

Hidden AGNs in Type 2 LAEs

清水一紘(東京大学 数物宇宙連携機構 研究員)

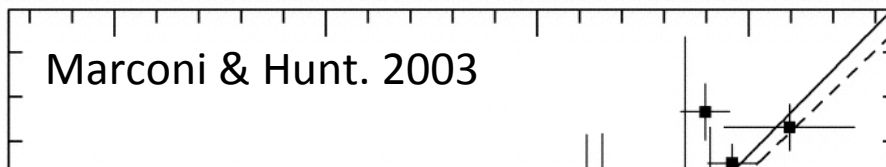
共同研究者:梅村雅之(筑波大学)

Contents

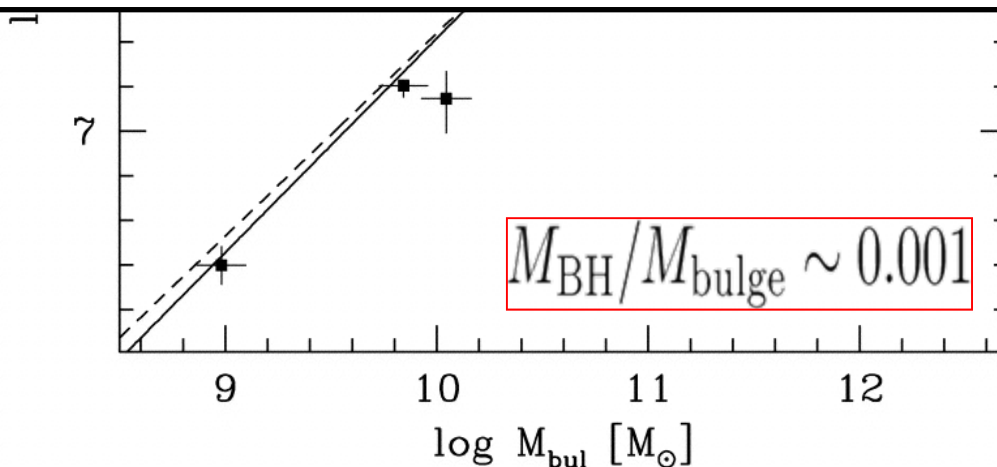
- ✓ 研究動機
- ✓ LAEの観測的特徴
- ✓ LAE形成model
- ✓ AGNとLAEの関係
- ✓ AGN model
- ✓ 結果

研究動機

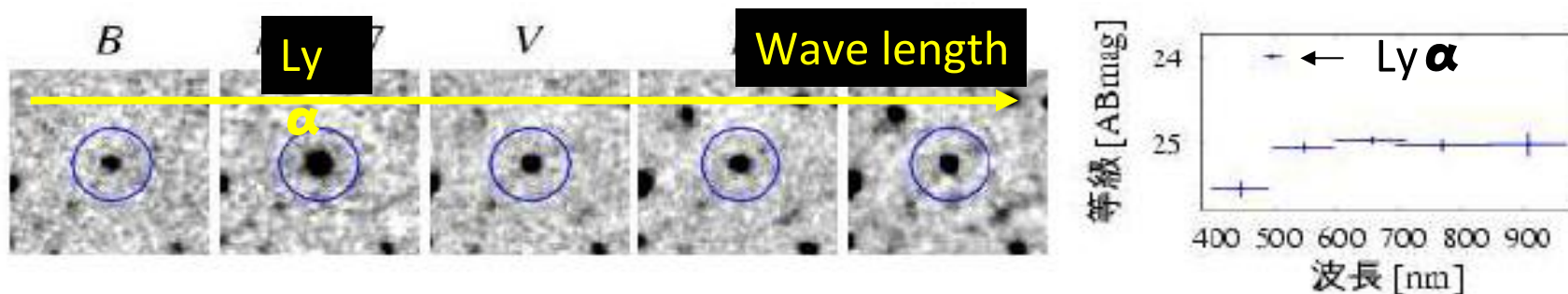
Relation between the mass of SMBH in galactic center and the mass of a galactic bulge in local universe



- ✓いつこの関係は始まったの？
- ✓どちらが先に進化したの？ SMBH? Bulge? それとも一緒？
- ✓LAEのような若い銀河にSMBHはいる？
- ✓LAE中のSMBHの質量は？



LAEsの観測的特徴1



●strong Ly α emission $EW_{Ly\alpha} > 20[\text{\AA}]$

●smaller sizes

●much less dust

} than other classes of high-z galaxies

●fainter continuum than LBG

●lower stellar mass $< 10^9 M_{\text{sun}}$

➡ LAEは非常に若く、またLAEの寿命は短い星形成銀河

LAEsの観測的特徴2

Result of SED fitting of observed LAEs

reference	z	stellar mass [M_{\odot}]	Age [Myr]
Gawiser2006, 2007	3.1	5×10^8	90
Lai2007b1	3.1	3×10^8	160
Nilsson2007	3.15	4.7×10^8	<u>850</u>
Lai2007b2	3.1	9×10^8	<u>1600</u>
Finkelstein2007	4.4	$(3.0 \sim 65) \times 10^8$	<u>3 ~ 800</u>
Pirzkal2007	5	$(0.07 \sim 18) \times 10^8$	<u>1.0 ~ 200</u>
Lai2007a	5.7	$(4.5 \sim 11) \times 10^9$	<u>4.8 ~ 720</u>

- 若い天体($\sim 10^8$ yr)だけでなく、古く進化した天体の存在($>10^8$ yr)
- 星質量の小さいLAEのみでなく、重いLAEの存在($>10^9 M_{\text{sun}}$)
- 古く、星質量の大きいLAEの割合は $\sim 1\%$ 程度

