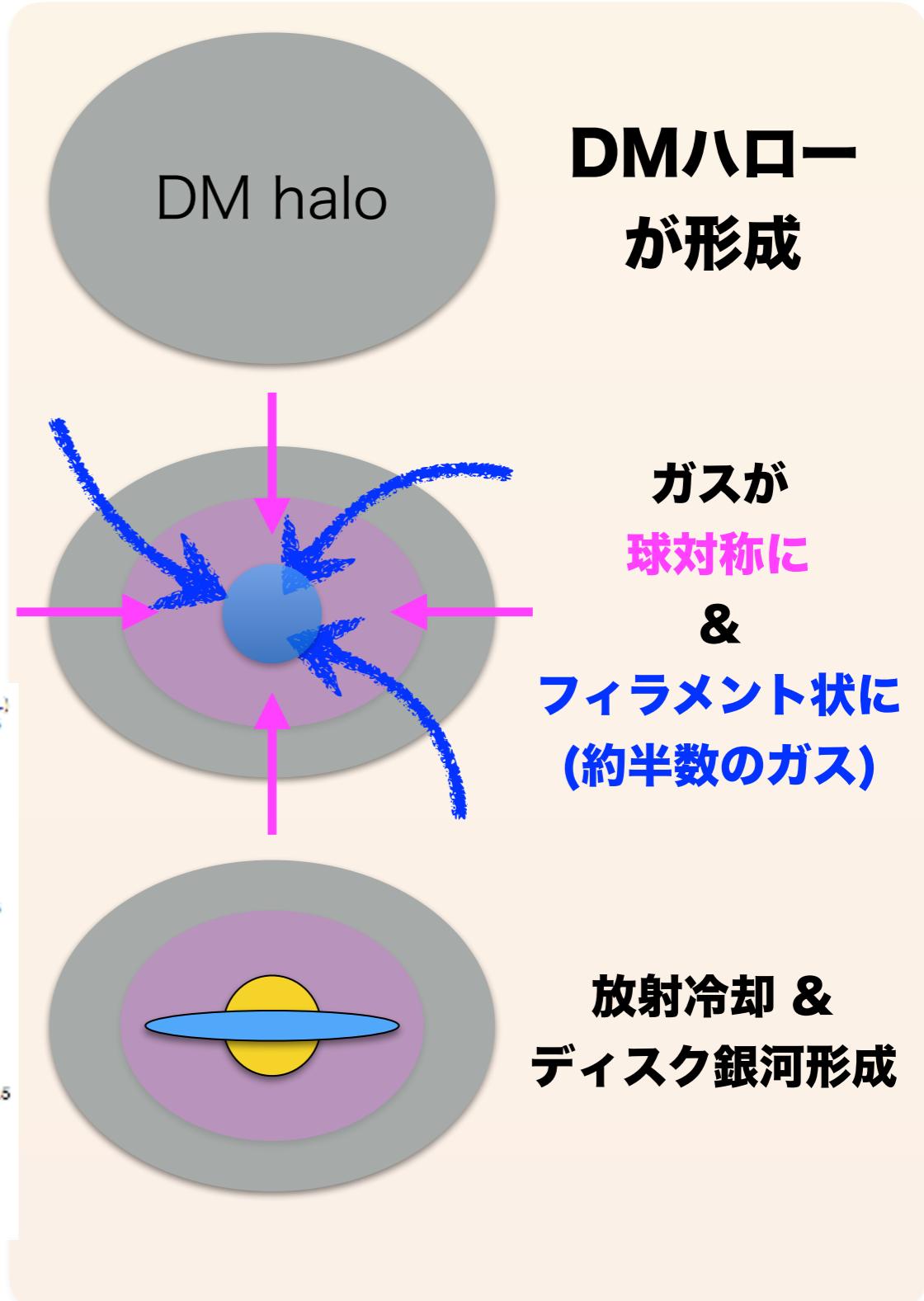
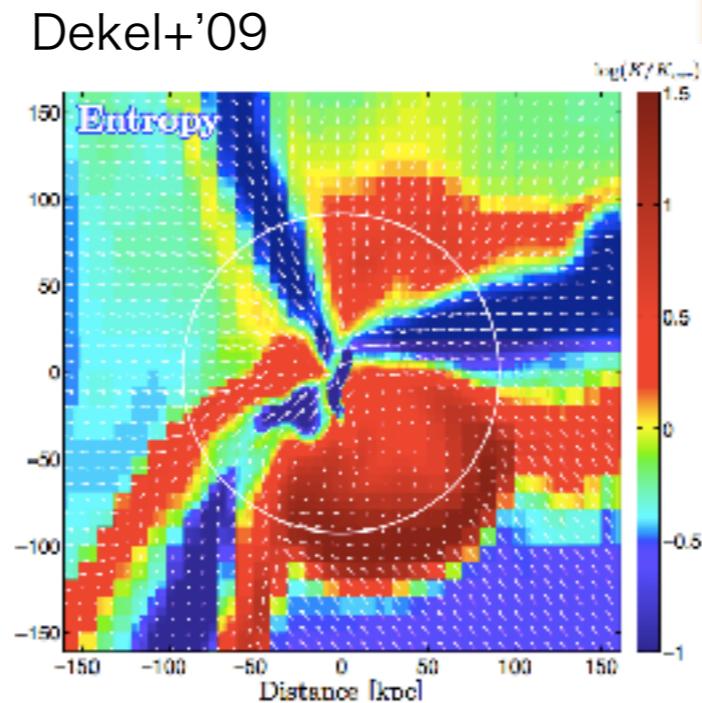
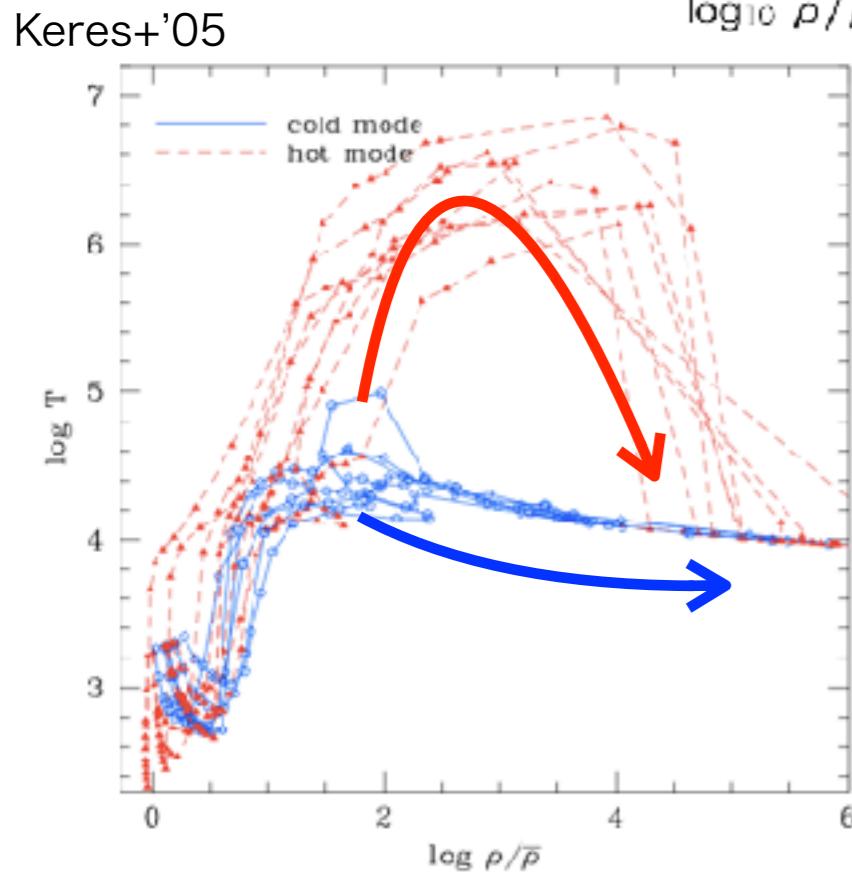
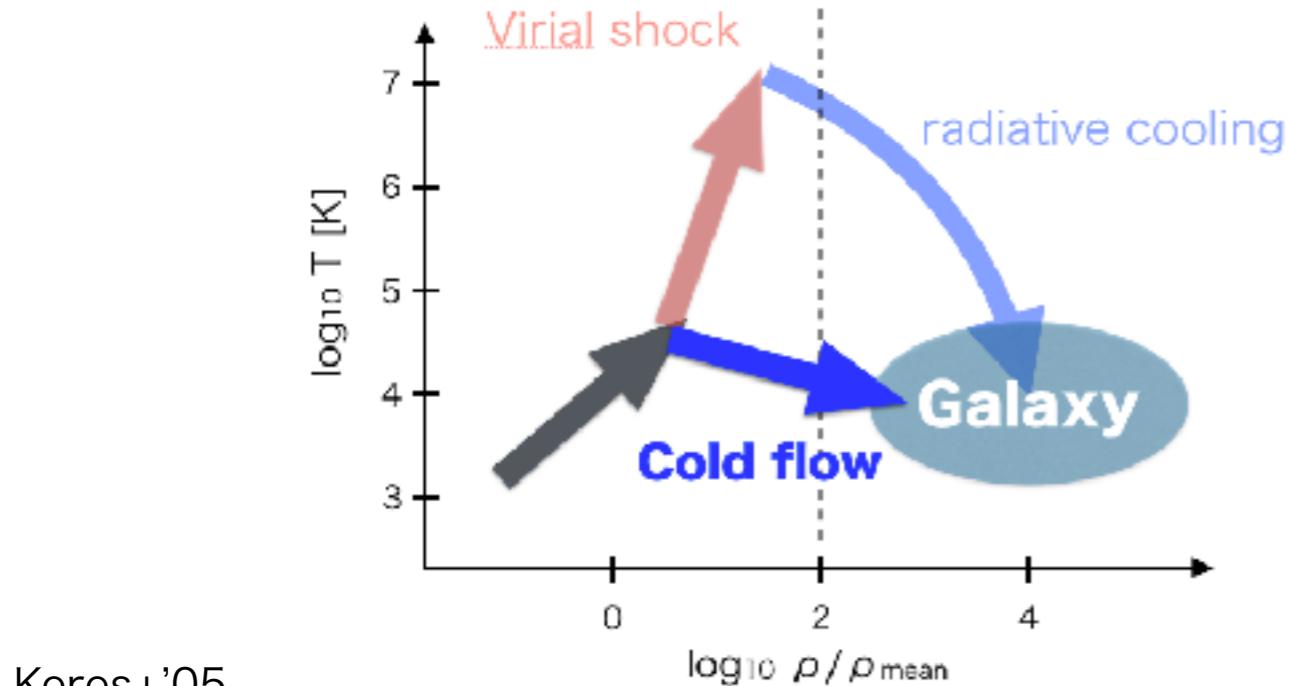
1st-order Galaxy formation

