

ハッブル系列形成期の銀河内部の星形成分布

秋山 正幸（東北大）

2014/06/05 三鷹

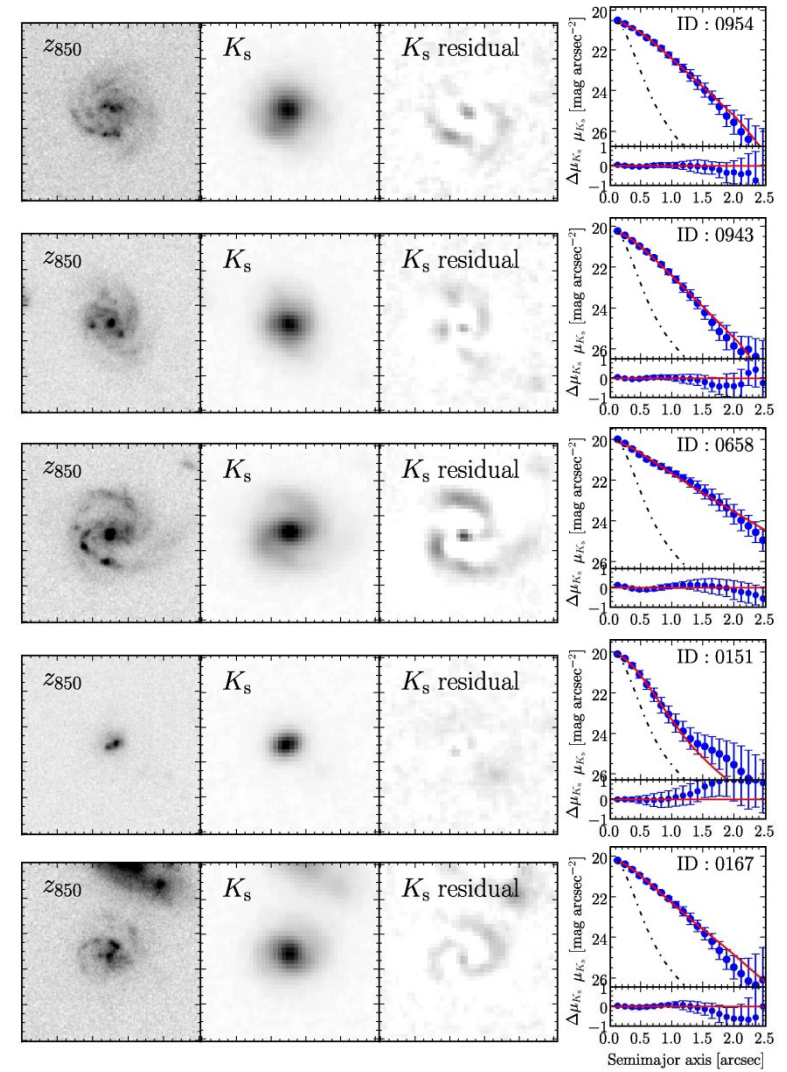
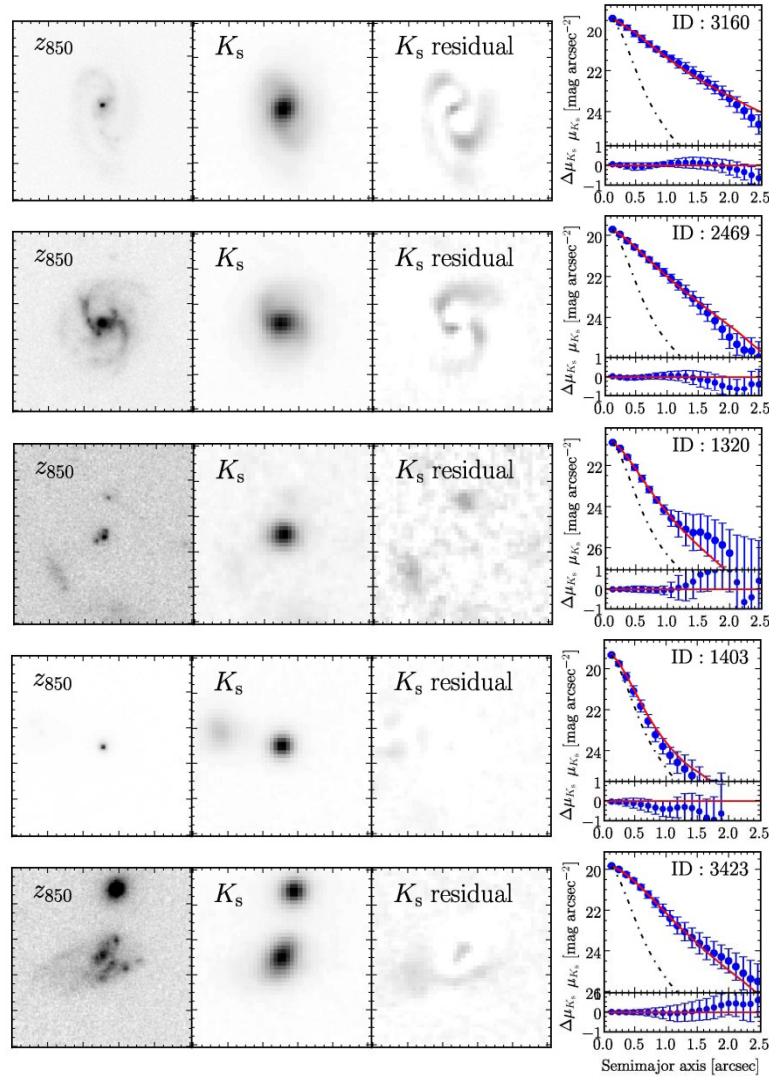
ハッブル系列発現期の銀河について

どのような銀河で星形成やブラックホール成長が
起こっているのか？

銀河内部のどのような領域で星形成が起こっているのか？

Top 10 LIRGs in MODS (MODS/GOODS-N)

- Z=0.8-1.2 LIRGs in MODS (Konishi, MA, et al. 2011, PASJ, 63, S363)
- LIR=9.5-4.3 x10¹¹ (Ls) = 160-70 Ms/yr (after X-ray AGNs are removed)



K-band morphology of LIRGS at $z \sim 1$ (MODS/GOODS-N)

- Results of Sérsic profile fitting for K-band images.