若いLAEだけでなく古いLAEを同時に説明できるモデルの構築

Formation of LAEs by Delayed Gas Accretion

Mori & Umemura (2006)によると、星形成の初期フェーズはLy α で明るい事が示された

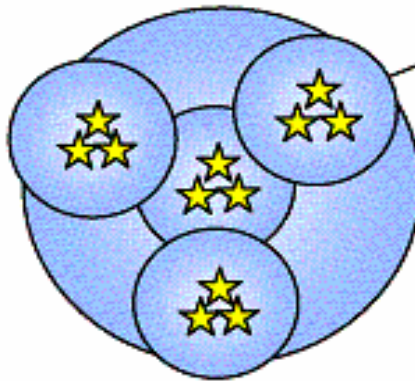


星形成さえ起こせば古い進化の進んだ天体でもLAEになりうる

Type 1 LAE

Young small halo

Coeval Starburst



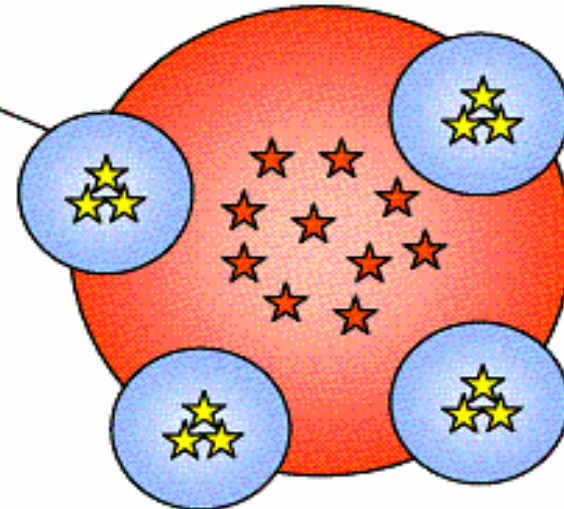
$$M_{\text{halo}} \approx 10^{10} M_{\odot}$$

Type 2 LAE

Evolved massive halo

Delayed Starburst

subhalo
accretion



★ starburst

★ old star

$$M_{\text{halo}} \approx 10^{10-12} M_{\odot}$$

手法

- Cosmology: Λ CDM
- N-body simulation: TreePM+GRAPE
- Halo identify: FOF method

·Simulation box: $(50h_{70}^{-1}\text{Mpc})^3$
·particle number $(256)^3$
⇒1 particle mass: $2.7 \times 10^8 M_{\text{sun}}$
·Initial z: z=51
·periodic boundary condition

モデル

- ダークマター粒子はハローに取り込まれた時点で星形成を開始。
- PEGASEを用いて各ハローのSEDを計算する
- 星形成史は $\exp(-t / T_{\text{LAE}}) \Rightarrow T_{\text{LAE}} = 10^8 \text{yr}$ (Mori & Umemura.2006, shimizu et al.2007)
- ダスト吸収を考慮

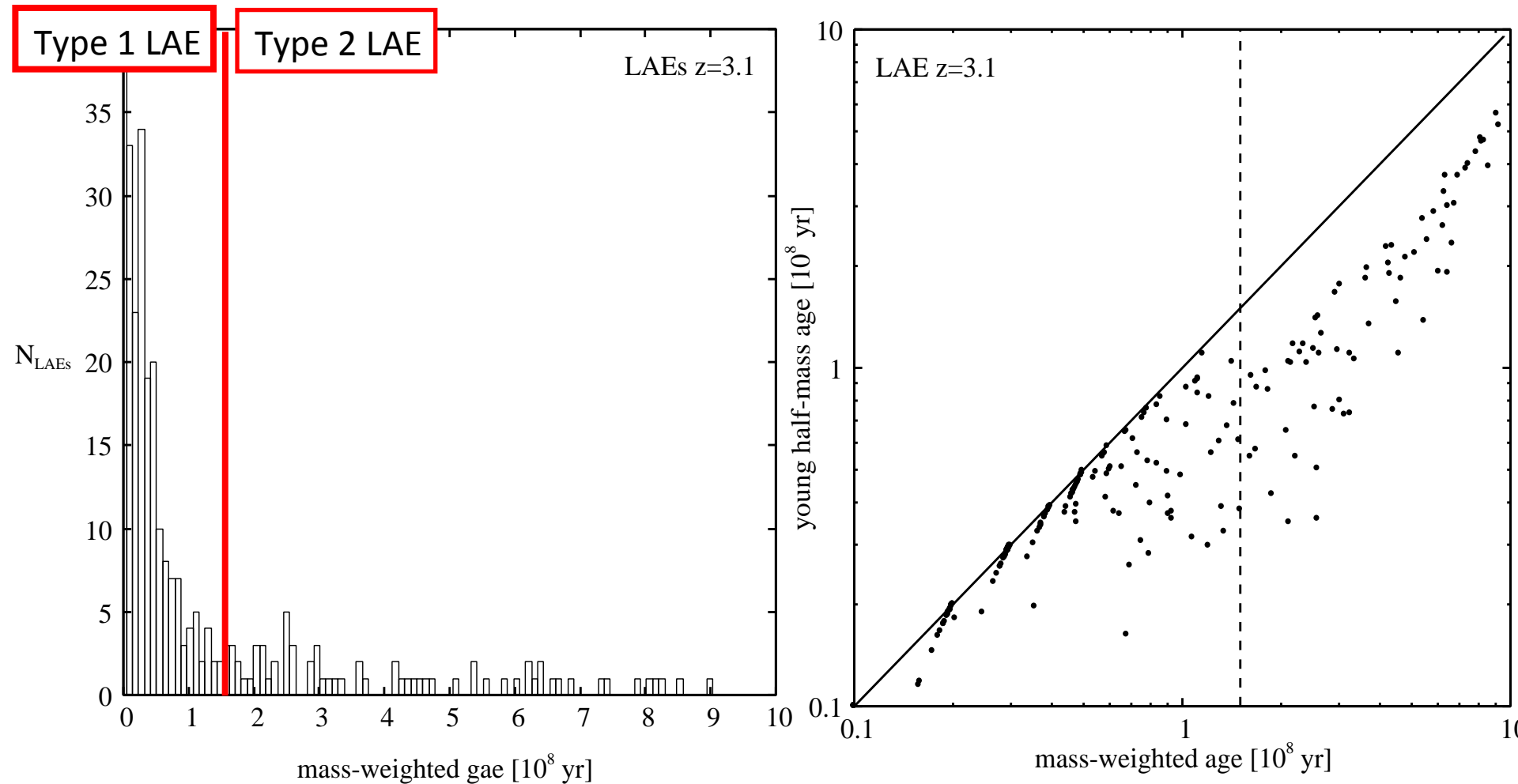
$$L_{\text{Ly}\alpha, \text{obs}} = f_{\text{esc}} L_{\text{Ly}\alpha, \text{int}}$$
$$f_{\text{esc}} = \exp(-\tau_{\text{dust}})$$

