

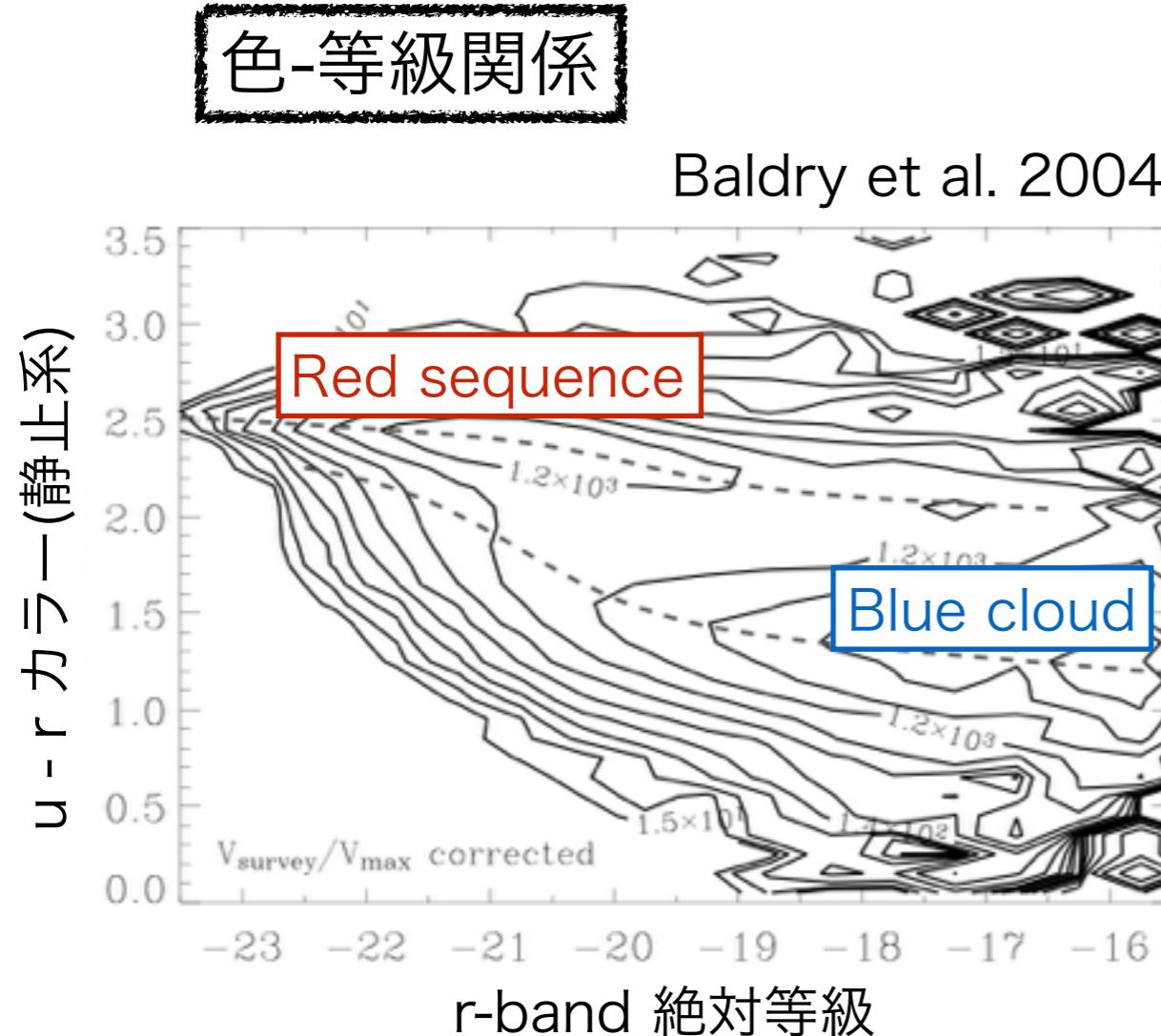
第3回 銀河進化研究会 2016

HSC 大規模サーベイに基づく
原始銀河団とQSOとの相関

総合研究大学院大学 D2 内山久和

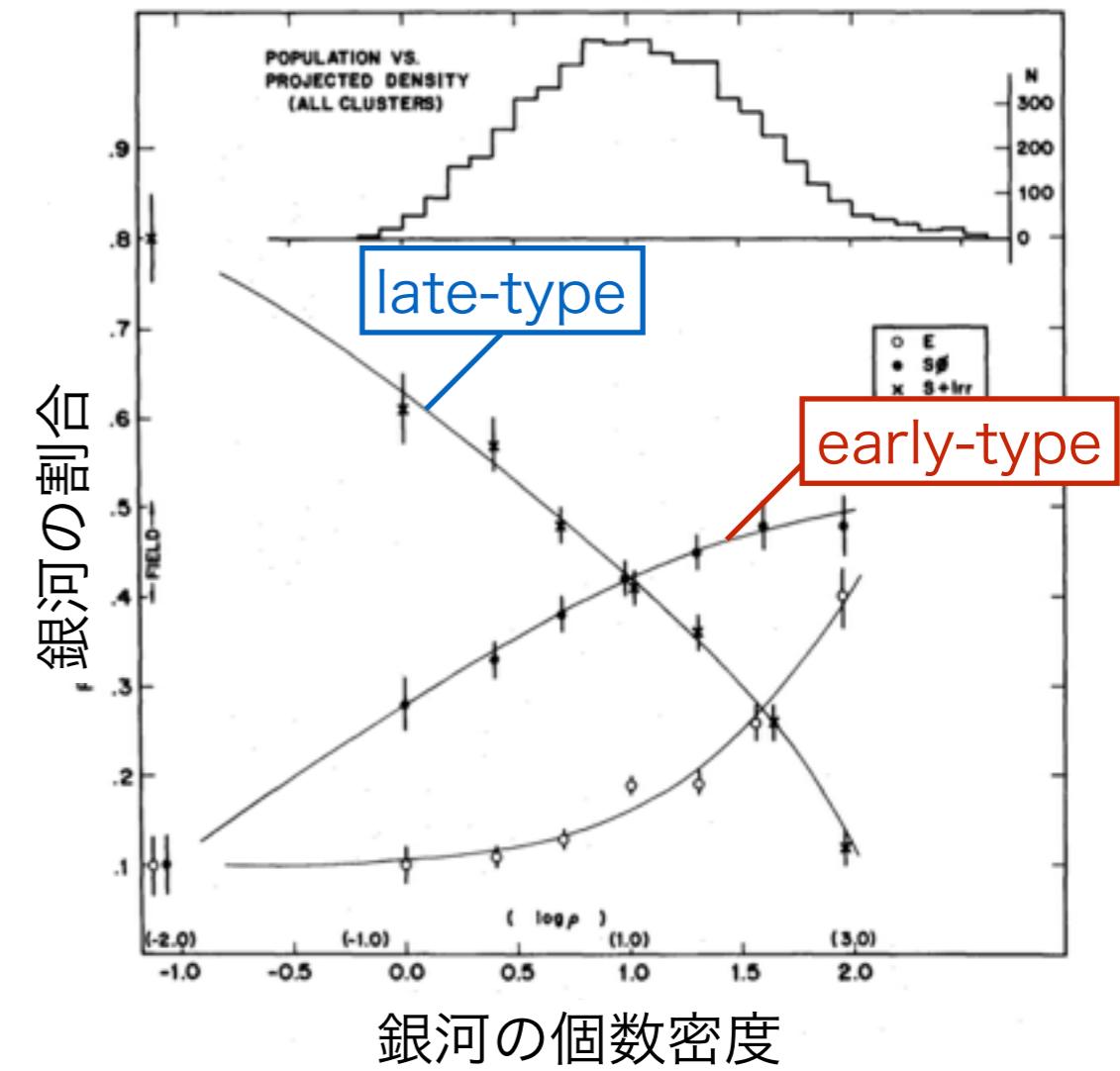
研究背景

局所宇宙における銀河の性質



形態-密度関係

Dressler et al. 1980



- 銀河団中には明るく赤い楕円銀河が多い
