

WISHによる原始銀河団探査

利川 潤

(総合研究大学院大学, D1)

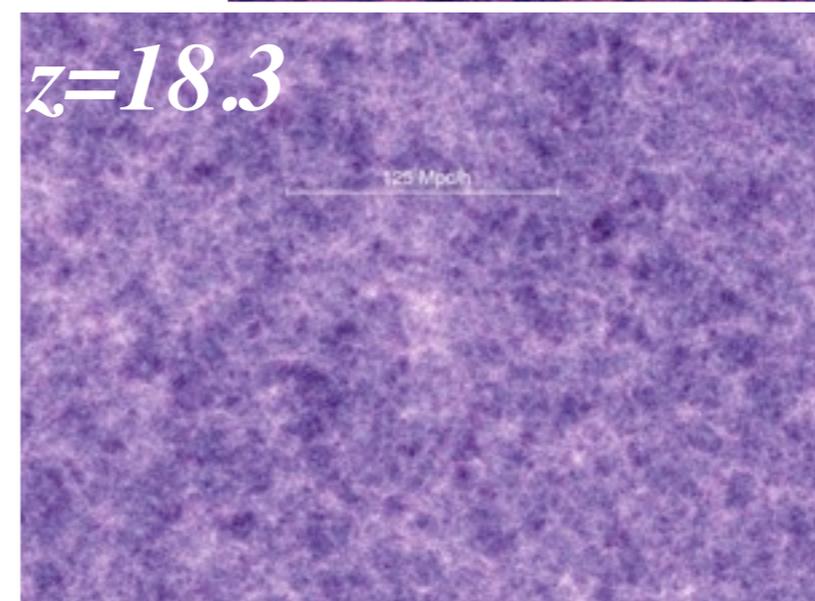
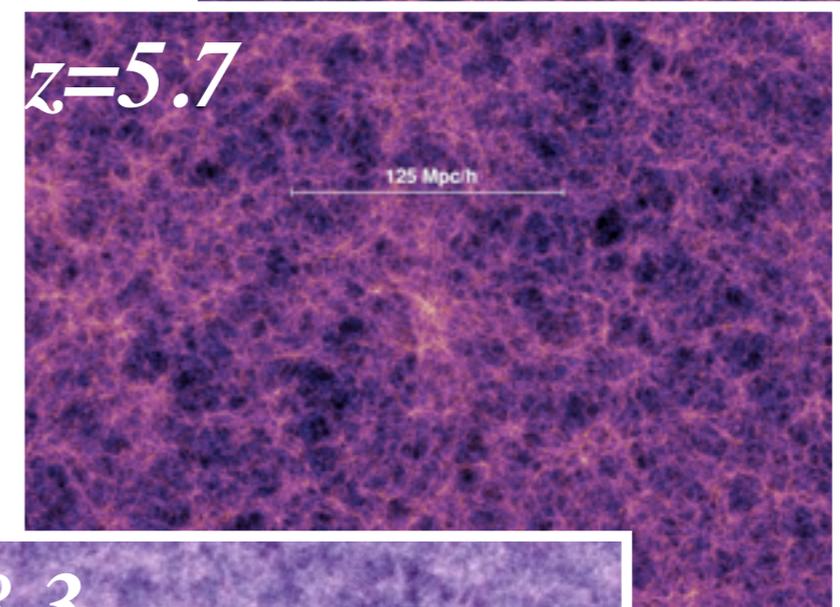
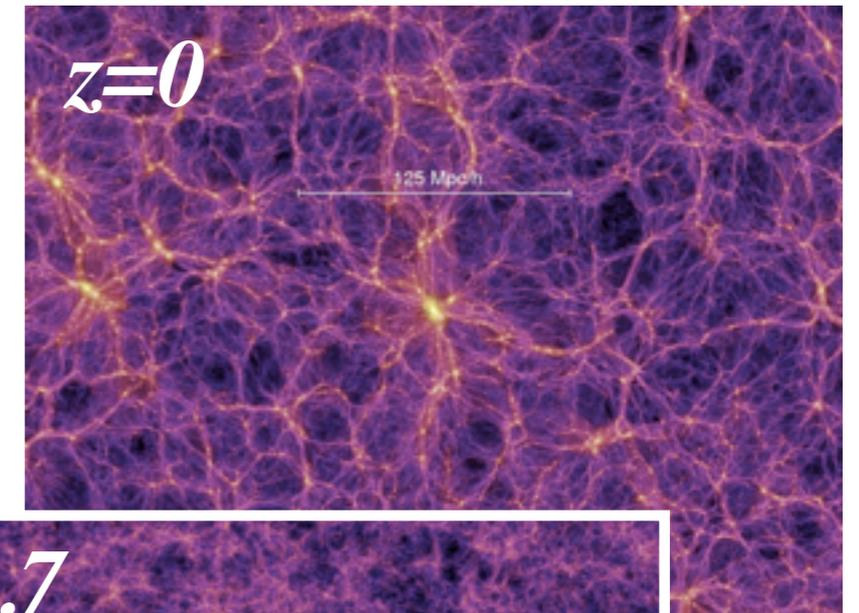
WISH Science Workshop

2012/7/20

原始銀河団とその重要性

- 銀河団形成はいつ始まり、
どのように進むのか？
- 高密度領域での銀河進化は？
- 大規模構造との関連は？

これらの問題の解決のため近傍の銀河団のみならず、構造形成・銀河形成のまさに現場である遠方における銀河団の形成初期の原始銀河団を研究することは重要である。

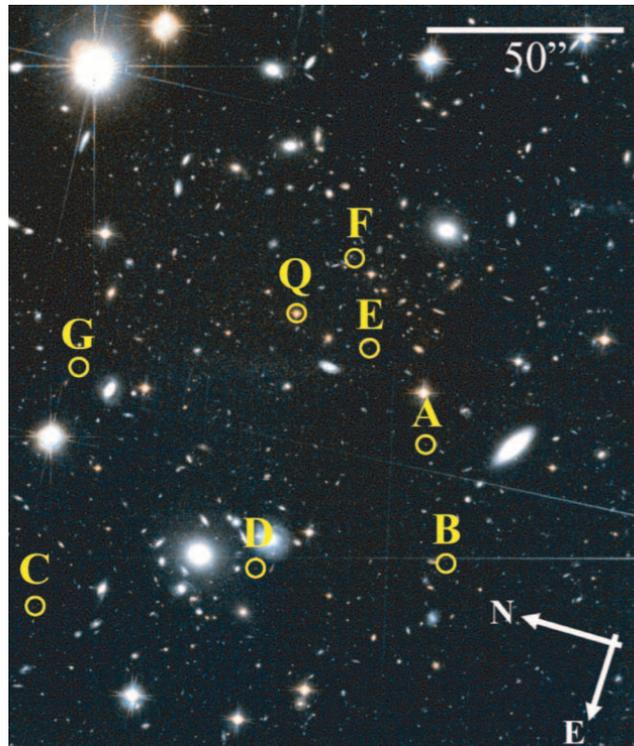
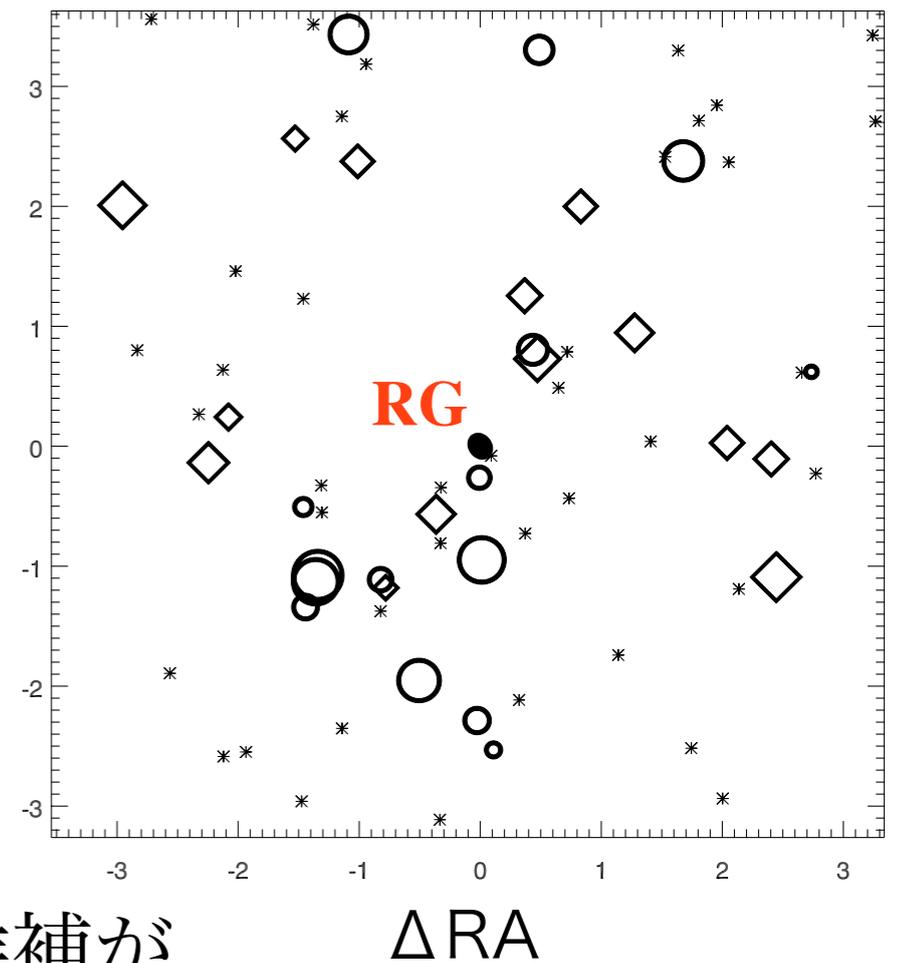


