

準解析的モデルによる クエーサー光度関数の研究

北海道大 MI 白方 光

岡本 崇 (北海道大学) 榎 基宏 (東京経済大学)

長島 雅裕 (文教大学) 小林 正和 (愛媛大学)

石山 智明 (筑波大学) 真喜屋 龍 (東京大学)

OUR QUESTIONS

- 「ダストに埋もれたクエーサー（QSO）」はどのくらい存在するのか
- QSO近傍のダストの影響が大きいだろうという予想はできるが、母銀河に存在するダストはどのくらい効くのか
- ダストの効果を入れたとき、我々の準解析的モデルは現実のQSOを再現できるのか

OUR METHOD

SA MODEL

- SA modelを使う利点

比較的少数のパラメータで多様な観測を再現

低い計算コストで大きな体積について計算できる

QSOなどのrare objectの統計的研究が容易

OUR MODEL

- Numerical Galaxy Catalogue

(vGC; Nagashima et al. 2005)

- 現在コードの更新作業中

v²GC

“radio mode”のAGN feedback を導入

seed BH の取り扱いの変更

大きなbox size, 世界最高のresolutionを誇るダークハローの

merger tree → AGNの統計的取り扱いを得意とするコードへ

OUR MODEL (TREATMENT OF QSOS)

- SMBH成長 : 銀河のmajor mergerに起因するcold gas accretion
SMBHどうしの合体

- QSO ライトカーブ

$$L_B(t) = L_B(\text{peak})\exp(-(t - t_{\text{merger}})/t_{\text{life}})$$

$$L_B(\text{peak}) = \frac{\epsilon_B M_{\text{acc}} c^2}{t_{\text{life}}}$$

- 銀河のmajor merger と同時に SMBH にcold gasが降着

OUR MODEL (TREATMENT OF QSOS)

- QSOに対するダスト減光の取り扱い : universal
銀河の個性によらず、すべてのQSOについて同じ
- QSO周辺のトーラス様構造 : 簡単のため考慮していない
※他のSAモデルでも詳細をきちんと取り入れているわけではない

OUR MODEL (TREATMENT OF QSOS)

For more detail...

