

LAE で探る $z\sim 5$ での AGN 環境と 周辺銀河へのフィードバック

Based on Kikuta et al. in prep.

初代星・初代銀河研究会, Oct 25th
Satoshi KIKUTA (SOKENDAI/NAOJ, M2)

Collaborators: Masatoshi Imanishi, Kazuhiro Shimasaku,
Fumiaki Nakata, Yoshiki Matsuoka

High-z SMBH とその環境

宇宙の最も高密度な領域で accretion / merger を経て成長

初期のクエーサーは**高密度領域・原始銀河団の tracer** ?

- ✓ Radio loudness
- ✓ Radiative feedback

	z	method	Overdense?
Adams+2015	4	LBG	no
Banados+2013	5.7	LAE, LBG	no
Boris+2007	0.9	LBG	3 yes+1 no (quasar pair)
Farina+2013	1.5	photo-z	no (quasar triplet)
Francis+2004	2.2	LAE	no
Hennawi+2015	2.0	LAE	Yes (quasar quartet)
Kashikawa+2007	4.9	LAE, LBG	no
Kim+2009	6	LBG	2 yes + 3 no
Morselli+2014	6	LBG	4 yes
Simpson+2014	7.1	LBG	no
Swinbank+2012	4.5	LAE	yes

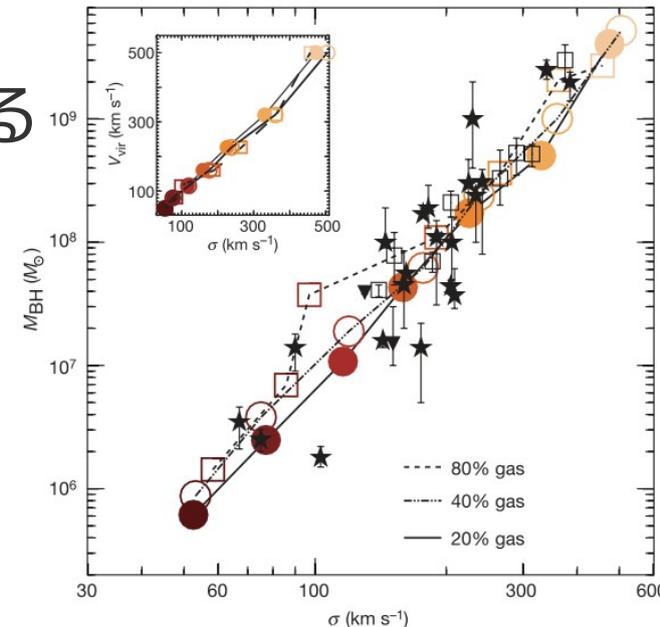
AGN Feedback

銀河形成・進化における重要な成分

母銀河の以下の性質と関連すると考えられる

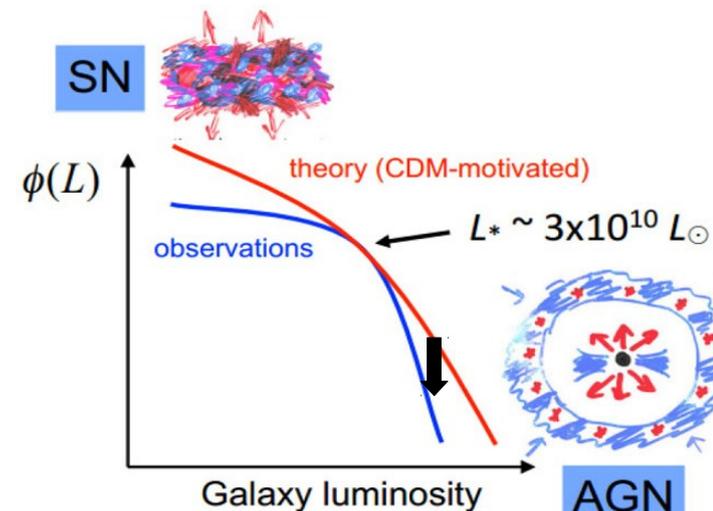
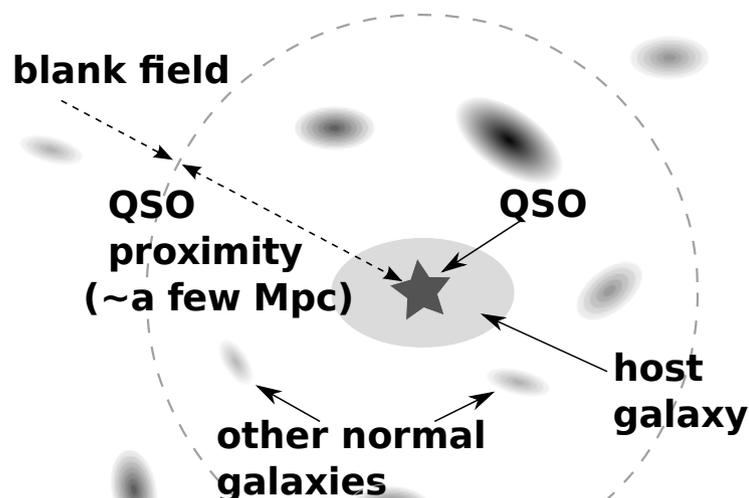
- $M_{\text{BH}}-\sigma$ (or $M_{\text{BH}}-M_{\text{bulge}}$) relation
- Luminous end of luminosity function
- Color distribution of gals etc.

**一方、隣接する銀河への feedback は
これまで探られてこなかった！**



Simulation (Di Matteo+05)

★: observations



Silk & Moman 12

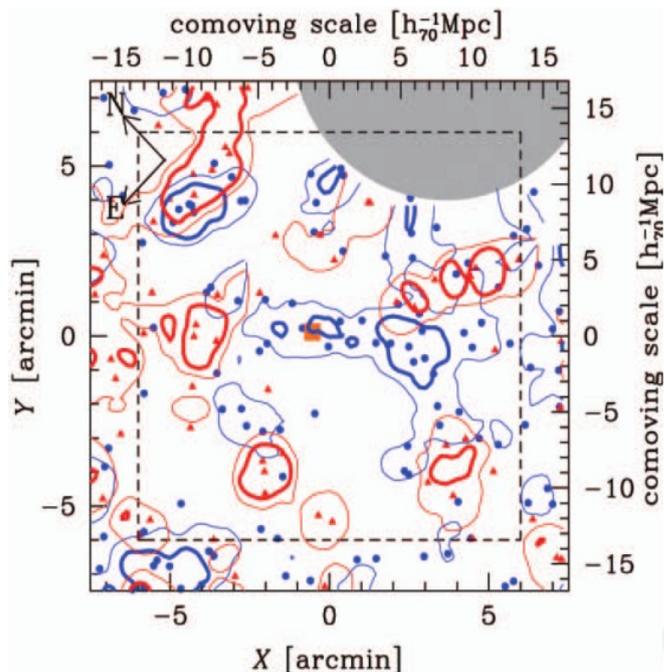
Measuring Environments & Feedback

AGN からの紫外光はガスを温め SF を阻害する

(Efsthathiou 92, Thoul & Weinberg 96, Benson+02, Kashikawa+07, Okamoto+08, etc.)

