

Constraints on Reionization and Formation Models

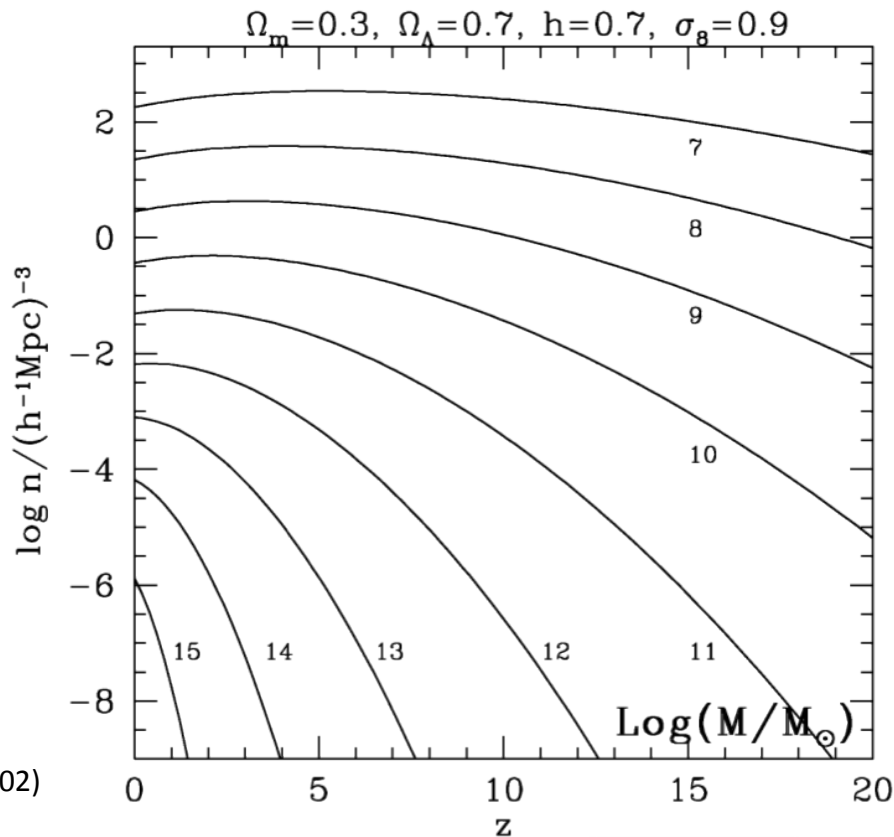
東京大学大学院理学系研究科物理
学専攻
内藤嘉章

ΛCDMモデル

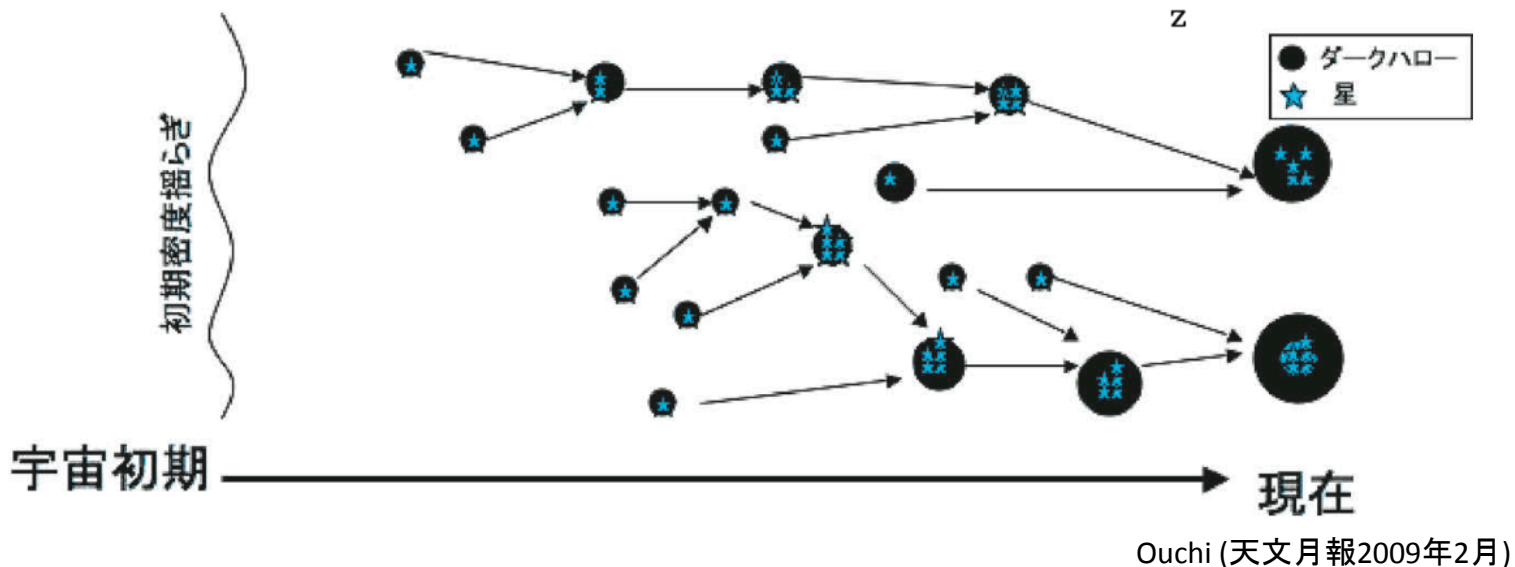
