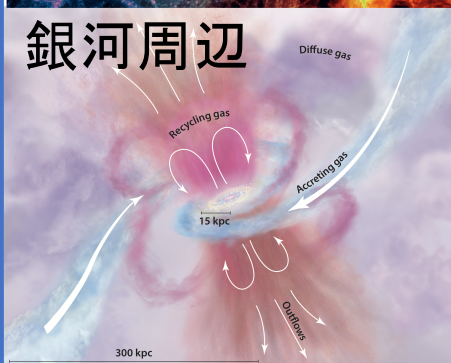


数値シミュレーションで 探る大域的輝線マップと 銀河形成の関係

矢島秀伸(筑波大学)

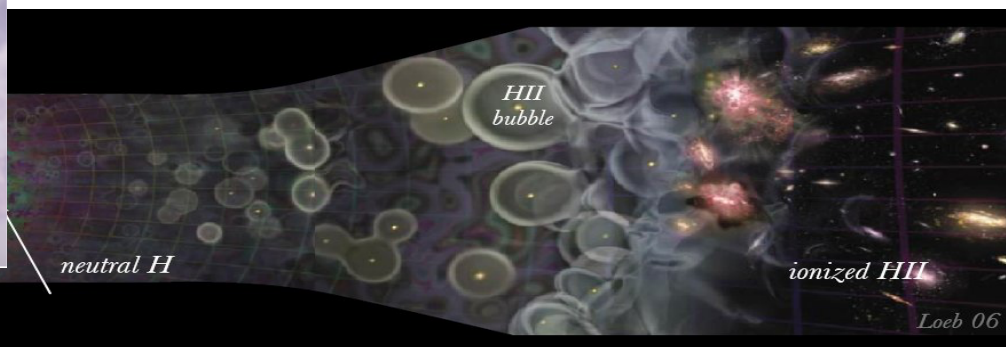
宇宙の階層構造における銀河進化

空間スケール (階層構造)



階層構造の中で銀河はどのように進化するのか？
銀河進化の重要な過程はどのような波長、明るさとして反映されるのか？

数値シミュレーションによって理論的にモデル化を試みる



時間スケール (宇宙論的進化)

数値シミュレーション

宇宙論的流体計算

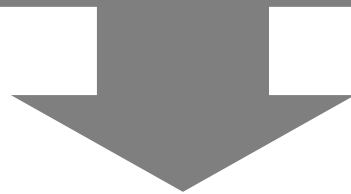
ズームイン初期条件
星・ブラックホールモデル
フィードバックモデル
化学計算

(Johnson+13; Yajima+ in prep.)

多波長輻射輸送計算

紫外からダスト放射までの連続波
電離構造
ライマンアルファ輝線
[OIII], [CII]輝線

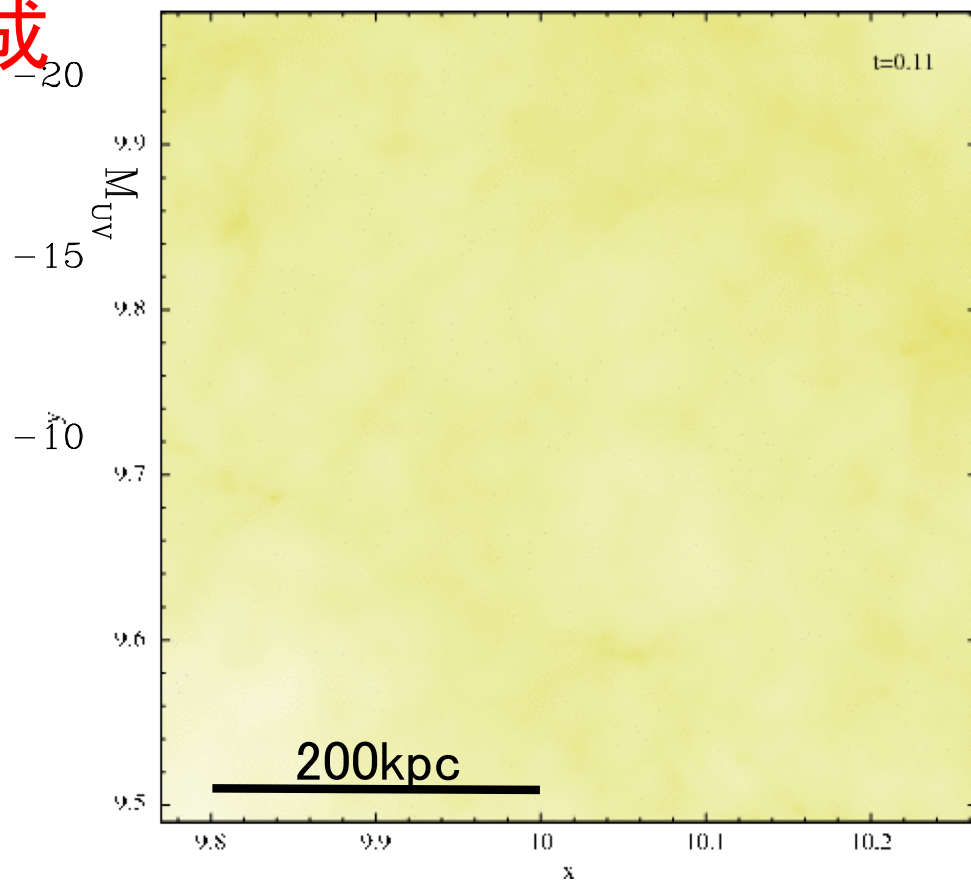
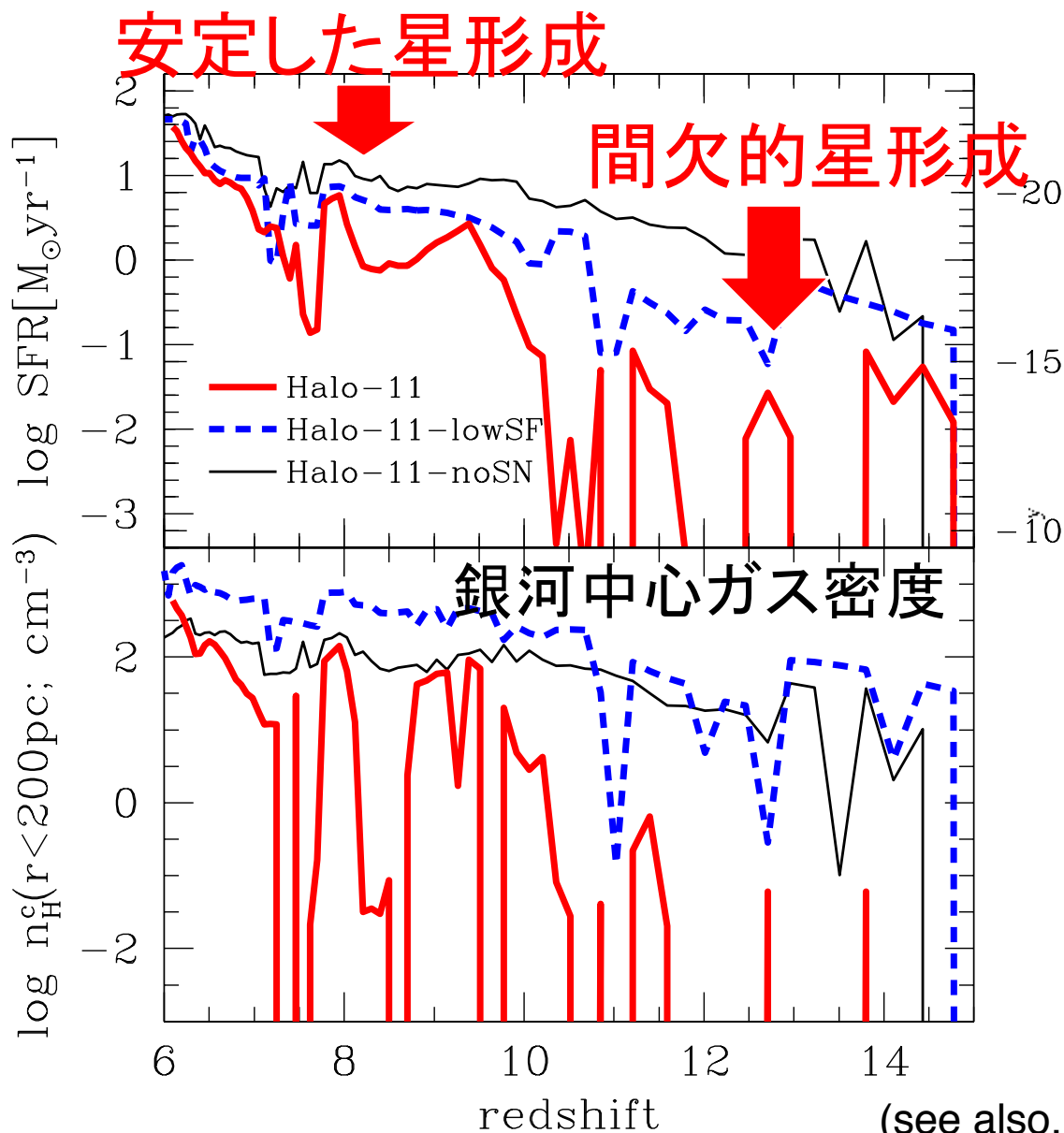
(Yajima+12; Arata+19)