→ **低質量銀河の形成が妨げられる**

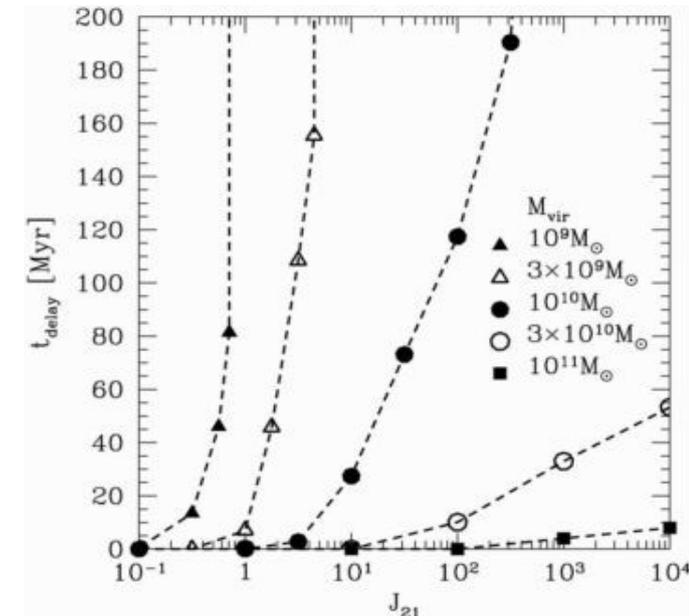
AGN 周囲での銀河の光度関数を描き、その **faint-end** を比較することで低質量銀河への影響を評価する



← 赤： LAE、青： LBG w/o Ly α
オレンジ■： QSO

X: strength of radiation →
Y: Delay in star formation [Myr]

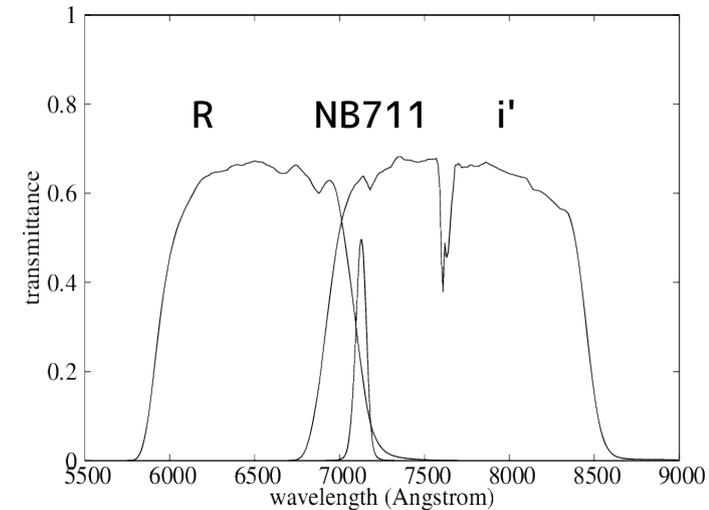
From Kashikawa+07
See also Utsumi+10



Measuring Environments & Feedback

Lyman Alpha Emitters (LAEs) が本研究に最適

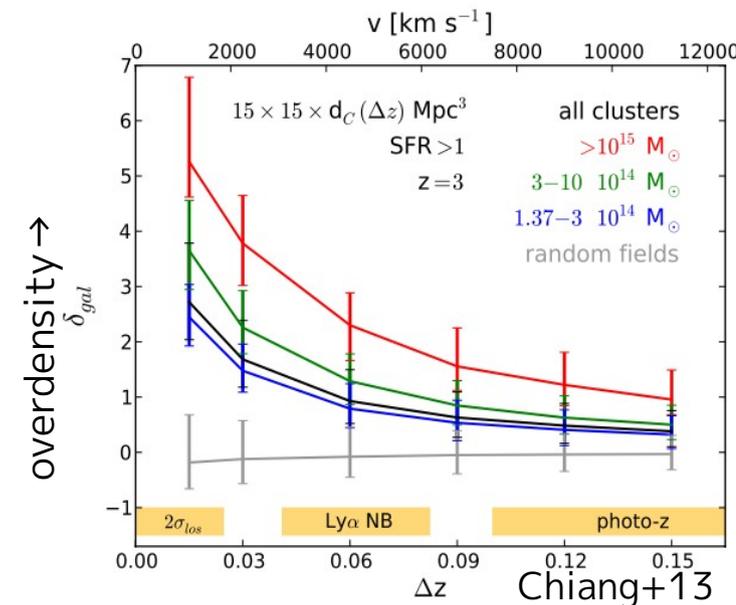
- ✓ **狭い範囲の z** から拾ってこれる
- ✓ **低質量**の銀河種族である
($\sim < 10^8 M_{\odot}$, Gawiser+06, Finkelstein+07, Ono+10)
- ✗ LBG $\rightarrow \Delta z$ 大、星質量 (Utsumi+10, Capak+11, Adams+15 etc.)



AGN 近傍とその外側の LAE を
暗い側まで適切に比較するためには
広視野観測が必要不可欠

(Francis & Bland-Hawthorn 04, Swinbank+12, Banados+13, etc.)