ANTI-HIERARCHICAL EVOLUTION OF THE ACTIVE GALACTIC
NUCLEUS SPACE DENSITY IN A HIERARCHICAL UNIVERSE

M. Enoki, T. Ishiyama, M. A. R. Kobayashi, and M. Nagashima

2014, ApJ, 794, 69

MODEL UPDATE

- QSO母銀河の持っているガス・メタル量から、銀河と consistent に減光量を見積もってやる

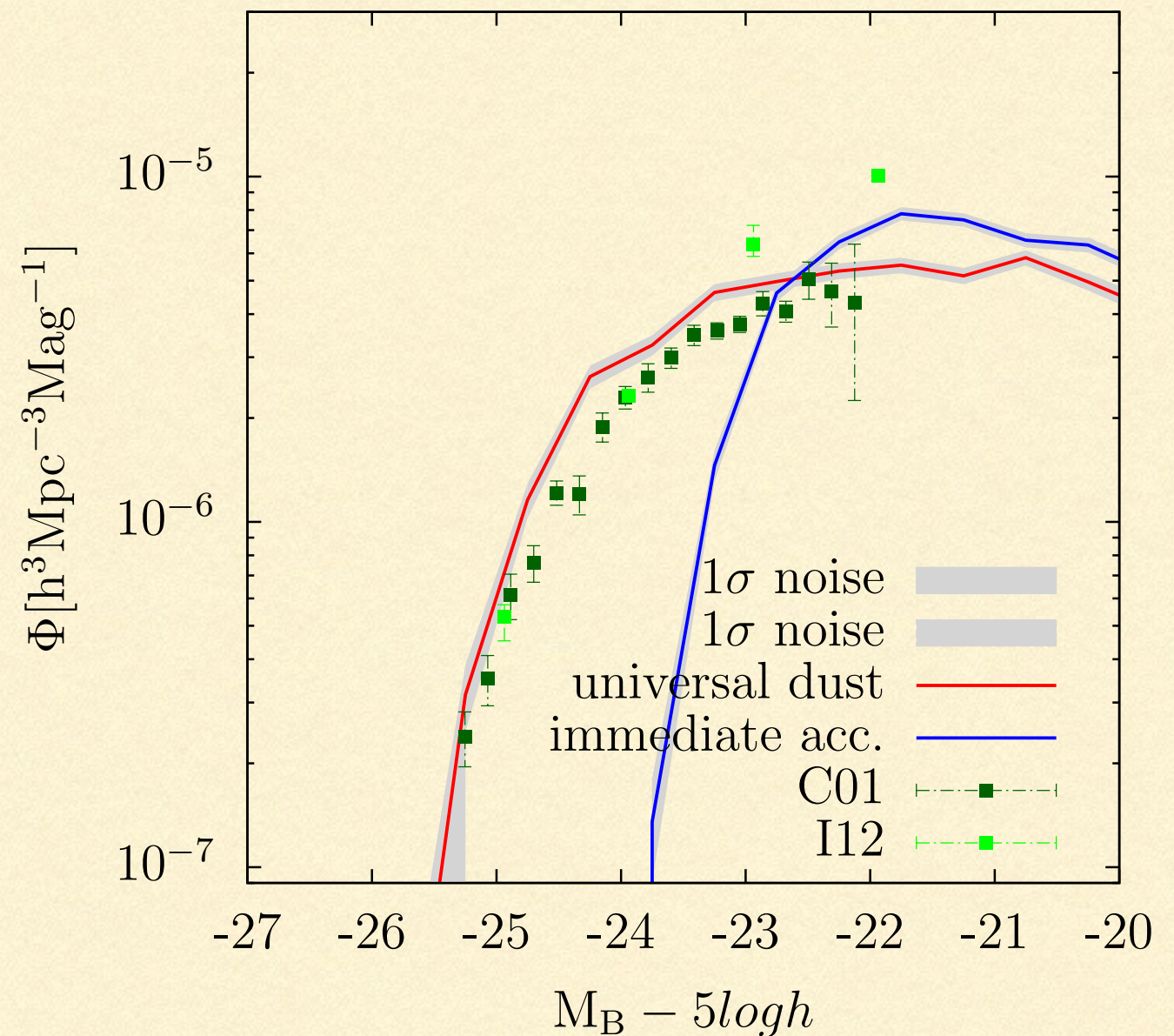
$$\tau \propto \frac{M_{\text{cold}} Z_{\text{cold}}}{r_e^2} (1+z)^{-1} \quad \text{extinction curve : Calzetti+ (2000)}$$

- major merger が起きてから銀河中心にガスが供給されるのにかかる時間を考慮

RESULTS

QSO LUMINOSITY FUNCTION

- 母銀河ダストの減光効果は無視できない
(約2 mag 暗くなる)
- B-band 放射効率 ϵ_B
0.0035
- QSO lifetime
30Myr
(for $10^8 M_{\text{sun}}$ BH)



observational data: Croom+ (2001), Ikeda+ (2002)