$L_{\text{Ly}\alpha, \text{obs}}$: The observed Ly α luminosity
 $L_{\text{Ly}\alpha, \text{int}}$: intrinsic Ly α luminosity
 τ_{dust} : optical depth of dust in each halo

- 以下の条件を満たすものをLAEと同定

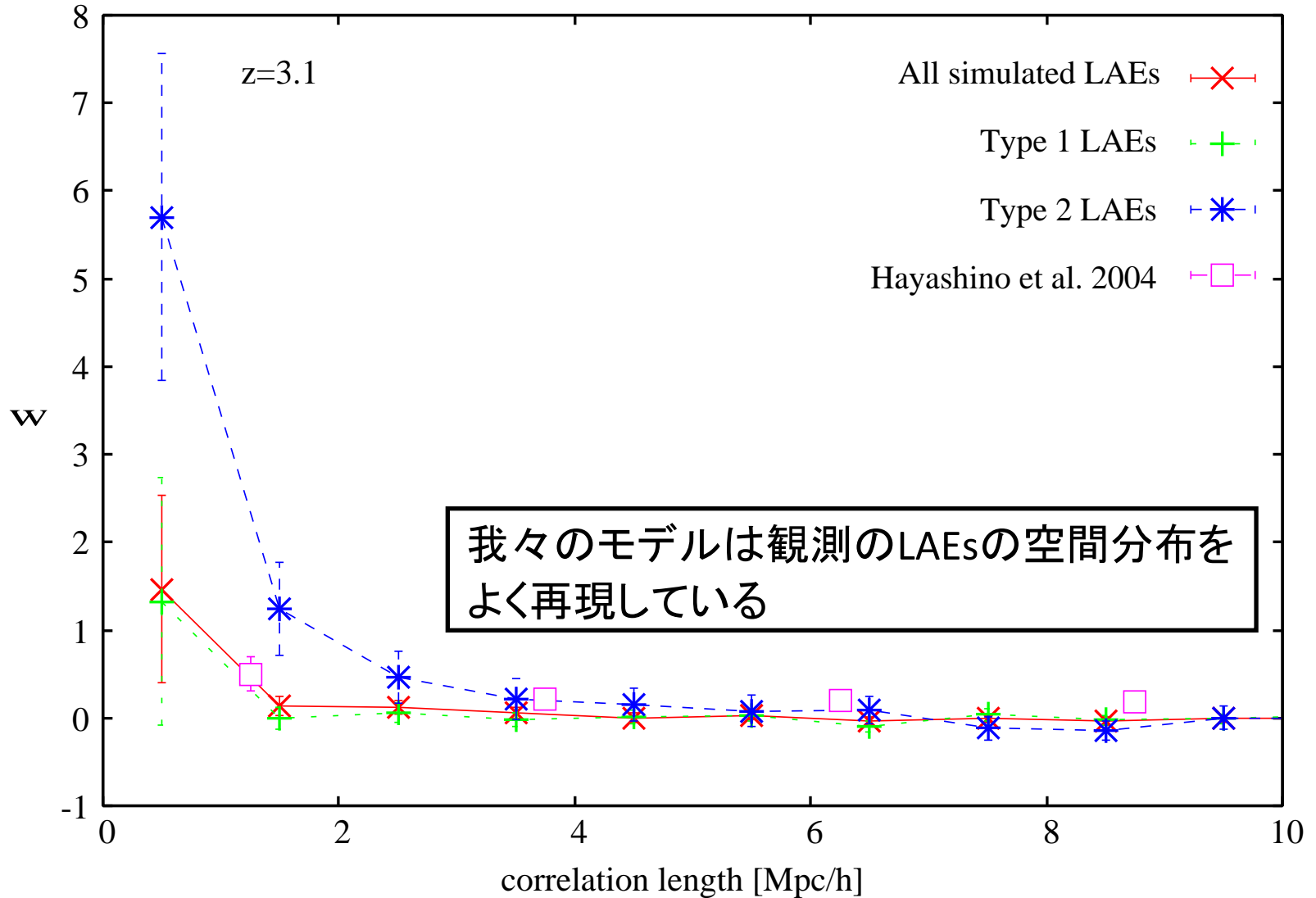
$$L_{\text{Ly}\alpha} > 1.4 \times 10^{42} [\text{erg/s}], \text{EW}_{\text{Ly}\alpha} > 30 [\text{\AA}]$$

結果(年齢分布)

