

# The morphologies of massive galaxies at $1 < z < 3$ in the GOODS-N fields

東北大学 修士1年

森下 貴弘

1.Introduction

2.Data

3.Analysis

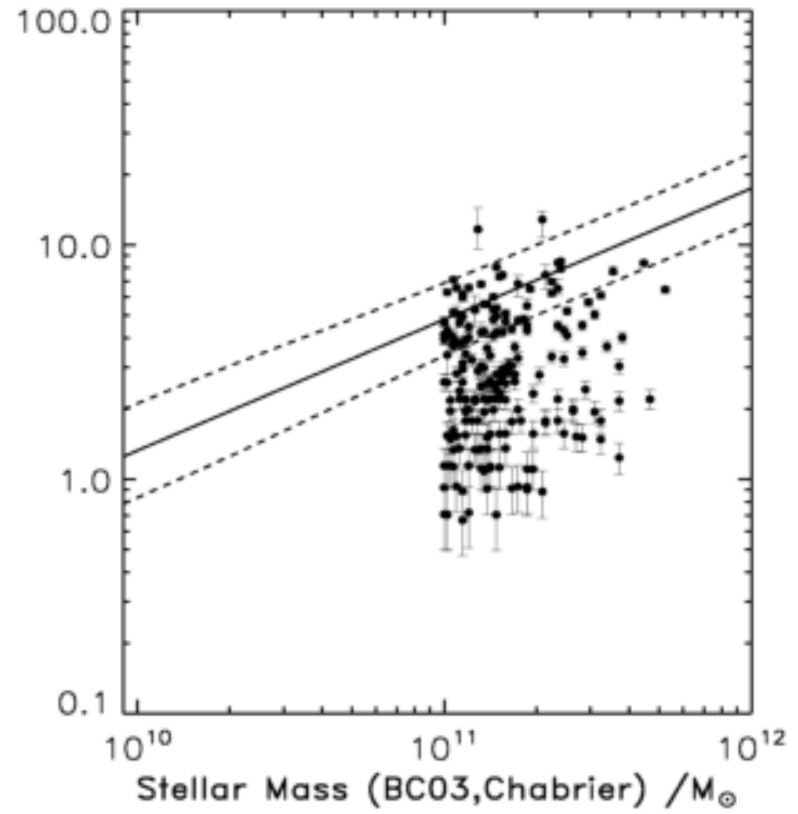
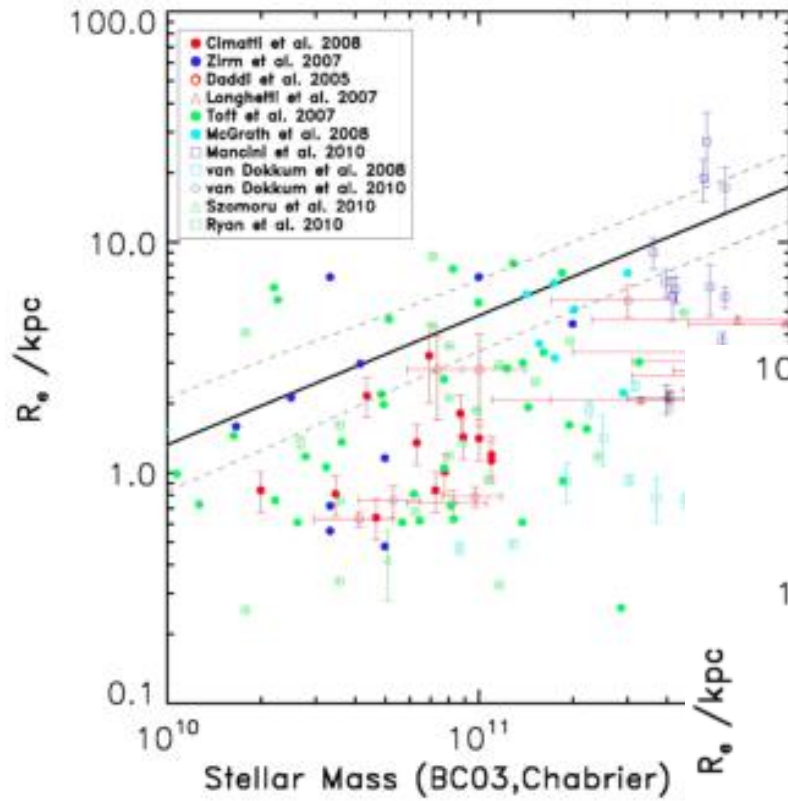
4.Selection

