



銀河進化の観点から (GLAO Simulation)

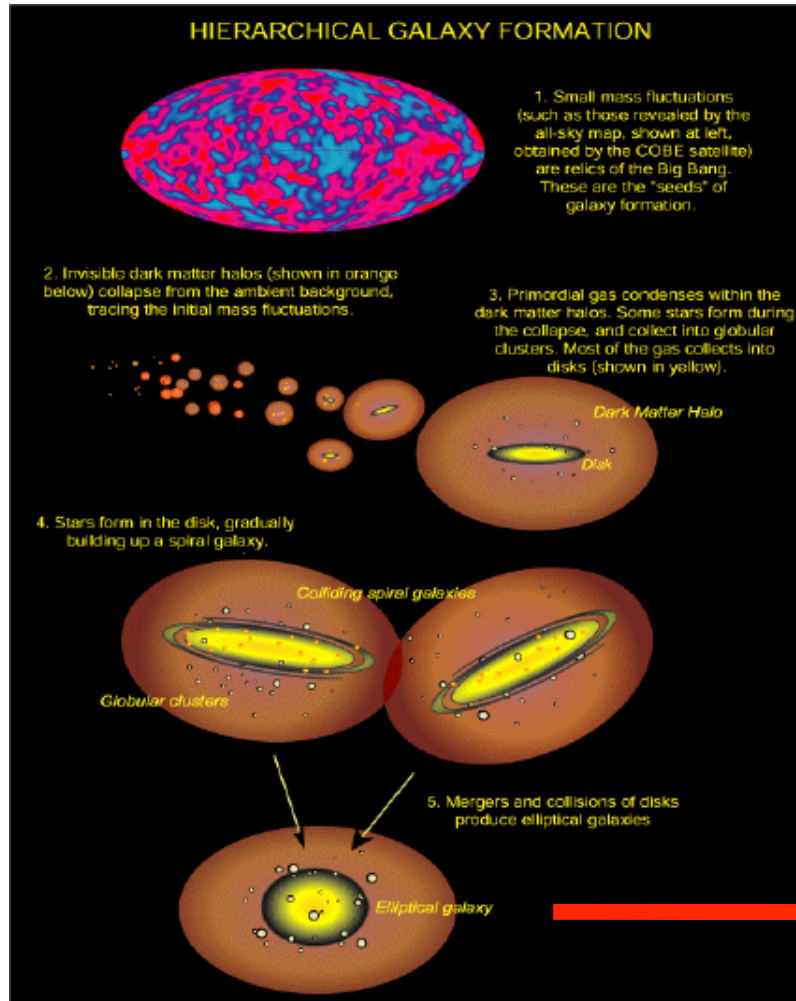
美濃和陽典、岩田生(国立天文台ハワイ観測所)
+ すばる次世代AO検討グループ



概要

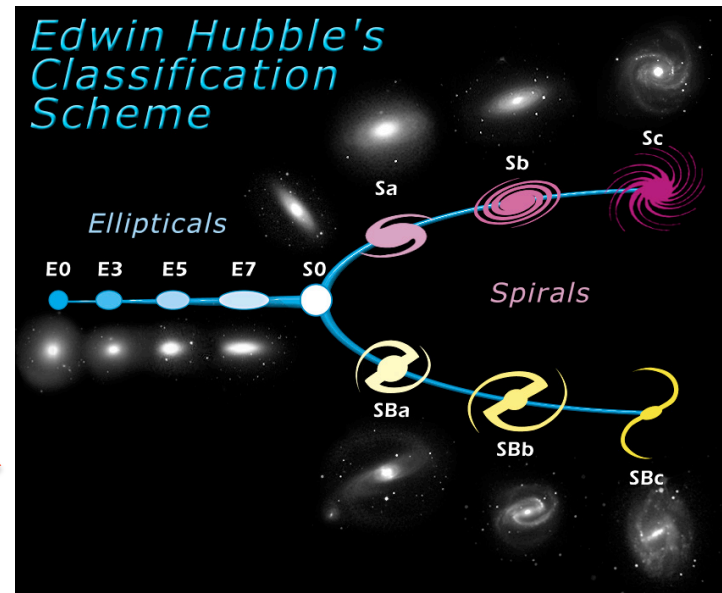
- GLAOによる銀河進化の研究の一例として、
すばるNGAO WGで $z \sim 2$ の銀河の観測について検討した。
 - 期待される検出数とサーベイ効率
 - 撮像シミュレーション(美濃和)
 - 検出感度の見積もり
 - 銀河形態研究の可能性
 - 分光シミュレーション(岩田)
 - 回転曲線、速度分散
 - 銀河内のAGN/Starburst成分の分類

銀河進化



どうやって銀河は成長し、現在のハッブル系列銀河が作られたのか？

現在：

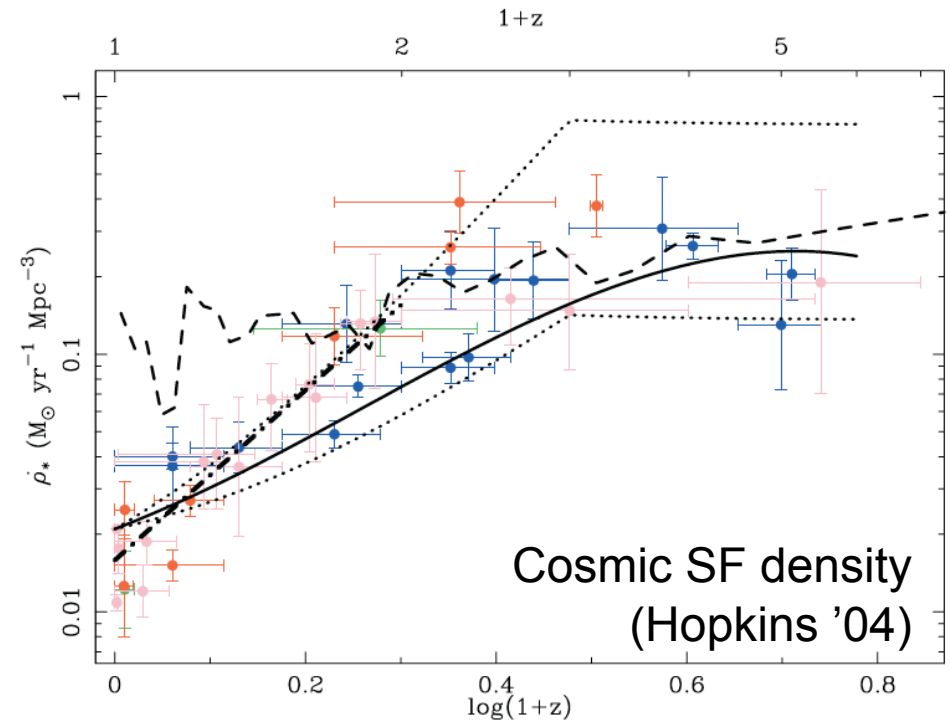
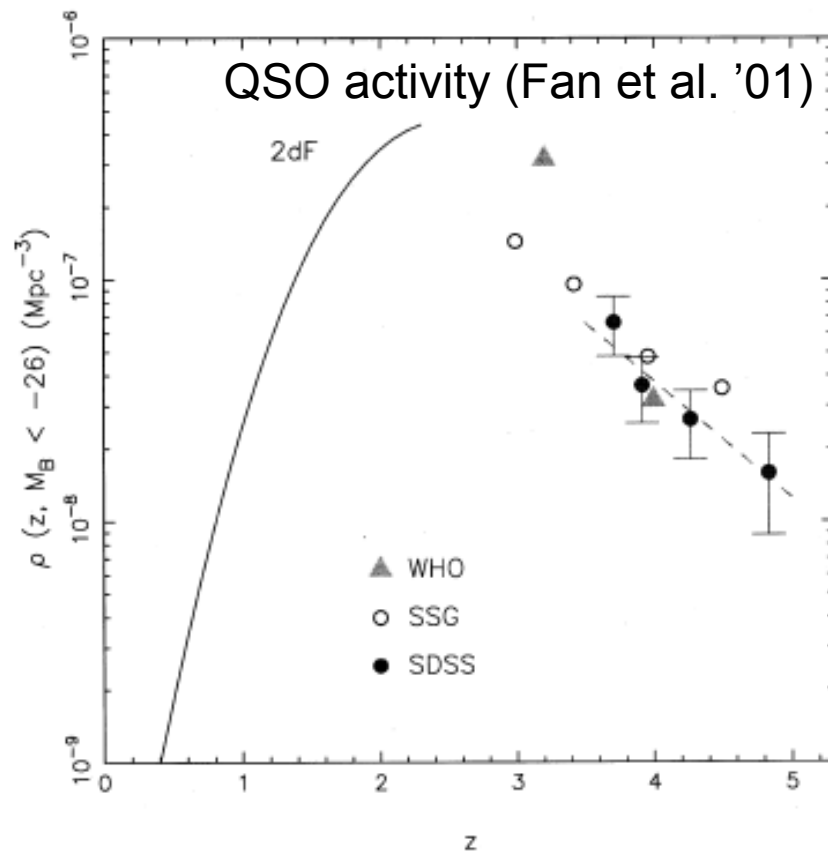


Abraham 2000

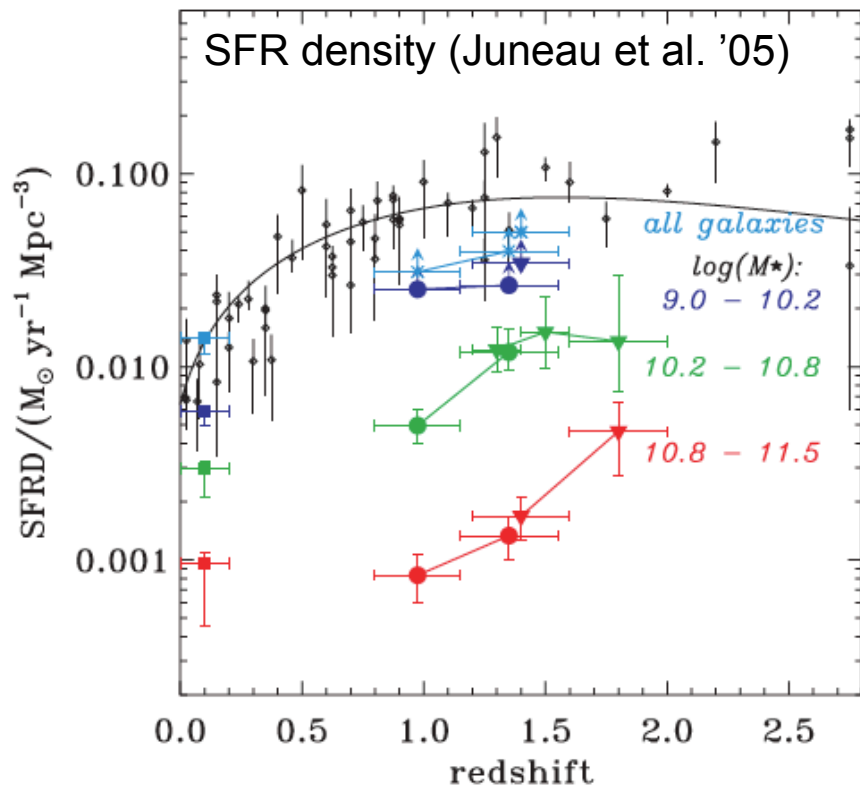


銀河進化の激動期

- QSO activity and cosmic star formation both peak at $z \sim 2$
→ $z \sim 2$ 前後で銀河が急成長したと考えられる