Rees & Ostriker '77, White & Rees '78, Fall & Efstathiou '80, White & Frenk '91, Mo, Mao & White '98



Galaxy formation with cold flow

Rees & Ostriker '77, White & Rees '78, Fall & Efstathiou '80, White & Frenk '91, Mo, Mao & White '98



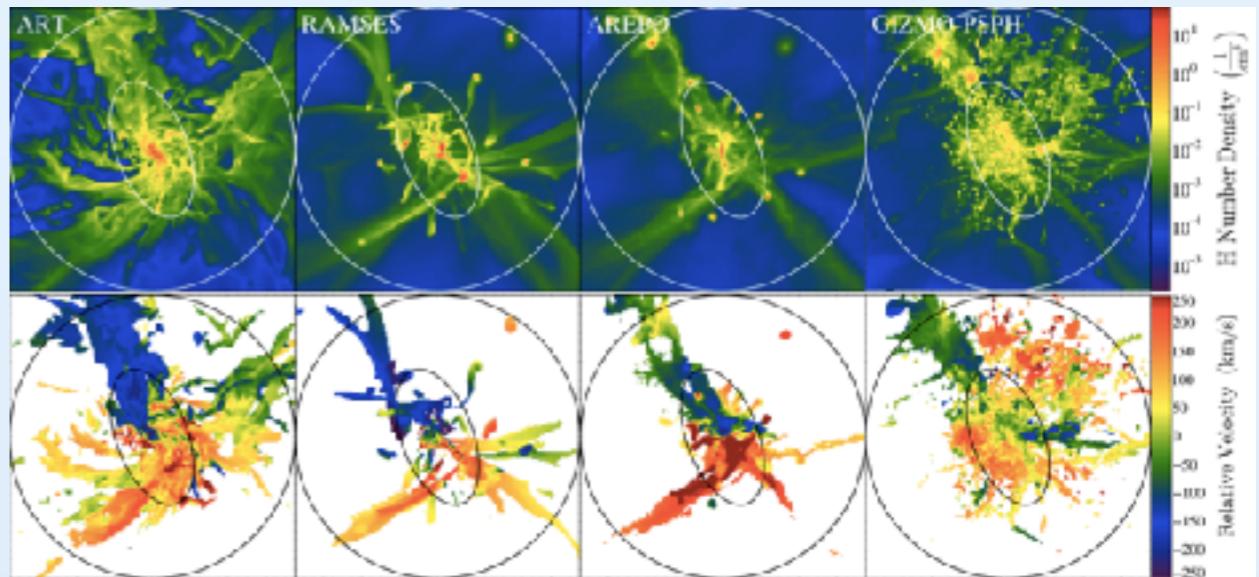
Role of Cold Flow

Disk formation

$$\lambda_{cold\ flow} \sim 4 \lambda_{DM}$$

(λ is specific angular momentum)

冷たいフィラメント状のガスは効率的に各運動量を中心銀河に運び、星形成を行う。



Stewart+ '16

galaxy properties vary between different codes

Color Bimodality

青い銀河:

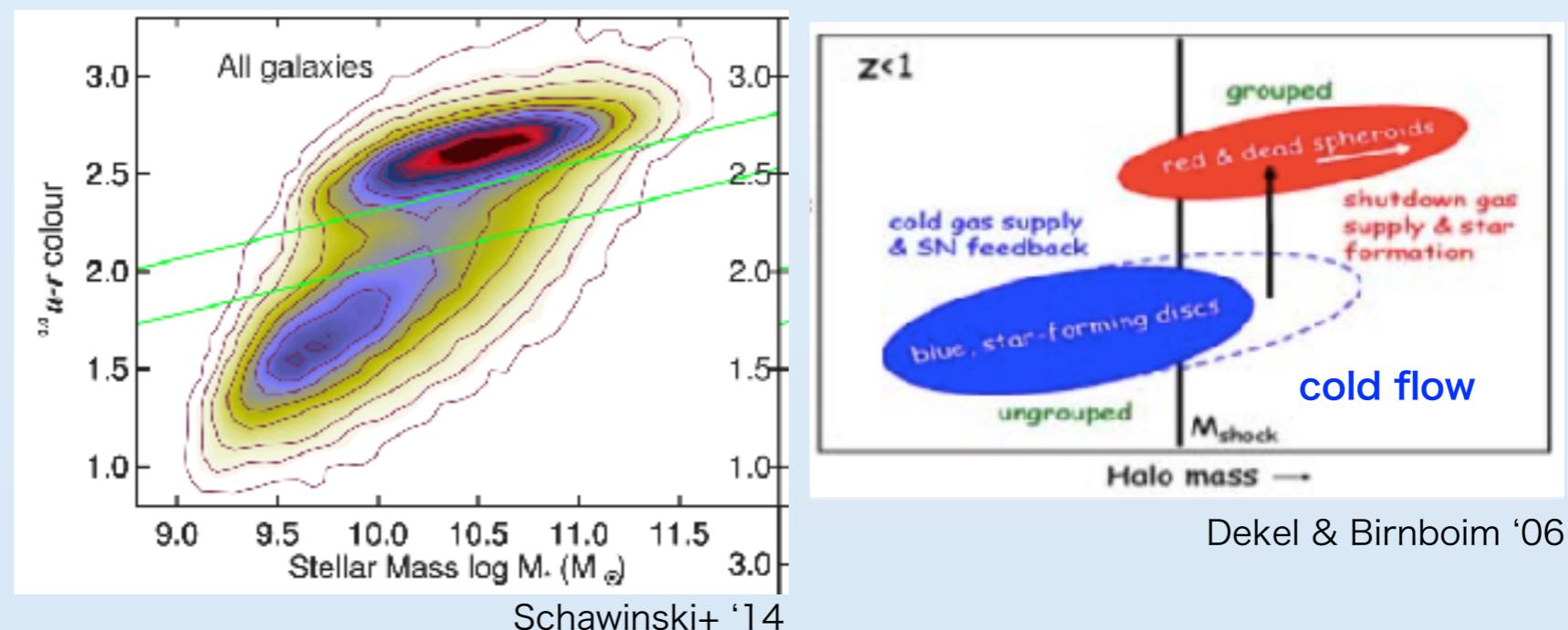
小質量で

星形成が活発なディスク銀河

赤い銀河:

大質量で古い星が多い

橢円銀河



Dekel & Birnboim '06

Schawinski+ '14

Role of Cold Flow

約半数のガスが
virial shockを経験しない
→ 銀河形成の描像がより詳細に

Cold flow 形成の物理 &
銀河形成において普遍的かどうか
が未だ不透明



16
odes



sim '06

Motivation

銀河に降着するgas は hot mode と cold mode が存在

- ① フィラメント上の冷えたガスはどのように集まるのか?
ジーンズ不安定?、熱的不安定性?
- ② Cold flowは銀河形成全般にどのような影響を与えるのか?
density-morphology relation etc.



**filamentary cold gasの物理と
cold flow の環境依存性 (Halo質量、周りの密度環境など)**

星形成とfeedbackモデルを実装したGadget 3 (Springel '05)を用いて
複数のhaloに対して zoom-in simulation を行い
銀河のmorphology、color bimodality との関連を調べたい。

本日のトーク内容

我々の研究グループが改良した
Gadget3 Osaka SN model
においても、先行研究と同様に
 $10^{12} M_{\text{Sun}}$ のhaloで Cold flow が形成し、
ビリアル半径内外に渡って存在することを確認した。
本日はその進捗について報告する。

Simulation Set-up

Gadget3 (SPH, Springel '05)

Radiative cooling, heating, Star formation,
SN feedback (Osaka SN model; Aoyama+ '17)