5.Conclusion

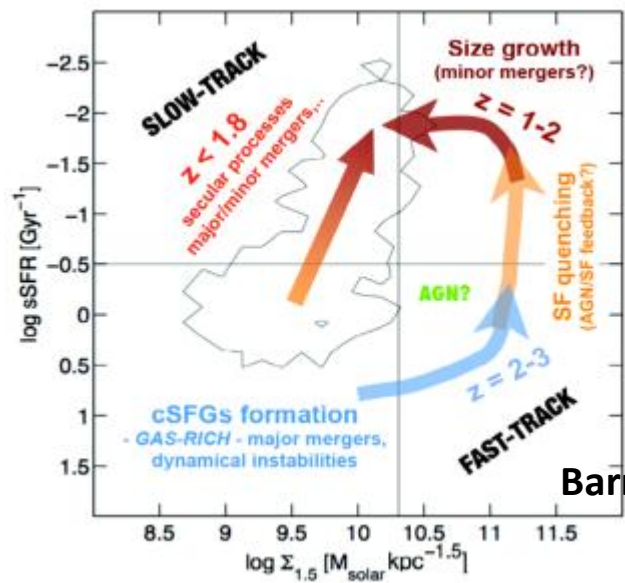
# 1.Introduction

この研究の背景には以下のものがあげられる。

- 現在の銀河に対して $z \sim 1-3$ の銀河はコンパクトであると言われている。(Trujillo et al. 2006,2007;Akiyama et al. 2008; Szomoru et al. 2010)
- しかし中心から離れたDisk部分については観測の限界から十分に議論されて来なかった。
- 特に、その頃から現在に至るまでに銀河がどのようにその形、質量を変えて来たかは未だにはっきりしていない。
- 近年の観測装置の発達によってhigh- $z$ における銀河の形の議論ができるようになってきた。(Szomoru et al. 2010;Bruce et al. 2012;T.Ichikawa et al. 2012)
- HST WFC3/IRによって銀河進化がピークを迎えられたと考えられる $z=1-3$ の銀河のrest-frameでの形を調べることができる。