銀河の星質量と星形成



中小質量銀河に比べて、大質量銀河の星形成が早く終わる

→ $z \sim 2$ 付近の大質量銀河で銀河進化の過程をみる上で良いターゲット



$z \sim 2$ の銀河種族

– Optical-color selected galaxies

- LBG, BX/BM: (U-V) vs. (V-R)

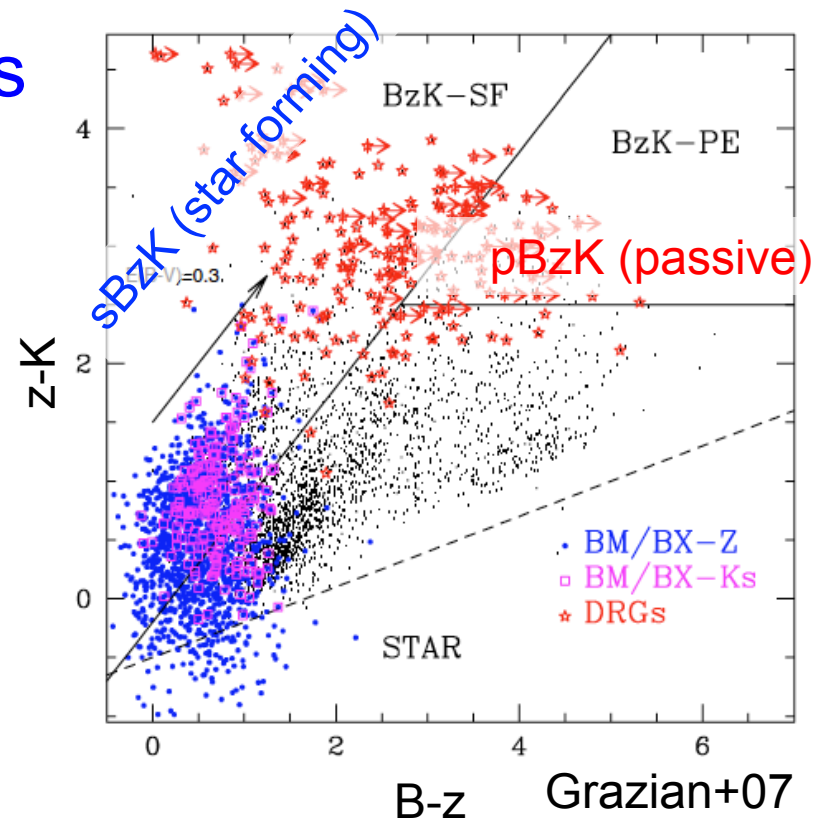
→ 星形成銀河 ($M_* < 10^{11} M_\odot$)

– NIR-color Selected galaxies

- BzKs: (B-z) vs. (z-K), DRGs: J-K

→ 赤く重い銀河 ($M_* \sim 10^{10} - 10^{12} M_\odot$)

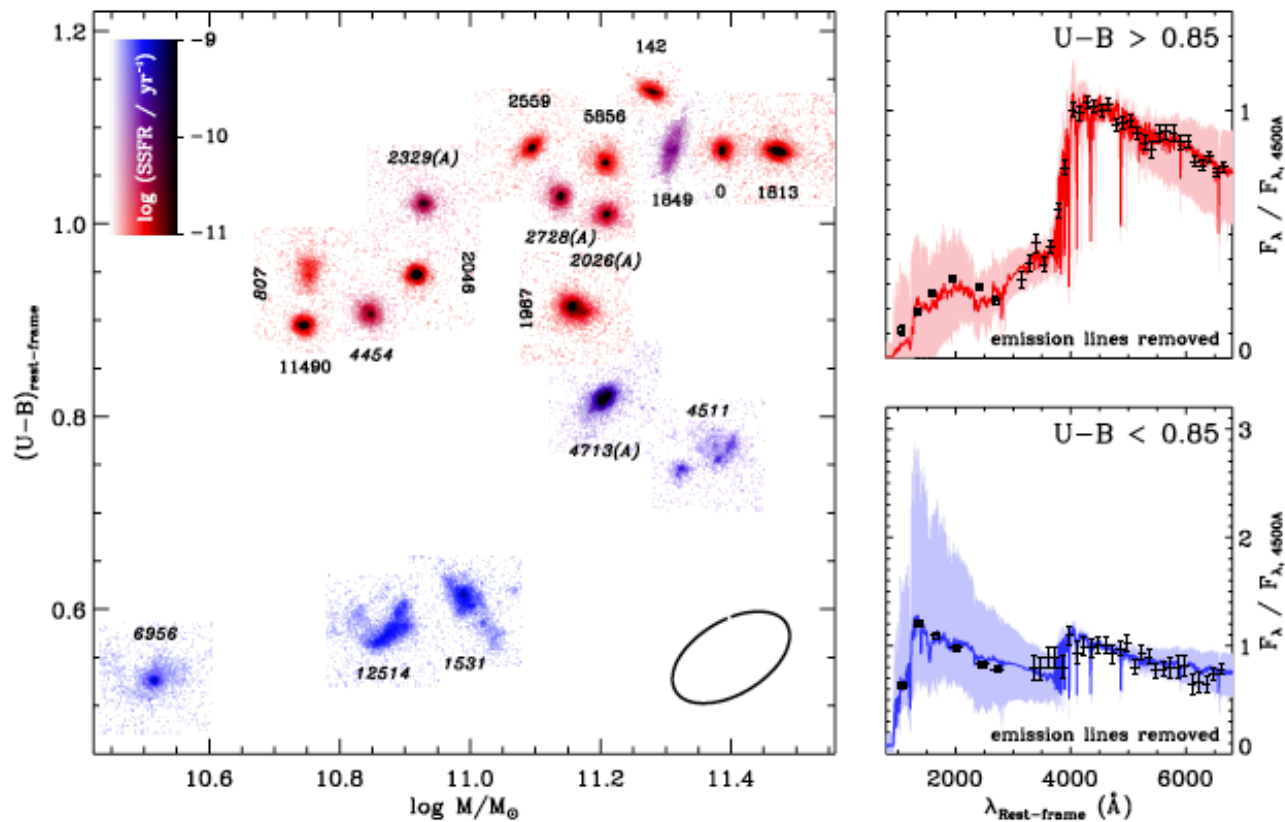
ダストの多い星形成銀河 or 星形成が終わった銀河





$z \sim 2$ の大質量銀河

- K-selected $z \sim 2$ galaxies (Kriek+09, van Dokkum+09)



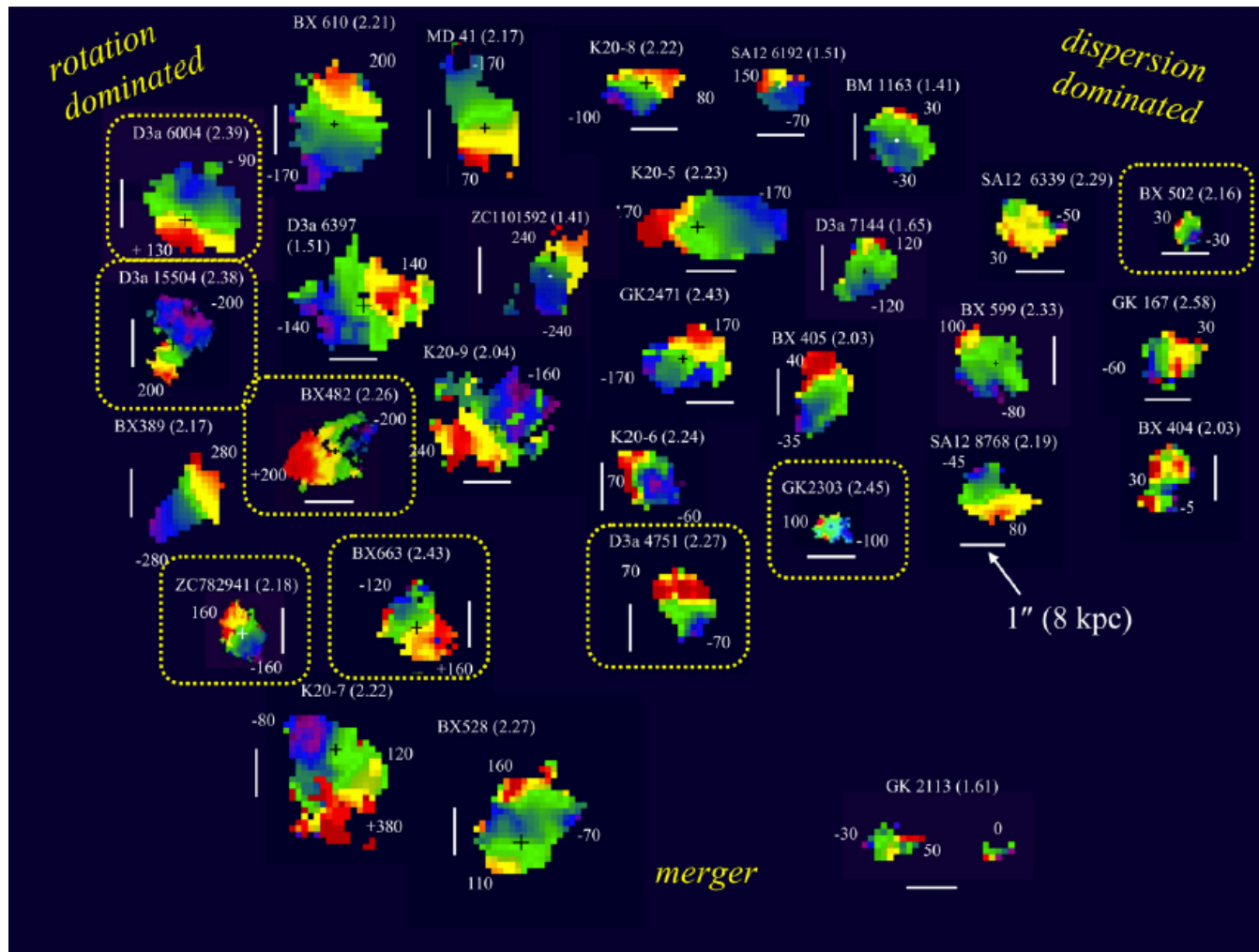
Split into two sequence:

red quiescent galaxies and blue active star-forming galaxies



これまでのz~2銀河の観測

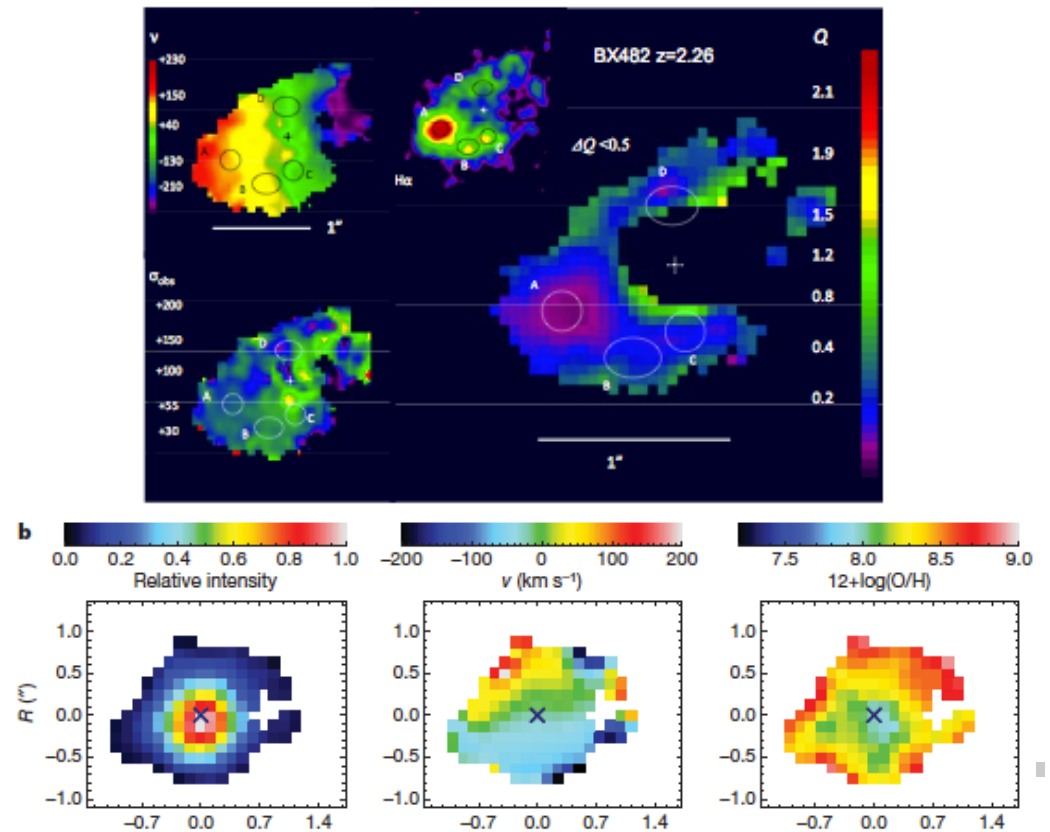
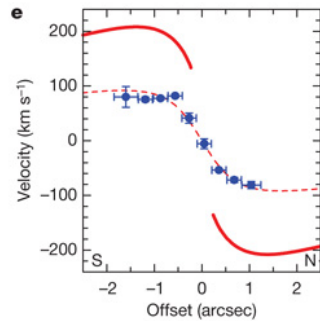
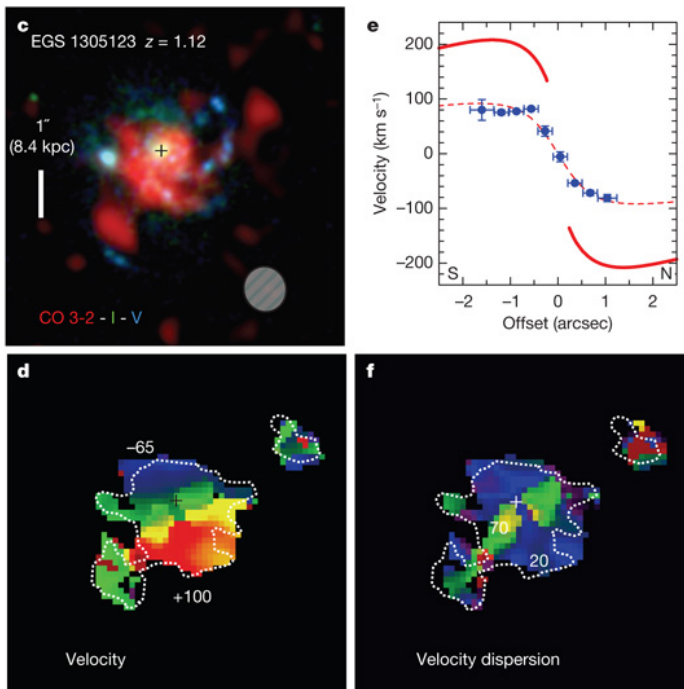
SINFONI spectroscopic survey of z~2 star forming galaxies (Forster Schreiber+09)



Key results of sins survey

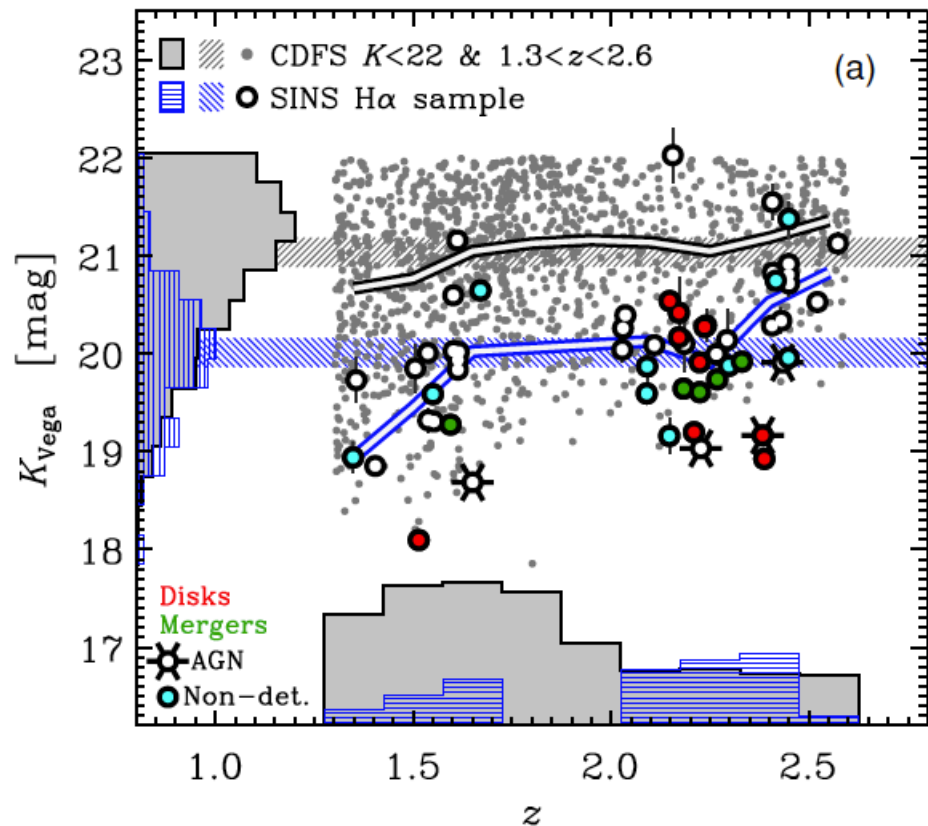


- Discovery of well-ordered rotating disk at $z \sim 2$ (Genzel+06)
- Distinguish mergers and disk from kinematics (Shapiro+ 08)
- Gas-rich clumpy disk at $z \sim 2$ (Tacconi+10, Forster-Schreiber+11)
- Evidence of cold gas accretion funneled into the center of galaxies (Cresci+10)
- Spatial distribution of Toomre Q parameter (Genzel+11)