原始銀河団の発見

銀河団は数密度が低く、原始銀河団はさらに**稀な天体**である。
電波銀河/QSOのような大質量銀河は高密度領域に存在するはず
→ほとんどの原始銀河団は電波銀河/QSOをプローブとして発見

$z \sim 2-3$ の原始銀河団が電波銀河/QSOのまわりで見つかっている(e.g., Pentericci et al. 1997)
さらに遠方($z > 3$)の原始銀河団も発見される。
(e.g., Venemans et al. 2007)

(radio galaxy field;
Venemans et al. 2007)



$z > 6$ においても原始銀河団候補が見つかっている

(QSO field; Zheng et al. 2006)

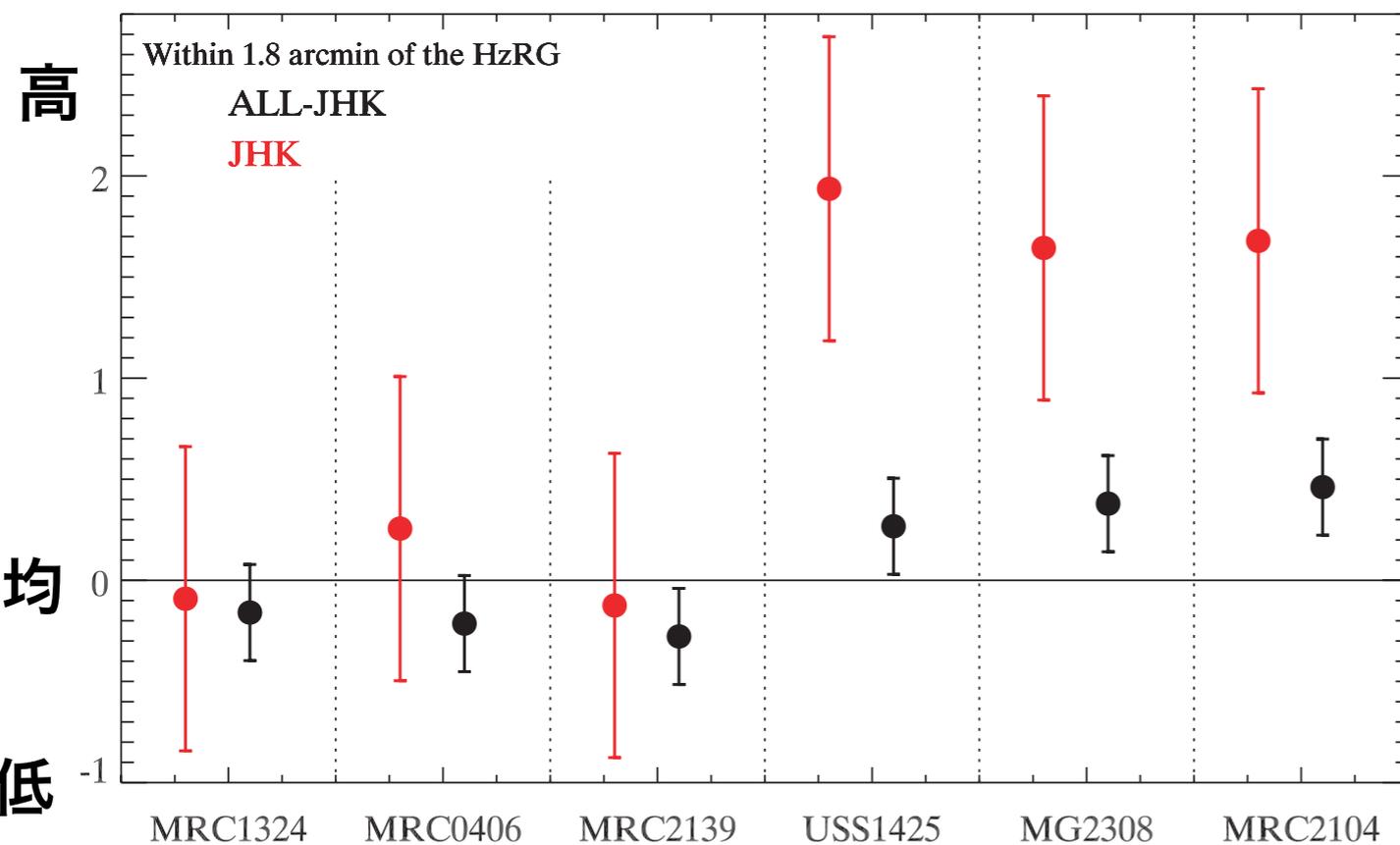
問題点

電波銀河/QSO領域は必ずしも高密度領域とは限らない。

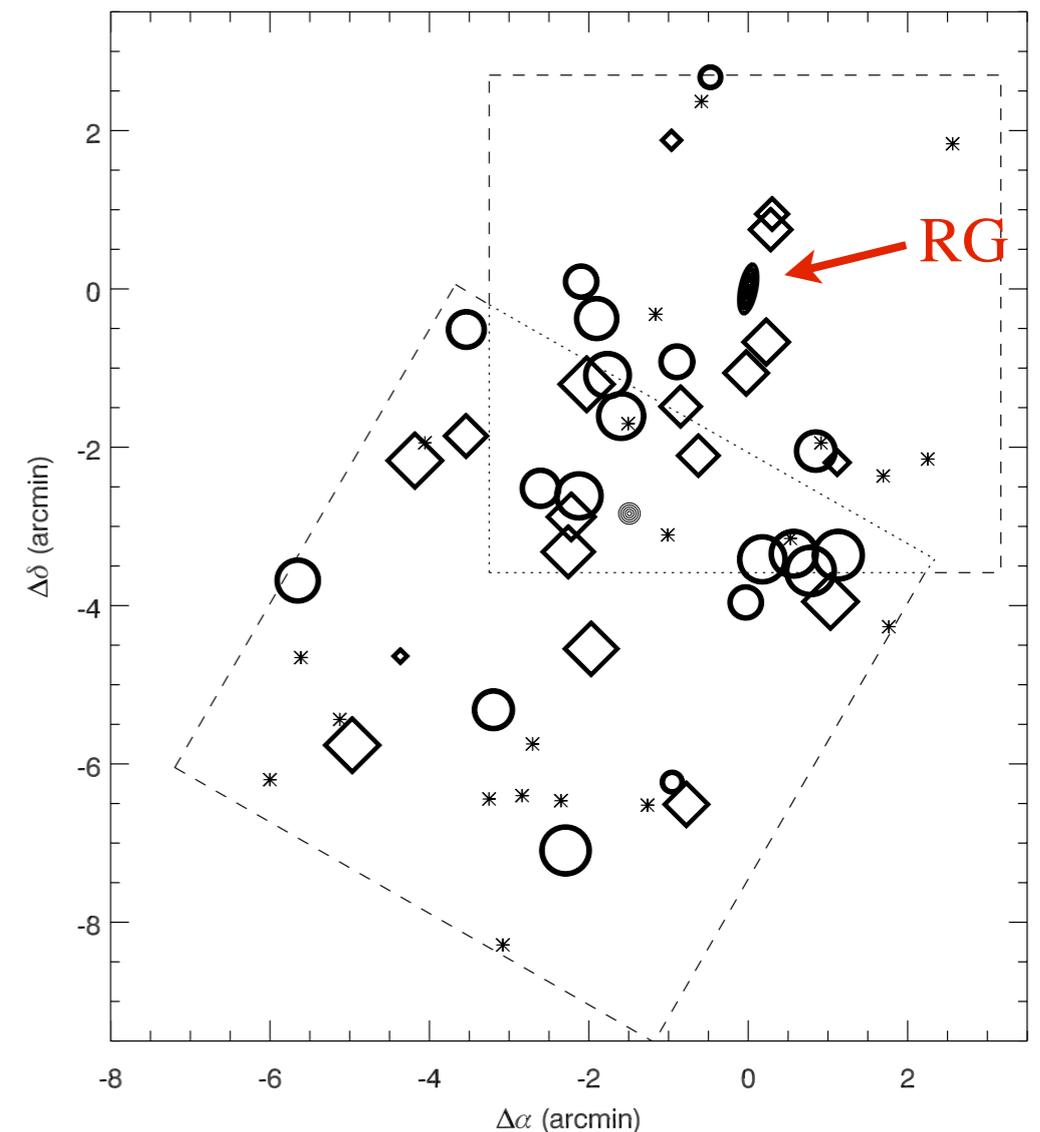
銀河の分布と電波銀河/QSOの位置が異なる場合がある。

→電波銀河/QSOを中心に銀河団形成が進むとは限らない。

表面数密度



6つの電波銀領域での研究 Hatch et al. (2011)



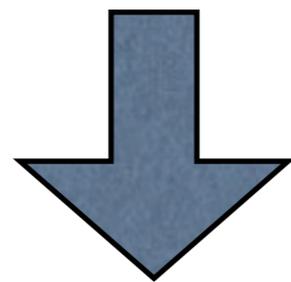
Venemans et al. (2007)