Base

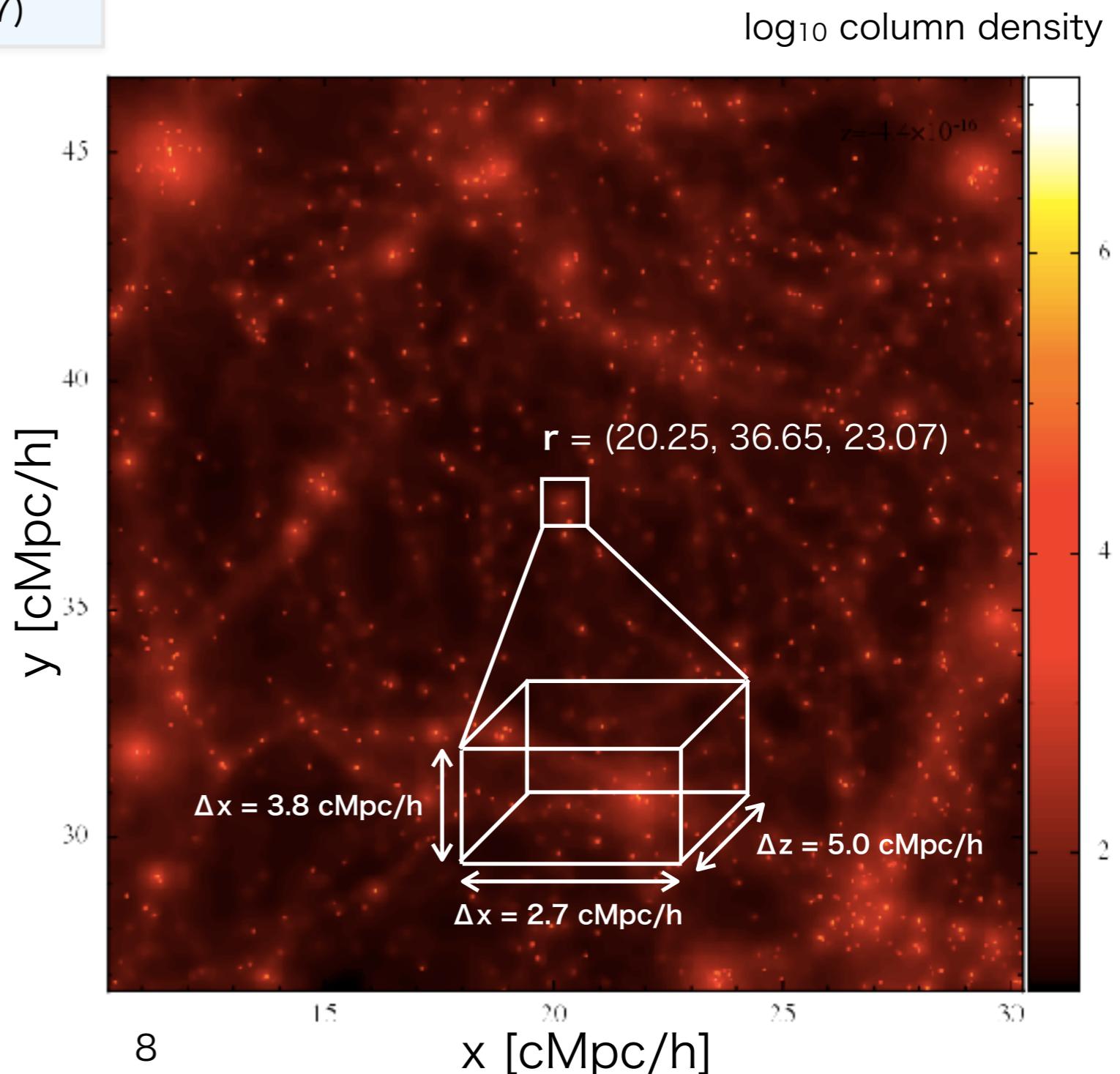
Box size: $L = 50$ Mpc/h
Base grid: $N = 128^3$
 $M_{dm} \sim 4.0 \times 10^9 M_{\odot}$

Zoom-in simulation

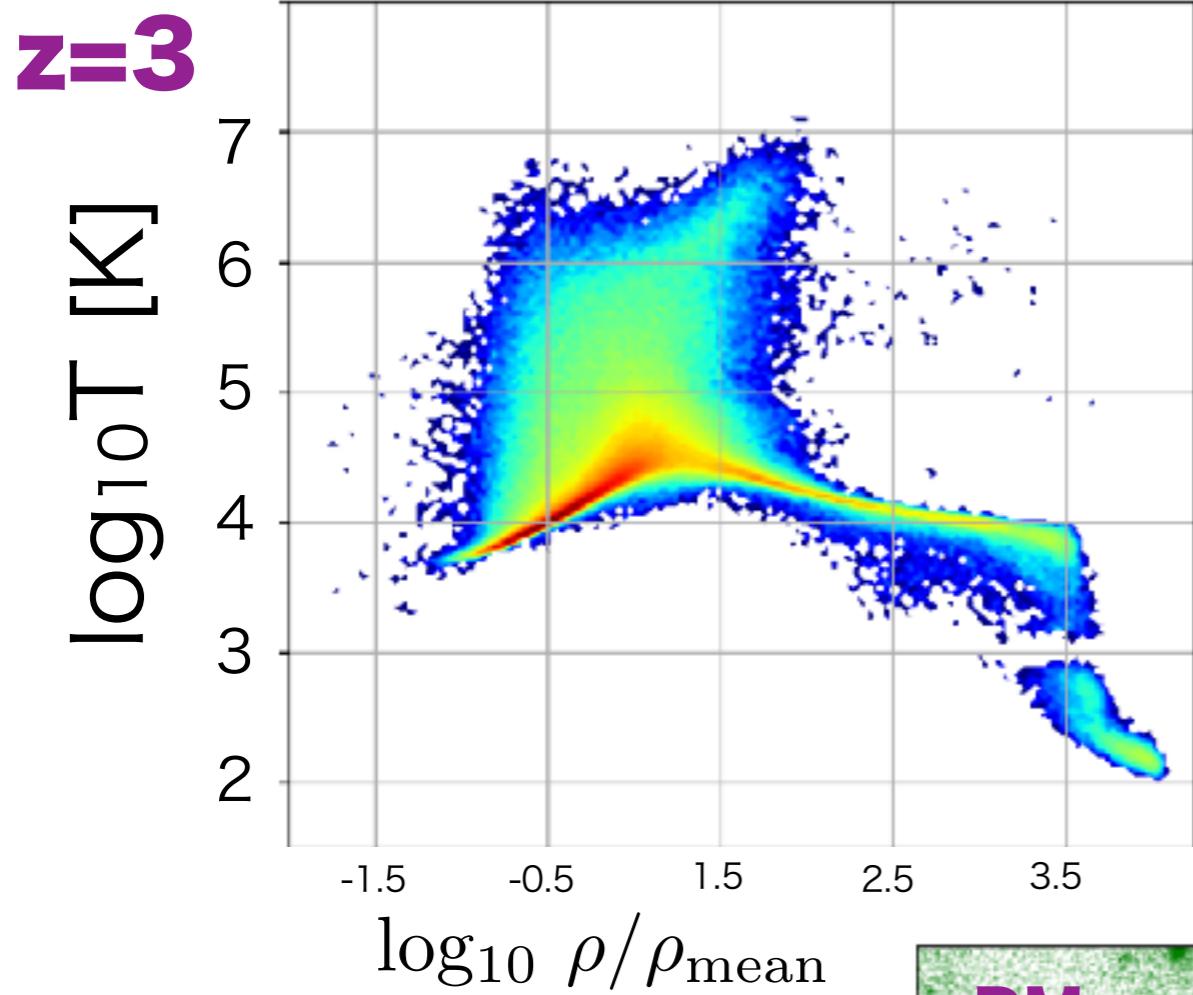
$N = 2048^3$ (effective)
 $M_{Halo} \sim 10^{12} M_{\odot}$ (at $z=0$)
 $\epsilon_{soft} \sim 800$ pc
 $M_{gas} \sim 2.0 \times 10^5 M_{\odot}$
 $M_{dm} \sim 10^6 M_{\odot}$

Cosmological parameter

$H_0 = 67.74$
 $\Omega_m = 0.3089$ (Plank collaboration '15)
 $\Omega_{\Lambda} = 0.6911$
 $\Omega_b = 0.04860$
 $\sigma_8 = 0.8259$