GLAOによる $z\sim 2$ 銀河の観測の意義

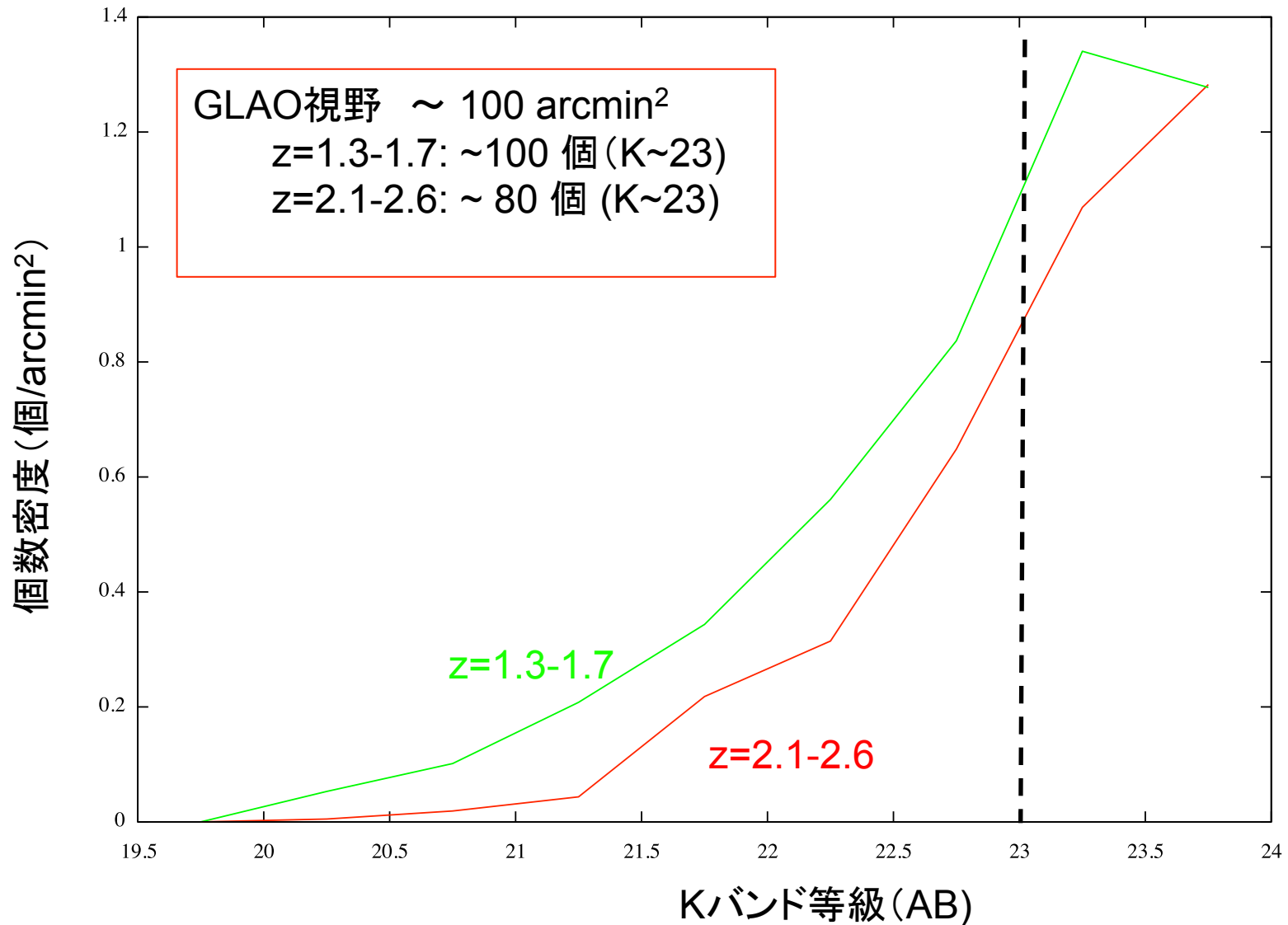
- 現在SINSサーベイで得られている華々しい結果は、 $z\sim 2$ 銀河のmassive-end ($K\sim 20$)の一部の銀河によるもの。
- $K(AB)=23-24$ の銀河を効率よくサーベイしたい。



Forster-Schreiber et al. 2009

GLAOで期待される検出数

MOIRCS Deep Survey (GOODS-N)での $z \sim 2$ 銀河の個数密度 (Kajisawa et al.)



GLAO PSF シミュレーション

～昨日のおさらい(大屋さん発表から抜粋)～



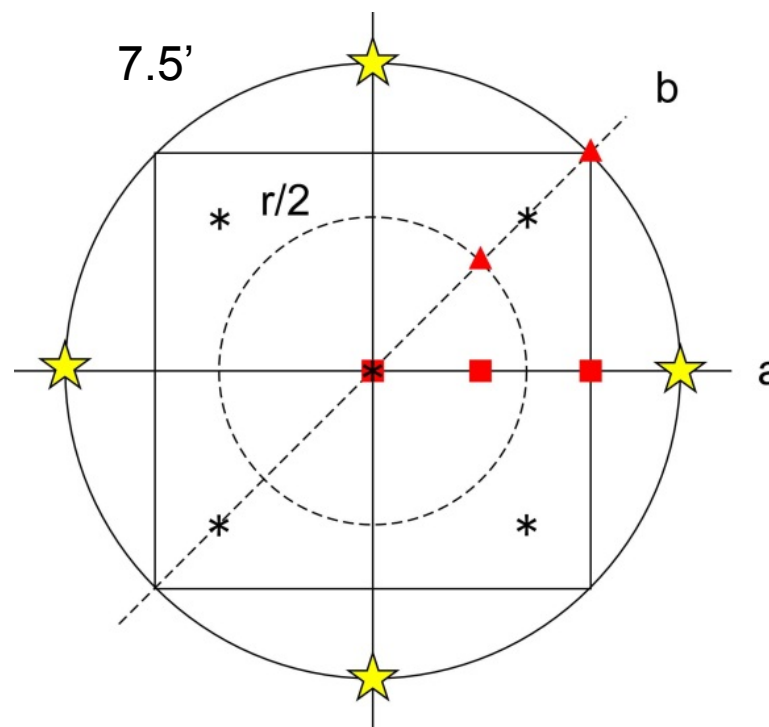
Parameters

- Deformable Secondary: 32 actuator across
- 4NGS (noise free)
- WFS: 32x32 SH

- ★: NGS
- : PSF評価点(GS方向)
- ▲: (対角方向)
- *: DM fitting

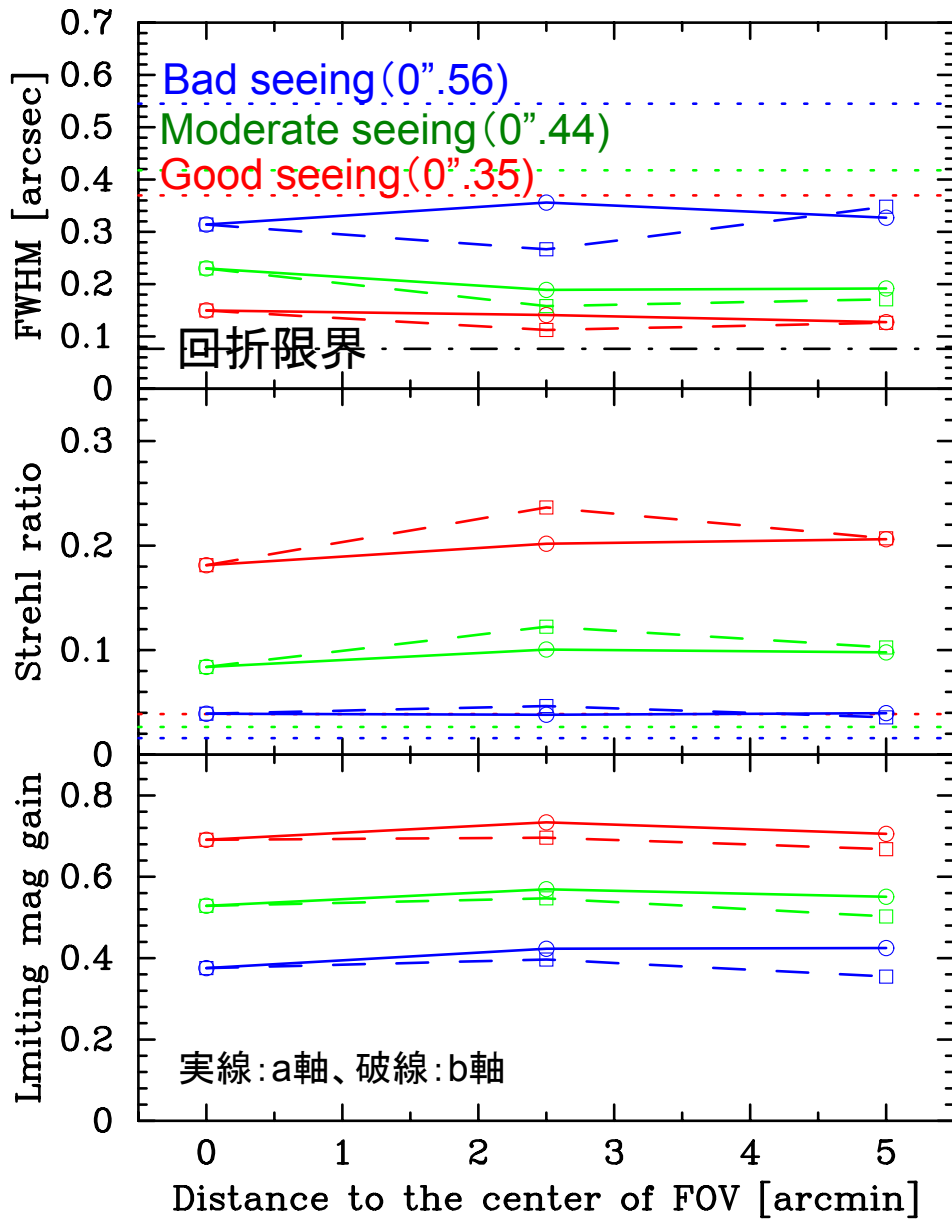
シーイング条件:

- Bad (75%): $0''.56@K$
- Moderate (50%): $0.44@K$
- Good (25%): $0''.35@K$

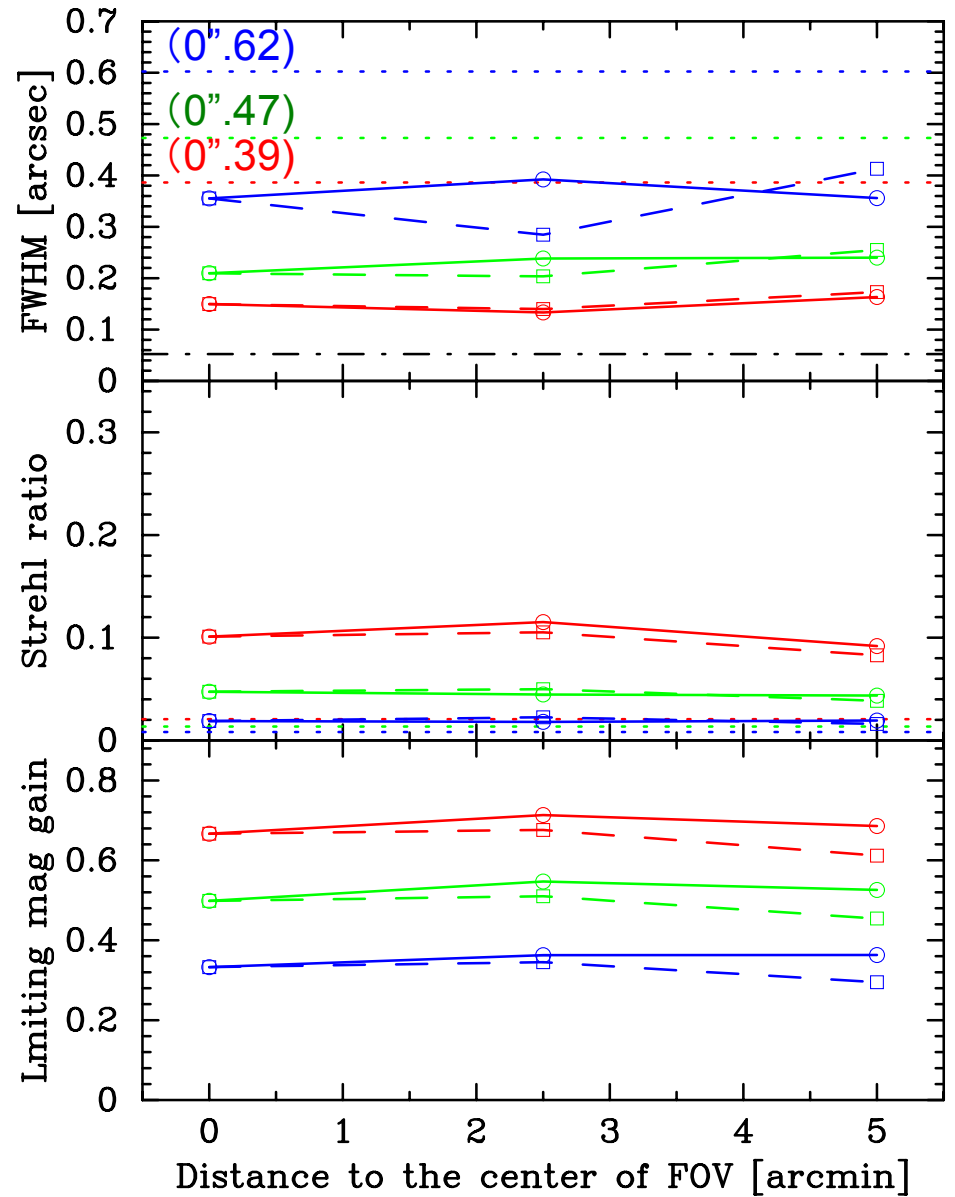


GLAO PSF性能評価

Kバンド(2.2マイクロン)



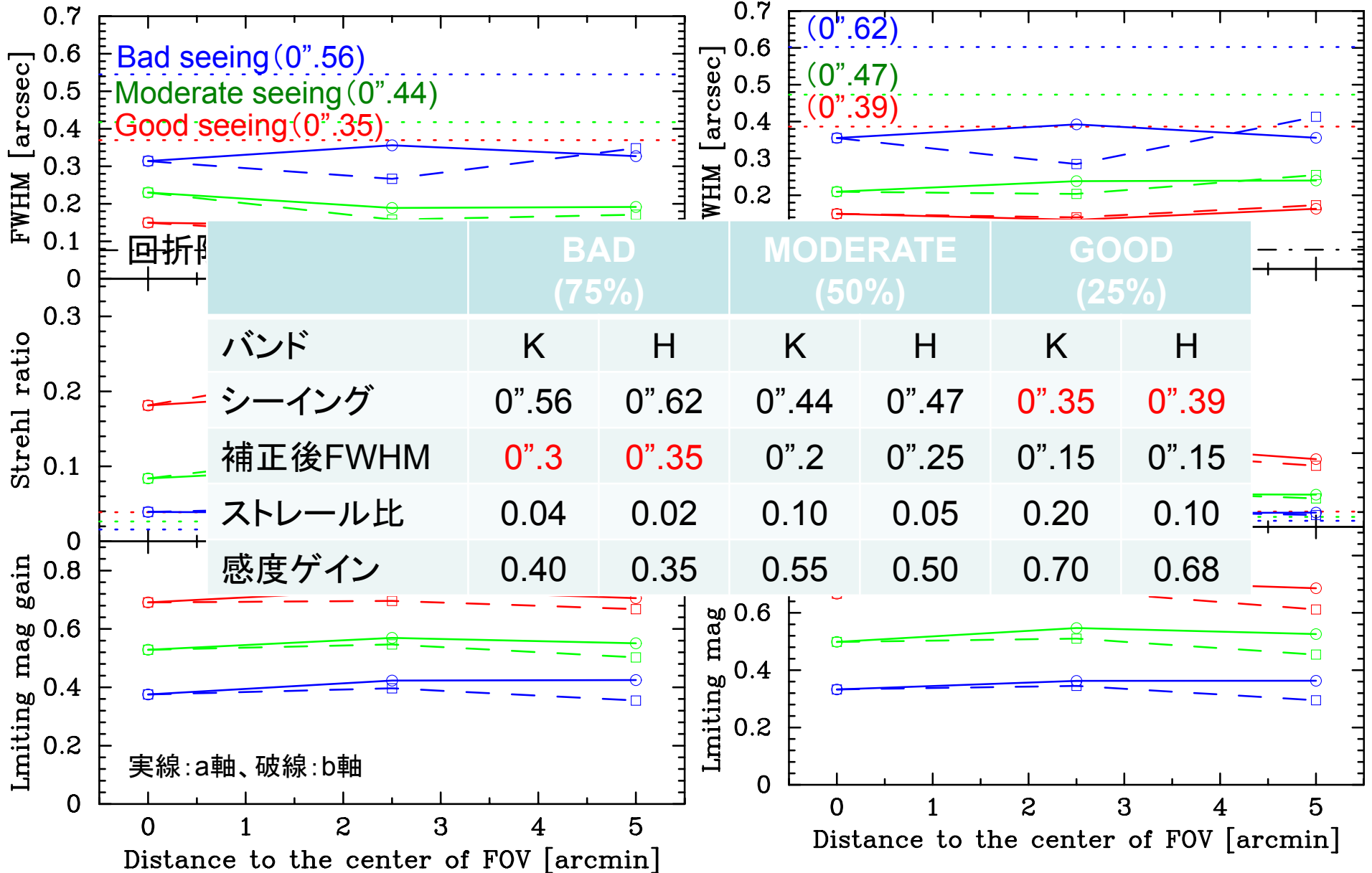
Hバンド(1.65マイクロン)



GLAO PSF性能評価

Kバンド(2.2マイクロン)

Hバンド(1.65マイクロン)





z~2銀河の観測シミュレーション

- z~2銀河のサンプル

- 現在得られる最も解像度の高いHST/WFC3によるz~2銀河のHバンド (F160W)画像を使用
- CANDELS(Koekemoer et al. 2011) GOODS-S領域からz=2.1-2.6, z=1.3-1.7の銀河を選択 (サーベイエリア120arcmin², GLAOと同等)
- MUSYC(Cardamone et al. 2010)カタログから $K_{AB} < 23.9$ のBzK銀河を選択
 - z=2.1-2.6 star-forming BzK 40個 (spec-zがあるもの) --- Kバンド
 - z=1.3-1.7 passive-BzK 6個 (phot-z) --- Hバンド

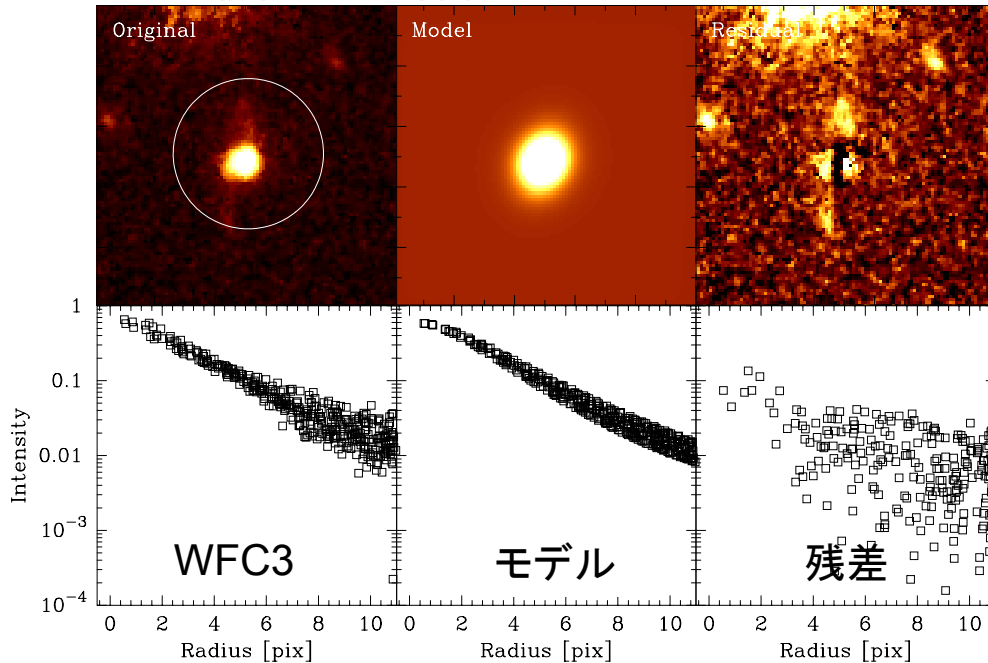
- GLAOシミュレーション

1. WFC3の解像度(FWHM~0".18)はGLAOのベストの解像度(FWHM~0".15)を再現するのに不十分なため、WFC3画像から銀河をGALFITでパラメーターフィットし、PSFでconvolveされる前のモデルを作る。
 2. GLAOのPSFでモデル銀河をconvolve。
 3. 5時間積分に相当するのノイズを加える(撮像の場合)。
-

Star-forming BzK at $z=2.1-2.6$ (モデル)