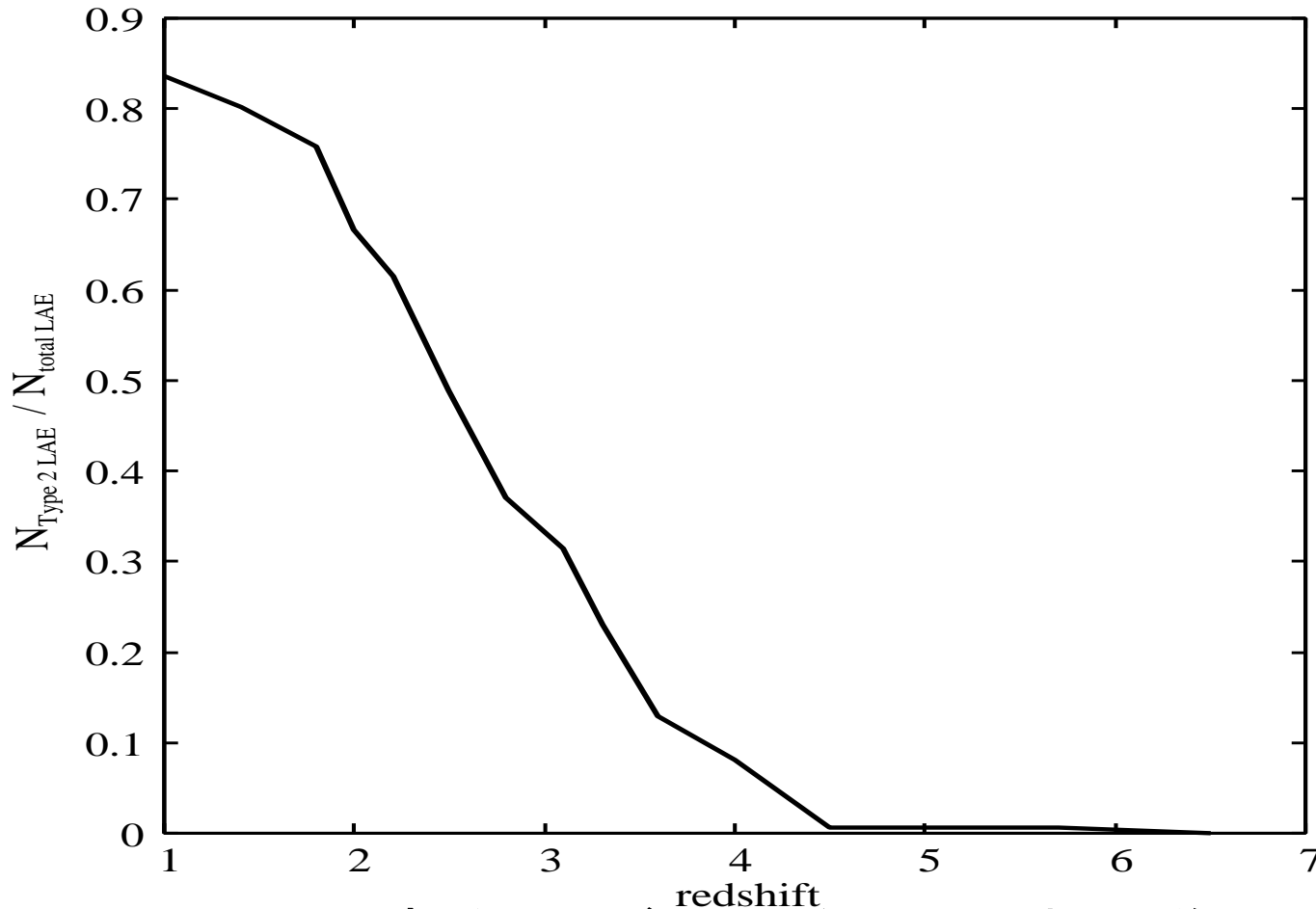


- LAEの年齢は $10^6 \sim 10^9$ yrと広く連続的に分布
- 1.5×10^8 yr以上のものをType 2 LAEと定義

結果(相関関数)



