

SMBHとホスト銀河の 関係の進化の 質量依存性

広島大学 宇宙物理学研究室

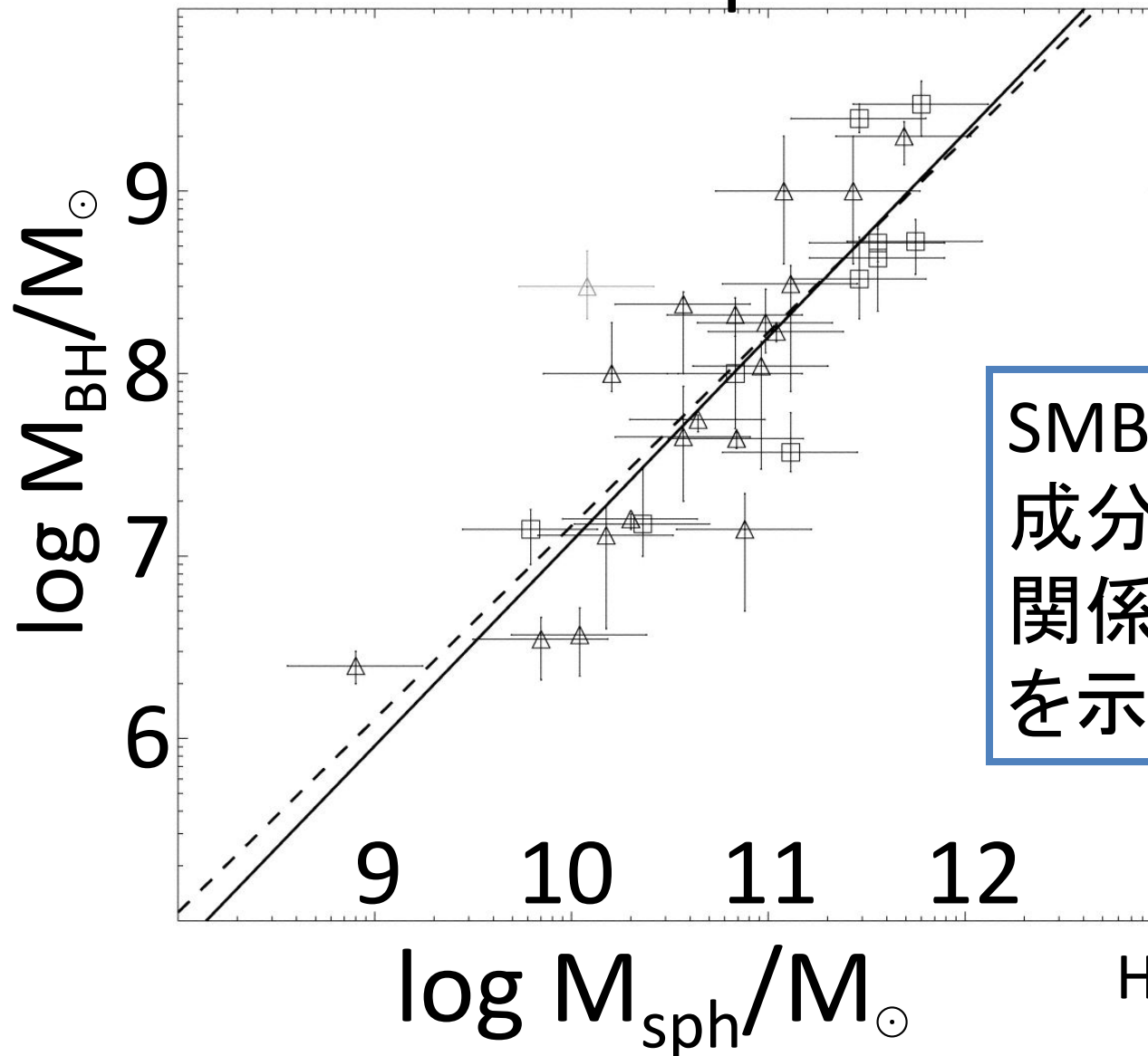
○木坂 将大 小畠 康史

概要

現在、SMBHとそのホスト銀河の特徴的パラメーターとに相関関係の存在が明らかになってきた。相関関係の起源を理解することは、SMBHとそのホスト銀河の進化の描像に迫れる可能性がある。

相関関係の起源を探る手法として、相関関係の宇宙論的時間スケールでの進化を明らかにすることが挙げられる。そこで本研究では、現象論的モデルを用いて $M_{\text{BH}}-M_{\text{sph}}$ 関係の進化の質量依存性について解析を行った。

$M_{\text{BH}}-M_{\text{sph}}$ 関係 ($z=0$)