GOODS-SのWFC3画像(CANDELS)からsBzK銀河をモデル化

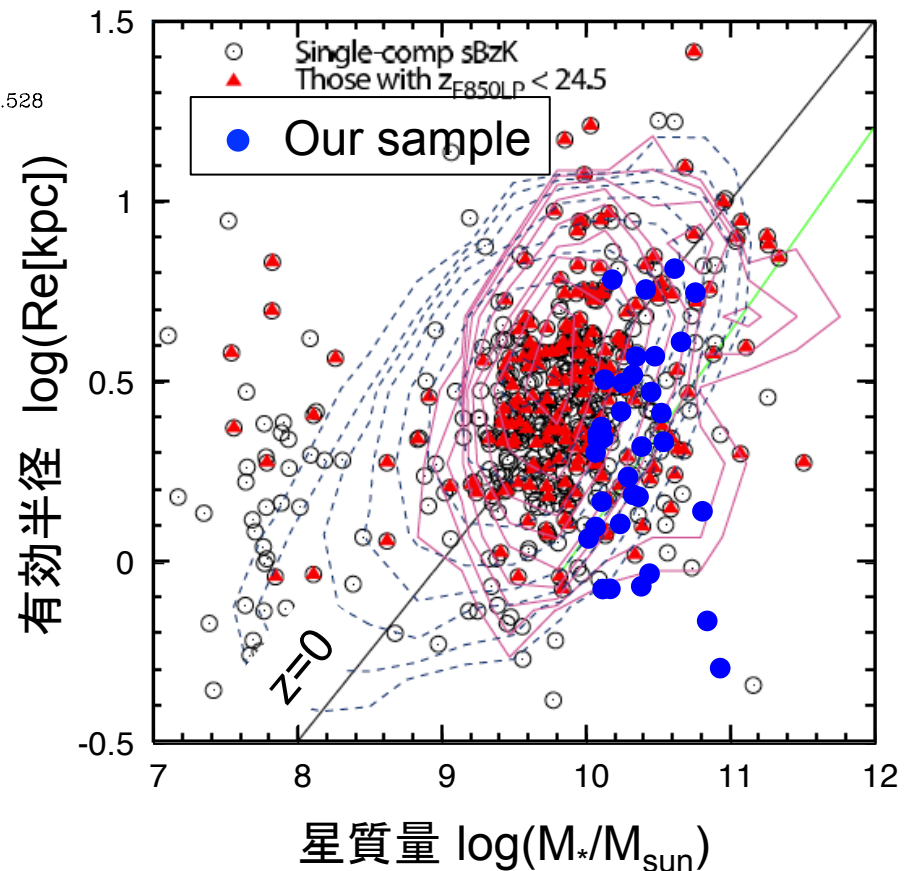
MUSYC:34852 H=22.51 K=21.86 $z_{\text{spec}}=2.320$ $z_{\text{phot}}=2.466$
 XC=49.529±0.039 YC=48.275±0.045 mag=22.218±0.015
 Re=2.838±0.060[pix] (1.395±0.029[kpc]) N=1.716±0.112 AR=0.699±0.020 PA=-21.896±2.528



Sersic profile

$$\Sigma(r) = \Sigma_0 \exp \left\{ -b_n \left[(r/r_e)^{1/n} \right] \right\}$$

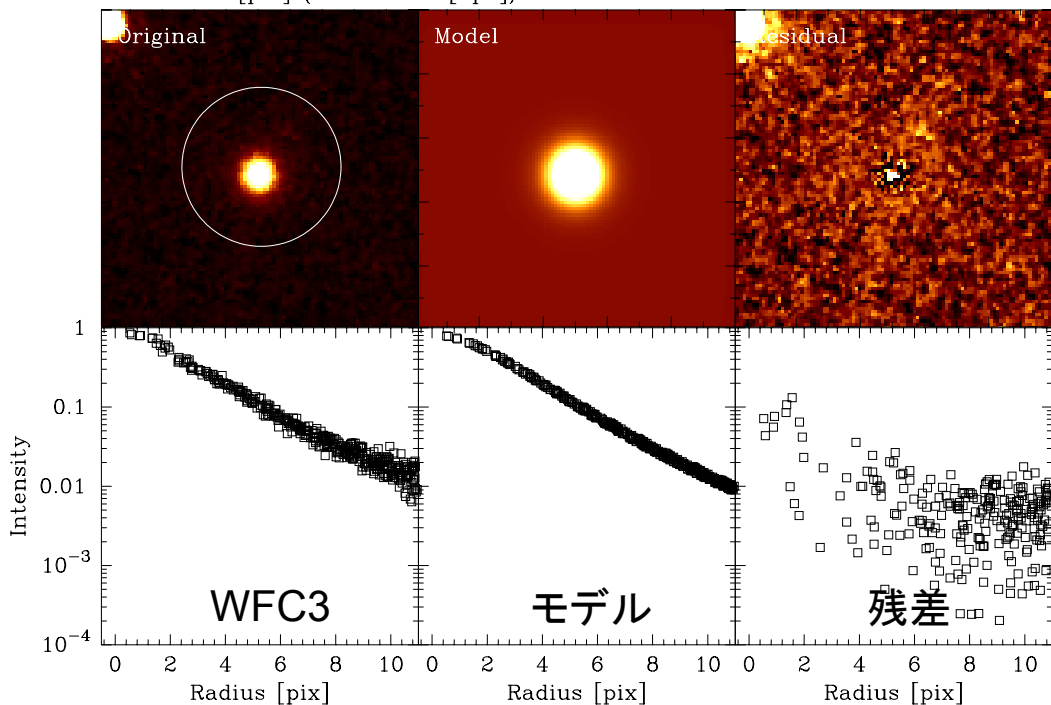
$z \sim 2$ のsBzK銀河@GOODS-Nでのサイズ-星質量の関係(Yuma et al. 2011)と比較



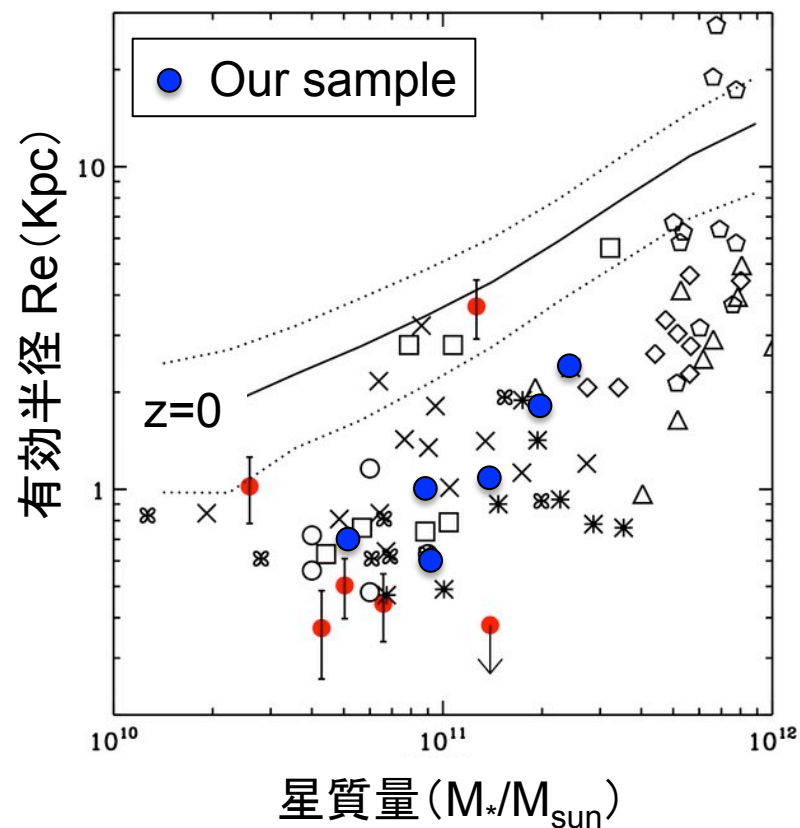
Passive BzKs at $z=1.3-1.7$ (モデル)

GOODS-SのWFC3画像(CANDELS) からpBzK銀河をモデル化

MUSYC:37269 H=22.36 K=21.69 $z_{\text{spec}}=-1.000$ $z_{\text{phot}}=1.741$ $\log(M_*/M_\odot)=10.127$
 XC=50.254 \pm 0.058 YC=48.535 \pm 0.059 mag=22.009 \pm 0.019
 Re=2.213 \pm 0.079[pix] (1.123 \pm 0.040[kpc]) N=1.753 \pm 0.151 AR=0.909 \pm 0.030 PA=5.123 \pm 13.134



$z\sim 2$ のpassive銀河における サイズ-星質量の関係 (Cassata et al. 2010)と比較



コンパクトで重い銀河を選択

Passive BzKs at $z=1.3-1.7$ (GLAO撮像)

- Moderateシーイング($0''.5$)でGLAOを効かせ、Hバンドで5時間観測した場合を想定

GLAO

シーイング
($0''.5$)

回折限界

GLAO center

GLAO 2'.5(a)

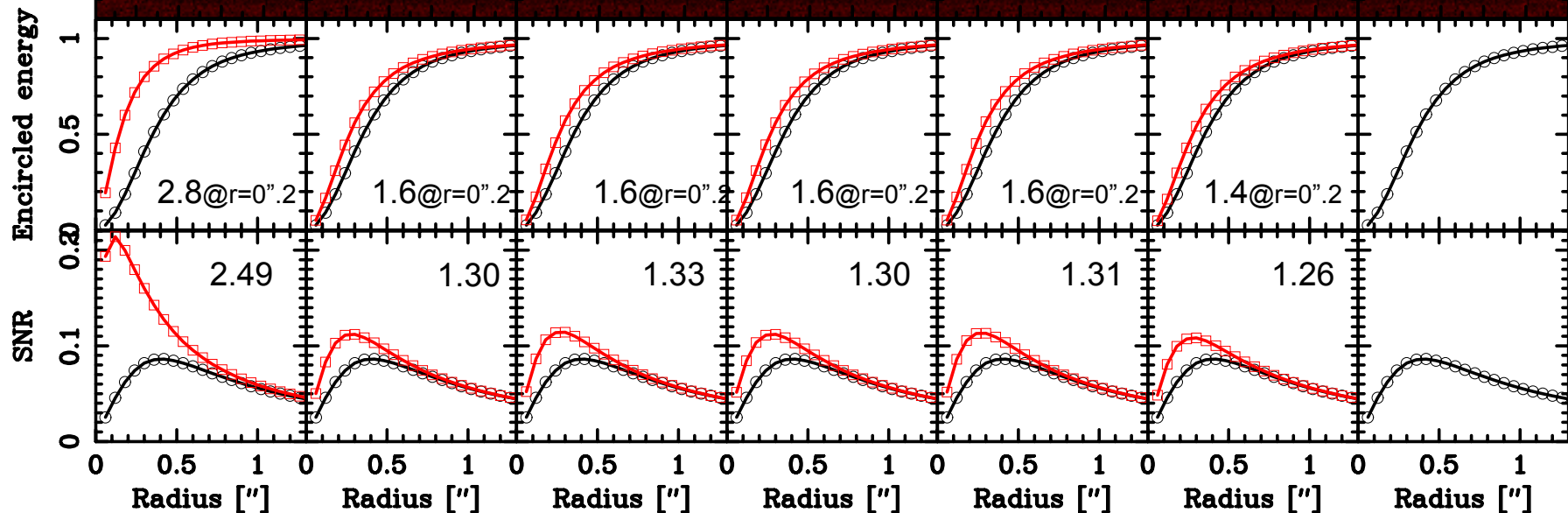
GLAO 2'.5(b)

