



## **Panoramic mapping of the most massive HI structures & connecting the ISM, CGM, and IGM at the cosmic noon**

***Rhythm Shimakawa*** (SOKENDAI/JSPS/NAOJ→UCO/Lick (UCSC))

***NAOJ: N. Kashikawa, T. Kodama, I. Tanaka, Y. Matsuda, et al.***

***UCO/Lick (UCSC): J. X. Prochaska, Z. Cai, et al.***

Subaru 広視野撮像, Keck 深分光に基づいた  
z=2-3 にある宇宙最大規模の原始銀河団のマッピング,  
及び銀河形成の環境依存性, ISM-CGM-IGM 関係の究明

Subaru  $\Leftrightarrow$  Keck - 20晩弱を想定 (一部はすでに実行済み)

## PFS-SSP とのシナジー

- PFS-SSP とは独立したサイエンス (conflict しない)
- PFS-SSP の IGM tomography に先立ち超原始銀河団を観測
- Subaru, Keck 双方で win-win かつ対等な関係

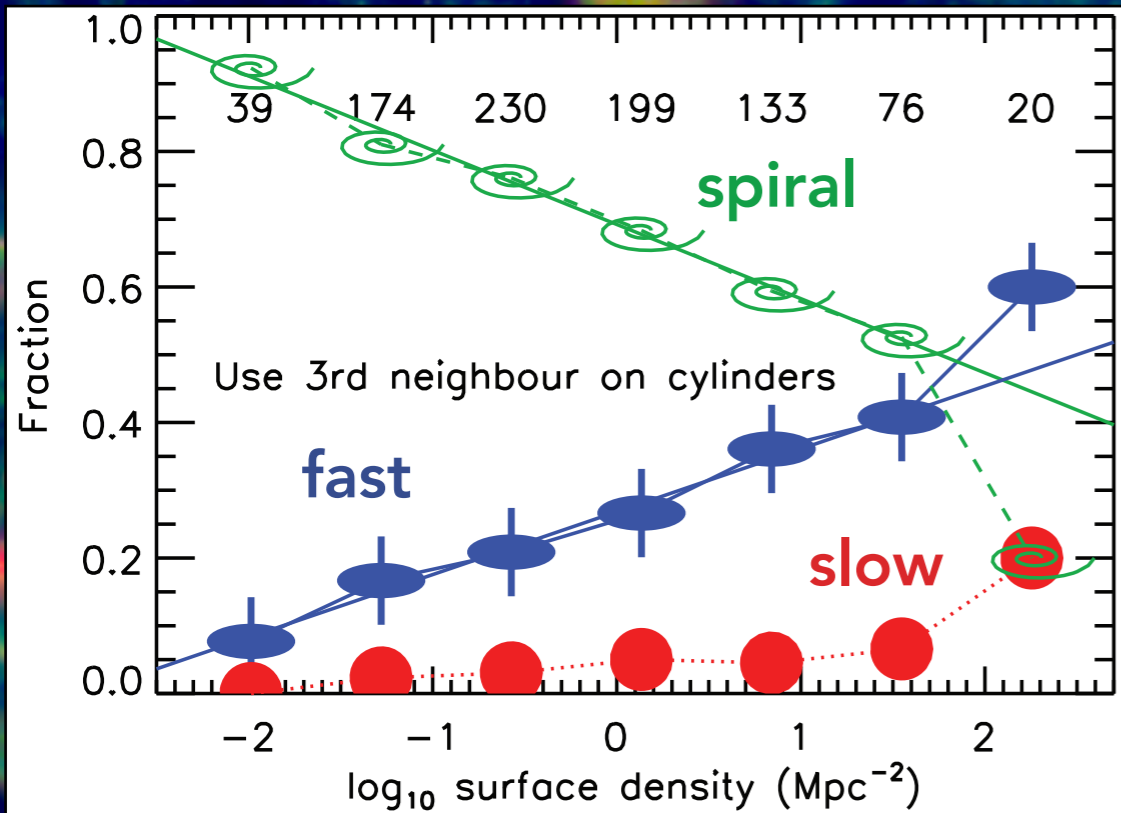
+ 国際共同研究には人の移動も重要

嶋川が UC (Santa Cruz) にいるので flexible に進行できる

# Galaxy diversity vs environments

Seek for causal physical origins of galaxy diversity triggered by environments

THE EAGLE PROJECT

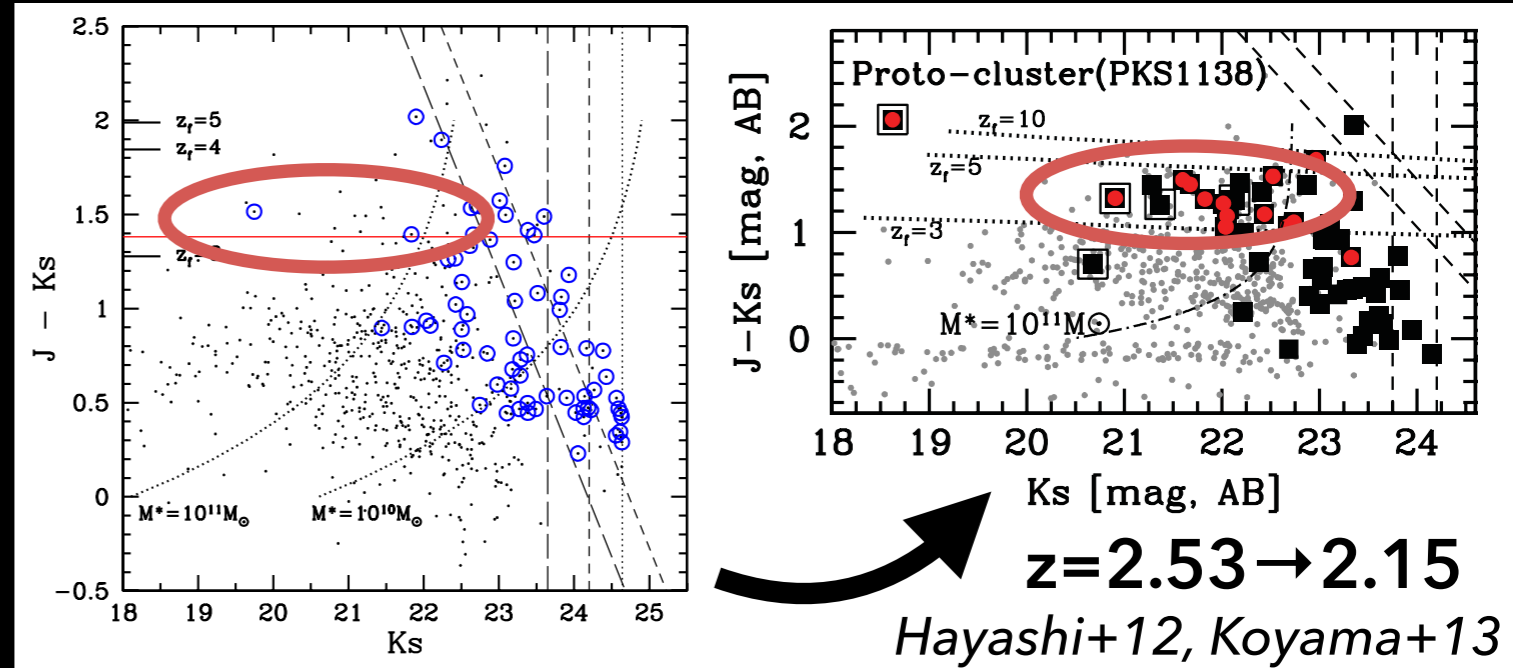


Morphology density relation  
*Cappellari et al. 2011*

# Galaxy formation in the protocluster core

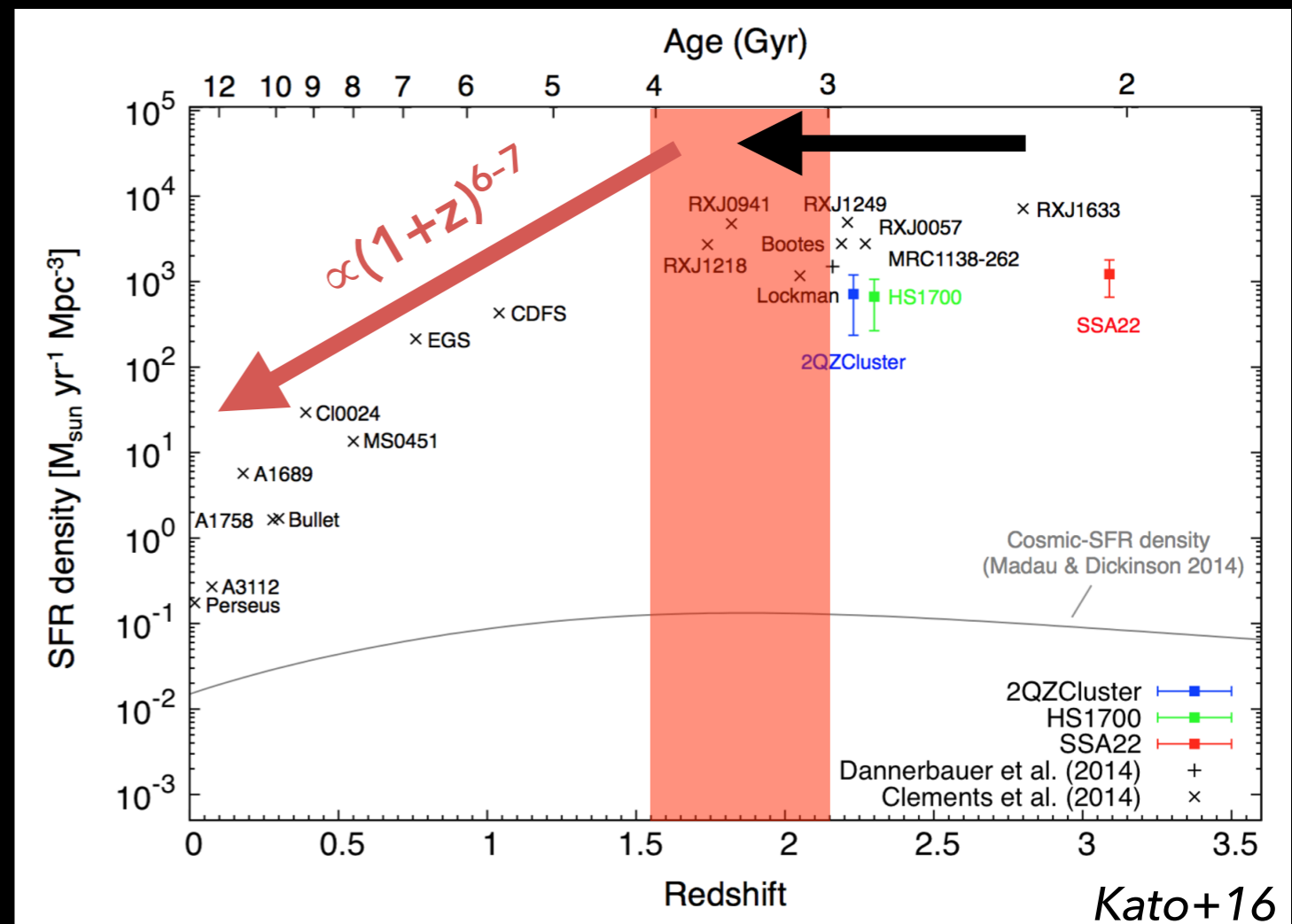
First appearance of  
"red sequence"  
in the protocluster core