Bruce et al. 2012の結果と  
Shen et al. 2003の近傍銀河の関係



Barro et al. 2012

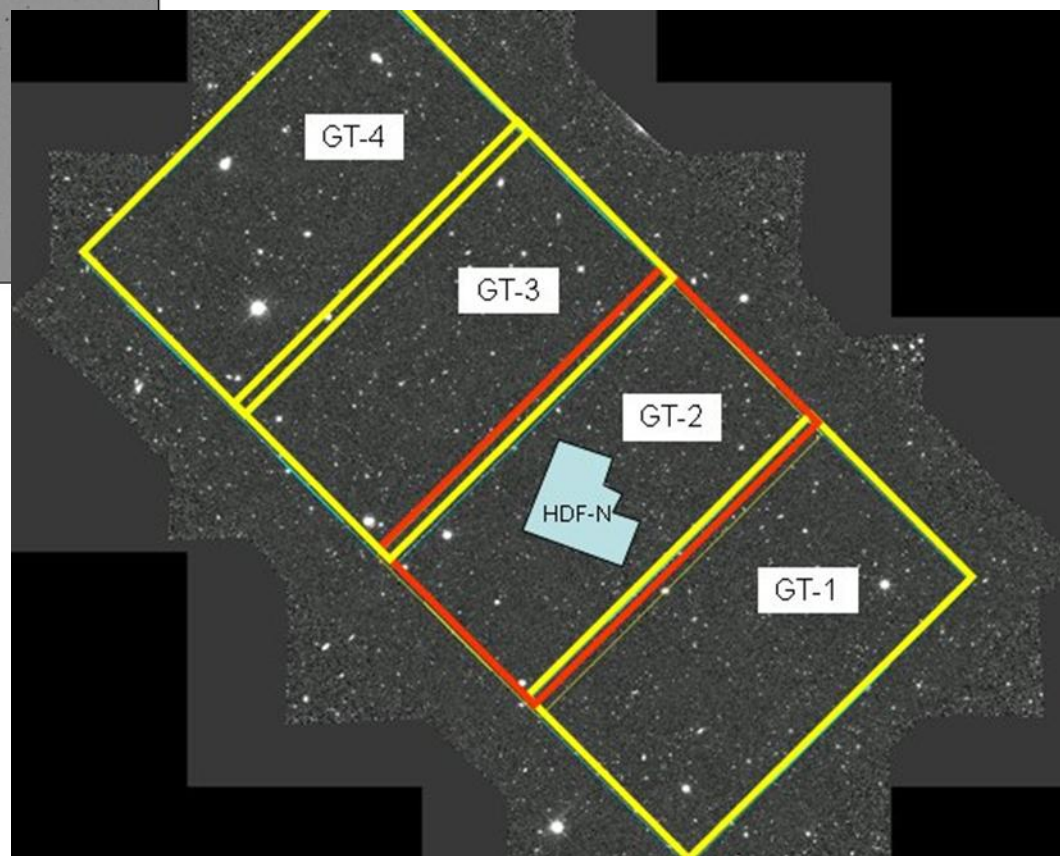
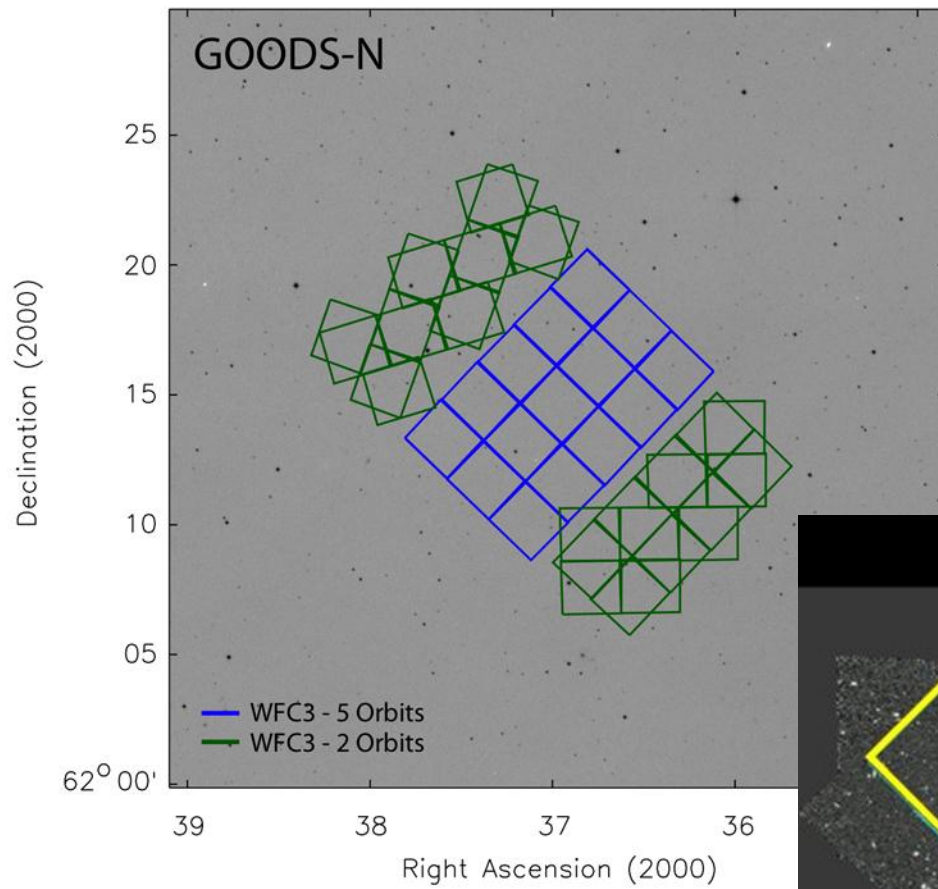
# 問題点