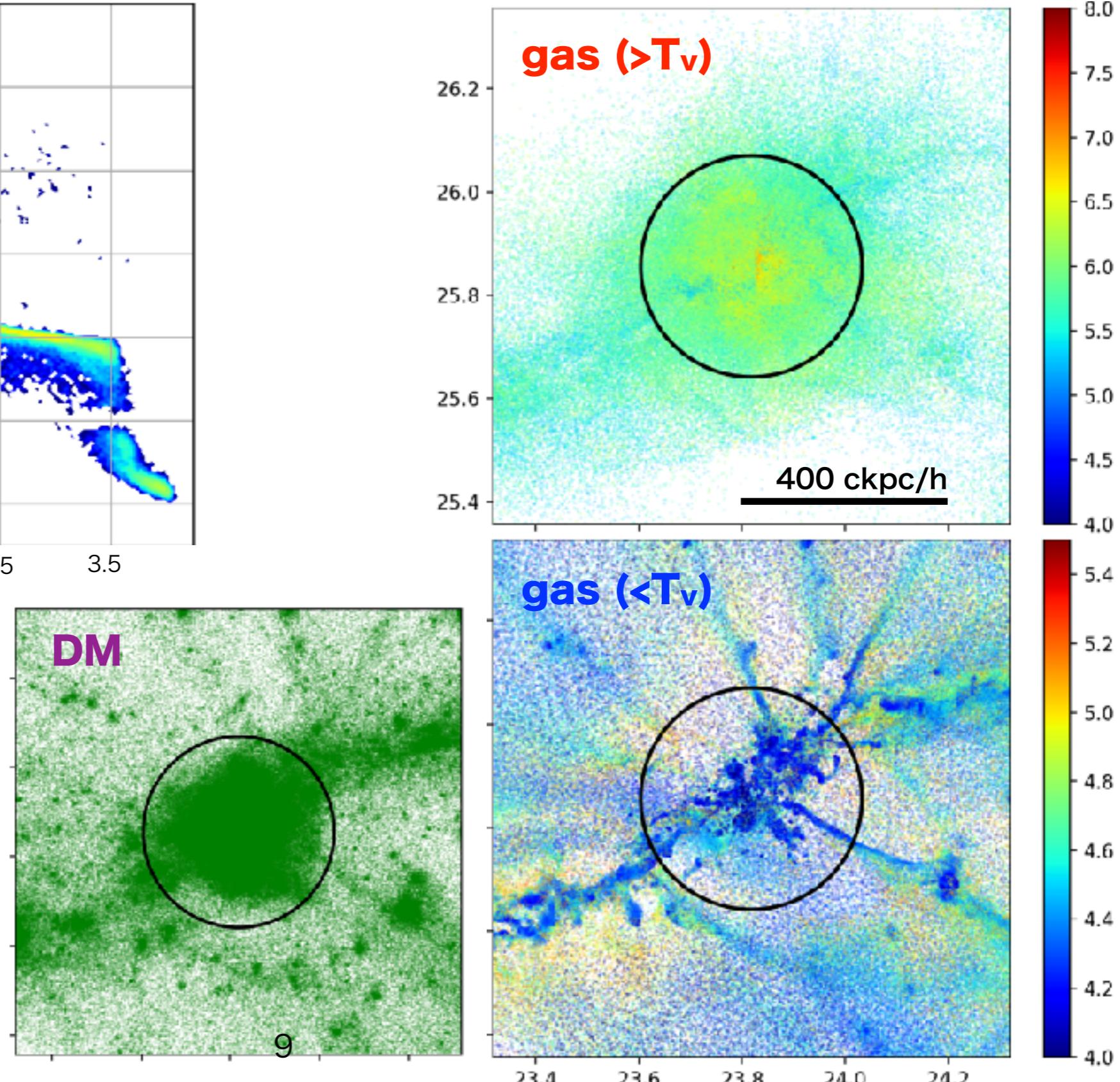


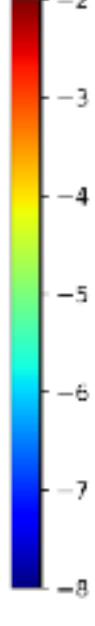
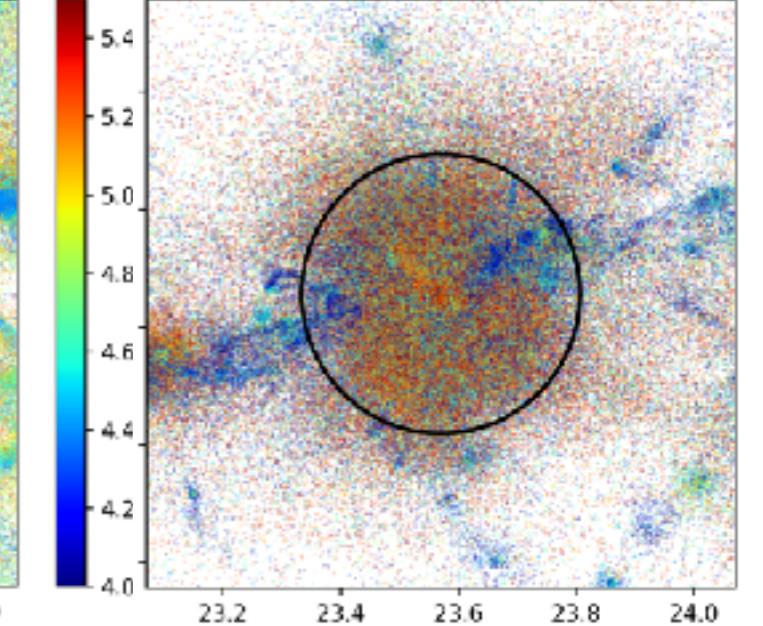
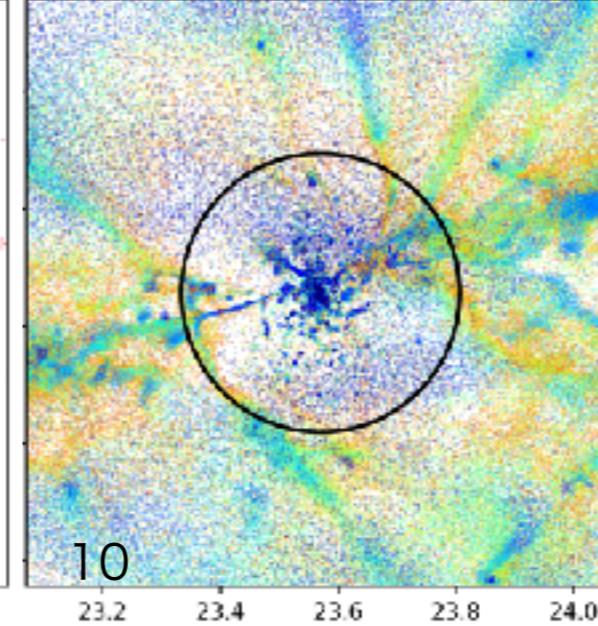
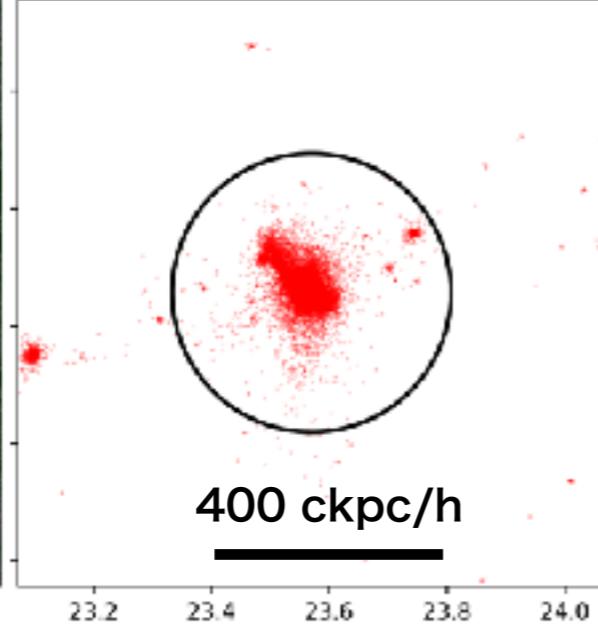
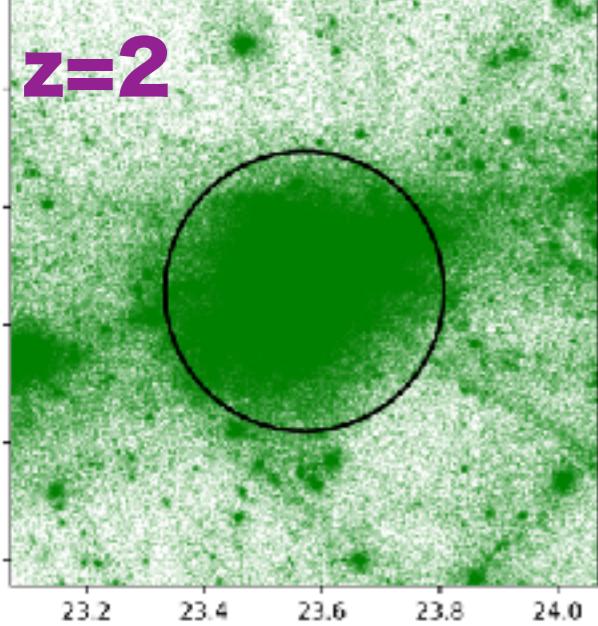
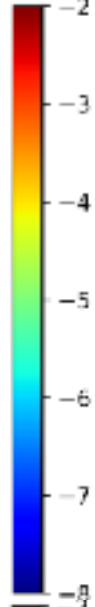
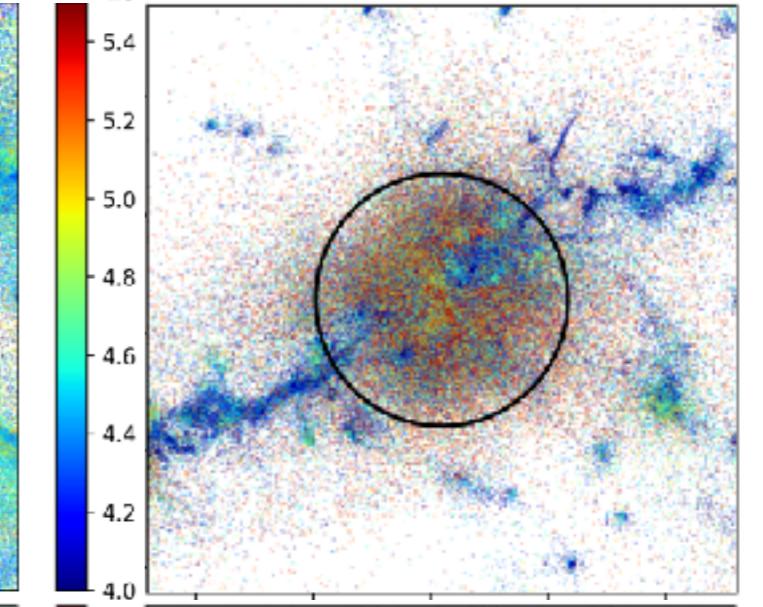
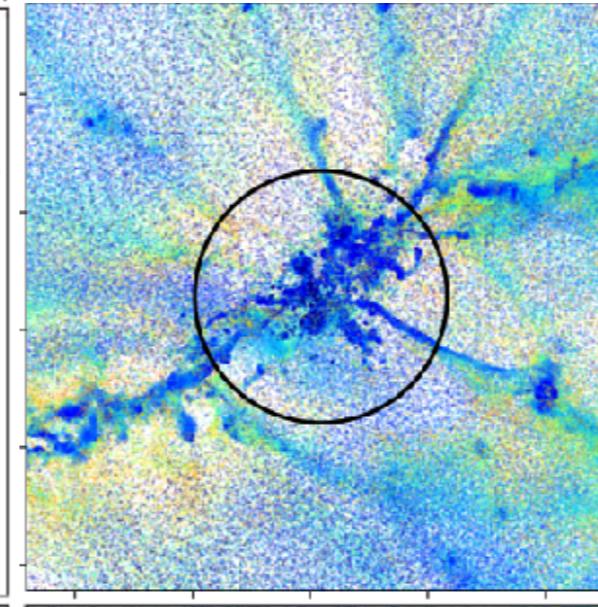
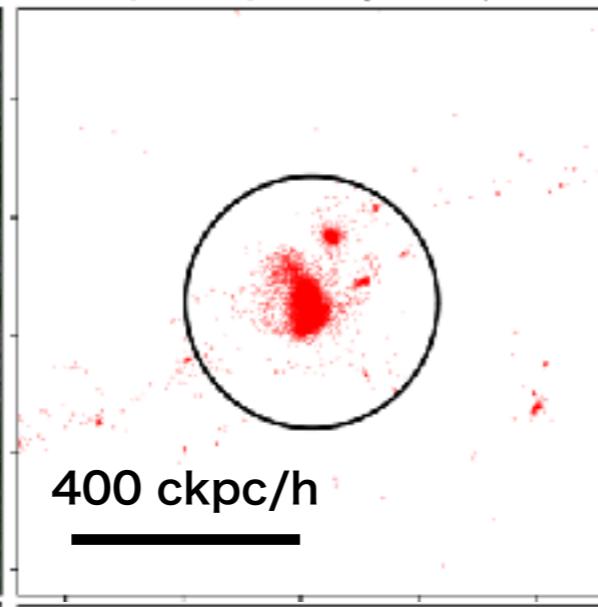
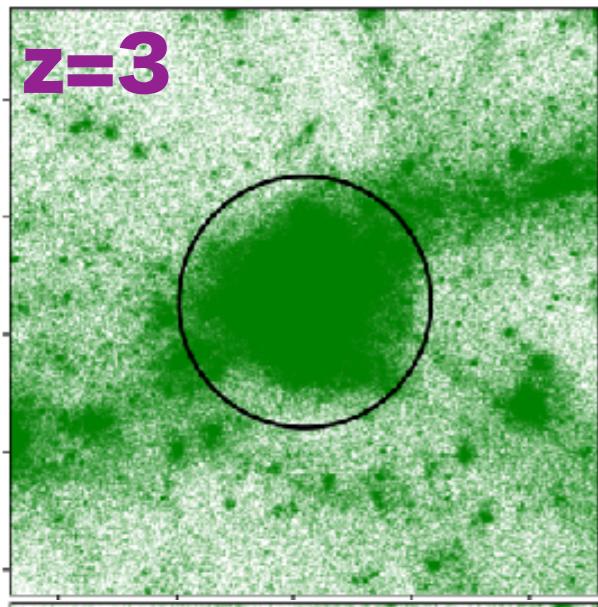
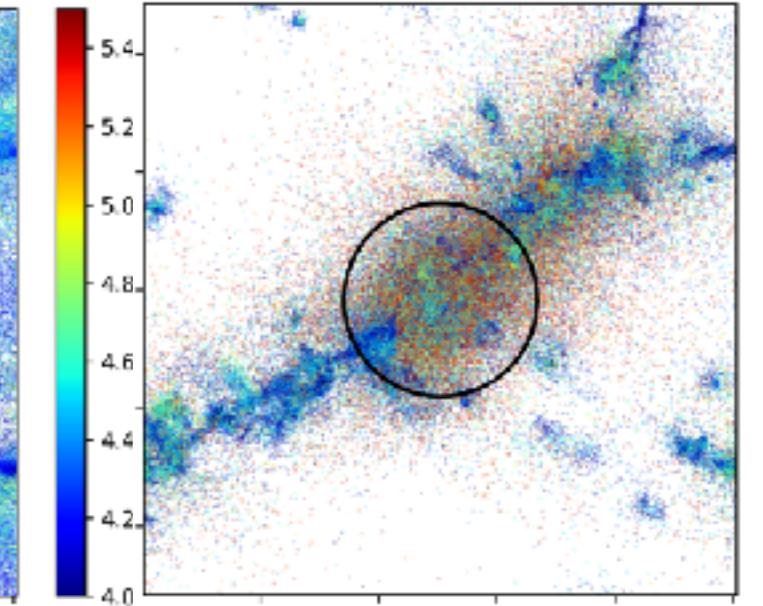
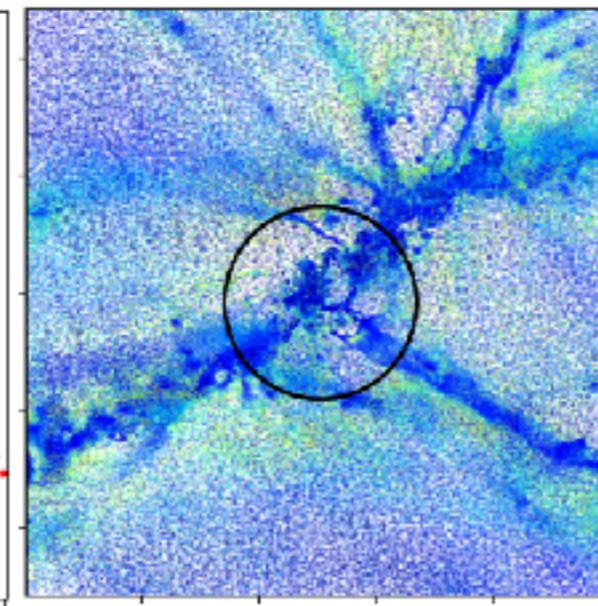
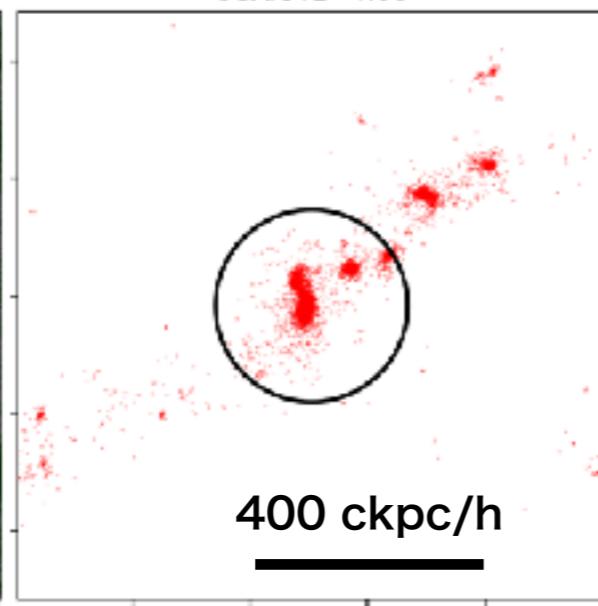
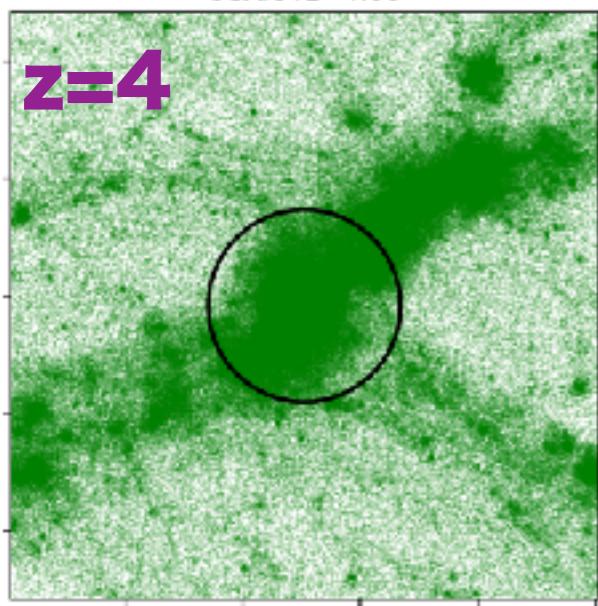
cold stream penetrating hot medium