*c.f. Kodama+07, Hayashi+12,  
Koyama+13*



Rapid declining of  
star-forming activities  
in the protocluster core

*c.f. Clements+14, Smail+14,  
Shimakawa+14, Kato+16*



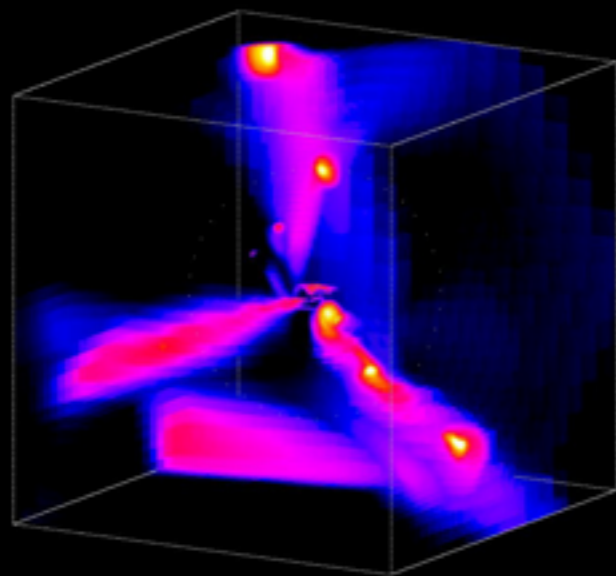
# CGM in the protocluster core

“Cold streams”  
penetrate through hot media

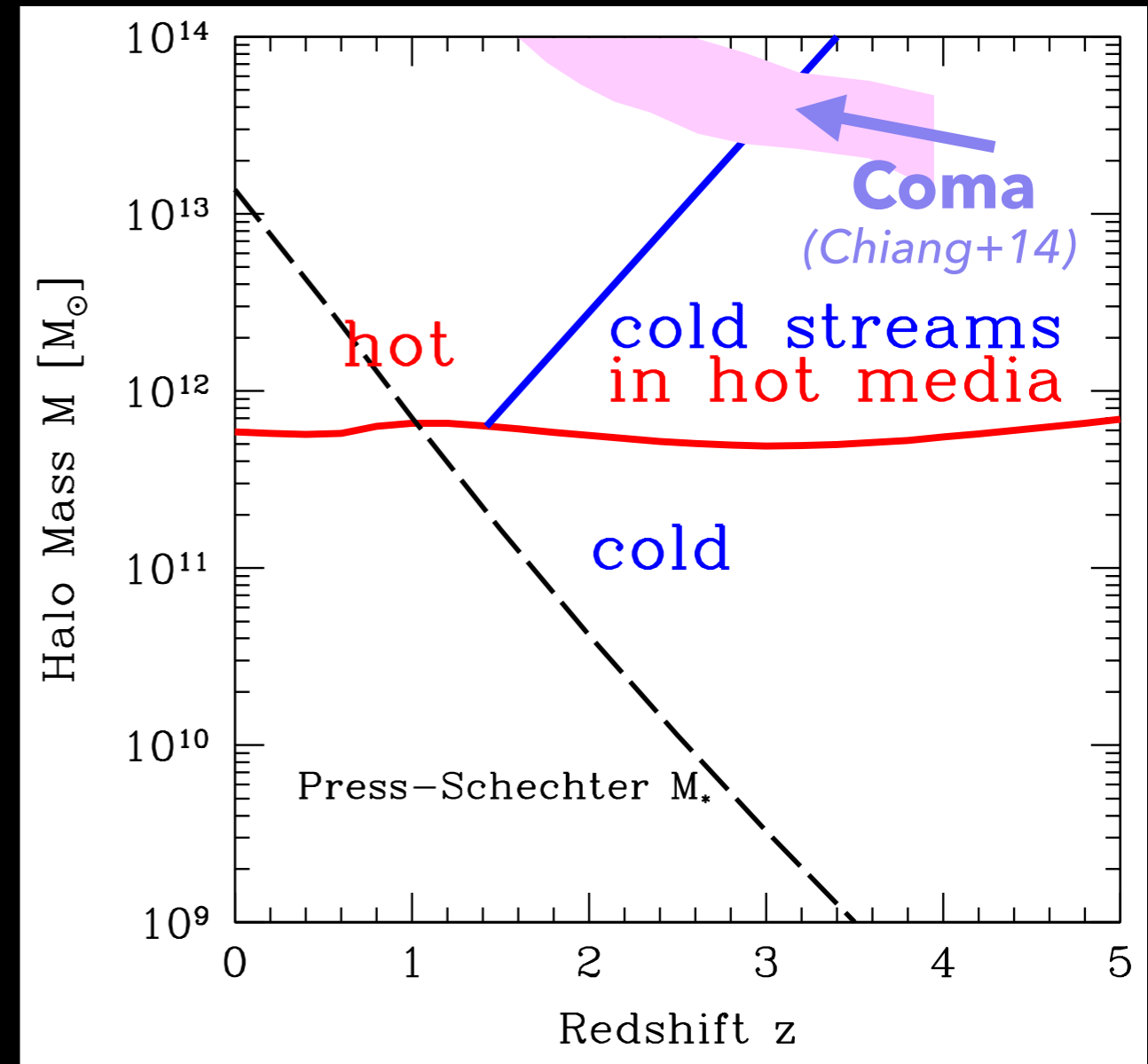
especially critical for  $z > 2$  massive structures

