

JVOを利用した赤方偏移 3.0 までのAGNと銀河のク ラスタリング解析

国立天文台 天文データセンター

白崎裕治

AGNと銀河のクラスタリング

- 宇宙の階層構造形成モデル
 - **ダークマターハロー** 同士が合体成長
 - **銀河集団** も集積し成長
 - **銀河** 同士の合体 巨大ブラックホール (AGN) の成長
- 銀河(の大規模構造)と AGN は共進化
 - 観測的証拠:
 - 銀河バルジの速度分散 vs BH 質量
 - AGN 同士のクラスタリング度は $z > 2$ で増加
 - AGN は生成ピーク以前では高密度環境で盛んに生成
 - AGN をプローブとして **大規模構造形成史** を解き明かす

AGN 周辺環境観測の現状 1

■ AGNのクラスタリング (SDSS, 2dF)

- $z < 2$ までは相関距離一定 : $\sim 6\text{Mpc}$
- $z > 2$ で相関距離増加 : 24Mpc ($z > 3.5$)
- 大量のサンプルが必要 (数千個の AGN)

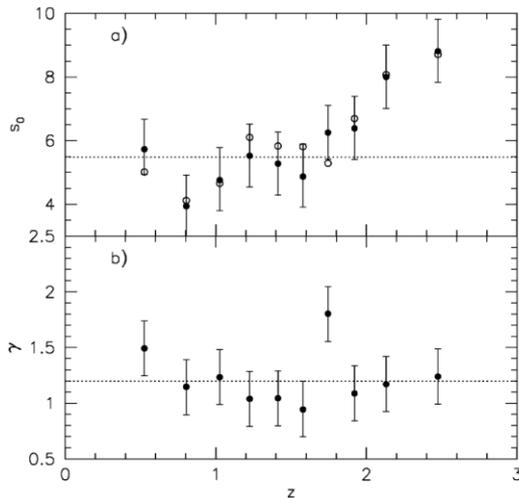


Figure 20. (a) The fitted values of s_0 with freely varying γ (filled points) and fixed γ (open points) as a function of redshift. (b) The best-fitting values of γ as a function of redshift. The dotted lines indicate the best-fitting values to the full redshift range. A *WMAP*/2dF cosmology is assumed.

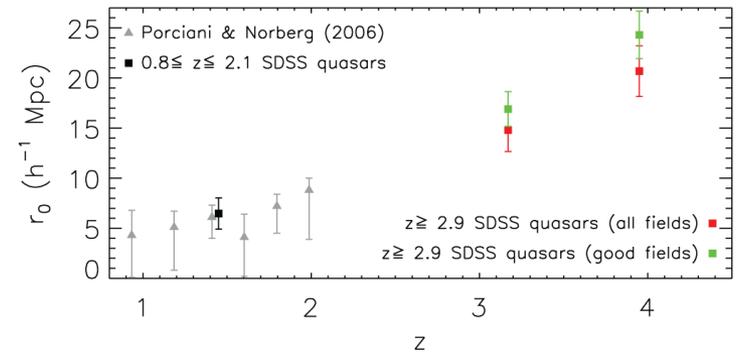


Fig. 8.—Evolution of the comoving correlation length r_0 as a function of redshift. Gray triangles are 2QZ data points taken from Porciani & Norberg (2006, col. [7] in their Table 3). The black square is for the $0.8 \leq z \leq 2.1$ SDSS quasars, taken from the variable power-law index fit; the red and green squares are for the $2.9 \leq z \leq 3.5$ and $z \geq 3.5$ bins for the all-fields and good-fields cases, respectively, taken from the fixed $\gamma = 2.0$ fits.

AGN 周辺環境観測の現状2

■ AGN-Galaxy のクラスタリング

■ 近傍宇宙 ($z < 0.6$)

- SDSSなどで大規模サンプルに基づく結果
- 相関距離 ~ 6 Mpc \rightarrow 典型的な銀河と同程度
- c.f. LRG の場合 ~ 12 Mpc

■ 中遠方宇宙 ($z > 0.6$)

- 大望遠鏡により AGN 周辺銀河をスペクトル観測
- 赤外サーベイ + カラーセレクション
- 相関距離 ~ 6 Mpc (AGN 毎のばらつきが大きい)
- サンプル数は少ない (せいぜい数十個程度)