- いつ/どのように形成されたか？
- 高赤方偏移での原始銀河団(=銀河団形成過程にある構造)の観測

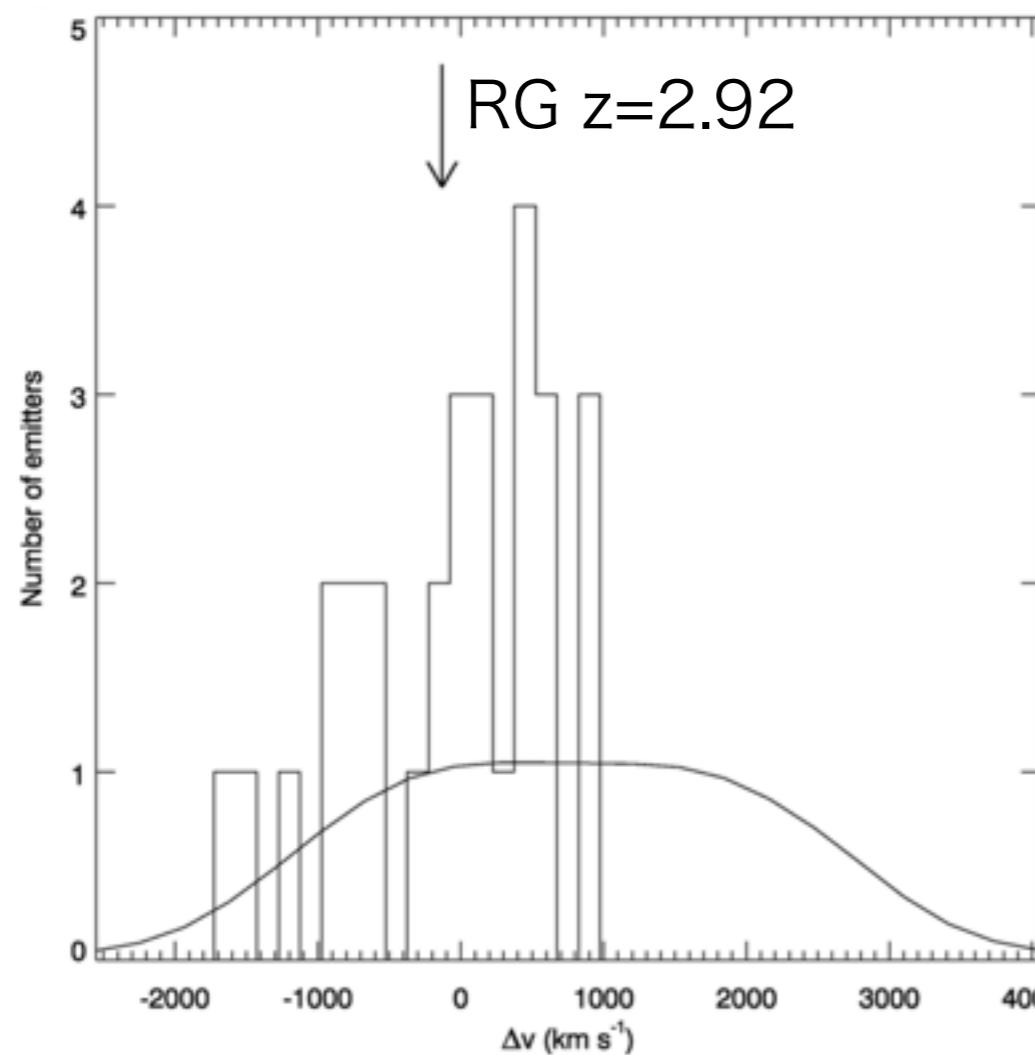
原始銀河団($z>3$)探査法 (1) RGを指標

(1) AGN(RG/QSO)をトレーサー

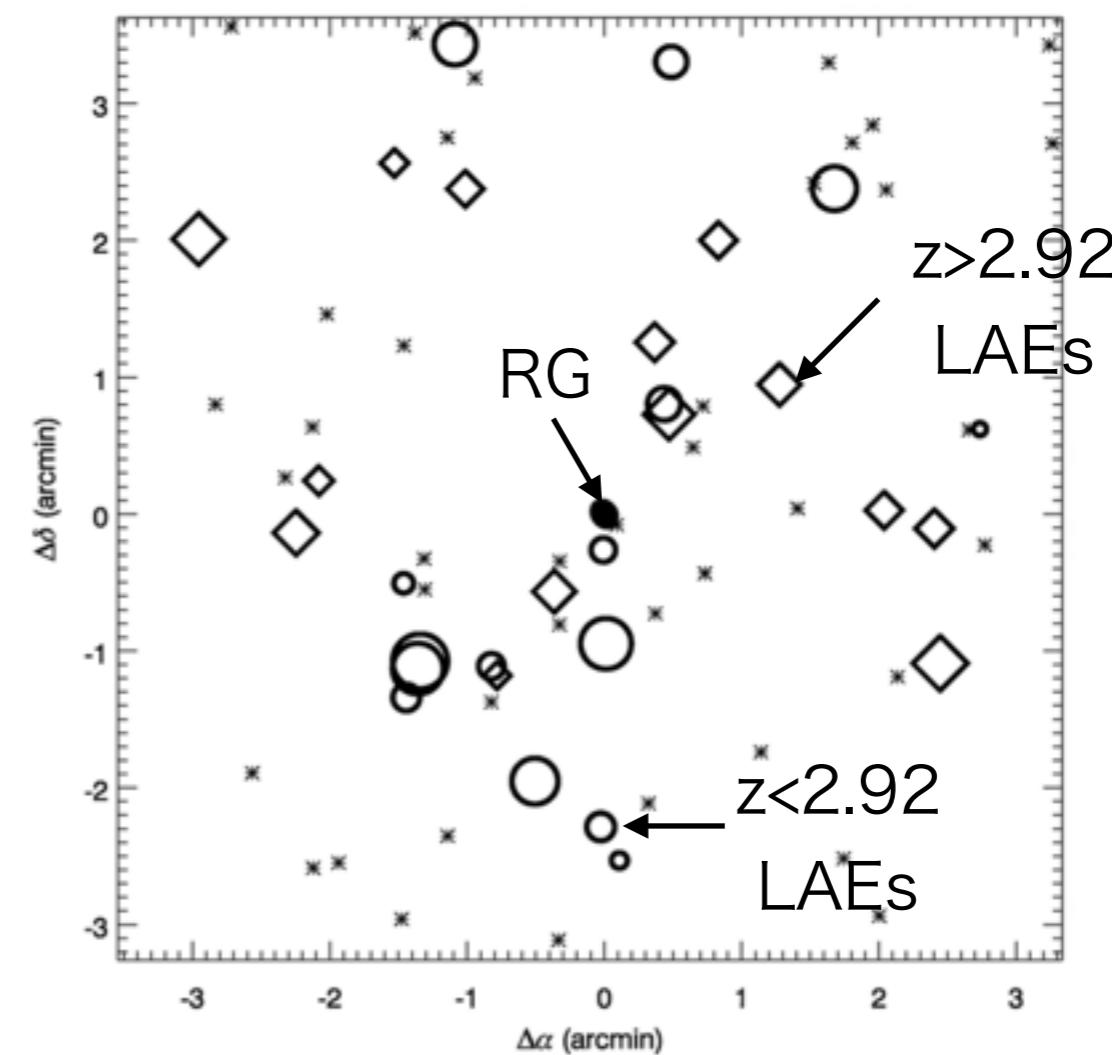
RG fields ex) Venemans et al. (2007)