CGM controls  
mass and gas assembly,  
and subsequent SF activities

*c.f. Dekel+09a,b, van de Voort+12*

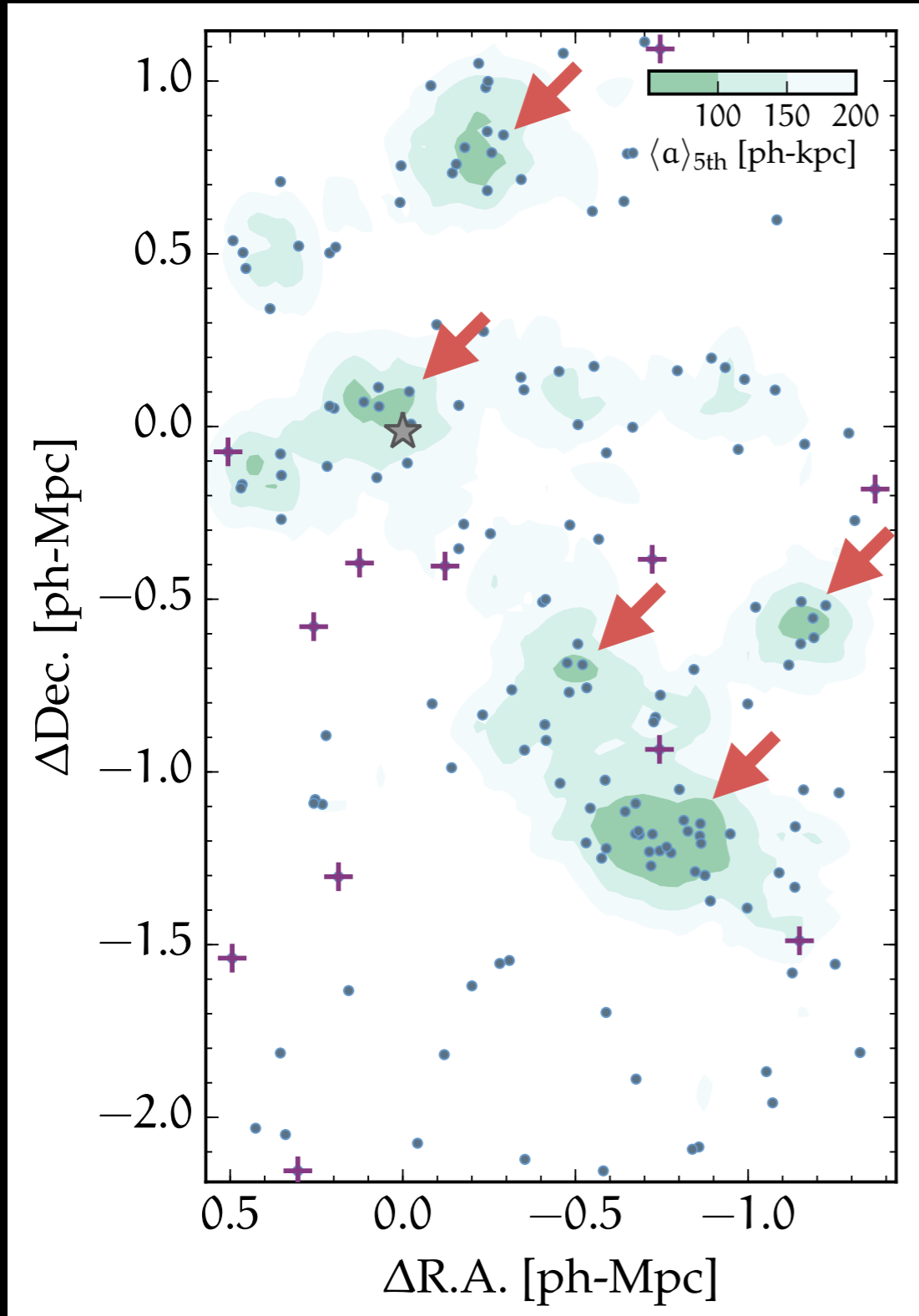


*Dekel+2009a,b*



# Mass and SFR enhancements in the protocluster core

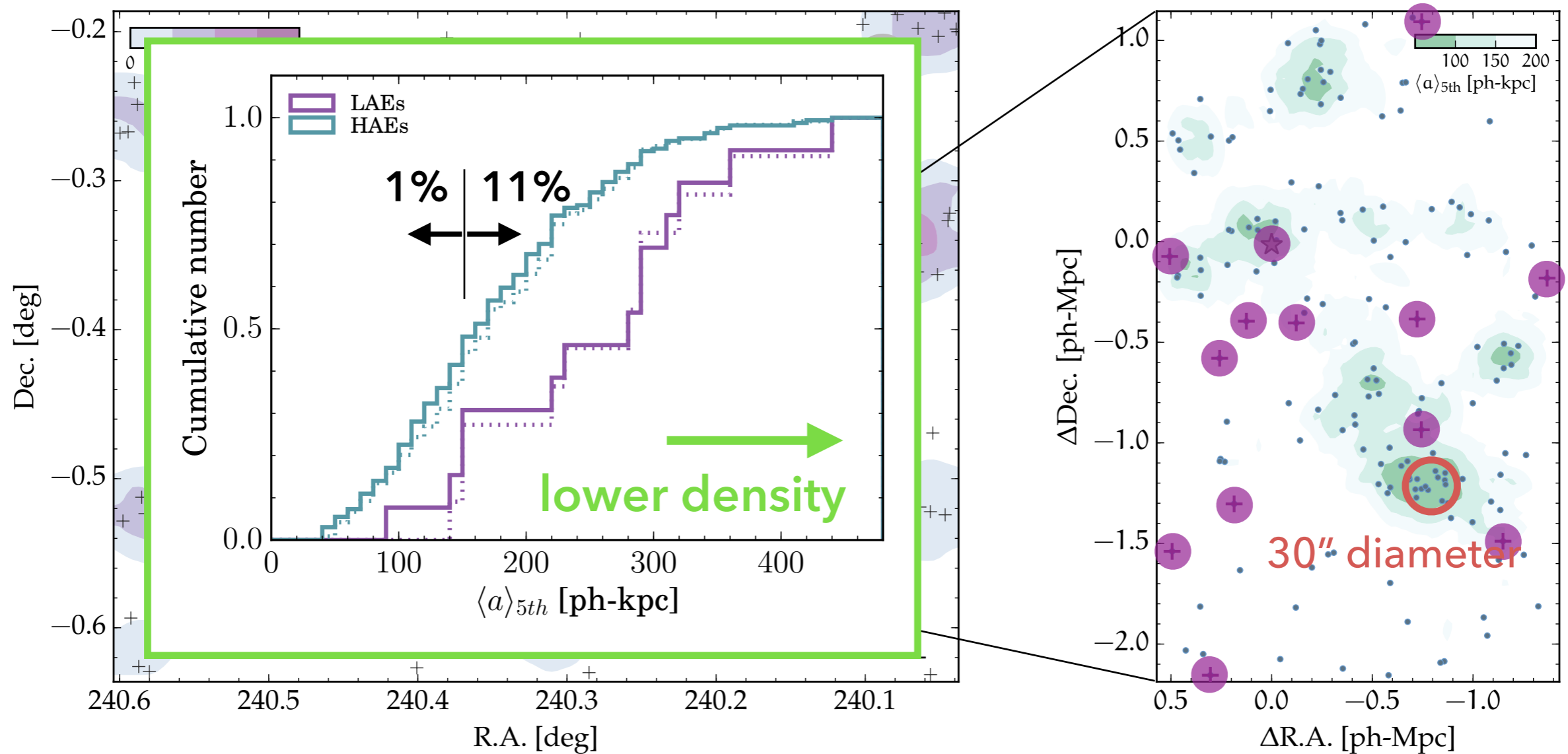
MAHALO-DEEP survey (MOIRCS 10hrs for USS1558 at  $z=2.5$ )



