

AO Sciences on AGNs

Tohru Nagao (Hakubi Proj., Kyoto U.)

This presentation is partly based on discussion in the following consortiums:

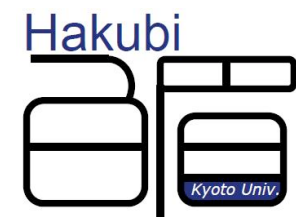
TMTサイエンス検討会AGN班

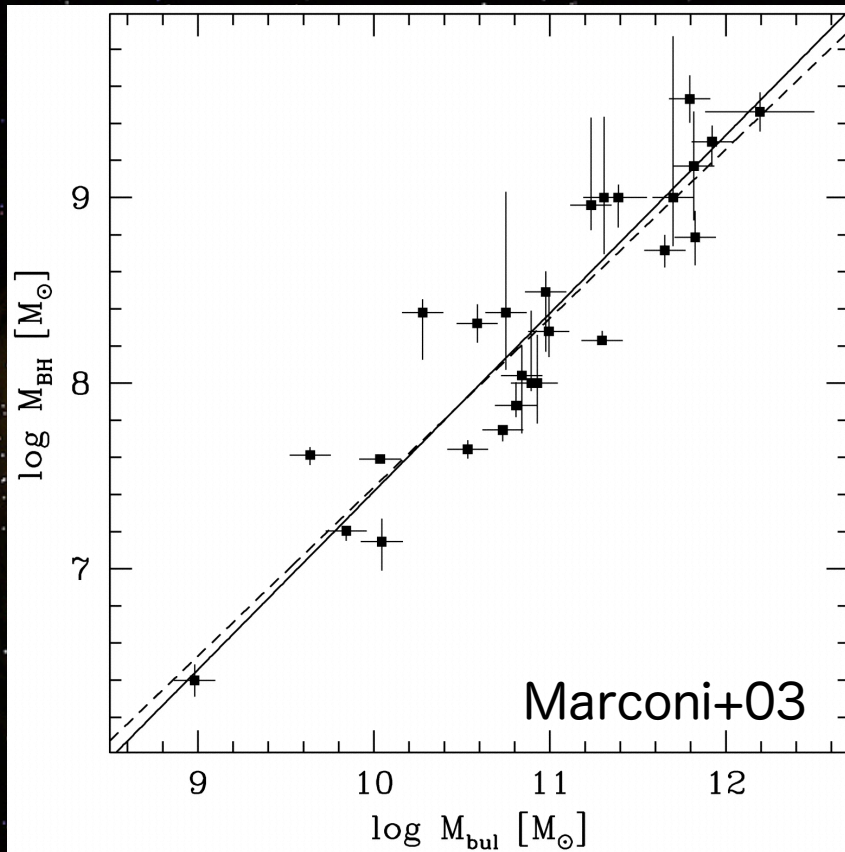
Akiyama, Aoki, Imanishi, Kawaguchi, Kawakatu,
MatsuokaY., Minezaki, Misawa, Murayama, Ozaki,
Sugai, Tanikawa, Terashima

QSO Host Proposal Group

Imanishi, Imase, Kawaguchi, Kawakatu, Kosaka,
MatsuokaK., Minezaki, Minowa, Morokuma, Oi

*09 September 2011, Nakanoshima Center, Osaka U.
Subaru Next-Generation AO Workshop 2011*





- AGNのエネルギー源はSMBH
- BH質量はバルジの質量に比例
- SMBHと銀河は共進化してきた
- 銀河進化理解にもSMBHが重要



...などという話がまことしやかに流布していますが
そもそもBH質量って精度よく測定されているの？

Cosmic Ladders

➤宇宙の距離はしご

- (1) 年周視差
- (2) セファイド変光星
- (3) ハッブル則

直接測定 → 信頼性大
天体の性質を利用 → 信頼性は？
calibration → 宇宙の果てまで

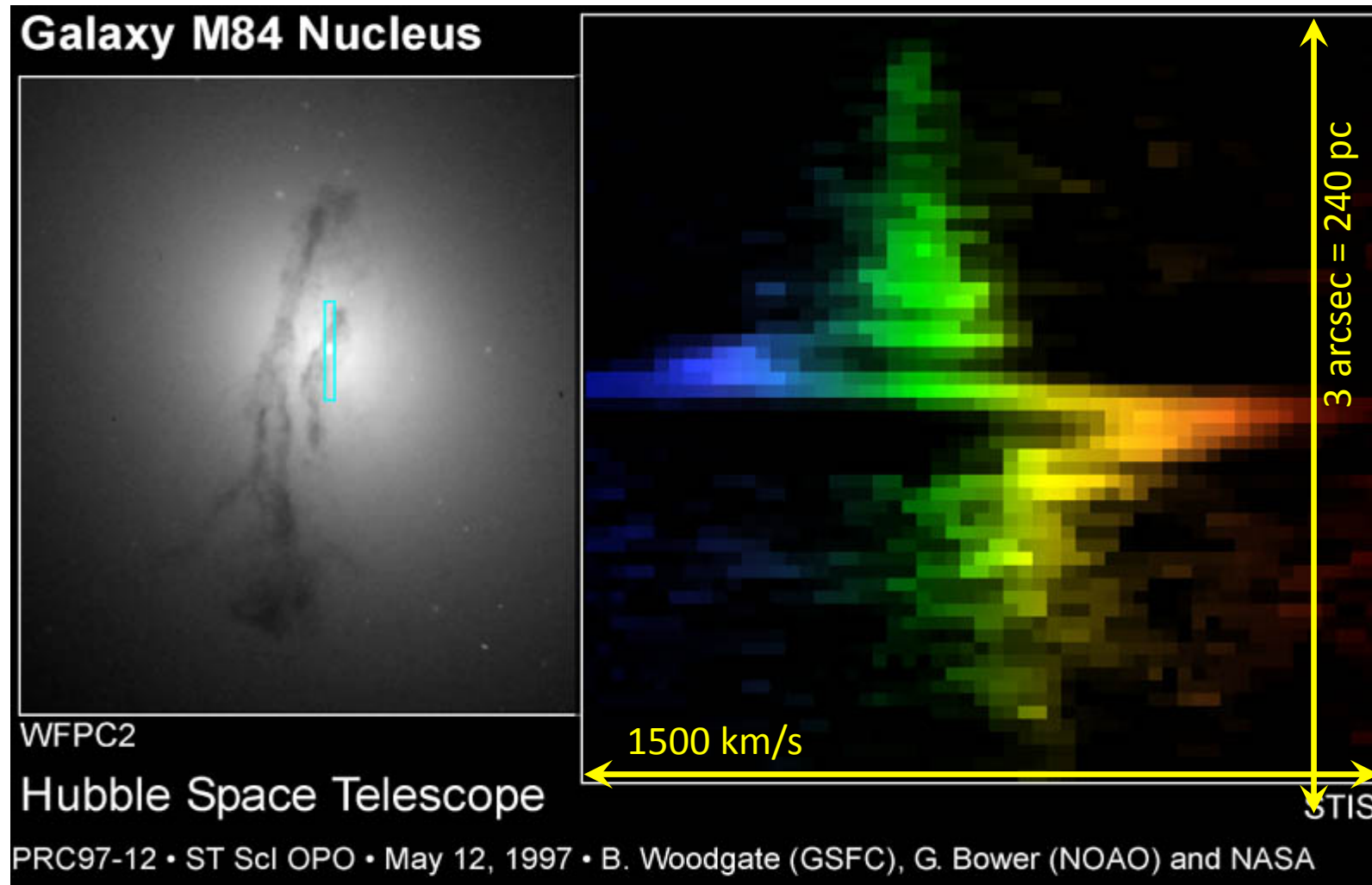
➤巨大ブラックホールの質量はしご

- (1) SMBH周囲の運動
- (2) Reverberation Mapping
- (3) 光度 – BLRサイズ関係

直接測定 → 信頼性大
天体の性質を利用 → 信頼性は？
calibration → 宇宙の果てまで？

BH質量はしご(1)