→ **すばる望遠鏡の独壇場 !!**



Observation

With Suprime-Cam (34'x27' FoV = 13x10 physical Mpc²、
S14B-006, S15B-010, PI: M. Imanishi)

✓ AGN 近傍と blank field を同時に観測できる視野

QSO を中心とした 2 領域を観測

QSO は **z が正確に求められているもの ($\Delta z \sim < 0.01$)** を使う
(via NIR spectroscopy of MgII line, Trakhtenbrot+11)

R band, i' band, z' band, NB711 で観測

FWHM of NB711 = 72Å = **\pm physical 3 Mpc ($z=4.83 - 4.89$)**

QSO から 3 pMpc 以内を以後 “proximity” とする

Object	MgII Redshift	$L_{1450\text{\AA}}$ [erg s ⁻¹]	$\log M_{\text{BH}}$ [M_{\odot}]	$\log L/L_{\text{Edd}}$
SDSS J080715.12+132804.8 (J08)	4.885	46.71	9.24	-0.35
SDSS J111358.32+025333.6 (J11)	4.870	46.49	9.12	-0.41

Data Reduction

Reduction with **SDFRED2** (Ouchi+04)

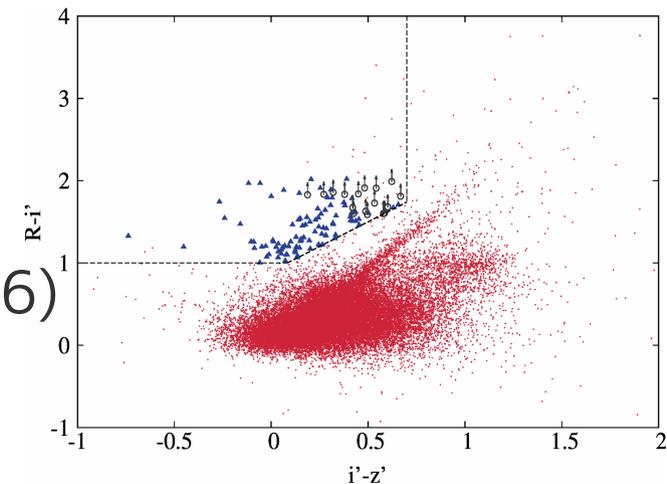
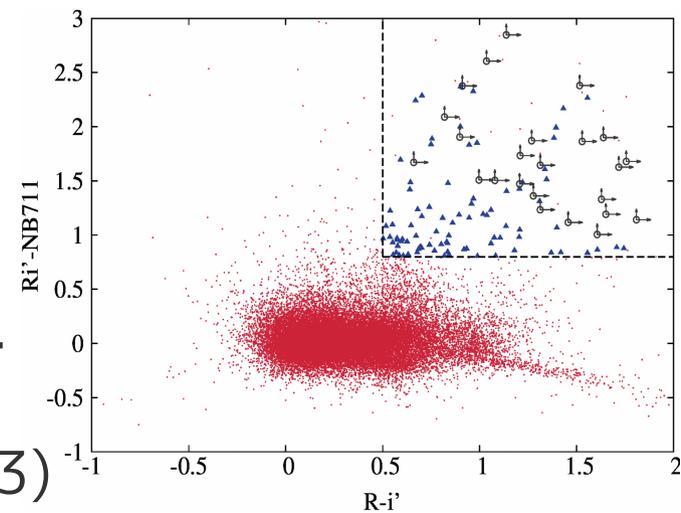
Source detection & photometry with **SExtractor**

Selection criteria for **LAEs** at $z \sim 4.86$ (Ouchi+03)

- $(R + i')/2 - \text{NB711} > 0.8$
- $R - i' > 0.5$
- $i' - \text{NB711} > 0$

Selection criteria for **LBGs** at $z \sim 4.9$ (Yoshida+06)

- $R - i' > 1.0$
- $i' - z' > 0.7$
- $(R - i') > 1.2(i' - z') + 0.9$



J08	R band	i' band	z' band	NB711
seeing [arcsec]	1.00	1.04	1.32	0.84
5 σ mag [AB mag]	26.94	26.56	25.63	25.87

J11	R band	i' band	z' band	NB711
seeing [arcsec]	0.76	0.86	1.04	0.84
5 σ mag [AB mag]	26.93	26.76	25.82	26.15

Data Reduction

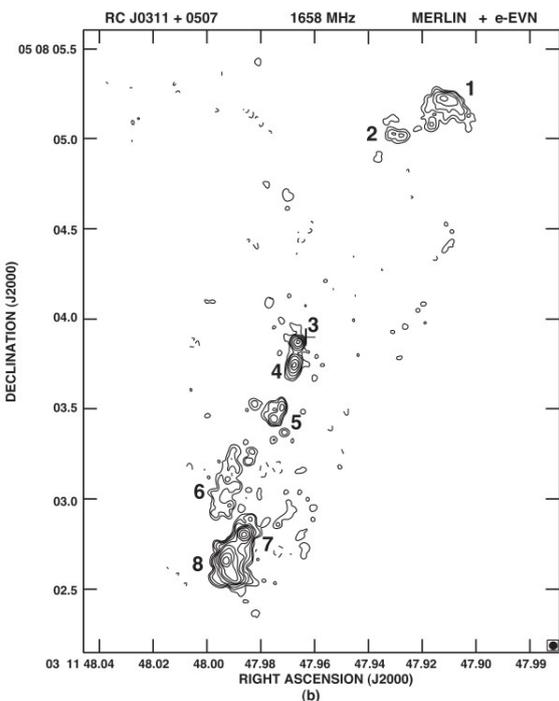
電波銀河 **4C 04.11** @ $z=4.514$ 周囲の S-Cam データを取得
(observed by Y. Matsuda, S09B-070)

NB671 $\rightarrow z=4.514 \pm 5$ pMpc の LAE

Selection criteria for **LAEs** at $z \sim 4.514$

- $0.8 \times R + 0.2 \times i' - \text{NB671} > 0.6$
- $i' - \text{NB671} > 0$
- $\text{NB671} < 5\sigma, i' < 2\sigma, B > 3\sigma$

Object	Redshift	$\log L_{500\text{MHz}}$ [W Hz ⁻¹]	$\log M_{\text{BH}}$ [M _⊙]
4C 04.11	4.514	29.5	~9



4C 04.11	B band	R band	i' band	NB671
seeing [arcsec]	0.88	0.82	0.92	0.88
5 σ mag [AB mag]	26.46	26.22	25.97	25.91