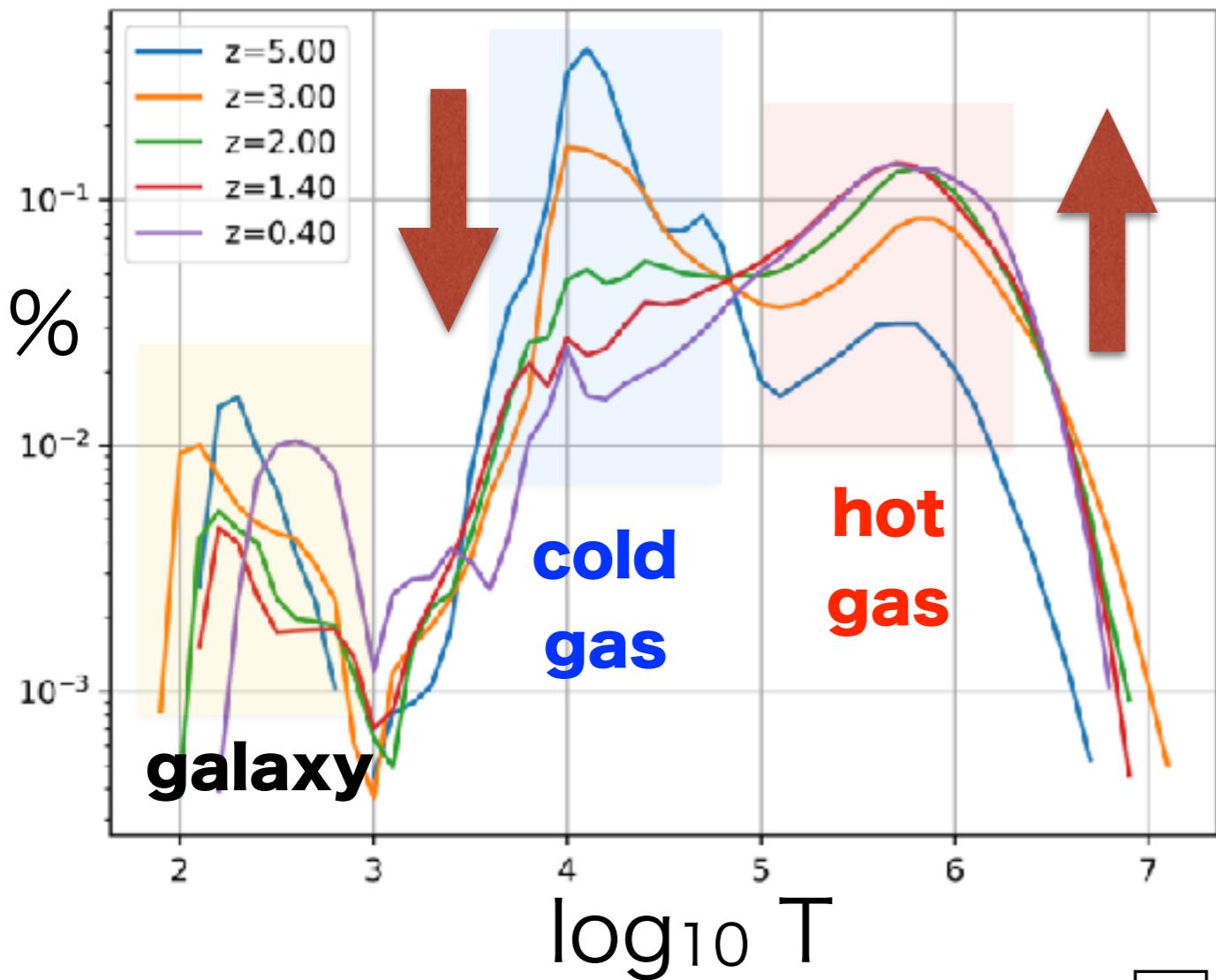


$$E_{\text{int}} = \frac{3}{10} \frac{GM_v}{R_v} \sim \frac{3}{2} \frac{k_B T_v}{m_p}$$