CDM: 無衝突減衰の効かないダークマター
揺らぎの減衰がない

Bottom-up scenario:

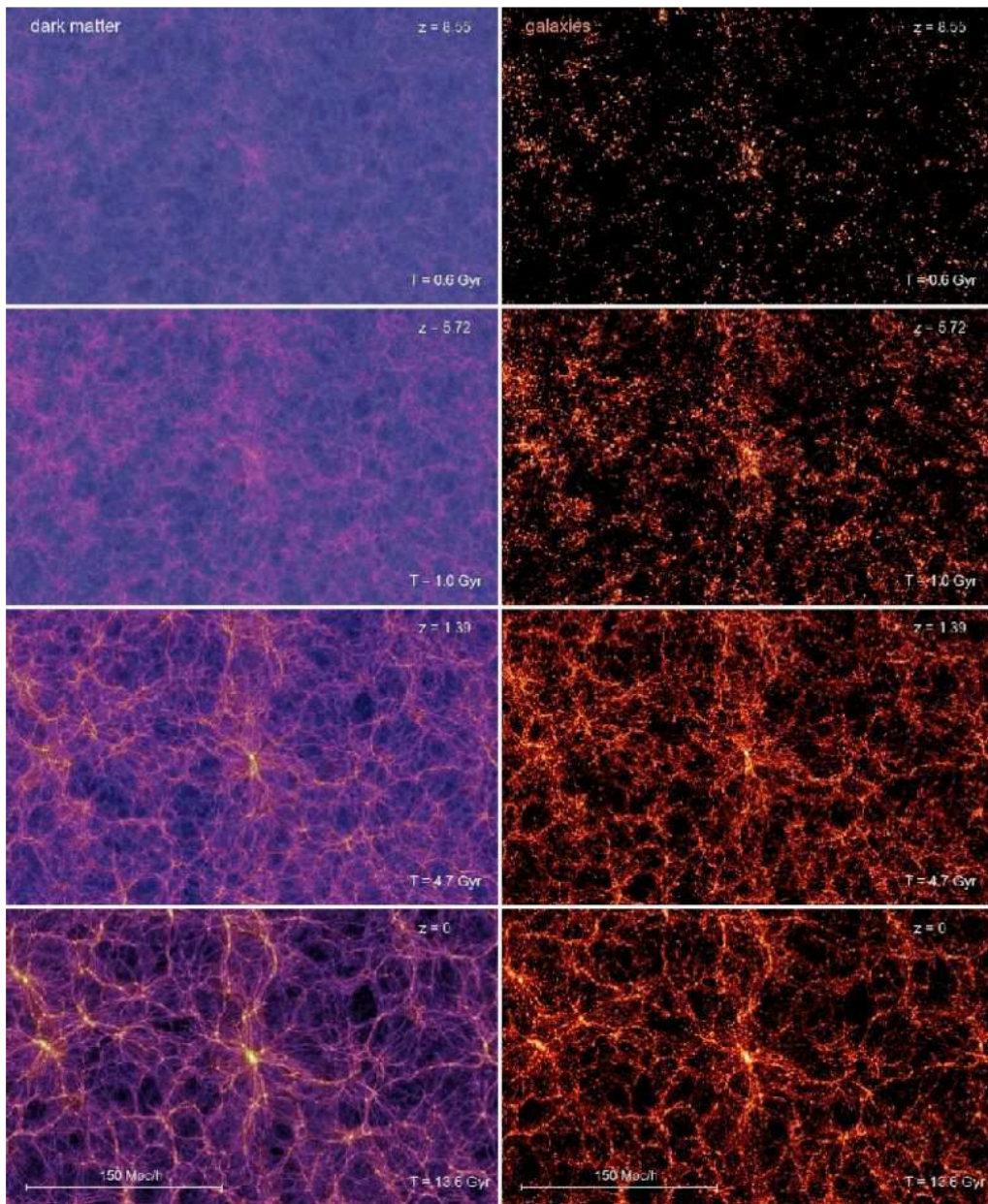
小さい構造 (dark halo) が重力により集まり、
合体して大きな構造を形成する。