$z \sim 2\text{-}5$ で RGまわりのNBサーベイにより LAEsの高密度領域を探査

速度(赤方偏移)分布



空間分布



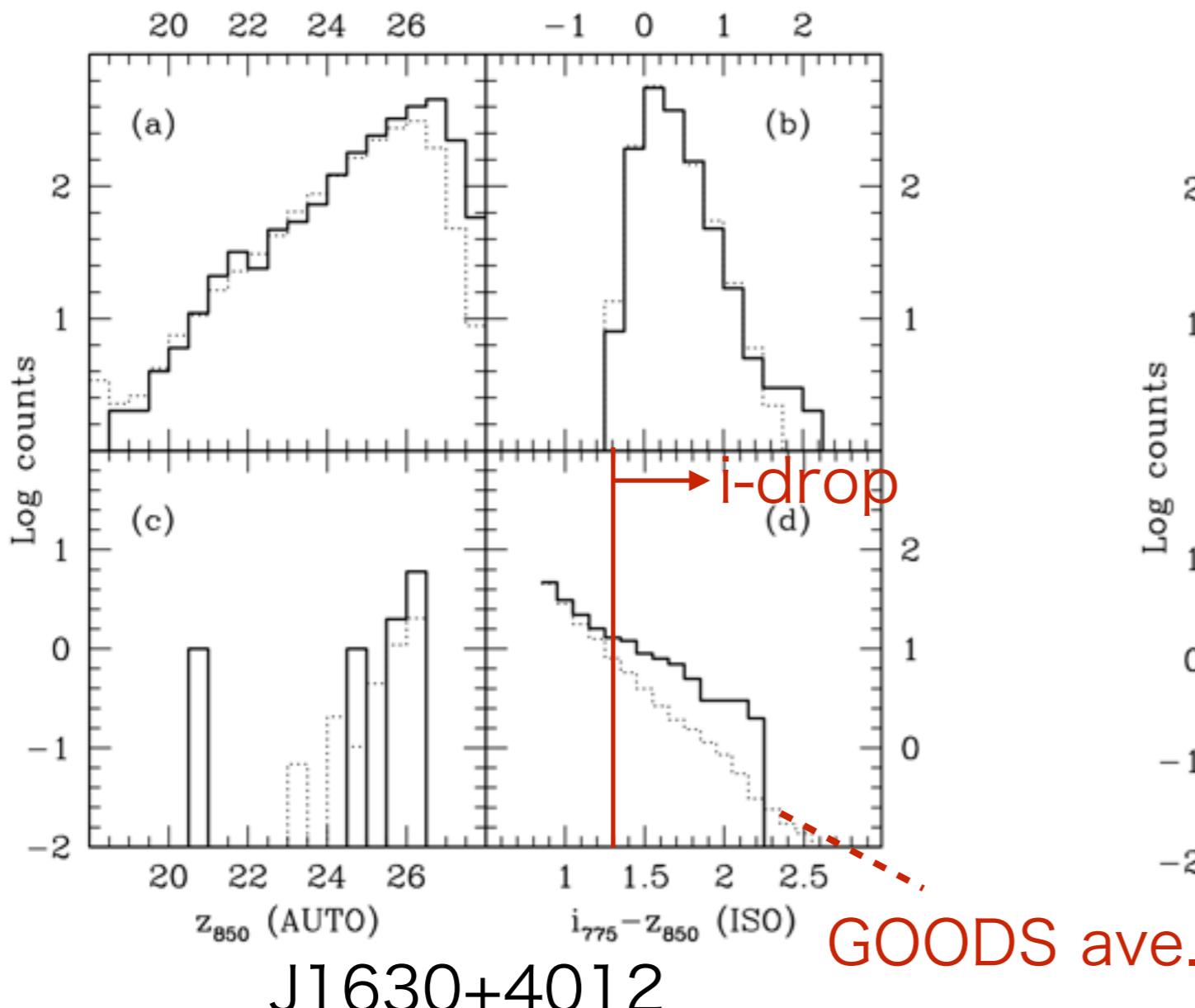
→ 少なくとも 75%(6/8)の RGs が原始銀河団に存在

原始銀河団(z>3)探査法 (2) QSOを指標

(1) AGN(RG/QSO)をトレーサー

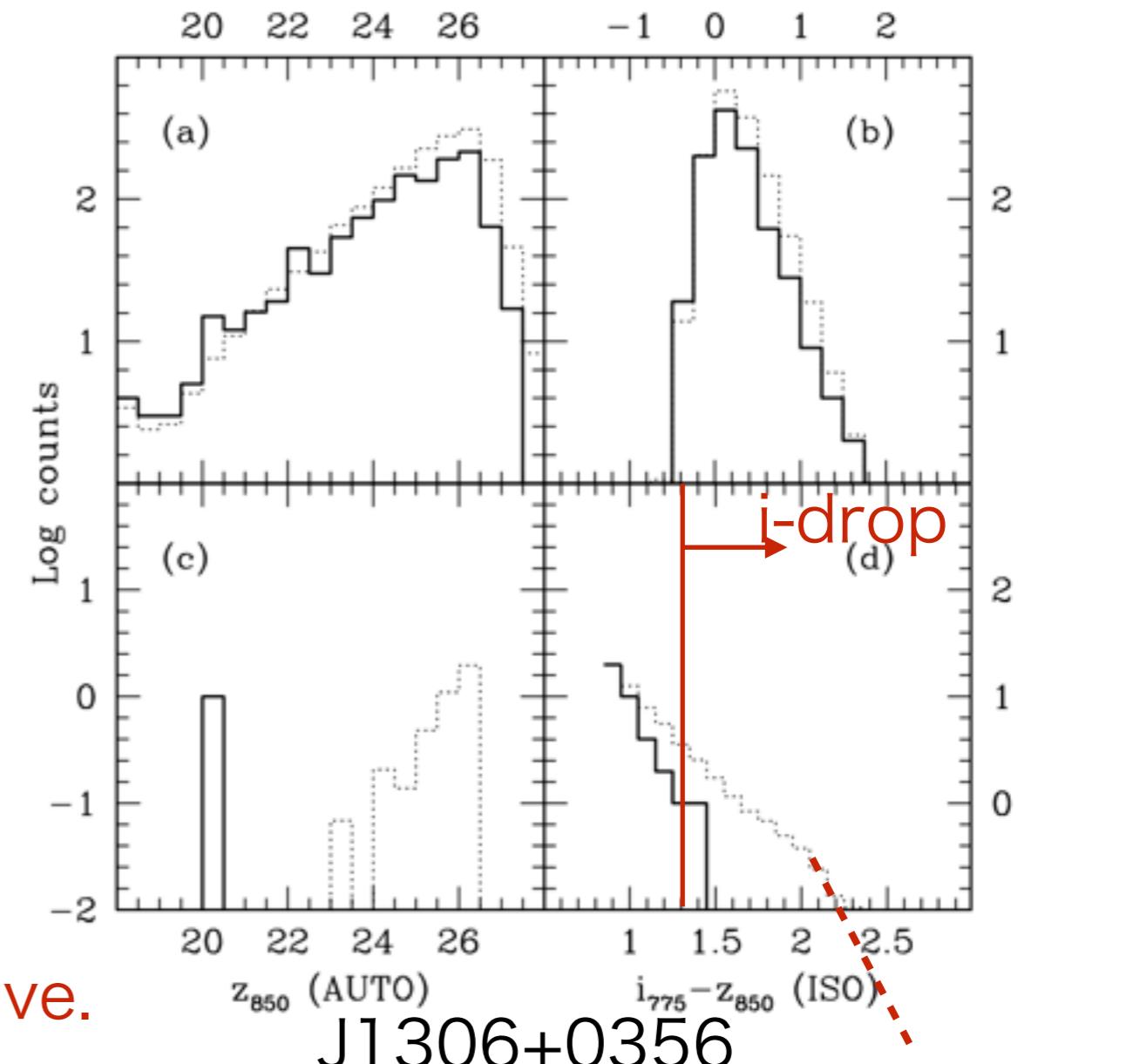
QSO fields ex) Kim et al. (2009)