Bower+98



Keplerian Disk Model $\rightarrow M_{\text{BH}} = (0.9-2.6)e9 M_{\text{sun}}$
約50天体に対してこのような測定がなされている

BH質量はしご(2)

➤ Reverberation Mapping

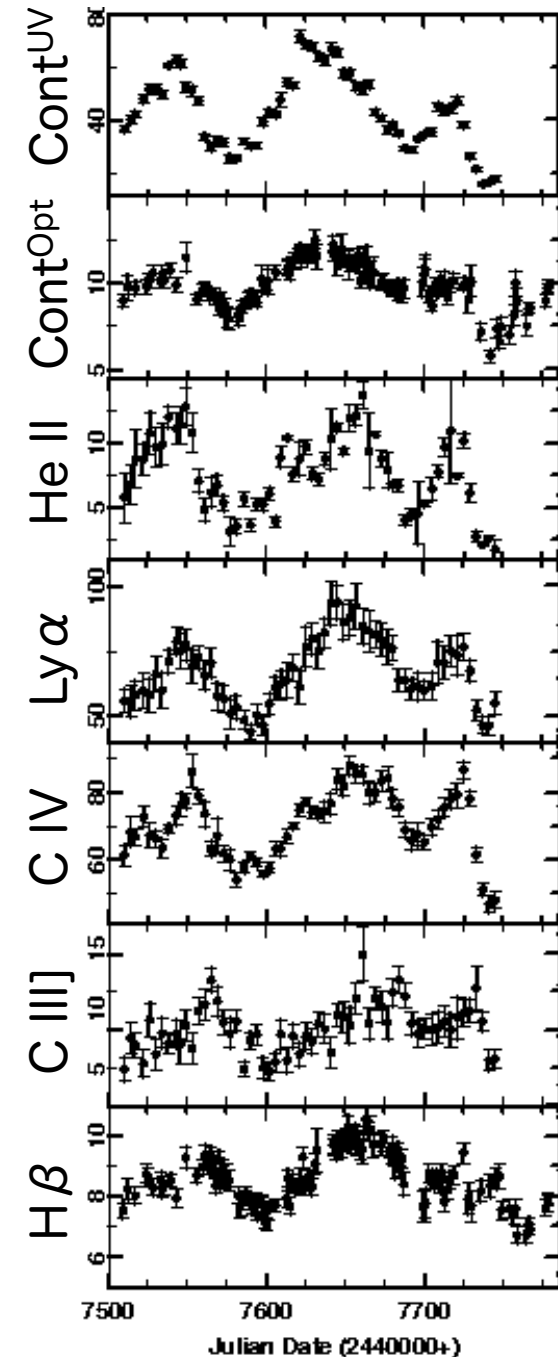
- ~ 連続光と輝線の時間変動を観測
- ~ 時間差 → 輝線放射領域のsize

➤ BH質量の導出

- ~ 輝線速度幅からガス運動速度を推定
- ~ Rev.MappingでBHとガスの距離を推定
- ~ NGC 5548: $M_{\text{BH}} \sim 7e7 M_{\text{sun}}$

$$M_{\text{BH}} = \underline{f} \Delta V^2 R_{\text{BLR}} / G$$

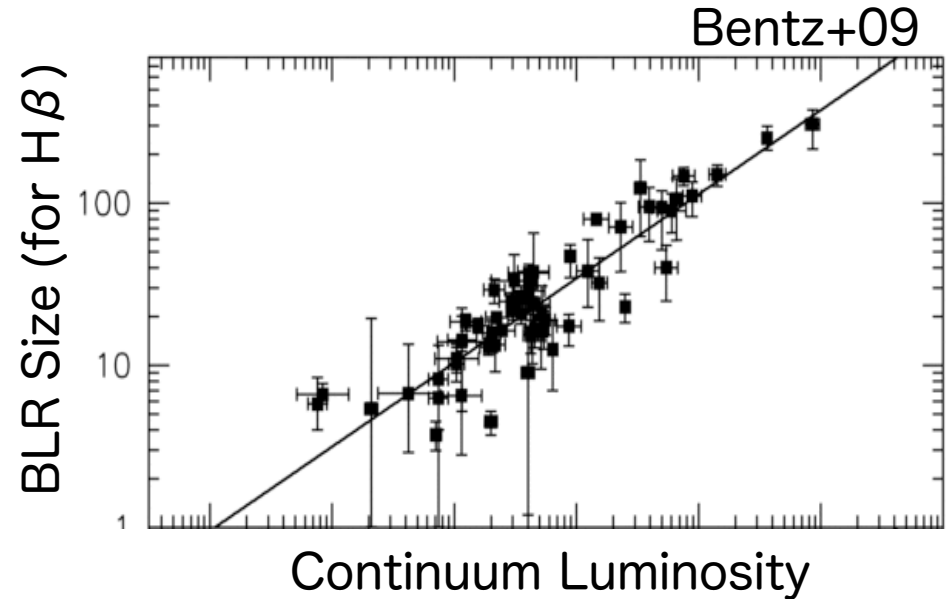
- ~ 輝線放射領域の構造などに寄る
- ~ このparamはよく分かっていない
- ~ そもそも R_{BLR} を出すのも超大変



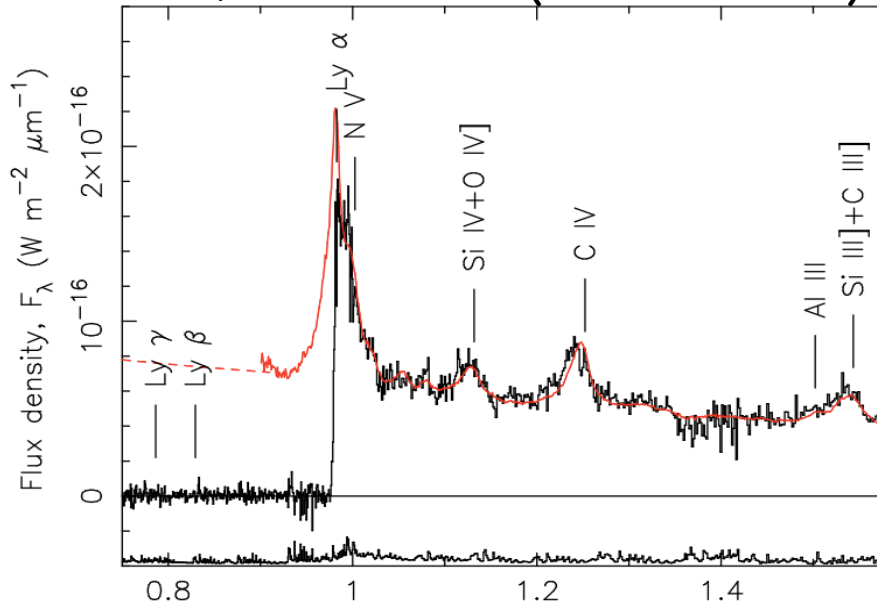
BH質量はしご(3)

$$M_{\text{BH}} = f \Delta V^2 R_{\text{BLR}} / G$$

- ~ f: はしご(2)の値を流用
- ~ R_{BLR} : 右図の経験則を採用
- ~ 輝線幅と連続波光度でok!
- ~ ということにしている



A QSO at $z=7.1$ (Mortlock+11)