1. 初代銀河の進化メカニズムと観測輻射特性
2. 原始銀河団を囲む大規模構造と銀河進化、輝線マップ

初代銀河の星形成史

(Yajima et al. 2017, ApJ, 846, 30)



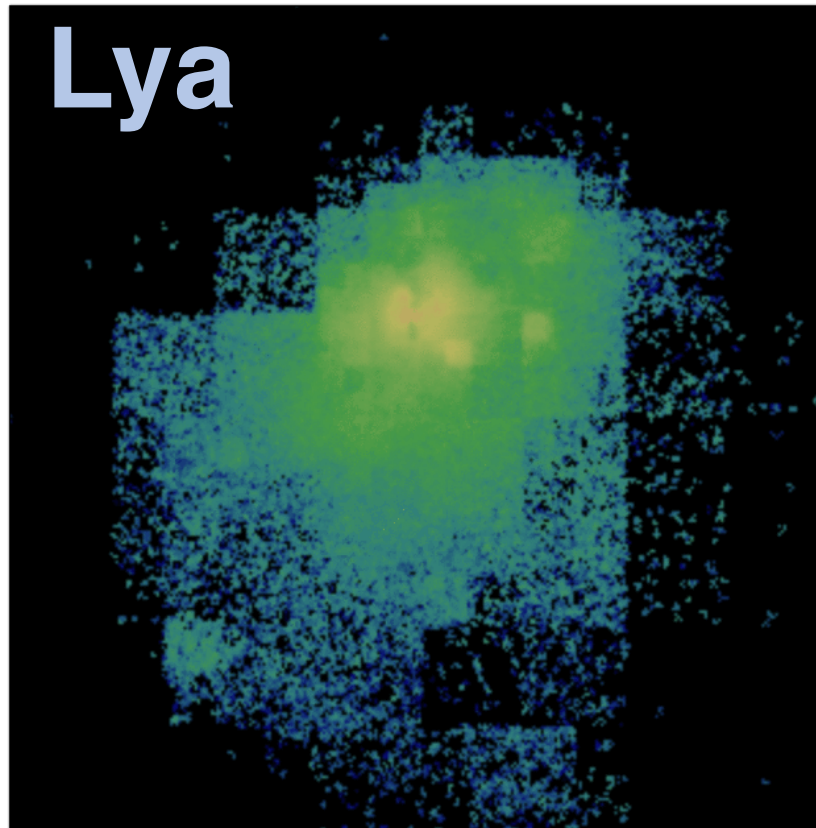
(see also, Hopkins+15; Kimm+15; Ceverino+18)

輻射輸送計算による表面輝度 ($z=10 \rightarrow 6$)

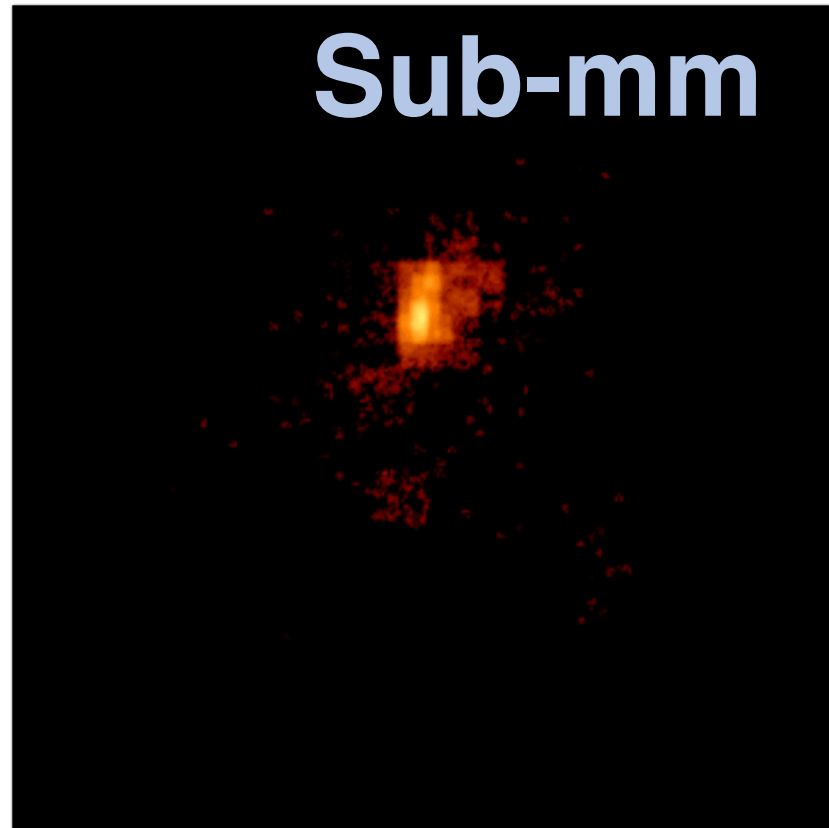
Halo-11

Arata, Yajima et al. 2019, MNRAS, 488, 2629

~10-30kpc(physical)