Red: LIRGS Dots: X-ray AGN

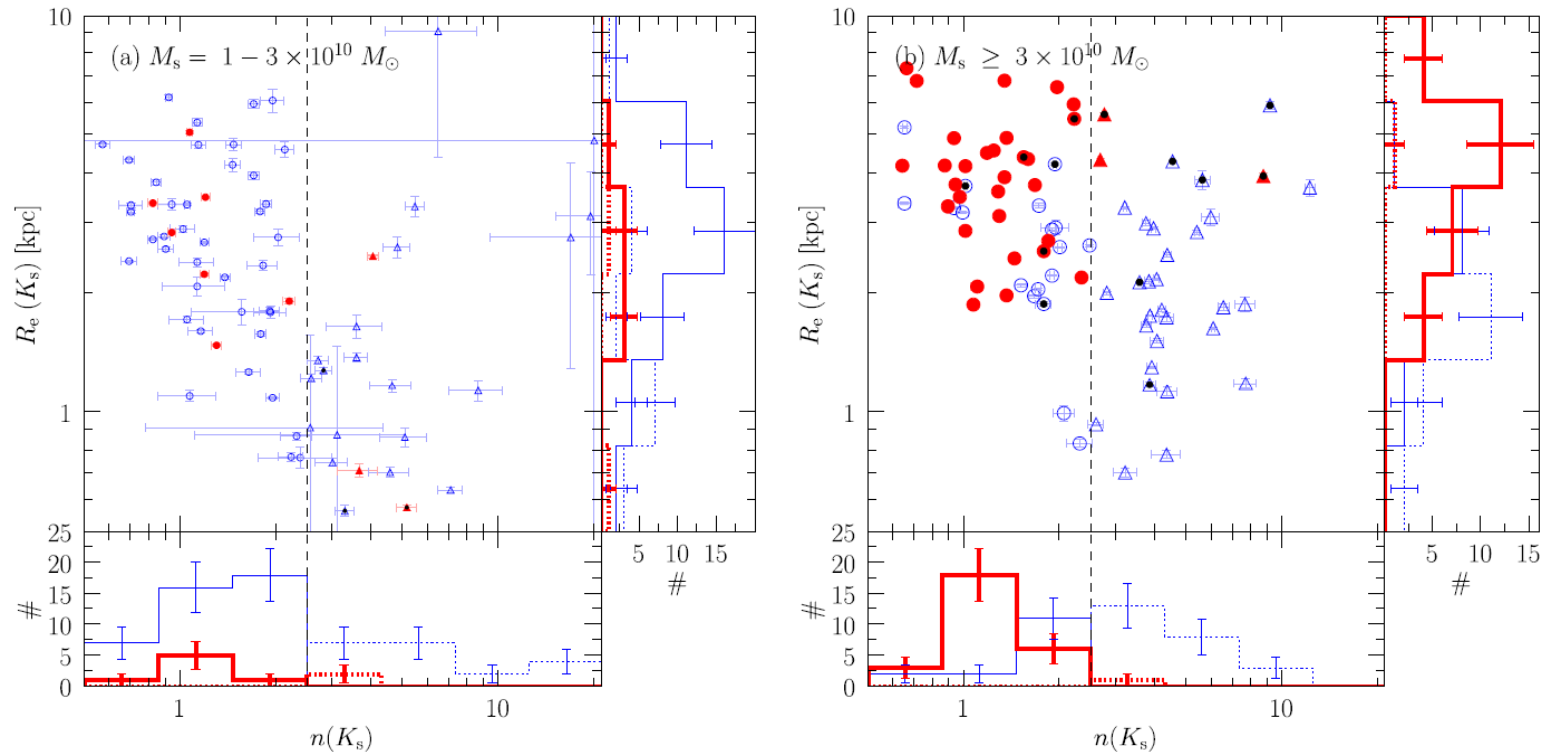
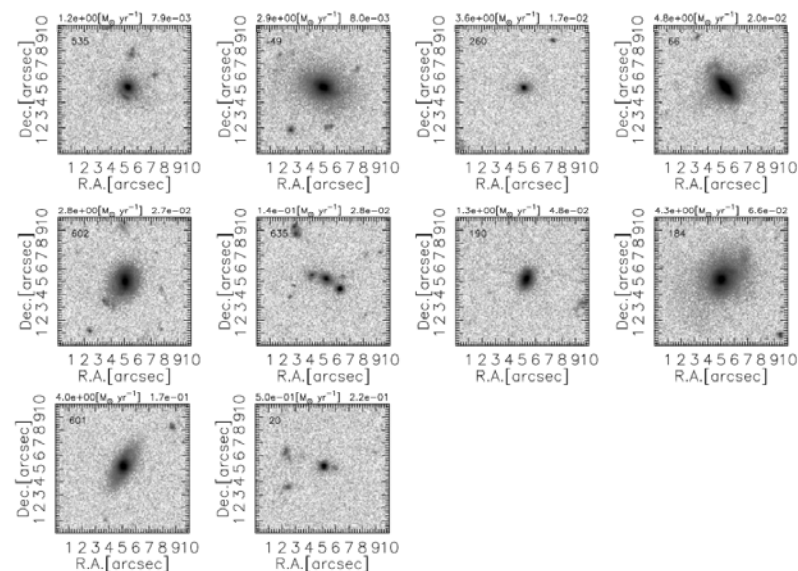
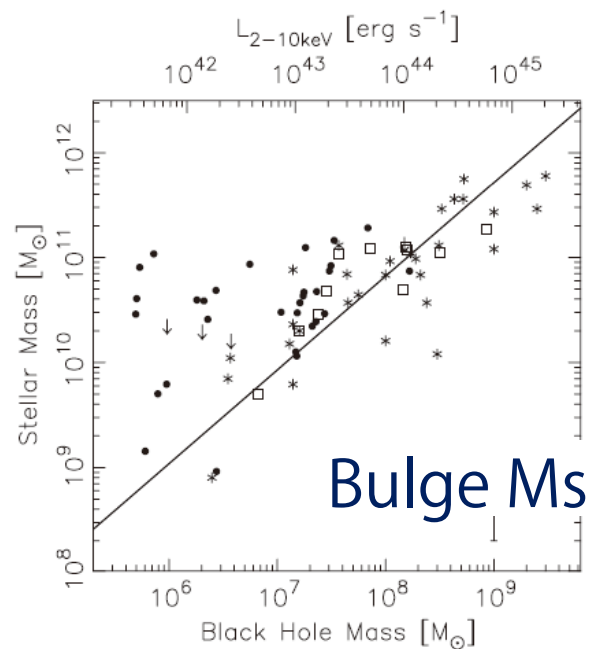
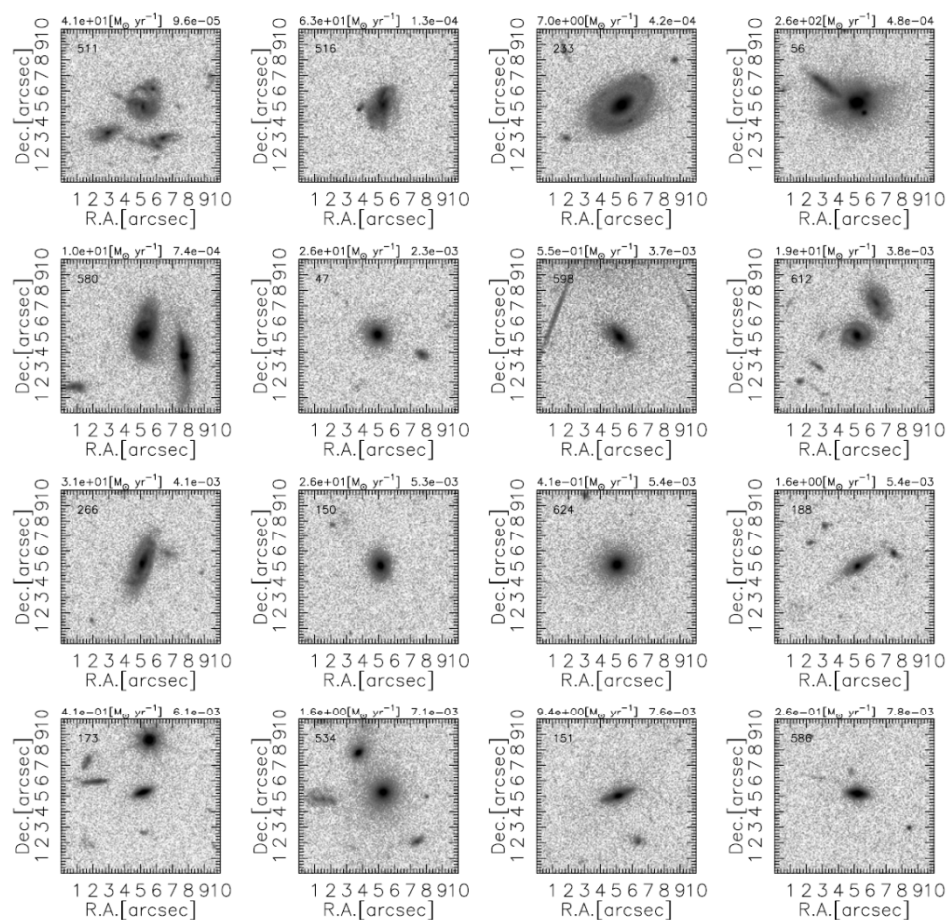


Fig. 7. Structural parameters (Sérsic indices and effective radii in physical scale along the semimajor axis) measured in the MODS deep K_s -band image for the $z \sim 1$ galaxies with (a) $M_s = 1 - 3 \times 10^{10} M_\odot$, and with (b) $M_s \geq 3 \times 10^{10} M_\odot$. The symbols are the same as in Figure 5. The error bars indicate the uncertainties of the fitting. The vertical dashed line separates less concentrated and highly concentrated systems ($n[K_s] \leq 2.5$ is considered as a less concentrated system). In each figure, the bottom and right panels show numbers of the samples at a given stellar mass range as a function of $n(K_s)$ and $R_e(K_s)$, respectively. Thick (thin) line corresponds to the numbers of the LIRGs (non-LIRGs), and solid (dotted) line corresponds to the numbers of the LIRGs (non-LIRGs). The error bars of the histograms account for Poissonian statistics.

