

宇宙の再電離と 小質量天体での星形成

須佐 元 (立教大学理学部)

Collaborators

米谷貴信 (立教大学理学部) できたて修論
大須賀健 (立教大学理学部)



もくじ

🌸 Introduction

- 🌸 Key observational evidence
- 🌸 Impacts of Reionization on GF

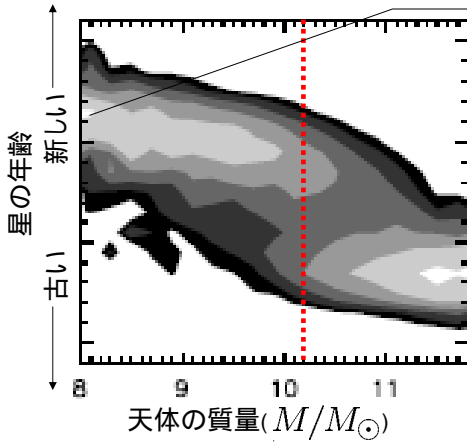
🌸 This work

🌸 Results

🌸 Summary



Downsizing (SDSS)



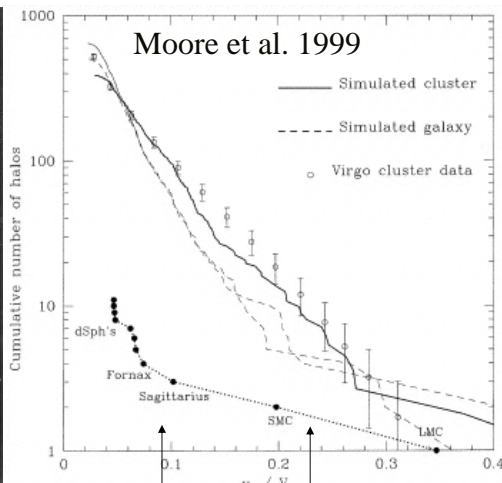
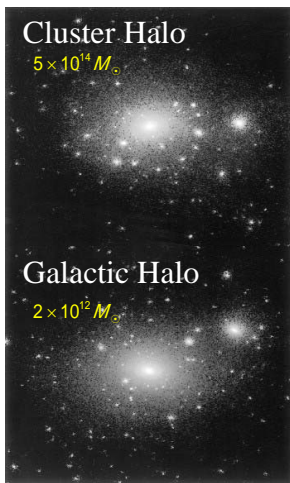
$M_* \lesssim 10^{10} M_\odot$ の小さな質量の銀河の方が、星形成が最近になって起こっている。

単純なCDMのモデルとは違う。

(Kauffman, G. et al, MNRAS, 341, 54, 2003)



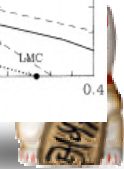
Substructure in Galactic Halo(1)



$$V_c \equiv \sqrt{\frac{GM_{vir}}{R_{vir}}}$$

20km/s

50km/s



Substructure in Galactic Halo (2)

❁ Hayashi et al (2003), Stoehr et al (2002):

$$\sigma : 10\text{km/s} \longleftrightarrow V_c : 30 - 50\text{km/s}$$

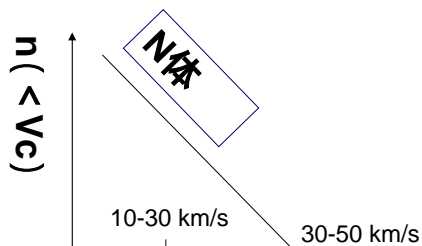
Draco, Fornax,...

❁ Kazantzidis et al. (2004)

$$\sigma : 10\text{km/s} \longleftrightarrow V_c : 20 - 30\text{km/s}$$



Substructure: まとめると



明らかなことは $V_c = 10-30\text{km/s}$
以下の構造が見えないということ。



まとめると

- ❁ $2e+11M_{\text{sun}}$ に特徴的な質量があり、それよりも小さい銀河は活発な星形成が起きており、それよりも大きな銀河では古い星。
- ❁ $V_c < 10-30 \text{ km/s}$ よりも小さな銀河がない。



特徴的なスケールの存在は重力以外の物理が重要な役割を担っていることを示している。



再電離？



Impact of reionization (1)

- ❁ DMポテンシャルが深ければ ($V_c > 20 \text{ km/s}$)、電離ガスをハロー中に閉じ込められる。
- ❁ しかし電離加熱が遮蔽されなければ、ガスは1万度以上に加熱される。