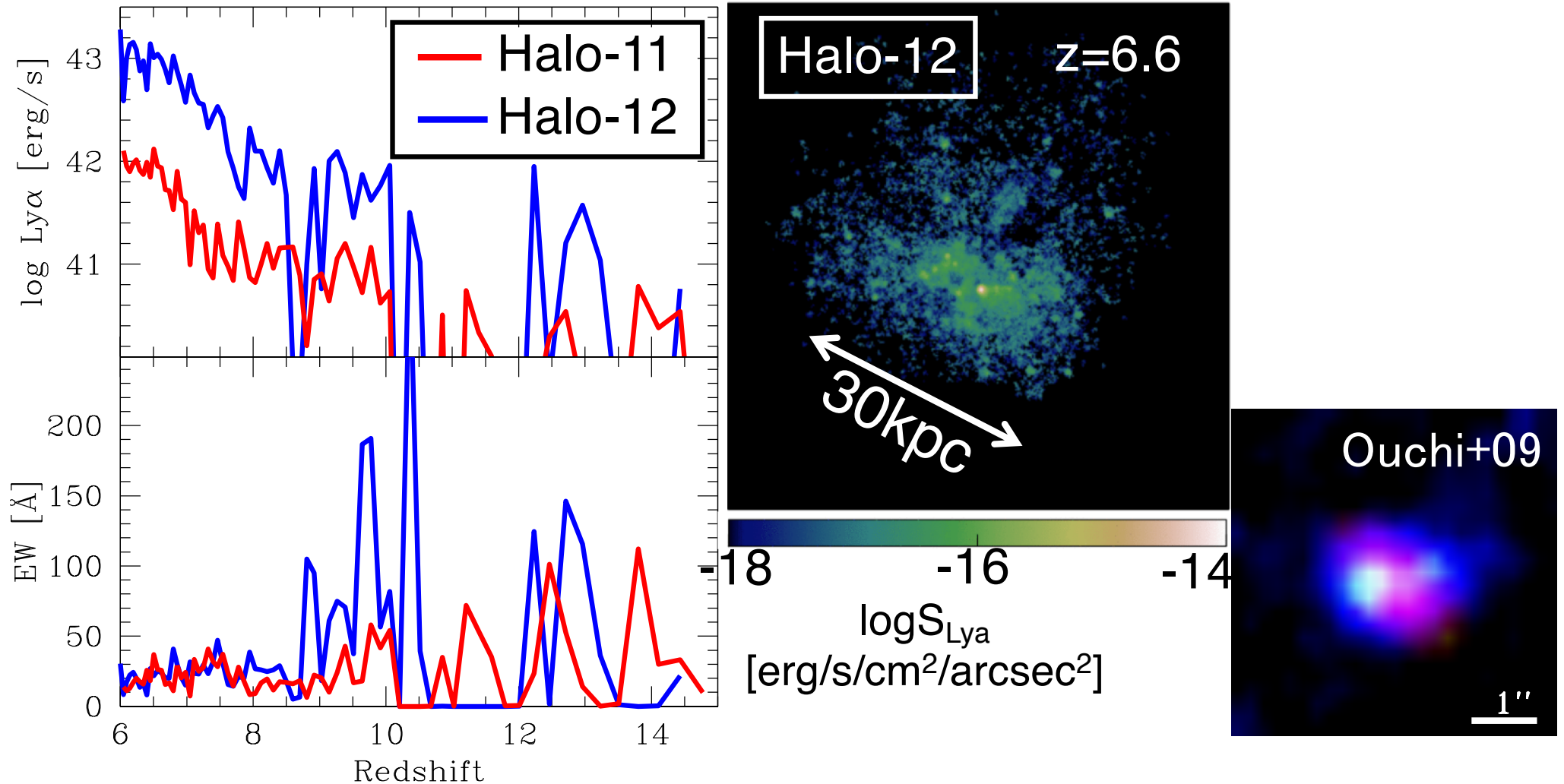


-20 -18 -16 -14
 $\log S_{\text{Ly}\alpha}$
[erg/s/cm²/arcsec²]



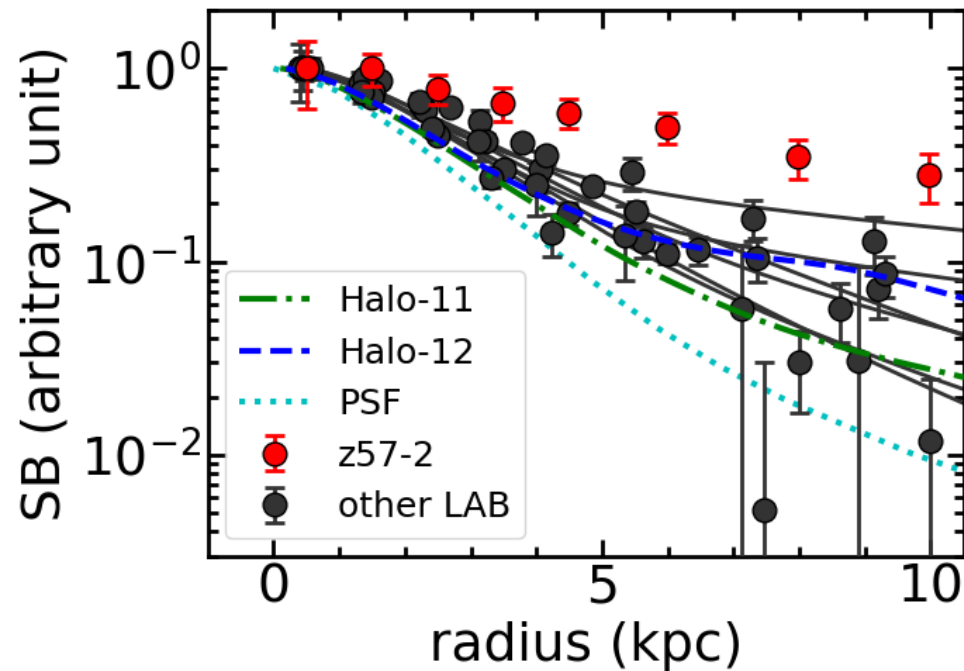
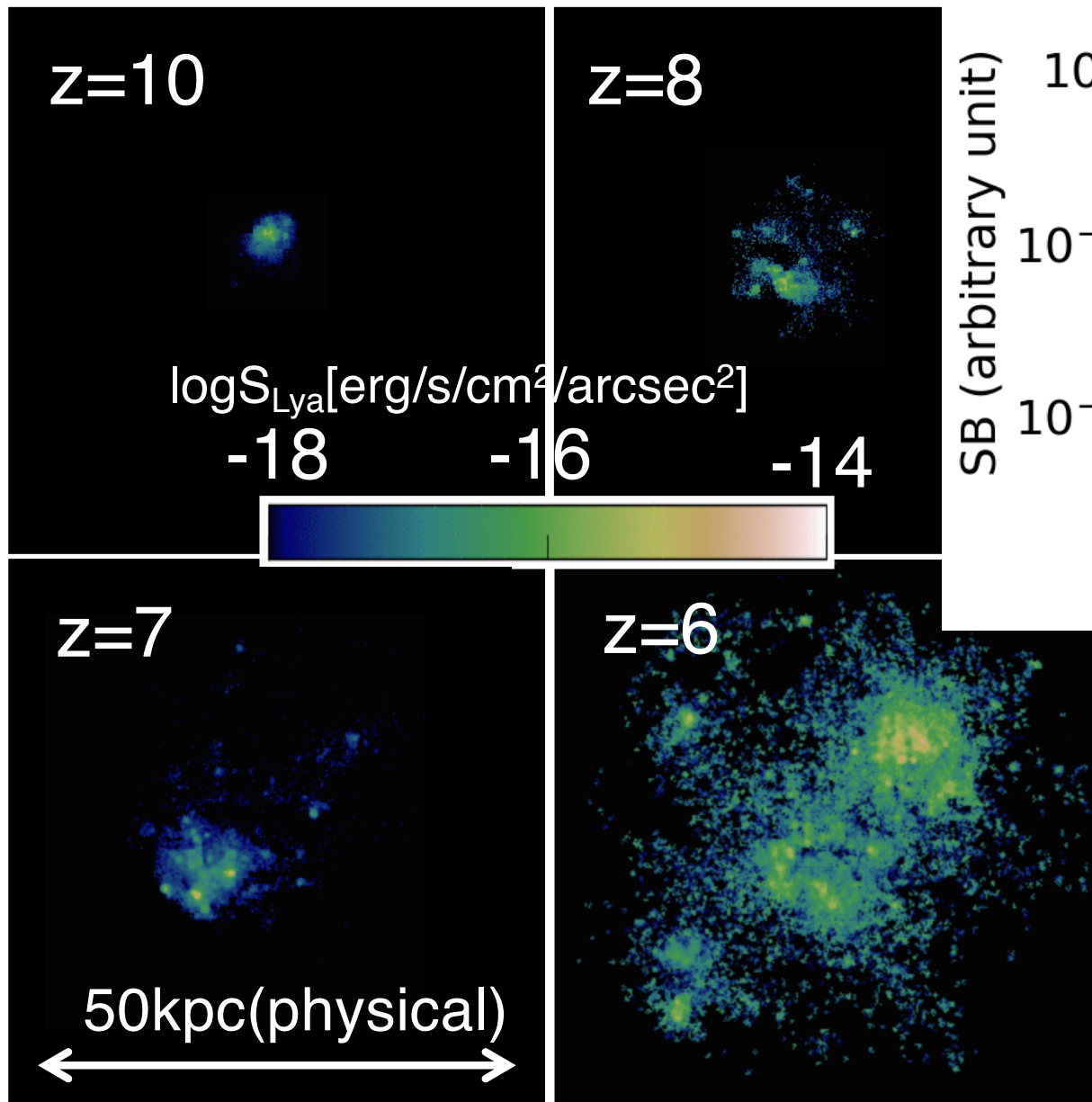
-5 -3 -1
 $\log S_{1.1\text{mm}}$
[mJy/arcsec²]