H.J.Mo and S.D.M.White (2002)



ダークマター、銀河(ダークハロー)の相関



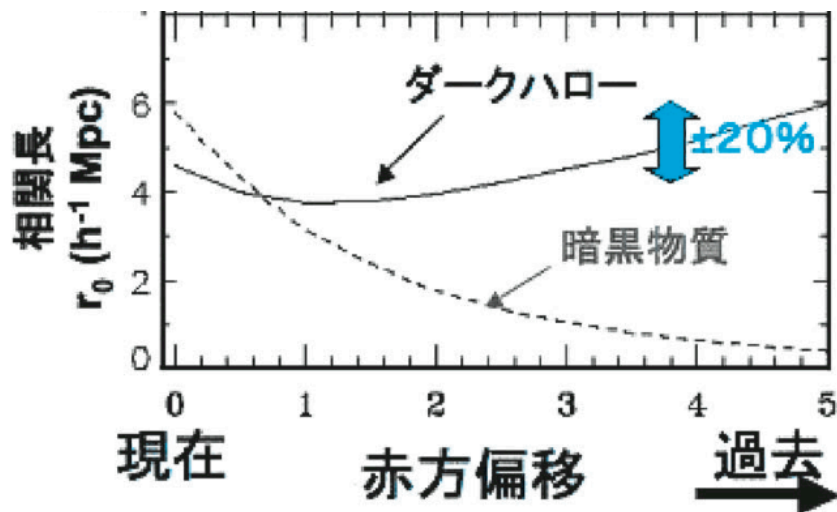
ダークマターと銀河の構造形成シミュレーション

・ダークマターの相関長に対して銀河の相関はhigh-zから強い
銀河の数密度揺らぎ δ_g とダークマターの質量密度揺らぎ δ を用いて

$$\delta_{g=} = b\delta$$

と表す。

このときの**b**はバイアスと呼ばれる。



Ouchi (天文月報2009年2月)