Parijskij+14
Radio jet

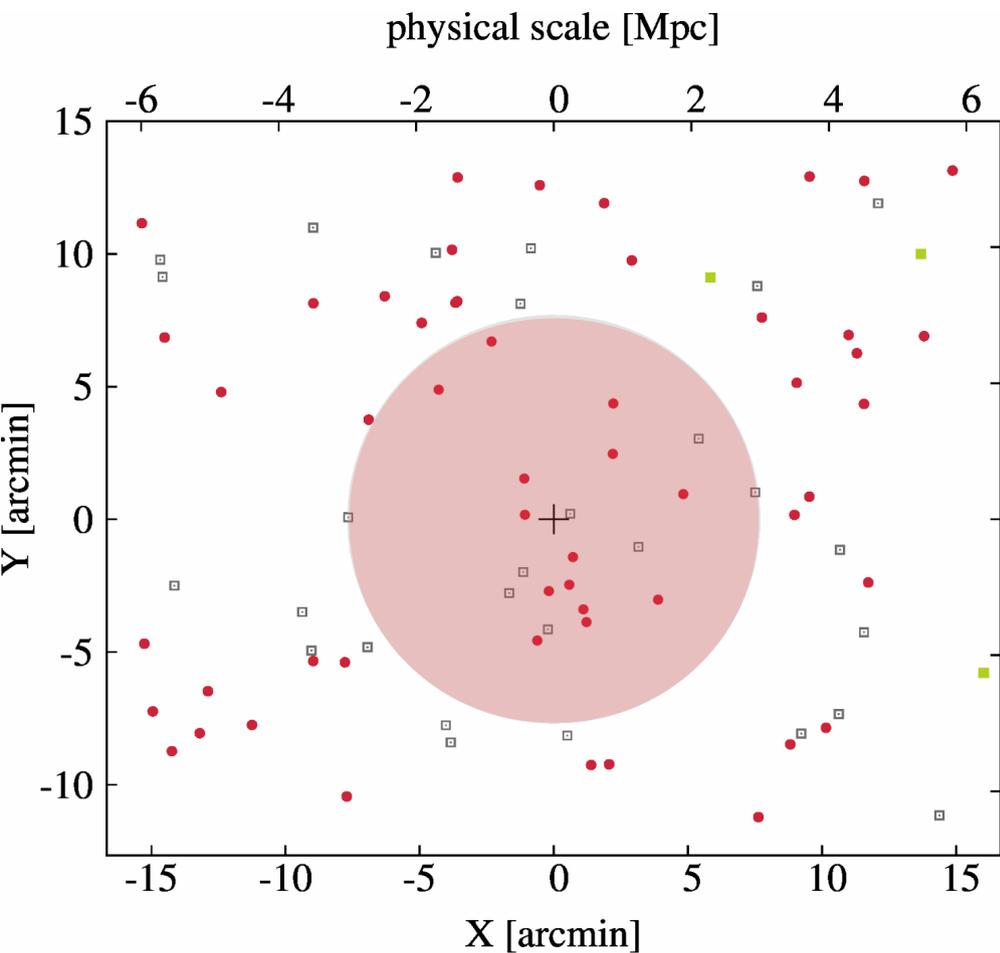
20161025 初代星・初代銀河研究会



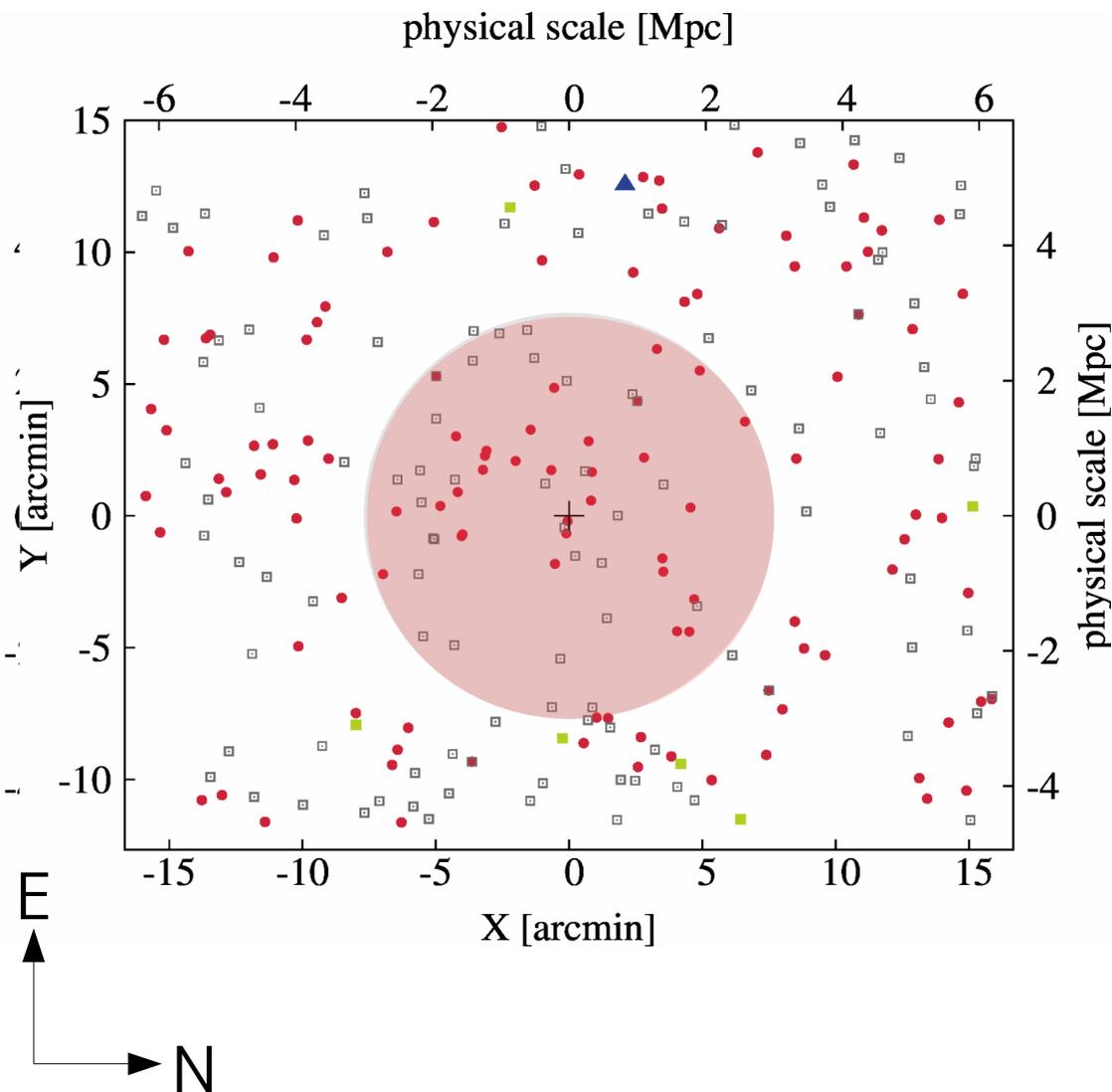
3色合成画像
R: i' band
G: NB671
B: R band

Results

J08 (75 LAEs + 28 LBGs)