$$\log_{10} T_v \sim 5.2$$



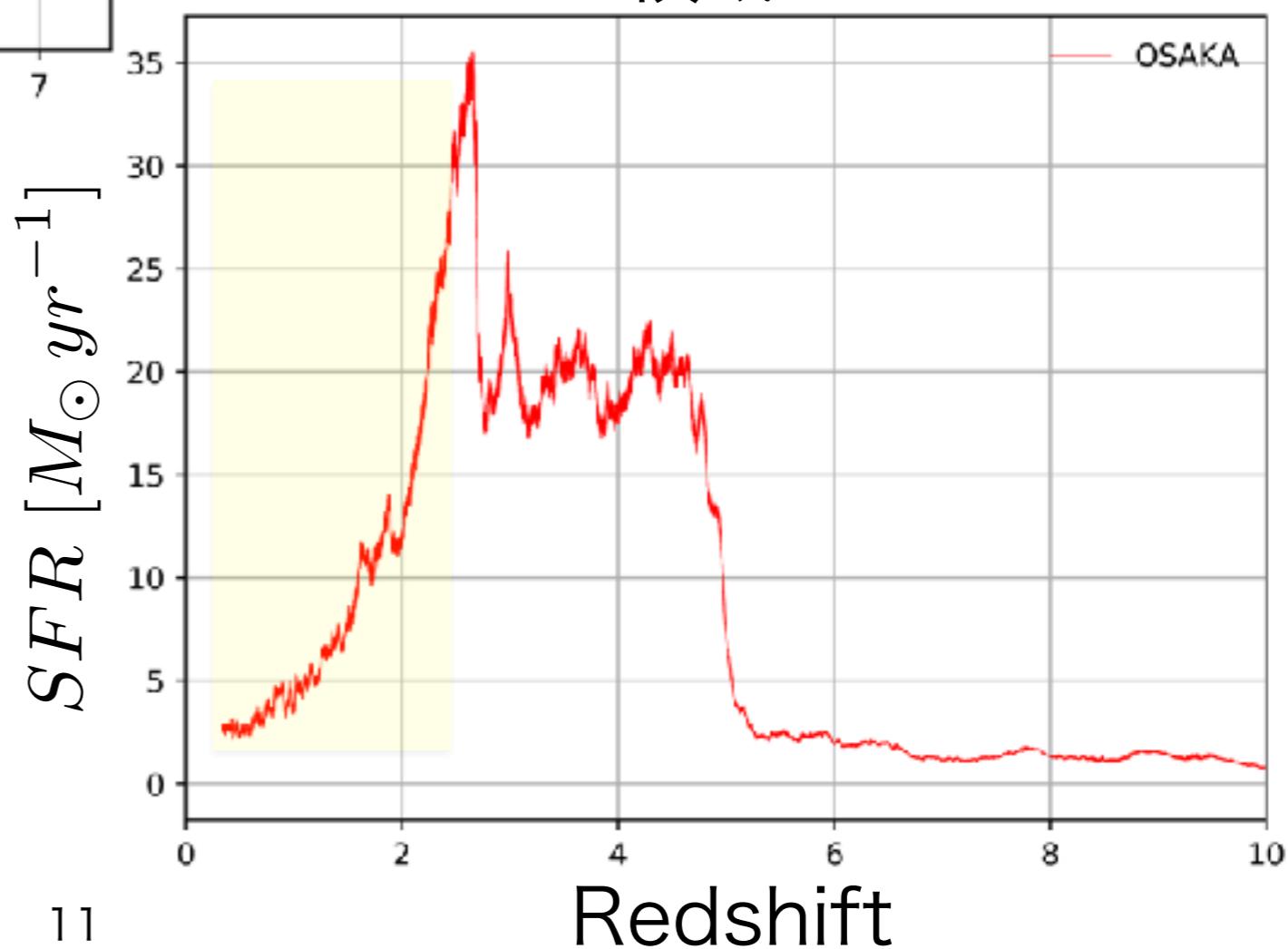
DM**star****gas (<T_v)****metallicity** $\log_{10} T$ $\log_{10} Z$ 