■ AGN-AGN に対するアドバンテージ

- 少ないサンプルでも解析可能 \rightarrow より細かい分類で解析可

本研究の狙い

- ずばるアーカイブを利用 → 中遠方 AGN の環境
 - ~1,000 サンプルにもとづく測定。
 - 赤方偏移と絶対光度への依存性
 - これまでの観測は数十サンプルにもとづく結果
 - スペクトルデータなしで撮像データのみを使う
- すべての種類の銀河をカウントしたい
 - カラーセレクションを行わない。
 - 銀河サンプルは比較的赤い早期型銀河にバイアス
- バーチャル天文台システムの有効性評価
 - 大規模データを利用した研究が容易になることを実証
 - HSC サーベイへ向けた予行演習

バーチャル天文台

■ プログラミング可能なデータサービス

- 従来のデータ公開は Web フォームによる検索
 - サイト毎に異なるフォームパラメータ、異なる出力フォーマット
 - スクリプト等により、大量の検索を自動で行うことが困難
- データ検索、データ取得、解析といった一連のステップをプログラミング可能

■ JVO ポータルサイト

- <http://jvo.nao.ac.jp/portal>
- 世界中のデータサービスへここから検索実行できる
- Subaru Suprime-Cam/HDS の 処理済みデータを配信
- HSC データが出始める前の予行演習に使って！

データ解析方法 1/2

JVO 利用範囲

1. AGN の検索

- Suprime-Cam 画像 or UKIDSS データとマッチ
 - SDSS-DR5 QSO、Veron QSO/AGN (第12版)
 - Suprime-Cam : 2006 年 12 月までの全データをスタック
 - UKIDSS: DR2

2. AGN 周辺銀河カタログ作成

- Suprime-Cam 画像と UKIDSS カタログデータを取得
- 画像から天体検出 (SExtractor)
- 多波長カタログ作成
- 非一様なデータや未観測領域が多いデータは削除
- 以上を数千個 AGN について繰り返す