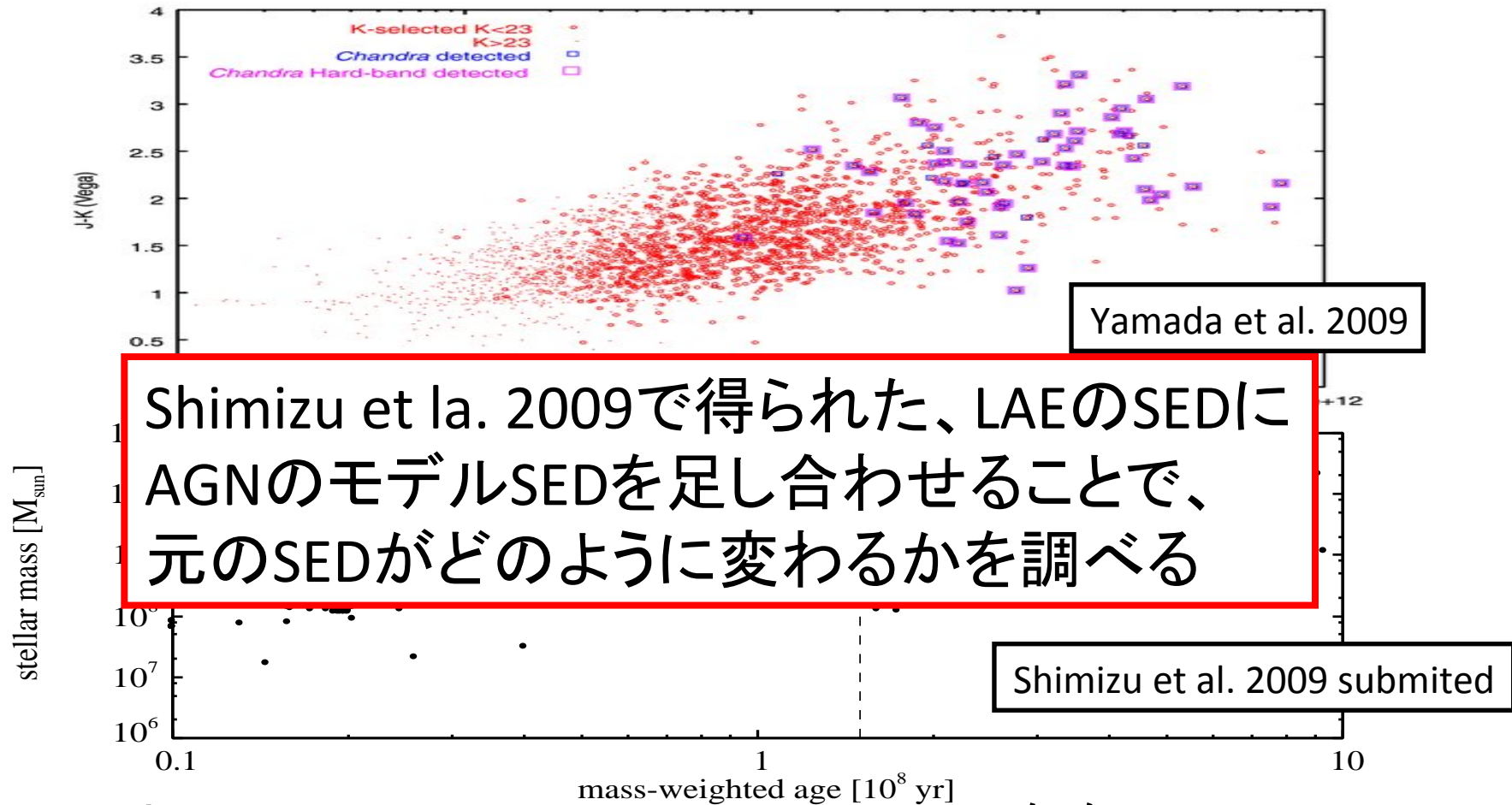
Type 2 LAE fraction



Type 2 LAEの割合は z が小さくなるにつれて増加
➡ 観測結果(Nilsson et al. 2009)とconsistent

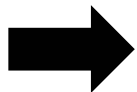
Nilsson et al. 2009は z が小さくなるにつれて、
LAEにおけるAGNの割合が増えることも示唆

LAEとAGNの関係



Shimizu et al. 2009で得られた、LAEのSEDにAGNのモデルSEDを足し合わせることで、元のSEDがどのように変わるかを調べる

- ✓ AGNはvery massive galaxies ($> 10^{10.5} M_{\text{sun}}$)に存在
- ✓ AGN fractionはzが小さくなるほど大きくなる(Finkelstein et al. 2009)



Type 2 LAEはAGNになりうるかもしれない

AGNのモデル

その1

- BHのSEDはSDSSで得られたQSOのcomposite spectralを使用(Vanden et al. 2001)
- BHの質量はパラメータとする($0.0001M^*$ 、 $0.001M^*$ 、 $0.01M^*$)
- BHのLuminosityはEddington Luminosityの0.1倍で固定($0.1L_E$)