Λ CDMモデルに基づくバイアス、haloの質量の関係→

→赤方偏移、バイアスからhaloの質量が求まる

→ CDMモデルに基づく銀河形成、進化

研究目的

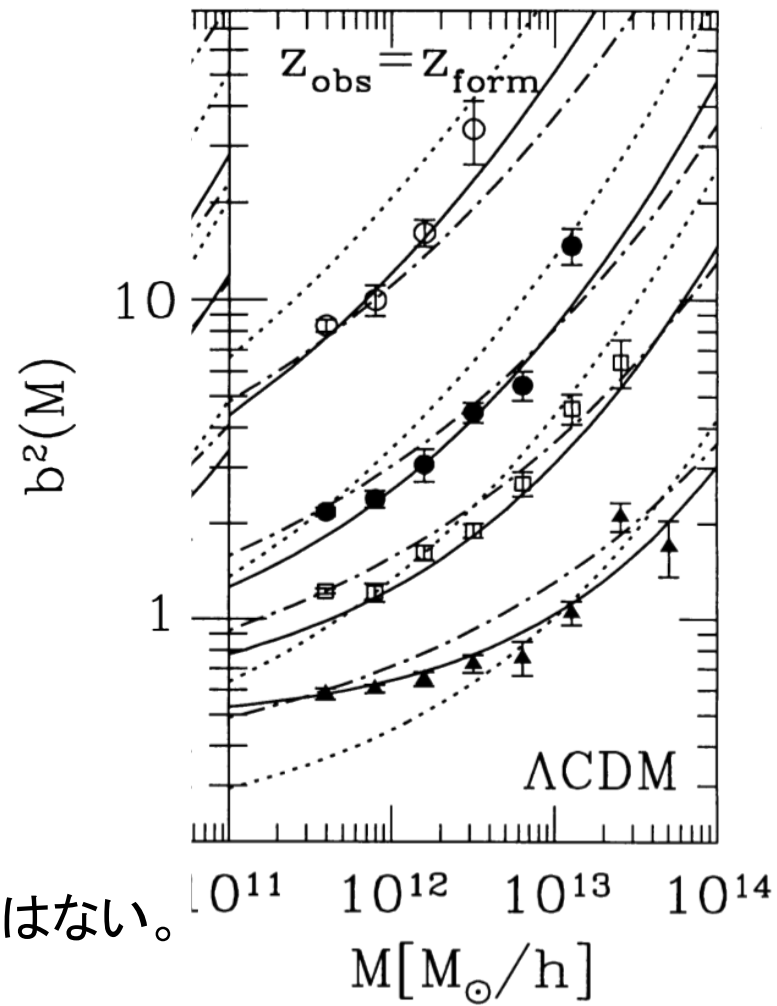
High-z領域で銀河の分布を撮像しクラスタリング(バイアス)を測定

