



# SWIMS/Narrow-Band Filter & IFU を用いた近傍銀河の形態形成解明

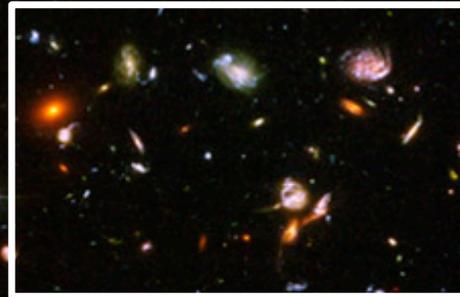
---

舘内 謙、本原 顕太郎、小西 真広、高橋 英則、  
加藤 夏子、北川 祐太郎、西嶋 颯哉、他 TAO メンバー  
(東京大学 天文学教育研究センター)

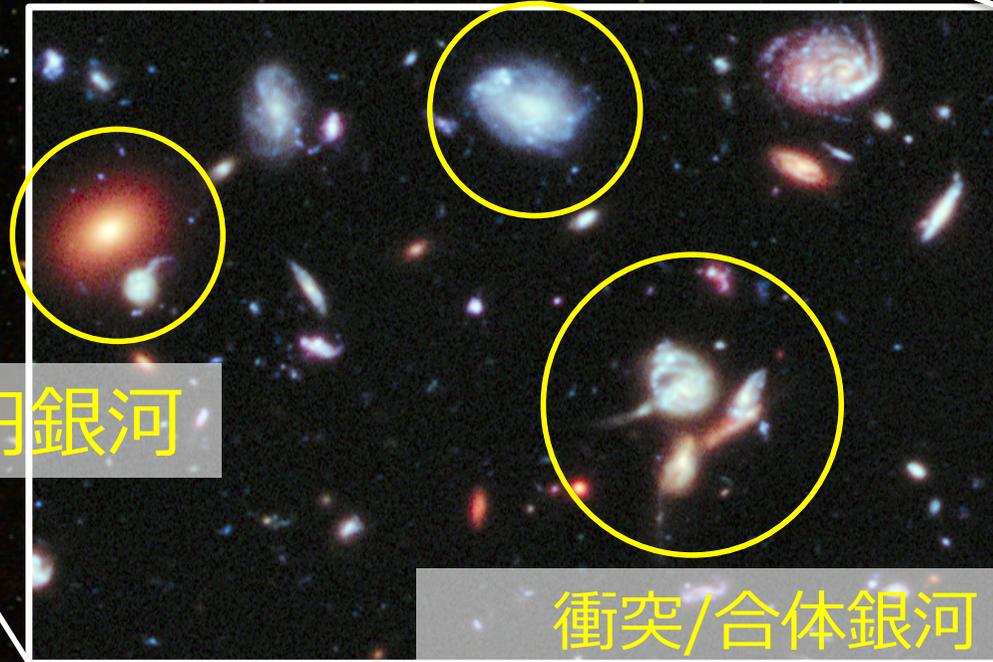


# 銀河形態の多様性

Hubble Ultra Deep Field



渦巻き銀河



楕円銀河

衝突/合体銀河

銀河の形態は"いつ"そして"どのように"獲得されてきたのだろうか？



# 古典バルジと疑似バルジ I

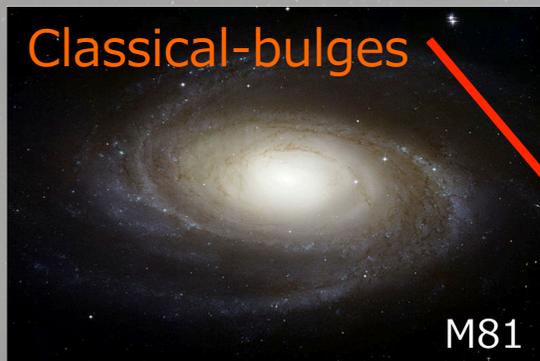
古典的形態分類：“Hubble Sequence”を基本に見た目で分類

→ 渦巻銀河：棒渦巻銀河 ↔ 棒無し渦巻銀河



銀河中心部高密度領域(バルジ)に注目し  
その力学運動で分類 !!

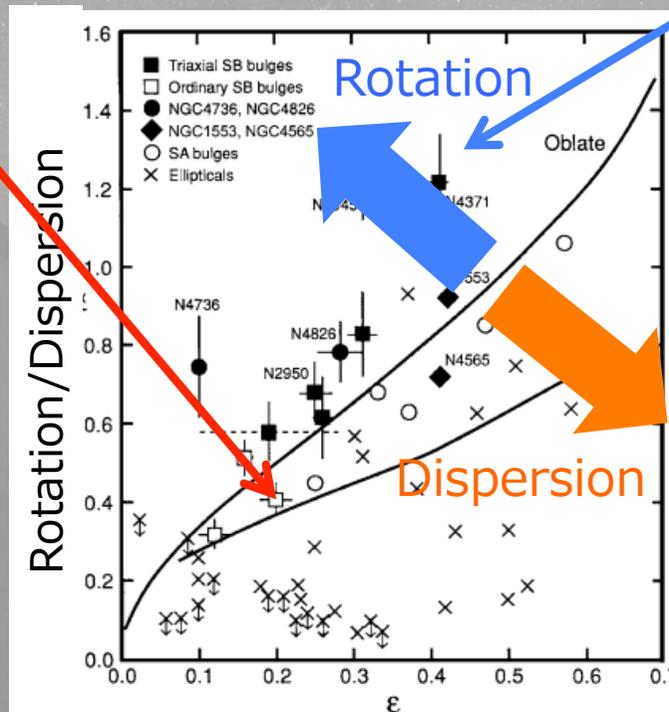
## 物理的形態分類学 (Physical Morphology)



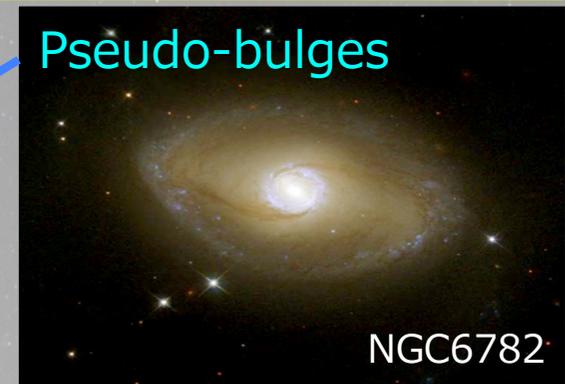
- ① 分散成分が卓越
- ① 膨らんでいる
- ② 比較的古い星の集まり

...