問題点

電波銀河/QSOを用いた原始銀河団探査は

バイアスのかかった選出をしている危険性がある。

- ・ 銀河団形成の一般的な理解を得るために
 - ・ 大質量銀河の形成とその環境の関係を理解するために
- プローブ無しに原始銀河団を見つけ出す必要がある。



初期宇宙から原始銀河団を発見するためには

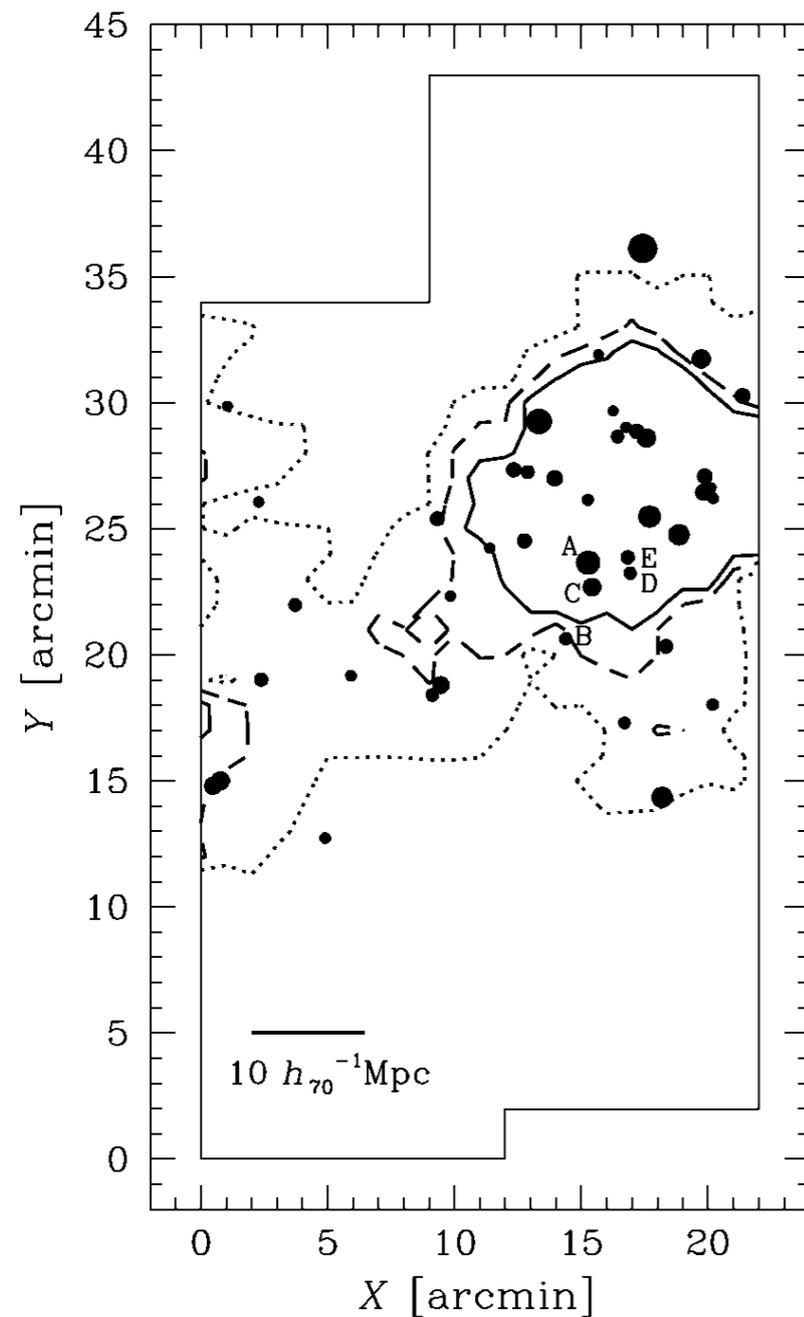
広視野かつ深い観測が必要となる。

広視野観測による探査

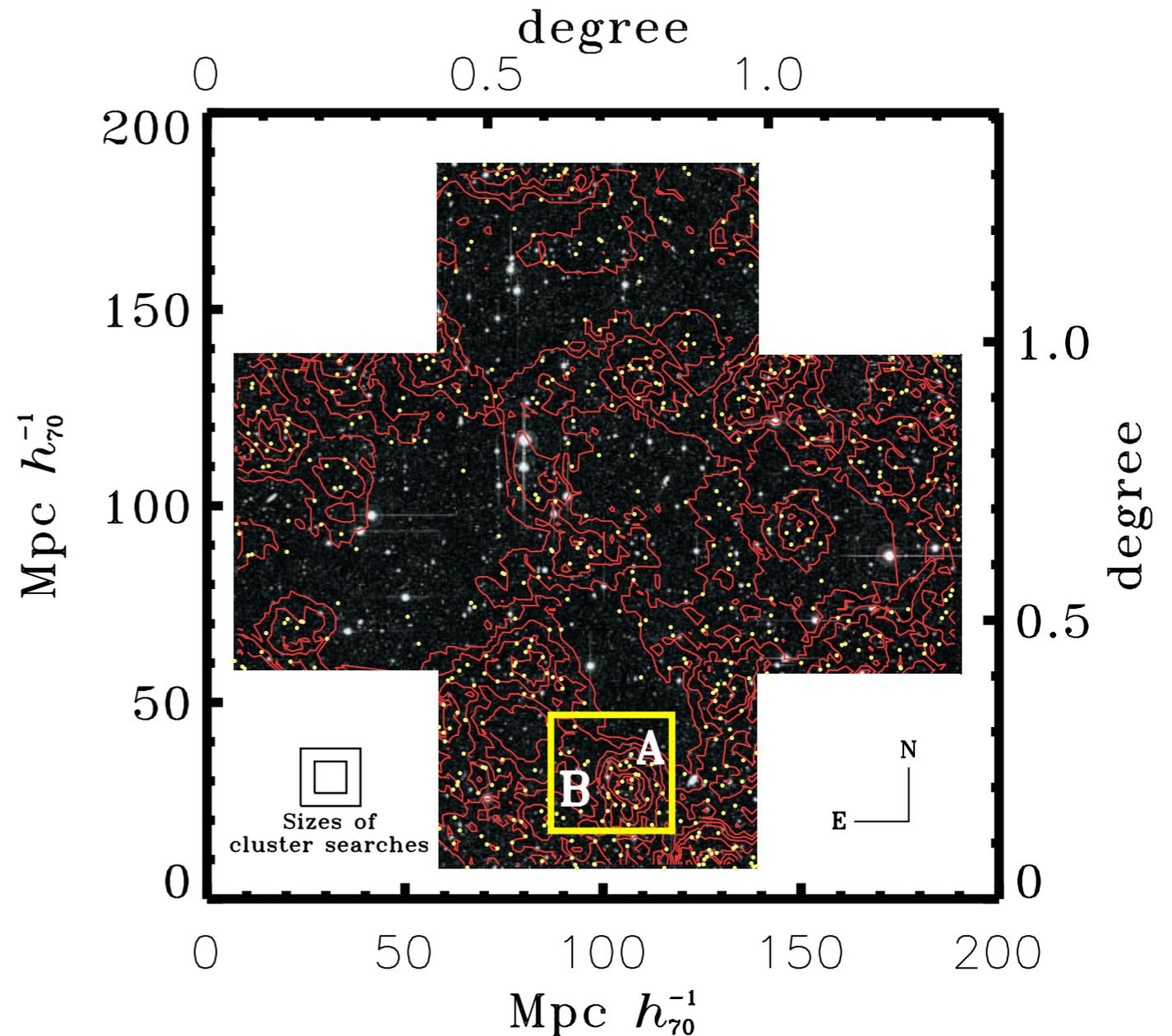