ライマンアルファ光度



Lyman-alpha properties of first galaxies change drastically due to the galactic outflow

ライマンアルファ表面輝度



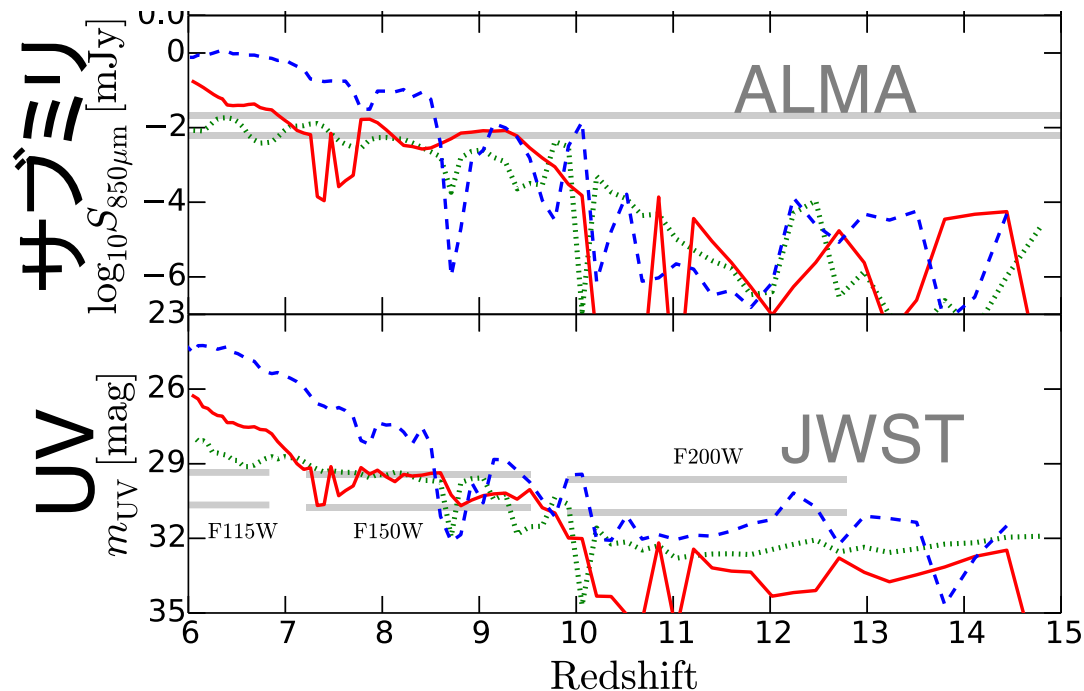
Zhang, ..., Yajima, et al. (2019)

サブミリフラックスの赤方偏移進化

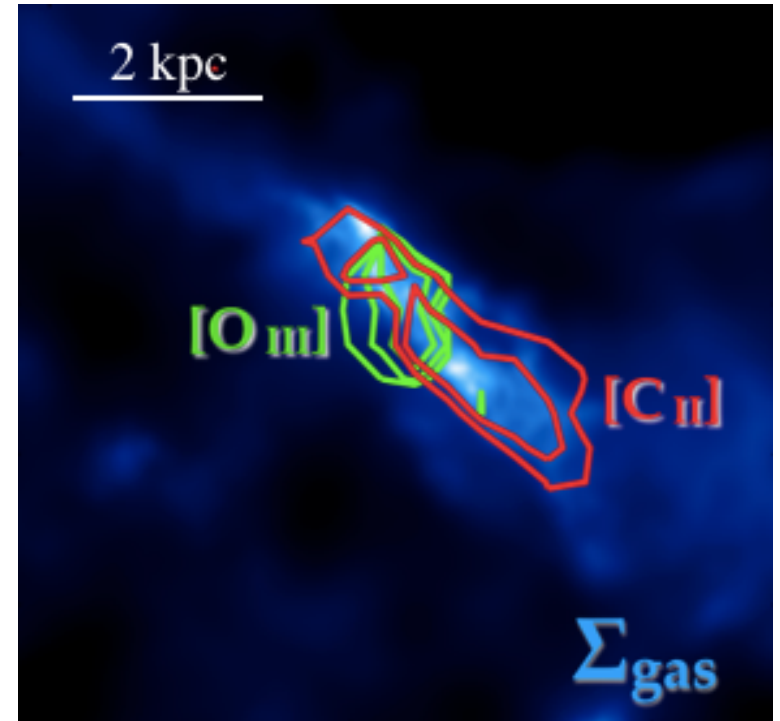
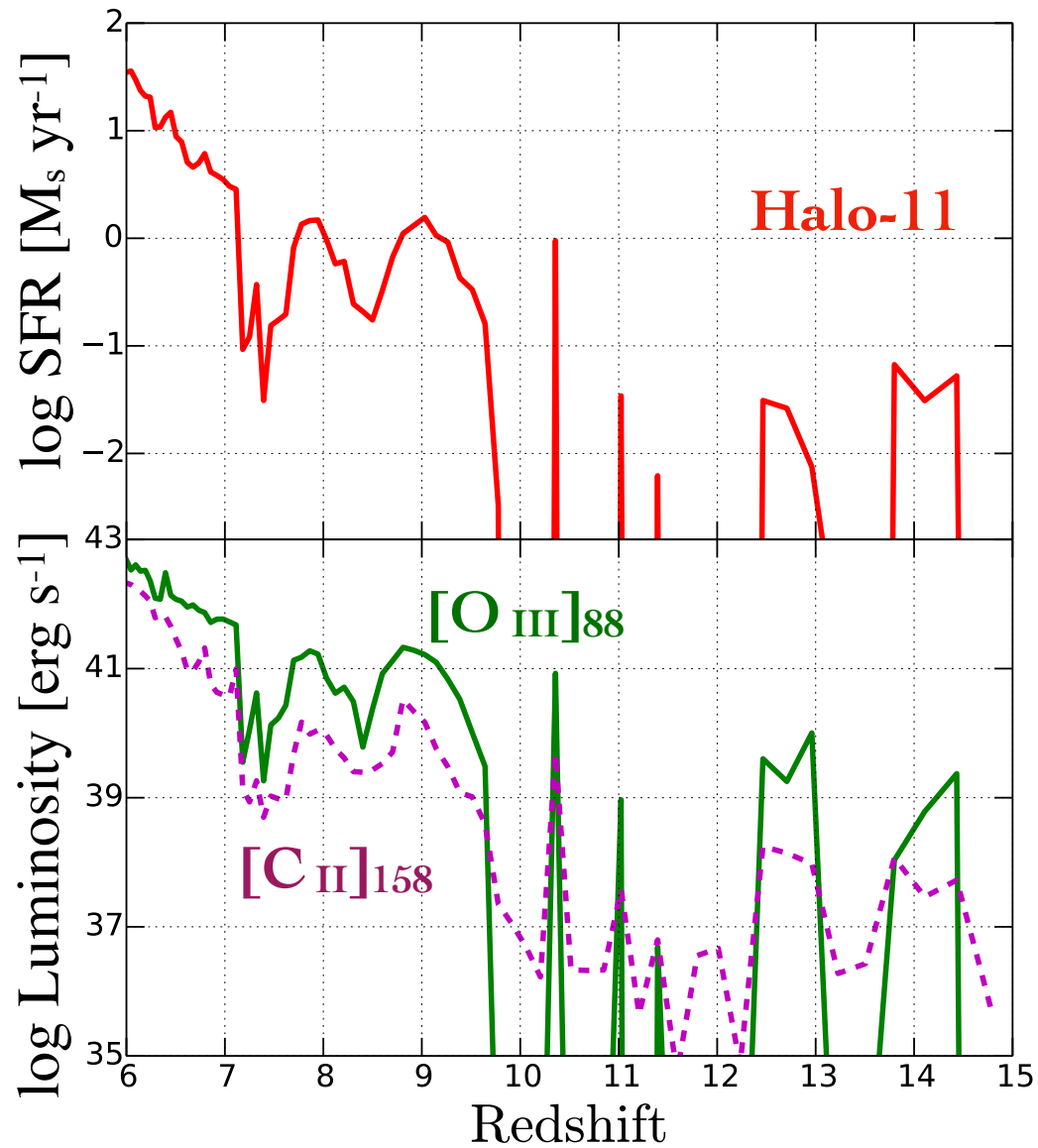
Time scale of the fluctuation