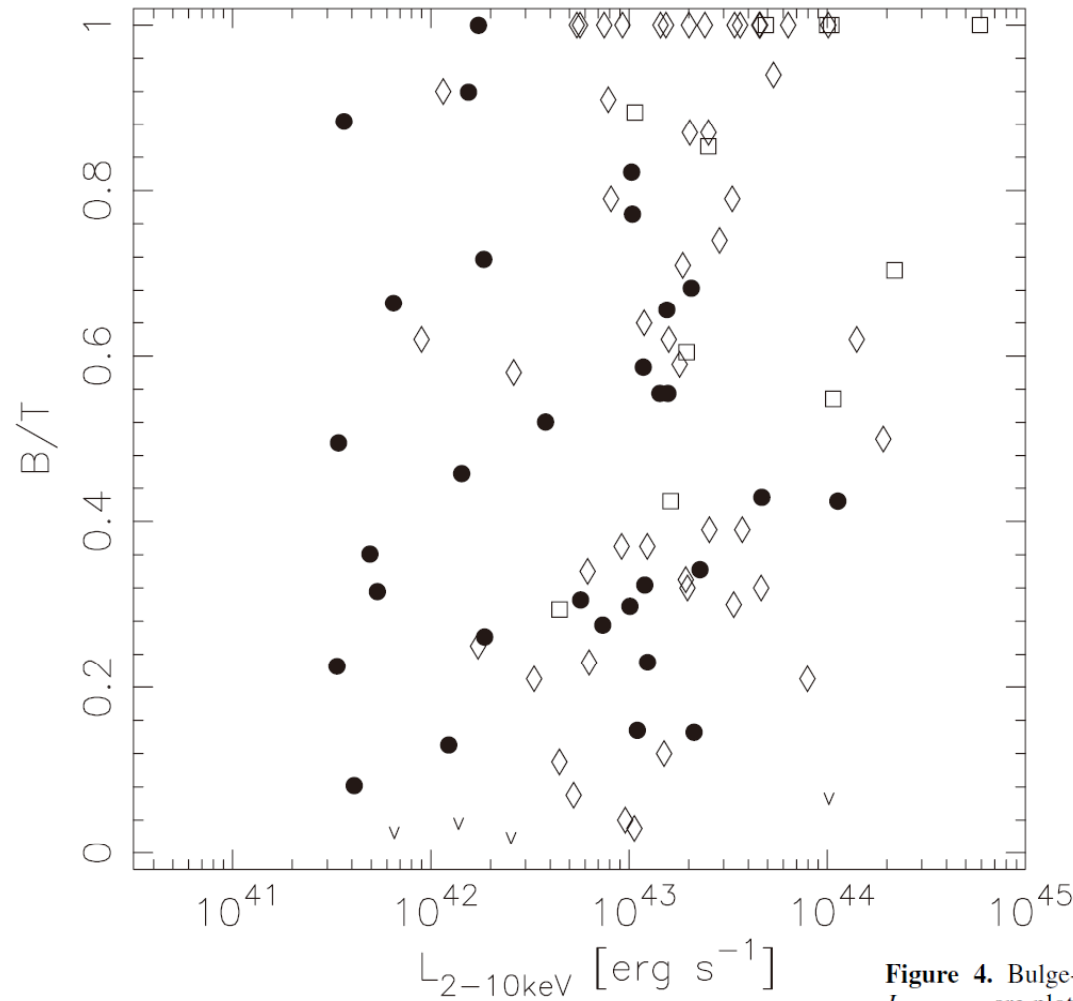
Konishi, MA, et al. 2011, PASJ, 63, S363

X-ray-selected type-2 AGNs at $z \sim 1$ (CDFs)



Kiuchi, Ohta, MA, 2009, ApJ, 696, 1051

X-ray-selected type-2 AGNs at $z \sim 1$ (CDFs)



Filled circle: $z \sim 1$ type-2 AGNs
Open: X-ray AGNs in the local universe

Figure 4. Bulge-to-total luminosity ratios (B/T) in F850LP band against $L_{2-10\text{keV}}$ are plotted with filled circles. The open diamonds and open squares represent the lower redshift sample of Schade et al. (2000) (I band) ($z \lesssim 0.1$), and Kiuchi et al. (2006) (R band) ($z \sim 0.1-0.5$), respectively.

ハッブル系列発現期の銀河について

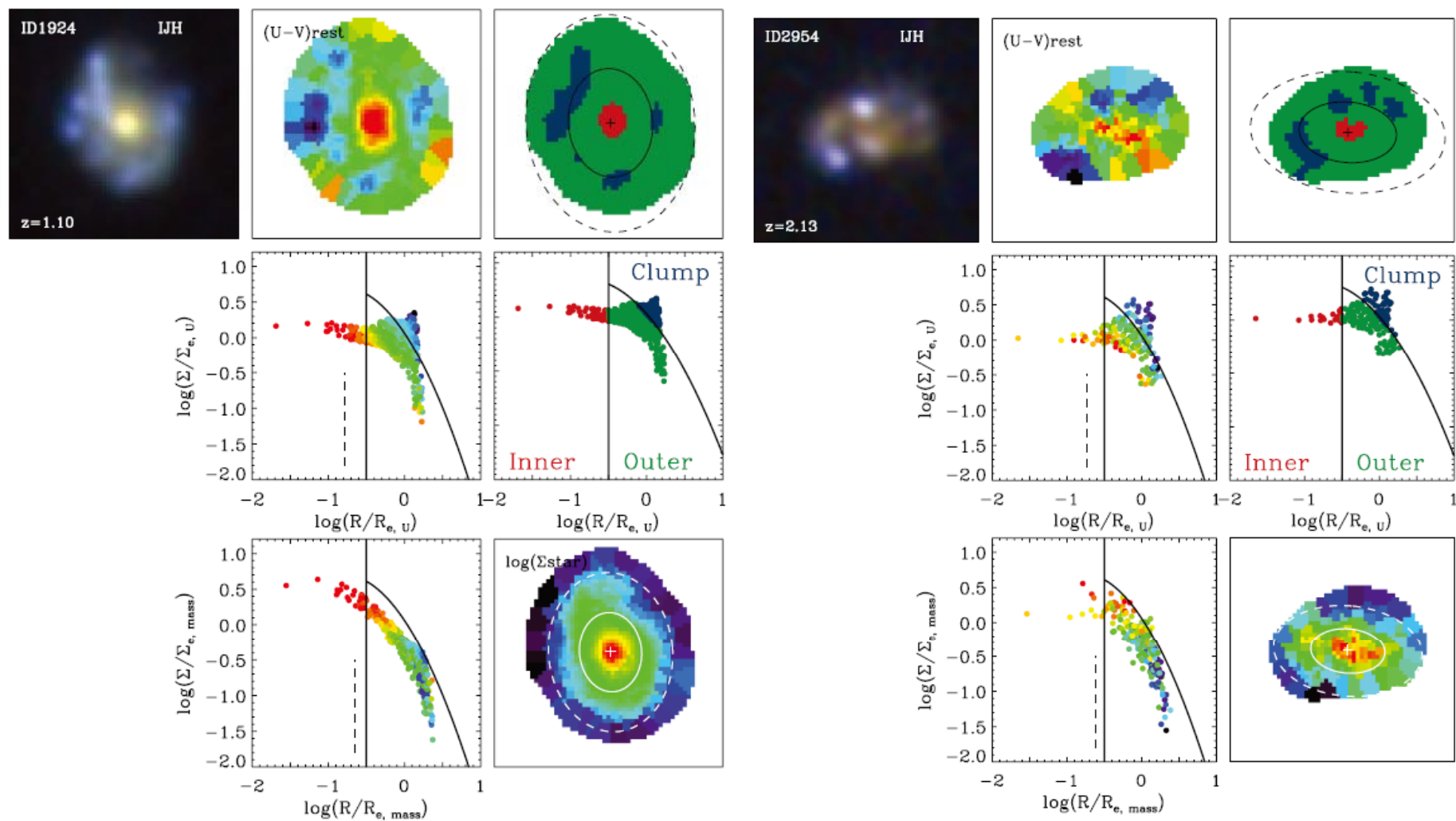
どのような銀河で星形成やブラックホール成長が
起こっているのか？

－ ディスク銀河の寄与が大きいようである。

銀河内部のどのような領域で星形成が起こっているのか？

クランプでの星形成

- $Z=0.5-2.5$ galaxies in GOODS-S region down to stellar mass $>10^{10} M_{\odot}$.



クランプでの星形成の寄与

- クランプでの星形成寄与は全体の星形成率の <20% 程度である。
- 残りはディスク部や銀河内縁領域からの寄与である。

Table 1
Contribution of Off-center “Clumps” to the Integrated Stellar Populations of SFGs

Property Used for Clump Identification ^a	$f_{\text{clumpy}}^{\text{b}}$	$\Sigma_{\text{clumps}}/\Sigma_{\text{all SFGs}}^{\text{c}}$					$\Sigma_{\text{clumps}}/\Sigma_{\text{clumpy SFGs}}^{\text{d}}$				
		L_{2800}	L_U	L_V	Mass	SFR	L_{2800}	L_U	L_V	Mass	SFR
$0.5 < z < 1.5$											
2800_{rest}	0.79	0.17	0.14	0.10	0.05	0.15	0.20	0.16	0.12	0.06	0.17
U_{rest}	0.57	0.12	0.09	0.07	0.03	0.09	0.19	0.15	0.11	0.06	0.14
V_{rest}	0.27	0.05	0.04	0.03	0.02	0.04	0.16	0.14	0.12	0.07	0.12
Mass	0.15	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.08	0.08	0.09	0.15	0.05
$1.5 < z < 2.5$											
2800_{rest}	0.74	0.19	0.17	0.13	0.07	0.18	0.25	0.22	0.17	0.09	0.22
U_{rest}	0.60	0.16	0.13	0.10	0.05	0.13	0.24	0.21	0.16	0.09	0.19
V_{rest}	0.42	0.11	0.09	0.07	0.04	0.09	0.22	0.20	0.17	0.12	0.19
Mass	0.41	0.04	0.04	0.04	0.07	0.04	0.10	0.10	0.11	0.16	0.09

Notes.