→ 構造形成、銀河進化を考察

LBG、LAE

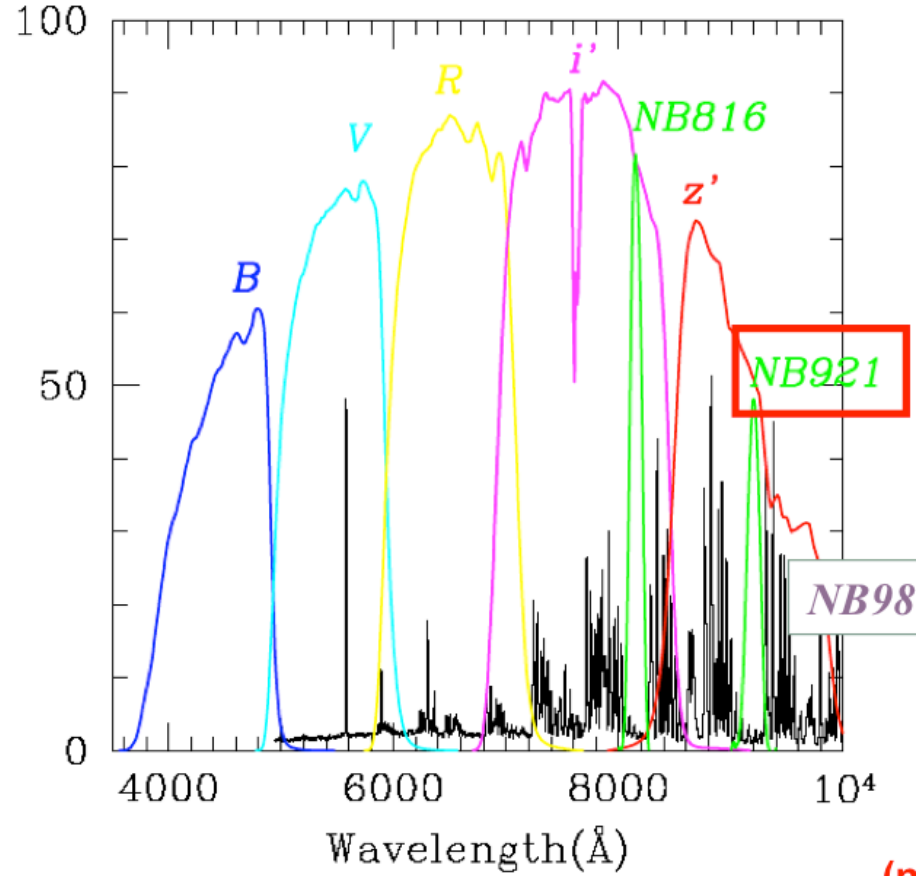
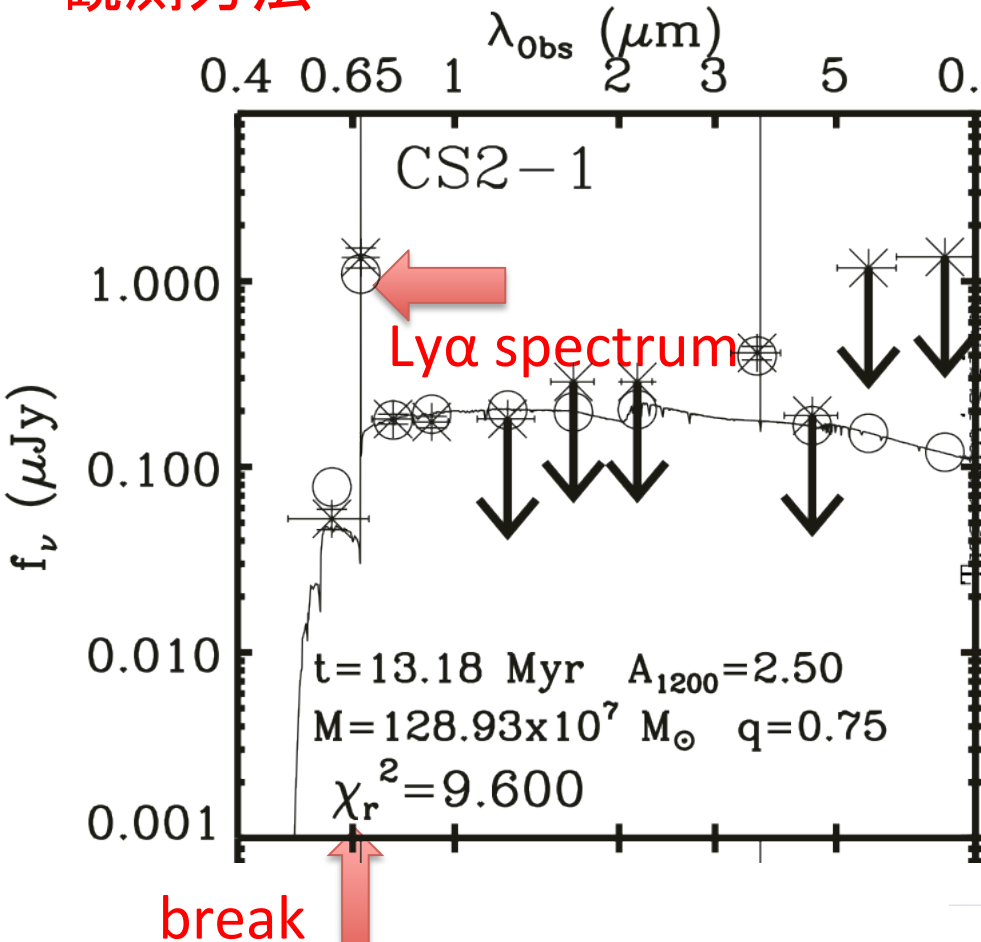
High-z領域ではどのような銀河も観測できる訳ではない。
観測可能な銀河