楕円銀河似？



Kormendy (1993)



- ① 銀河回転成分が卓越
- ① 円盤と同様に平板構造
- ② 比較的若い星の集まり

...

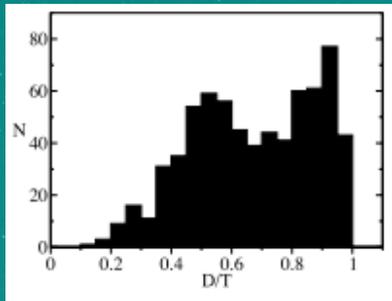
銀河円盤似？



# 古典バルジと疑似バルジ II

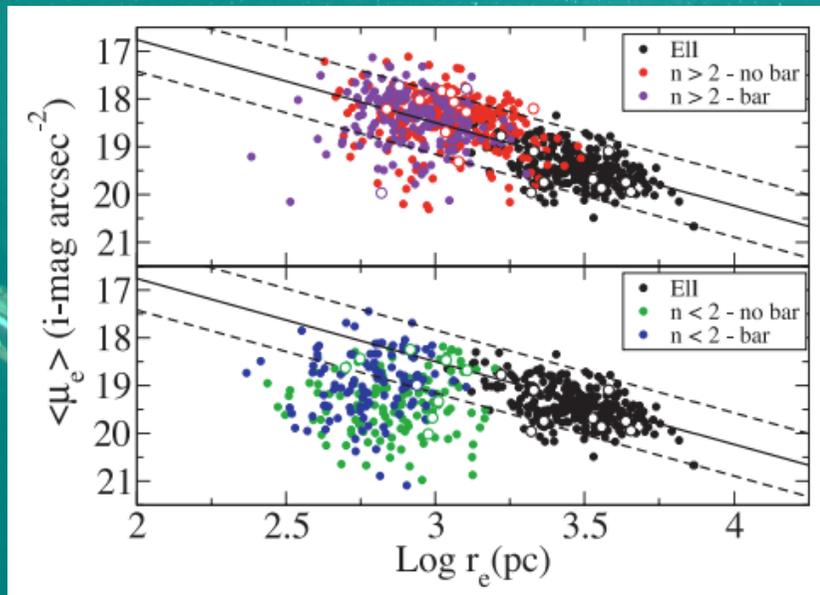
観測的にも性質の違いが指摘されてきた

Gadotti et al. 2009

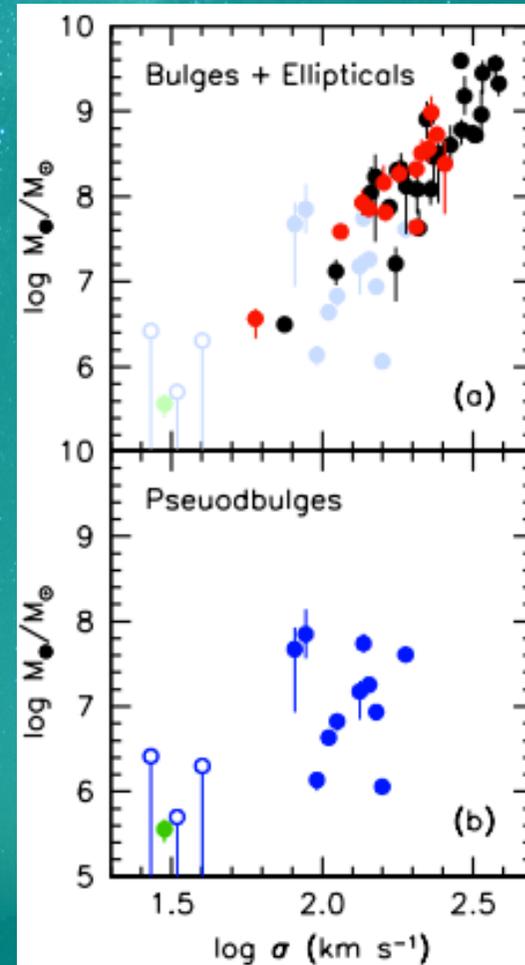


SDSSを使った結果  
→分光分類

Classicalは楕円銀河  
に似た性質？



Kormendy et al. 2011



Classicalと  
PseudoのBH質  
量を調べた

Classical  
→ 重いBH  
Pseudo  
→ 軽いBH

BHの質量に差が  
生まれる？  
でき方が違う？

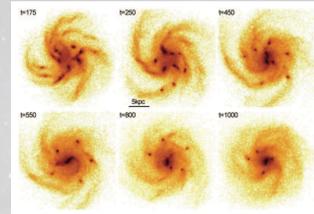


# 形態進化の理論図

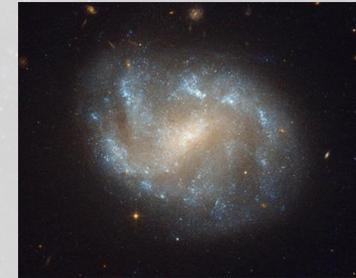
Merging/Interacting



Primordial Disk?  
(Elmegreen et al. 2008)



Secular/internal Evolution



Dry Merger?  
(Kormendy+2004)

Gas-rich Merger?  
(Springel+ 2005,  
Kormendy+ 2004)

Kormendy+ 2004

High-redshift starburst?  
(Okamoto+ 2013)

ULIRGからの進化?  
(Toomre+ 1977)

楕円銀河

Classical Bulge

分散

Pseudo/Bulgeless

銀河回転

渦巻銀河

ところが、こうした理論的描像に対する観測的証拠は少ない

観測による理論検証が必要！



# 高光度赤外線銀河 -LIRGs-

これまでは...