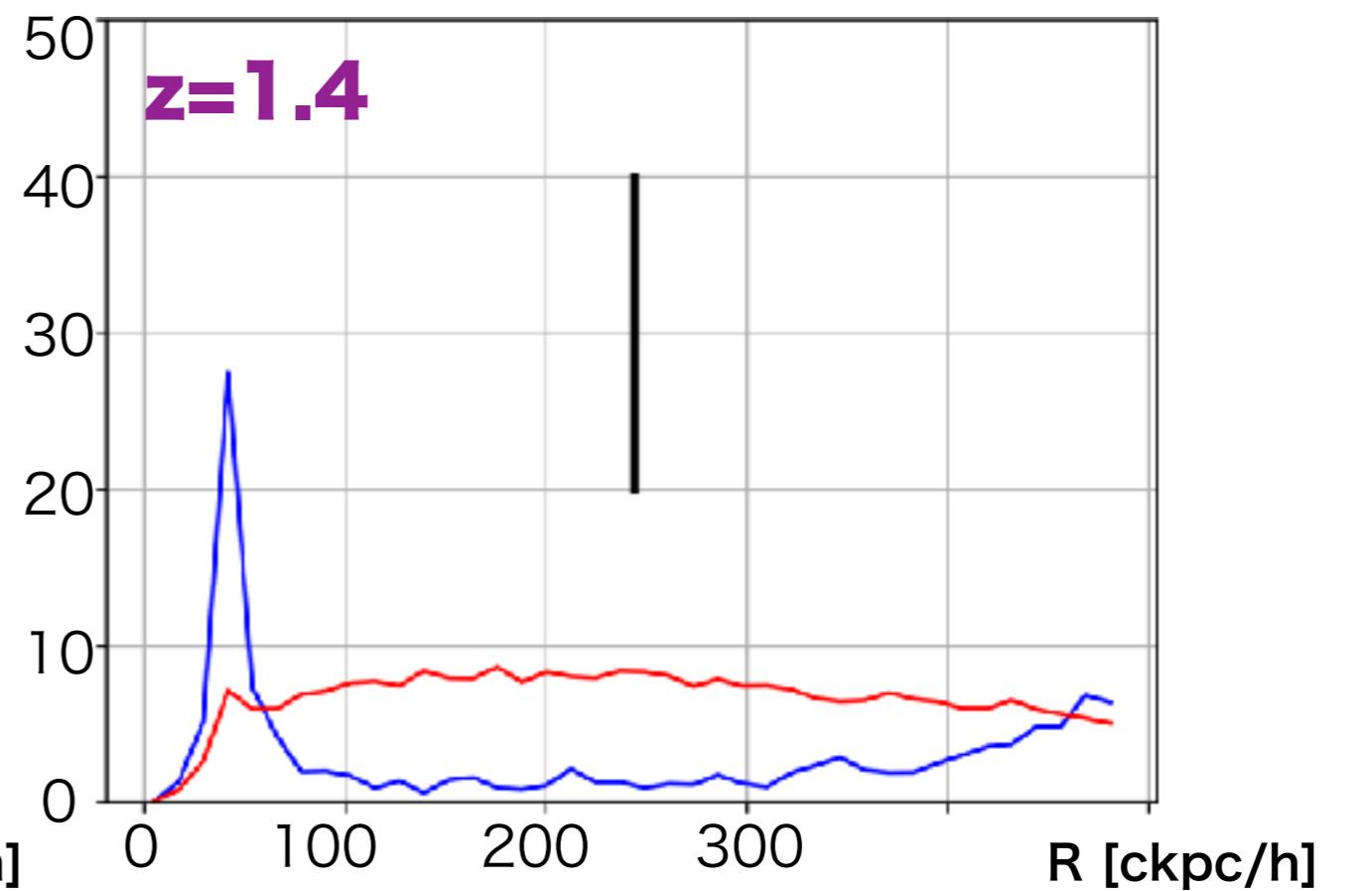
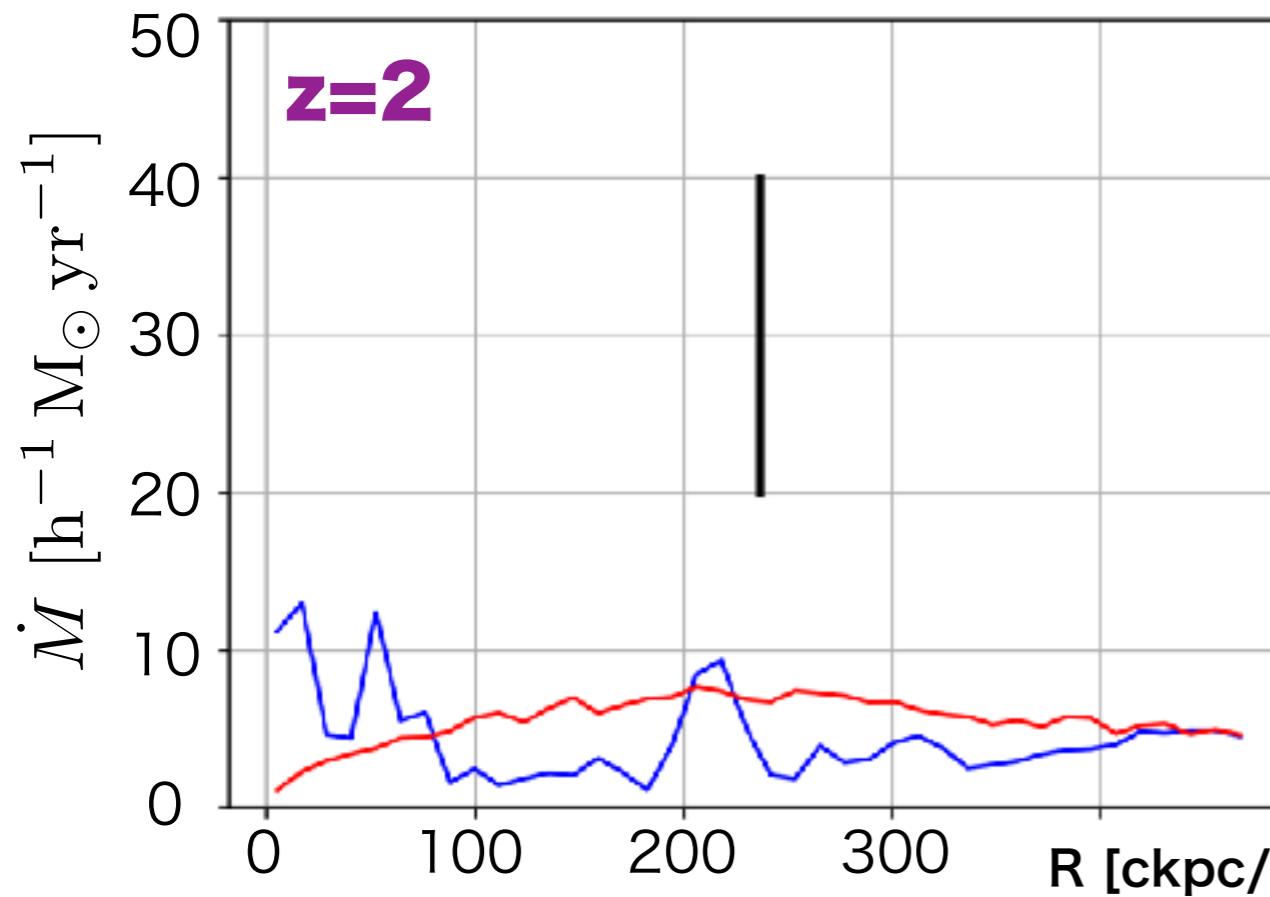
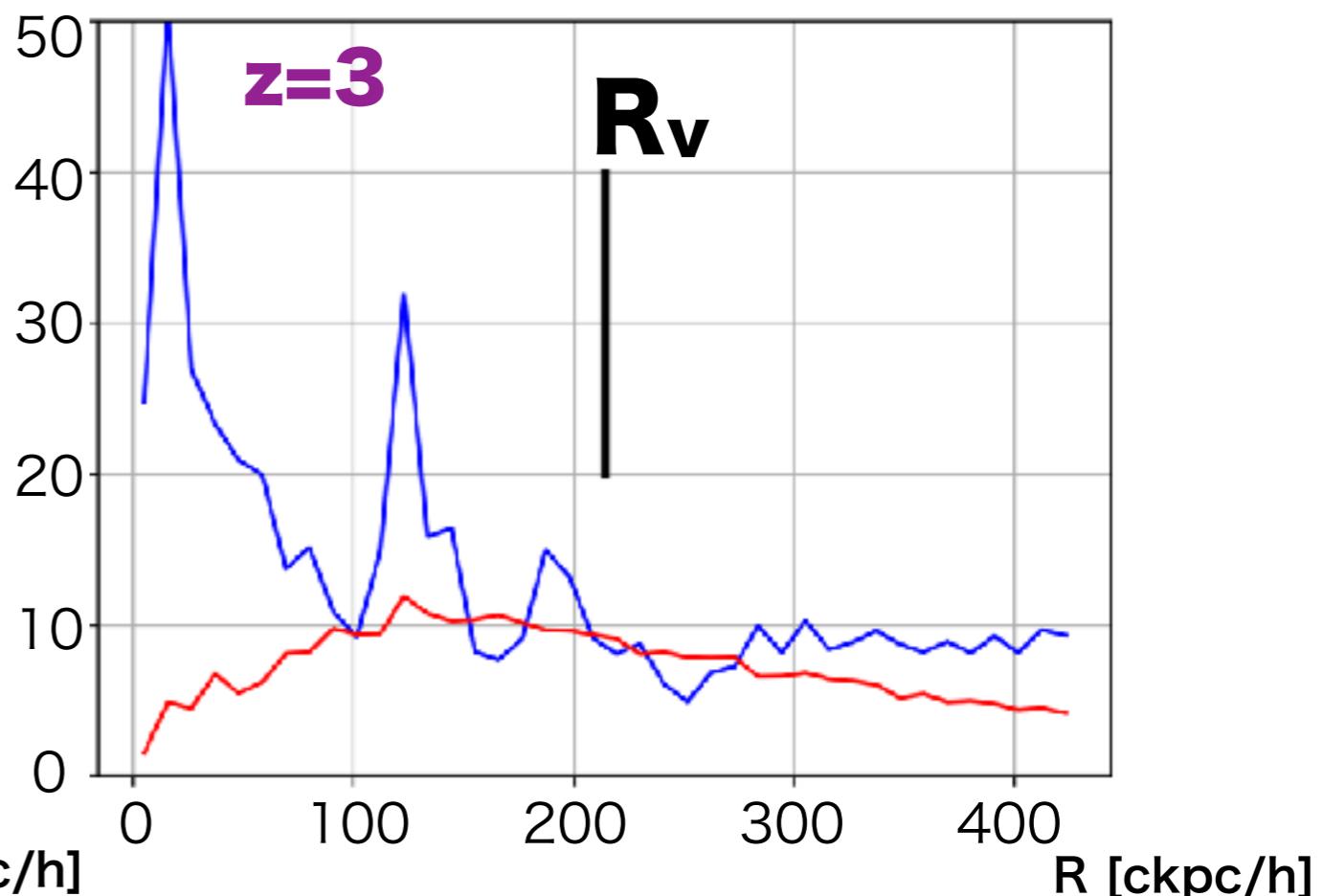
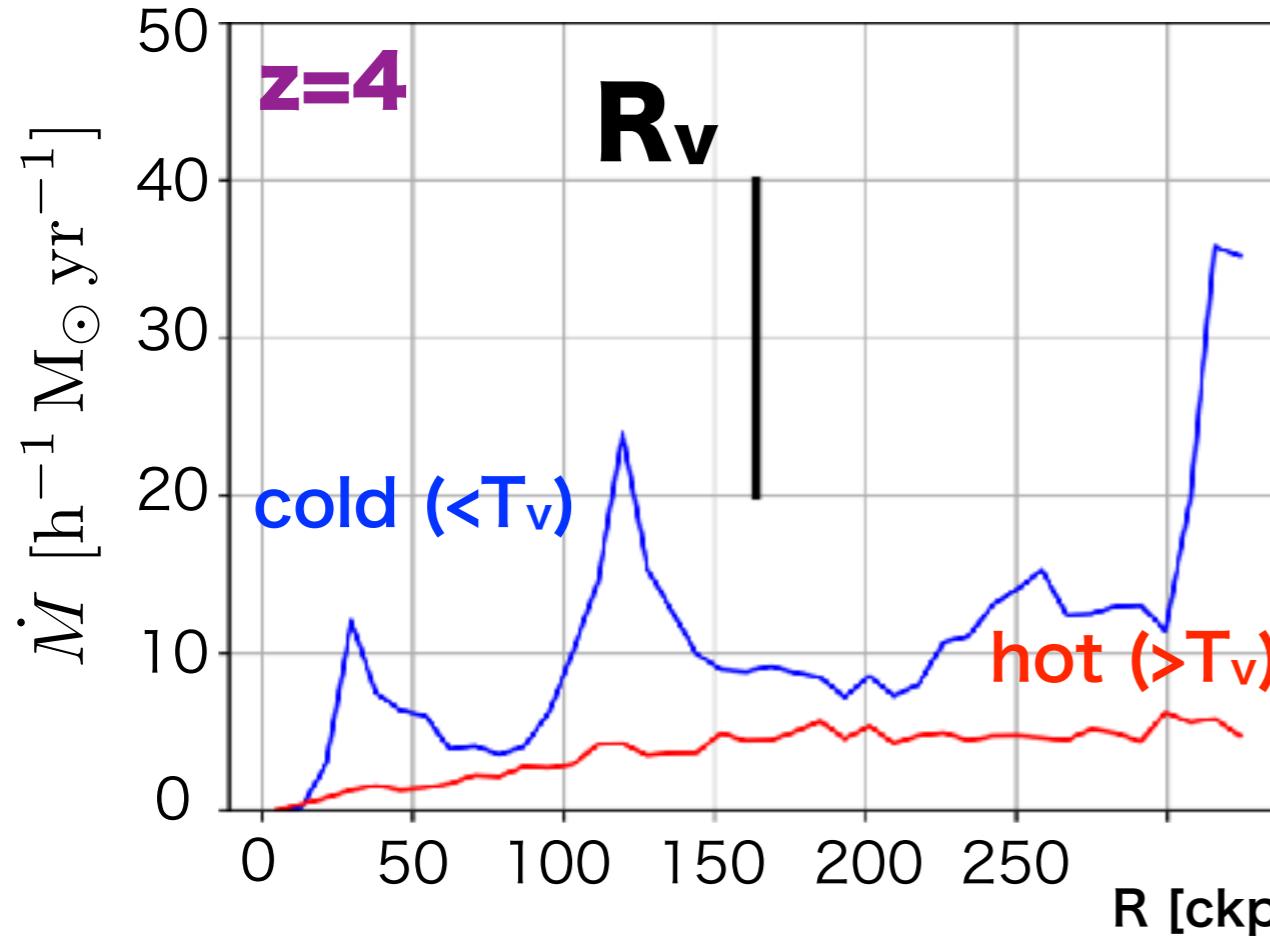
系全体のSFRがz~2から
小さくなる傾向と
コンシスティント

z=5 から z~0 にかけて
cold gas に対して hot gas
の割合が大きくなる。
(SN feedback, shock heating
による加熱)