データ解析方法 2/2

3. 銀河数密度分布のスタッキング

- AGN を redshift と 絶対等級で分類
- 各サブセット毎に銀河分布を足し合わせる

4. 相関距離の測定

- AGN の redshift における銀河の平均数密度は LF を限界等級まで積分して推定

$$\xi(r) = \rho(r)/\rho_0 - 1 = (r_0/r)^\gamma$$

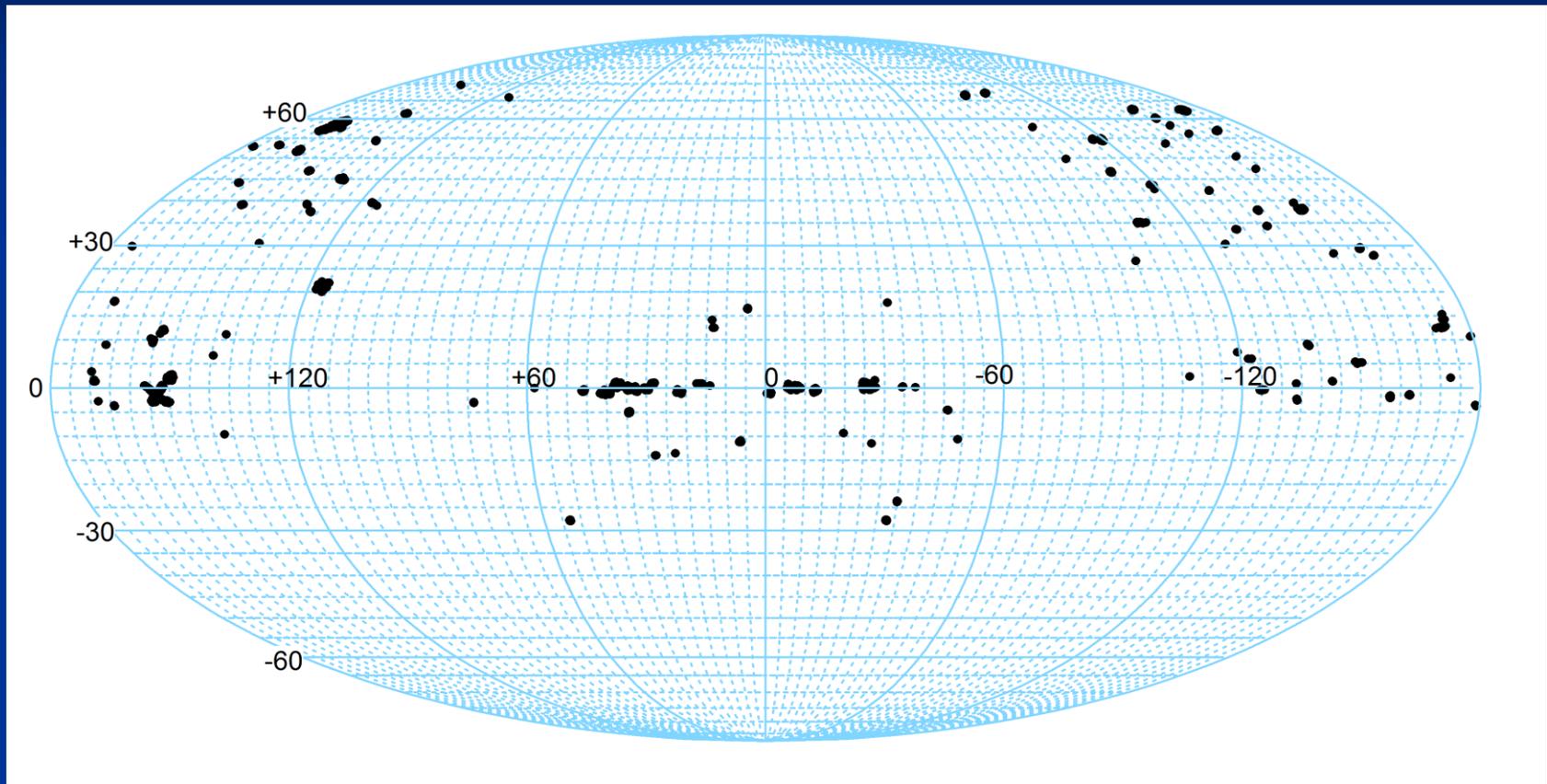
$$\omega(r_p) = r_p \left(\frac{r_0}{r_p} \right)^\gamma \frac{\Gamma(1/2)\Gamma((\gamma-1)/2)}{\Gamma(\gamma/2)},$$