- ~ $z=7.1$ で $M_{\text{BH}}=2e9M_{\text{sun}}!!$
- ~ と言われても信じていいものか
- ~ この例でははしご(4)まで使用
(rest-Optではなくrest-UV輝線による)

やるべきこと

~ Rev.Mapping天体の M_{BH} 直接測定

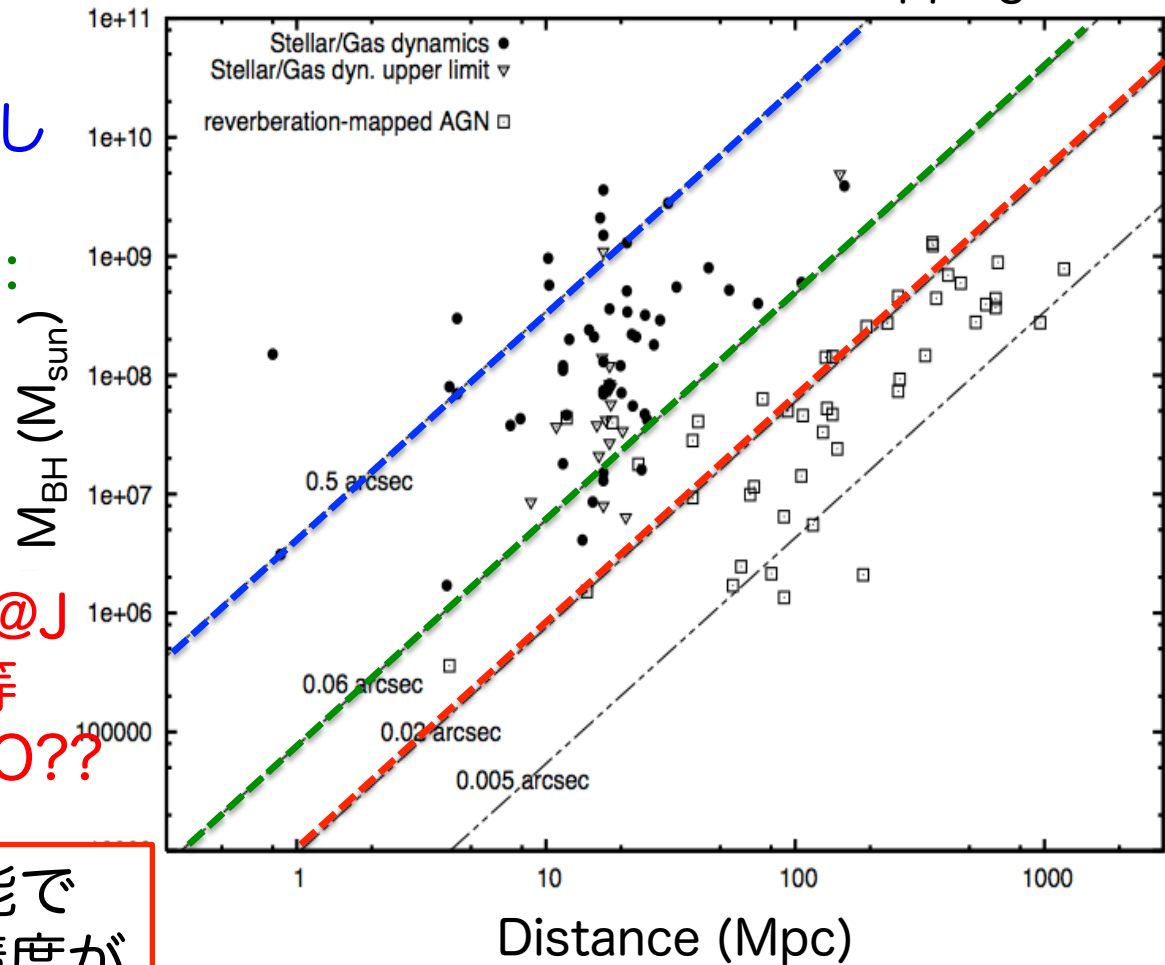
~ 8m natural seeing:
直接測定なRM天体なし

~ 8m classical NIR AO:
やっぱりなし

~ ~0.04" resolution:
測定可能AGNあり
8m diffraction limit @J
中心核は可視15-16等
extreme AO? 可視AO??

0.05"を切る空間分解能で
BH質量はしごの信頼精度が
一気に向上!!