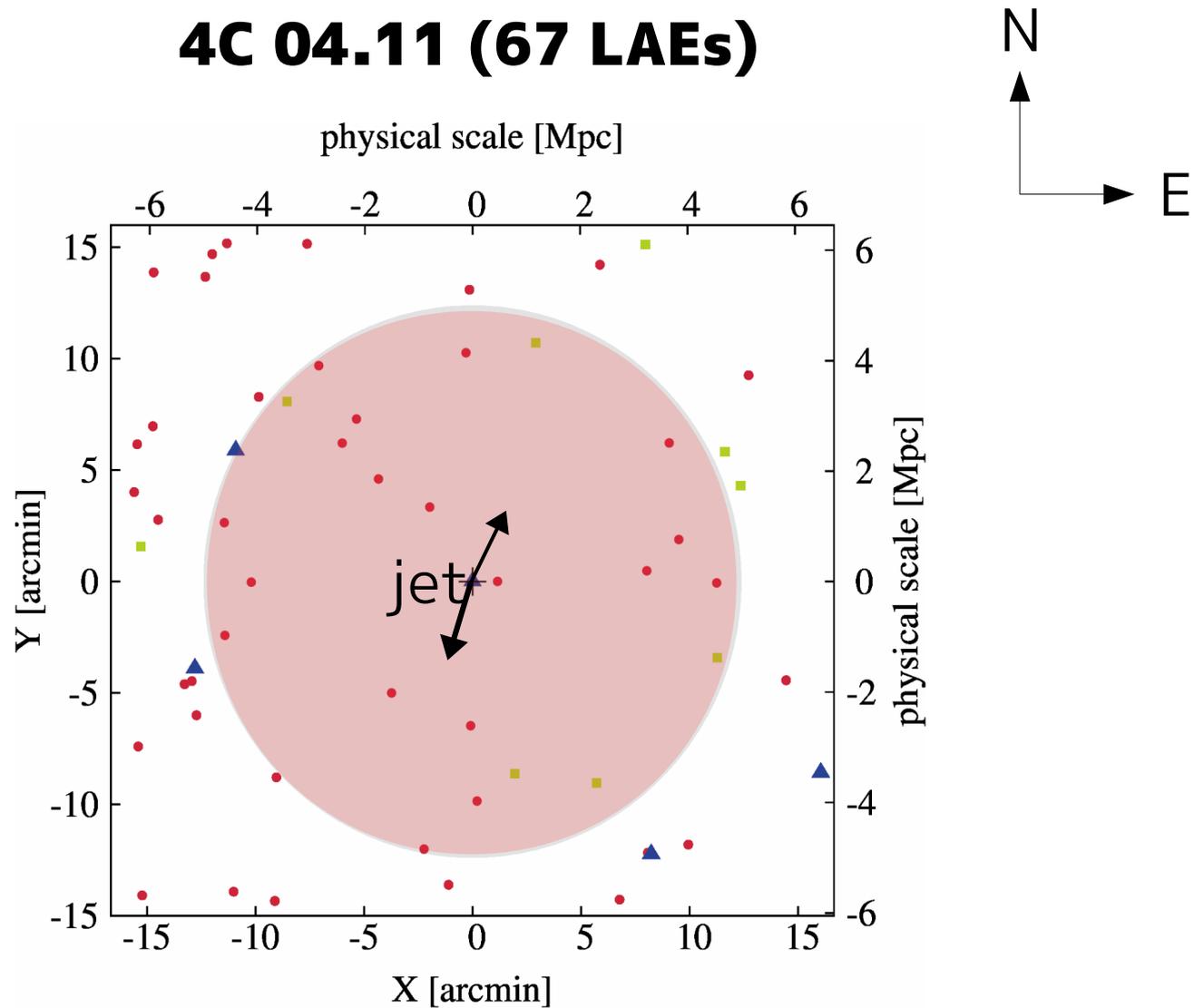
J11 (126 LAEs + 112 LBGs)



Ly α Equivalent width: red circle ● < 100 Å < green square ■ < 240 Å < blue triangle ▲

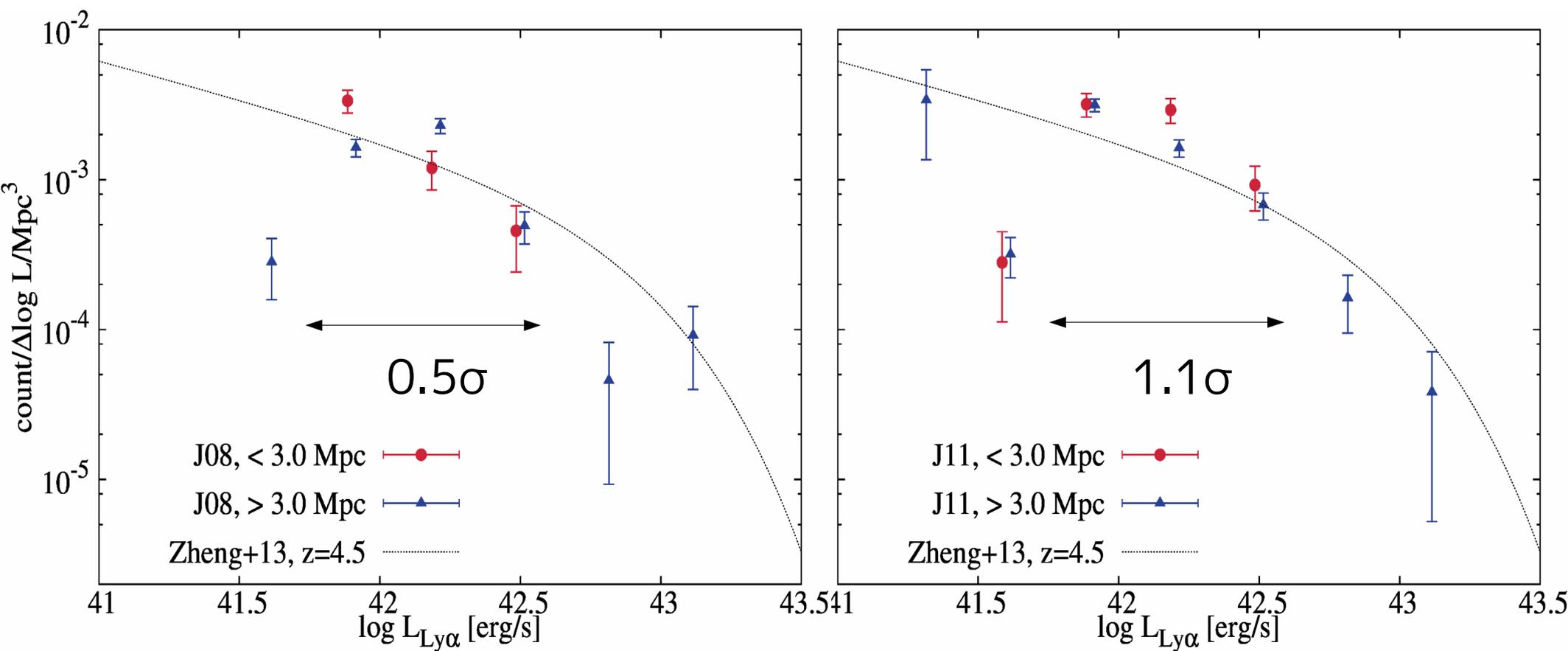
Results

4C 04.11 (67 LAEs)