$$= \frac{\sum N_i(r_p) / \sum S_i(r_p) - n_{bg}}{\sum \rho_{i,0}}$$

詳細は

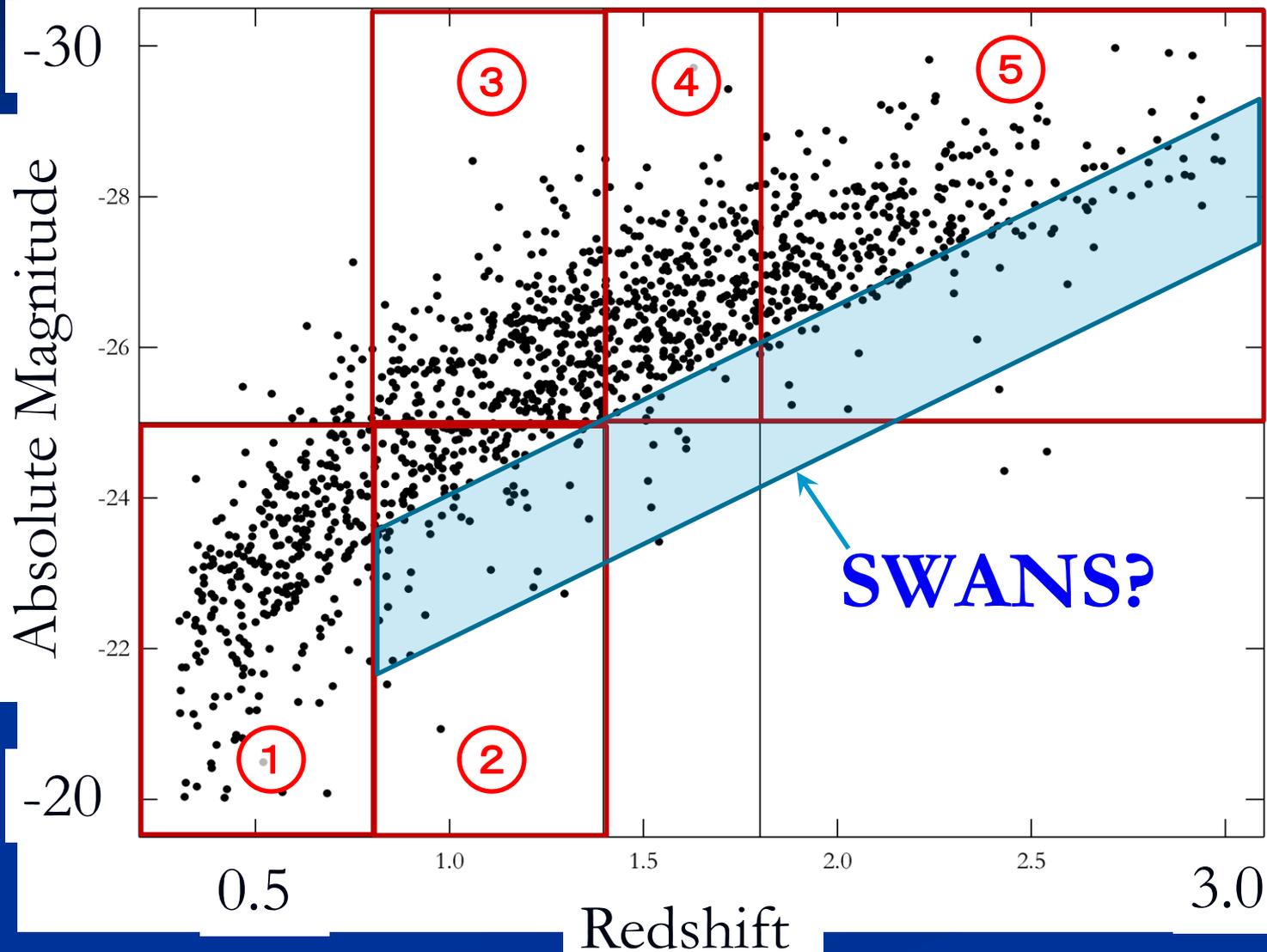
arXiv:0907.5380

解析した AGN の天球分布

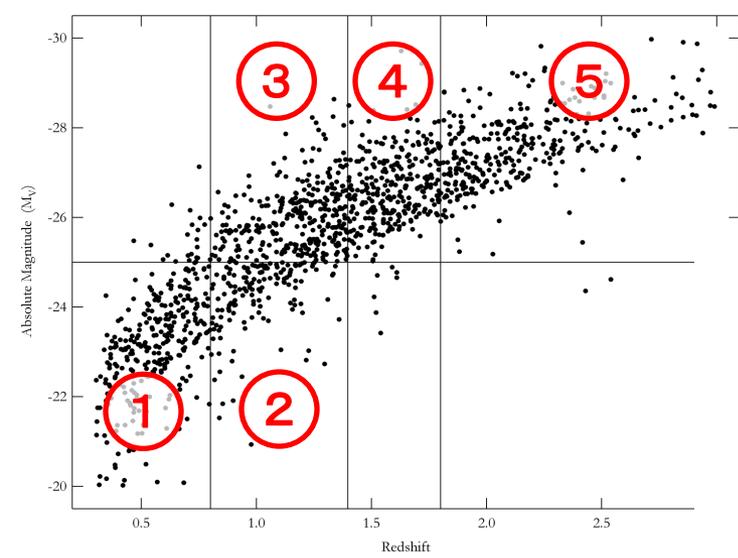


747 AGNs ($z = 0.3 \sim 3.0$)