GLAO 5'.0(a)

GLAO 5'.0(b)

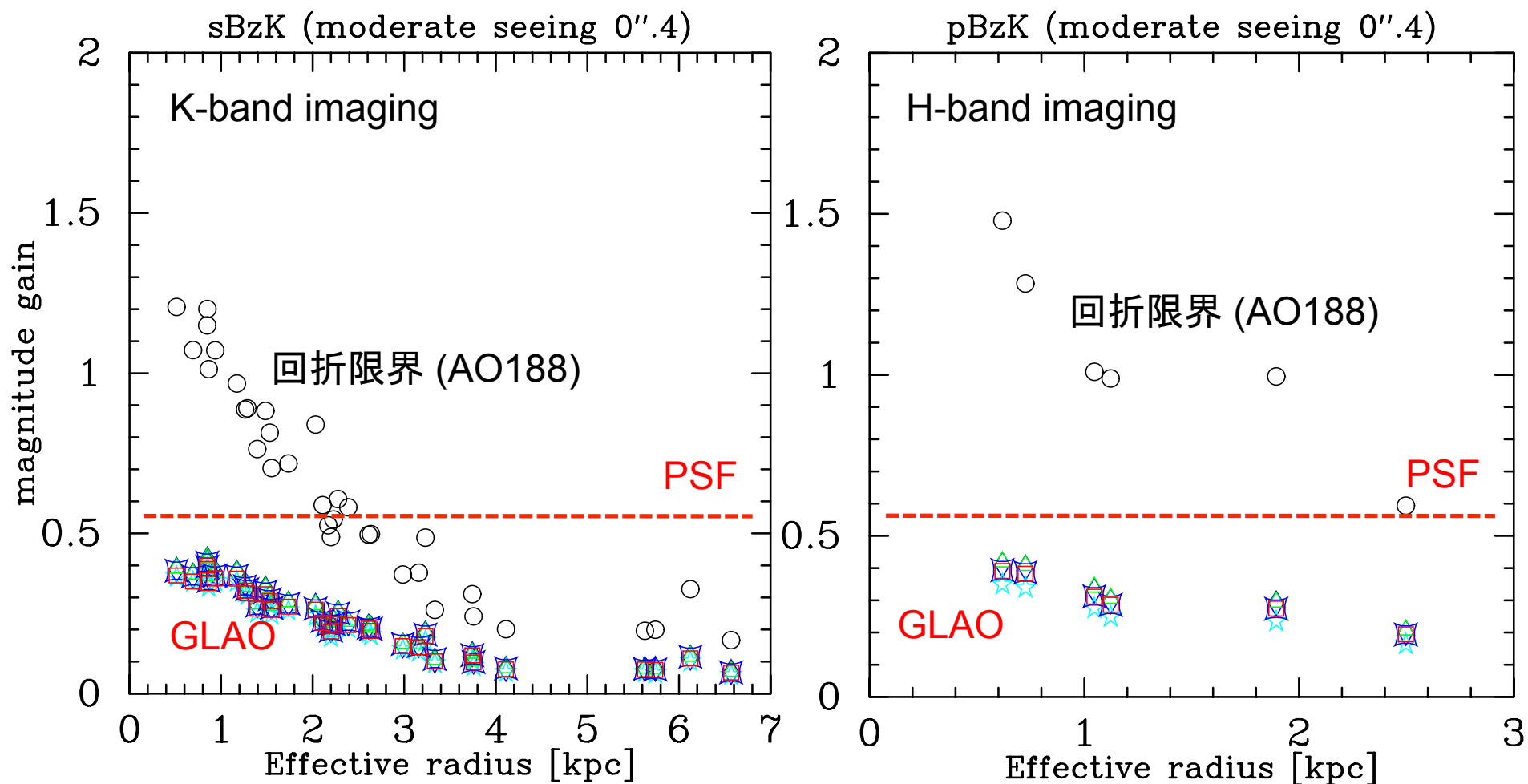
($0''.5$)

撮像検出感度のゲイン: 0.28mag (GLAO), 1.00 (DL)
分光感度のゲイン($0''.4$ スリットの場合): 0.51mag (GLAO), 1.12mag (DL)



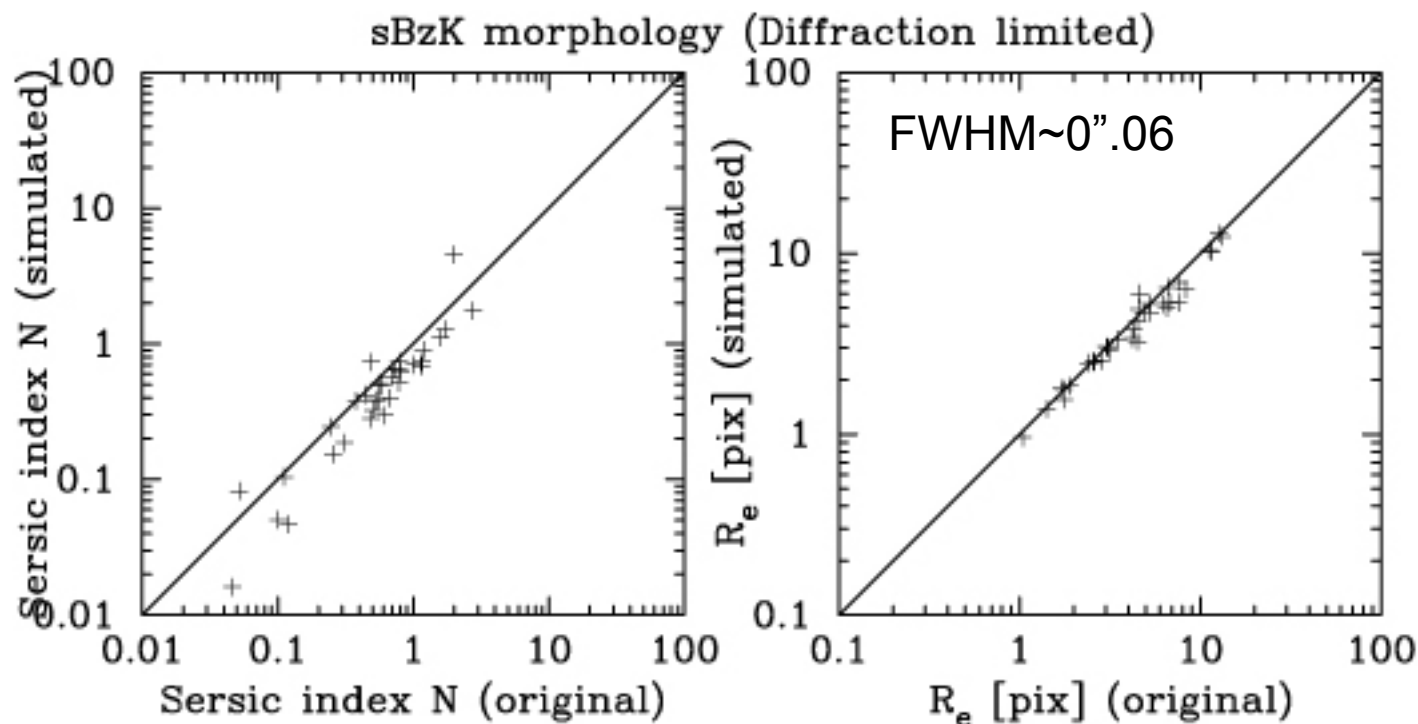
MUSYC 37269: $z_{\text{phot}}=1.74$, $H=22.4$, $K=21.7$, $\log(M_*/M_{\text{sun}})=11.1$, $R_e=1.1$ [kpc], $N=1.7$

GLAO sensitivity gain for $z \sim 2$ galaxies



GLAOによる $z\sim 2$ 銀河形態研究の可能性

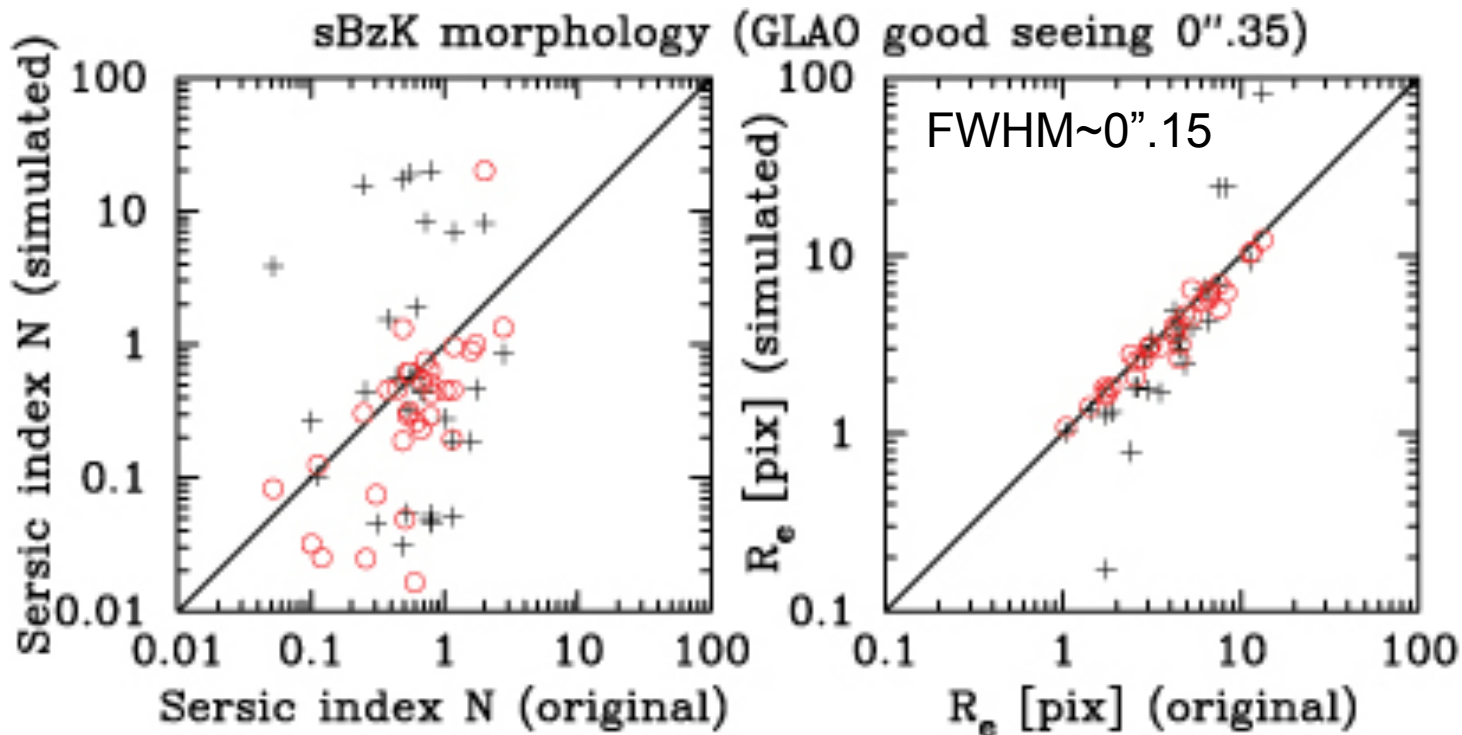
- $z\sim 2$ のsBzK銀河をGLAOで5時間観測した画像から銀河形態のパラメータ(R_e , Sersic index N)がどれだけ再現できるか？