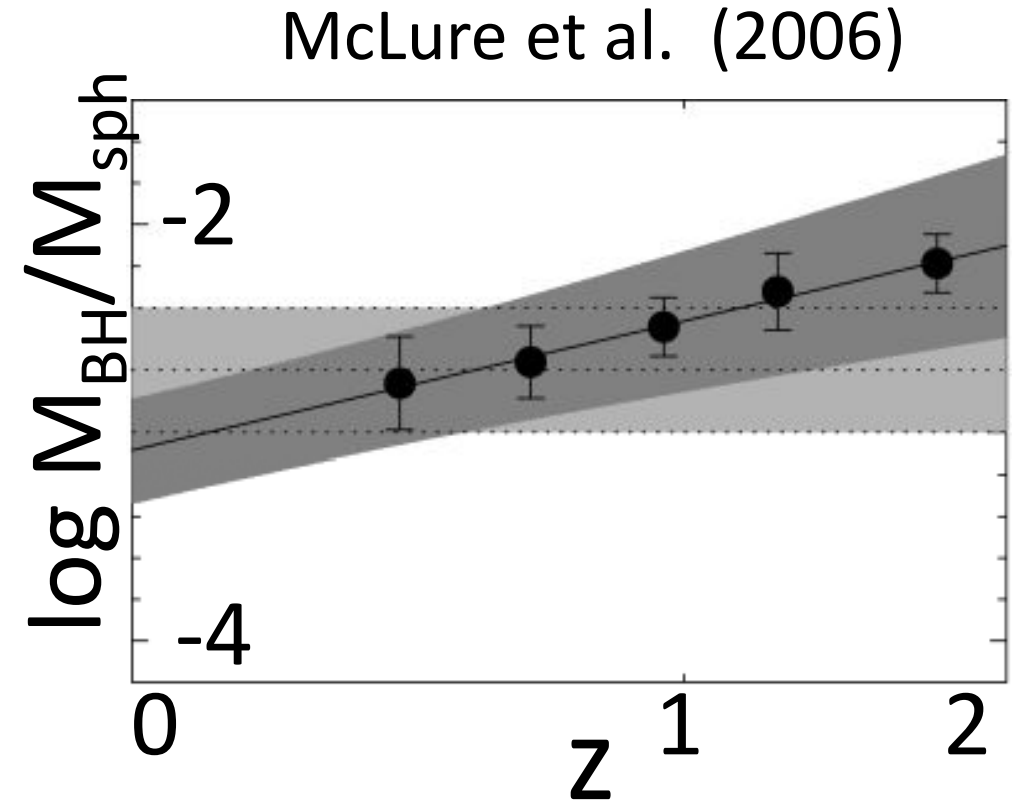
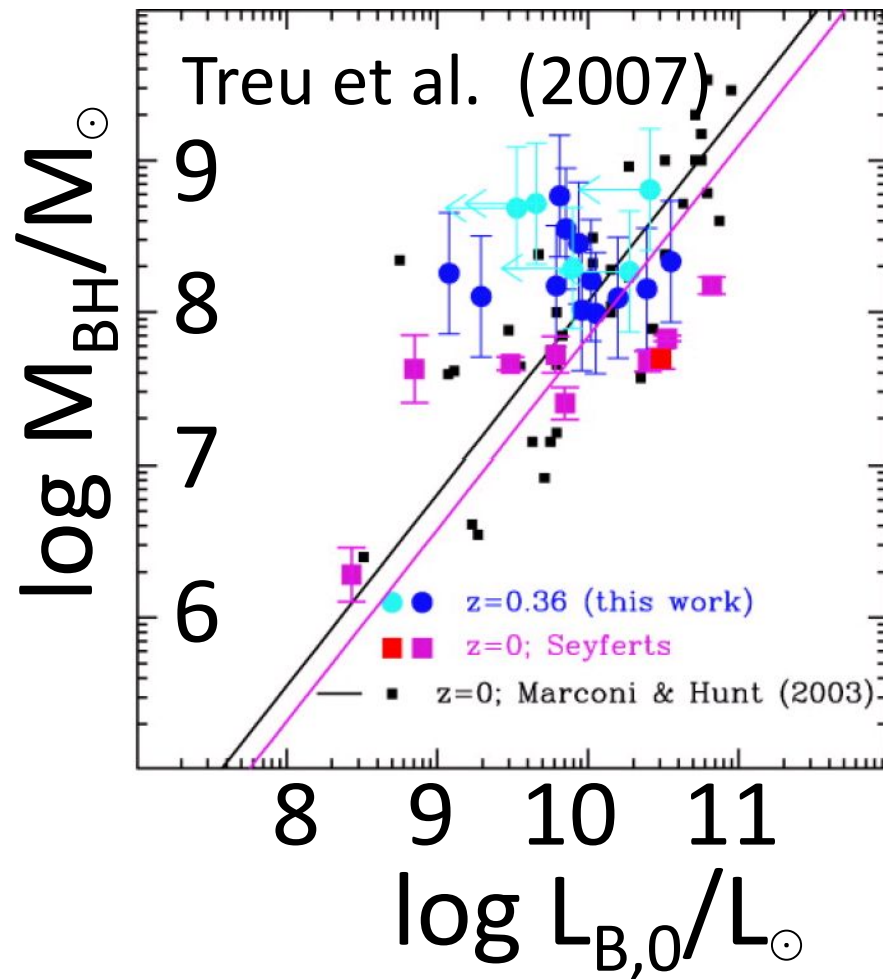


$$M_{\text{BH}} \propto M_{\text{sph}}$$

SMBHとスフェロイド
成分の形成、進化が
関係している可能性
を示唆。

Häring & Rix (2004)

$z > 0$ での観測結果



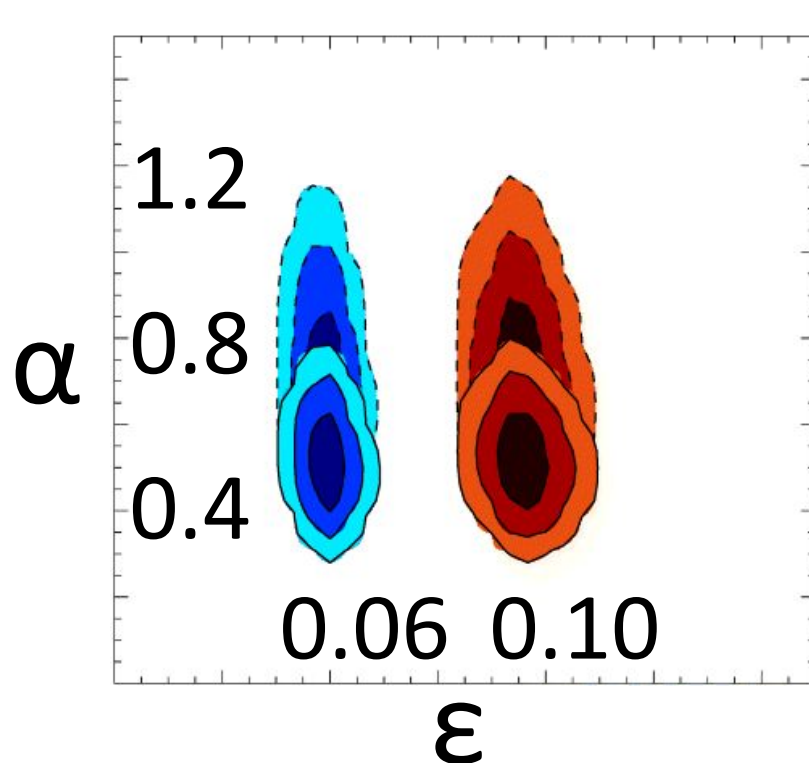
$$\log(M_{\text{BH}}/M_{\text{sph}}) \propto (1.5-2.0)\log(1+z)$$

現象論的アプローチ

Merloni et al. (2004)

積分量としての相関関係の進化

$$\rho_{sph}(z) = A_0 \rho_{BH}(z) (1+z)^{-\alpha}$$



$$\frac{d\rho_{BH}}{dz}(z) = \int_0^\infty \frac{(1-\epsilon)}{\epsilon c^2} L \phi(L, z) dL$$