既にバルジが形成されている普通銀河に焦点が充てられていた

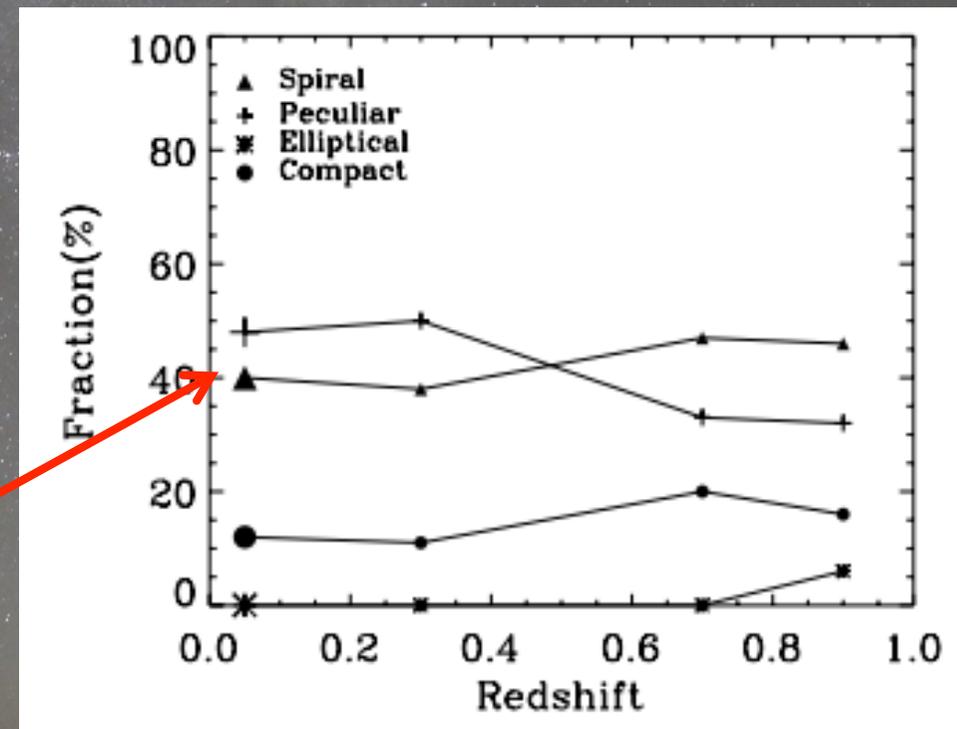
## Luminous Infra-Red Galaxies

そこで、  
爆発的星形成銀河に注目してみる

$$10^{11}L_{\odot} \leq L_{\text{IR}(8-1000\mu\text{m})} < 10^{12}L_{\odot}$$

$$10 < \text{SFR} (M_{\odot} \text{ yr}^{-1}) < 100$$

- "今"まさに星形成を行っている  
→ 形態形成を追うにはよいサンプル
- 半数が衝突銀河ではない  
→ 古典, 疑似バルジの形成現場?



Wang et al. 2006

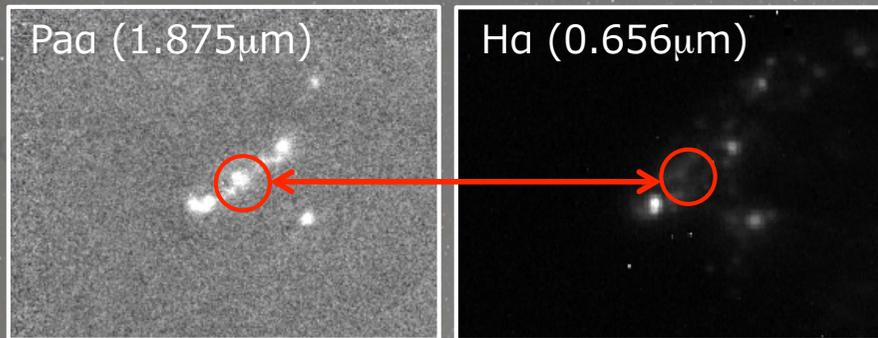
ところが、LIRGはダストに埋もれた星形成を行う



# LIRGsのPa $\alpha$ 輝線(1.875 $\mu$ m)観測

これまでminiTAOを使いPa $\alpha$ 観測を行ってきた

## Pa $\alpha$ 輝線の威力

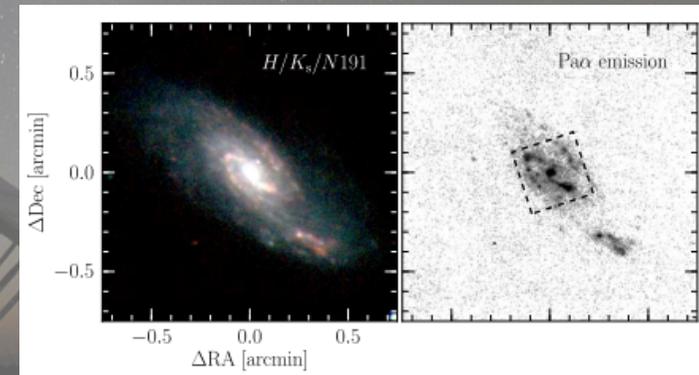


VV254 (Komugi, Tateuchi+ 2013)