●: 力学的測定
▽: 力学的測定 (上限値)
□: Rev.Mapping AGN



※ Data Courtesy of Minezaki-san

BH-バルジ質量関係の進化

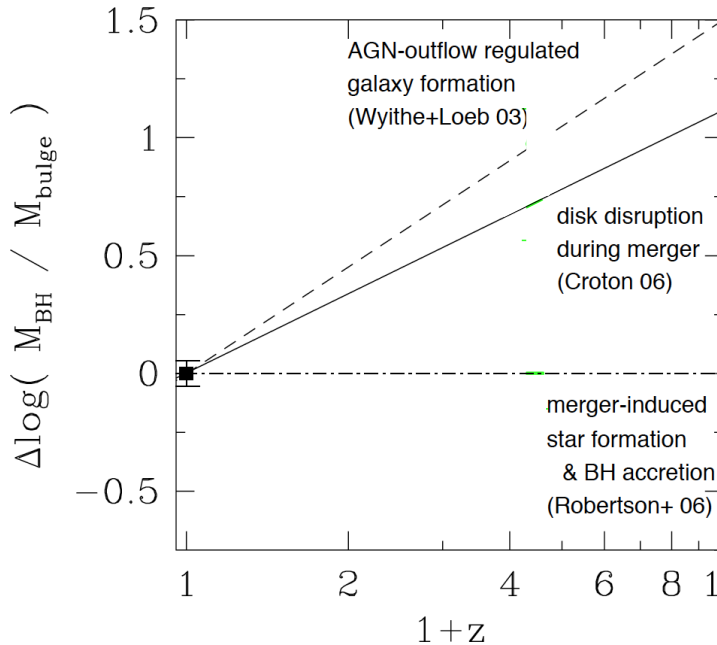
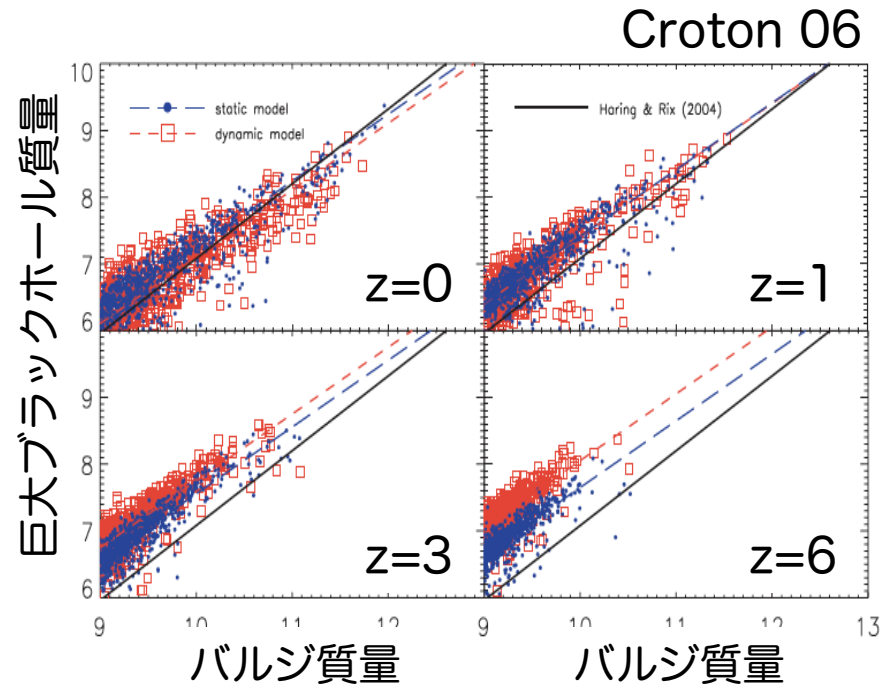
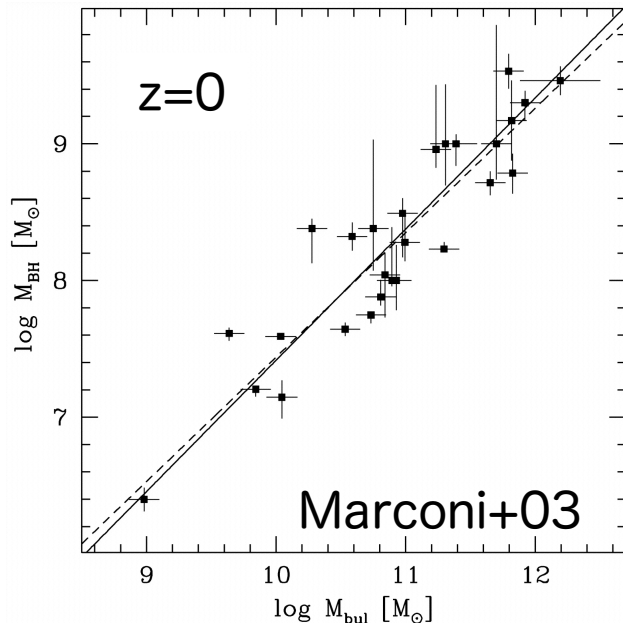
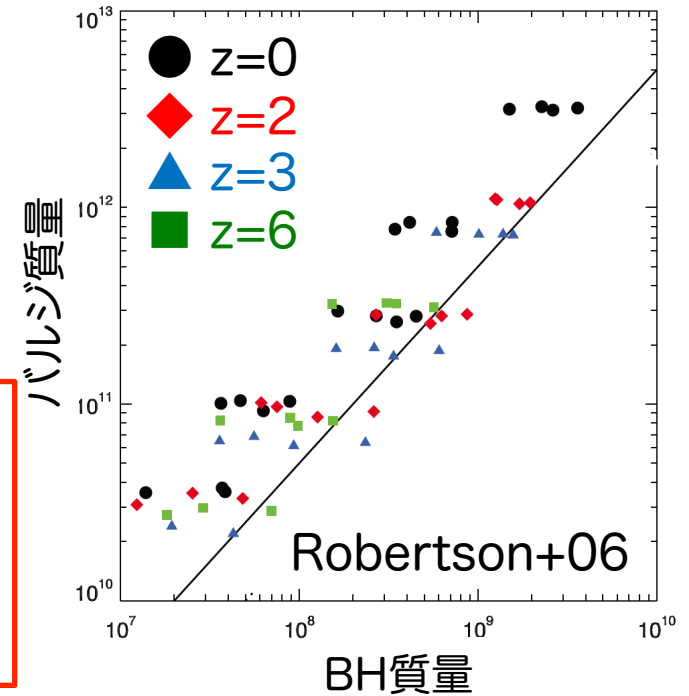


Figure
Courtesy of
Kawaguchi-san,
Morokuma-san,
et al.

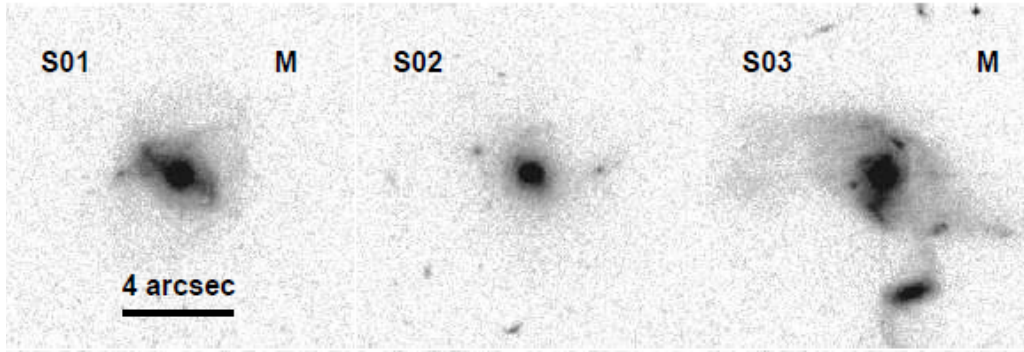
モデルによって
BHとバルジの
質量比進化が
違っている！



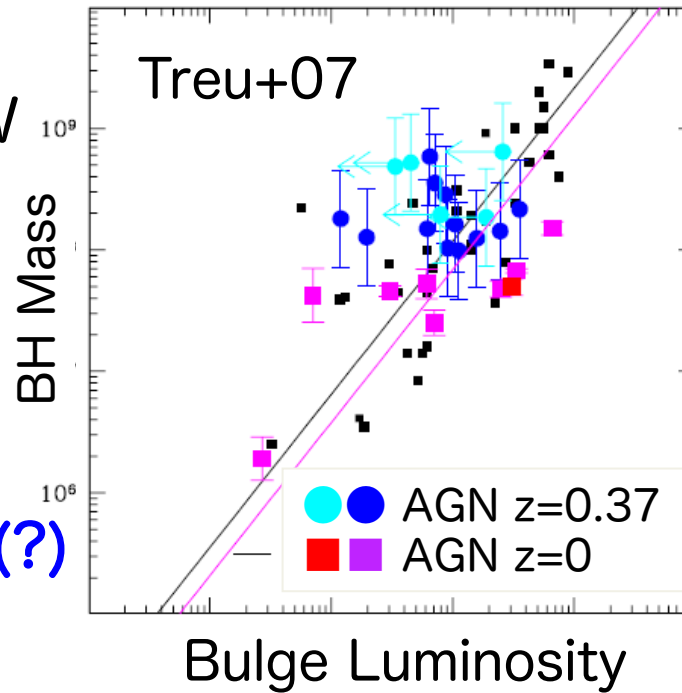
Courtesy of Kawaguchi-san, Minezaki-san, Morokuma-san, Minowa-san, et al.