以上の研究をするにあたり、いくつか問題がある。

- 銀河の構造パラメータ( $r_e, n$ )を決定する際に頻繁に使われるソフト(GALFITなど)は正しいのか...
  - > local minimum trap、sky estimation
- Noiseによる影響
  - > モデル銀河を作ってノイズをのせて検証しなければいけない。

## 2.Data sample

- 今回の研究をするにあたり使ったデータは以下である。
- HST WFC3/IR for GOODS-North
  - >  $H_{160}$  images, 2~3-orbits.
- MOIRCS Deep Survey(MODS) (Kajisawa et al. 2009)
  - >  $z$ ,  $M_*$ , SFR,  $M_V$ , ...
  - >  $m_K \sim 28$  mag(AB)
- The galaxies of  $10^{10} \sim 10^{12} M_{\odot}$  at  $0 < z < 3$ .



# 3. Analysis

解析手順としては以下である。

- MODS data (x,y), HST mosaic imageから
  - > 6 x 6 image stamps for each galaxyを切り取る。
  - > PSF の評価は周辺のサチっていない7つの星を使う。
- SExtractor
  - > GALFITで使う初期条件を決定する。
- GALFIT
  - > Model fitting by the minimum  $\chi^2$  method.



# 3. Analysis

ここで、GALFITでフィッティングするのは以下の関数である。

*Sersic model (Sersic 1968)*

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

- $\Sigma(r_e)$  :  $r_e$ での表面輝度
- $r_e$  : effective radius (モデルの全fluxのうち半分を含む半径)

# 3. Analysis

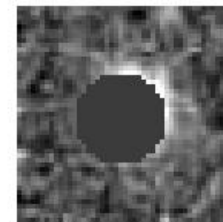
## SExtractor

- MODS天体の座標から $6 \times 6$  arcsec<sup>2</sup> image stamps for each galaxy.
- それらに対してSExtractorで、
  - MAG\_AUTO:全等級
  - FLUX\_RADIUS:half light radius
  - X\_IMAGE,Y\_IMAGE
  - ELONGATION:a/b
  - THETA\_IMAGE:銀河の向き
- > GALFITの初期条件として使う。
- 複数天体写っているのは除く。
- フラグが高いものは除く。
  - > 776 -> 335天体

# 3. Analysis

## Background estimation

- HST dataは既にsky引きがされている。
  - 更にlocalなsky引きをしたい。
- 中心に半径10pix(=1.3arcsec)のマスクを置き、メジアンを以ってsky backgroundを見積もる。
  - GALFITに任せることも可能。
  - $n, R_e$ を5%程度大きく見積もってしまう。(Bruce et al. 2012)



# 3. Analysis

## PSF estimation

- モザイク画像中の周囲に天体が少なく、サチっていない星を7つ使い、そのメジアンをとってPSF imageとして使う。
- そのイメージからもskyを引いておく。

# 3. Analysis

## GALFITting

- 初期条件 : SExtractorで求めた値を使い、Single component fittingをする。
- パラメータの固定は任意。
  - Background skyは前に求めた値に固定、PSFは先ほどの画像を使う。(convolution)