z ~ 6での5つのQSO fieldsが高密度領域かどうかをi-dropout銀河を使って探査



J1630+4012

→ 2/5 QSO fields が高密度領域



J1306+0356

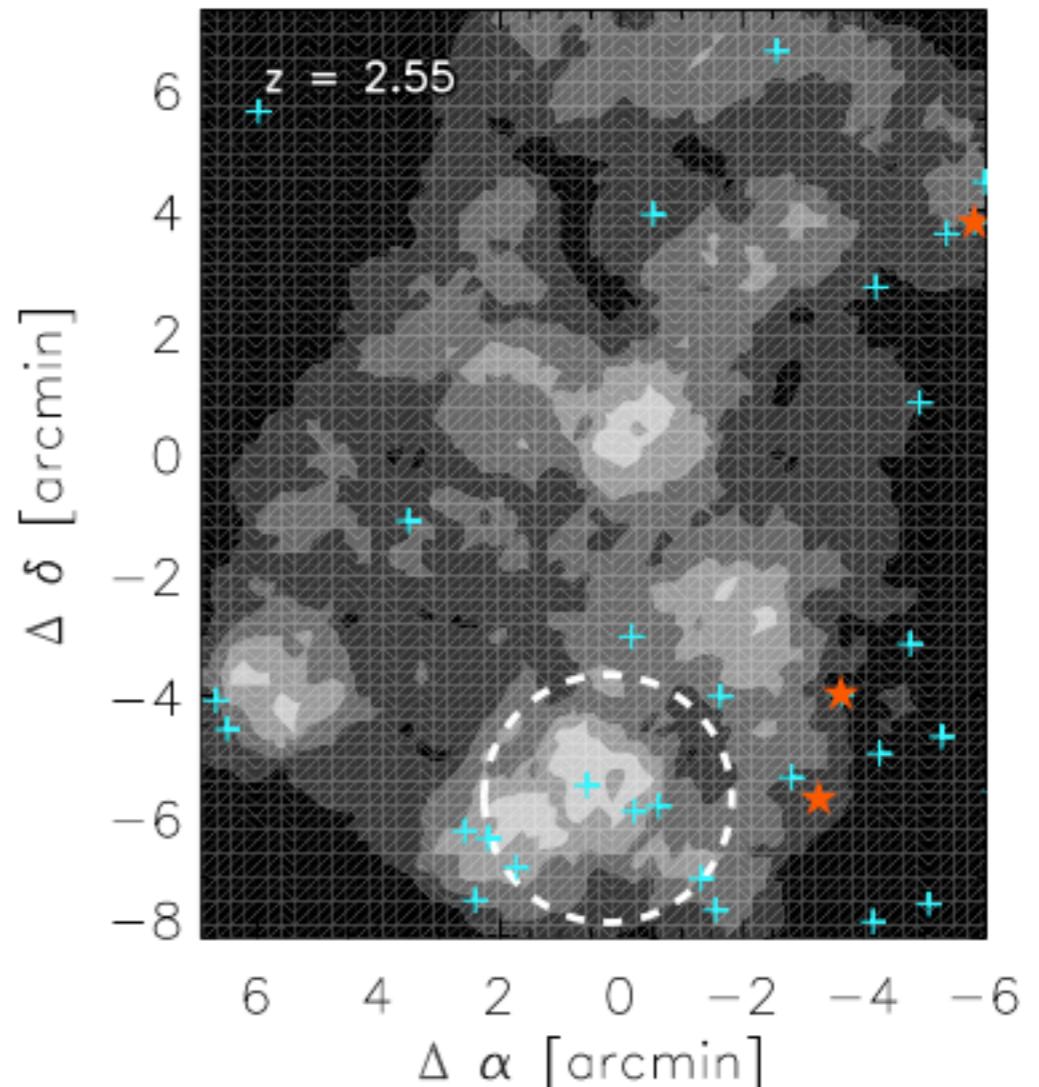
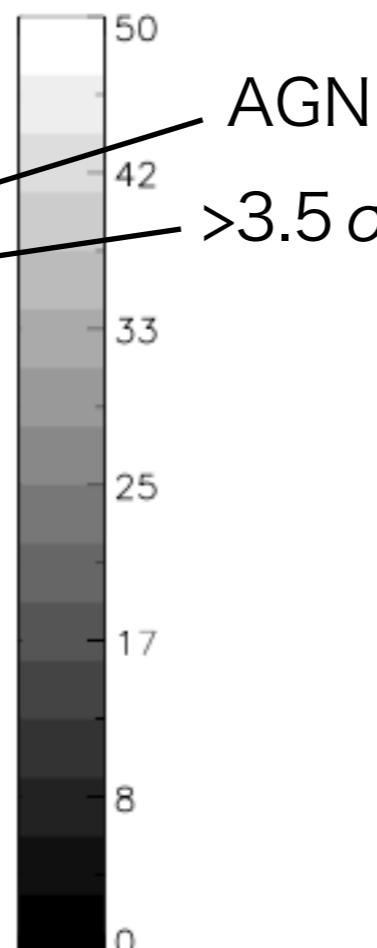
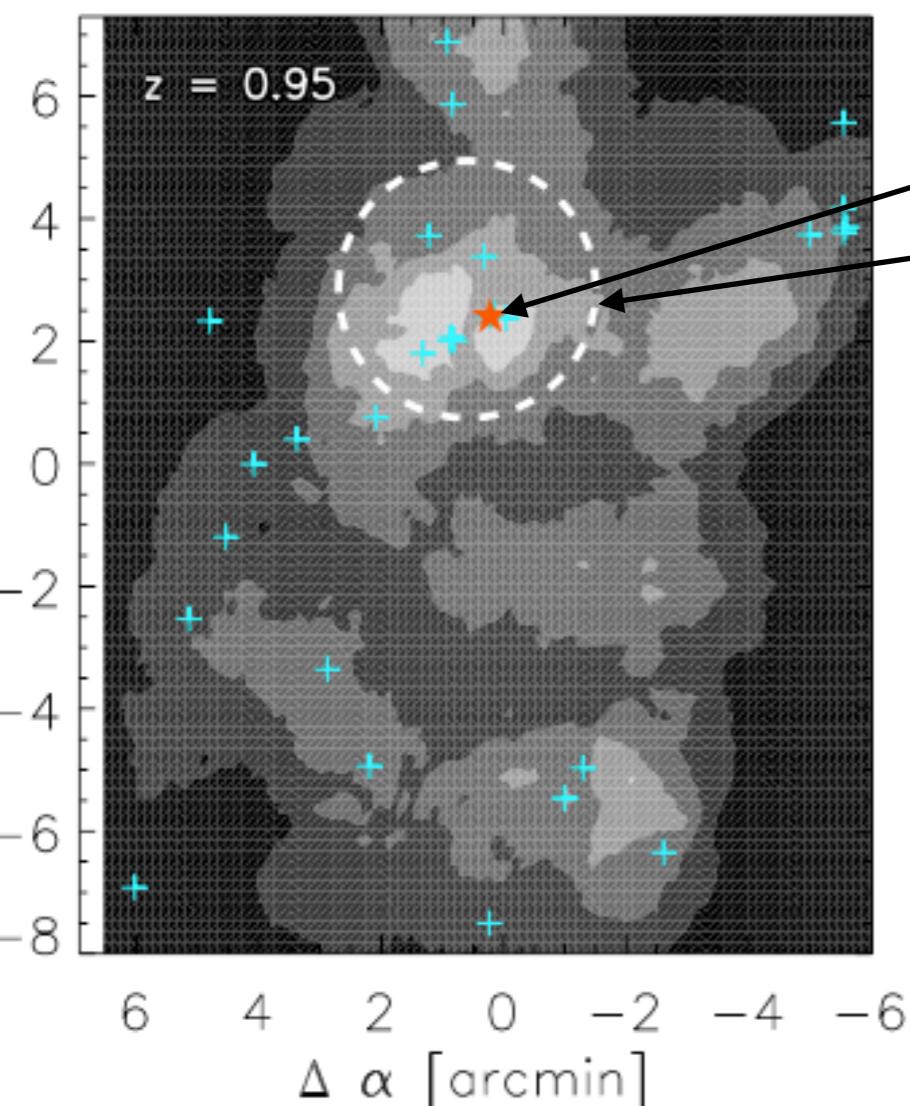
GOODS ave.

原始銀河団($z>3$)探査法 (3)無バイアスに

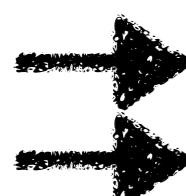
(2) 広視野撮像観測による、AGNを指標として使わない無バイアスな探査法

e.g.) Kang et al. (2015)

AGNを使わずに銀河の重い構造(MSG)を探査



~20% のMSGs だけがAGNを持つ



果たしてAGNは原始銀河団の良いトレーサーなのか?
そもそもAGNをトリガーするメカニズムは何か？

しかし、サンプル数が少なすぎて統計的な議論に至っていない ($z>3, \sim 10$)

研究目的・概要

Final goal

HSCの超広視野撮像観測を利用して統計的に $z \sim 2-6$ での原始銀河団(>1000)がAGN(RG/QSO)を有するのかを特徴付ける

First goal

g-dropouts($z \sim 3.8$ LBGs)の高密度領域を探査することで統計的に $z \sim 3.8$ で原始銀河団がQSOを有するのかを特徴付ける

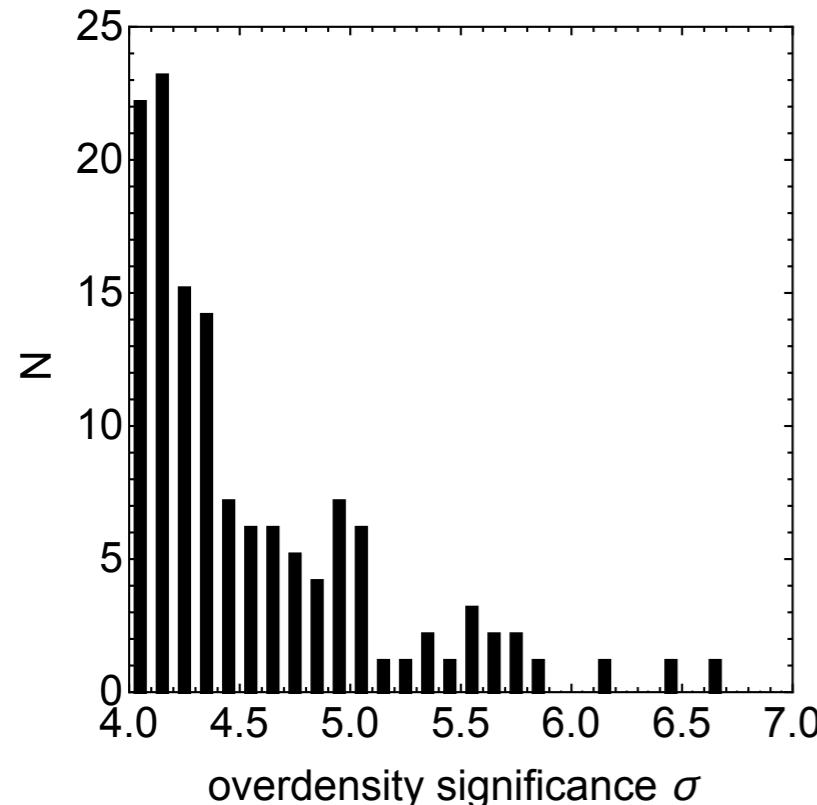
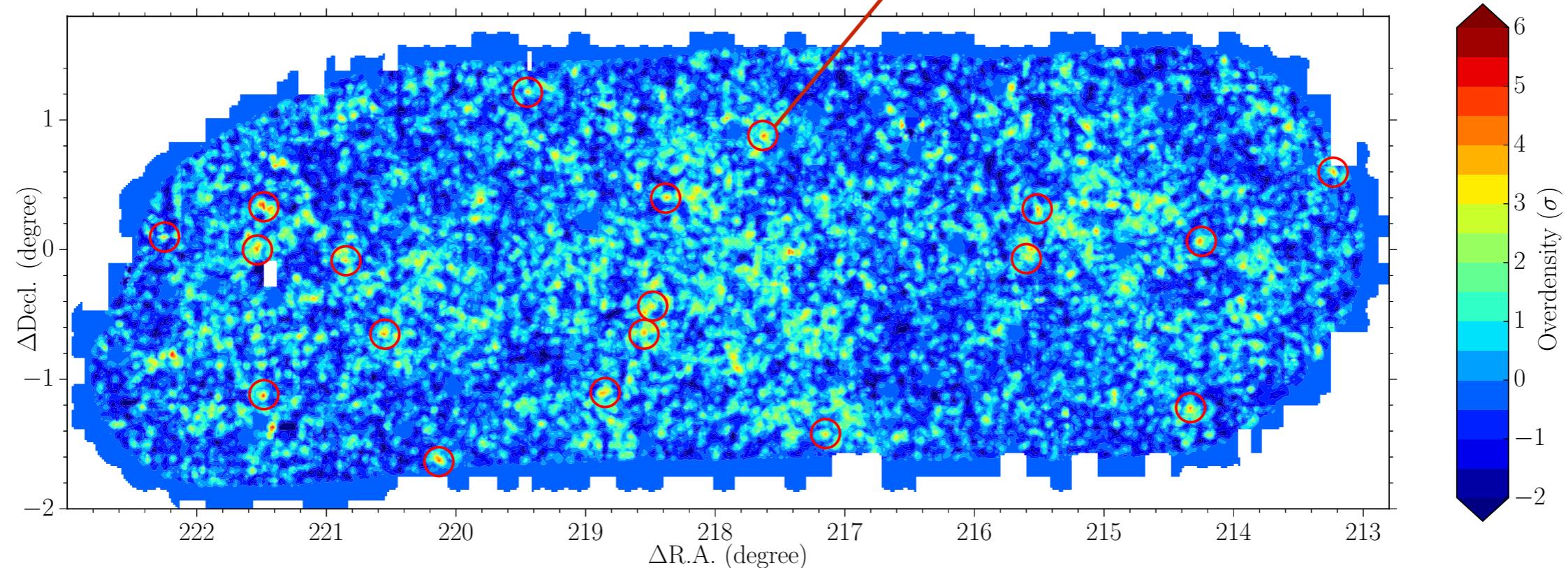
研究概要