ϵ : 放射変換効率

ϕ : AGN光度関数

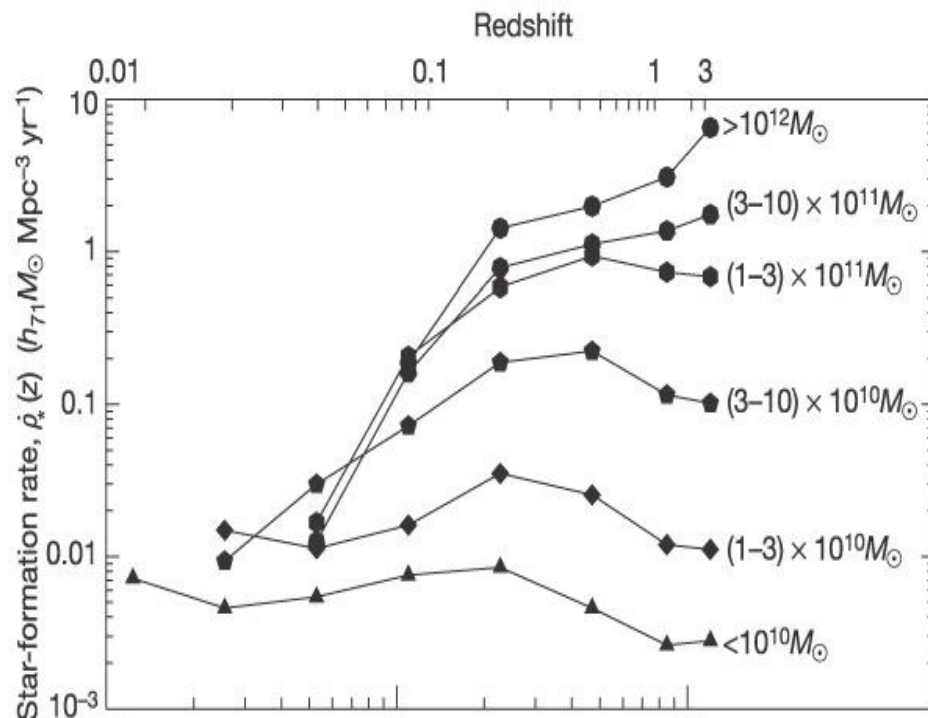
AGNの光度

$$L = \frac{\epsilon}{1-\epsilon} \dot{M}_{BH} c^2$$

ダウンサイジング

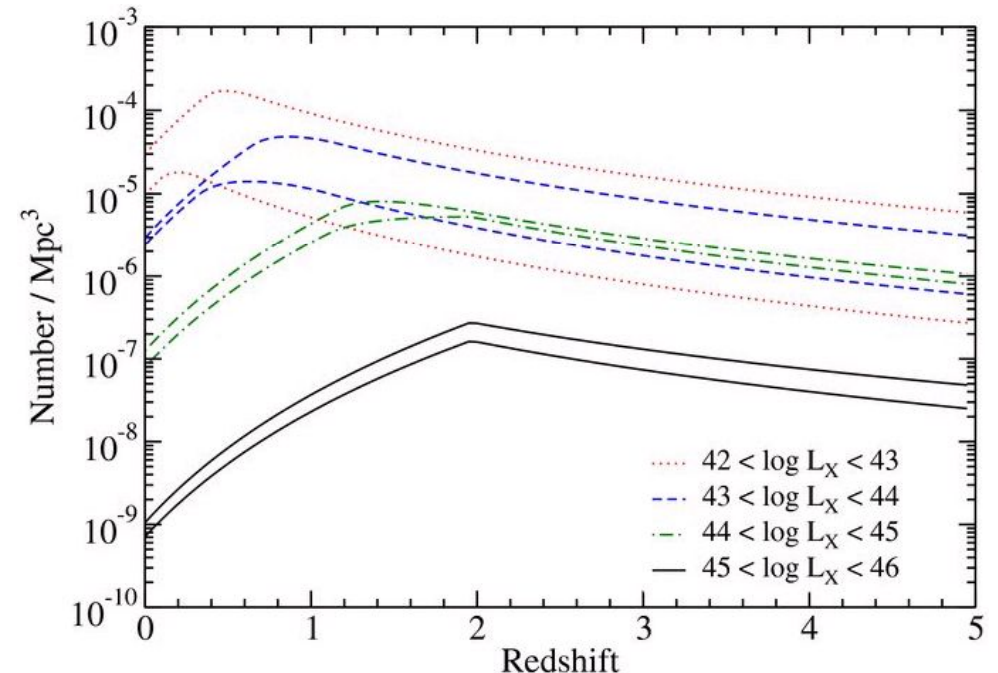
SMBHと銀河の進化は質量に依存する。

星形成率密度の進化



Heavens et al. (2004)

AGNの個数密度の進化



Yencho et al. (2009)

よって進化に質量依存性を考慮。

SMBH進化モデル

BHの質量増加にはガス降着が支配的と仮定。

$$\frac{\partial n}{\partial t}(M_{BH}, t) + \frac{\partial}{\partial M_{BH}} \left[n(M_{BH}, t) \langle \dot{M}_{BH}(M_{BH}, t) \rangle \right] = 0$$