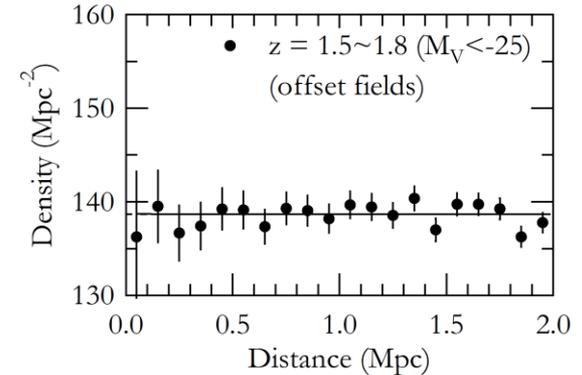
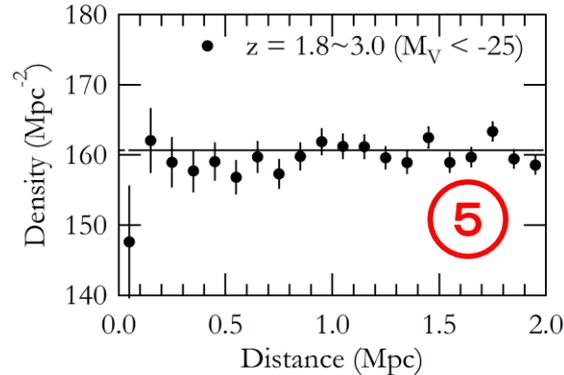
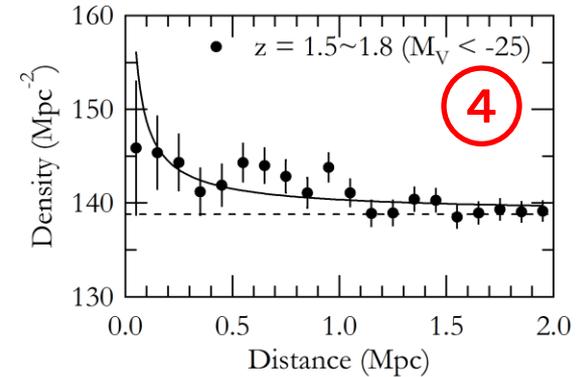
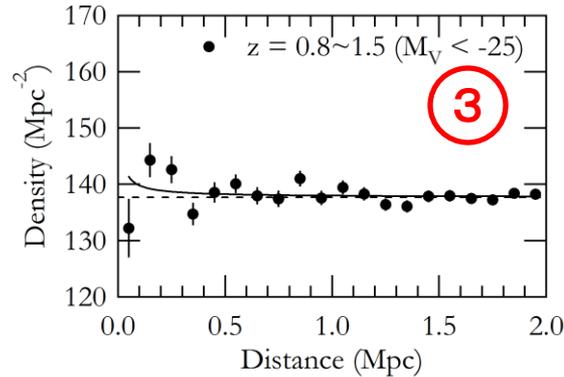
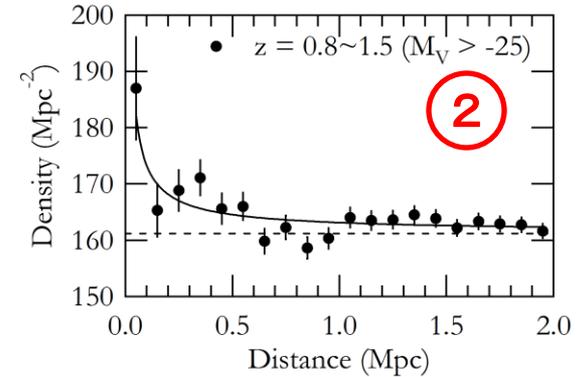
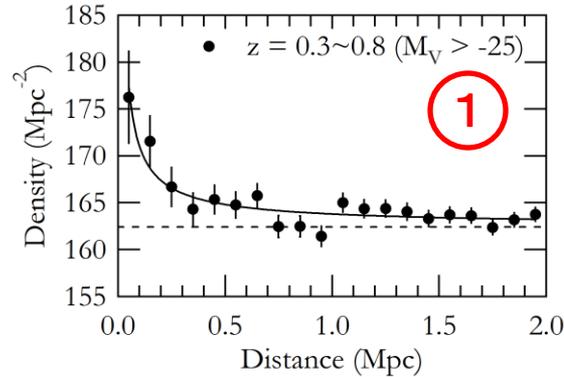
絶対等級 vs 赤方偏移