観測 @ z < 1

Treu+07

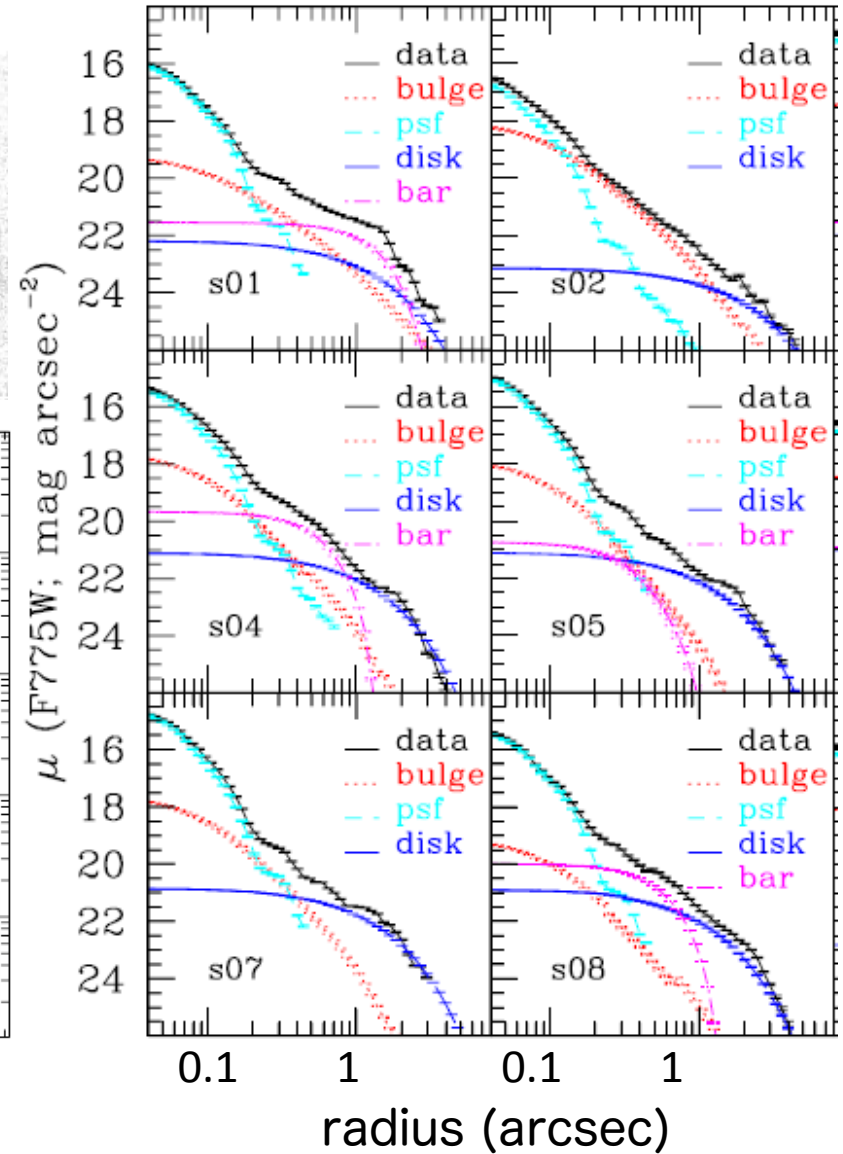


HST/ACS
w/ F775W



...slight
evolution (?)

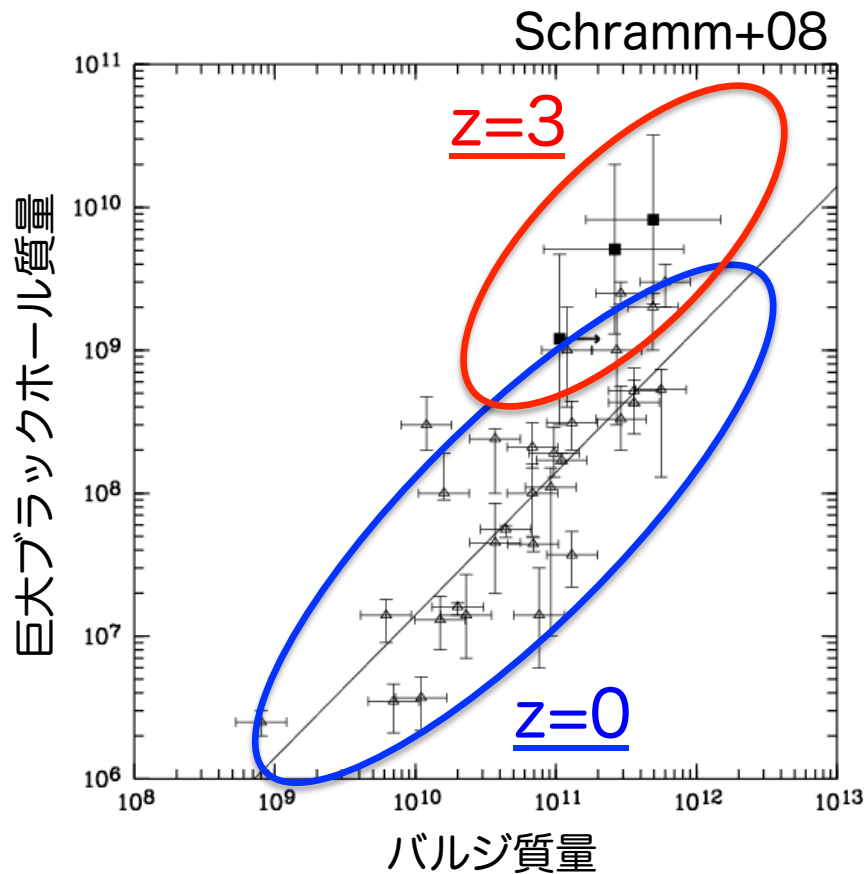
$$M_{\text{BH}} / M_{\text{bulge}} \propto (1+z)^{1.5 \pm 1.0}$$



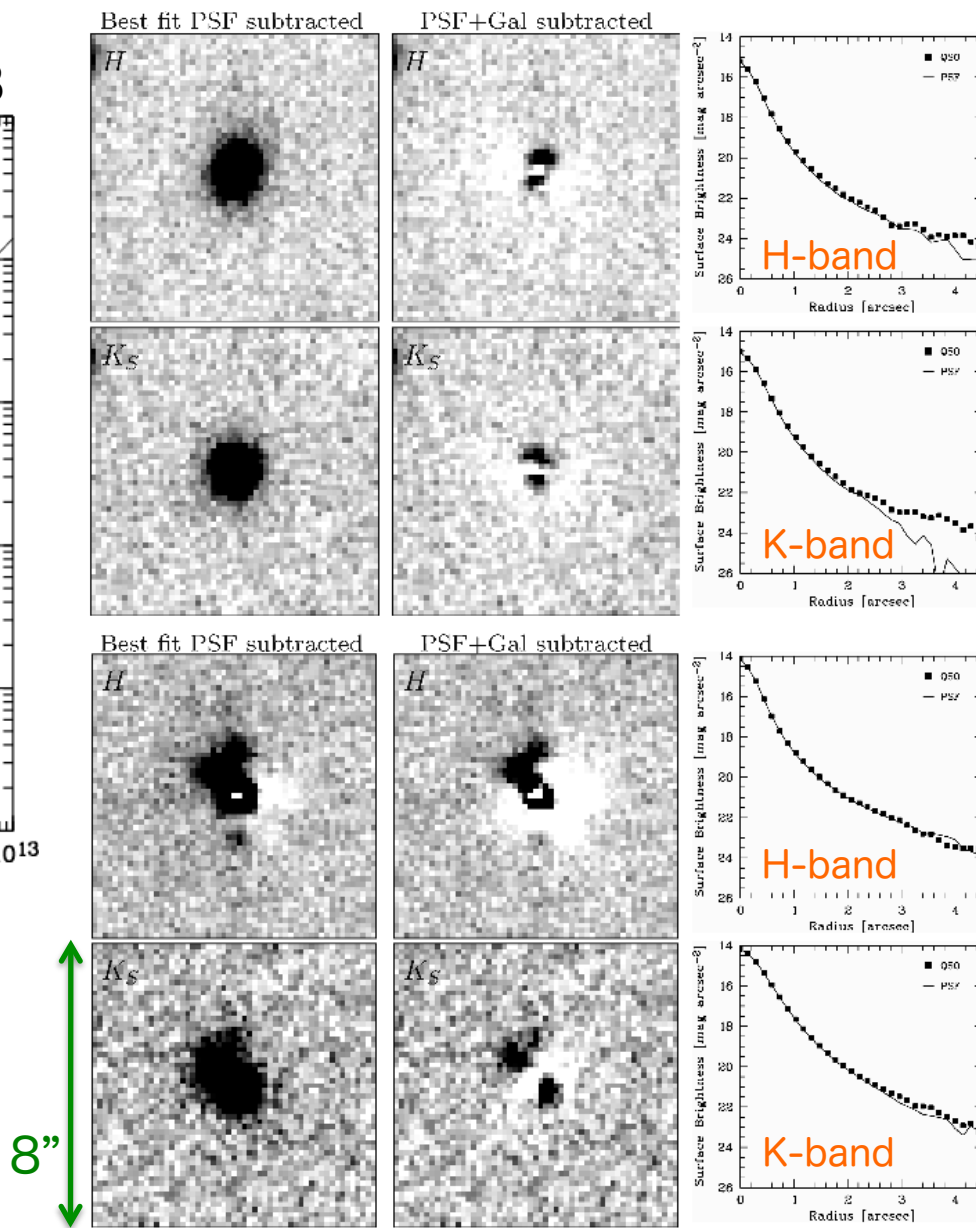
もっとhigh-zを見ないと...