^a Rest-frame waveband or physical property based on which normalized profiles were identified.

^b Fraction of SFGs that are “clumpy” in the respective light or mass map used for clump identification (see footnote “a”). “clumpy” in, e.g., the V_{rest} surface brightness distribution, if at least 5% of the total V_{rest} luminosity of that galaxy is contributed by spatial bins in the “clump” regime.

^c Fractional contribution of spatial bins in the “clump” regime to the integrated luminosity, mass, and SFR of all SFGs in the redshift interval of interest.

^d Fractional contribution of spatial bins in the “clump” regime to the integrated luminosity, mass, and SFR of “clumpy” SFGs (see footnote “b”).

SF銀河全体の内 Clumpy SF 銀河全体の内

ハッブル系列発現期の銀河について

どのような銀河で星形成やブラックホール成長が起こっているのか？

– ディスク銀河の寄与が大きいようである。

銀河内部のどのような領域で星形成が起こっているのか？

– クランプ領域よりも広がった星形成の寄与が大きいようである。

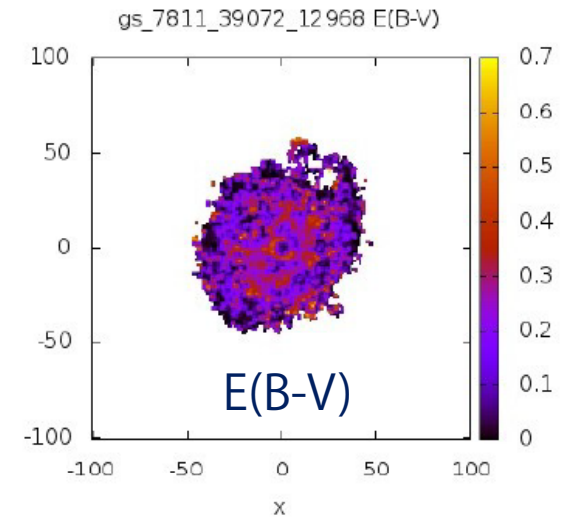
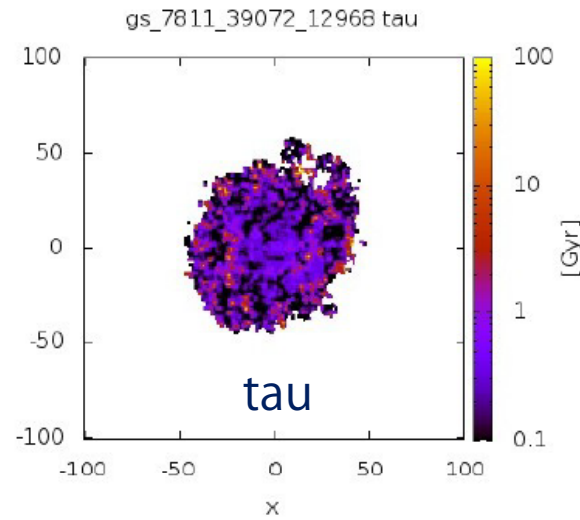
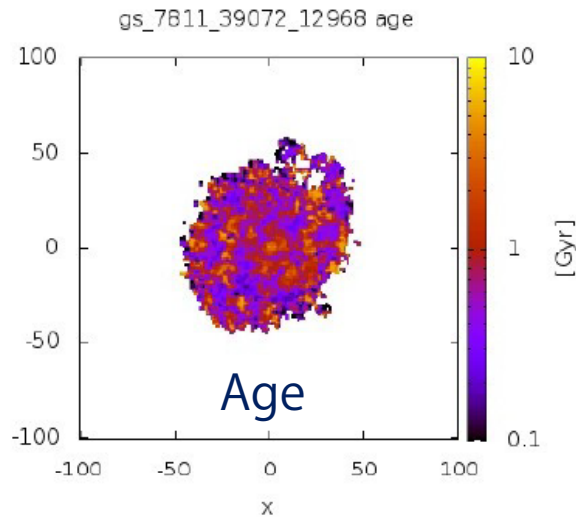
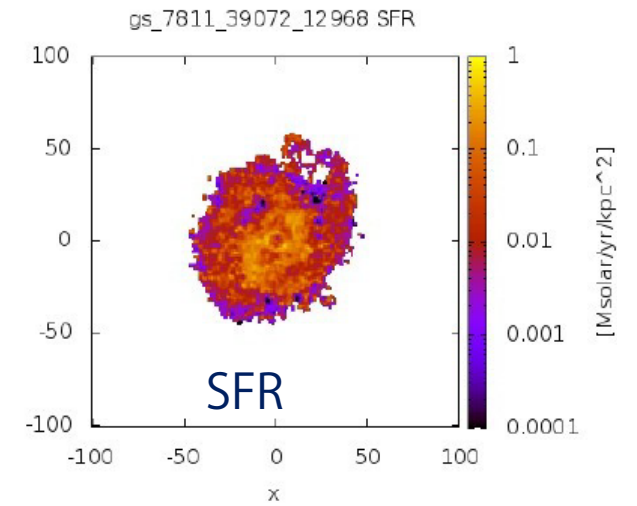
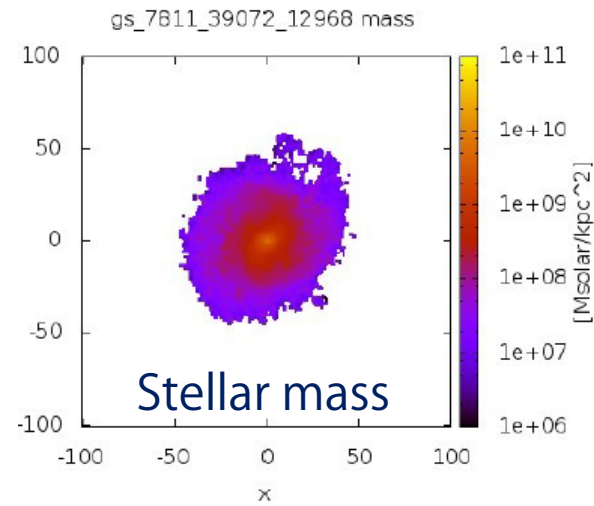
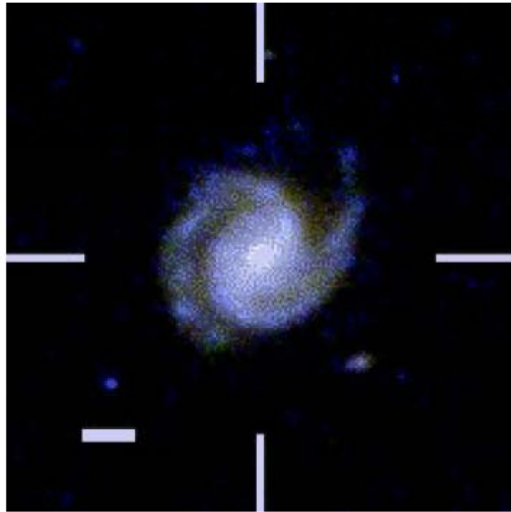
どのような領域での星形成が銀河の星質量分布の決定に効いているのか？

z=0.8-1.8 の銀河内部の星形成分布を調べる (増田貴大修論)

- HST CANDELS-GOODS 8-band (435-1600nm) データを用いて銀河の各ピクセルごとにフィットを行う (P2P fitting)。
- 赤方偏移範囲は $z=0.8-1.3$ と $z=1.3-1.8$ とし、ほぼ同じ共動体積をカバーするようにする。
- FWHM $\sim 0.18''$ (1.44 kpc @ $z\sim 1$, 1.55kpc @ $z\sim 2$)