Subaru/SprimeCamによって遠方宇宙から

原始銀河団、大規模構造が発見されている。

Shimasaku et al. 2003: $z=4.9$ (SDF)



Ouchi et al. 2005: $z=5.7$ (SXDS)



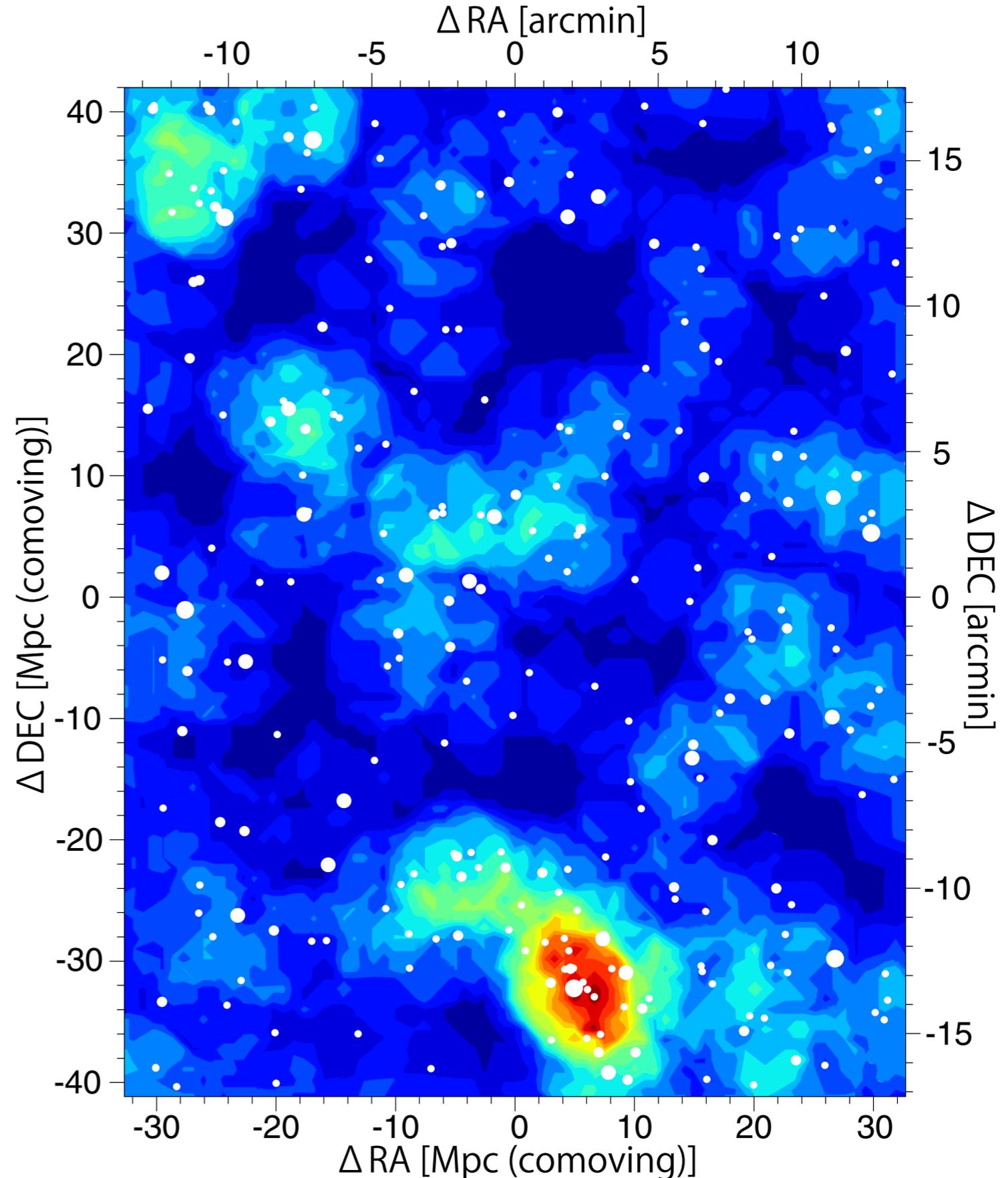
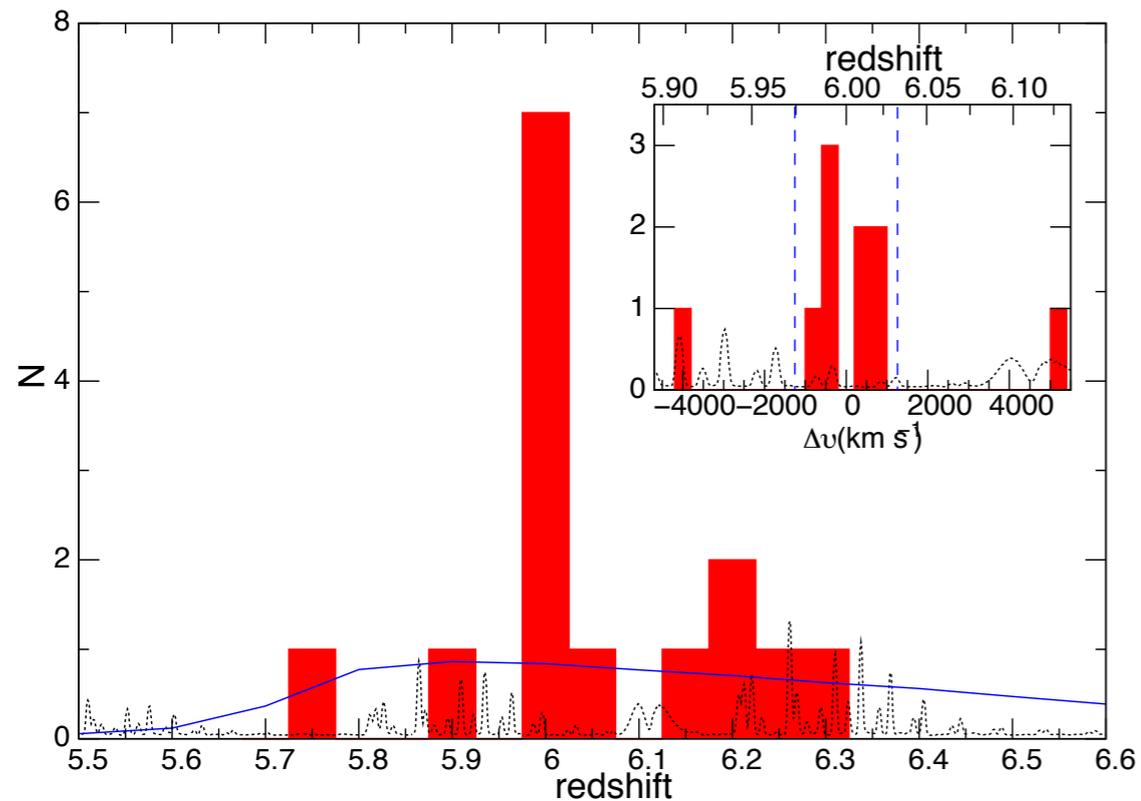
$z \sim 6$ LBGの原始銀河団