Courtesy of Kawaguchi-san, Minezaki-san, Morokuma-san, Minowa-san, et al.

観測 @ $z > 2$



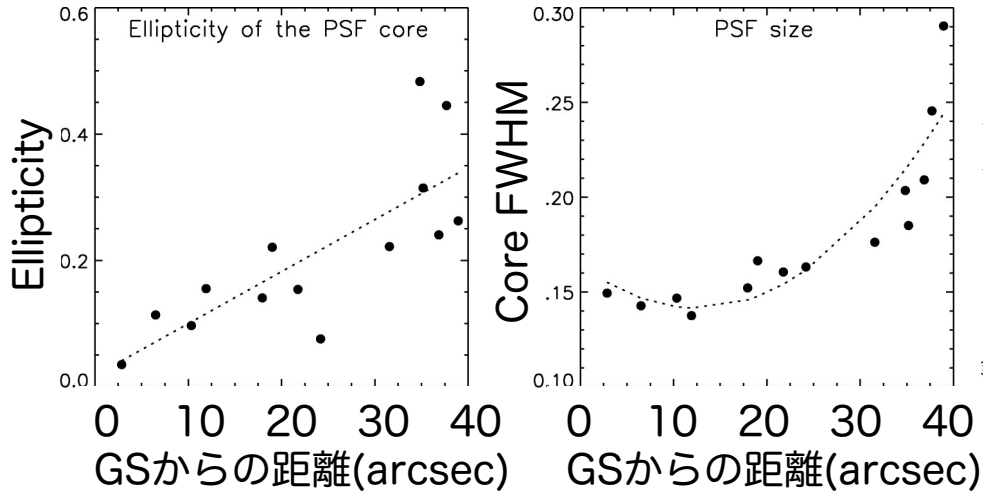
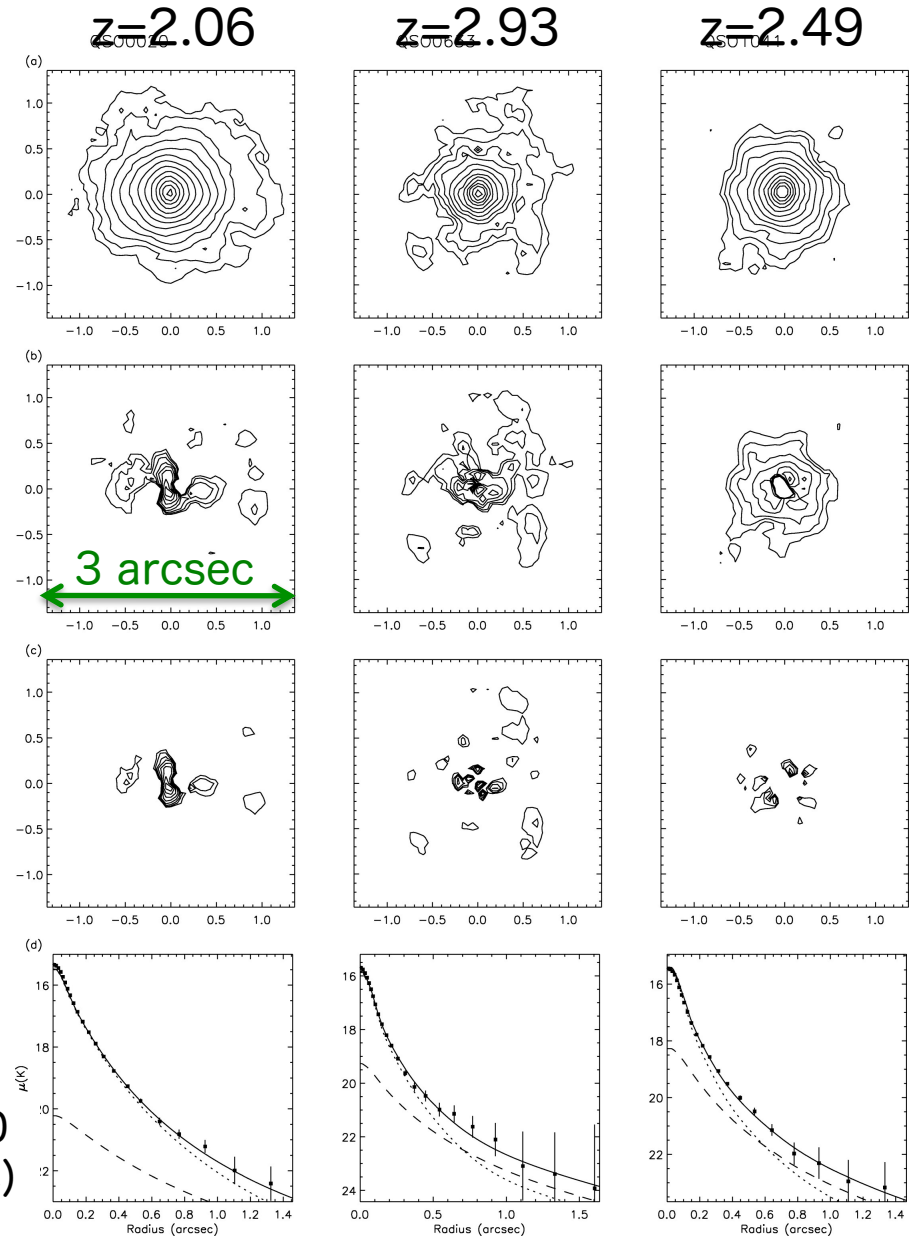
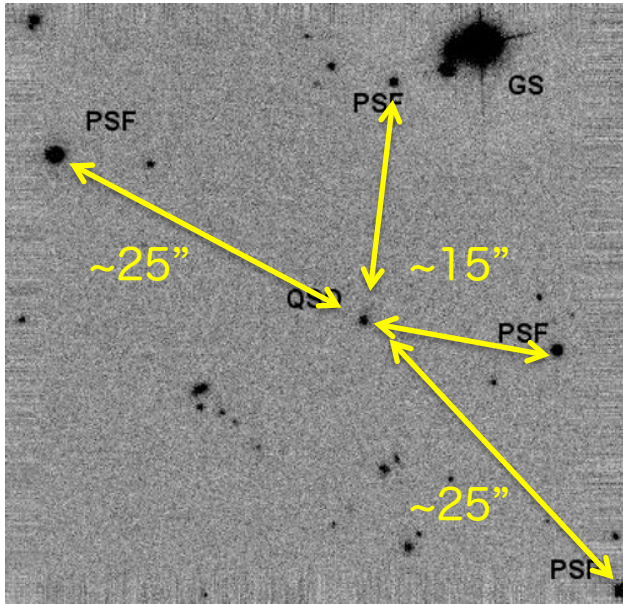
さすがにAO無しだと大変...