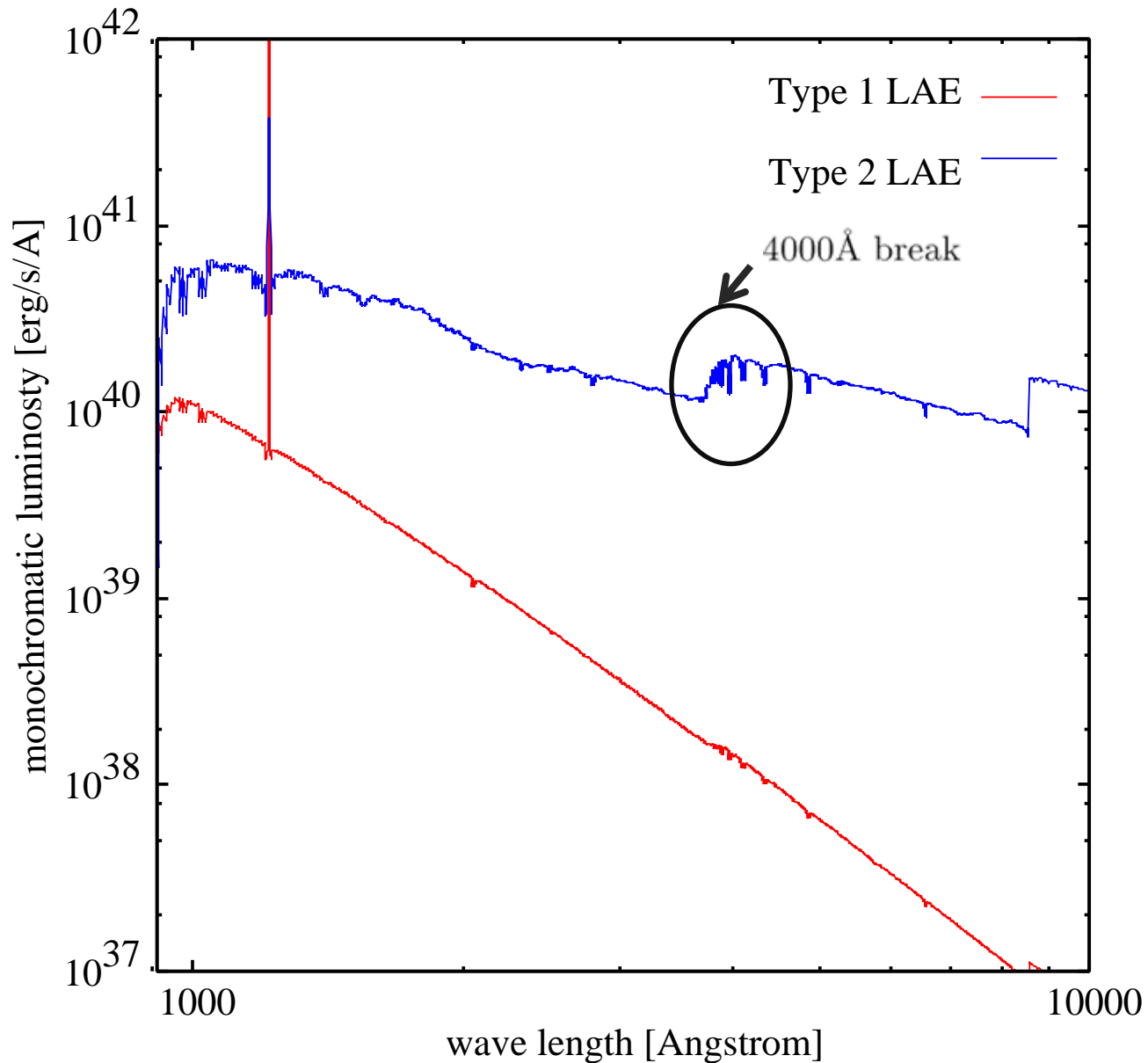
今日はこちらのみ

その2

- BHのSEDはSDSSで得られたcomposite spectralを使用(Vanden et al. 2001)
- BHの質量は各ハローのvirializeした質量の0.001倍と仮定する
- BHのLuminosityはパラメータとする。 $(0.1L_E, L_E, 10L_E)$ の3パターン)
- BHはハローができてある時間のみ輝く($10t_E, t_E, 0.1t_E$:BHのluminosityに依存)

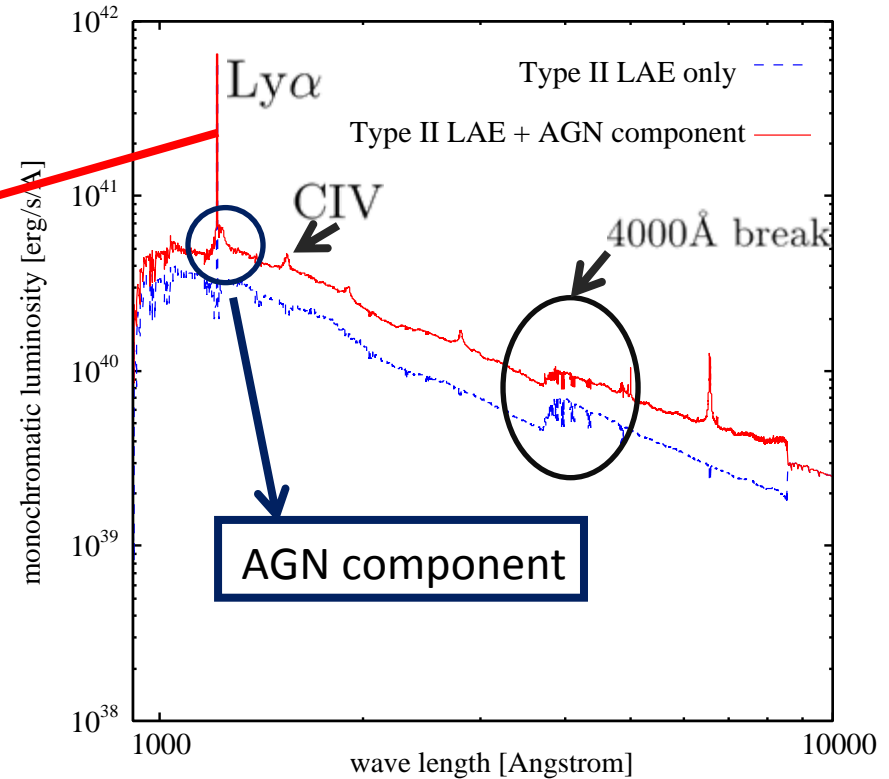
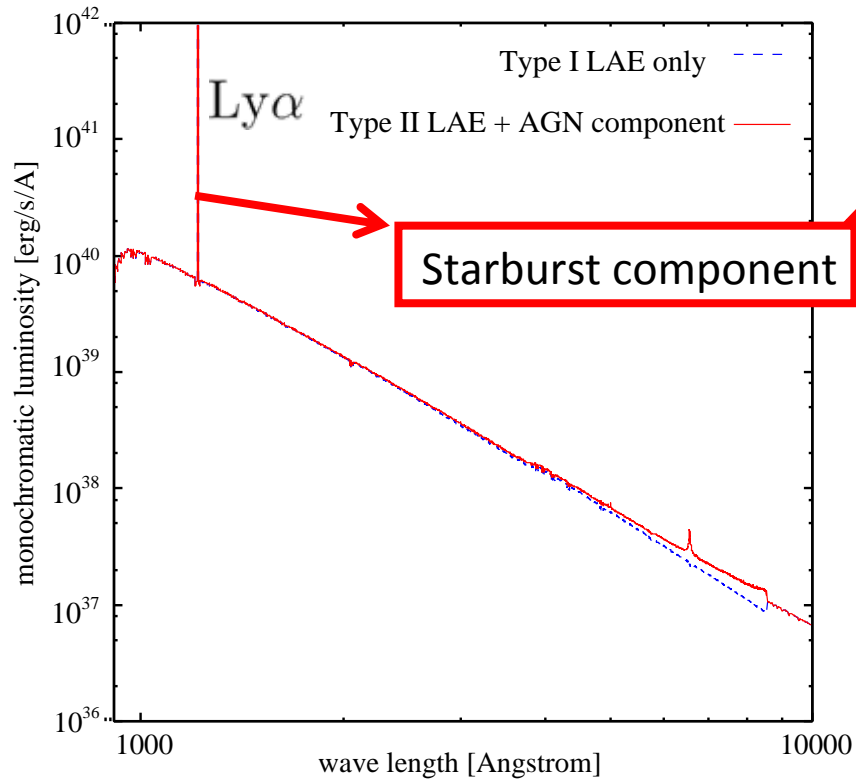
最終的なLAEのSEDはShimizu et al. 2009で得られた銀河のSEDにBHのSEDを足し合わせることで作る