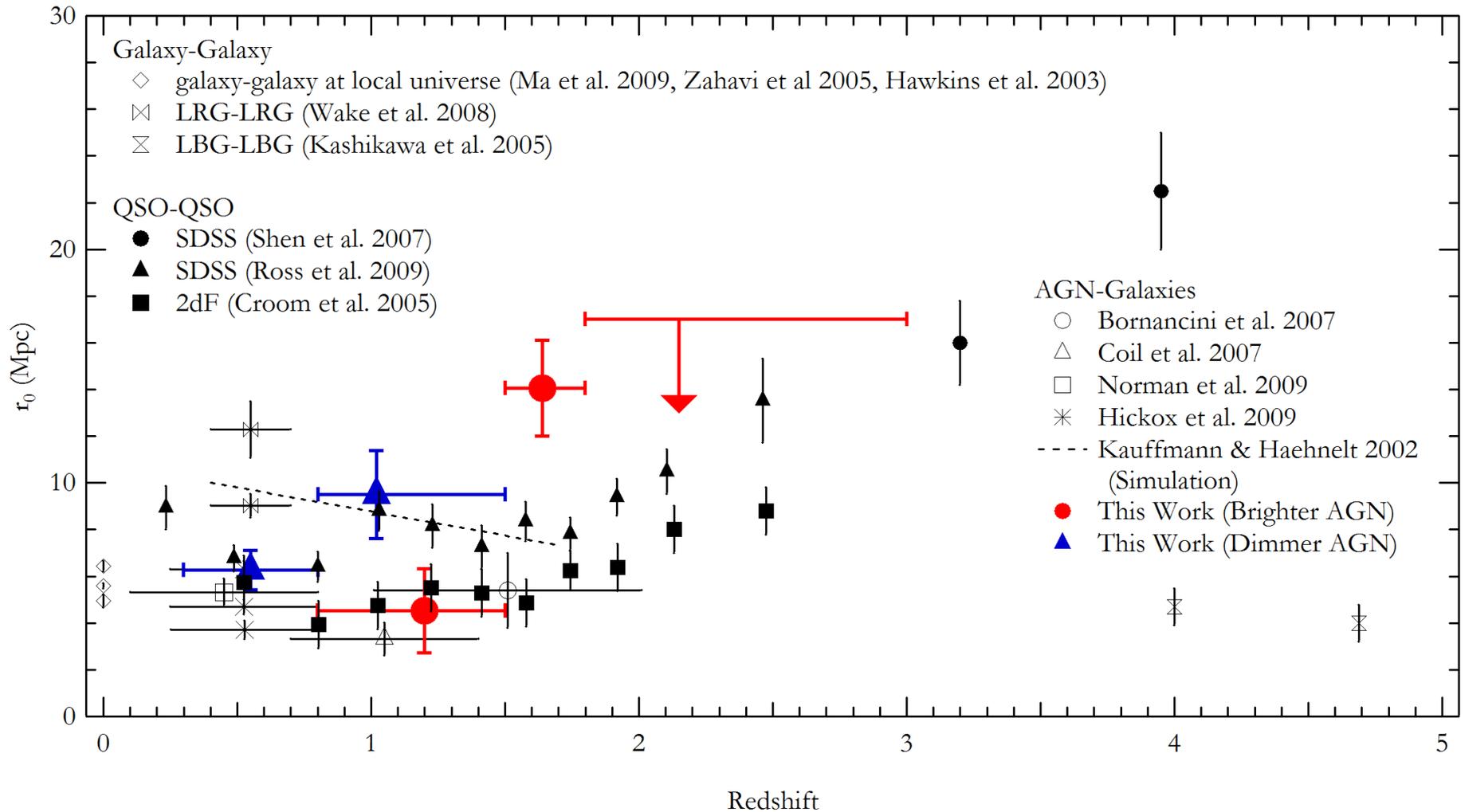
銀河数密度分布



	$\langle z \rangle$	n	r_0
①	0.55	254	6.3 ± 0.6
②	1.02	82	9.5 ± 1.3
③	1.20	186	4.5 ± 1.8
④	1.64	105	14.1 ± 2.1
⑤	2.15	120	< 17.0