SDFでの258天体の空間分布
カラーマップは数密度を示す

下側に高密度領域(赤領域)

- 個数密度のピークは5倍
- $\sim 6' \times 6'$ ($14 \times 14 \text{ Mpc}^2$)
- 30天体が含まれている
- 2倍程度の領域は

左上に伸びてる



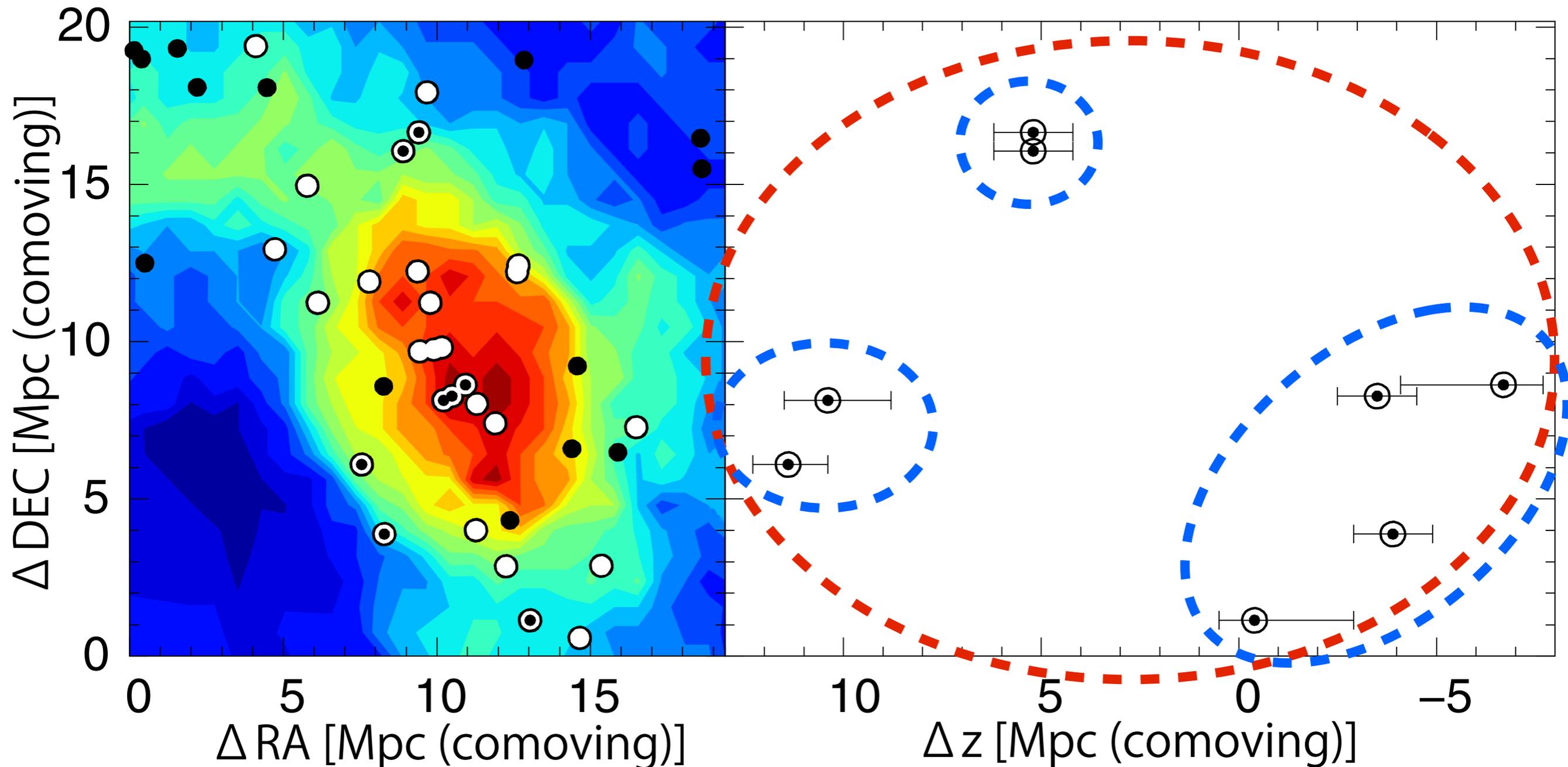
$z \sim 6$ LBGの原始銀河団

原始銀河団銀河(二重丸)は中心を外すように分布。

何らかの内部構造を持っていることを示唆する。

分光確認できなかつたLBG(白丸)の位置が

実際にはどこにあるかで解釈は異なる。



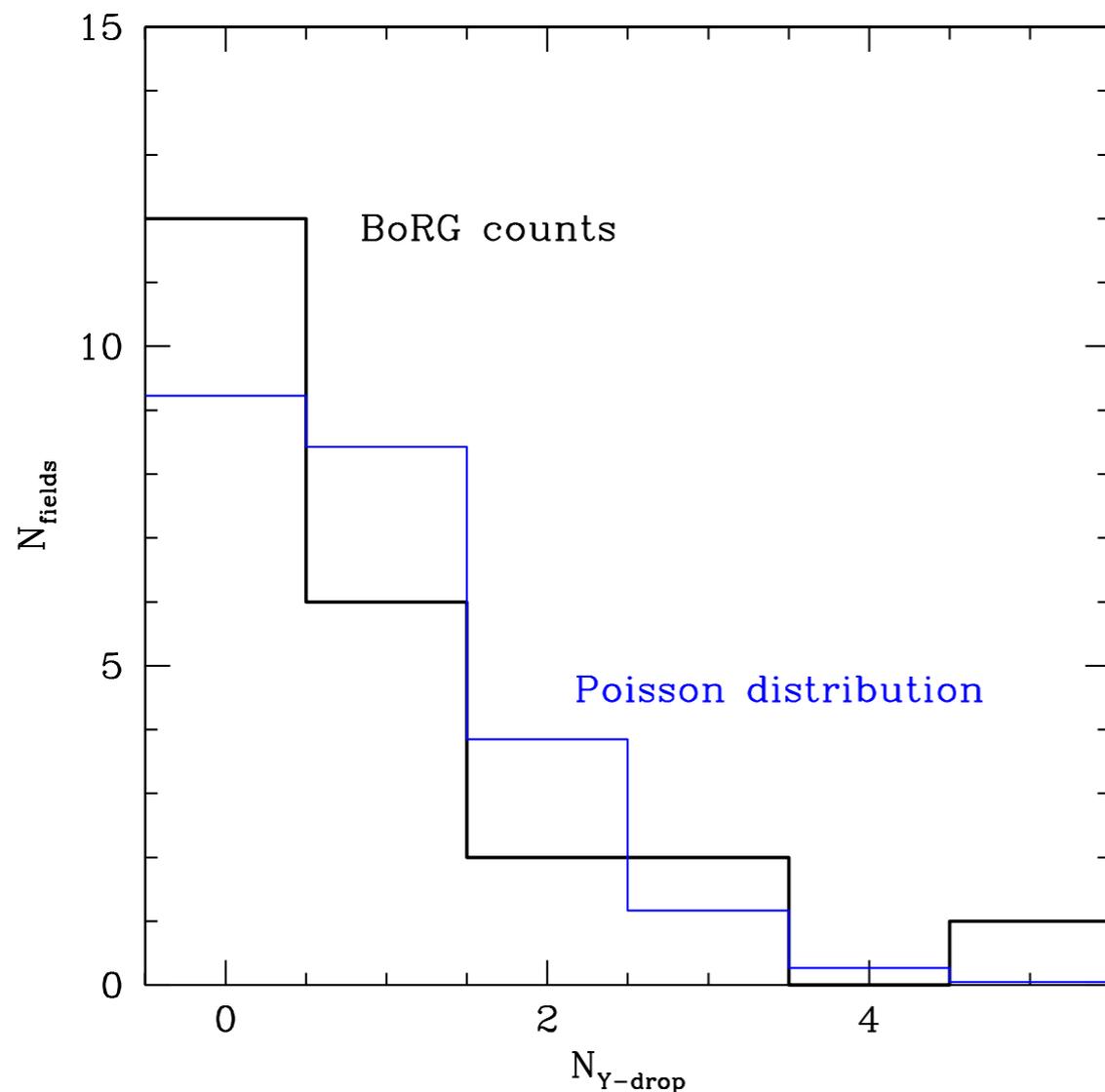
さらに遠方の原始銀河団候補

Trenti et al. (2012)により HST/WFC3の23視野の観測から