QSO LUMINOSITY FUNCTION

- 母銀河ダストの減光効果は無視できない

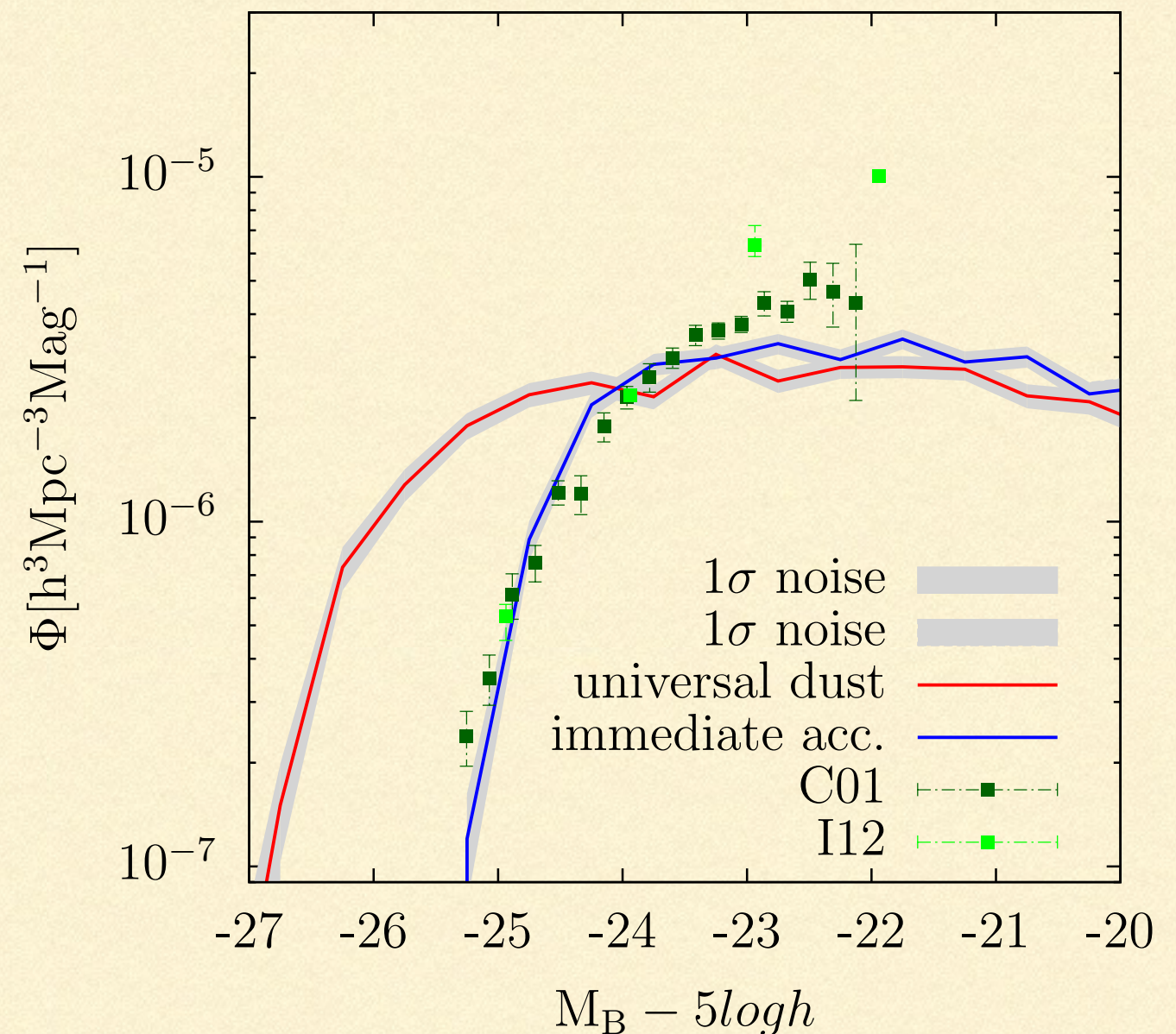
(約2 mag 暗くなる)

- B-band 放射効率 ϵ_B

0.0035 → 0.0070

- QSO lifetime

30Myr → 10Myr
(for $10^8 M_{\text{sun}}$ BH)



observational data: Croom+ (2001), Ikeda+ (2012)

PROBLEMS

- 母銀河のもつダストだけでこんなに減光されて良いのか.
- トーラスの寄与を考慮すると、B-band 放射効率が非物理的？
- I型QSO が減光をほとんど受けていないことに矛盾する可能性

DISCUSSION

“DELAYED ACCRETION MODEL”