光度と質量の関係

$$L = \lambda \frac{M_{BH} c^2}{t_{Edd}}$$

$n(M_{BH}, t)$: BH質量関数

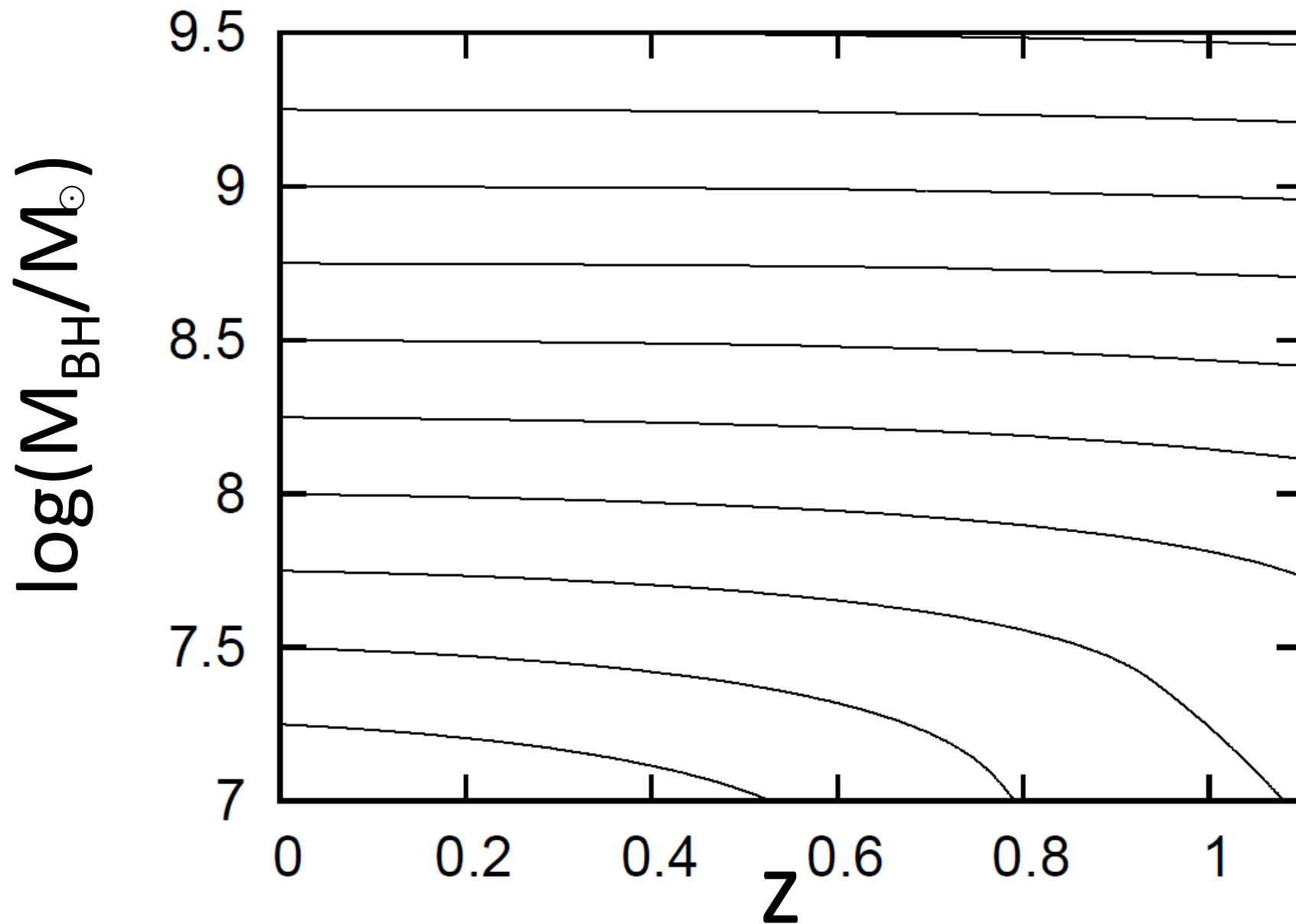
λ : エディントン比

t_{Edd} : エディントン時間

BHの質量降着史

$$dM_{BH} = \langle \dot{M}_{BH}(M_{BH}, t) \rangle \frac{dt}{dz} dz$$

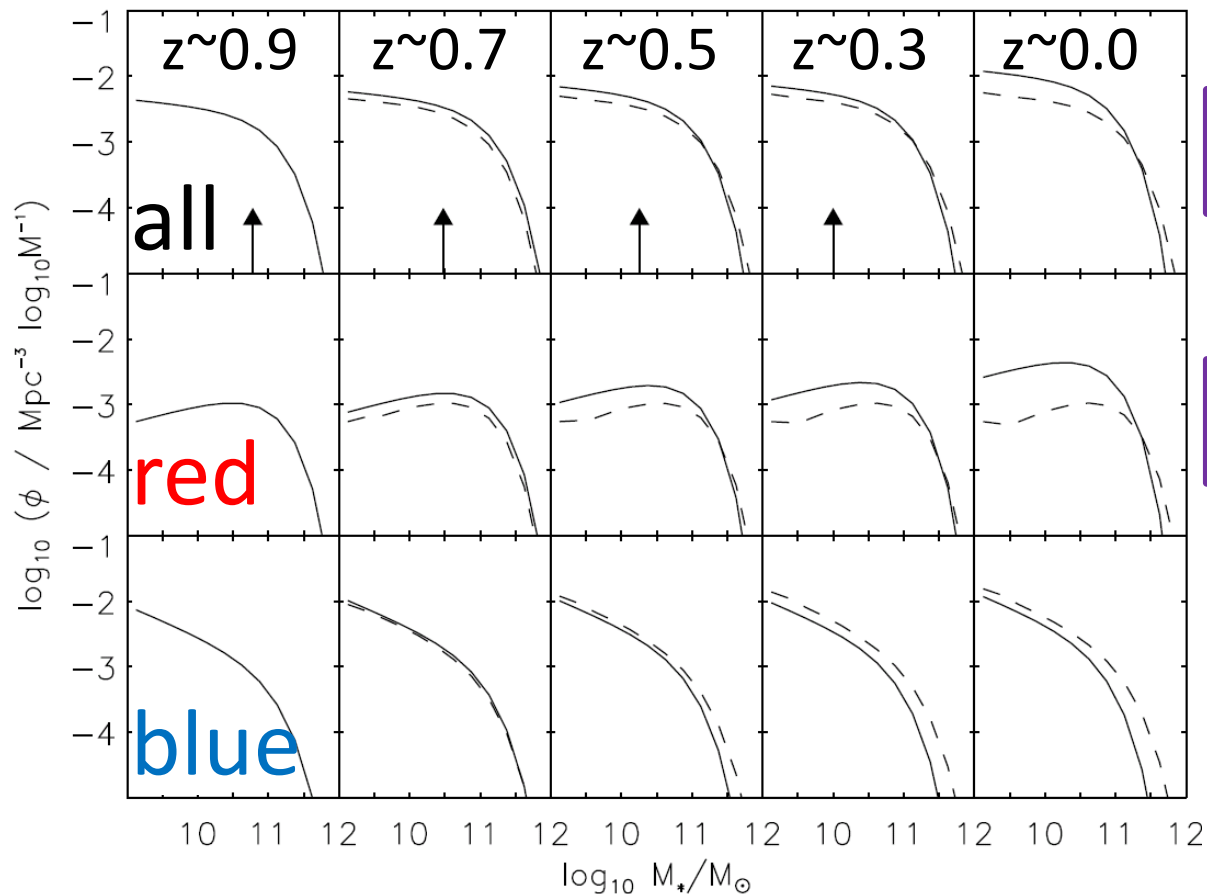
SMBHの質量の時間進化



スフェロイド進化モデル(1/2)