左:元の画像

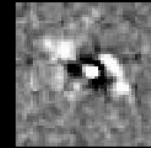
中:モデル画像

右:残差

→中心やスパイラル成分が残ってしまう



23 44 66 87 109 131 152 174 195



66 87 109 131 152 174 195



23 44 66 87 109 131 152 174 195



23 44 66 87 109 131 152 174 195

23 44 66 87 109 131 152 174 195

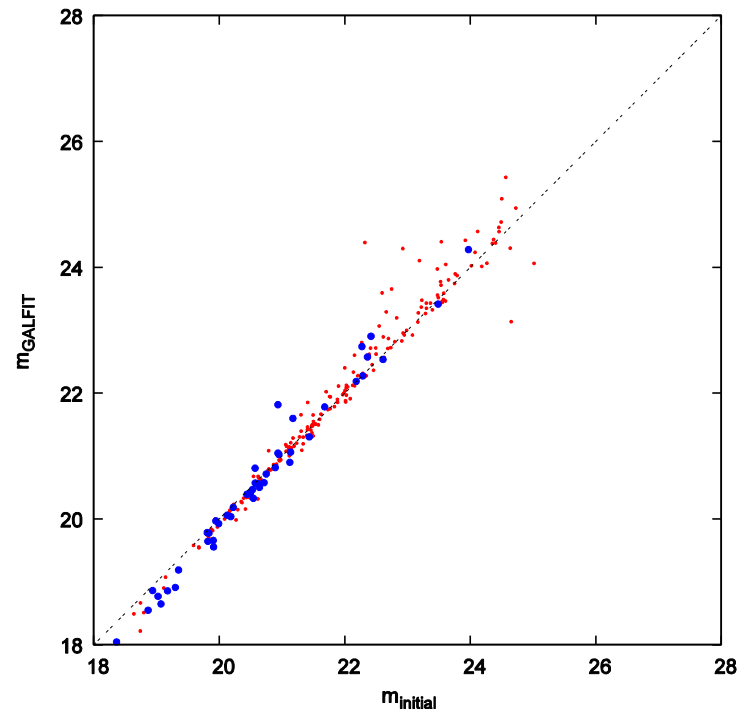
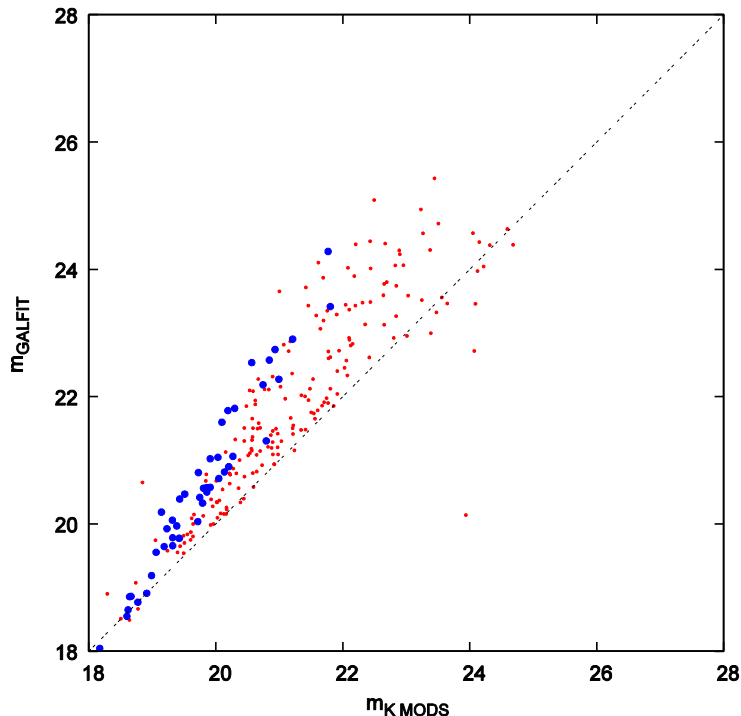
# 4.Selection

- GALFITによって異常な値を示すもの(74 天体)はフィッティングをし直す。
  - $n > 5, R_e < 0.1, R_e > 10$  [kpc]
- 中心にPSF componentを含むDouble component fitting (26/74)
  - AGNなどの寄与を考慮。
- 最終的には  $0 < n < 8, 0.05 < R_e < 10$  [kpc]のものを残した。
- また、 $mag_{PSF}/mag_{Sersic} \lesssim 5\%$ 
  - AGN dominantなものはない。
- 最終的には、246の銀河がfittingに成功。