*Hayashi+16; Shimakawa+in prep.*

# LAE deficiency in the protocluster core

First direct evidence of Ly $\alpha$  depletion in the protocluster cores  
due to higher HI covering fractions?



*Shimakawa et al. submitted*

## 銀河団と銀河の共進化

理論・観測によって CGM 環境に強く依存していることが示唆される

## 現状抱える大きな問題

- ・ サンプル不足 (現状 1 天体のみ)
- ・ 銀河の選択バイアス  $z < 2.6$  (HAEs) vs.  $z > 2.6$  (LAEs)
- ・ 環境の定量的評価 (理論との比較, 異なる  $z$  での比較)

## 必要とする研究手法 *PFS-SSP: 15 deg<sup>2</sup>, 30" fiber separation*

- ・ 超広視野・高密度サンプリング・無バイアスな銀河団探査
- ・ 可視・近赤外深分光による銀河及び CGM の物理性質の解明

ダスト減光量, SFR, ISM の環境依存性, etc

銀河とCGMのガス金属量関係, HI 柱密度, covering fraction, etc

# Coherently strong intergalactic Ly $\alpha$ absorption systems

Cai et al. 2016

## Ly $\alpha$ forest (LAF) analyses

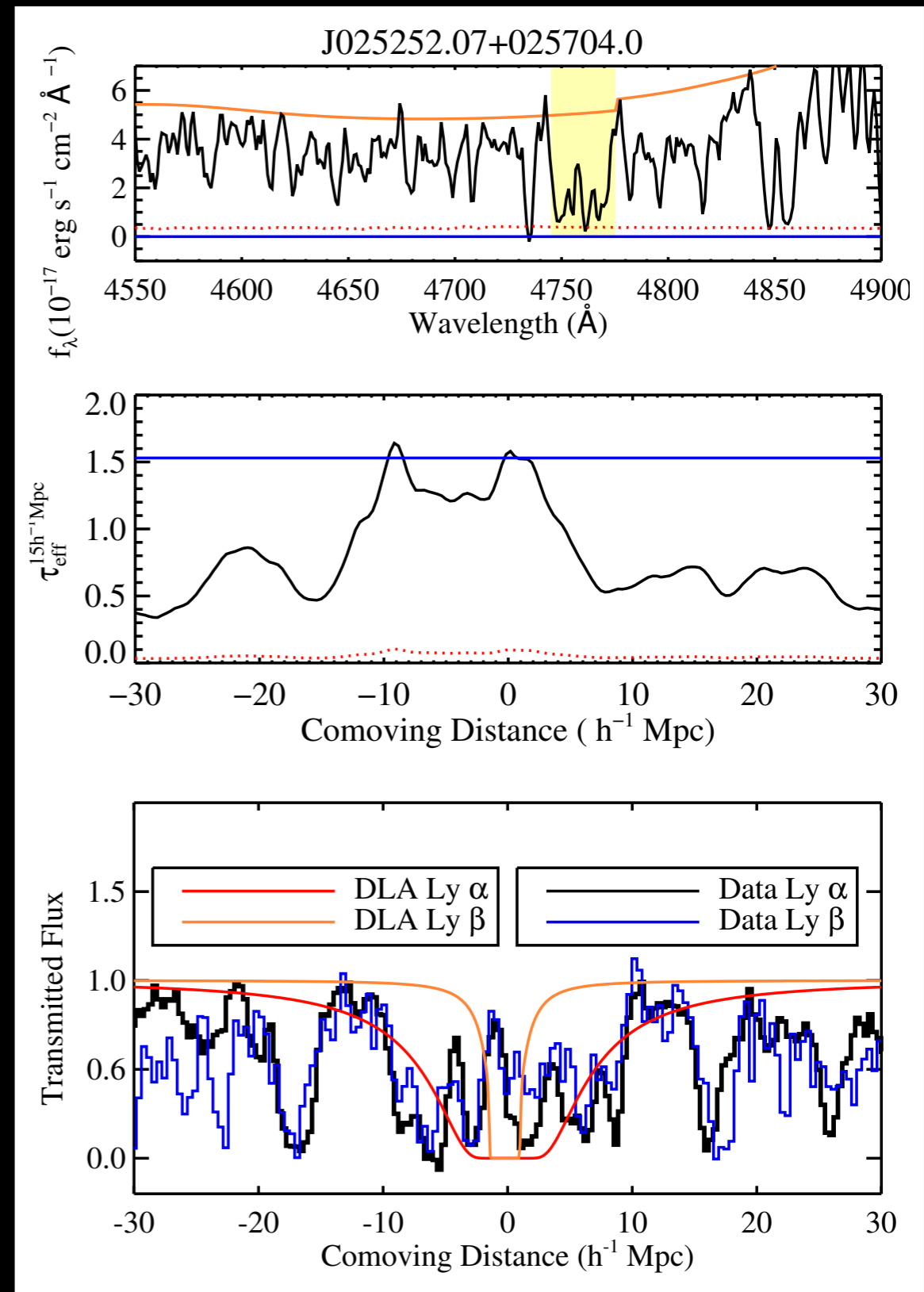
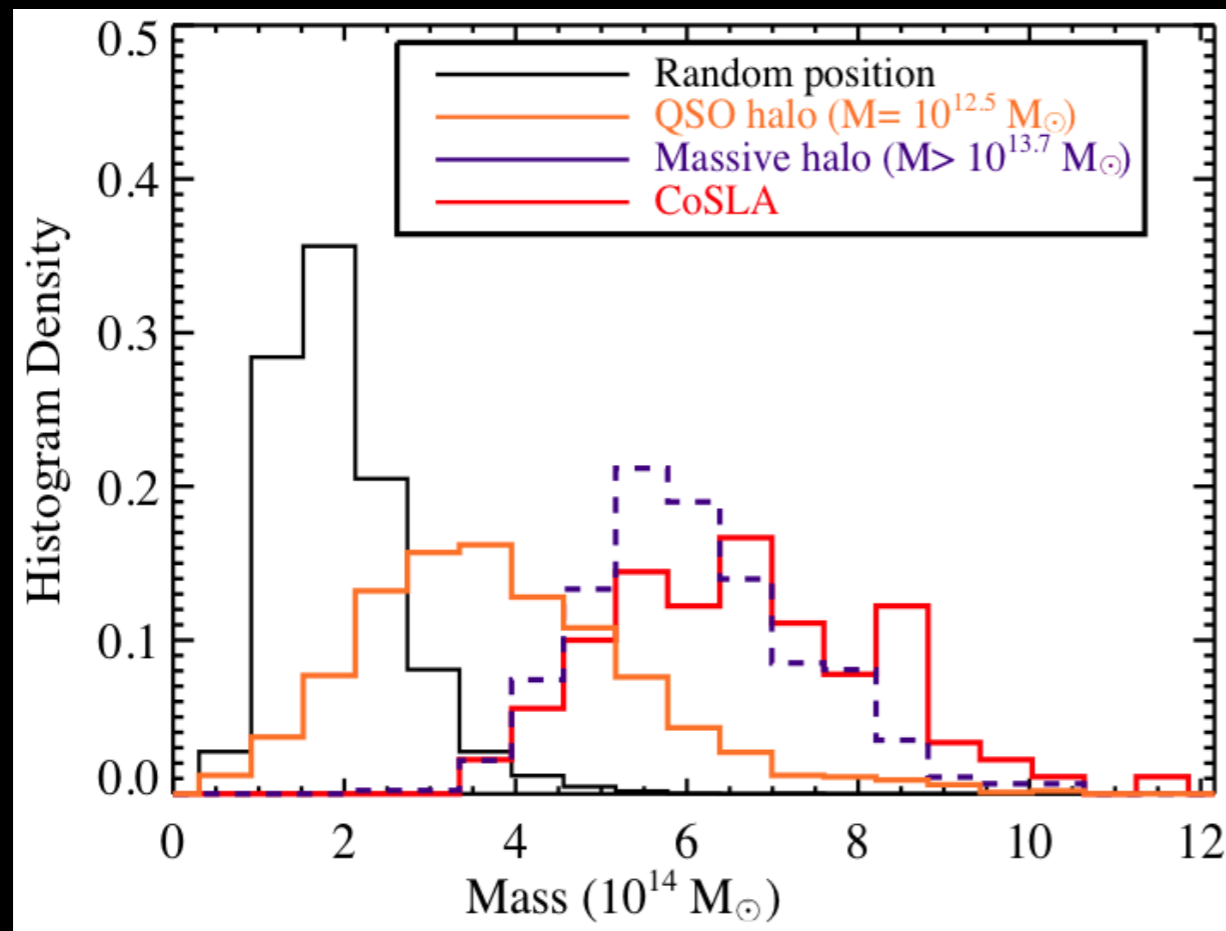
SDSS/BOSS-III (10k deg $^2$ )  $\gg$  15 $^\circ$  PFS