銀河の質量増加には星形成が支配的と仮定

$$\frac{\partial n}{\partial t}(M, t) + \frac{\partial}{\partial M} [n(M, t) \dot{M}(M, t)] = 0$$



観測結果を再現。

計算結果が不足。

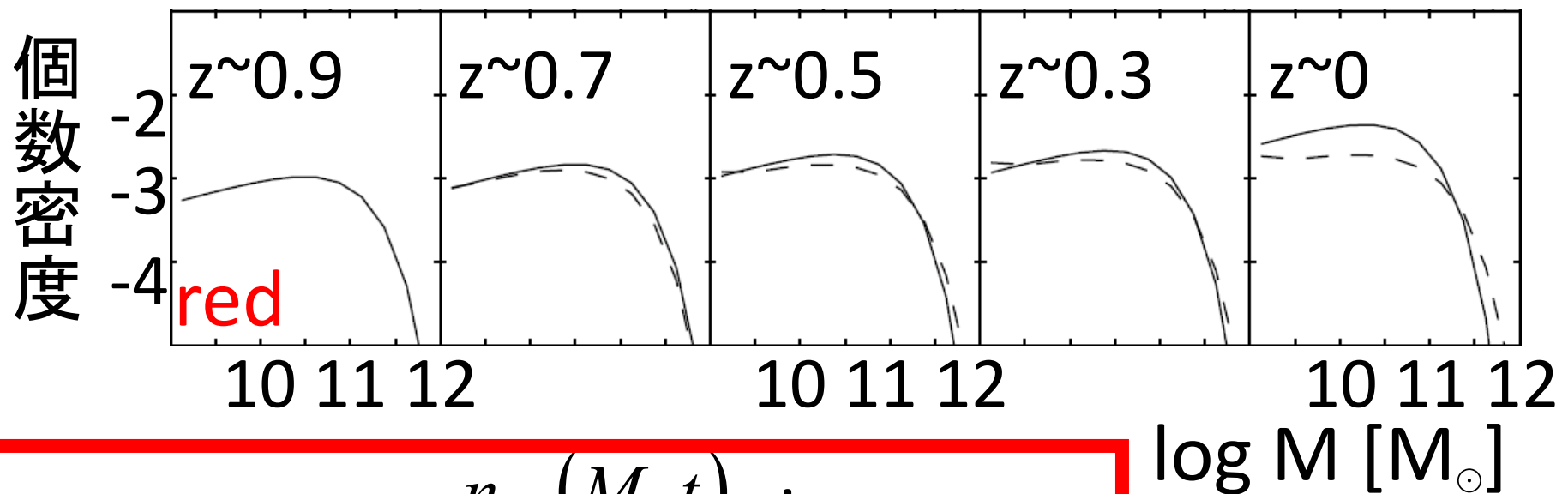
観測結果は
時間進化なし。

Bell et al. (2007)

スフェロイド進化モデル(2/2)

Red sequenceに全体で形成した星を加える。

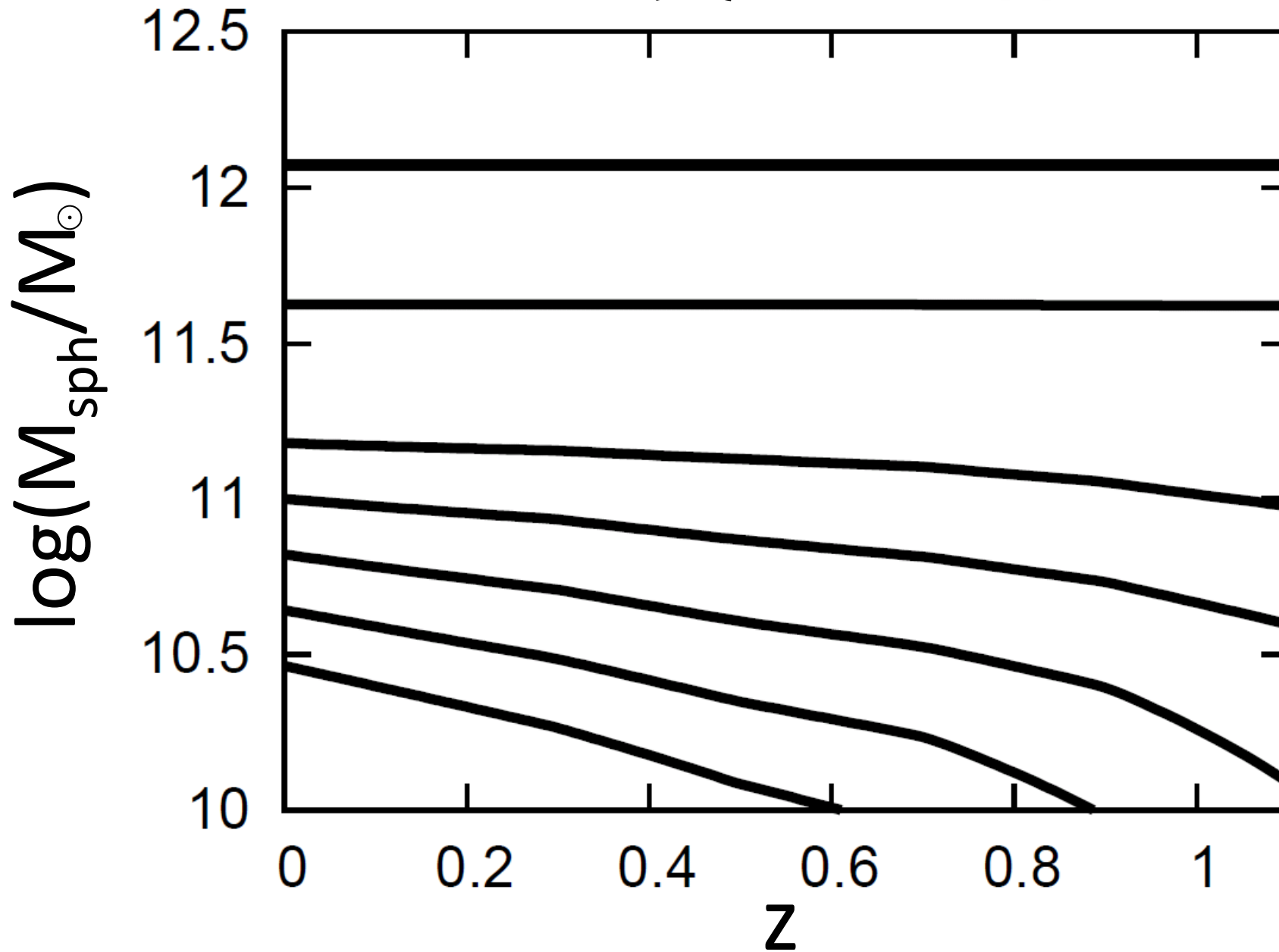
$$\frac{\partial n_{red}}{\partial t}(M, t) + \frac{\partial}{\partial M} [n_{all}(M, t) \dot{M}_{all}(M, t)] = 0$$