# 5.結果

## $mag_{MODS} - mag_{GALFIT}$

- $m_H \sim 26$ 等
- MODSはSExtractorによる $m_K$
- GALFITの $m_H$ 方が暗く評価されている。
- Massive( $M_* > 10^{11}$ ; 青)なもの程赤い。(Kajisawa & Yamada et al.2006)

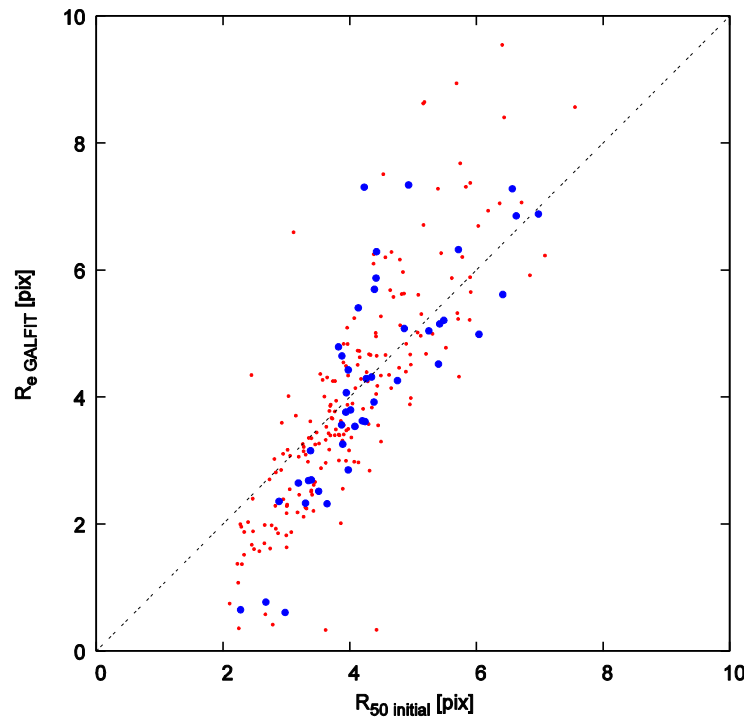




# 5.結果

$$R_{initial} - R_{GALFIT}$$

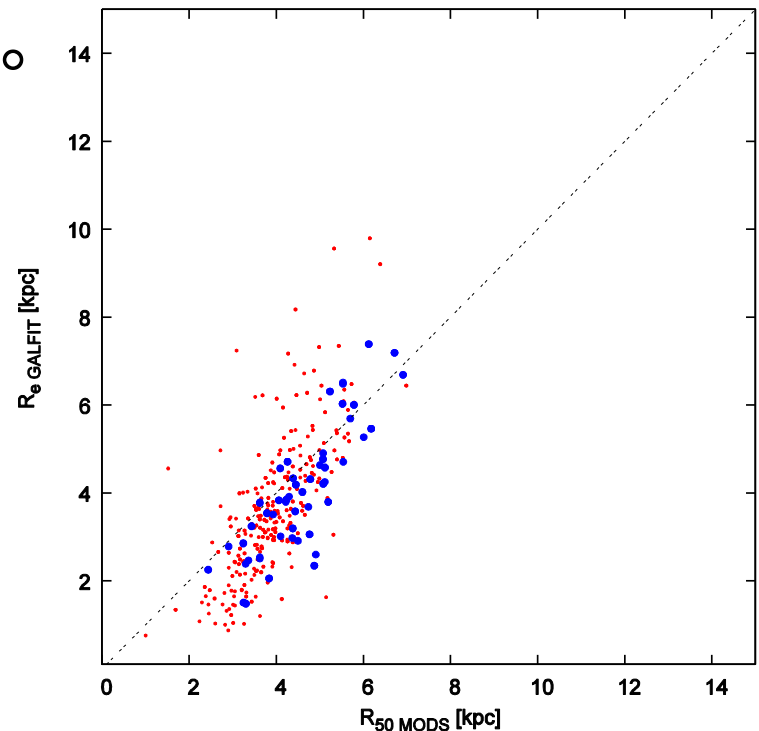
- $R_{e\ initial}$  はGALFITの初期値として使われた。
- 幾つかの銀河は初期条件と大きく異なる  
→ local minimum trap?