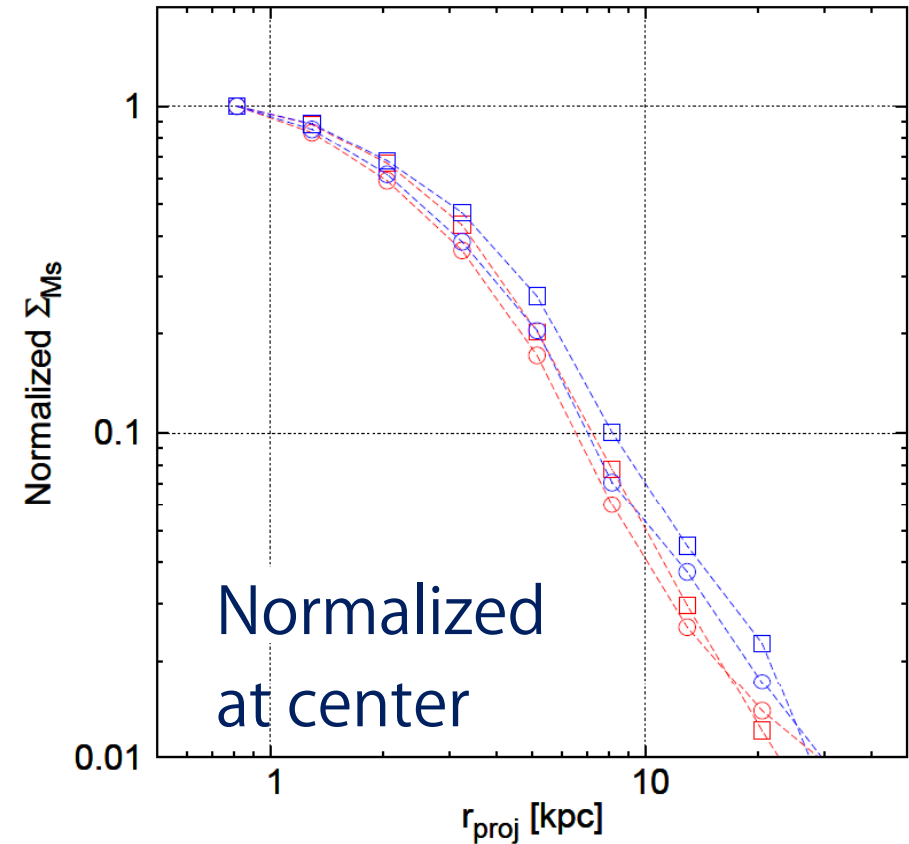
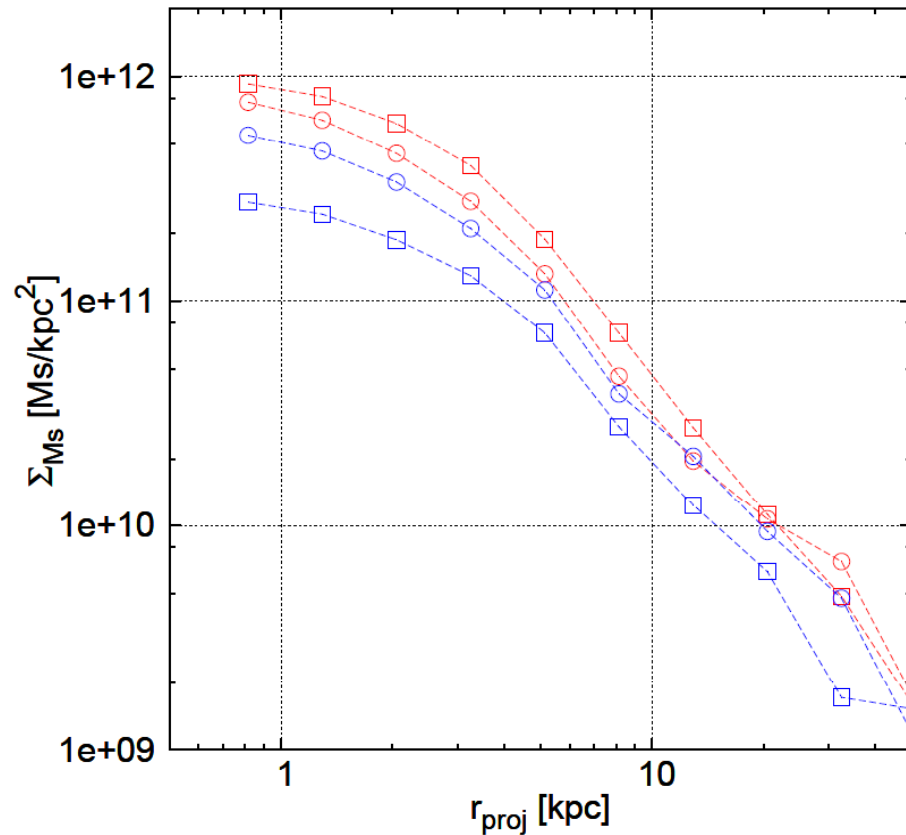
	GOODS-South		GOODS-North	
	$0.8 < z < 1.3$	$1.3 < z < 1.8$	$0.8 < z < 1.3$	$1.3 < z < 1.8$
All	2450 (523)	1961 (169)	2790 (709)	1207 (124)
Ks bright	606 (357)	577 (147)	888 (627)	556 (119)
noXray source	592 (345)	562 (139)	874 (613)	548 (114)
$M_{\text{Sfit}} > 3 \times 10^{10} M_{\odot}$	150 (99)	99 (35)	224 (185)	75 (19)

$z=0.8-1.8$ 銀河内部の星形成分布を調べる



星質量の(投影した)プロファイルの和

- サンプルのすべての銀河についての和を取る。
- 投影された情報のまま円環でプロファイルを作成し和を取る。以下同じ。
- $z=0.8-1.3$ の方がやや中心集中度が高い。