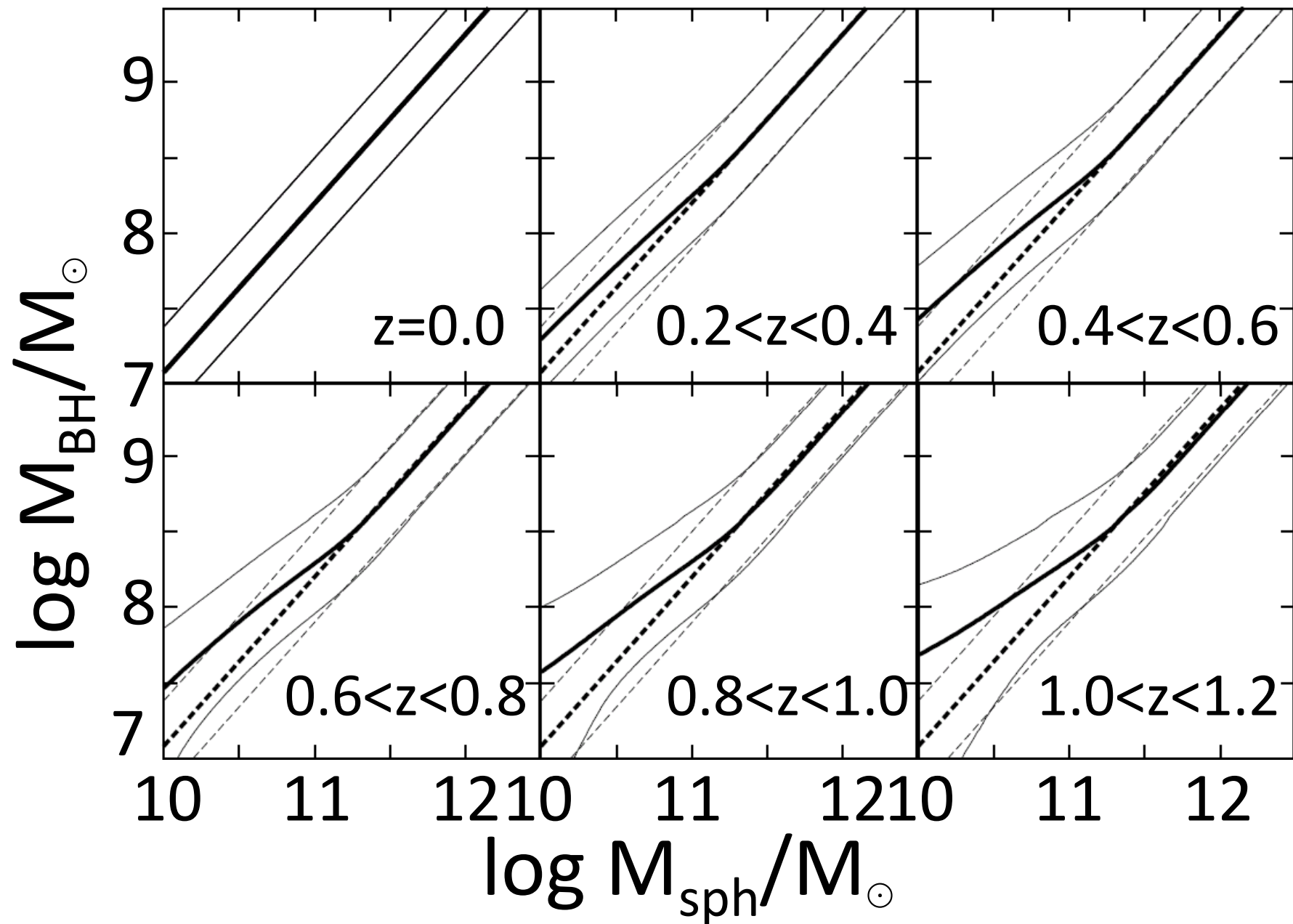
$$dM_{sph,eff}(M, t) = \frac{n_{all}(M, t)}{n_{sph}(M, t)} \dot{M}_{all}(M, t) dt$$

Bell et al. (2007)