- ① 無バイアスの直接的星形成トレーサー
- ② NIRの水素再結合線では最も放射強度が強い
- ③ **ダスト減光に強い**
- ④ 遠・中間赤外線に比べてNIRなので高い空間分解能を達成できる

## miniTAO/ANIRによる観測

38 LIRGs (Sanders et al. 2003 IRAS catalog)  
 miniTAO 1m Telescope/Atacama NIR camera  
 → Pa $\alpha$  : Narrow-band Imaging  
 → K<sub>s</sub> : Broad-band Imaging



Pa $\alpha$ 輝線でバルジ内部の星形成を見通す！



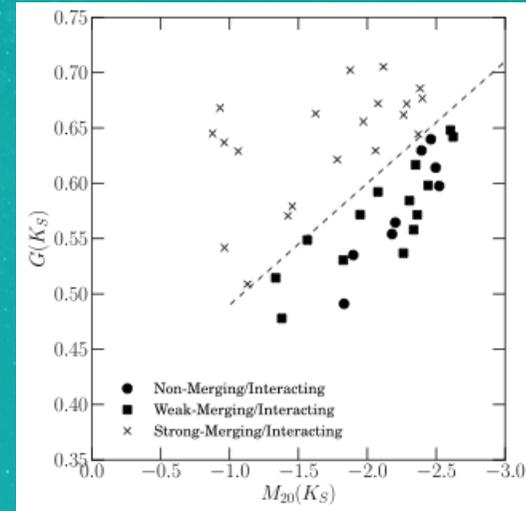
# 観測的なバルジの分類

古典バルジと疑似バルジは  
バルジの Sersic Index により分類ができるとされている

## サブサンプルの構築

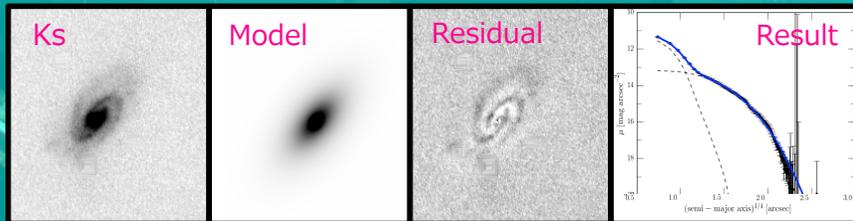
LIRGの半分は Major Merger  
→ バルジの形の評価が困難

G- $M_{20}$ プレーンを使い評価できない物を除く  
→ non-merger/merger後期が選択されている

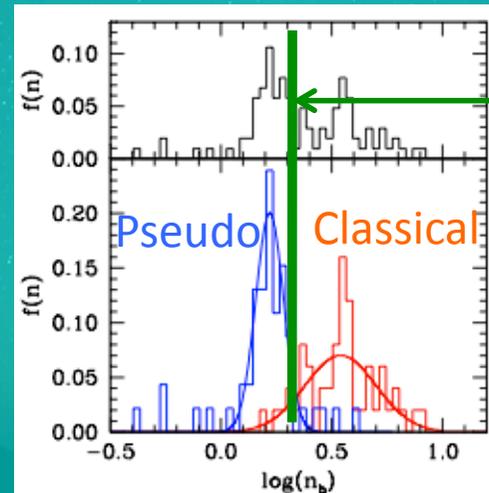


## GALFITによるバルジ-円盤の分離

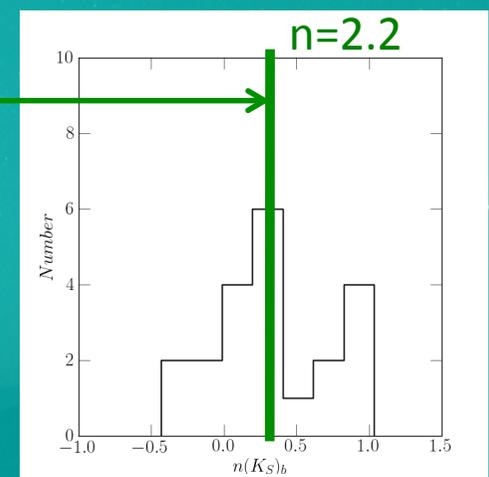
Sersic bulge + exponential disk



$n > 2.2$  : Classical bulge  
 $n \leq 2.2$  : Pseudo bulge  
(Fisher & Drory 2008)



