

# 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

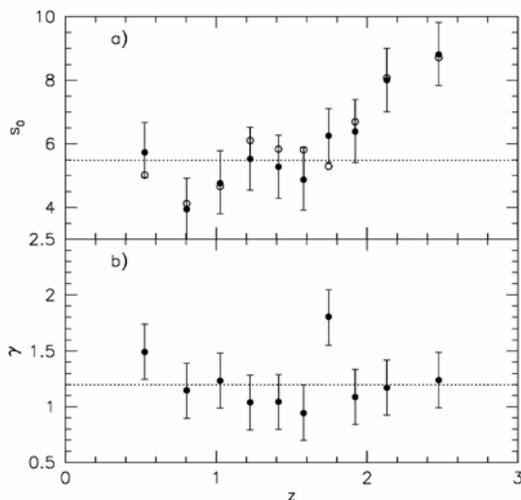
国立天文台 天文データセンター  
白崎裕治

# AGNと銀河のクラスタリング

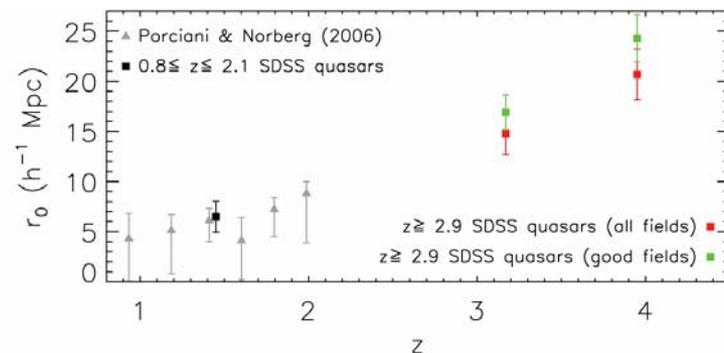
- 宇宙の階層構造形成モデル
  - **ダークマターハロー** 同士が合体成長
  - **銀河集団** も集積し成長
  - **銀河** 同士の合体 巨大ブラックホール (AGN) の成長
- 銀河(の大規模構造)と AGN は共進化
  - 観測的証拠:
    - 銀河バルジの速度分散 vs BH 質量
    - AGN 同士のクラスタリング度は  $z > 2$  で増加
      - AGN は生成ピーク以前では高密度環境で盛んに生成
  - AGN をプローブとして **大規模構造形成史** を解き明かす

# 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 :  $24\text{Mpc}$  ( $z > 3.5$ )
  - 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  $\gamma$  (filled points) and fixed  $\gamma$  (open points) as a function of redshift. (b) The best-fitting values of  $\gamma$  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  $\sim 6$  Mpc  $\rightarrow$  典型的な銀河と同程度
- c.f. LRG の場合  $\sim 12$  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  $\sim 6$  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