Red: $z=0.8-1.3$

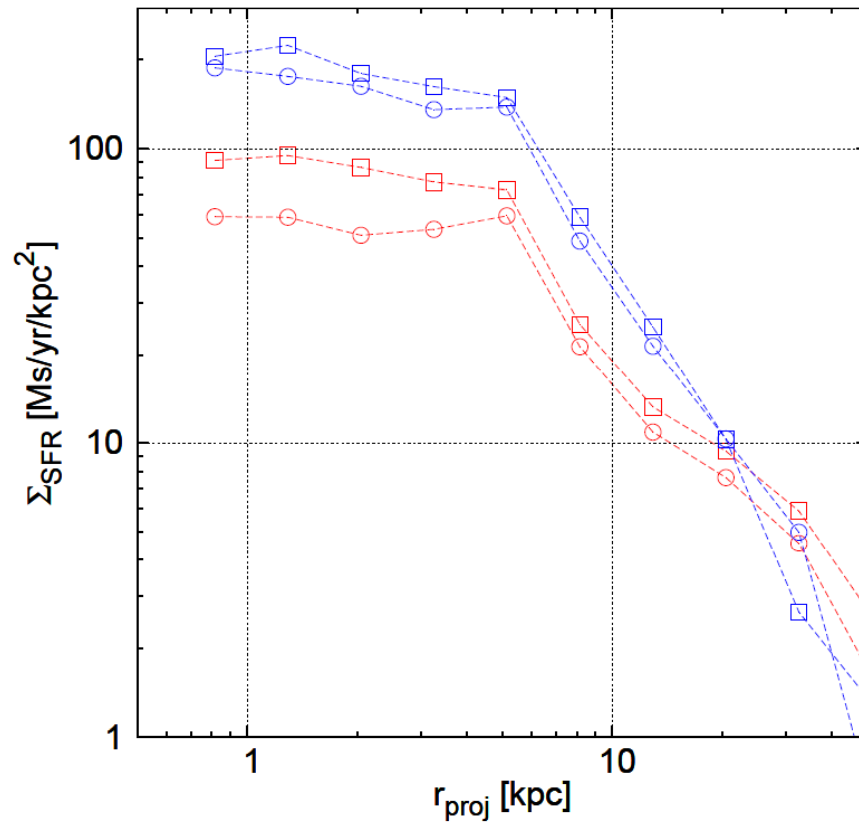
Blue: $z=1.3-1.8$

Square: GOODS-N

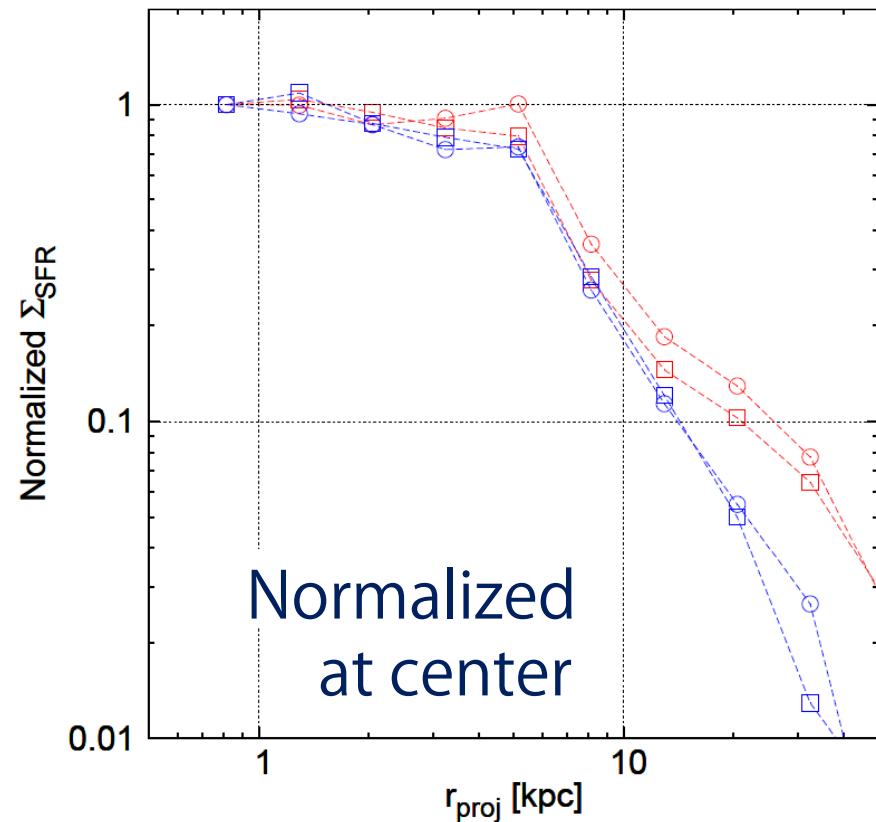
Circle: GOODS-S

星形成率プロファイルの和

- $z=1.3-1.8$ の方がやや中心集中度が高い。



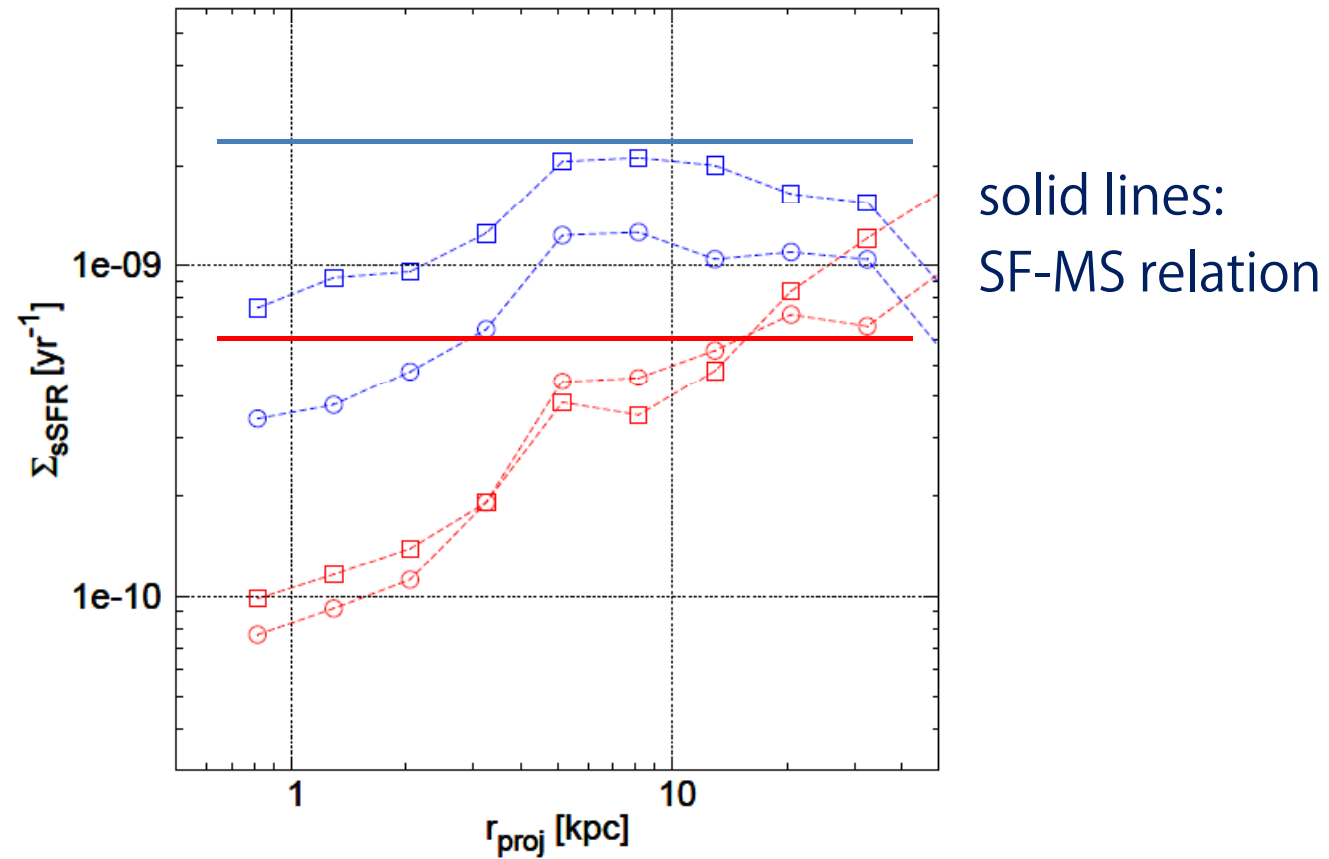
Red: $z=0.8-1.3$
Blue: $z=1.3-1.8$



Square: GOODS-N
Circle: GOODS-S

星形成率分布 / 星質量分布

- $Z=0.8-1.3$ の方が外側の領域でより sSFR が高くなる傾向がある。



Red: $z=0.8-1.3$

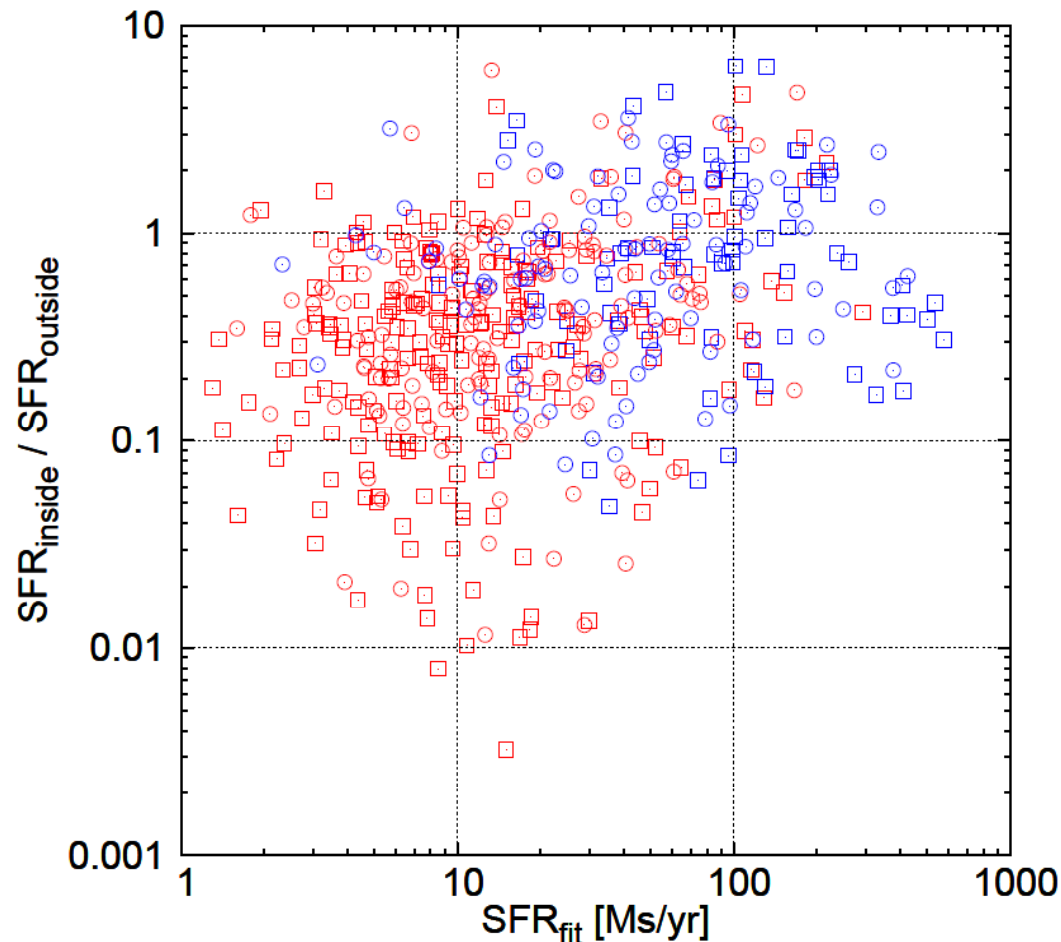
Blue: $z=1.3-1.8$

Square: GOODS-N

Circle: GOODS-S

SFR Inside of half-mass radius / Outside of half-mass radius

- 半星質量半径で内側と外側を区切る。
- 個別の銀河について比を取ってみると $z=1.3-1.8$ の方が内側の領域でSFRが高く、 $z=0.8-1.3$ の方が外側の領域でSFRが高い傾向が確認できる。
- どの領域での星形成が重要になるかは星形成率で決まっているようにも見える (統計的には要確認)。