Fisher & Drory 2008

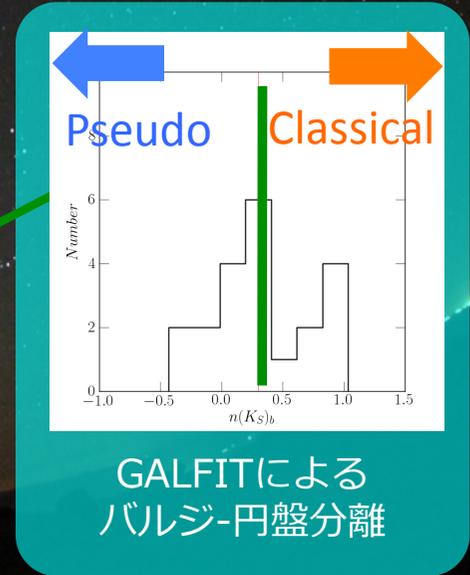
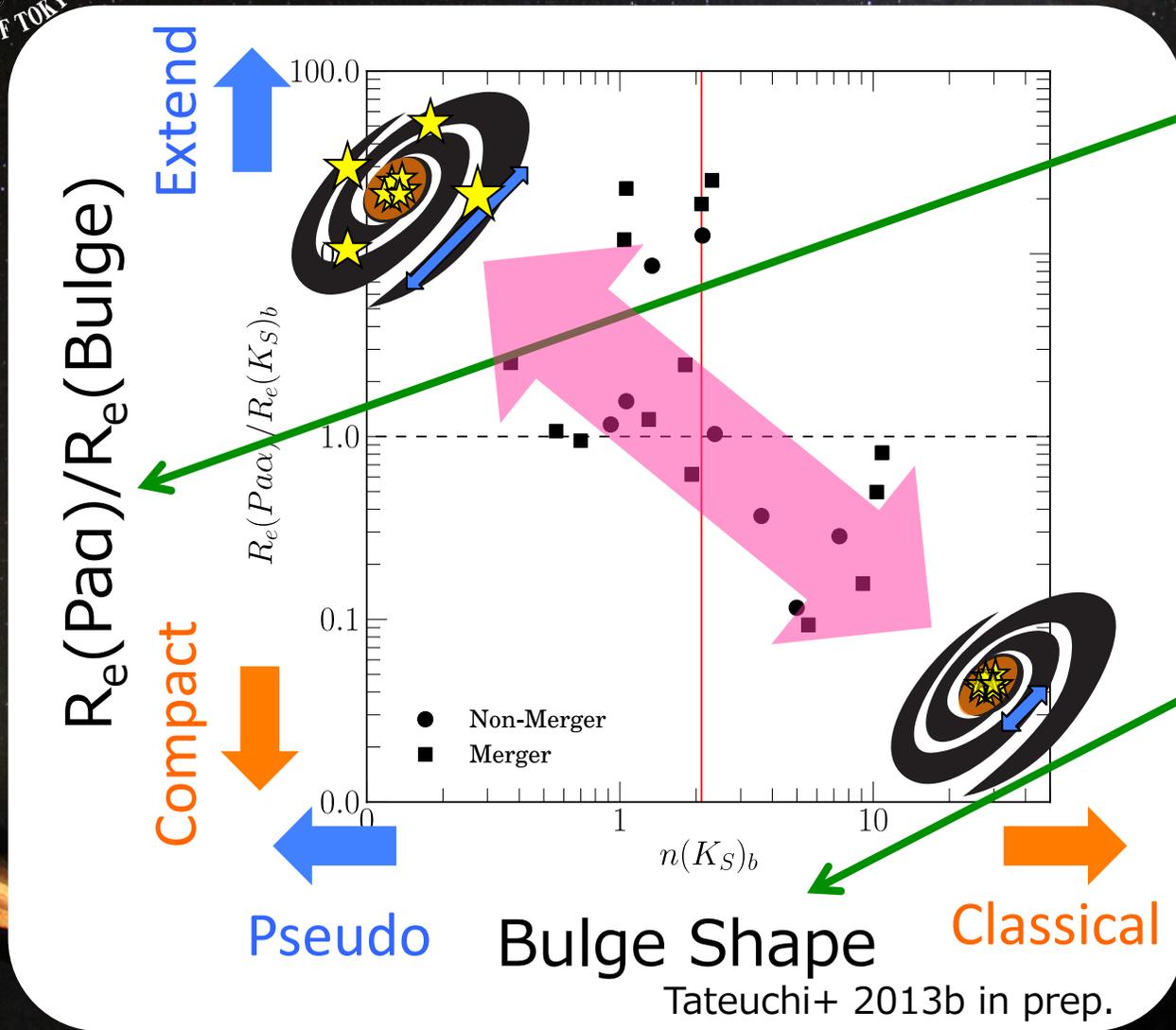


This work (LIRG)