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

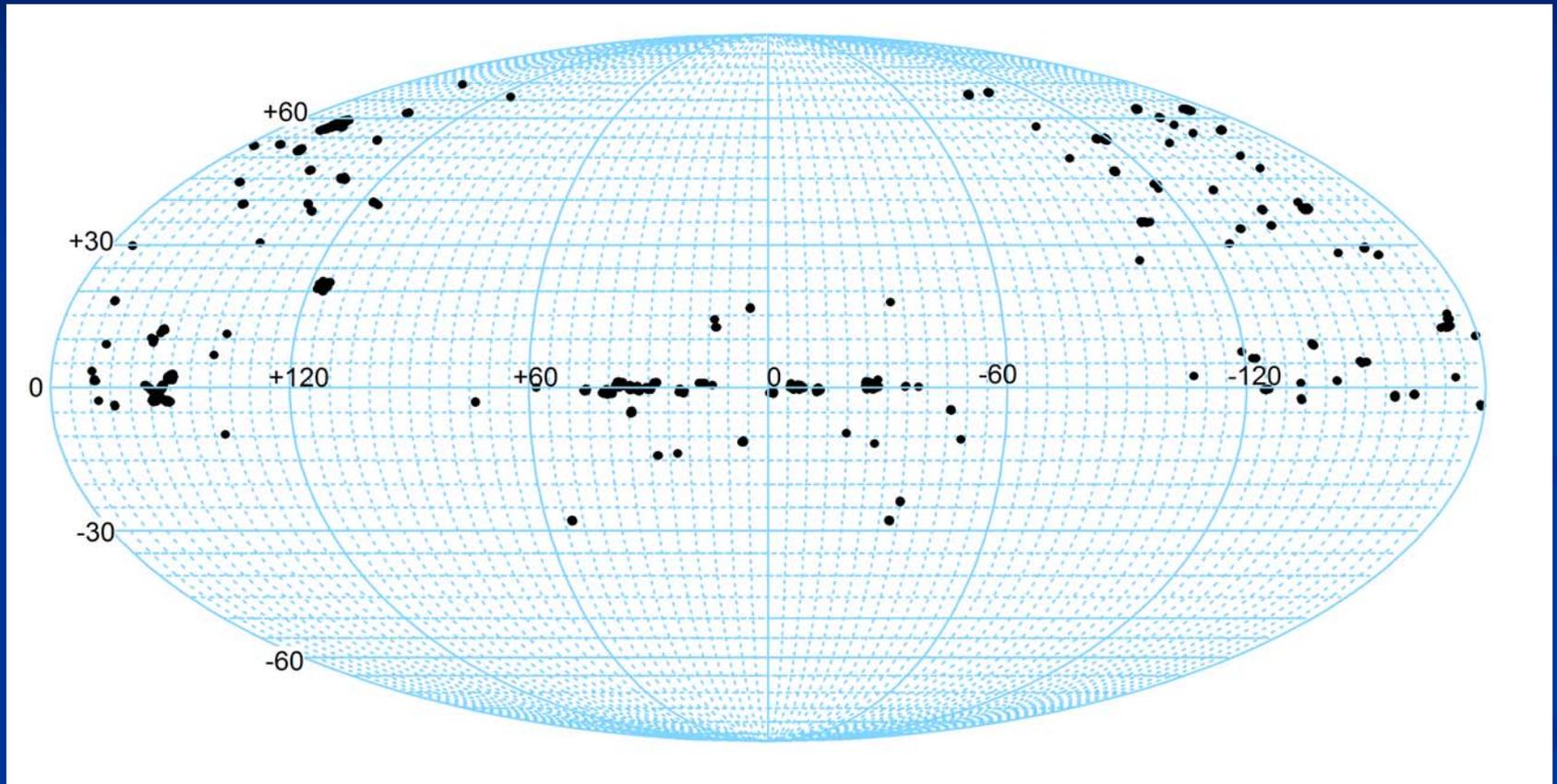
$$\omega(r_p) = r_p \left( \frac{r_0}{r_p} \right)^\gamma \frac{\Gamma(1/2)\Gamma((\gamma-1)/2)}{\Gamma(\gamma/2)},$$