Red: $z=0.8-1.3$

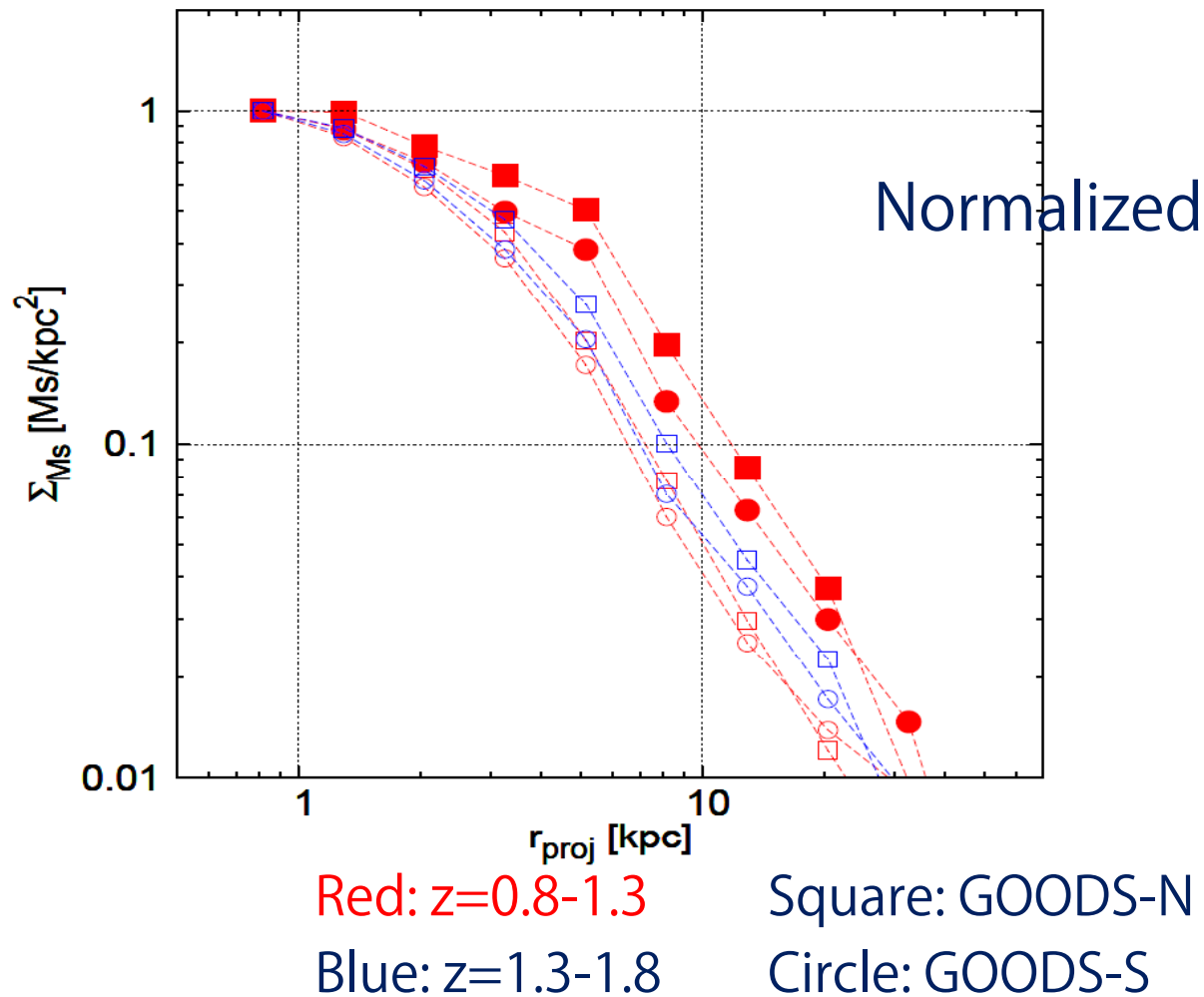
Blue: $z=1.3-1.8$

Square: GOODS-N

Circle: GOODS-S

星形成率プロファイルの和

- $z=1.3-1.8$ の銀河サンプルが観測された星形成率で $z=1.05$ ($z=0.8-1.3$) まで星形成をした場合に予想されるプロファイル。
- 星質量分布の集中度が上がっているのに対し、外側の領域での星形成の寄与が大きいので、より広がったプロファイルが期待される。



ハッブル系列発現期の銀河について

どのような銀河で星形成やブラックホール成長が起きているのか？

- ディスク銀河の寄与が大きいようである。

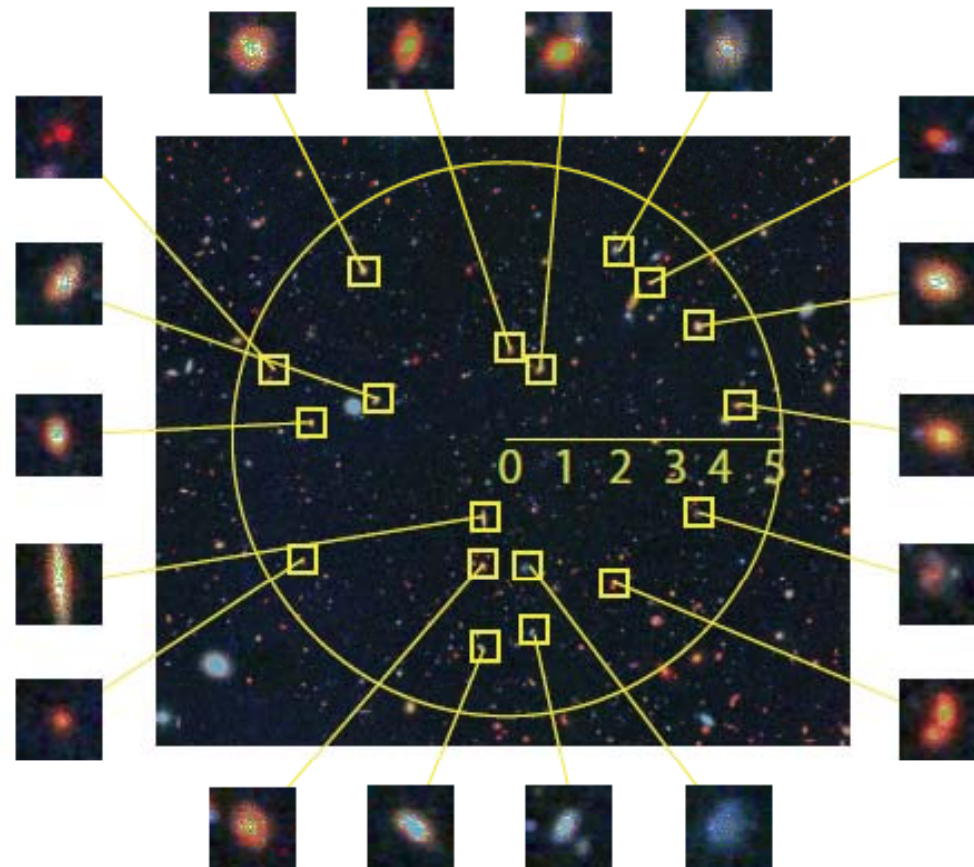
銀河内部のどのような領域で星形成が起きているのか？

- ディスク部分に一様に広がった星形成の寄与が大きいようである。
- $z=1.3-1.8$ と $z=0.8-1.3$ を比較すると外側の領域での星形成の寄与がより大きくなってくる。
- 星形成のプロファイルは星形成率に依存して決まっているように見える。
- ハッブル系列の確立(中心集中度の高い楕円銀河やバルジの形成)には外側で形成された星質量の内側への輸送が必要である。

TMT-Analyzer for Galaxies in the Early universe (TMT-AGE)