$$t \sim \frac{\lambda R_{\text{vir}}}{V_c}$$

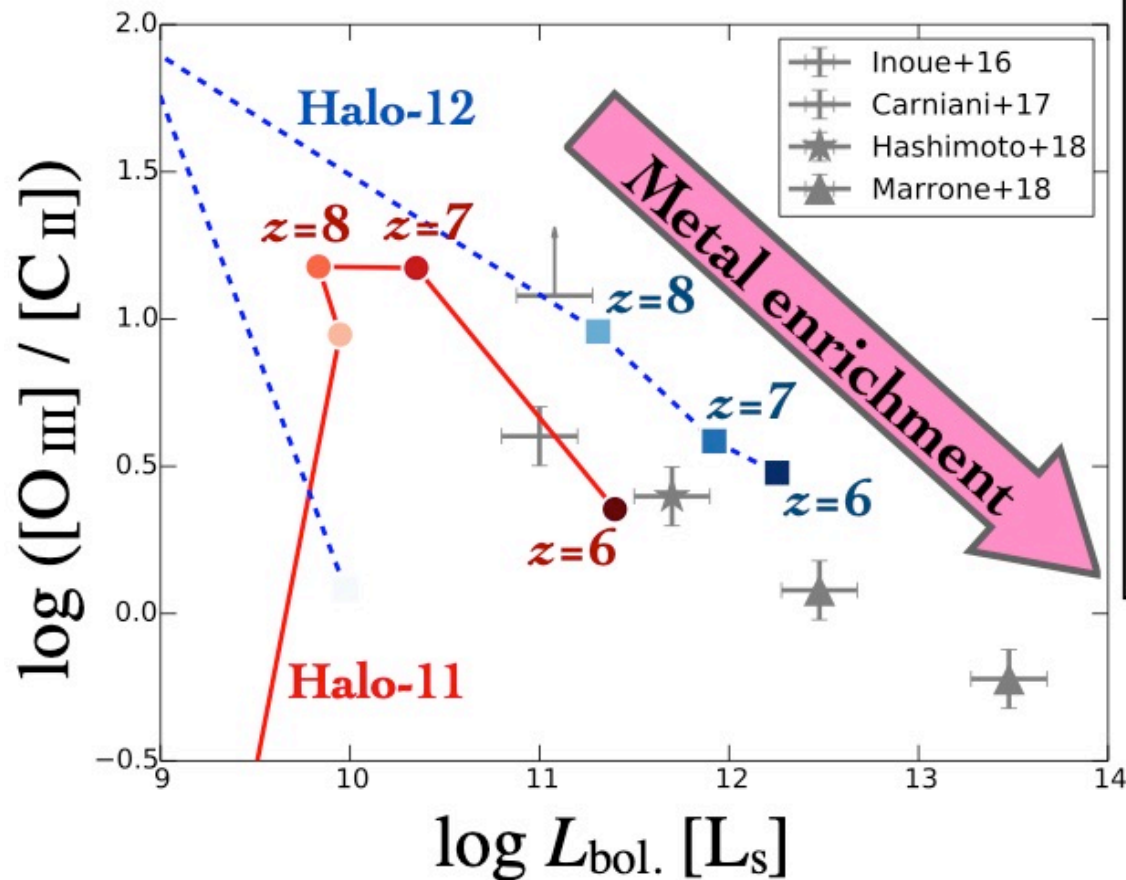
$$\lesssim 10 \text{ Myr}$$



[OIII], [CII] 光度



[O III]/[C II] ratio



Metal enrichment

Suppresses H II region
due to dust absorption

$[\text{O III}] \searrow$

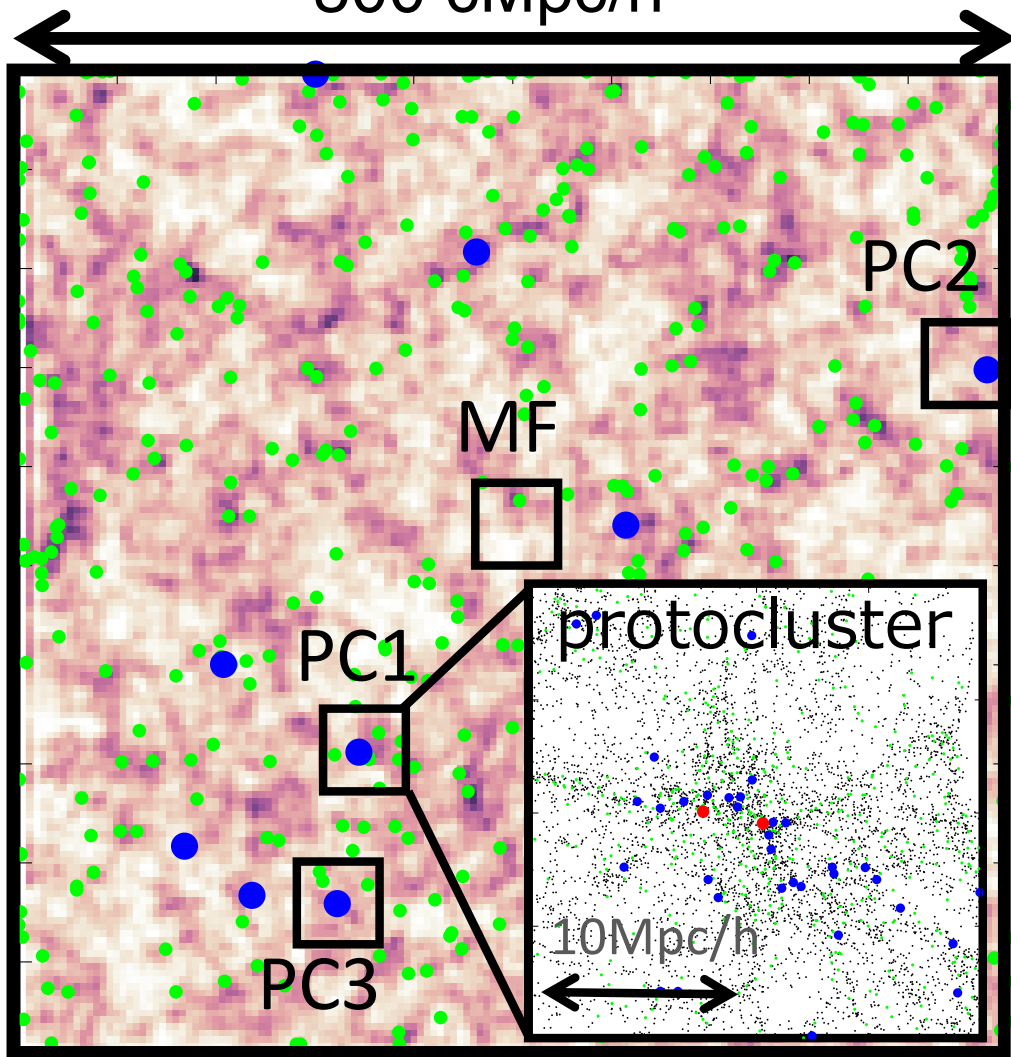
Enhances H I cloud
formation due to
metal cooling