SEDs of two type LAEs



結果

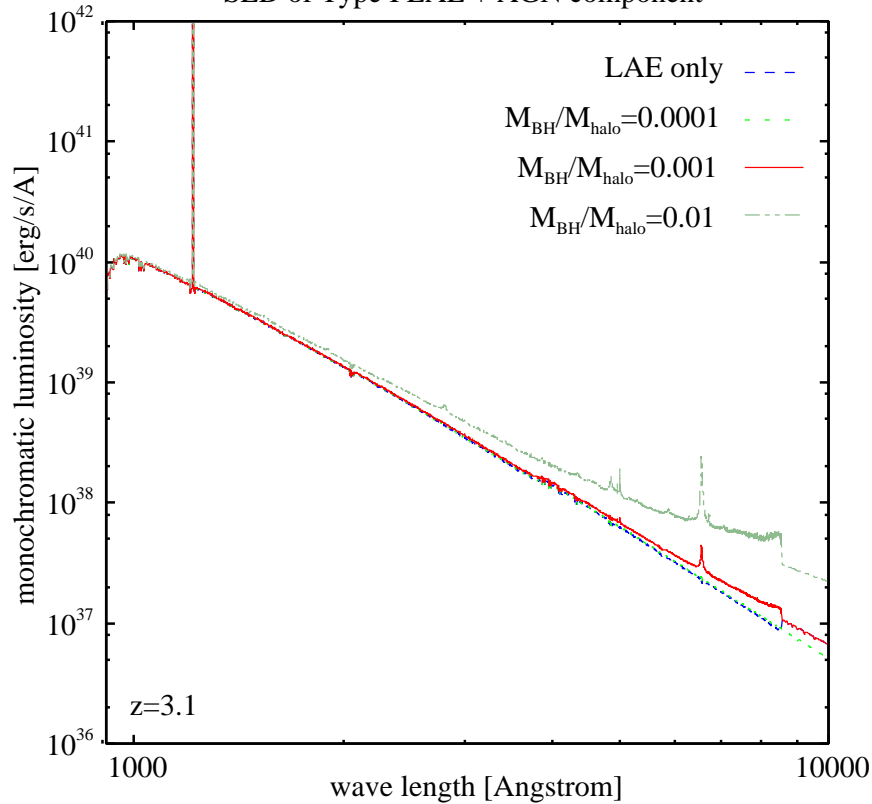
$$M_{\text{BH}} = 0.01 M_{\text{star}}$$
$$L_{\text{BH}} = 0.1 L_{\text{Eddington}}$$



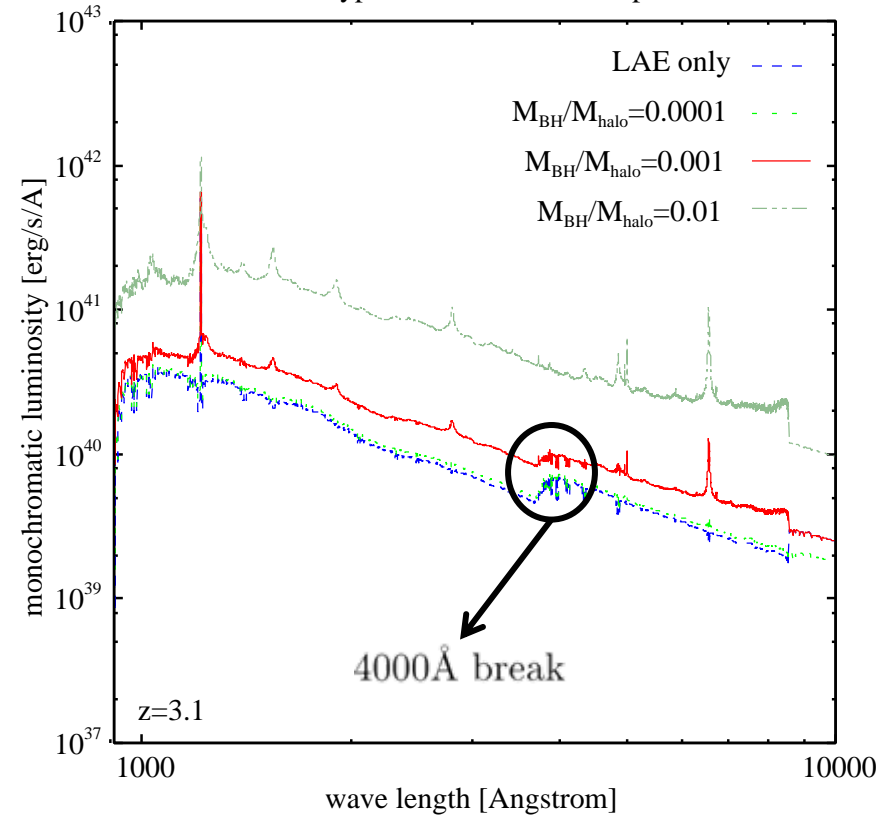
- If high- z LAEs have similar relation between SMBH and galactic bulge in local universe,,,
- ✓ We can detect AGN signal such as board FWHM in Type II LAE and CIV line.
 - ✓ We can detect stellar component such as narrower FWHM and 4000 Å break in Type II

結果(BHの質量依存)