160,000 LAF spectra of QSOs

Effective volume size  $\sim$  1 co-Gpc $^3$

CoSLA = 4 $\sigma$  excess in  $\tau_{\text{opt}}$

over 15 co-Mpc along LOS



## HSC (Ly $\alpha$ ) の広視野探査と MOIRCS (H $\alpha$ ) の高密度探査

### 1. HSC - LAEs: (一部はすでに観測済み)

SDSS/BOSS 領域の巨大 HI 構造のマッピング

原始銀河団中心領域の同定

### 2. MOIRCS - HAEs:

CGM 規模の構造同定

星質量, 星形成率の同定

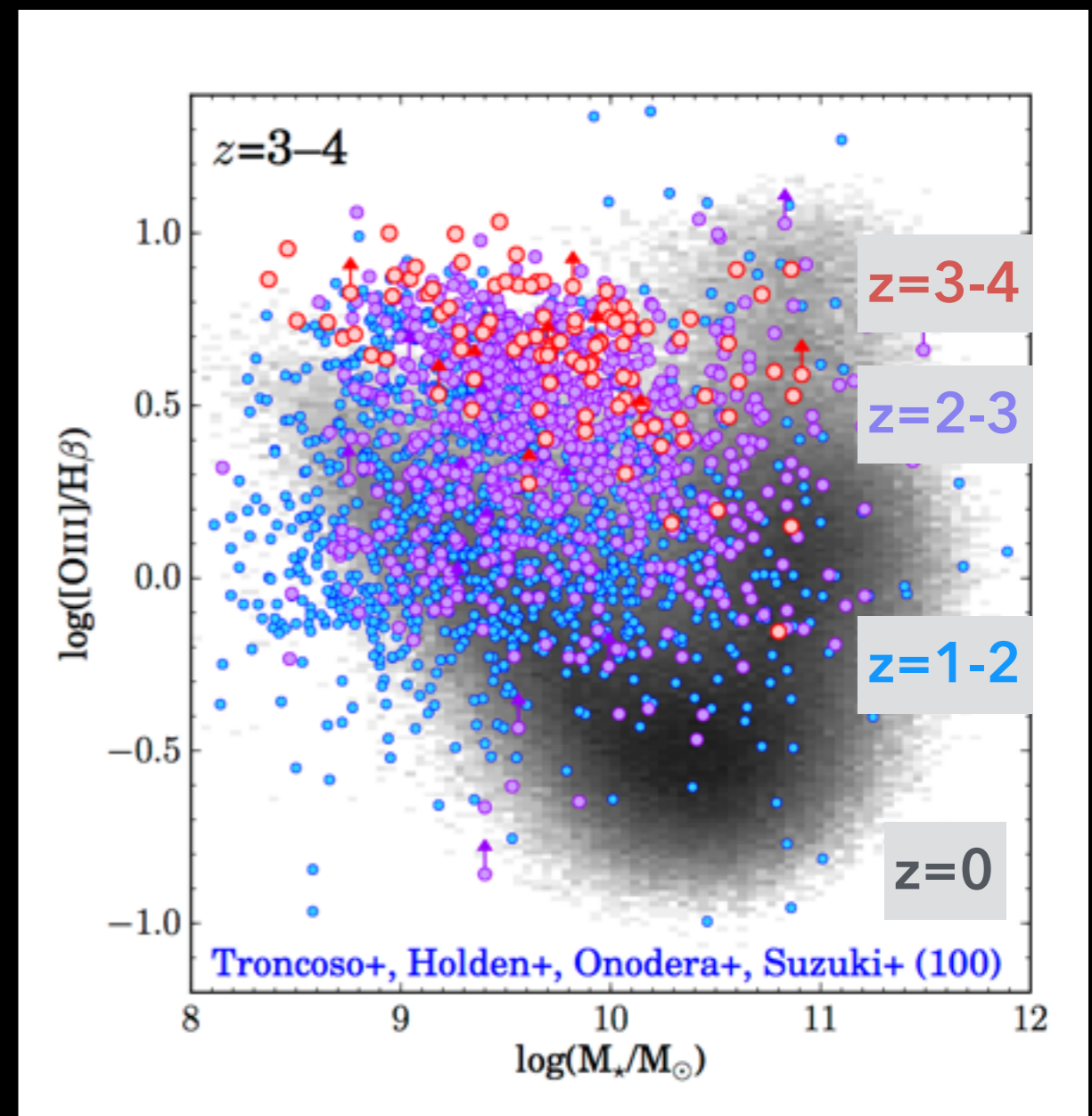
### 3. MOSFIRE (Keck):