星形成が阻害される



シートモデルによる結果

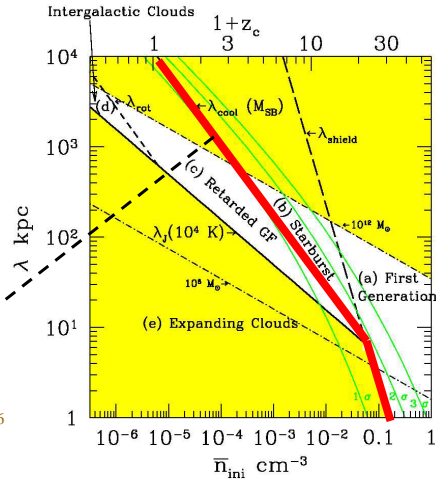
Susa & Umemura (2000)

「大きくて昔できた銀河は、
シールドされる」

「小さくて最近できた銀河は、
シールドされない」

Initial Starburst Criterion

$$M_{SB} = 2.2 \times 10^{11} M_{\odot} [(1 + z_c)/5]^{-4.2} \left(\frac{I_{21}}{0.1} \right)^{0.6}$$



Impact of reionization (2)

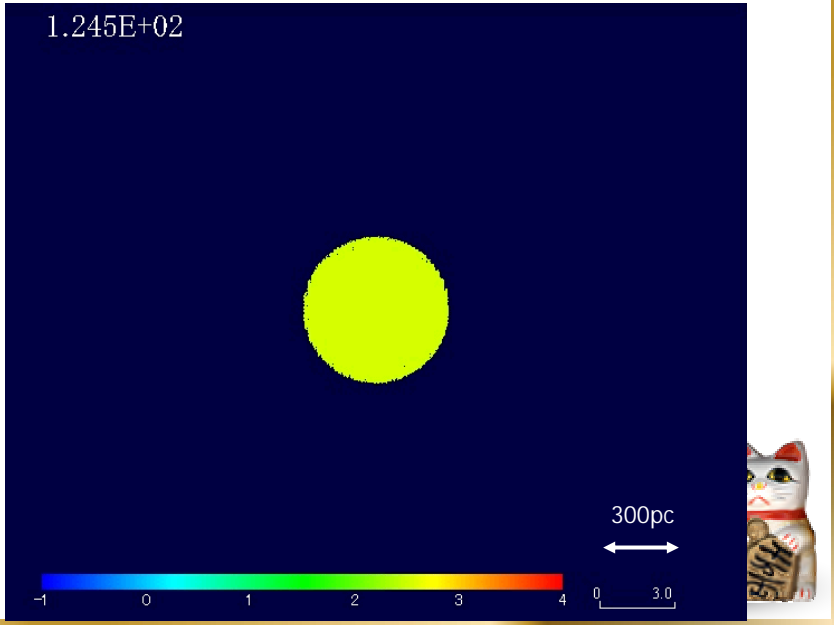
- ❁ 電離が起きると加熱もおきる ガスは1万度
- ❁ DMポテンシャルが浅ければ ($V_c < 20\text{km/s}$)、電離ガスをハロー中に閉じ込められない。



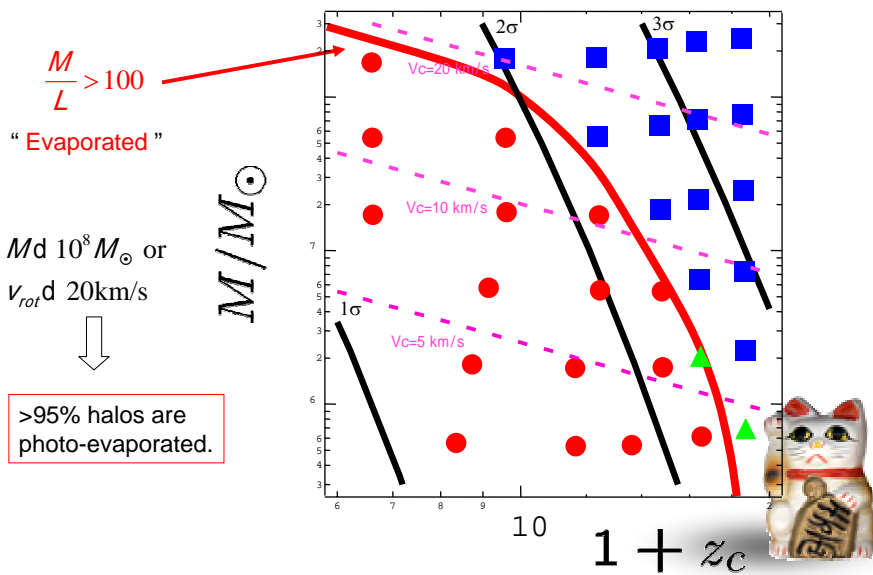
星形成の原料となるガスは雲散霧消する



Typical Result (M=10⁷M_{sun}, Z_c=10)