SED of Type I LAE + AGN component

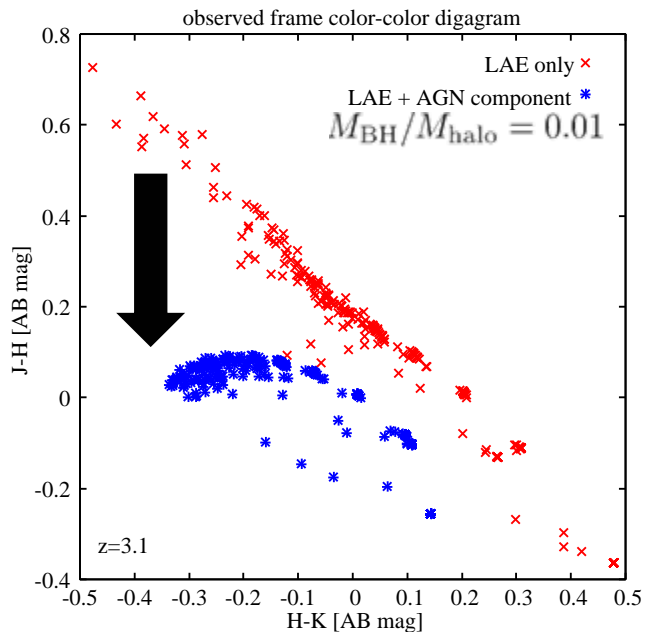
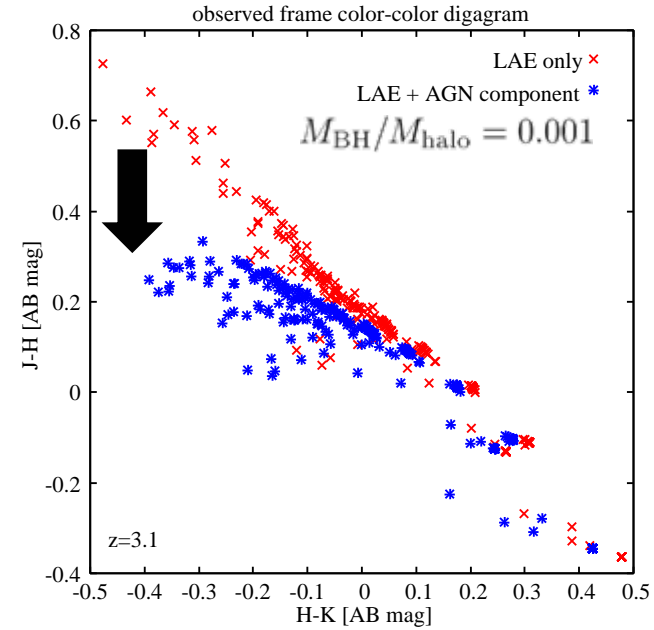
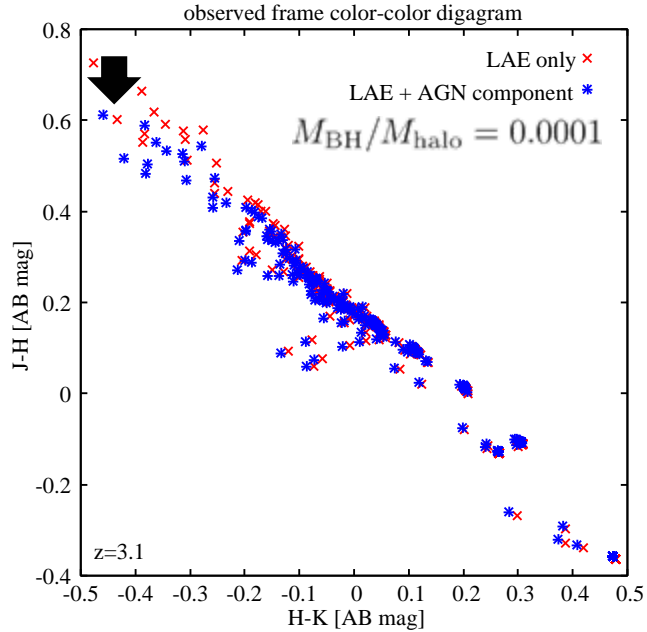


SED of Type II LAE + AGN component



- ✓ Type I LAE is difficult to detect as an AGN even if $M_{\text{BH}}/M_{\text{halo}}=0.01$ (10 times of the value in local universe)
- ✓ Type II LAE also difficult to detect an AGN with $M_{\text{BH}}/M_{\text{halo}}=0.0001$ (0.1 times of the value in local universe)
- ✓ In Type II LAE with $M_{\text{BH}}/M_{\text{halo}}=0.01$, AGN component becomes dominant.
 - ⇒ In this case, such a LAE is observed as AGN not LAE.
- ✓ We can detect both starburst and AGN component in Type II LAE with $M_{\text{BH}}/M_{\text{halo}}=0.001$
 - ⇒ $M_{\text{BH}}/M_{\text{halo}}=0.001$ may be suitable value to detect AGN in LAE.

J-H vs H-K [observed frame at z=3.1]



✓ Observed frame J-K color of LAEs with AGN become bluer, but H-K color change is small.

(Observed frame J, H, K correspond to rest frame U, B, R at z=3.1)

⇒ To detect AGN in LAE, we should look for bluer LAE!

まとめ

Type 2 LAEにAGNが付随している場合どのような光学的な性質を示すかを調べた

- Type 1 LAEでAGN成分を調べるのは厳しい。
- Type 2 LAEの場合、BHの質量($0.001M^*$ 、 $0.001M^*$)によっては、BHの特徴(broad line、CIV)と星起源の特徴(4000Å break)がみれる。
- Type 2 LAEはBHがあると青くなる
 - ⇒ より青いType 2 LAEでAGNが見つかるかもしれない。