- HSCサーベイ領域においてg-dropoutsにより $z \sim 3.8$ で原始銀河団探査
- SDSS DR12 QSOカタログからQSOサンプルを取得
- QSOと原始銀河団との位置および測光学的性質の相関の調査

原始銀河団大規模サンプル $z \sim 3.8$

・例：Wide-GAMA15H

4 σ 以上の有意性を持つ高密度領域



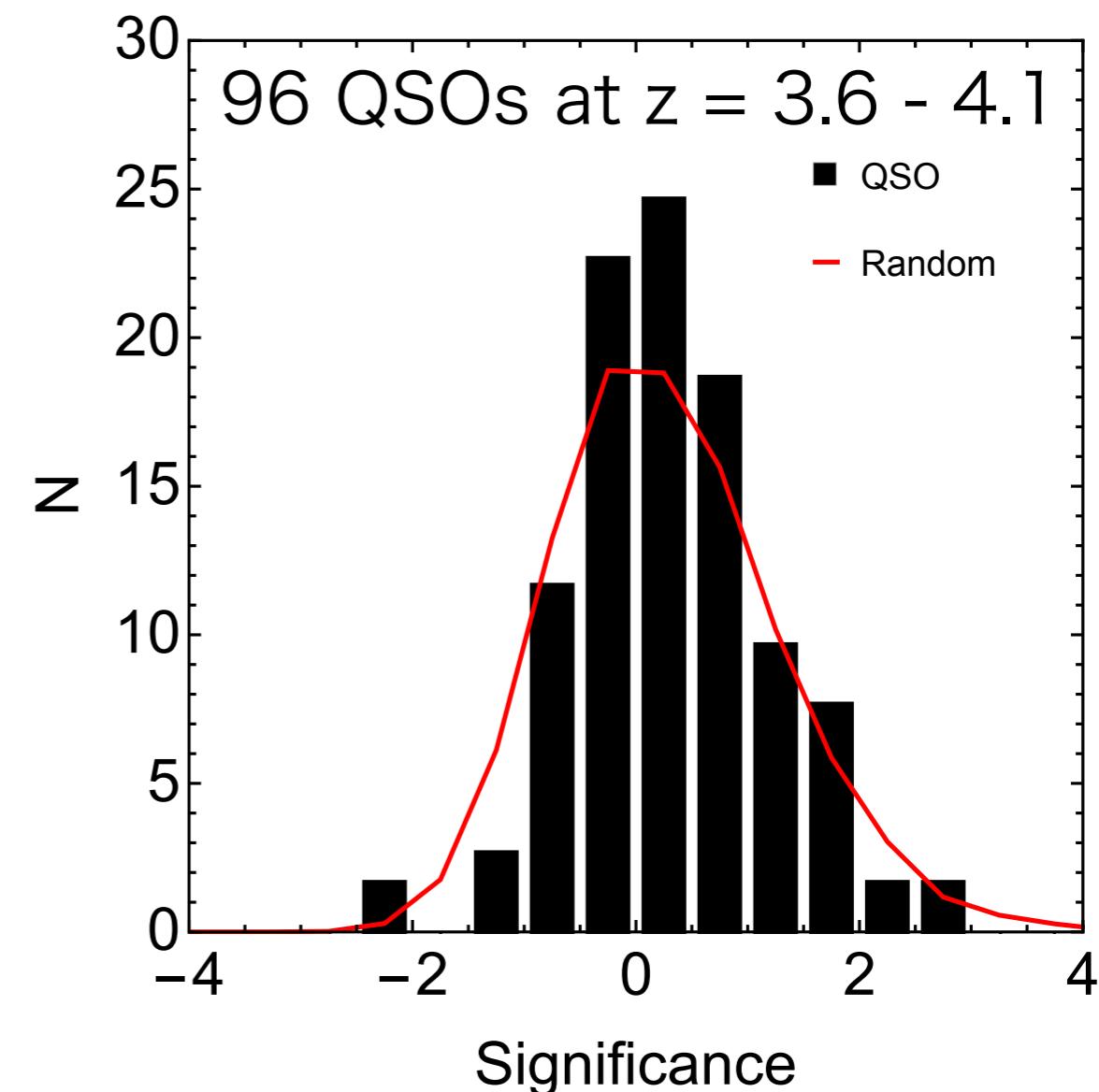
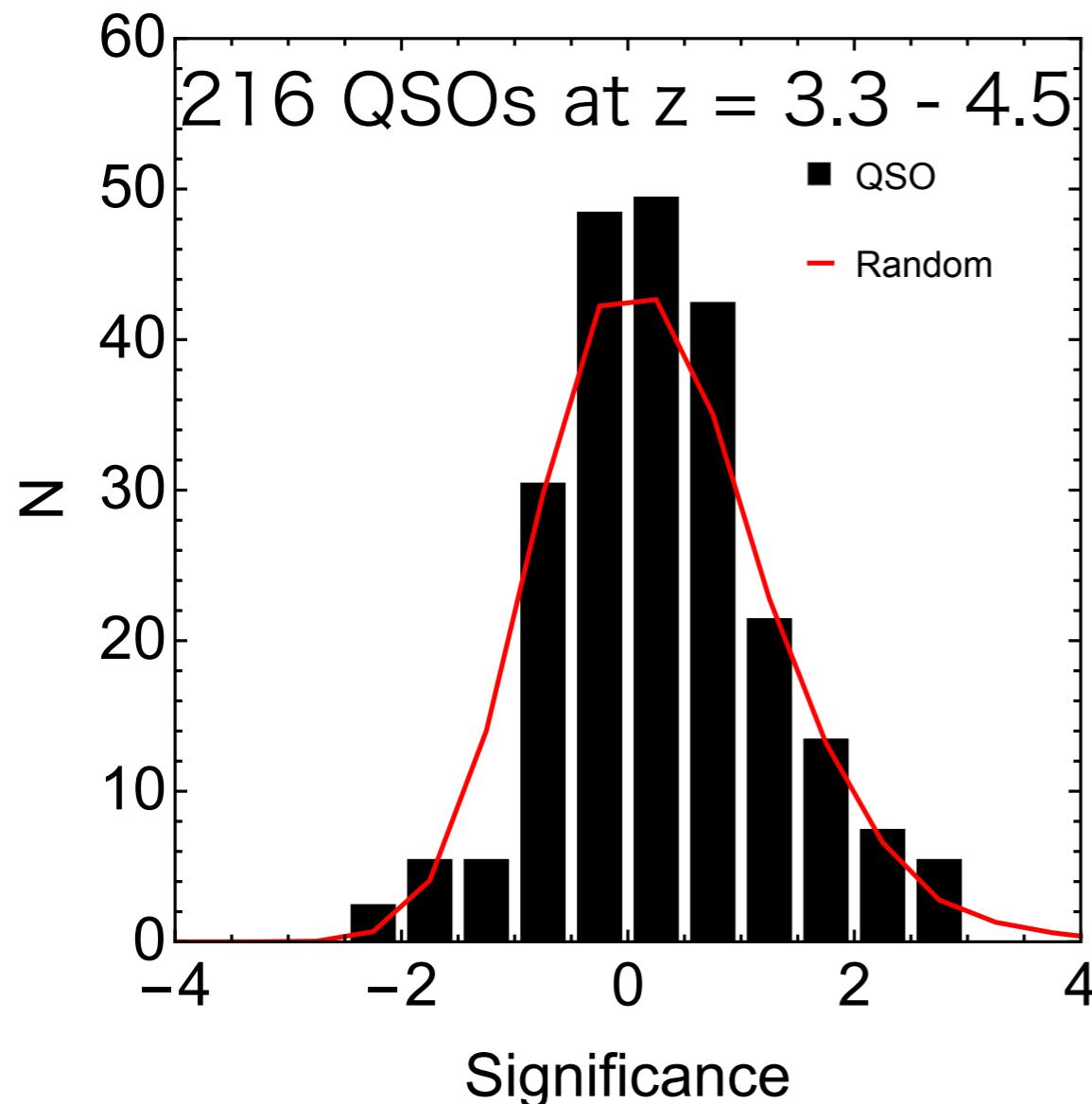
4 σ 以上の高密度領域が $\gtrsim 80\%$ の確率で $z=0$ で $10^4 M_{\odot}$ 以上の質量の DM ハローに進化する
→ 4 σ 以上の高密度領域を原始銀河団と定義
~130平方度で 131個 の原始銀河団候補検出
(従来の 10倍以上 のサンプル数に匹敵)