Schramm+08 (VLT/ISAAC, no AO)

Courtesy of Kawaguchi-san, Minezaki-san, Morokuma-san, Minowa-san, et al.

観測 @ $z > 2$ with AO

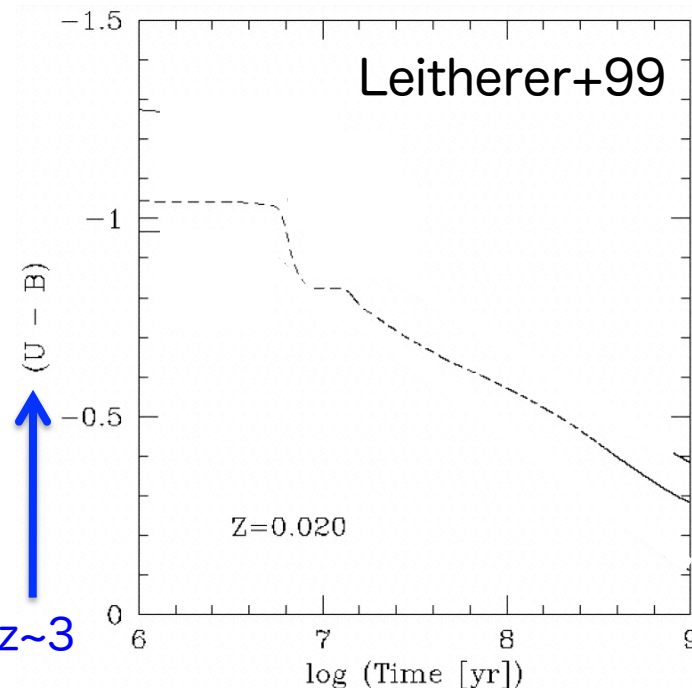
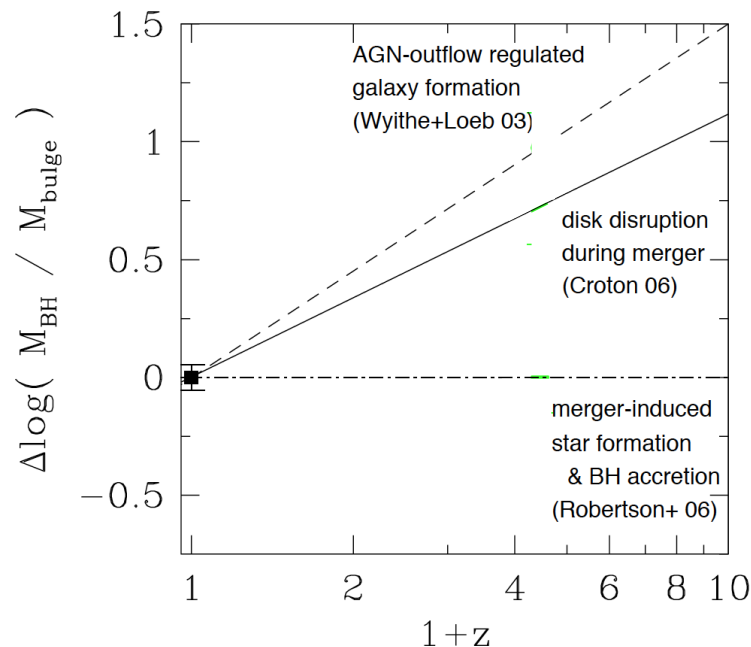


広い視野でPFSが安定してほしい...

Falomo+08 (VLT/CONICA, [with AO](#))

やるべきこと

- ~ BHバルジ質量比の進化の測定
- ~ 各種モデルを切り分けたい
- ~ QSO母銀河の撮像観測 with AO
- ~ 高精度でPFSを差し引きたい
 - ... 広視野でPFS参照星を使いたい
 - ... 空間依存したPFS変化は小さく
 - ... MOAOで参照星とQSOを観測
 - ... 視野は1-2 arcmin?
- ~ 測光から質量に変換: colorも必要
 - ... KだけでなくJも高いStrehl比を
- ~ BH質量は別途分光 (これはAO不要)



J-K @z~3

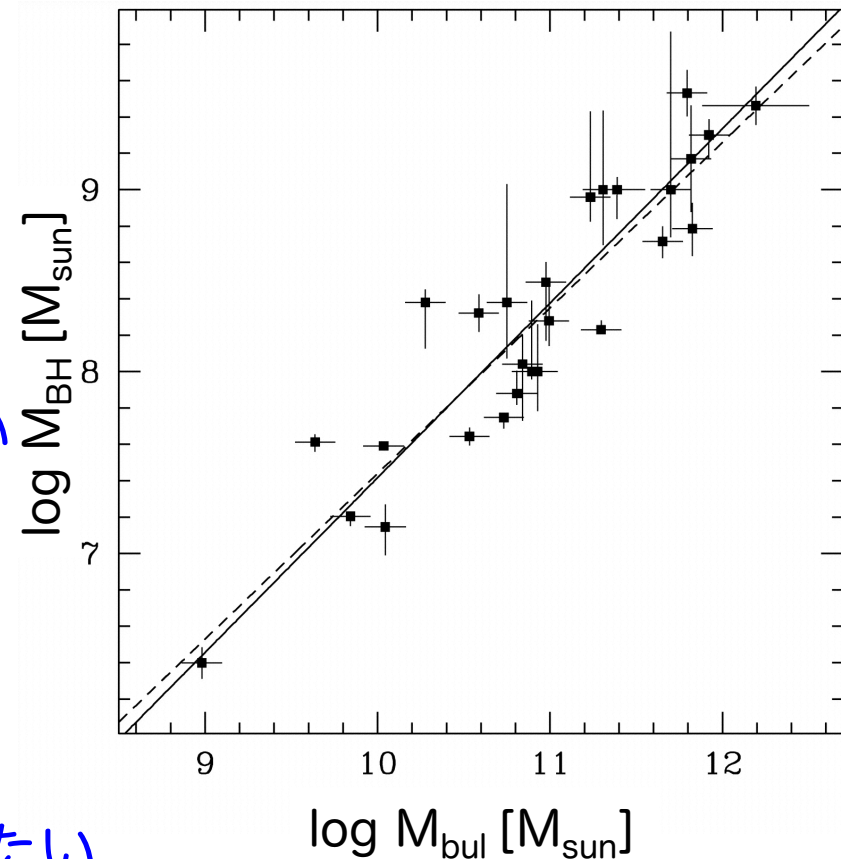
Summary

➤ SMBH質量測定 (AO分光)