- ・UVで強く輝く銀河→**LBG**
- ・Ly α (Hのn=2→1の脱励起による輝線)で強く輝く銀河→**LAE**
- ※LAEでありLBGである銀河もちろんある
- ・赤外で輝く銀河



上からz=4,2,1,0

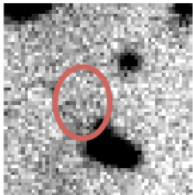
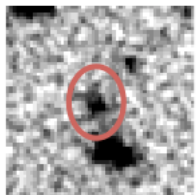
観測方法



LBG・・・Ly α breakの前後でfluxが大きく変化する
ことを利用

LAE・・・Ly α 輝線ごく近傍で fluxが大きいことを利用

Y+J



(LBGのimgaging 例)

Steven L. Finkelstein et al. (2009)

R. A. A. Bowler et al. 2012

Toru Yamada

LBGのクラスタリング

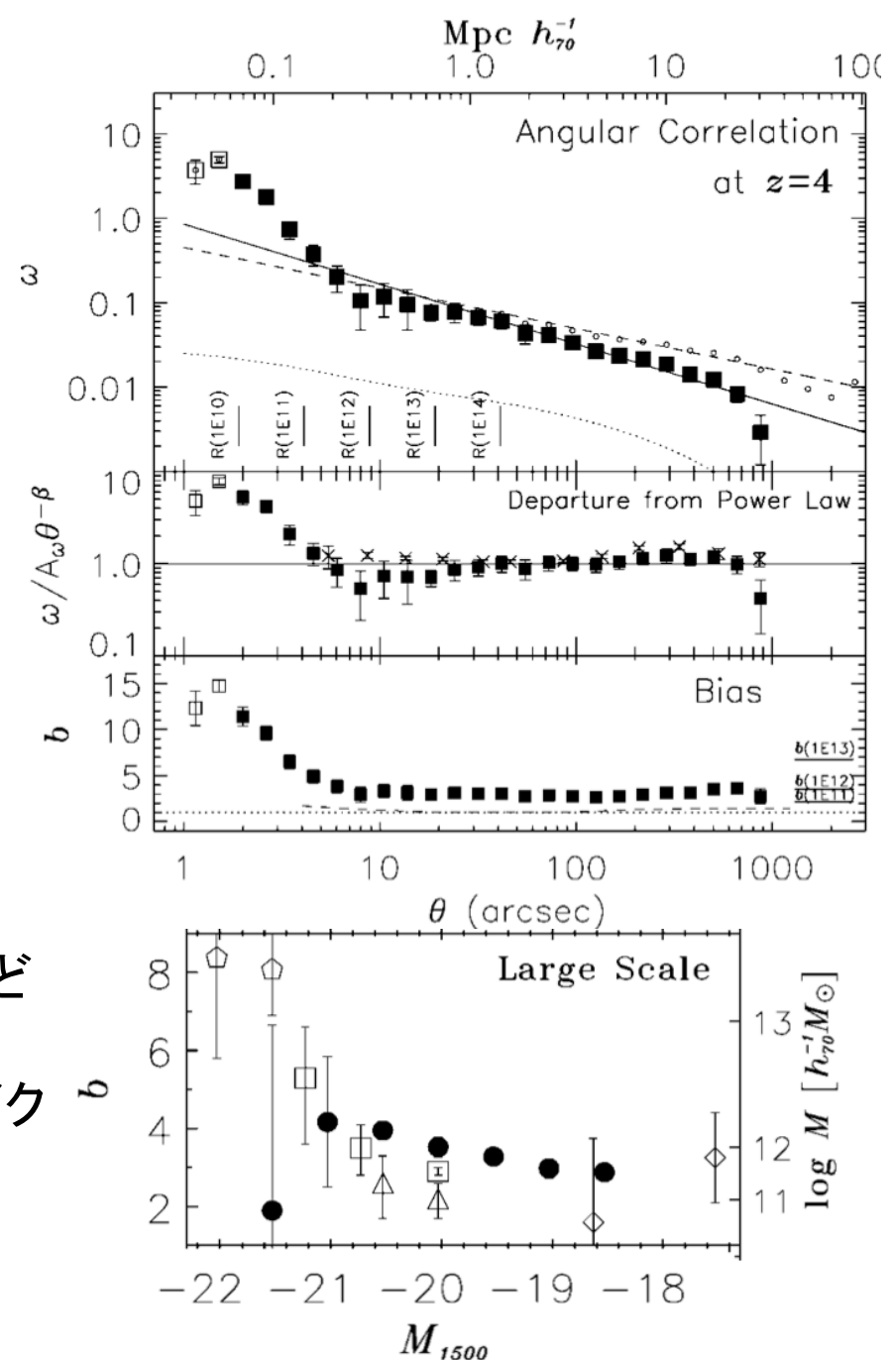
z=4でのLBG16920天体のクラスタリング

Large scale で $b=2.9 \pm 0.2$
 Dark halo の mass に換算すると
 $M=10^{11-12} M_{\odot}$ ($b=2.2-3.5$)

$\theta < 7''$ でバイアスに超過
 $\rightarrow 0.24 h_{70}^{-1} \text{Mpc}$ に対応
 $\rightarrow M=10^{11-12} M_{\odot}$ の dark halo の virial radius と一致

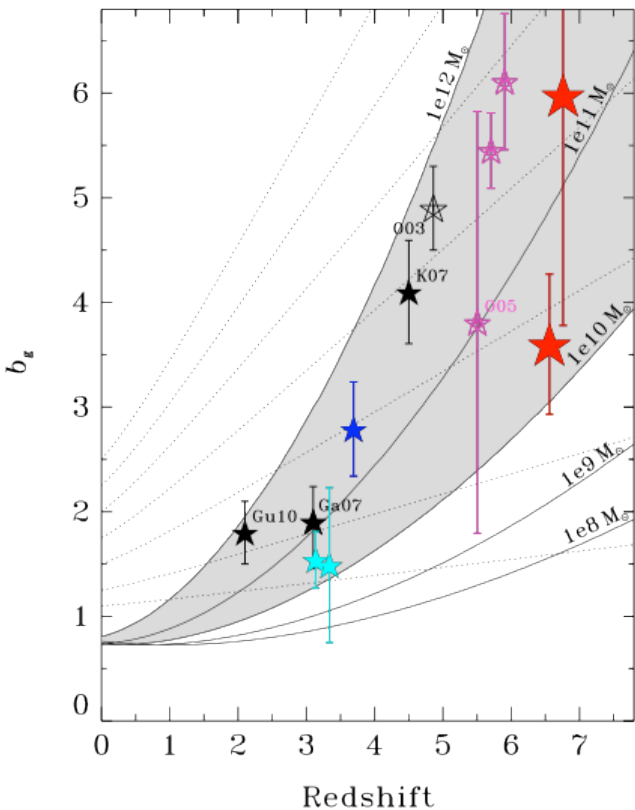
Magnitude が **小さい** (Lの**大きい**) 天体ほど
バイアス値 が大きい
 $L=L(M)$ から **質量の大きな** dark halo ほどク
 スタリングが強くなる