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

詳細は

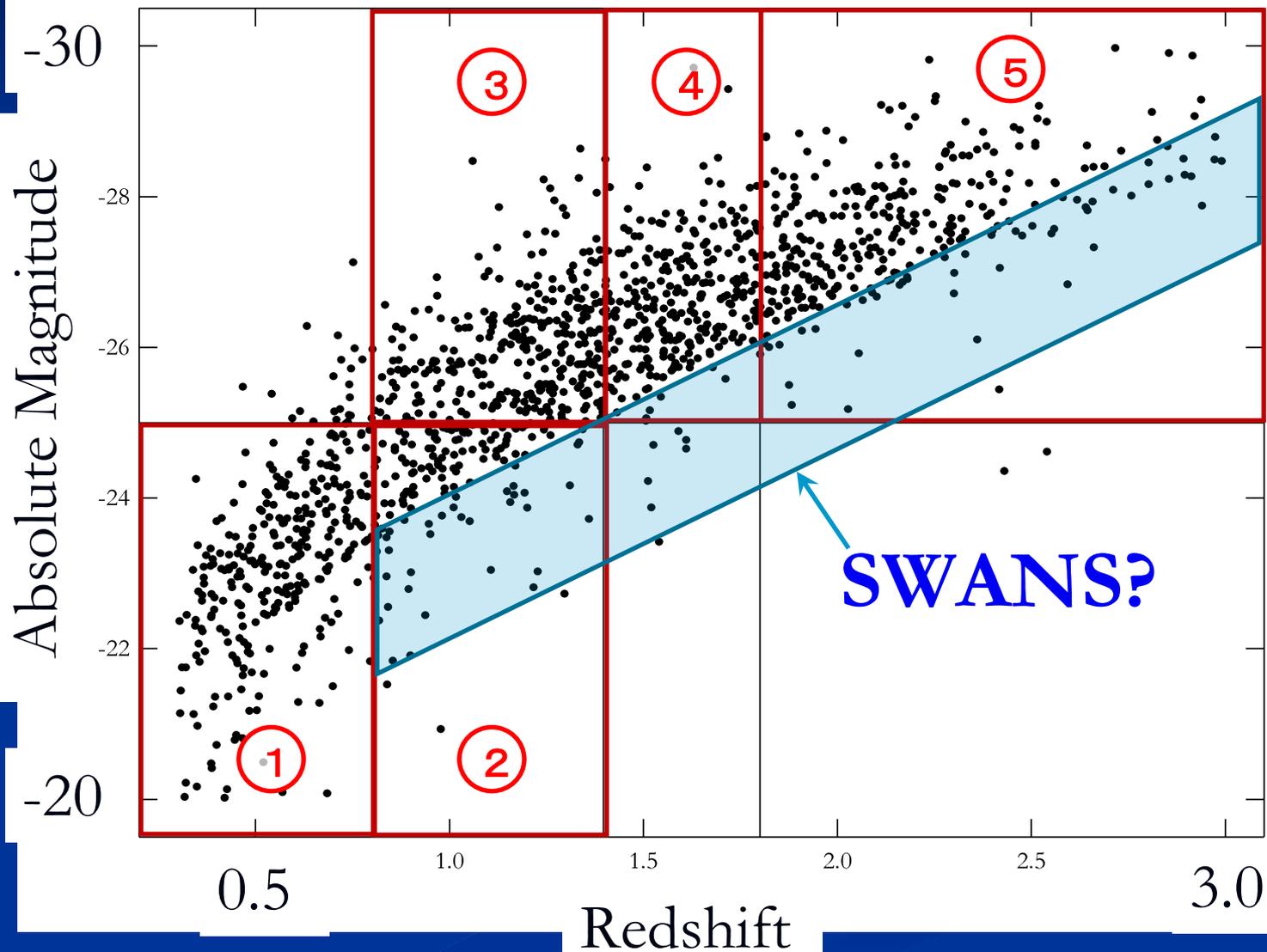
arXiv:0907.5380

# 解析した AGN の天球分布

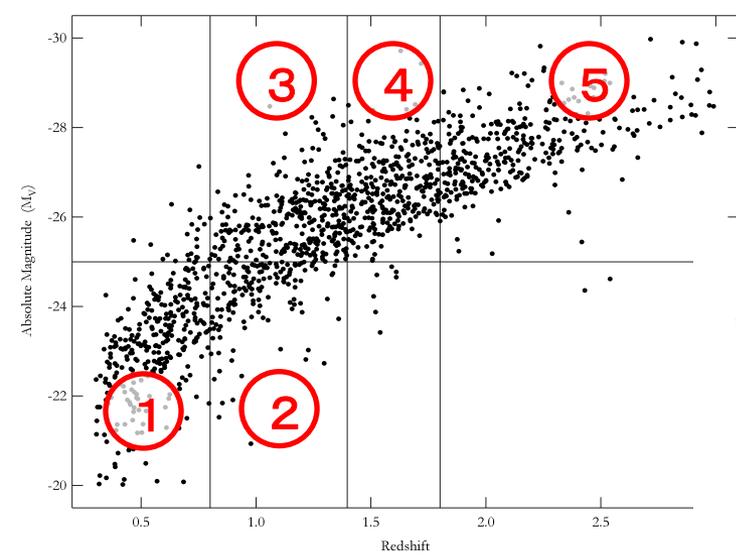


747 AGNs ( $z = 0.3 \sim 3.0$ )

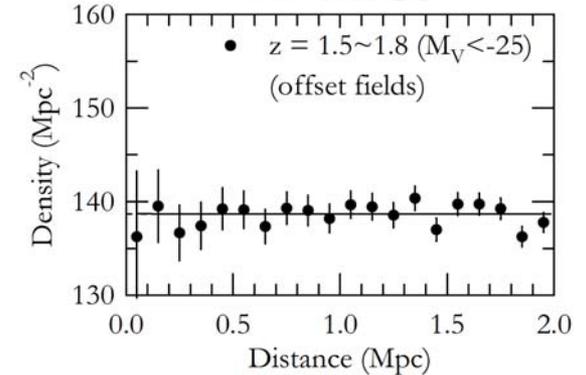