ISM ( $Z$ ,  $U$ ,  $Ne$ ,  $A_{H\alpha}$ ),  $z$  の同定

### 4. LRIS & KCWI (Keck):

CGM ( $Z$ ,  $N_{H I}$ ,  $f_{H I}$ ) の同定

PFS では不可

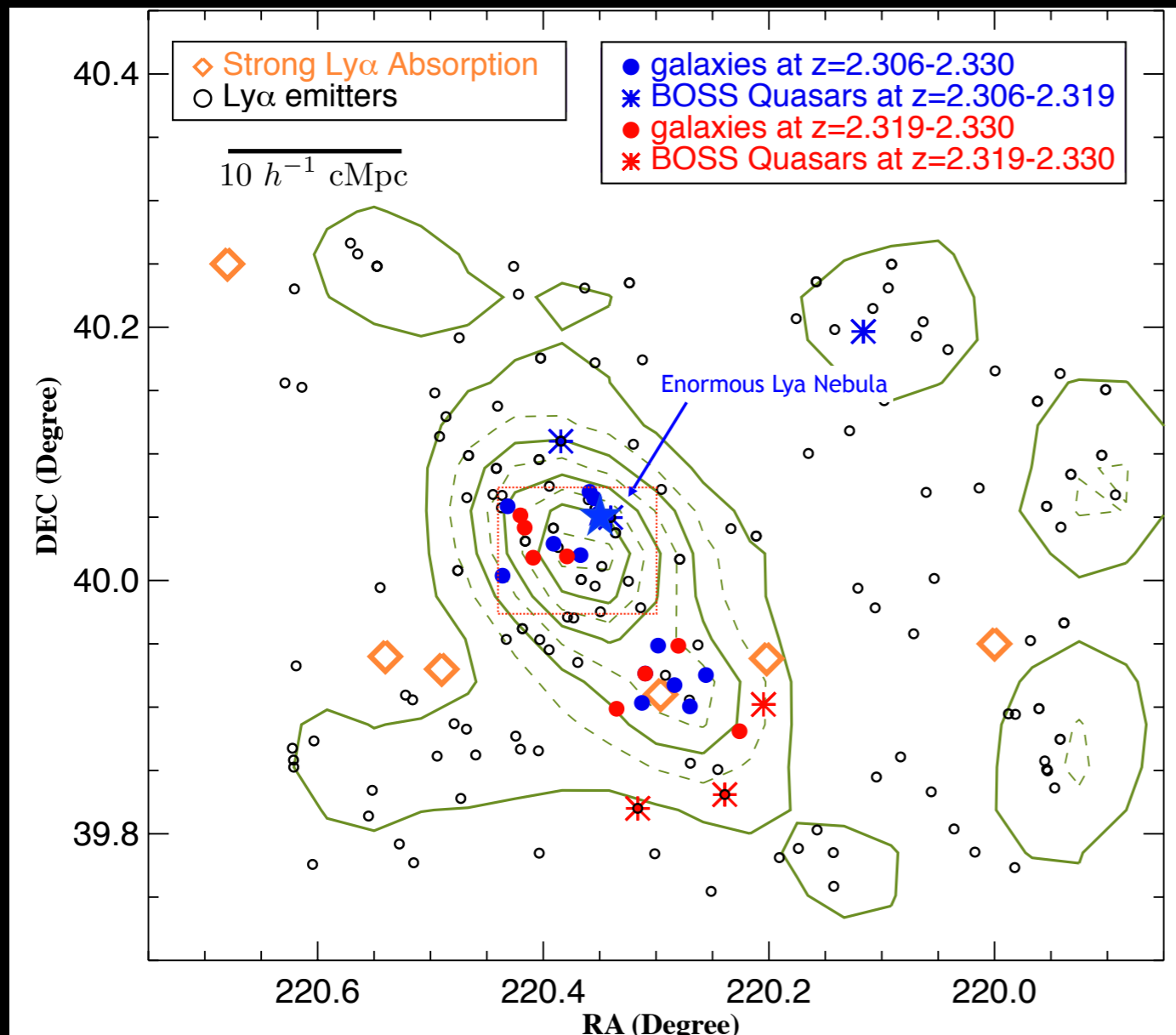


# The most massive HI structures

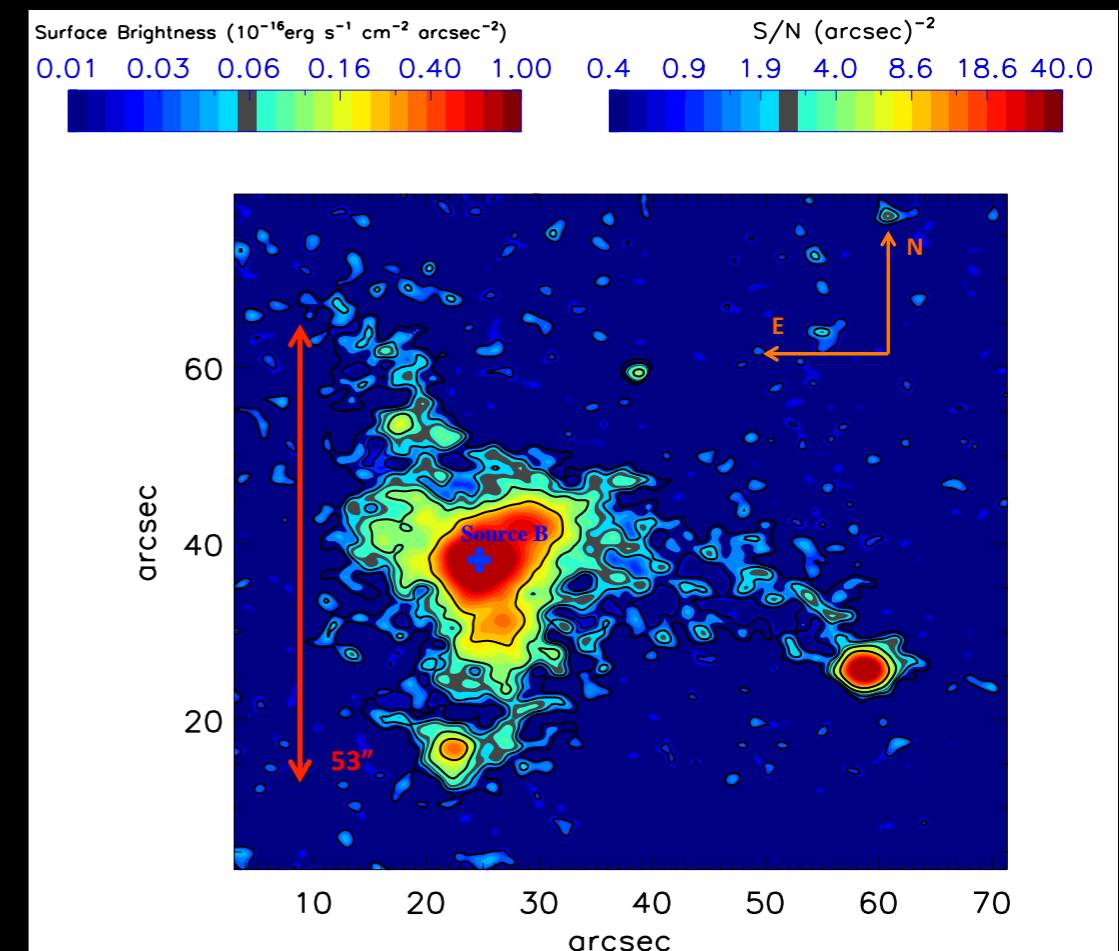
## An example: the most massive HI structure at $z=2.3$

5 QSO sight lines in background, 6 QSOs are associated  
x11 denser than random fields

An enormous Ly $\alpha$  blob associated with the structure



Cai et al. arXiv-a,b



## HSC+MOIRCS(+PFS)

## MOSFIRE+LRIS+KCWI

*Young users of Subaru & Keck!*

**R. Shimakawa**

**N. Kashikawa**

**T. Kodama**

**I. Tanaka**

**Y. Matsuda**

...

**Z. Cai**

**J.X. Prochaska**

**R. Shimakawa**

...