WMAP reionization model



仮説

- ❁ Down sizing シールディング
- ❁ 小質量銀河の下限値 光蒸発



変化するUV field @ $0 < z < 5$

QSO proximity effect

$$I_{\nu_L} = 10^{-21 \pm 0.5} \text{ ergs s}^{-1} \text{ cm}^{-2} \text{ str}^{-1} \text{ Hz}^{-1} \quad (2 \leq z \leq 4)$$

Bajtlik, Duncan & Ostriker 1988; Giallongo et al. 1996

$$I_{\nu_L} = 10^{-23} - 10^{-22} \text{ ergs s}^{-1} \text{ cm}^{-2} \text{ str}^{-1} \text{ Hz}^{-1} \quad (0.03 \leq z \leq 1)$$

Scott et al. 2002, Kulkarni & Fall 1996

Shape truncation of HI at the edge of spirals

$$I_{\nu_L} = 10^{-24} - 10^{-23} \text{ ergs s}^{-1} \text{ cm}^{-2} \text{ str}^{-1} \text{ Hz}^{-1} \quad (z = 0)$$

Maloney 1993, Colberi & Salpeter 1993, Dove & Shull 1994

H emission from HI cloud

$$I_{\nu_L} < 3.8 \times 10^{-23} \text{ ergs s}^{-1} \text{ cm}^{-2} \text{ str}^{-1} \text{ Hz}^{-1} \quad (z = 0)$$

e.g. Weymann et al 2001



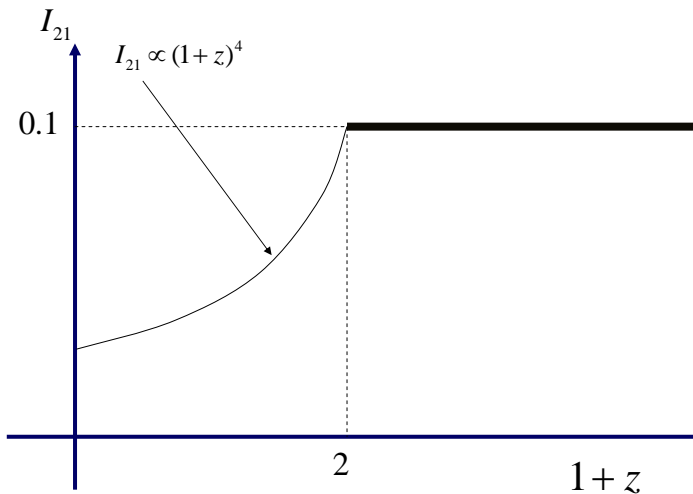
今回の研究

(Yoneya, Susa, Ohsuga 2006)

- ❁ $V_c < 20 \text{ km/s}$ 程度でガスが蒸発してしまったダークハローはそのままずっと”ダーク”なのか(UVBのへたり)?
- ❁ “光蒸発が近傍銀河の V_c の下限値を与える”という仮説の検証



Model of UVB



Initial configuration

- 宇宙密度で宇宙膨張する一様なガス分布
 - むかし蒸発した
 - 宇宙膨張している
- **Boundary condition**
 - 計算領域よりもかなり遠くにとられた宇宙膨張する境界