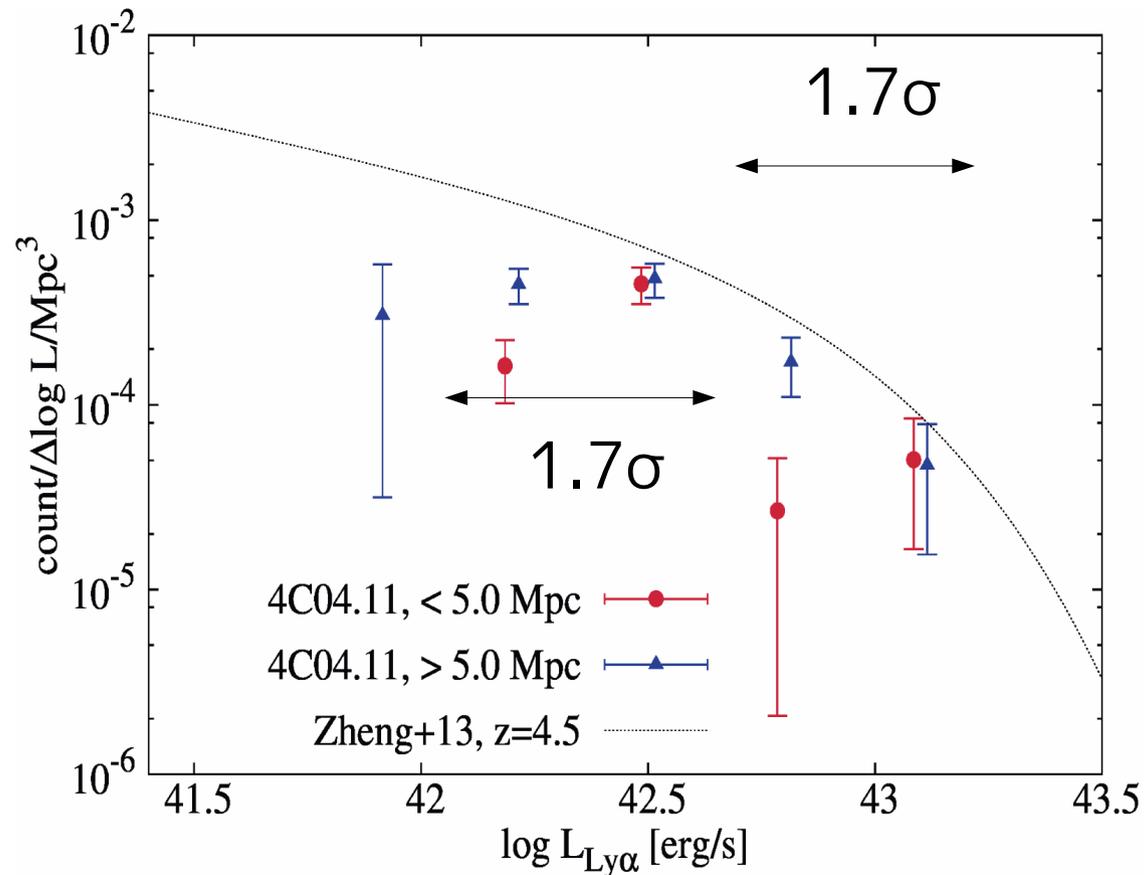
Ly α Equivalent width: red circle \bullet $< 100 \text{ \AA}$ $<$ green square \blacksquare $< 240 \text{ \AA}$ $<$ blue triangle \blacktriangle

LAE Luminosity Function



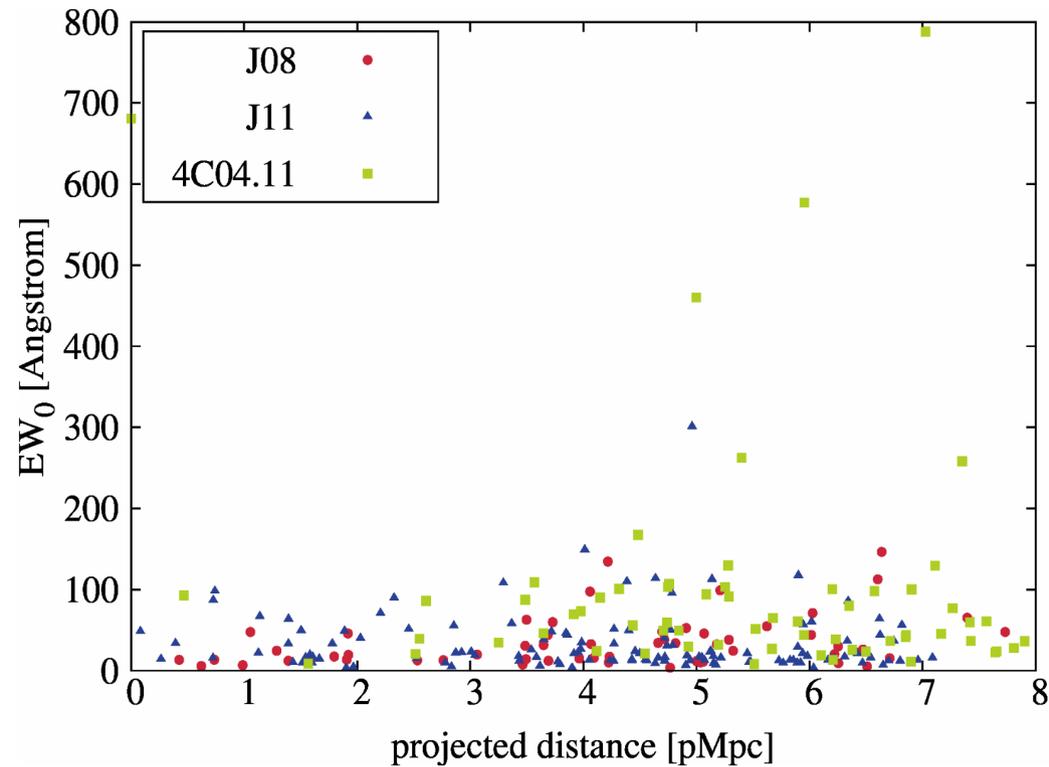
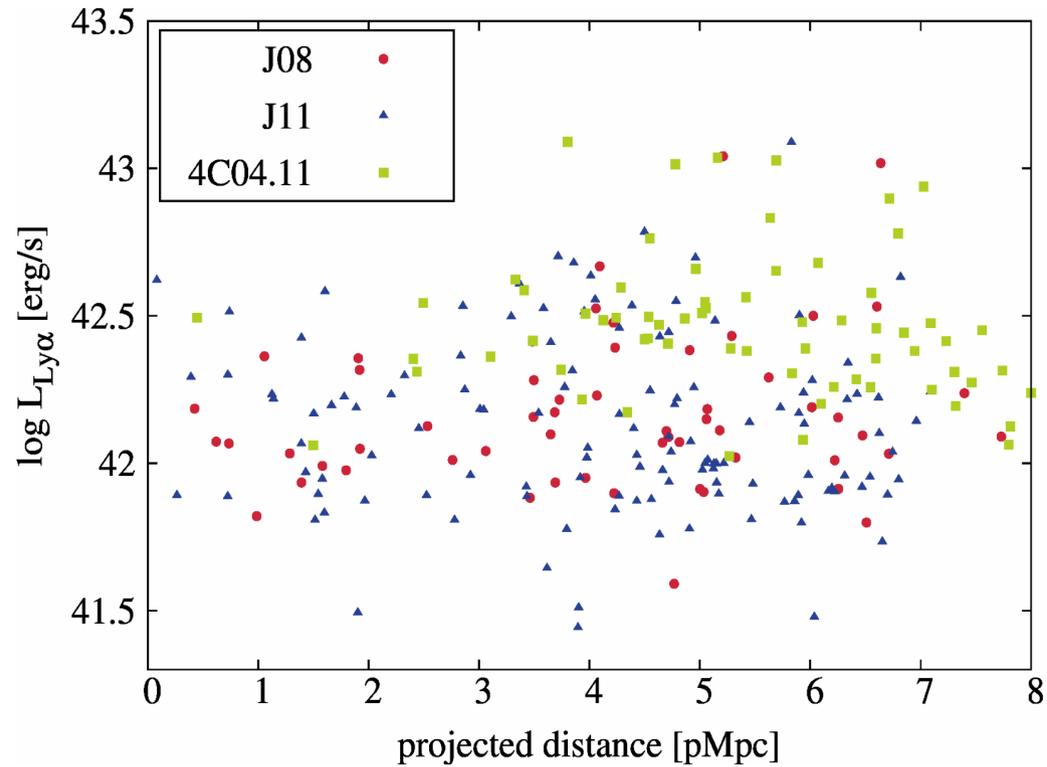
No evidence of overdensity/feedback!