**Lya, H $\alpha$  line mapping**  
**LSSs, Protoclusters, cores**  
**LABs and members**



**Opt+NIR spectroscopy**  
**SF, AGN activities**  
**ISM, CGM properties**

## 1. 早期のテスト運用を期待 (PFS-SSP 前)

- そのためには新設するのではなく、現状の交換枠の上限の撤廃 or 共同プロジェクト枠増設がベター？
- 何にせよこのサーベイに関しては S17B,18A には本格的開始予定

## 2. 若手による中規模共同プロジェクトの推奨は嬉しい

- ただどういう形で実現できるのかよく分からない
- そもそも双方の若手で交換枠で装置を使った人はほぼいない？

## 3. SSP 規模は時間的に厳しい

## 4. PFS-SSP と conflict するような方針は望まない

- 内容によっては PFS-SSP と同時期の開始はすごく危険

## 5. PFS-SSP との切り分けが重要

1. Subaru-PFS-SSP  $\Leftrightarrow$  Keck 観測時間

2. Subaru-共同利用  $\Leftrightarrow$  Keck 観測時間

【条件】 PFS-SSP と・・・

- 独立的

- 【最重要】 SSP サイエンスと重複する内容をケックと連携して別に行うのは、無駄にすばる共同利用時間を献上することと同じ

- 相補的

- SSP を補完する内容であるとより望ましい

- 対等的

- 互いに win-win で対等な関係である