# バルジの構造と星形成 I

近傍 ( $z \sim 0.03$ ) LIRGs

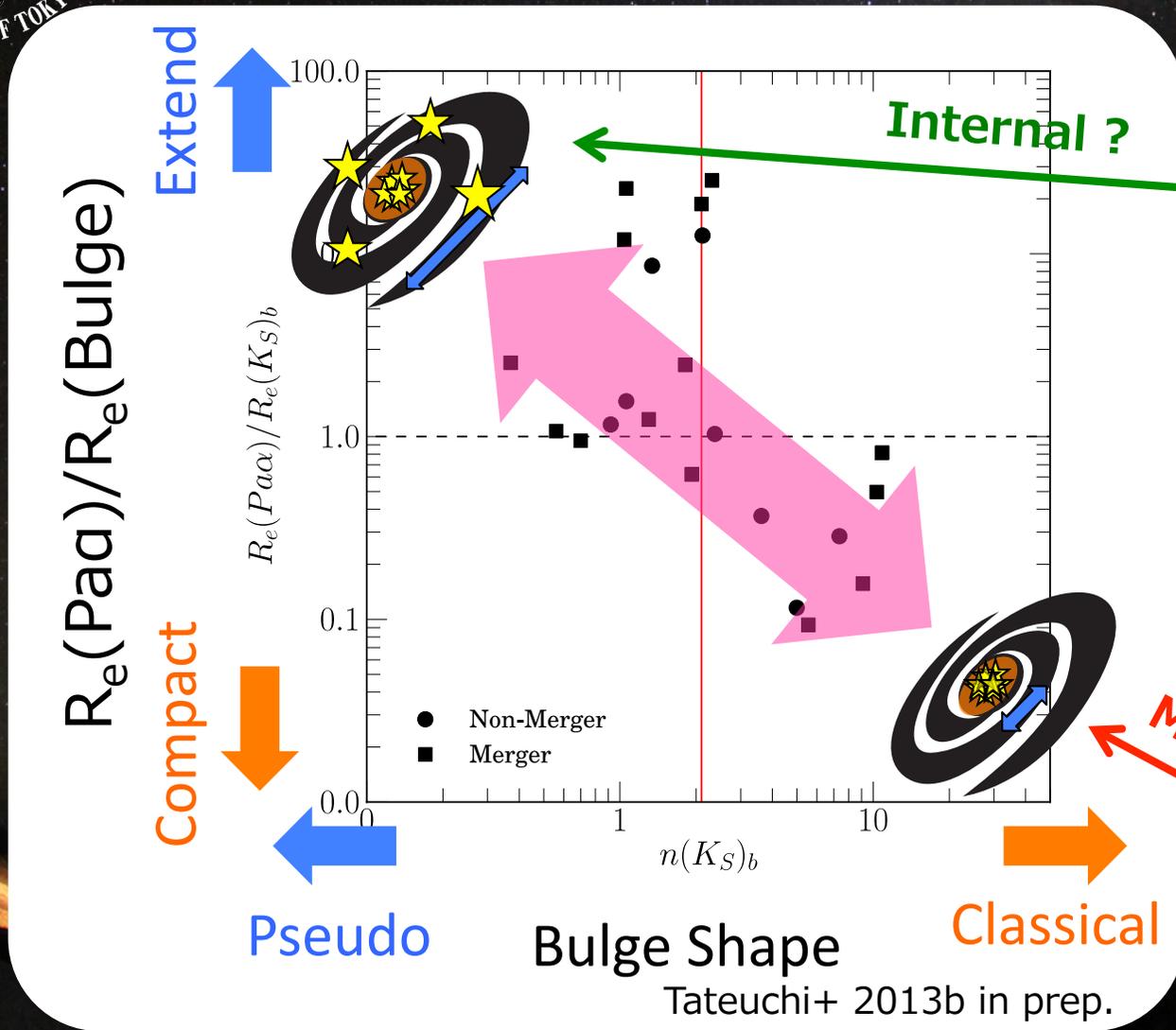


古典バルジ : Compact, 疑似バルジ : Extended

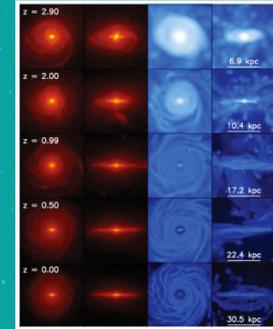


# バルジの構造と星形成 II

理論的な形成描像に当てはめると...

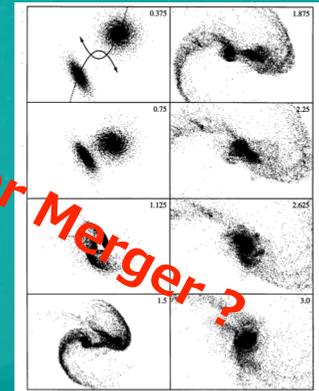


Barred-end、腕構造に沿った星形成活動



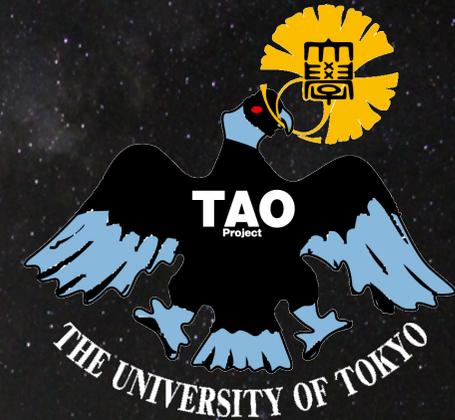
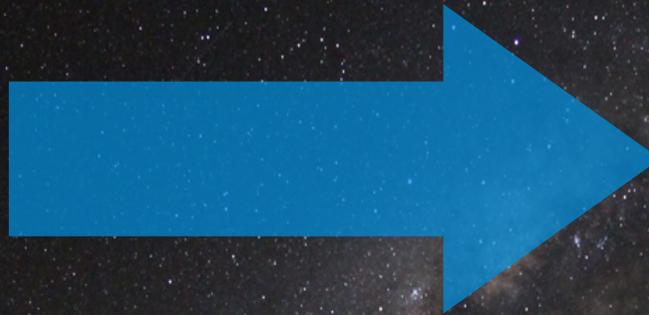
Okamoto+ (2013)

銀河中心部分での星形成活動



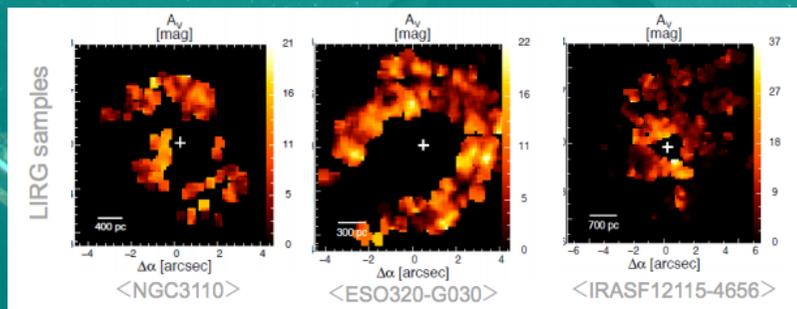
Barnes & Henquist (1996)