高密度領域とQSOとの相関 (1) 位置

SDSS DR12 QSO カタログ

→ 216(96)QSOs in HSC-wide region at $z=3.3-4.5$ ($3.6-4.1$)

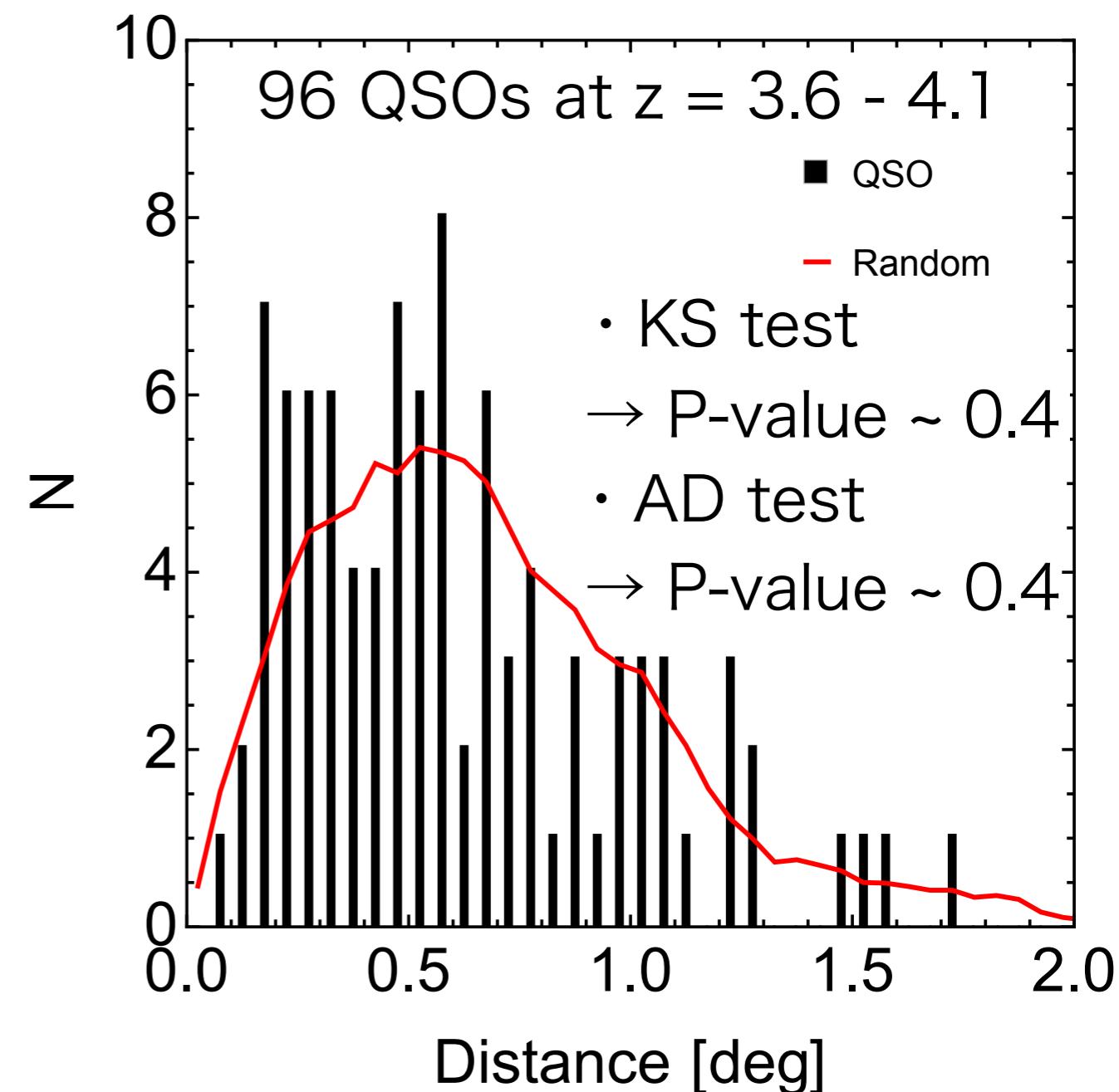
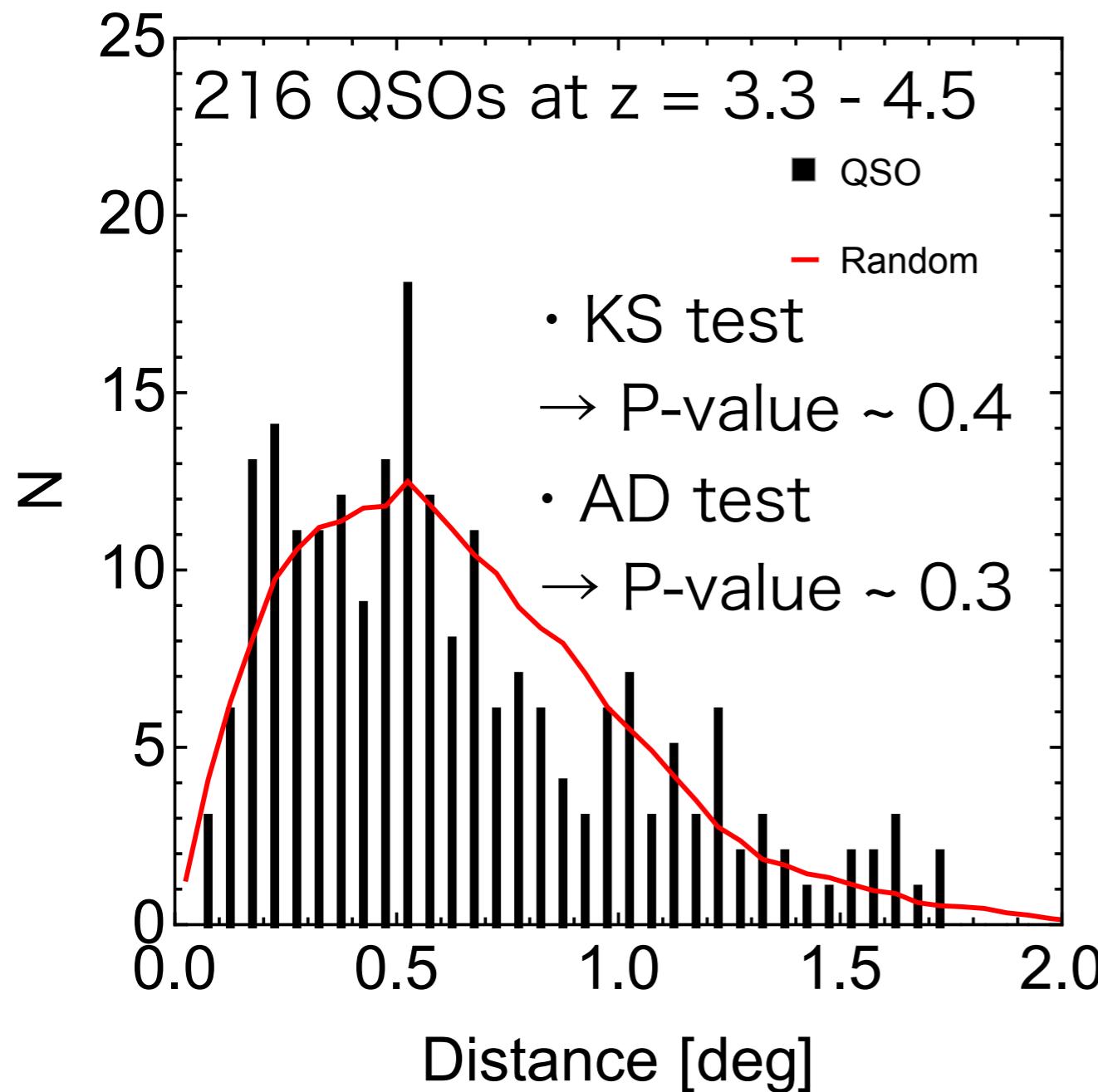
QSOが存在する天球面上の位置での密度の有意性のヒストグラム