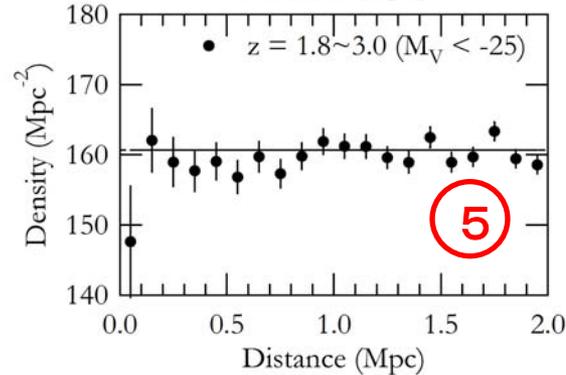
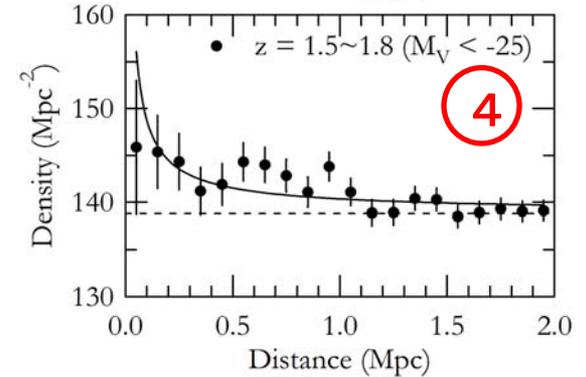
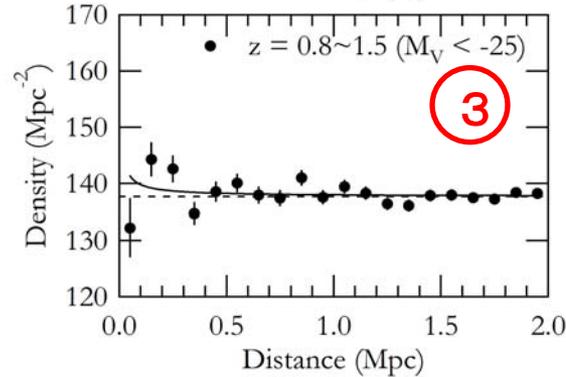
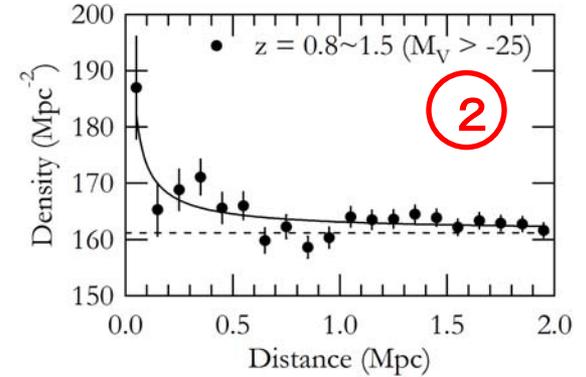
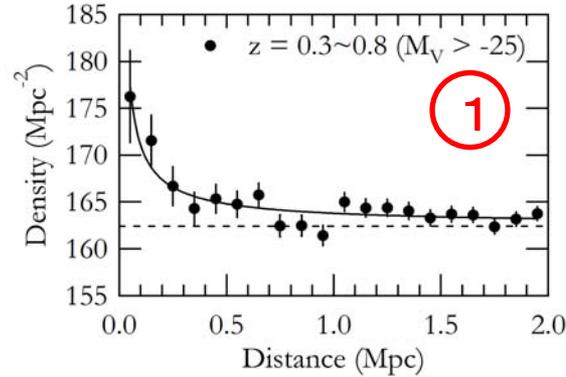
# 絶対等級 vs 赤方偏移