o: GLAO, +: natural seeing

GLAOによる $z\sim 2$ 銀河形態研究の可能性

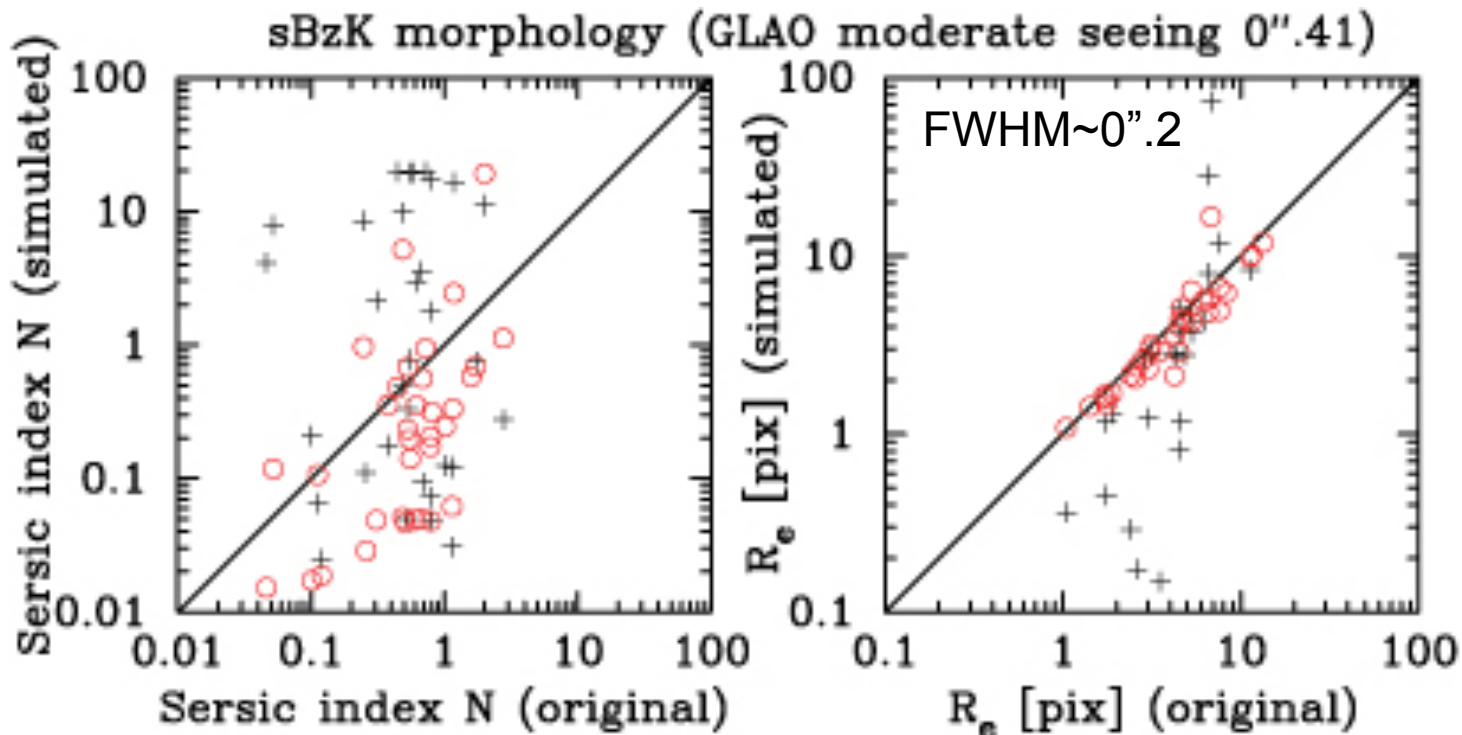
- $z\sim 2$ のsBzK銀河をGLAOで5時間観測した画像から銀河形態のパラメータ(R_e , Sersic index N)がどれだけ再現できるか？



○: GLAO, +: natural seeing

GLAOによる $z\sim 2$ 銀河形態研究の可能性

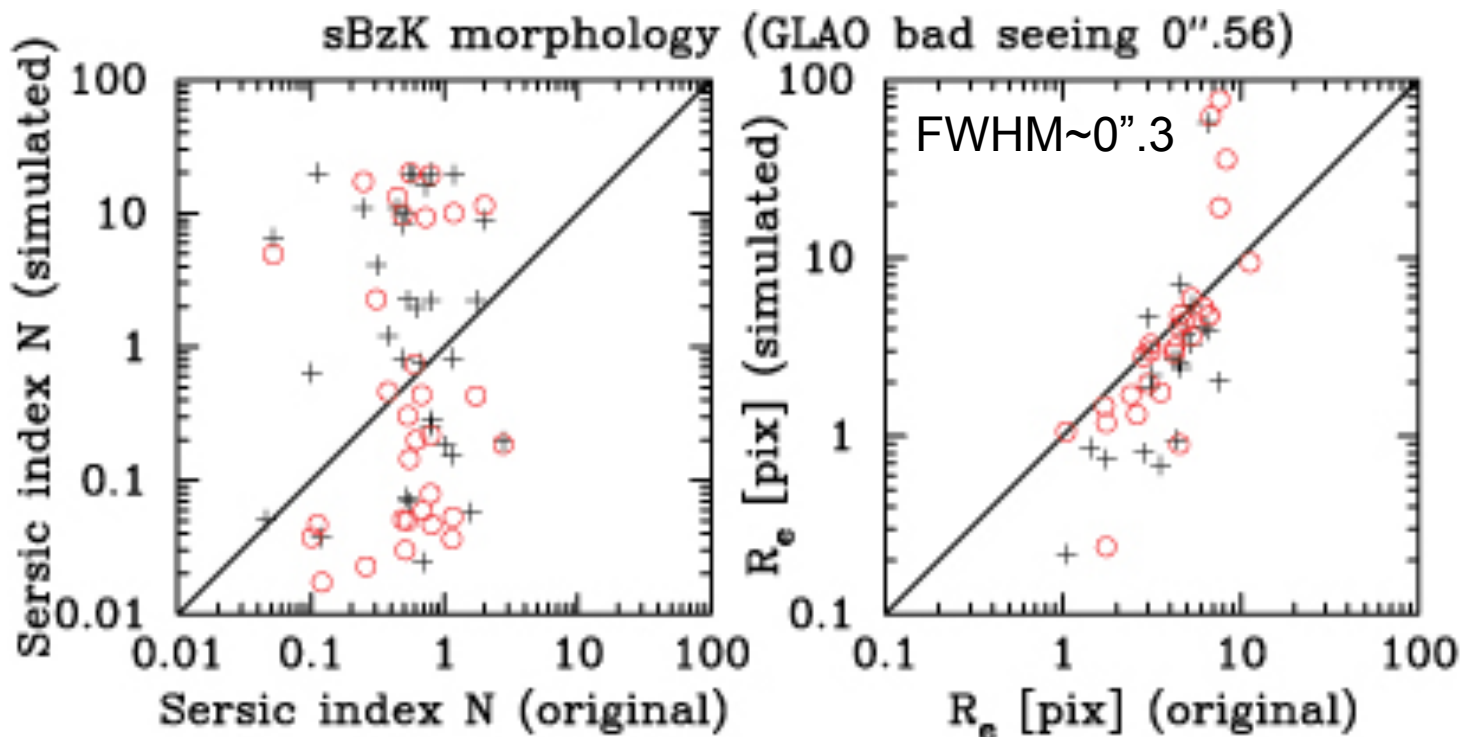
- $z\sim 2$ のsBzK銀河をGLAOで5時間観測した画像から銀河形態のパラメータ(R_e , Sersic index N)がどれだけ再現できるか？



○: GLAO, +: natural seeing

GLAOによる $z\sim 2$ 銀河形態研究の可能性



- $z\sim 2$ のsBzK銀河をGLAOで5時間観測した画像から銀河形態のパラメータ(R_e , Sersic index N)がどれだけ再現できるか？



○: GLAO, +: natural seeing



GLAO撮像シミュレーションまとめ

- GLAOによる $z\sim 2$ の銀河の観測シミュレーションを行った
 - GLAOの 100arcmin^2 で期待される $z\sim 2$ 銀河は100個程度
 - 検出感度のゲイン (moderate seeing)
 - 悪条件下でのGLAO性能は、好条件のシーイングの性能と同等
 - 平均的なシーイング下では、0.55等(PSF), 0.3-0.4等 ($r_e < 3\text{kpc}$)
 - $r_e > 3\text{kpc}$ の大きな銀河に対しては有意な向上は無い
 - 銀河形態研究の可能性
 - 銀河形態(Sersic index)は好条件のGLAOであればかろうじて分類可能
 - 銀河のサイズは好条件のシーイングであれば導出可
 - 悪条件でもGLAOをかけることで可能になる。
- 
- 

Point Source, 10^4 sec