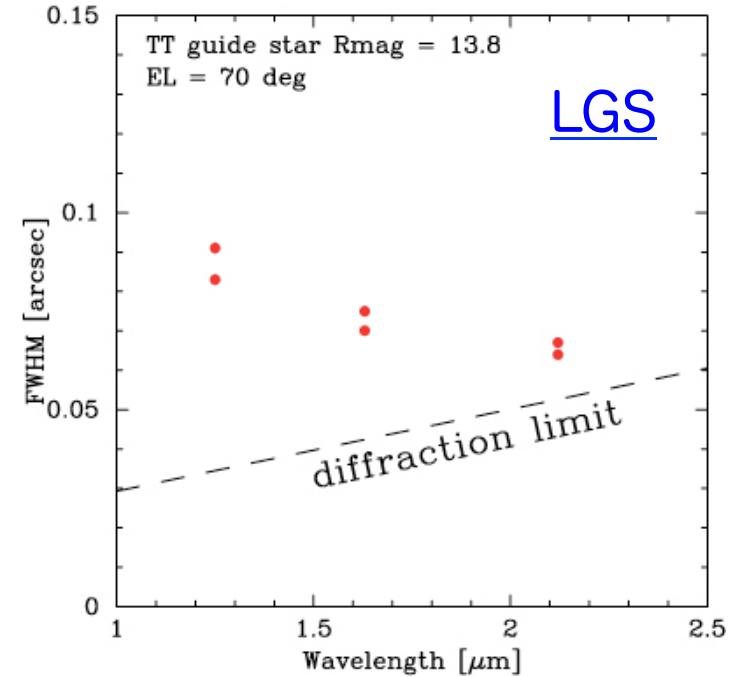
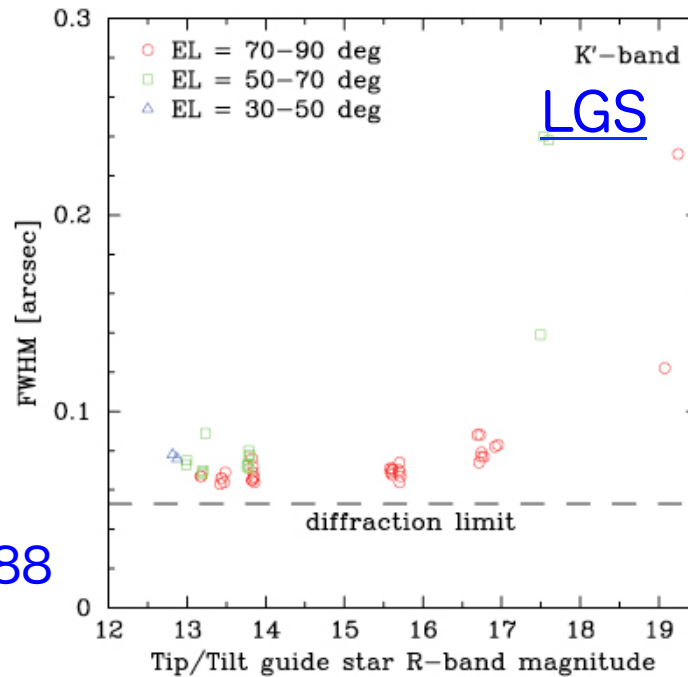
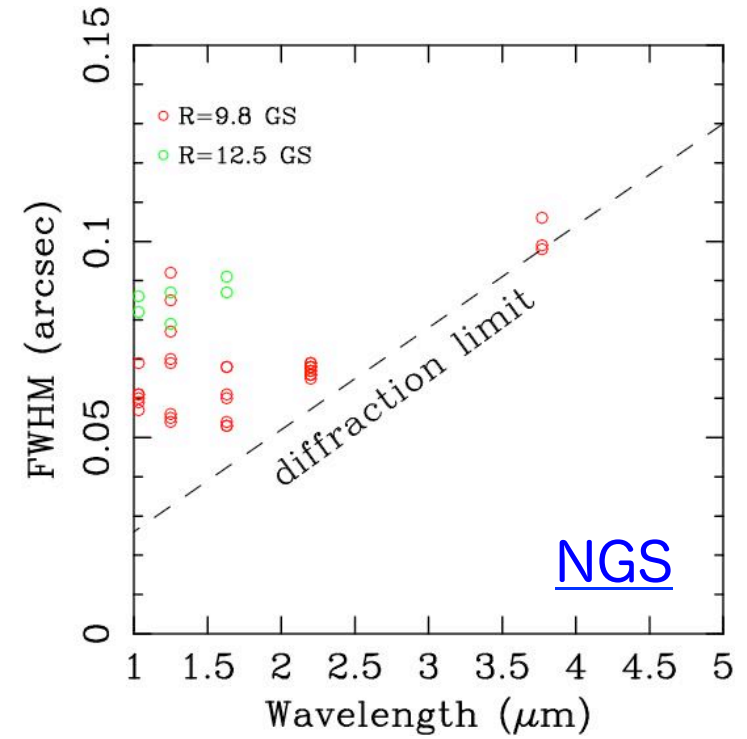
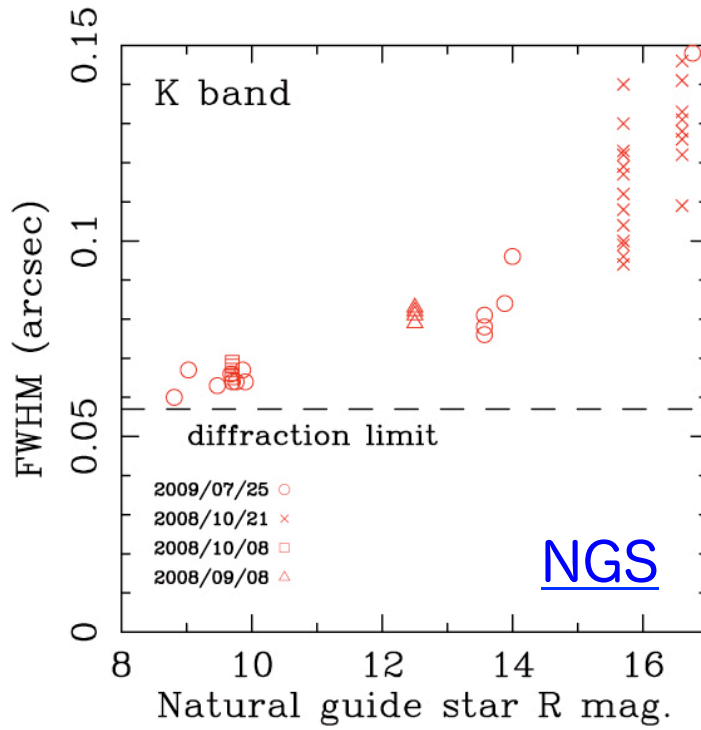
- ~ はしご間のキャリブが不十分
- ~ rev.mappingされたAGNの SMBH質量を力学的に決めたい
- ~ 0.05"以下の空間分解能が欲しい
- ~ 中心核は15-16等とか
- ~ extreme AO? 可視AO??
- ~ 視野の広さは不要

➤ 母銀河質量測定 (AO撮像)

- ~ 母銀河SMBH質量比の進化が見たい
- ~ 進化効果が顕著な redshift 3 あたりで
- ~ 正確なPFS差し引きが重要
- ~ 広視野(~1-2')でPFS参照星を使いたい
- ~ MOAO? (数天体分? 10個も要らない?)
- ~ KだけでなくJでも高い性能が欲しい



Memo



From
Subaru/AO188
webpage