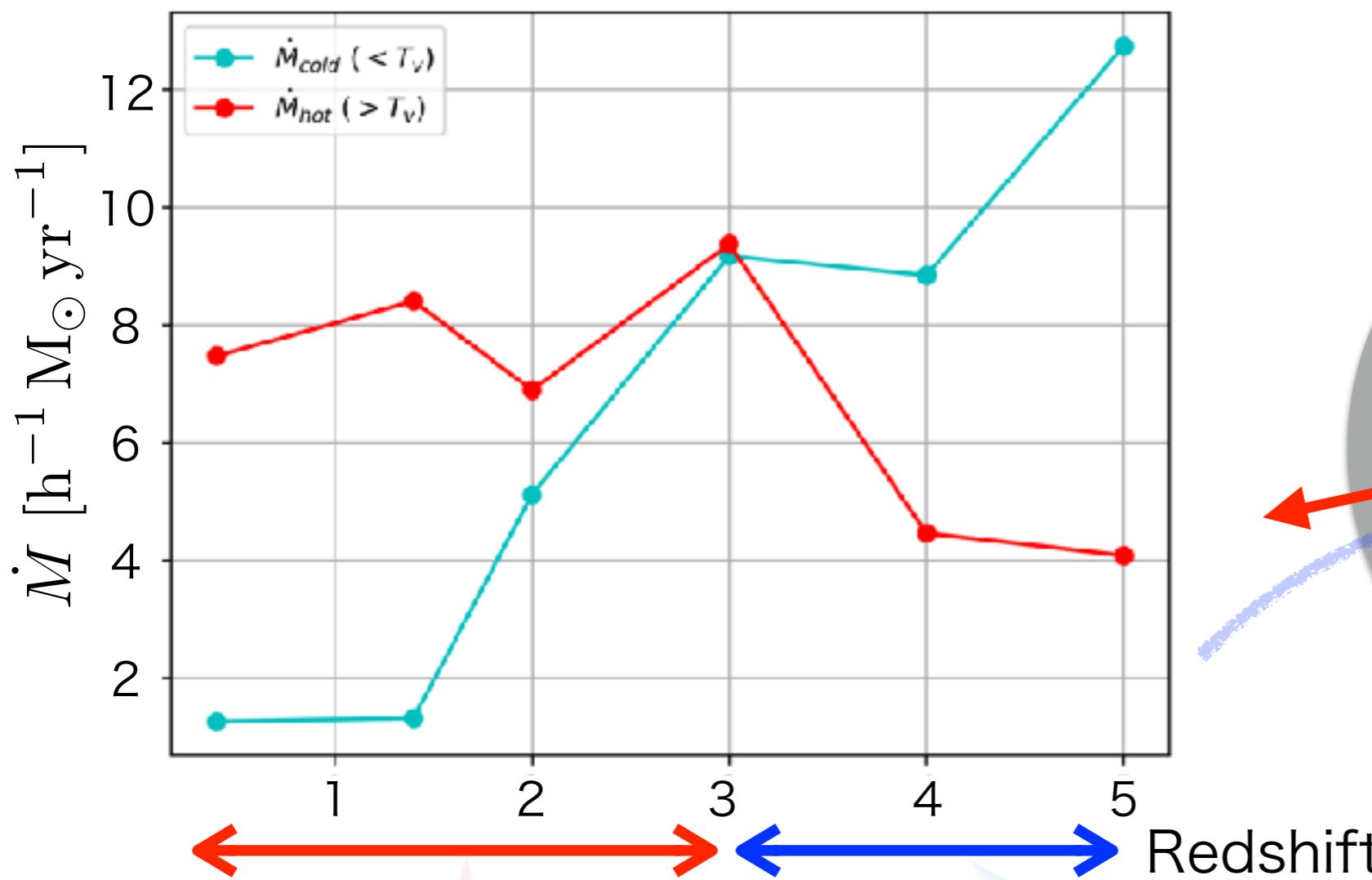
ズーム領域のSFR



銀河中心からの各半径での質量降着率

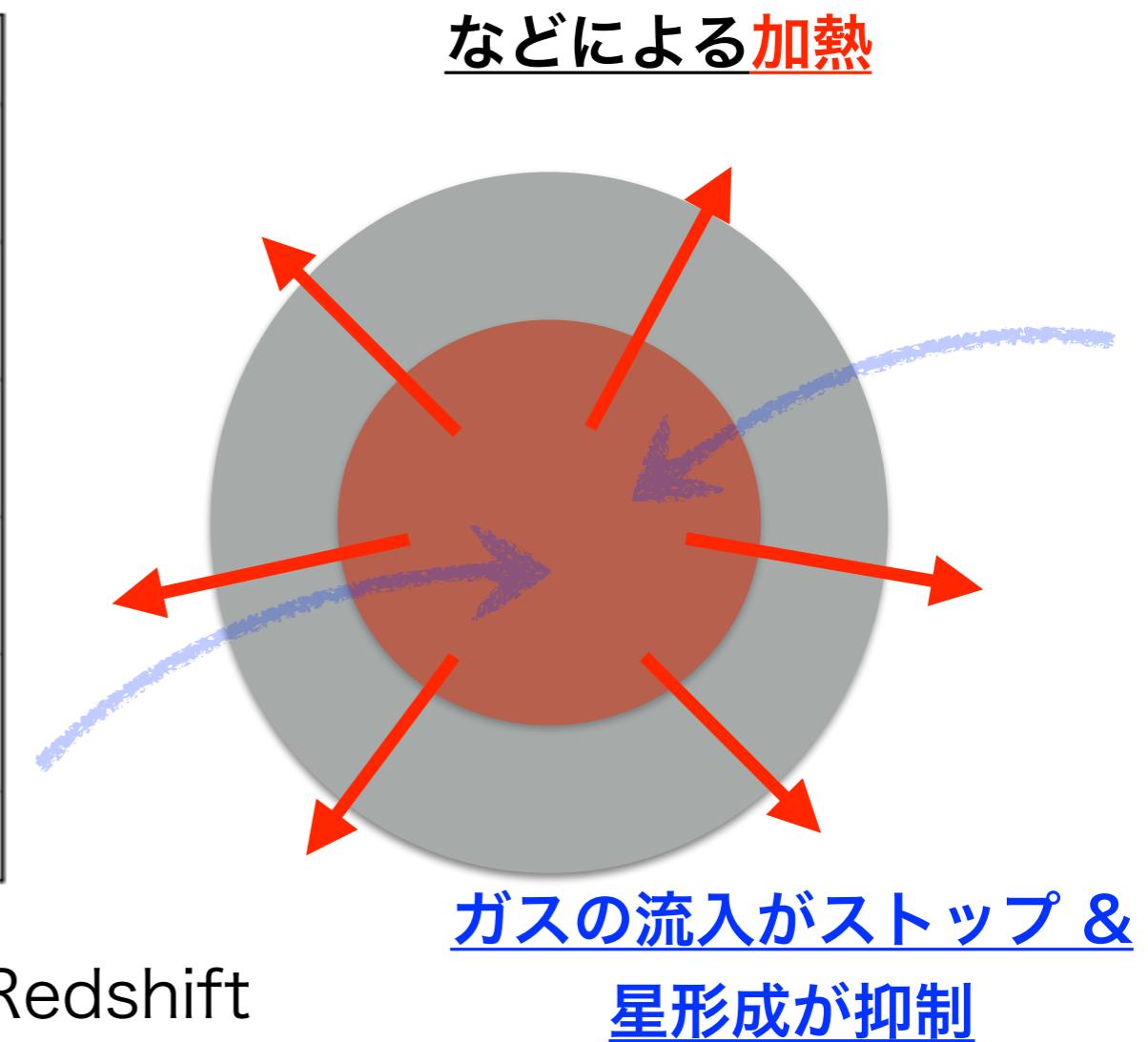


Cold & Hot gas の 降着率



Heating (Shock-heatingやSN feedback) が効き、冷たいフィラメント状のガスの流入が止まる。
同時に、星形成が抑制される。

shock heating & SN feedback



フィラメント状の冷えたガスが角運動量を銀河中心へ輸送し、それらのガスが効率的に星形成を起こす。

Summary

- ・銀河に降着するガスには **hot mode** と **cold mode** があり、後者は フィラメント状に銀河へ降着する。
- ・フィラメントは $z \sim 4$ 以前から存在し、 $z \sim 2$ あたりで heating が効き、影響が小さくなる。

Future works

- ・フィラメント状になる物理
(フィラメントの ジーンズ不安定性、熱的不安定性) についての定量的な議論
- ・複数の feedback モデルで検証し、その影響について調べる。
- ・異なる質量を持つ Halo についても同様の zoom-in を行い、銀河の morphology への影響について考察する。