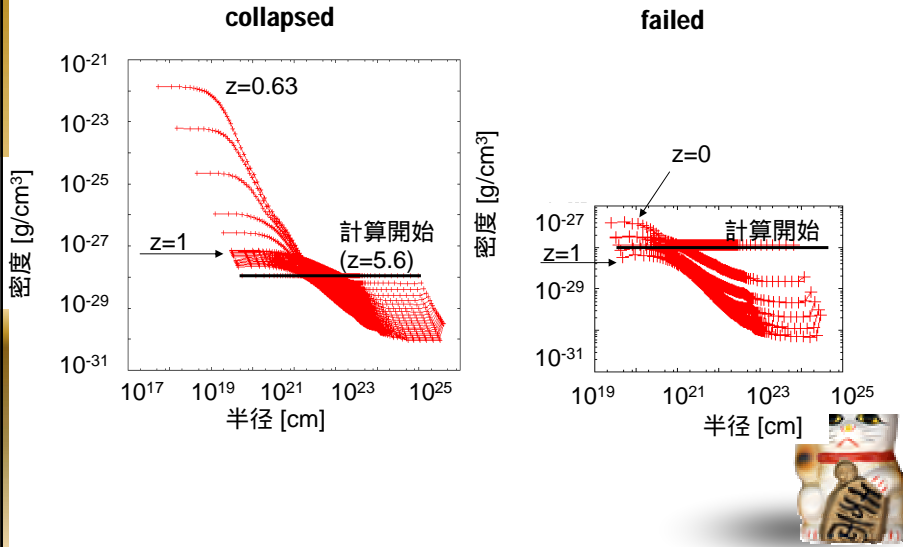


Physics included

- 球対称流体
- **NFW fixed potential (M, z_c)**
- **Radiative Cooling by H, Metals (0.01 Z_{sun}), H_2**
- **Transfer of ionizing photons**
- **Photoheating**

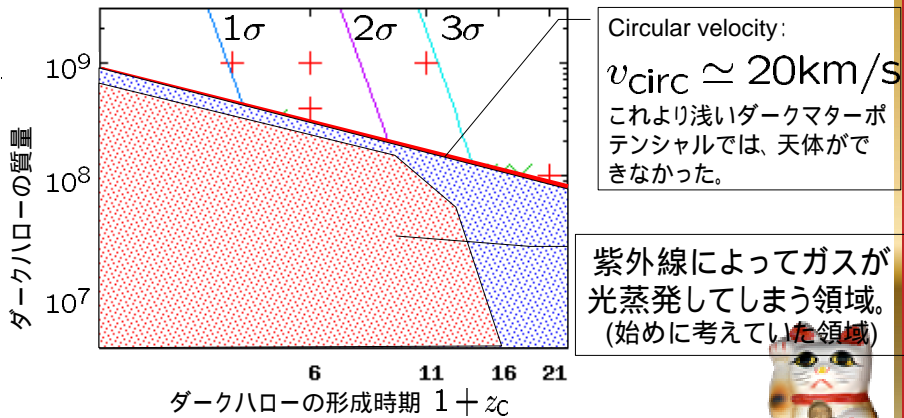


Typical results



Summary of runs

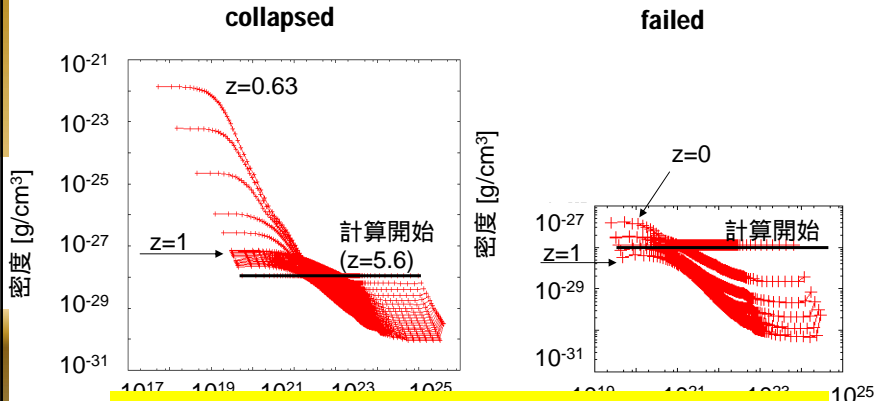
M, z_c を変えて計算を行なった。



始めに光蒸発していたガスは、紫外線の強度が落ちても収縮して天体へ成長することができなかった。



Typical results



Vcが小さいと、UVが弱まり始めたときの密度が低すぎて冷却が働かない



Summary & TO DO

- 再電離は1) 加熱による星形成の阻害と2) 光蒸発の二段階で銀河形成にNegativeな効果を持つ。
- 後者についてz<1でUVBが弱まることによる効果を調べた。
- その結果、一度蒸発したハローには、背景放射の光子が弱まったとしても、再びガスが降着し、銀河に進化することはないことがわかった。
- したがって光蒸発がdwarf galaxyのVcの下限を決めているとして矛盾はない。
- High velocity cloud ?
- もう少し大きいハローに関する計算 Down sizing?
 - 本質的に多次元の計算 FIRSTのターゲット