- 銀河のmajor merger からSMBHへのガス降着が起こるまで時間がかかるのではないかな？

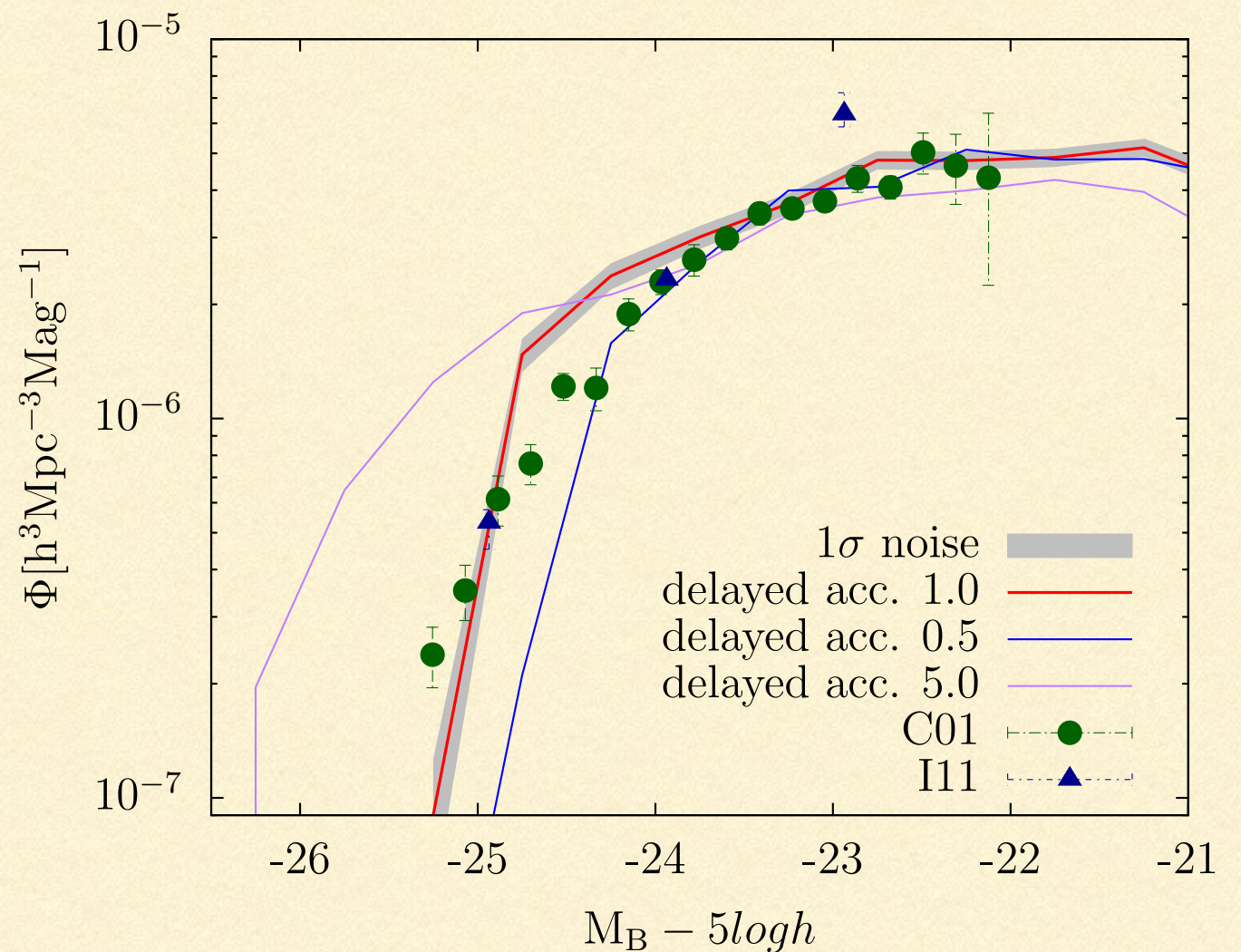


“Delayed Accretion Model”

- 銀河のdynamical time程度の遅れが生じると考える
- 母銀河によるダスト減光を減らせる

“DELAYED ACCRETION MODEL”

- 母銀河での星形成に cold gas が使われてから QSO が光る
- $5 \cdot t_{\text{dyn}}$ 程度の遅れを入れればダスト減光は効かなくなる



OTHER POSSIBILITY

- I型QSOがダスト減光の効果を受けていないなら・・・

delayed accretionによってQSOが光る時のダスト量を減らす

or

“QSO mode feedback”

- delayed accretionの効果と縮退 (LFだけ見た場合)

OTHER POSSIBILITY

- I型QSOがダスト減光の効果を受けていないなら . . .

delayed accretionによってQSOが光る時のダスト量を減らす

or

“QSO mode feedback”

低降着率のAGNからのfeedback は観測的証拠があるが (Tabor & Binney 1993)

これは観測的にもはっきり分かっていない
(Ho 2002, Sikora et al. 2007)

- delayed accretionの効果と縮退 (LFだけ見た場合)

OTHER POSSIBILITY

- I型QSOがダスト減光の効果を受けていないなら . . .

delayed accretionによってQSOが光る時のダスト量を減らす

or

“QSO mode feedback”

低降着率のAGNからのfeedback は観測的証拠があるが (Tabor & Binney 1993)

これは観測的にもはっきり分かっていない？

(Ho 2002, Sikora et al. 2007)

- delayed accretionの効果と縮退 (LFだけ見た場合)

SUMMARY

- 銀河のダストによる QSO の減光を銀河進化と整合的に求めた
- バルジのダストによる減光はかなり (~ 2 mag) 効く
- バルジが先か、SMBHの成長が先か？
- Delayed accretion or QSO mode feedback?