LAE Luminosity Function



LAEs are deficient around the RG

Dependence on Distance from the QSO



Discussion

- SMBH は高密度領域でなくとも成長できる？ (Di Matteo+16, arXiv: 1606.08871)

- feedback

- LAE 7
- LAE (
- より薄
- 影響

- より現

- 再電

- さらなる

HSC の

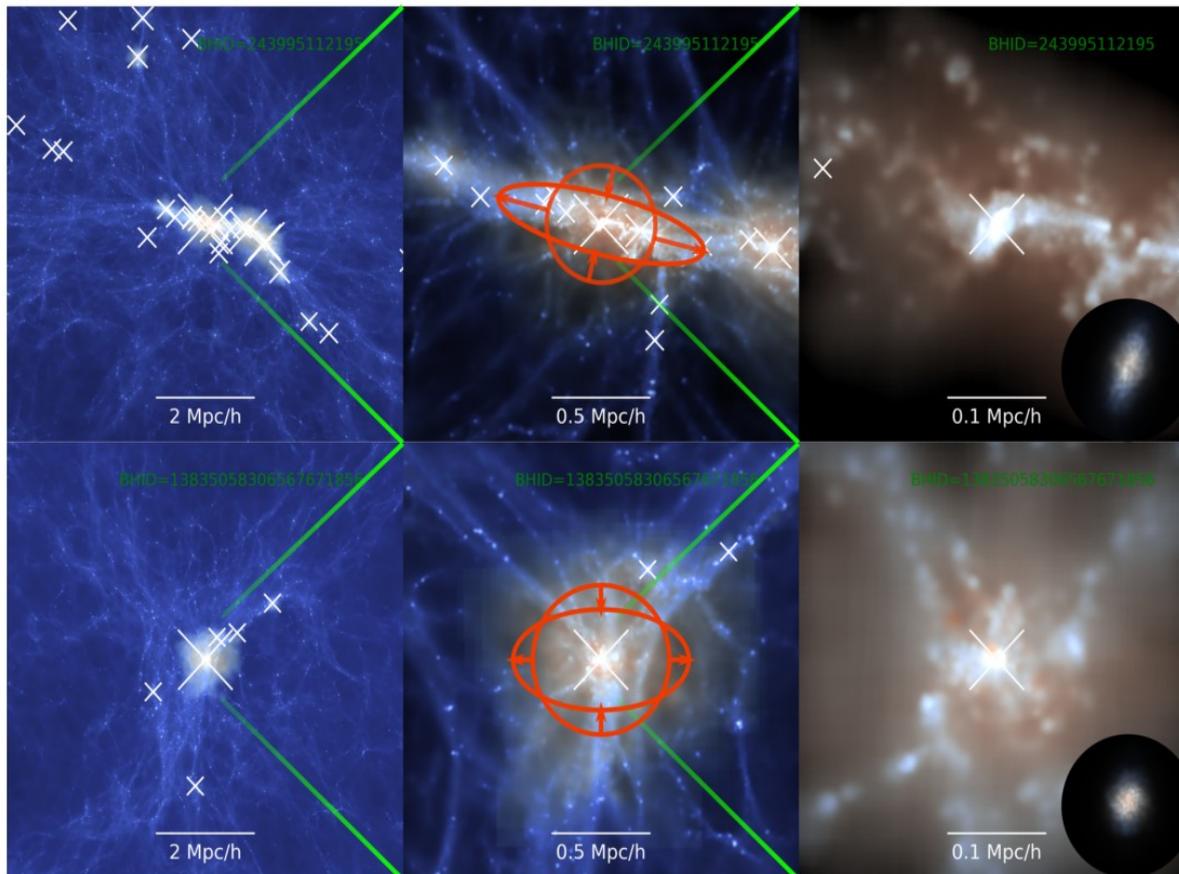


Figure 3. Same as Figure 2. The most massive disk galaxy environment (top row) compared to the most massive black hole and host galaxy (bottom row). The orange ellipses and arrow illustrate the tidal field $t1$ and $t3$ in the two cases. Tidal fields stretches material along $t1$ and compresses material along $t3$. Strong fields, large $t1$ is found in the large scale filament in the environment of the disk galaxy and small $t1$ and associated thin, 'cold' filaments are characteristic of the environments of the most massive BHs.