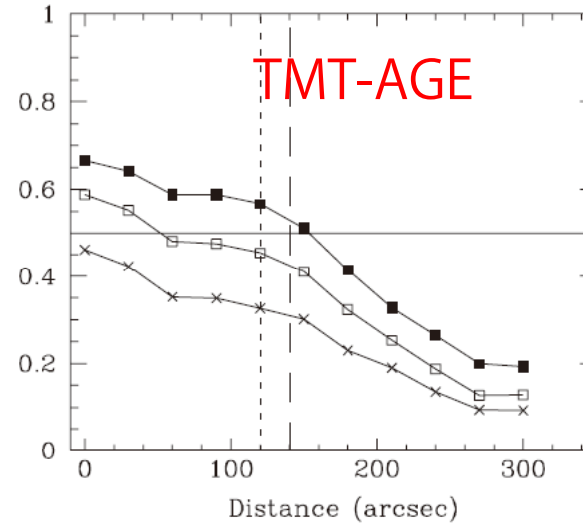
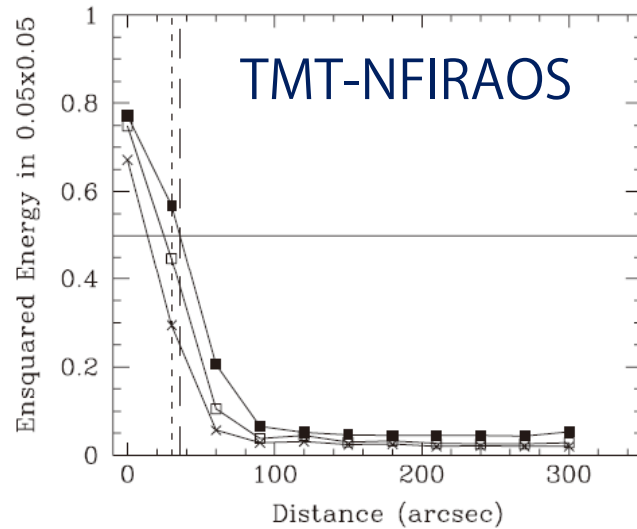
多数の銀河を多天体補償光学+多IFUで同時に近赤外面分光観測する

- 銀河内部の領域毎にどのような星形成が起こっているのか？



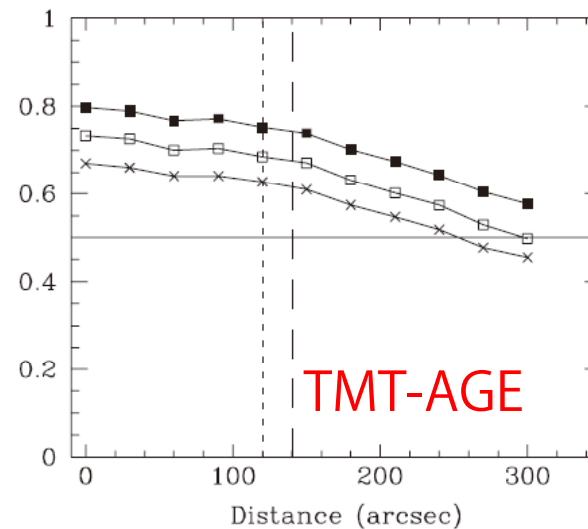
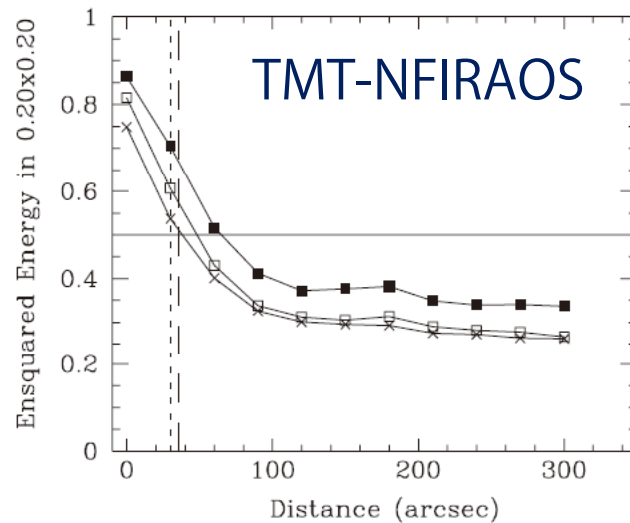
初期補償光学系(NFIRAOS)とEEの比較

- 視野 5' の領域で回折限界に近い像を達成する。= 高空間分解能観測



$0.05'' \times 0.05''$

- 視野 10' の領域でそこそこ良い星像を達成する。= 広がった銀河の高 SN 積分分光



$0.2'' \times 0.2''$

SFR vs. BHAR of type-2 AGNs at $z \sim 1$

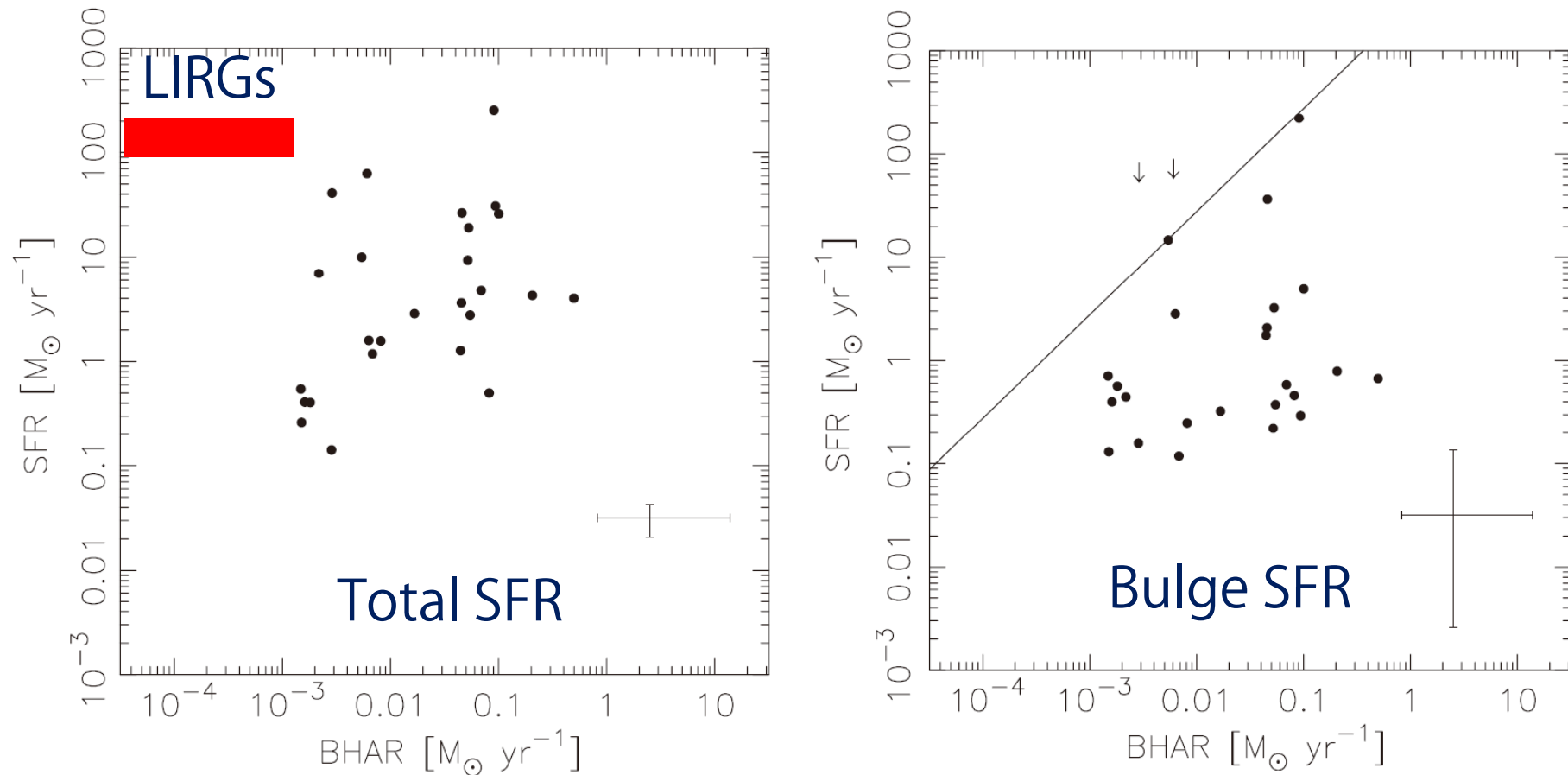


Figure 10. Star formation rates (SFRs) of the bulge components against black hole accretion rates (BHARs) are plotted. The horizontal and vertical bars at the bottom right corner represent average uncertainties of the BHAR (bolometric correction factor and energy conversion factor) and the SFR, respectively. The solid line represents $BHAR/SFR = 3.6 \times 10^{-4}$, which is equal to the median value of the $M_{\bullet}/M_{\text{bulge}}$ ratios in our whole sample.

Kiuchi , Ohta, MA, 2009, ApJ, 696, 1051