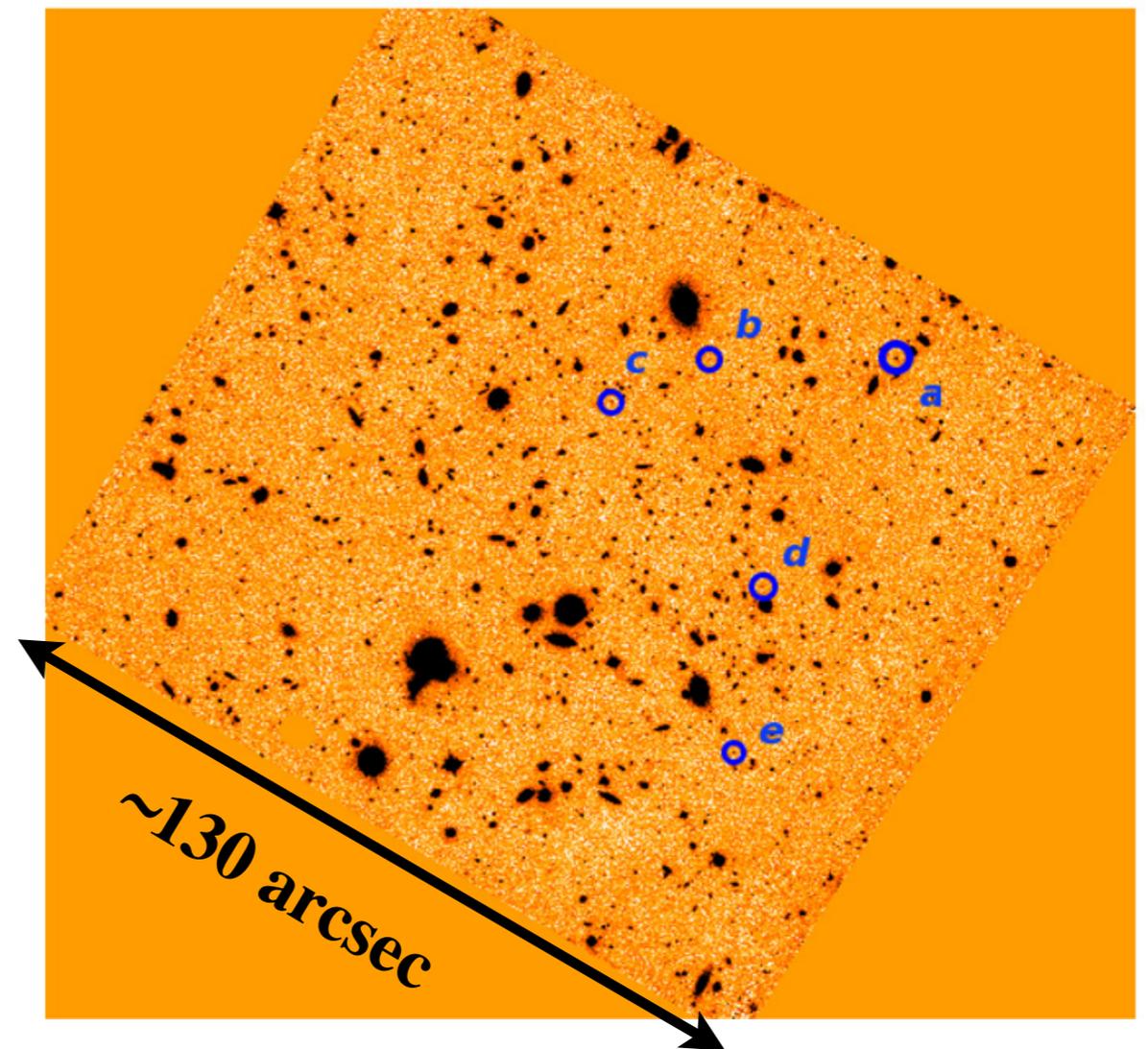
1つの領域が $z\sim 8$ の銀河5天体を含む高密度領域であると発見された。

→宇宙年齢が ~ 6.5 億年においてすでに集団化は始まっている。

$z\sim 8$ 銀河の個数のヒストグラム



$z\sim 8$ の高密度領域



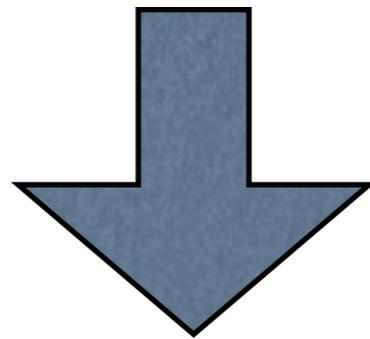
現在までの状況

- ✓ $z=2-6$ の原始銀河団はいくつか発見されている
- ✓ そのほとんどは電波銀河/QSOを
プローブとして用いて発見されている。
- ✓ 銀河団形成のより一般的な理解のためにも
プローブを用いない方法での発見は不可欠。
- ✓ 広視野観測からプローブなしに発見されている
- ✓ $z=6$ で原始銀河団は既に存在しており、
 $z\sim 8$ の原始銀河団候補も一つ見つかっている。