理論予測とも一致 ← Paα 輝線を生かしたサイエンス



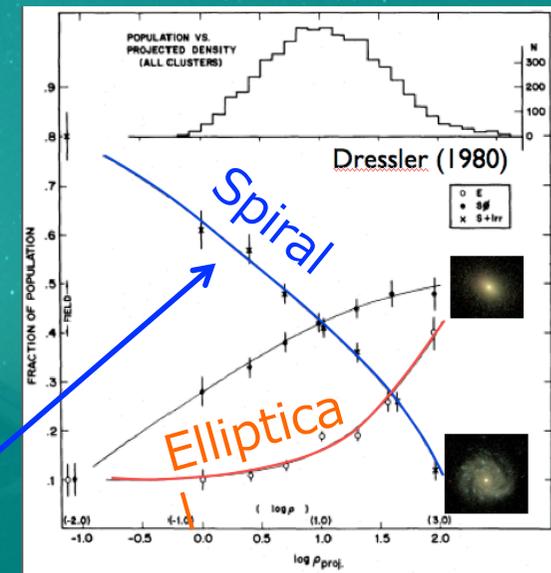
# 物理的形態分類 SWIMSでのサイエンス

力学構造に根付いた性質と環境効果からバルジ形成を探る



IFUを用いて銀河の  
バルジ内部を分解する

この渦巻銀河に  
Classicalと  
Pseudo  
の分類を新たに  
加える

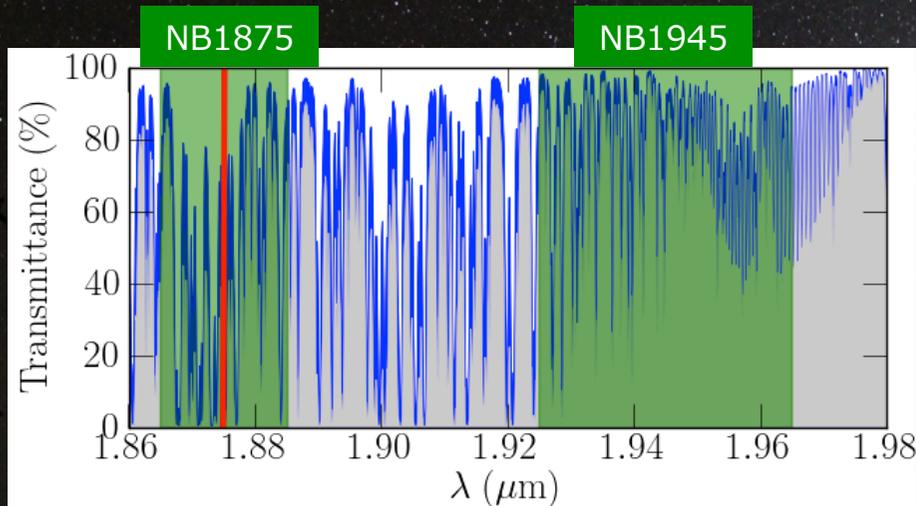




# IFUを用いたバルジの構造分解

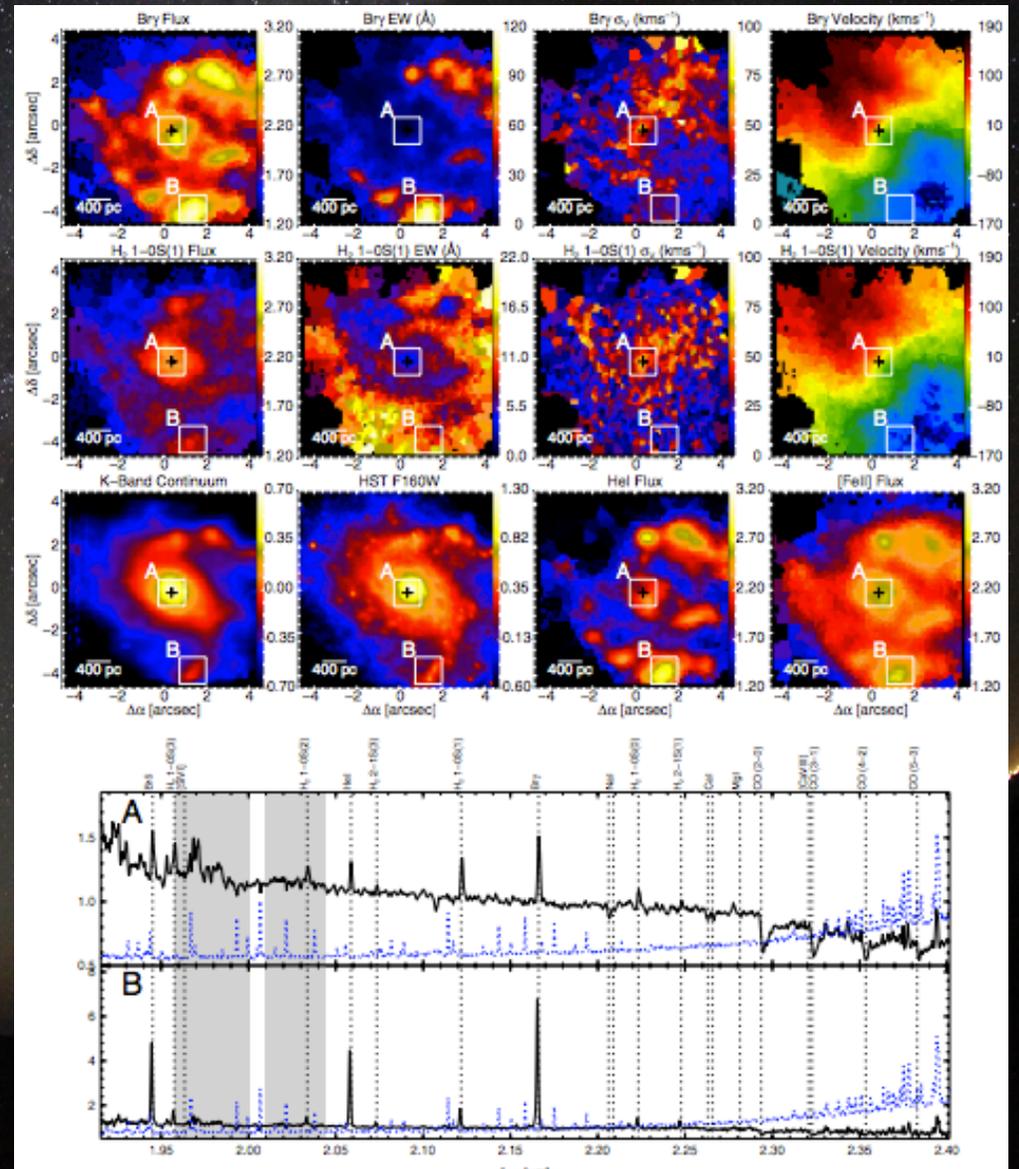
面分光によるバルジ構造の種類分け  
 → ちゃんとなされてきていない

López et al. 2012 (VLT/SINFONI)