$[\text{C II}] \nearrow$, $\text{SFR}(L_{\text{bol.}}) \nearrow$

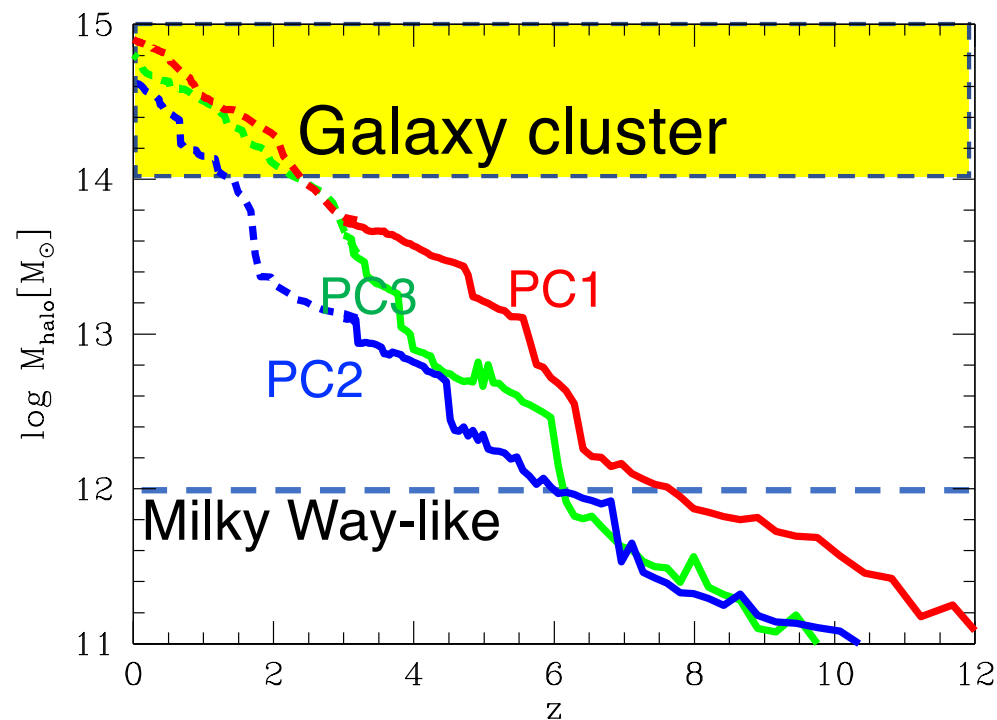
原始銀河団シミュレーション

(Yajima, Abe et al. in prep.)

500 cMpc/h



Halo mass



**Gadget-3 + FiBY options + Eagle options
+ our original options**

$$m_{\text{SPH}} = 3 \times 10^6 M_{\text{sun}}$$

$$L_{\text{zoom}} = 20 \text{ Mpc/h}$$

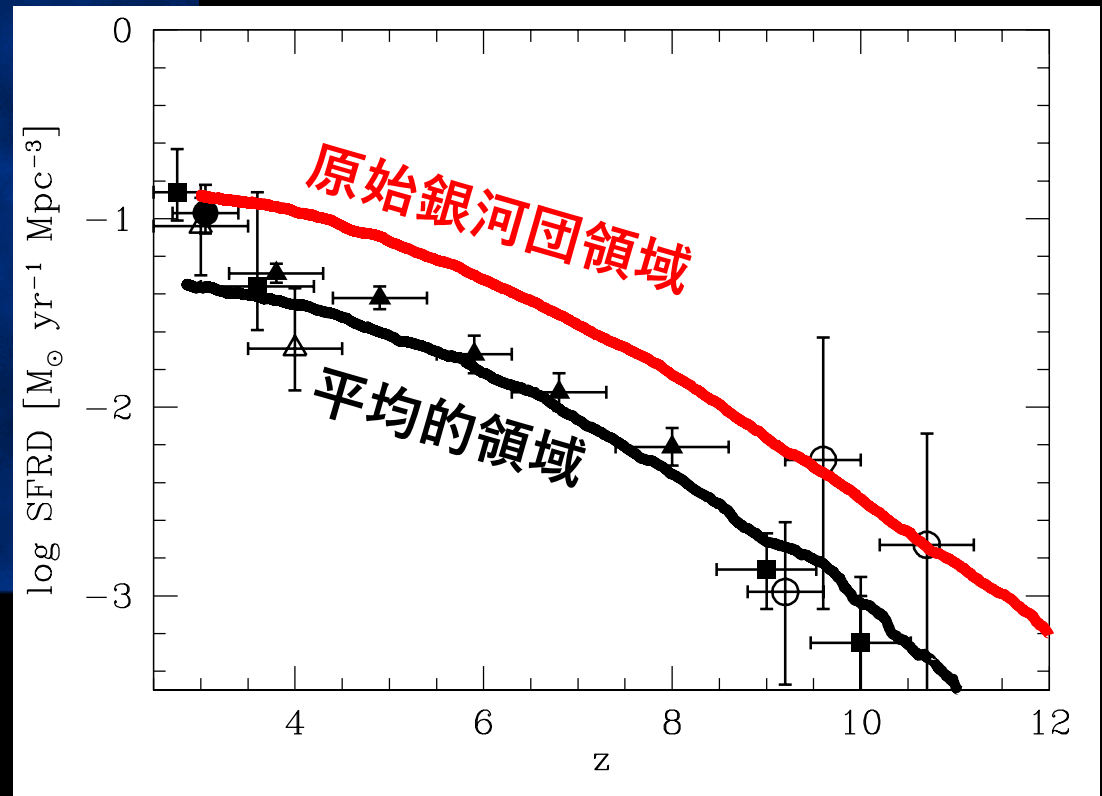
$$L_{\text{box}} = 500 \text{ Mpc/h}$$

星形成

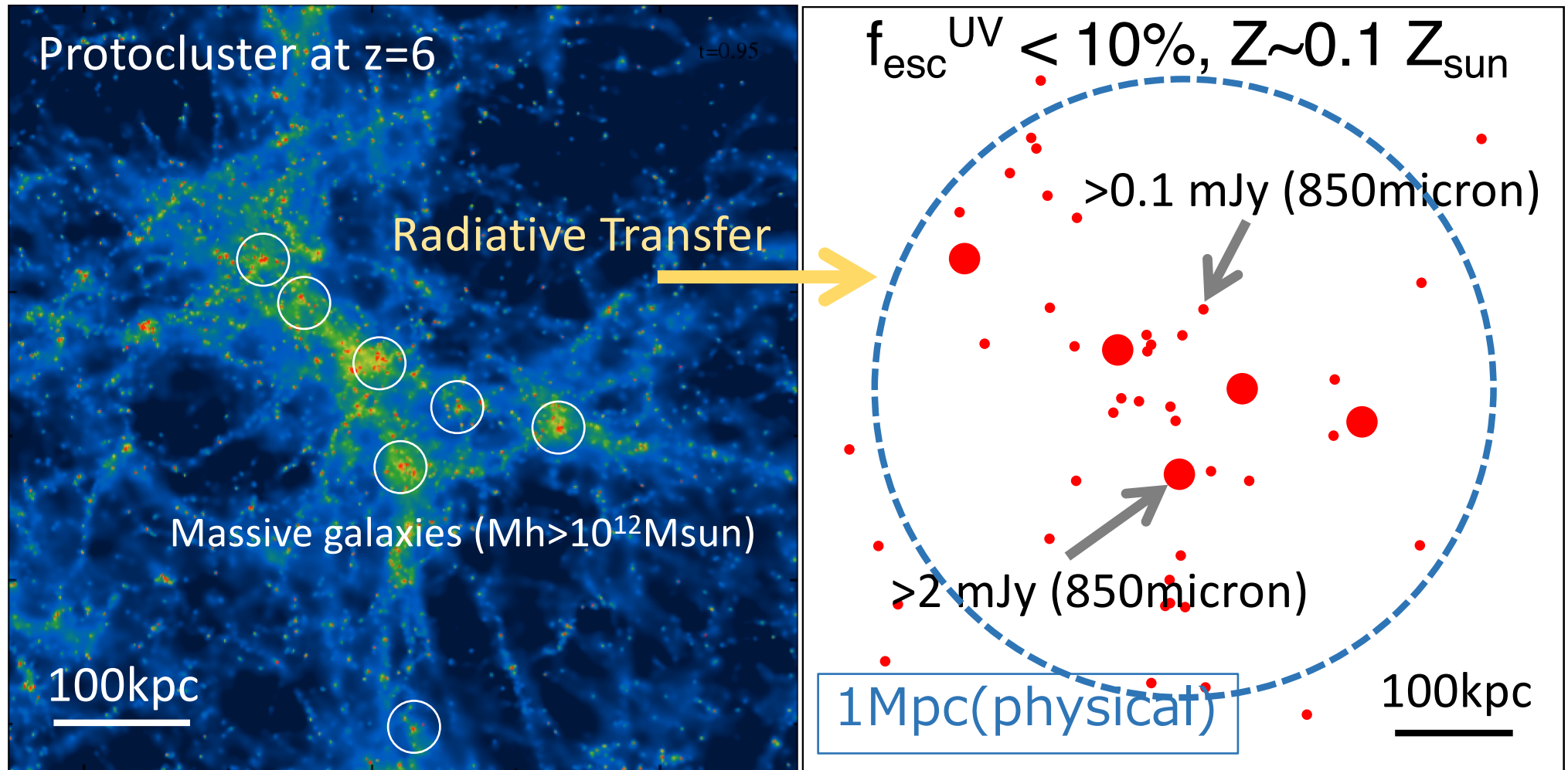
ガスの分布

5 cMpc/h

星形成率密度



サブミリ銀河の分布



Clustering of SMGs along the filamentary structure!