WISHによる原始銀河団探査

WISHによって原始銀河団探査は

- より遠方($z > 7$)へと進めることができる。
- プロローブを用いずに発見が可能。



銀河の集団化の最初の段階を捉える。

銀河形成と環境の関連。

再電離と宇宙の構造形成の関連。

WISHによる原始銀河団探査

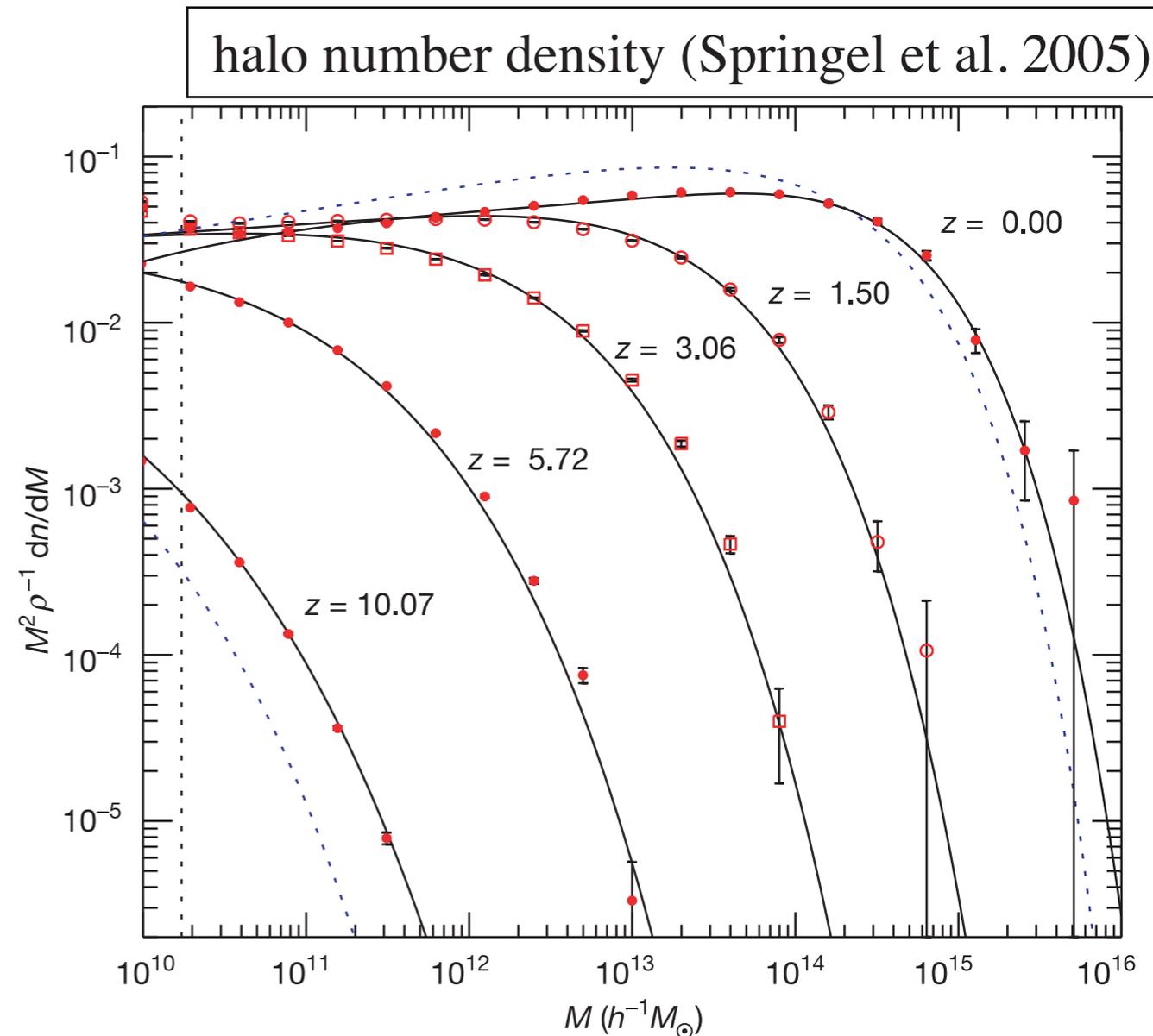
- 発見される原始銀河団の個数の期待値の見積り

1) 原始銀河団のdark matter

halo質量を推測する。

2) その質量をもとにhalo

number density (Springel +05) から発見される個数を見積もる。



z=8-9原始銀河団探査

- **Ultra-Deep Survey** (~100deg²; 28 AB mag)

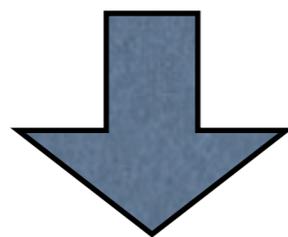
z~6, 8での観測例(Trenti+12, Ouchi+05, Toshikawa+12)から、

z~8での原始銀河団のdark matter halo質量は

$$M_h \sim 10^{12} M_{\text{sun}} \text{と予想できる。}$$

この質量のhaloの数密度は $\sim 3 \times 10^{-8} \text{Mpc}^{-3}$ 。

UDSの観測体積(~100deg², $\Delta z \sim 2$)は $\sim 1.5 \times 10^9 \text{Mpc}^3$ 。



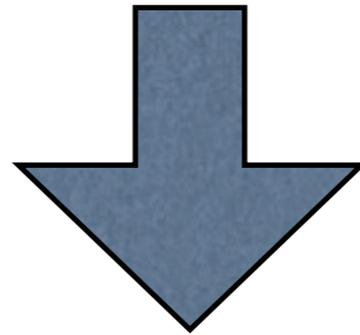
Filter 0-dropout galaxyの原始銀河団はUDS全体から

~50個の発見が期待できる。

z=8-9原始銀河団探査

- **Ultra-Wide Survey (~1000deg²; 25 AB mag)の場合**

z~8の原始銀河団に含まれるほとんどの銀河は26 mag以下。
最も明るい原始銀河団銀河でも等級は25.0 magは超えない。



限界等級の制限から、たとえ原始銀河団が存在しても
その中の1個程度の銀河しか検出できない。

UWSからの原始銀河団の発見は難しい。

UWSから見つかったQSOに対して追観測し環境を調べ、
プローブを用いない方法との比較は不可欠。

$z > 10$ 原始銀河団探査

- Ultra-Deep Survey ($\sim 100 \text{deg}^2$; 28 AB mag)