# 5.結果

$$R_{MODS} - R_{GALFIT}$$

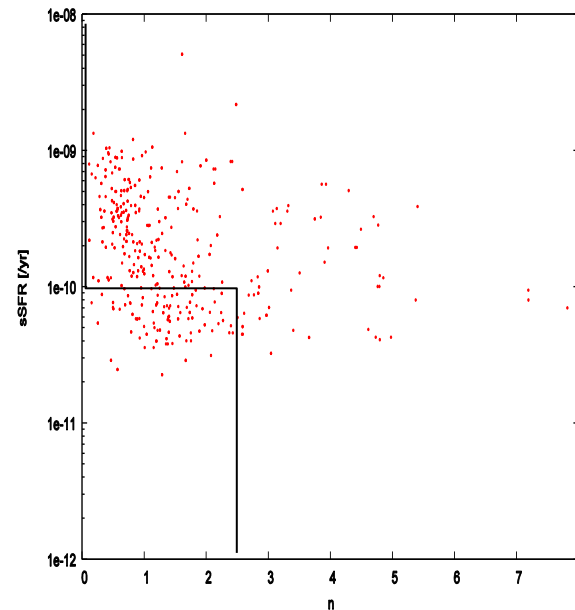
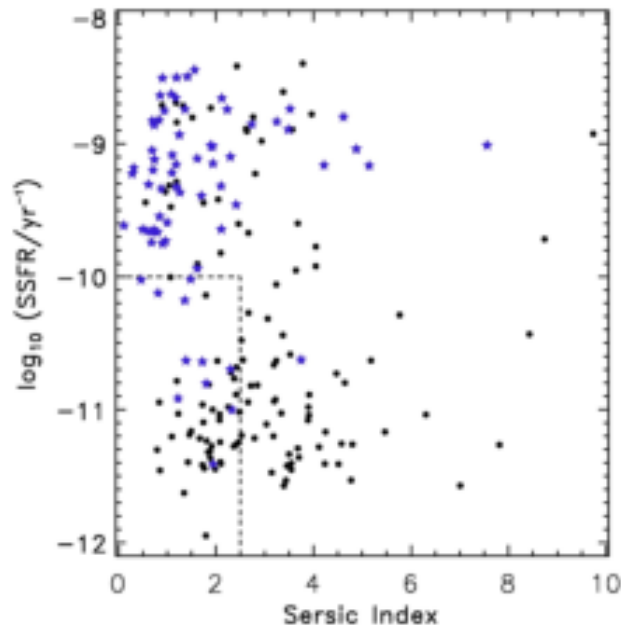
- $R_{50 MODS}$ はSExtractorのPHOT\_FLUXRAC=0.5。
- 小さいものほど小さく、大きいものほど大きく見積もられる傾向がある。
  - 検証、考慮する必要あり。