QSOsは 4σ 以上の高密度領域に存在しない

高密度領域とQSOとの相関 (1) 位置

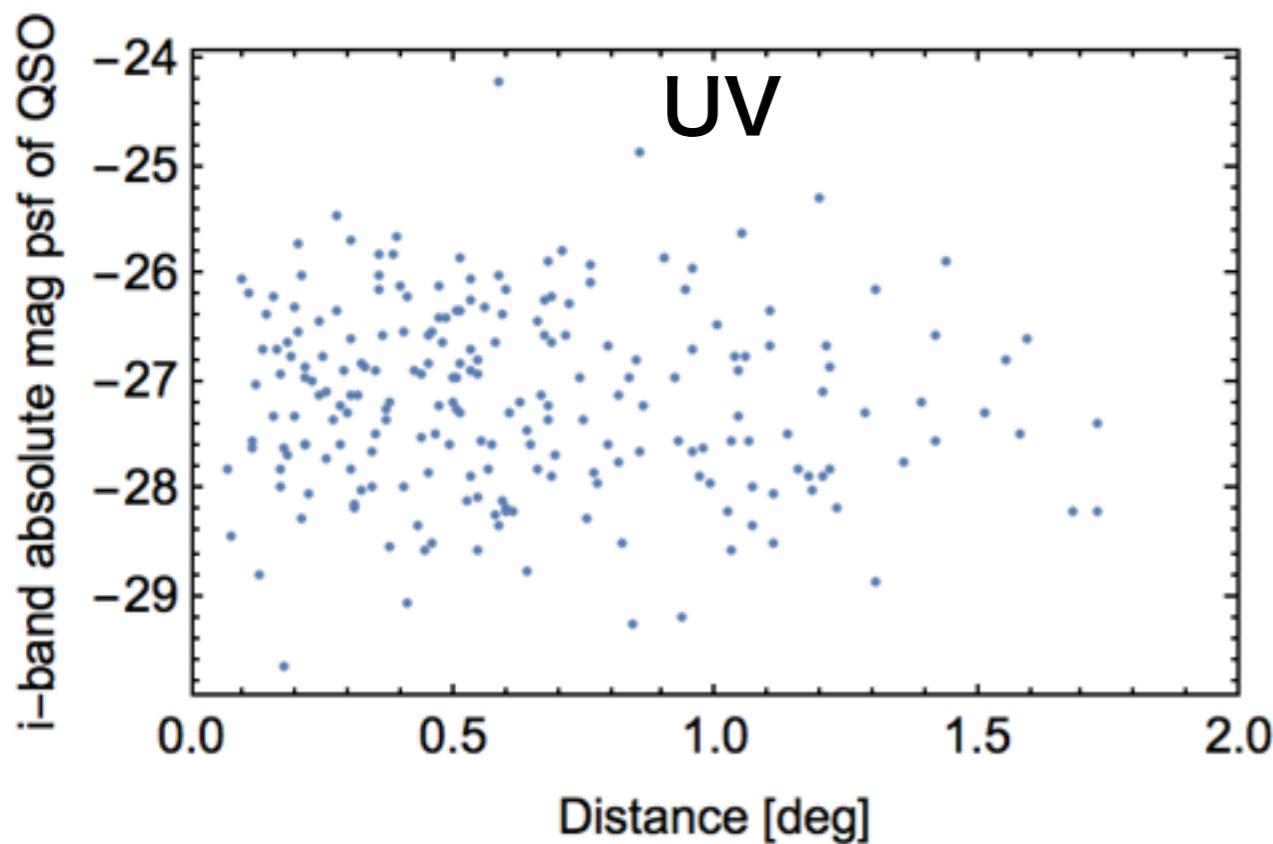
QSOから 4σ 以上の高密度領域の密度ピークまでの距離のヒストグラム



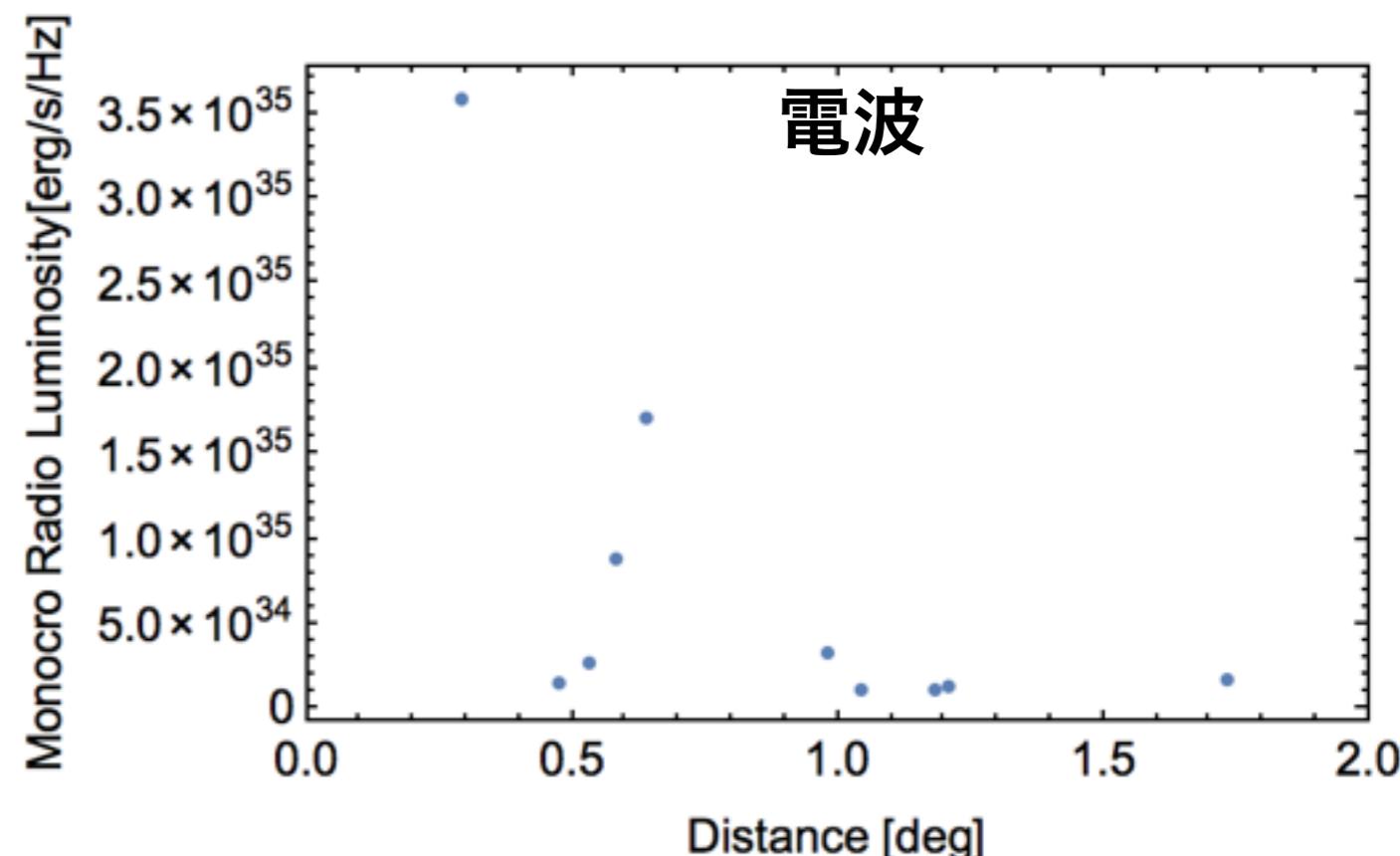
$z \sim 3.8$ で高密度領域とQSOは有意に相関していない
→ 少なくともこの時代でQSOは良い指標ではない
→ 広視野撮像観測の必要性