観測領域の制限から $M_h \sim 10^{12} M_{\text{sun}}$ の halo を

見つける期待値は1個以下。

$M_h \sim 10^{11} M_{\text{sun}}$ の halo は発見可能。

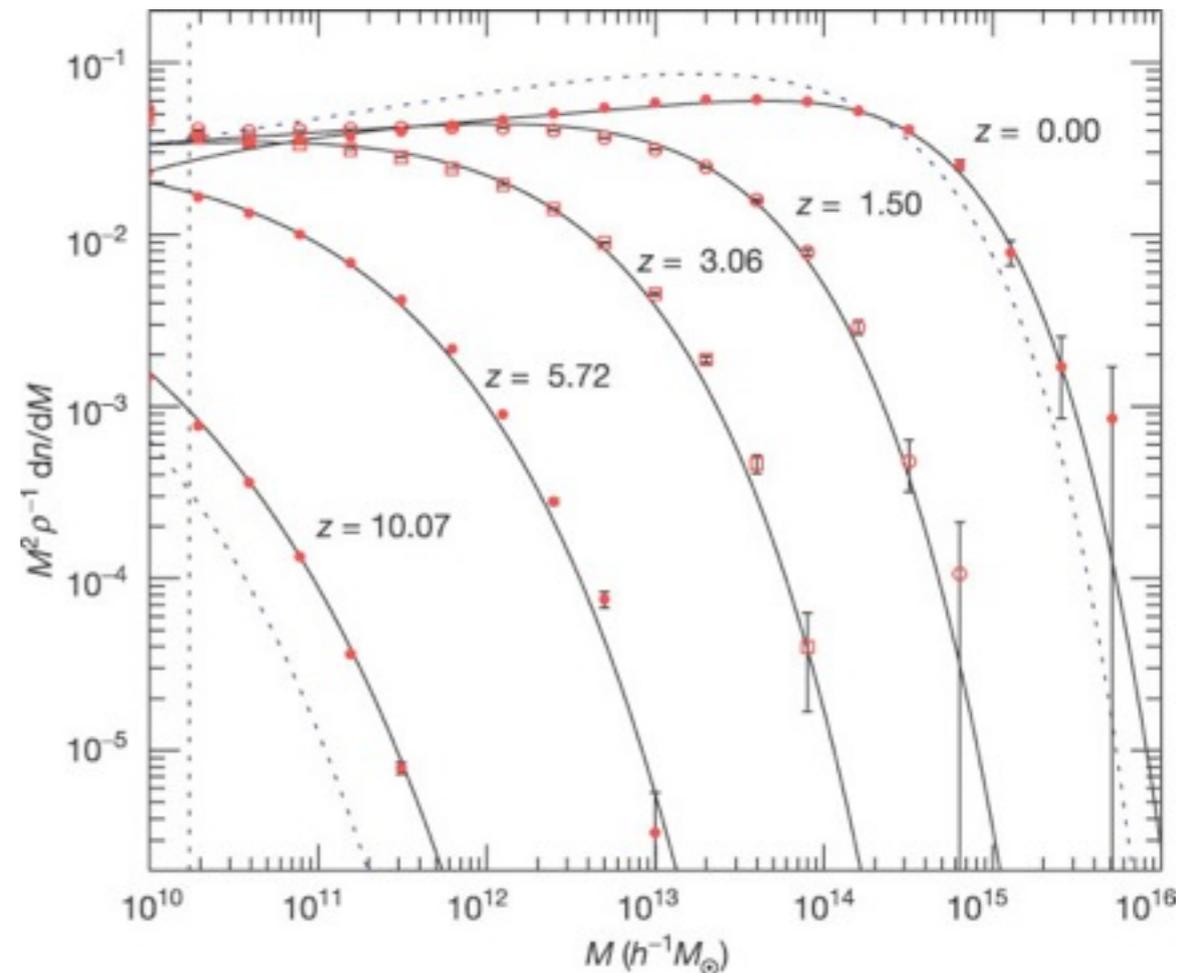
銀河形成へ高密度領域からの影響は

- 形成される銀河の個数？
- 形成される銀河の質量？

個数に対して強く影響が出るならば

原始銀河団のような領域が

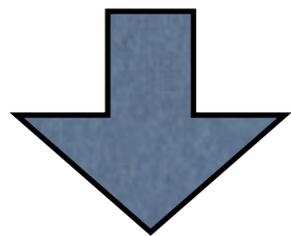
見つかるかも。



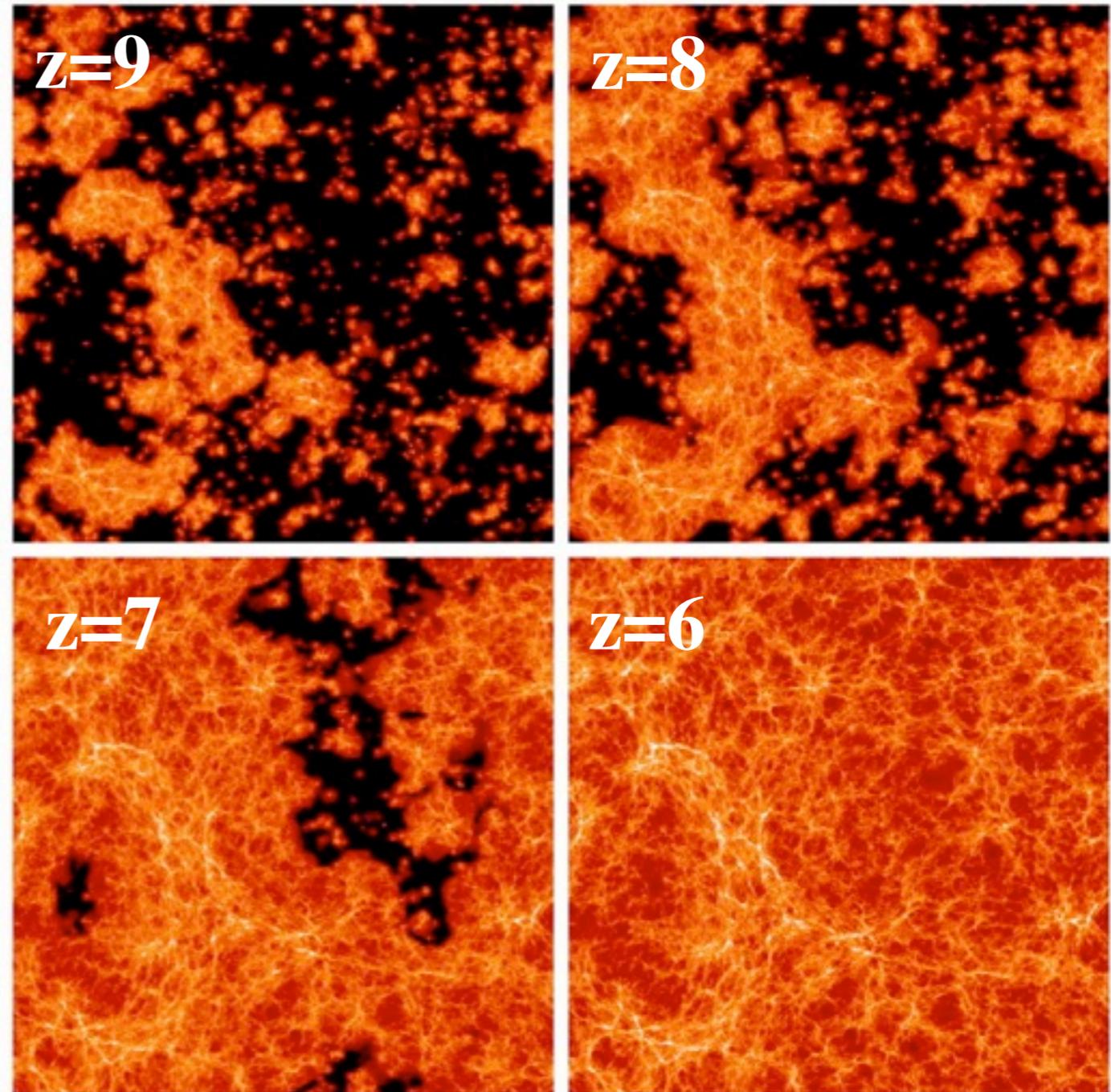
Springel et al. (2005)

再電離期の原始銀河団探査

再電離が完了する前のLBGとLAEの分布の比較をしたい。銀河の数密度が高い領域はより早く電離が進み、LAEが検出しやすくなる。観測的にLAEの疎密はより強調される。



再電離の空間的な非一様性について示唆を得られる。



電離水素ガスの密度変化 (Trac & Cen 2007)

他の計画との関連

Euclid, WFIRSTでは観測が浅いため、
JWSTでは観測面積が狭いため原始銀河団の発見は難しい。

$z > 8$ の原始銀河団探査はWISHにしかできない。

* プローブを用いる方法ではJWSTでも発見できる。

HSCの観測領域と合わせれば

y-dorpout ($z \sim 7$)原始銀河団の探査も可能になる。

まとめ

- ✓ $z > 7$ 原始銀河団探査は広視野かつ深い観測を行うWISHにしかできない研究である。
- ✓ $z = 8-9$ の原始銀河団をプローブを用いない方法で数十個の発見が期待できる。
- ✓ 銀河形成と高密度領域の関係を議論できる。
- ✓ 再電離と構造形成についても議論できる。