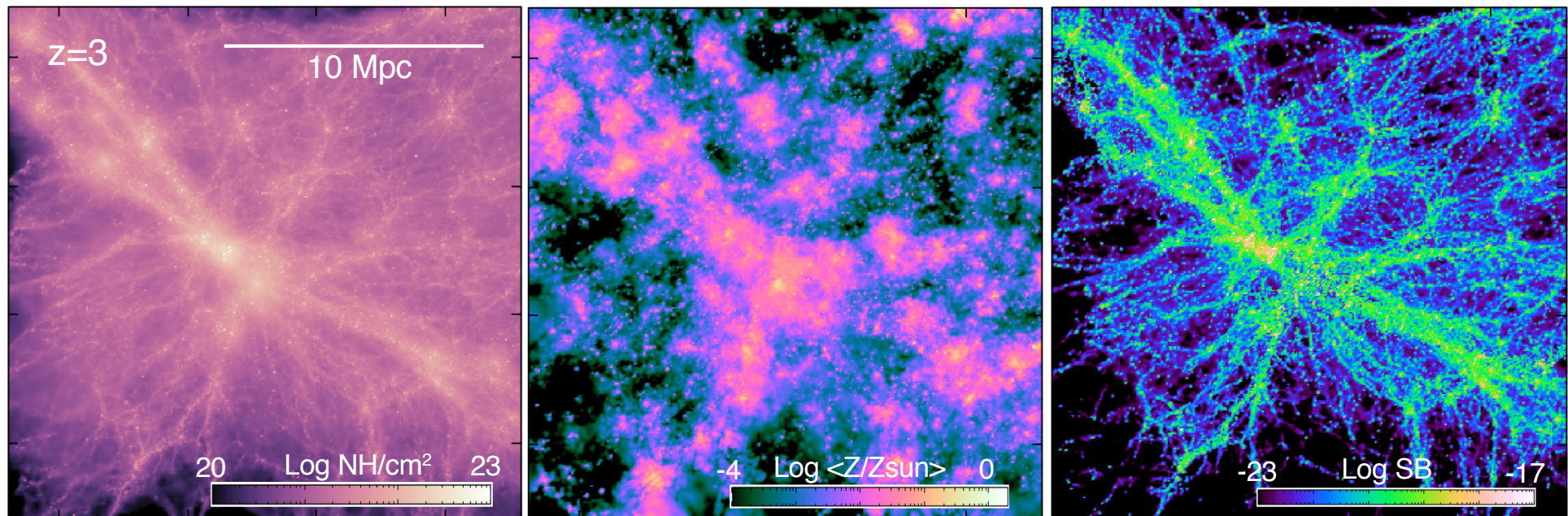
ライマンアルファ大域マップ

ライマンアルファは紫外線背景光とガス冷却光だけ考慮
(銀河、クエーサーからの寄与は考慮しない)