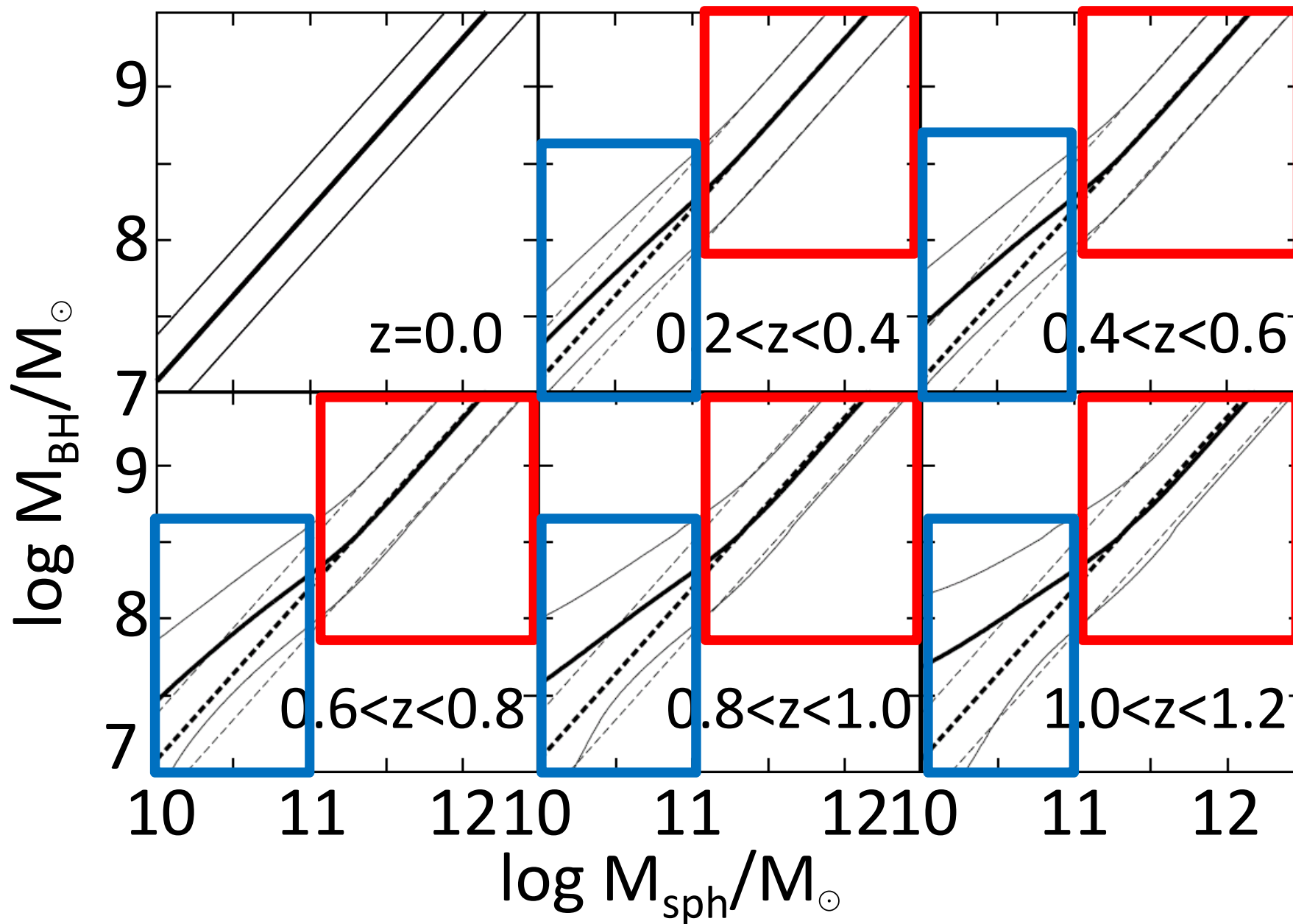
スフェロイドの質量の時間進化



相関関係の進化



M_{sph} の範囲で二つに分けると、それぞれで進化の振る舞いが異なることがわかる。



$M_{\text{BH}}-M_{\text{sph}}$ 関係の進化の質量依存性

$M_{\text{sph}} > 10^{11} M_{\odot}$ の領域ではほとんど進化が見られない。これは $z < 1$ において明るい AGN の個数が少ないことと星形成率が小さいことからきている。

$M_{\text{sph}} < 10^{11} M_{\odot}$ の領域では SMBH の進化が先行しており、スフェロイドの質量増加が遅れている。このことは M_{sph} の値が小さいほどよく現れており、分布の傾きが小さくなっている。

進化を定量的に評価すると

積分量で解析した場合

$\alpha \sim 0.8$ \rightarrow Merloni et al. (2004) と一致。

$$\frac{M_{BH}}{M_{sph}} \propto (1+z)^\alpha$$

質量ごとで評価すると、

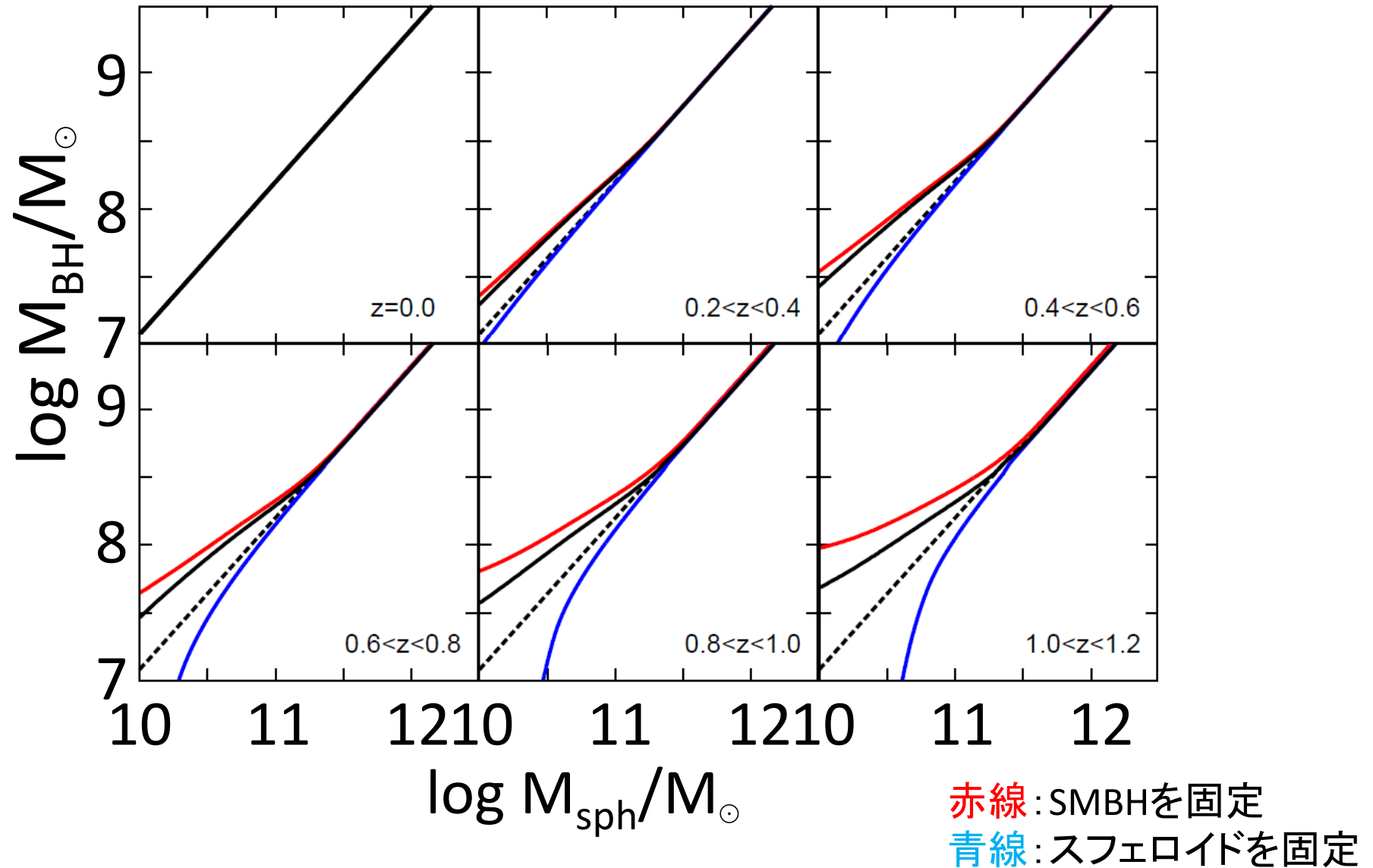
$\log M_{sph}/M_\odot = 10.0$ のとき $\alpha = 1.8$