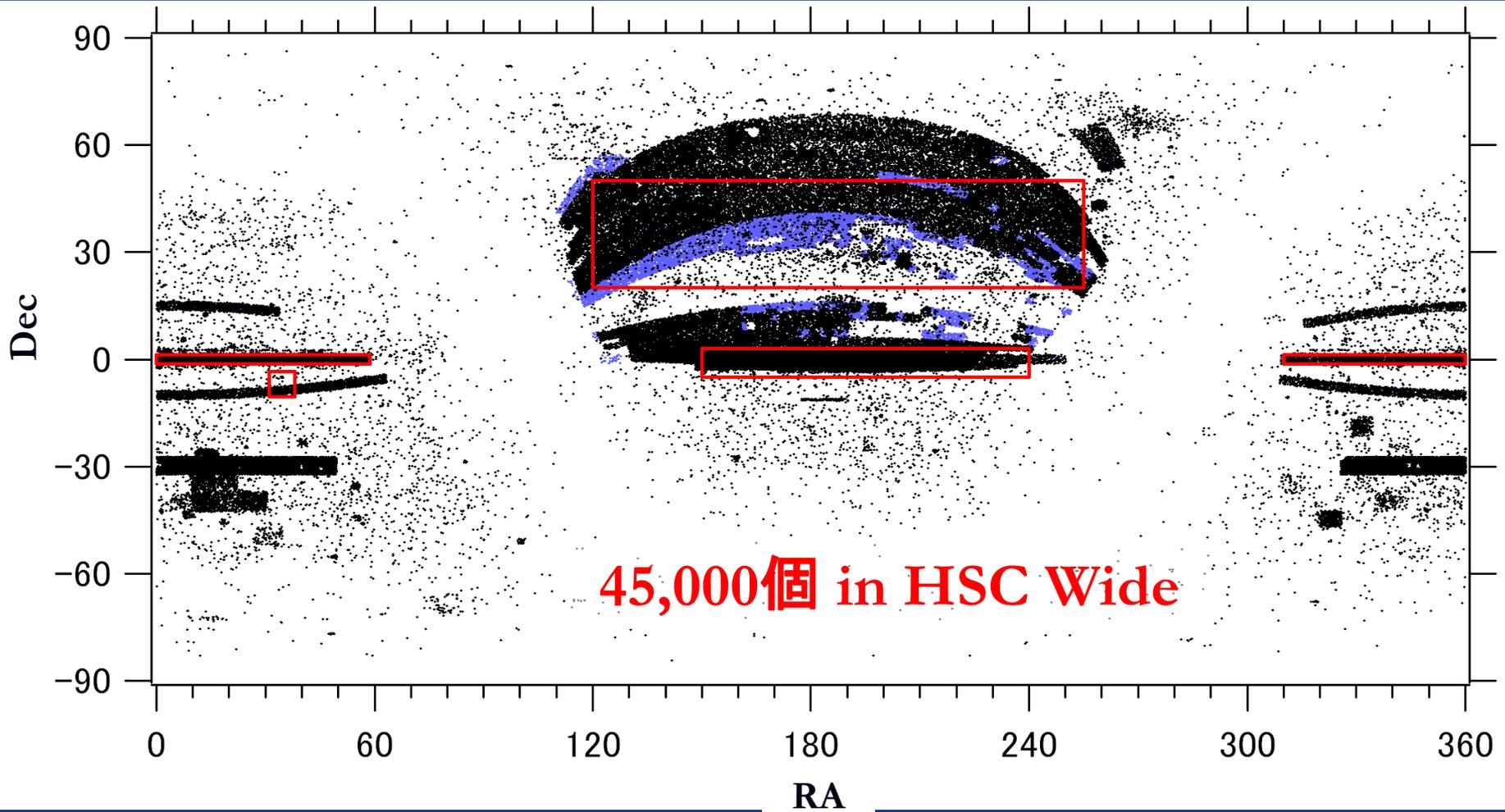


相關距離 vs 赤方偏移

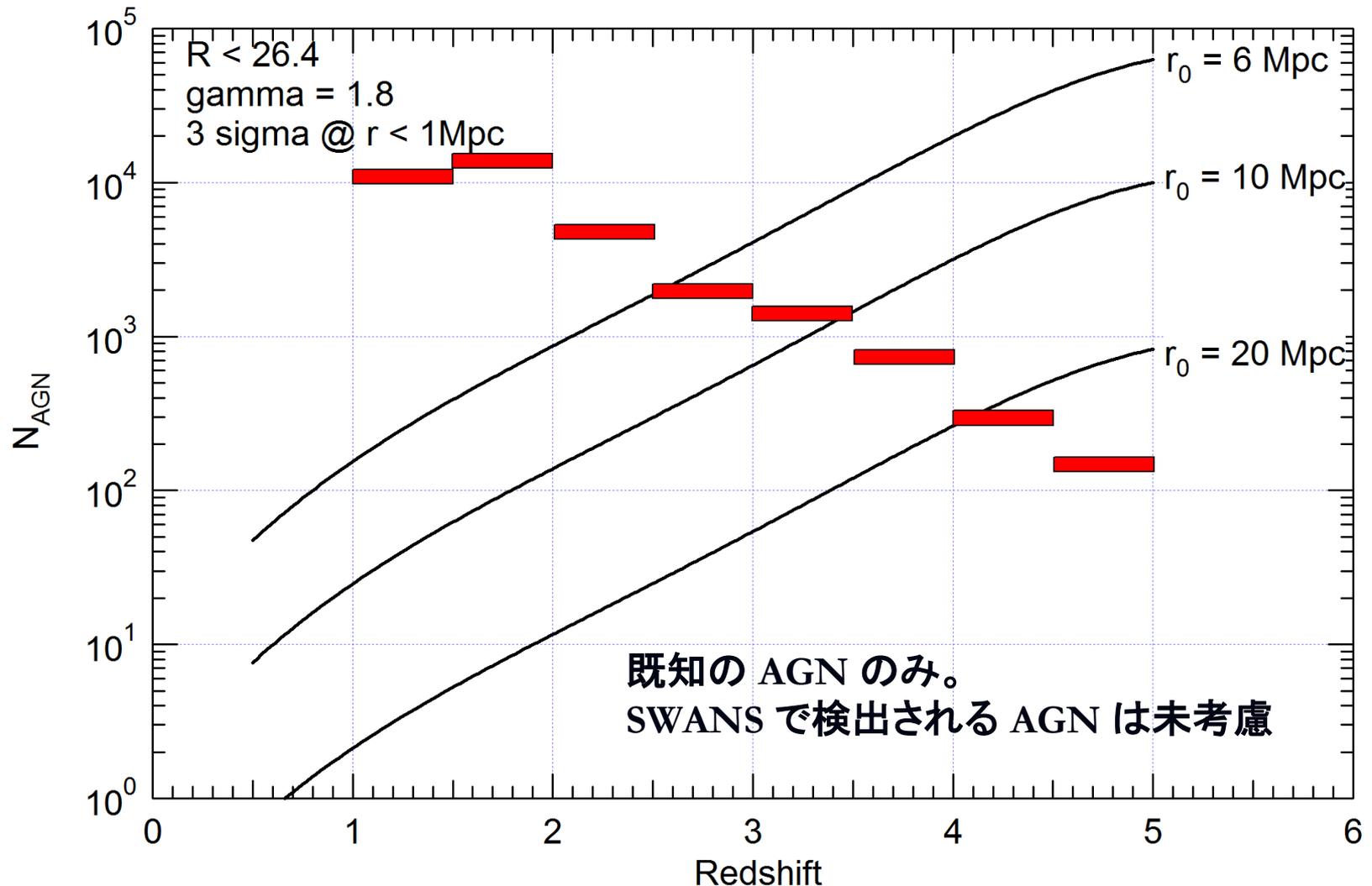


HSC Wide Survey + QSO

 HSC Wide Survey ● Veron QSO&AGN Catalog (12th) ● SDSS DR5 QSO



クラスタリング検出限界 (HSC Wide)



まとめ 1/2

- $z < 1.8$ までの AGN について銀河とのクラスタリングが検出できた。
- 明るい AGN 周辺の銀河分布は power-law 分布 からずれがある(ようだ)。
 - 銀河団どうしが接近した部分で発生？
 - まだ重力平衡に達する前の段階か？
- AGN の進化段階で分類できるとよい
 - Intrinsic に暗いのと、吸収で暗いのとでは性質が違う
 - 電波や、赤外、X 線での性質にも着目した解析が必要

まとめ 2/2

■ HSC サーベイへの期待

- 今回の結果を高統計サンプルにもとづき確認したい。
- $z \sim 2$ 近辺の AGN 環境を詳細解析
 - AGN の性質で細かく分類した解析が可能
- $z \sim 4$ まで今回の方法でクラスタリングが検出可能
 - SDSS の QSO-QSO クラスタリングを確認
 - カラーカットでより遠方も可能
- 中遠方の暗い AGN (SWANS で検出)
 - 広いダイナミックレンジで Luminosity 依存性が求められる
 - AGN の活動メカニズムが解明
 - 可視だけでなく多波長のデータが重要