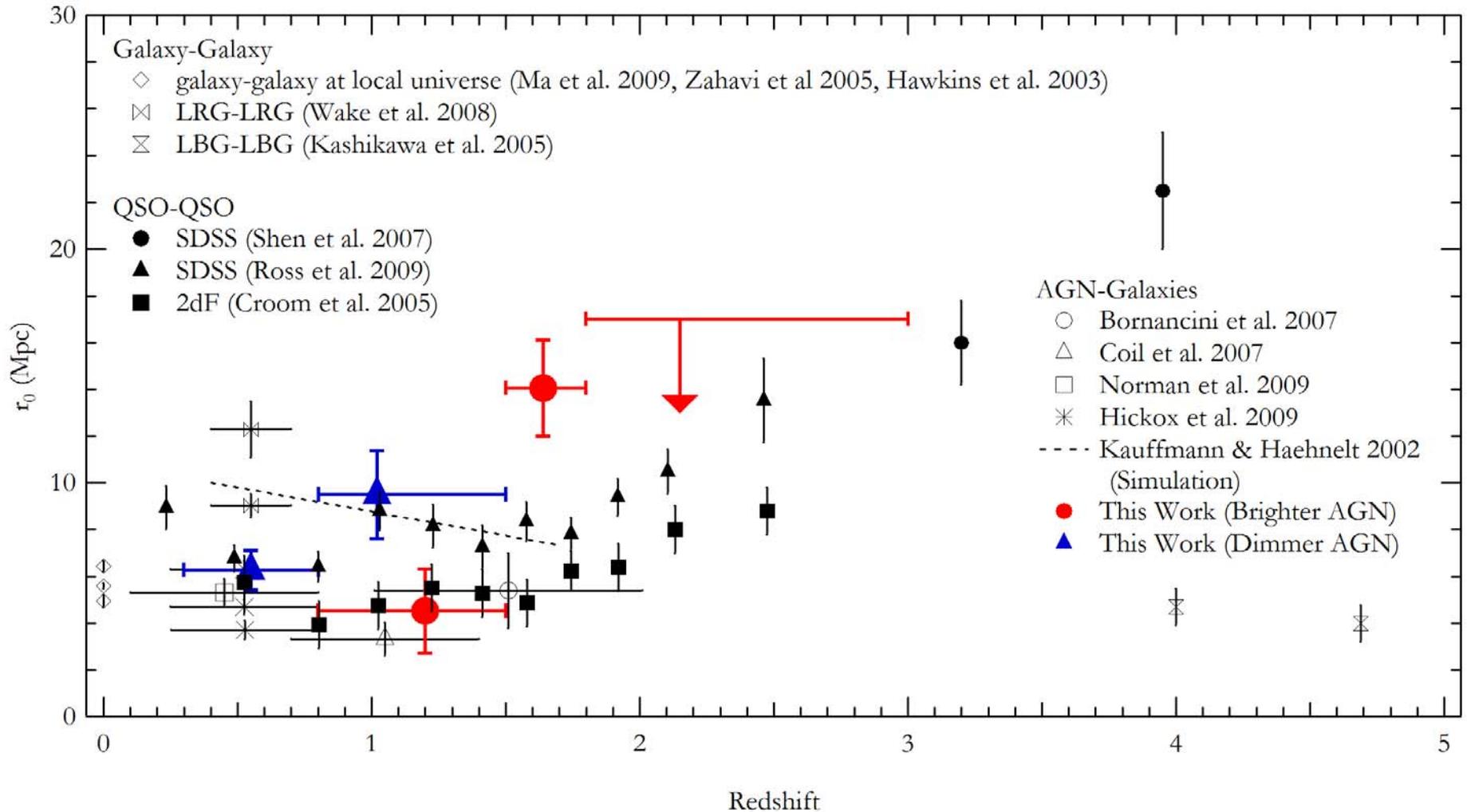
# 銀河数密度分布



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