高密度領域とQSOとの相関 (2) 測光

FIRST 1.4GHz でも受かっているQSO



有意に相関していない



有意傾向

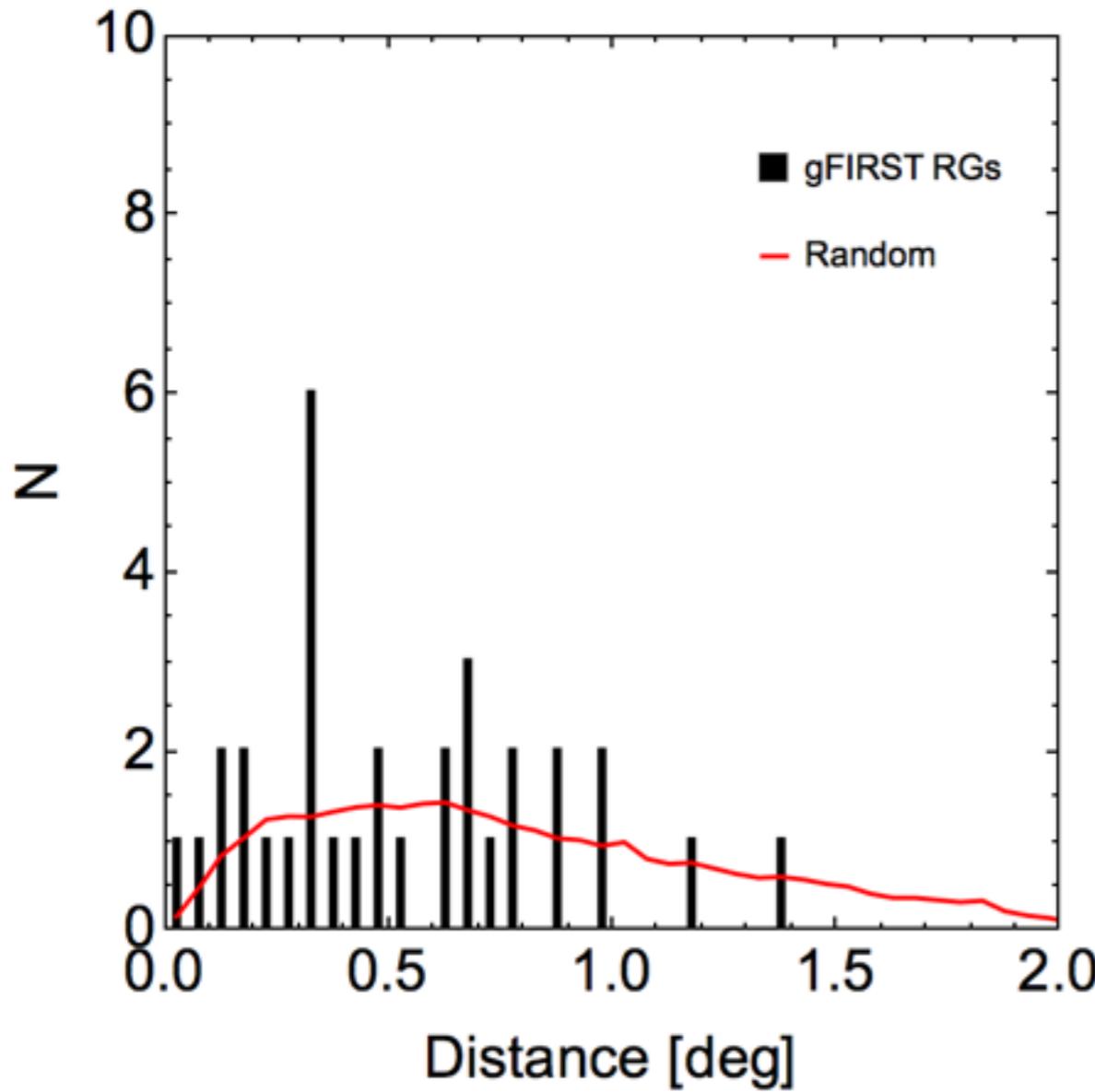
- 電波銀河は原始銀河団の良いトレーサーの可能性がある
- しかし、サンプル数が少なく、バイアスされている可能性もある

高密度領域とRGとの相関(Preliminary)

延原氏によるHSC-SSP領域内の電波銀河カタログ (FIRSTで受かっている天体)

→ g-dropout銀河($z \sim 3.8$)とカタログマッチング

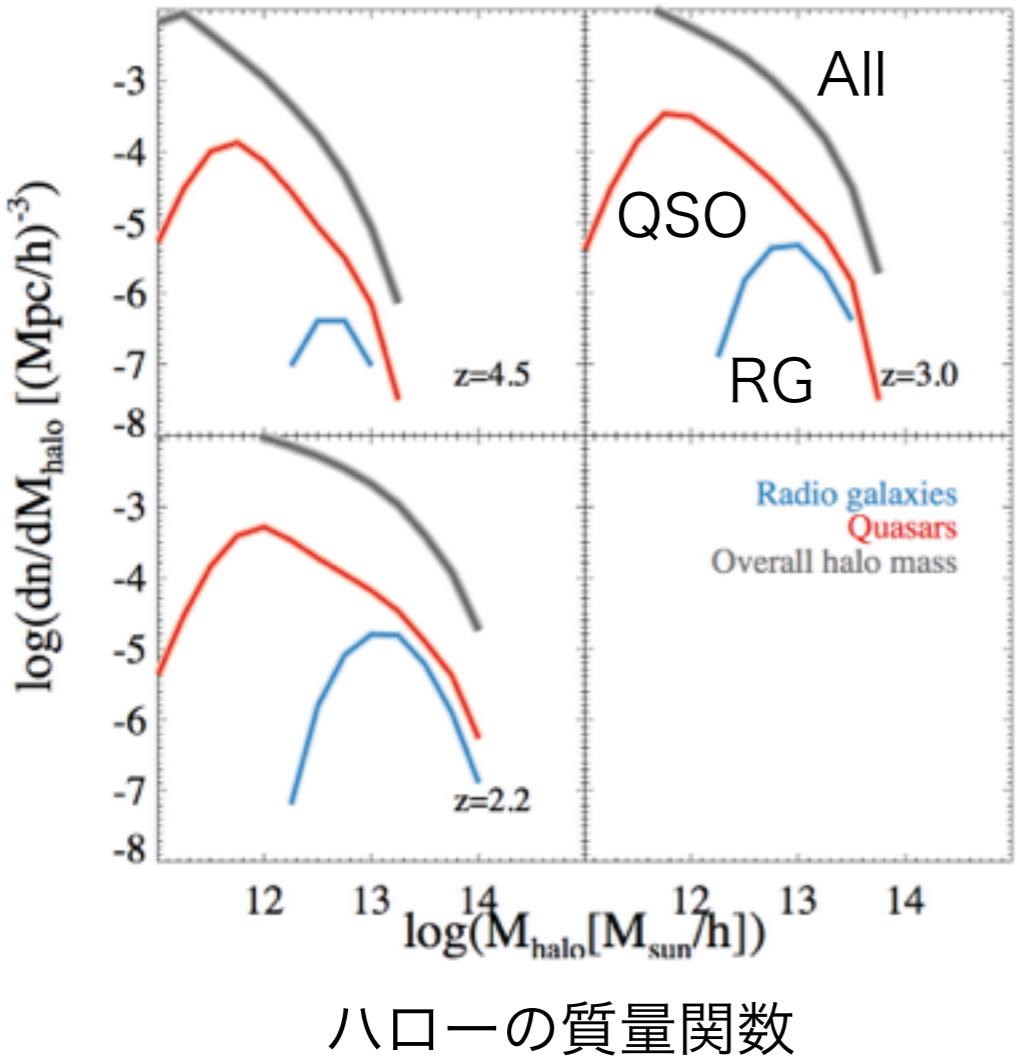
→ **33 RGs** in HSC-wide region at $z=3.3-4.5$



- KS test
→ P-value ~ 0.091
- AD test
→ P-value ~ **0.056**
- 分布のテールで有意に異なる
→ 電波銀河は原始銀河団の
良いトレーサーである可能性

議論

(1) AGN feedbackを組み入れたGALFORM (Orsi et al. 2015)



- QSO : $M_{\text{halo}} \sim 10^{11.5} - 10^{12.0}$ でピーク
最も重いハローはBHの質量・スピンが高い
→ 電波モードのAGN feedback
→ 降着率を減少させる
→ QSOが発現しにくい
→ QSOは最も重いDMハローにはいない
- $z \sim 3.8$ QSOは最も重いDMハローにいるわけではない
→ 我々の結果はQSOにAGN feedbackが効いているために生じている可能性

(2) クラスタリング解析

$z < 2$; (e.g. Coil et al. 2007)

QSOのDMハロー質量~ $(2 - 4) \times 10^{12} h^{-1} M_{\odot}$

最も重いDMハロー質量 ~ $10^{14} - 10^{15} h^{-1} M_{\odot}$

$z > 3$; (e.g. Shen et al. 2007)

~ $(3 - 6) \times 10^{12} h^{-1} M_{\odot}$

QSOは僅かに重いDMハローに存在

議論

EPS モデル

QSOハロー質量が $z=0$ で $>10^{14} M_{\odot}$ に進化する確率

→ クラスタリング解析、およびGALFORMでのQSOハロー質量が銀河団の典型的な質量に進化するかどうかを調査する

(1) クラスタリング解析

z	halo mass at z	probability of $> 10^{14}$ at $z=0$
3.8	$4 \times 10^{12} M_{\odot}$	0.17
3.8	$6 \times 10^{12} M_{\odot}$	0.29 無視できない

(2) GALFORM

z	halo mass at z	probability of $> 10^{14}$ at $z=0$
3.8	$1.5 \times 10^{12} M_{\odot}$	0.044 我々の結果と無矛盾

まとめと研究の今後

まとめ

- $z \sim 3.8$ で高密度領域とQSOの位置は**有意に相関していない**
 - QSOに**AGN feedback**が効いている可能性がある
 - 少なくともこの時代でQSOは原始銀河団の**良いトレーサーではない**
- $z \sim 3.8$ で高密度領域とQSOの測光学的性質
 - UVフラックスは**有意に相関していない**
 - 電波強度との相関は**有意な傾向**にある

研究の今後

- 延原氏の電波銀河カタログを使ってRGと原始銀河団との相関
- follow-up分光観測による原始銀河団の同定
- 近赤, 赤外撮像follow-up観測による原始銀河団のStellar population
- JCMTサーベイ(P.I. 松田)によりこれら原始銀河団のfollow-up
- r-dropout($z \sim 5$), i-dropout($z \sim 6$)