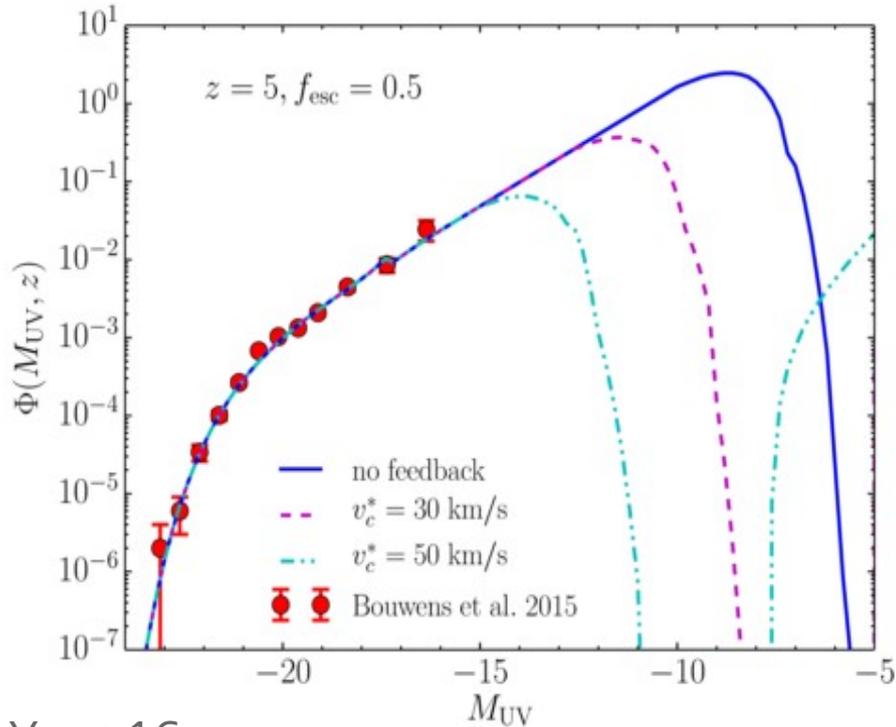
る
しい

を調べられる

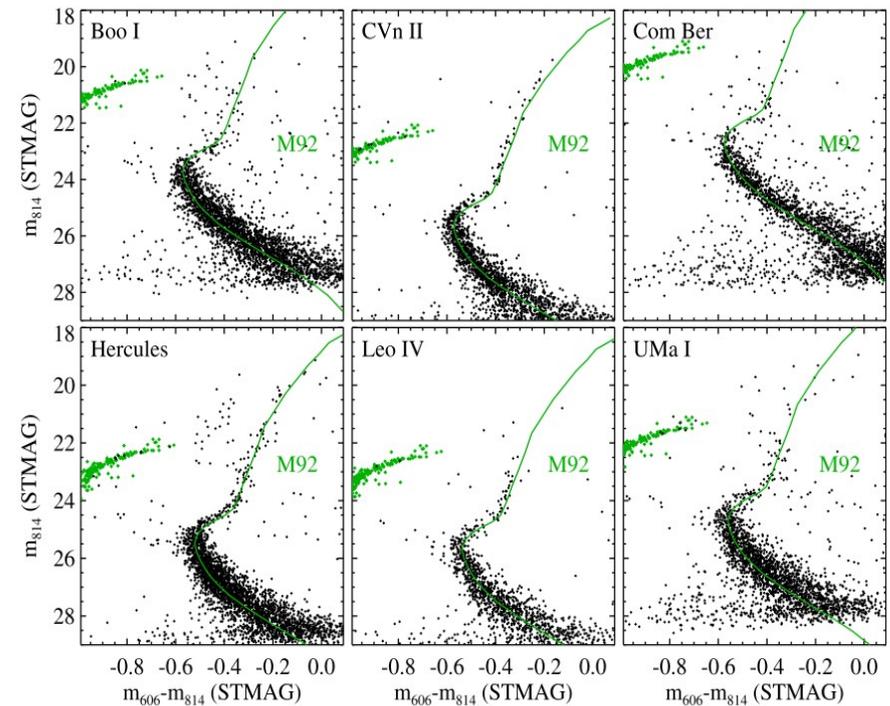
Di Matteo+16

Discussion

- SMBH は高密度領域でなくとも成長できる？ (Di Matteo+16,



Yue+16



Brown+14

- さらなる観測が必要 → **Hyper Suprime-Cam**

HSC の NB で $z = 2.18, 2.85, 3.24, 3.33, 4.39, 4.90$ を調べられる

Discussion

- SMBH は高密度領域でなくとも成長できる？ (Di Matteo+16, arXiv: 1606.08871)
- feedback が観測できなかった理由
 - LAE が QSO が輝き出すより先にできた
 - LAE に影響を与えるには QSO phase が短すぎる
 - より深い観測が必要
 - 影響のある範囲が視野に比べてずっと広い / 狭い
- より現実的な理論計算が求められている
 - 再電離フィードバックとの関連
- さらなる観測が必要 → **Hyper Suprime-Cam**
HSC の NB で $z = 2.18, 2.85, 3.24, 3.33, 4.39, 4.90$ を調べられる

Future prospects

さらなる観測が必要 → **Hyper Suprime-Cam**

HSC の NB で $z = 2.18, 2.85, 3.24, 3.33, 4.39, 4.90\dots$ を調べられる

HSC SSP + CHORUS

(Cosmic HydrOgen Reionization Unveiled with Subaru, PI=Akio INOUE)

$z=2.18, 3.33, 4.90$ の LAE をマッピング可能

→ HSC Project 207 で引き続き調査

HSC Project 207: CHORUS: QSO environments at high redshifts probed by NB-selected Lyman alpha emitters

Category

HSC, Thesis

Science Category

Galaxies, AGN/QSO

Announced

September 2016

Last Modified

2016-09-01T02:20:17 UTC

Project Leader

[Satoshi Kikuta](#)

Summary

AGN 環境および周囲の銀河への feedback を検証するため、2 つの QSO @ $z=4.9$, 1 つの RG @ $z=4.5$ 周辺を観測した。

その結果、明瞭な密度超過や feedback の兆候は見られなかった。このことは以下のことを示唆する。

- LAE が QSO が輝き出すより先にできた
- LAE に影響を与えるには QSO phase が短すぎる
- より深い観測が必要
- 影響のある範囲が視野に比べてずっと広い / 狭い

より確実な結果を得るためにはより現実的なモデルとの比較、HSC などを利用したより多くの領域の NB 観測が必要である。