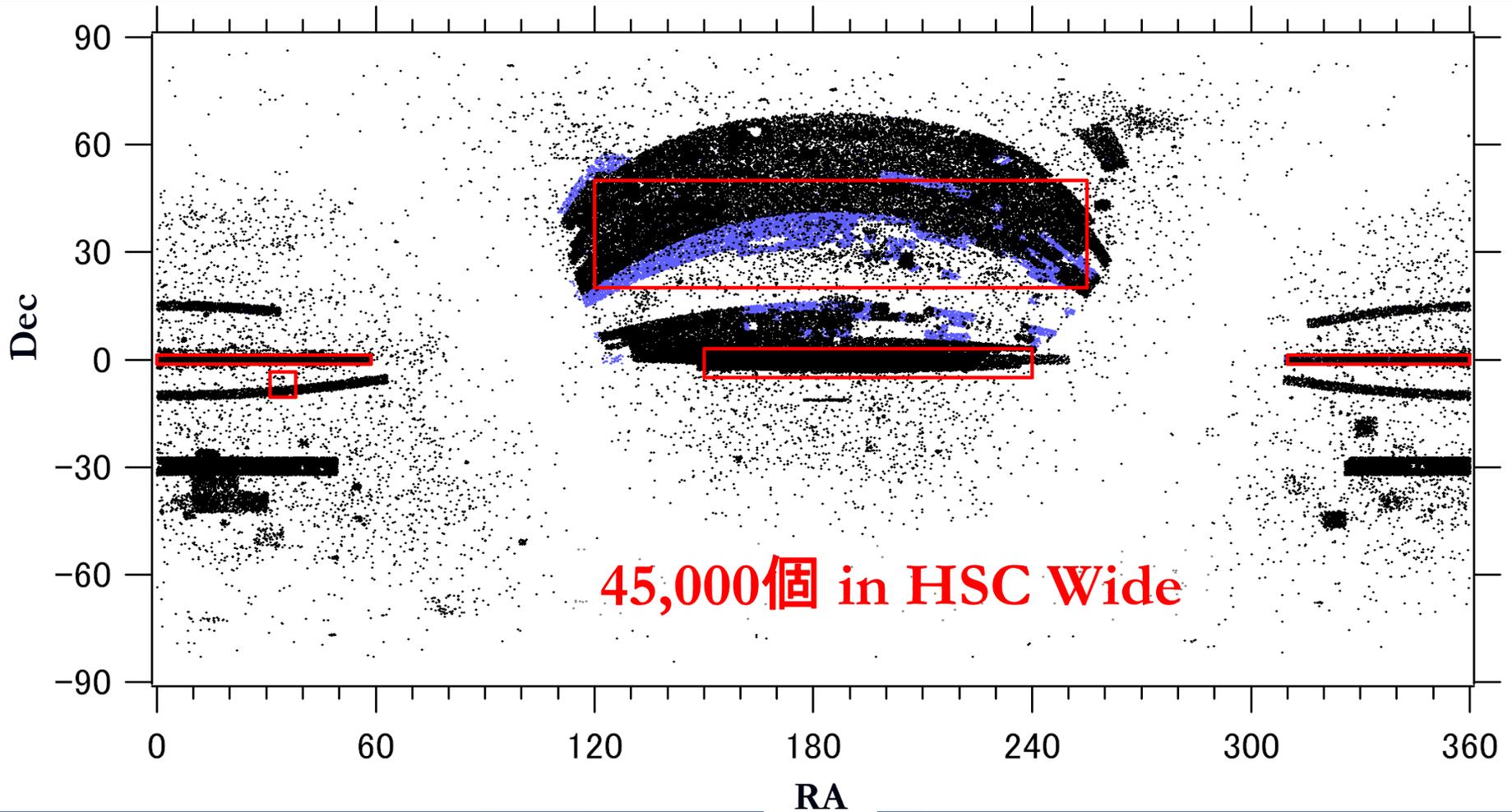


# 相關距離 vs 赤方偏移

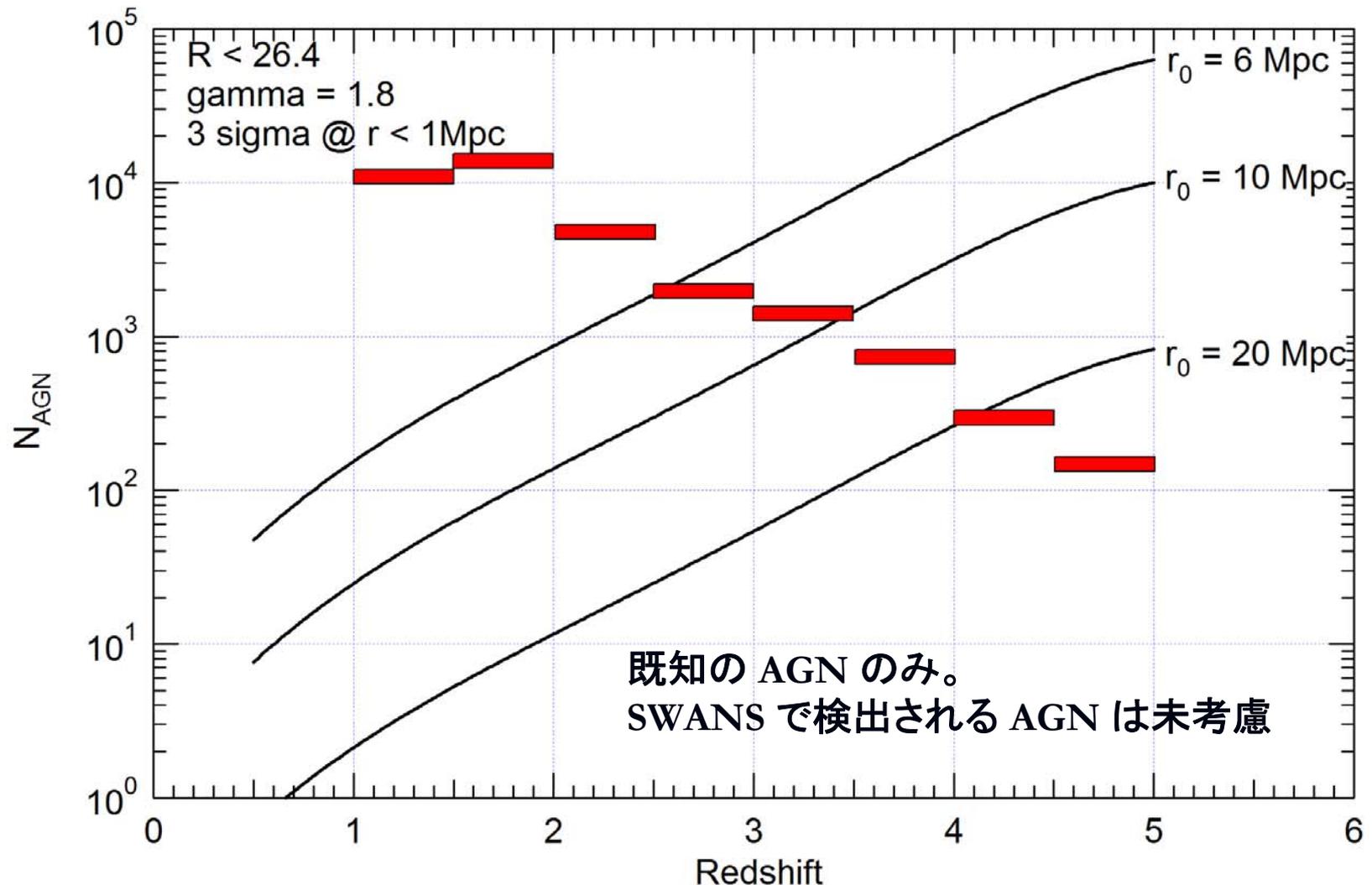


# HSC Wide Survey + QSO

 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