ガス

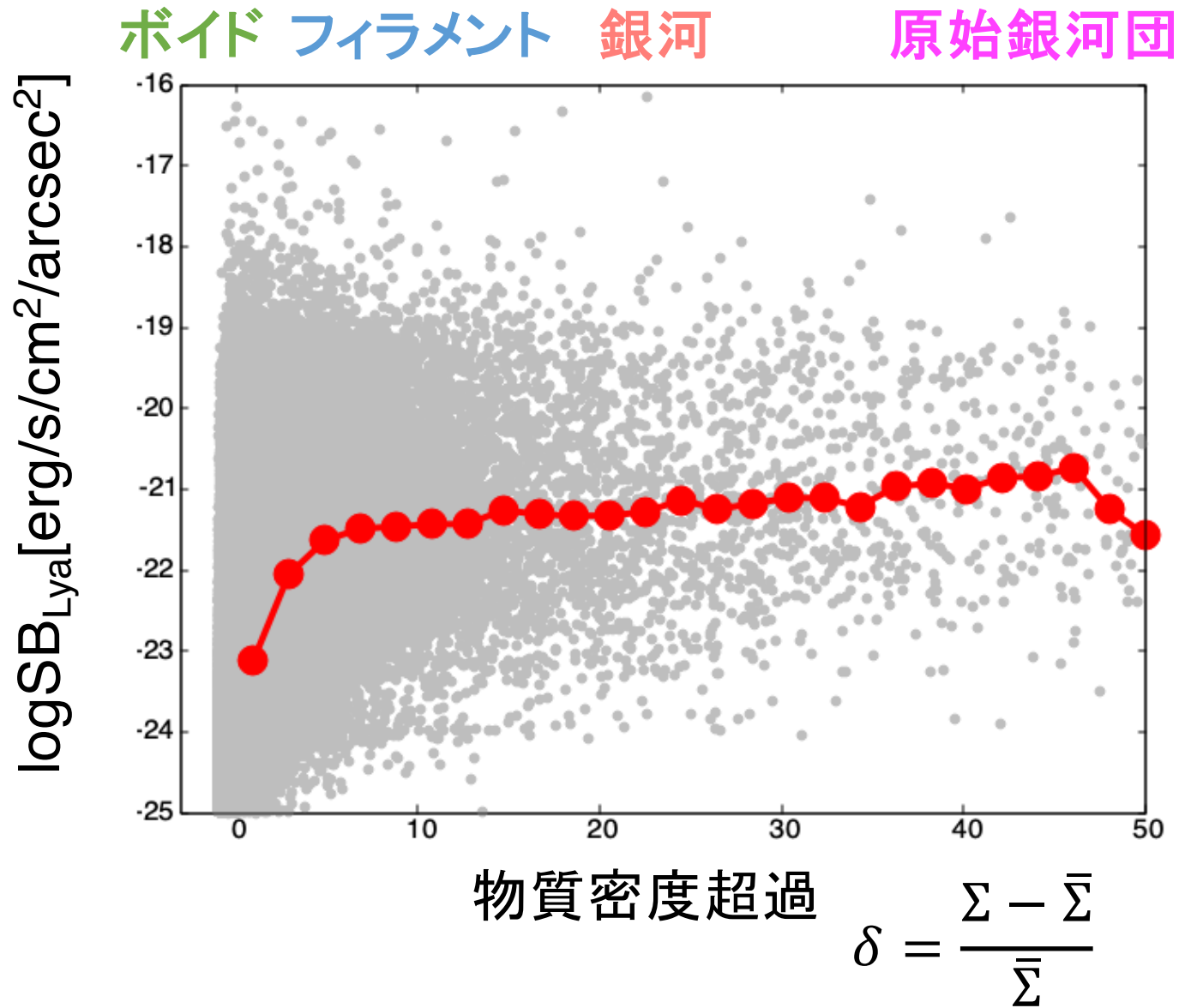
重元素

ライマンアルファ

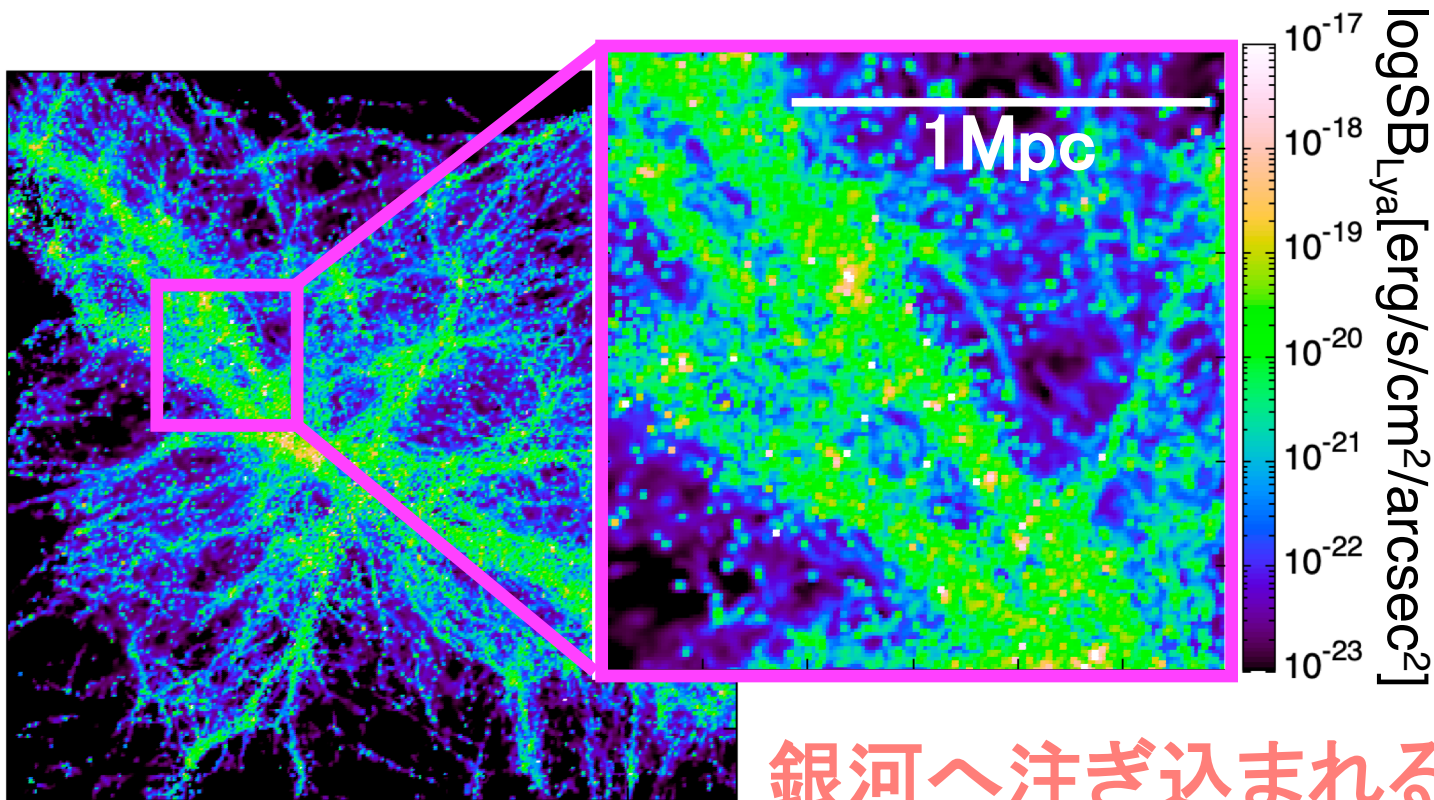


フィラメントに沿って重元素汚染、
フィラメントに沿ってライマンアルファ冷却光で明るくなる

物質分布と光の分布



議論：Why cosmic web?



銀河へ注ぎ込まれるガスインフロー

(降着率、速度、角運動量)

ダークマター

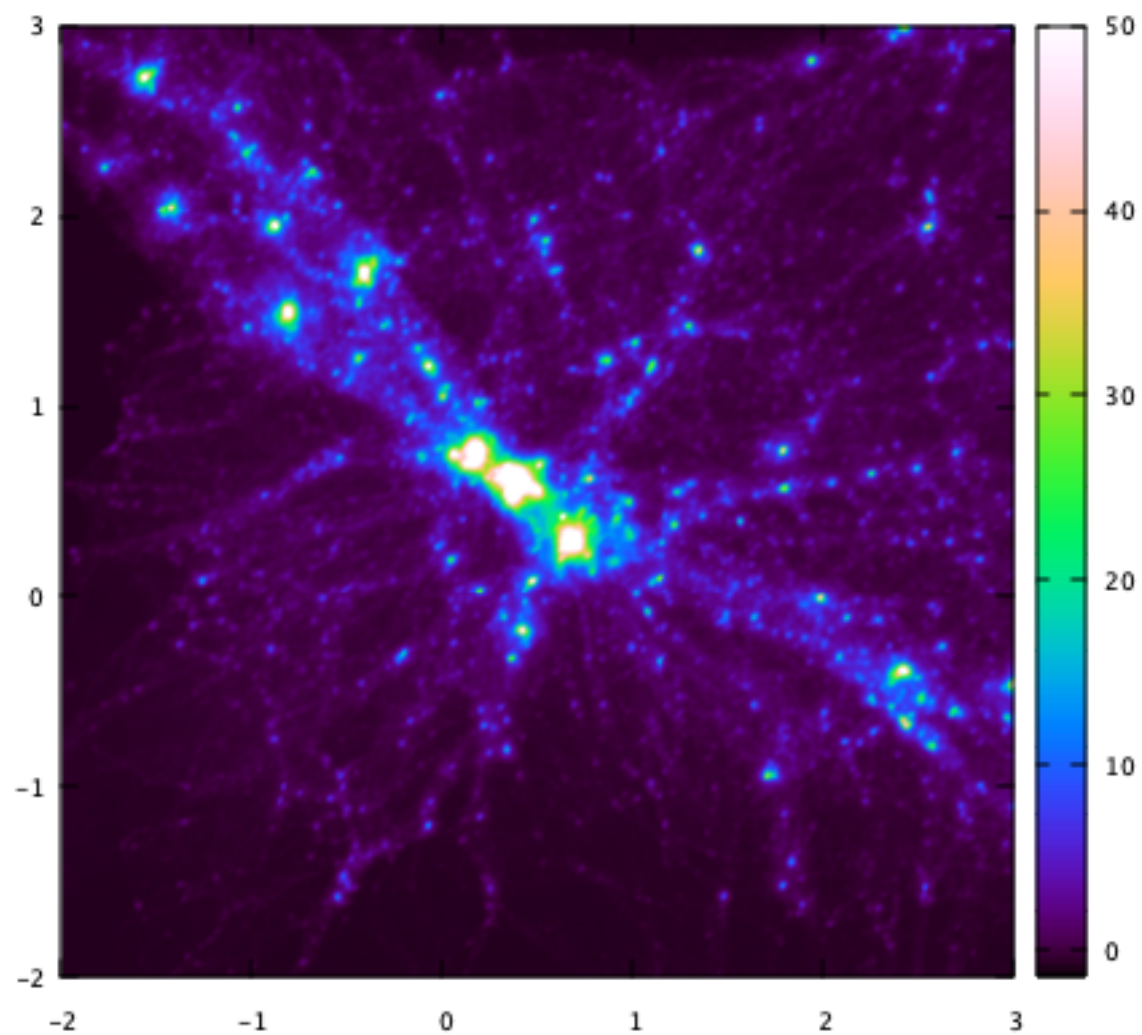
(ワーム、Self-interacting、etc.)

まとめ

- 宇宙論的流体シミュレーションと輻射輸送計算によって初代銀河進化をモデル化
- 星形成はフィードバックによって間欠的になる
- 激しい銀河進化はライマンアルファ、酸素、炭素輝線に敏感に反映される
- 原始銀河団領域ではフィラメントにそって2mJy以上のサブミリ波銀河が分布
- 原始銀河団、フィラメントはライマンアルファ冷却で明るく輝く (10^{-19} -- 10^{-20} erg/s/cm²/arcsec²までいければフィラメント直接検出も)

End

密度超過分布



$$\delta = \frac{\Sigma - \bar{\Sigma}}{\bar{\Sigma}}$$