# 5.結果

## n - sSFR

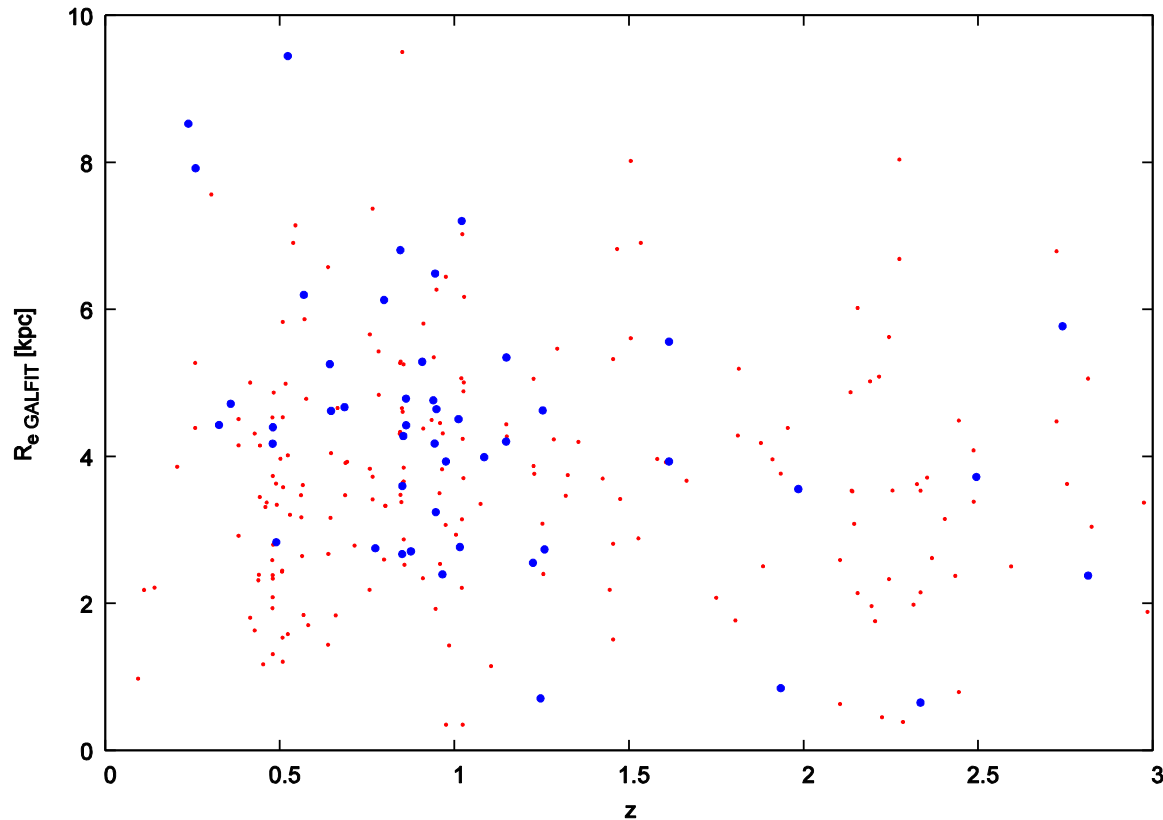
- Kajisawa et al. 2010のSEDフィッティングの結果より求めた。
- Quiescent Disk Dominated Galaxy( $sSFR < 10^{-10}$ ,  $n < 2.5$ )はそこまで多く見られない。
  - $\rightarrow$  SFRの定義の違い。(Salpeter or Chabrier IMF)
- ただし、 $n$ が小さいところでは $sSFR$ が大きくなっている。



# 5.結果

$$z - R_e$$

- $z$ と $R_e$ の相関見られない。  
→「過去ほどコンパクト」は顕著には見られず。
- SFGとQGを区別してないことに注意する。



# まとめ

- HST WFC3/IR  $H_{160}$  の3-orbit分のデータからMODSデータと重複する銀河を選択し、そのモデルフィッティングをした。
- 限界等級としては26等(5- $\sigma$ )ほどになった。
- Sky backgroundは天体にmaskをすることでGALFITとは独立に求めた。
- 銀河の種類を細かく分けずに(SFG, QG)、 $z$ と $R_e$ の関係を見たところ、「過去ほどコンパクト」であることは顕著ではなかった。

一方で、

- 今後のデータリリースから更に深く、多くのターゲットが期待される。
- Double component fitting (Bulge + Disk) でlate or early typeそれぞれの変化を見る事ができる。
- Globalな $\chi^2$ 分布によって更に確実なフィッティングパラメータが期待できる。
- モデル銀河に対し同じくらいのノイズをかけてGALFIT  
– > fittingがどうなるか検証。