これらの結果はCDMモデルを支持

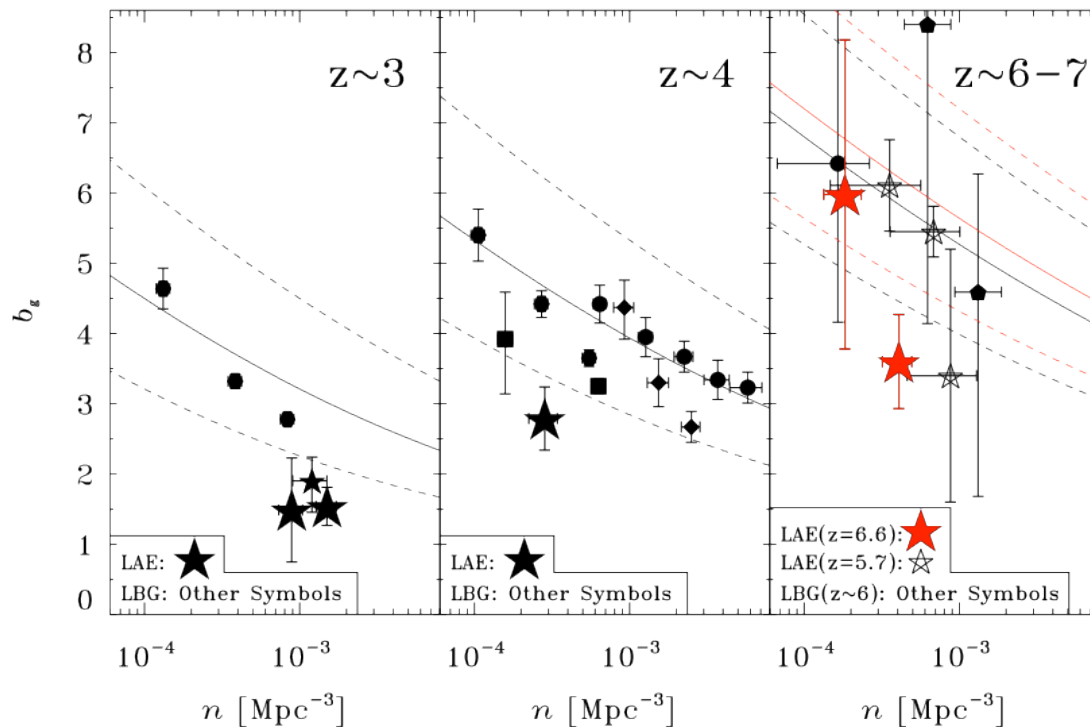


LAEのクラスタリング

z=2-7のバイアス進化
 z=2-7のハロー 10^{10} - $10^{12} M_{\odot}$ の範囲に収まる
 LAEを持つハローの質量が赤方偏移に対してあまり変化しない。



LAEのバイアス(★)
 LBGのバイアス(●)と比較して
 小さい。
 →halo mass
 LBG>LAE



LAE→LBGへと進化か？
 (まだよくわかっていない)