NB1945ならSubaruサイトでも十分観測可能！

- SWIMS/IFUを用いてバルジの分解 @z~0.05
- シーイング限界 0".4~0".6 ほど (数百pcスケール)
- Paβ, Paα, Bryの同時分光





# NBFを使った環境効果の検証

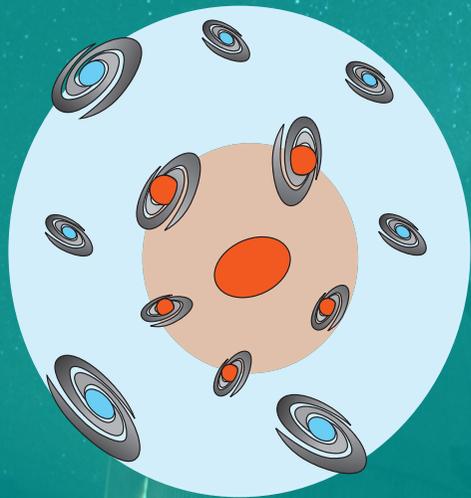
広帯域Ksでバルジの形を評価

狭帯域NB1945, NB2137, NB2167 ( $z \sim 0.04, 0.139, 0.155$ ) でPa $\alpha$

→ miniTAOで行ってきたサイエンスをクラスターへと延長させる

## 近傍銀河団

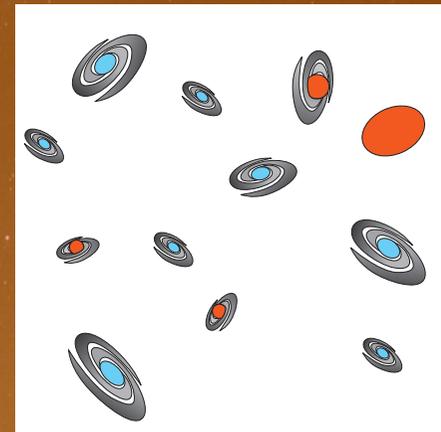
約 2700 systems (Abell;  $z < 0.2$ )  
→ bulge-disk decomposition



Cluster

## 近傍フィールド

COSMOS Field ?  
New fields by HSC ?



Field



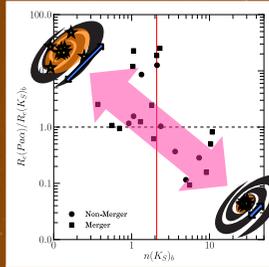
銀河団とフィールドにおける  
ClassicalとPseudoの割合の違い

バルジの構造が形成シナリオを反映する→環境による違い？



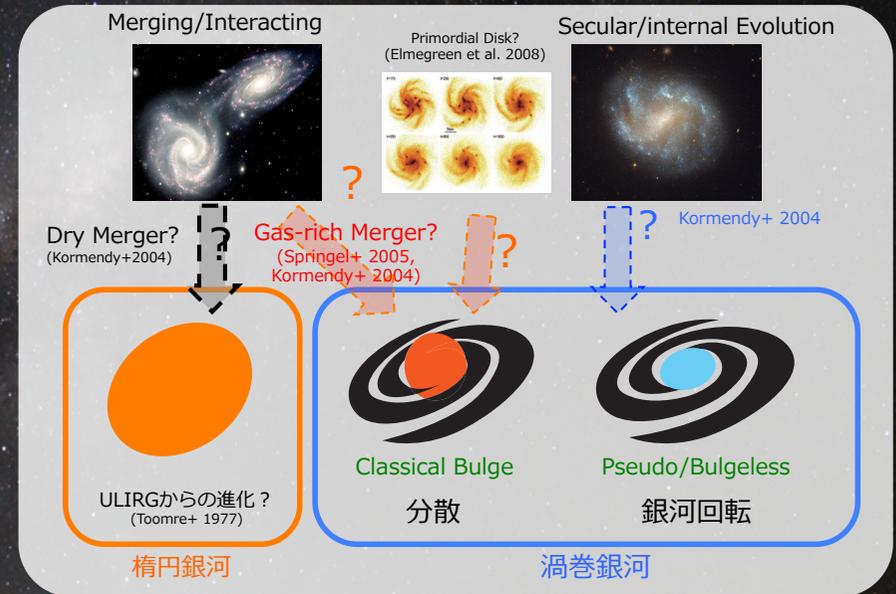
# まとめ

形態形成理論シナリオ  
の観測的検証のために...



新たな法則を発見した  
**Classical: compact starburst**  
**Pseudo : extended starburst**  
 @z~0.03あたりの近傍宇宙

- ・バルジの力学構造
- ・環境効果  
を新たに調べたい



## SWIMS面分光による近傍銀河のバルジ構造分解

z~0.05 付近の銀河の構造を数100pcスケールで分解  
 → Paβ, Paα, Brγ の同時取得

## SWIMS狭帯域フィルターによるバルジ形成における環境効果

z~0.05-0.1 の銀河を sub-kpc スケールで分解  
 → miniTAOのサイエンスの延長で、環境効果というファクターを加える



おしまい