$\log M_{sph}/M_\odot = 10.5$ のとき $\alpha = 1.1$

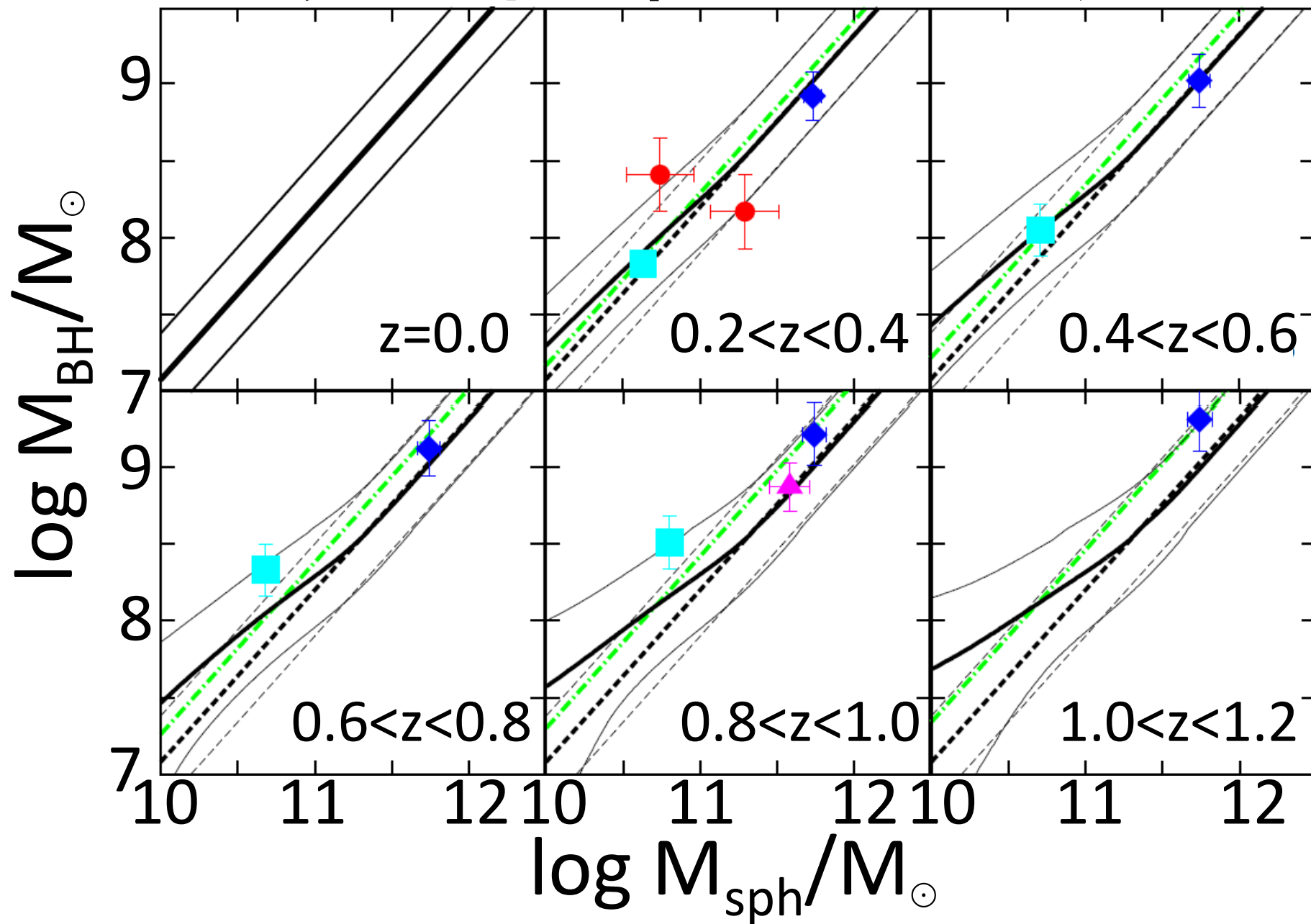
$\log M_{sph}/M_\odot = 11.0$ のとき $\alpha = 0.36$

さらに質量が大きくなると $\alpha \sim 0$

M_{BH} , M_{sph} のどちらかのみ進化させて相対的な進化を評価。SMBHの進化はほとんど効かない。



観測結果との比較



まとめ

- SMBHとスフェロイド成分に対し、質量依存性を考慮した進化をモデル化した。
- $z < 1$ における $M_{\text{BH}}-M_{\text{sph}}$ 関係は、 $M_{\text{sph}} > 10^{11} M_{\odot}$ では進化しない($\alpha \sim 0$)。一方で、 $M_{\text{sph}} < 10^{11} M_{\odot}$ ではスフェロイド成分の進化が卓越する($\log M_{\text{BH}}/M_{\odot} = 10.5$ で $\alpha = 1.1$)、つまりSMBHの進化がスフェロイド成分に対して先行する。
- 検証にはSMBHとホスト銀河の質量を同時に推定できる多くのサンプルが必要不可欠。特に低質量領域。