LAEのクラスタリングからの再電離への制限

宇宙の再電離

$z \sim 1100$

電離 \rightarrow 中性

$z=0$

完全電離

電離開始はいつから？

なぜLAE？

$\text{Ly}\alpha$ は $h\nu < 13.6\text{eV}$ (912\AA)から電離領域で直進

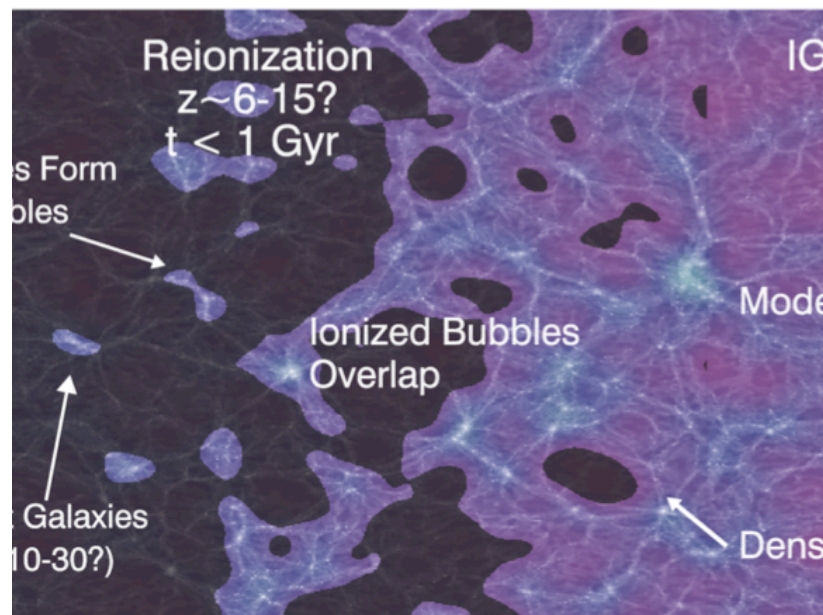
$\text{Ly}\alpha$ は中性ガスに吸収される

\rightarrow 中性度が高くなるとLAEは見えなくなる
この性質を利用

中性水素の増加に伴い小さなLAEは観測できなくなる

\rightarrow massiveなhaloが選択的に観測される

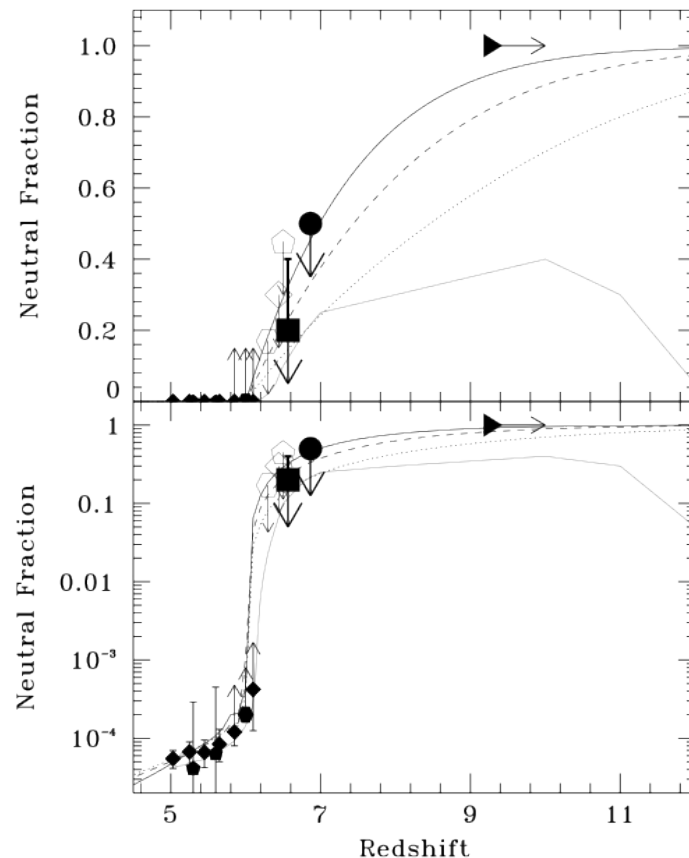
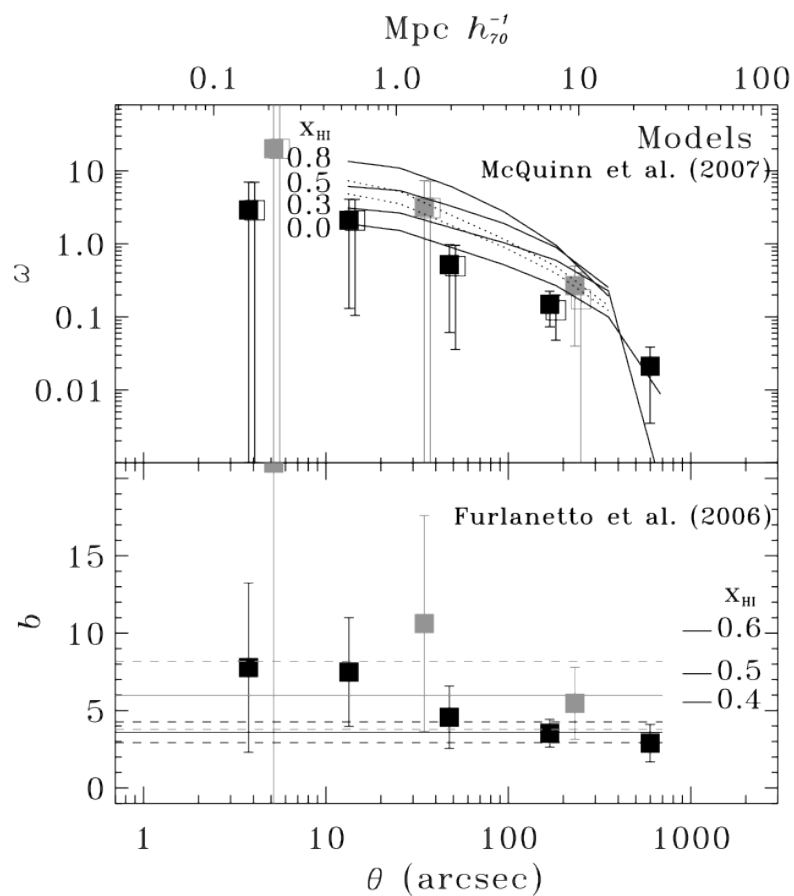
 相関関数のboost



LAEのクラスタリングからの再電離への制限

観測結果

z=6.6での相関のboostは見られず
 中性水素の比率 $x_{\text{HI}} < 0.5$ (不定性大)



上図 ●Clustering、■LF

再電離の制限にはLy α LF、Ly α damping wingを用いた方法などがある(今回は省略)。

今後の研究

$z=6$ でLBGのクラスタリングを測定→構造形成進化に対する制限

今年の秋

(Hiper Sprime-Cam)HSC のfirst light

HSC・・・世界最高の高視野カメラ

クラスタリング

$z\sim 6$ では構造の単位は数10～100Mpc

→HSCなら一度の観測でこの領域を十分にカバー

相関関数

密度に依存しない、密度揺らぎに依存

→広い領域で多くの天体を見つけることで相関の
不定性が減少



HSCを用いてさらにhigh-zの宇宙史の
解明

