

0. 概要

JVOは国立天文台天文データセンターにおいて開発された、統合型データベースシステムである。JVOにアクセスすることにより、リダクション済みのすばる望遠鏡データの取得が行える他、世界各地のデータベースへもシームレスにアクセスすることができる。本講演ではJVOによる初期成果である、AGN周辺銀河のクラスタリング解析の結果について報告する。JVOを利用することにより、従来の観測結果に比べ10倍以上のサンプル数にもとづきAGNと銀河の相関距離を求めることができた。また、必要なデータの取得も自動検索により約1日で行え、JVOを利用することによりデータベースを利用した天文学研究が効率的に行えることを実証できた。

1. 研究の背景

階層的銀河形成モデルによると、巨大銀河は小さな銀河が衝突・合体を繰り返すことにより成長したと考えられる。その成長過程において、銀河中心部には巨大なブラックホールが形成され、そこへの質量降着により膨大なエネルギーが放出されAGNとして観測される。したがってAGNは銀河が密集し衝突確率の高い領域に存在することが予想される。

SDSSのデータより赤方偏移0.6までのAGNについて周辺銀河の数密度超過が報告されている。より遠方のAGNについて同様の観測を行うには、より深い撮像データが必要であり、すばるのデータアーカイブを利用すれば、シングルバンド観測でも赤方偏移2までの数密度超過が検出可能である。

2. データセット

JVOを利用することにより以下のデータセットへアクセスし、AGN周辺天体のカタログを作成した。

- AGN カタログ by Veron et al (2006)
- QSO カタログ (SDSS DR-5)
- Subaru Suprime-Cam リダクション済み画像
- UKIDSS DR2 Large Area Survey

以上のデータセットのうち、Subaru Suprime-Camによる測光ゼロ点が求められた画像データまたは、UKIDSS カタログデータが存在するAGN 744サンプルについて解析を行った。

今回利用した数のSuprime-Camデータを、従来のように生データから用意する場合、数ヶ月から1年程度はデータ準備だけに時間をとられてしまう。JVOからリダクション済みデータが取得できるため、一日でデータの用意が可能であった。

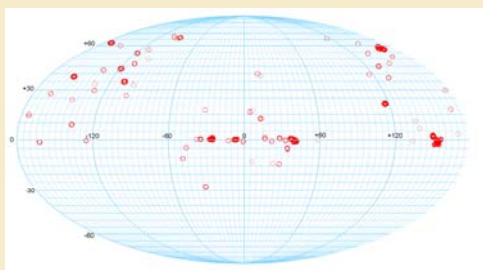


図1: 本解析に用いたAGN(744個)の天球分布

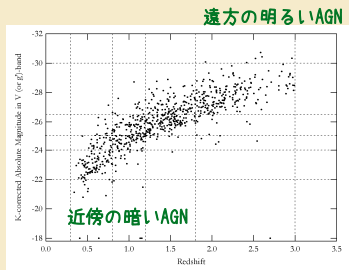


図2: 本解析に用いたAGNの絶対光度-赤方偏移分布

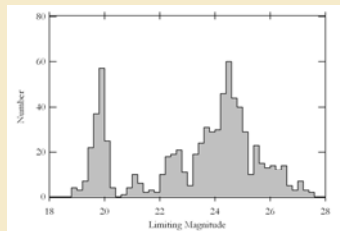


図3: 各AGNサンプルに対応する限界等級の分布。20等付近のピークはUKIDSSカタログデータに対応し、24等付近のピークはSuprimeCamデータに対応する。AGNのredshiftにおける銀河数密度が最大となるバンドでの限界等級の分布である。

3. 解析方法

1. SExtractorでSuprime-Cam画像からカタログ作成。Suprime-Cam/UKIDSSカタログを座標の近さでマージし多バンドカタログを作成(B, V, R, I, i, z, J, H, K)。

2. AGN周辺銀河の射影距離分布を作成。画像のデッドスペース(badピクセル、明るい天体、データ無し領域)を考慮した。

3. AGNを赤方偏移・絶対光度毎にグループ化、密度分布を各グループ毎に足し合わせる。AGN周辺銀河の密度分布として式(1)を仮定し、これを視線方向に射影した分布式(2)を、式(3)から求まる観測データにあてはめ、 r_0 と n_{bg} を求める。 r は0.8に固定した。

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

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

$$= \frac{\sum N_i(r_p) / \sum S_i(r_p) - n_{bg}}{\sum \rho_{i,0}} \quad (3)$$

- ρ_0 : AGNの赤方偏移における平均銀河数密度
- $\rho(r)$: AGN周辺の銀河数密度、 r はAGNからの距離
- r_p : AGNから視線方向に直交するする面への射影距離
- Γ : ガンマ関数
- $N_i(r_p)$: i 番目AGN周辺の射影銀河数密度分布
- $S_i(r_p)$: i 番目AGN周辺の有効観測面積分布
- $\rho_{i,0}$: i 番目AGNの赤方偏移における平均銀河数密度
- n_{bg} : AGNとは無関係の背景銀河の数密度

平均銀河数密度はGabasch et al.(2004,2007)、Cirasuolo et al.(2007)によるLuminosity Functionから求めた。

4. 結果

● 赤方偏移1.8までのデータセットについて、AGNと銀河のクラスタリングが検出できた(図5)。

● 近傍($z < 1.2$)の比較的暗い($M_B < -25$)AGNについて他の観測結果とコンシステントな相関距離が得られた(図4, 5)。統計的に有意な赤方偏移・絶対光度依存性は認められなかった(図6, 7)。

● より遠方の明るいAGNについては、1Mpcより近傍で密度分布がフラットになっている(図4, 5左下)。

● 0.1Mpcより近傍で銀河の欠損が見られる(図4右下、図5左下)。

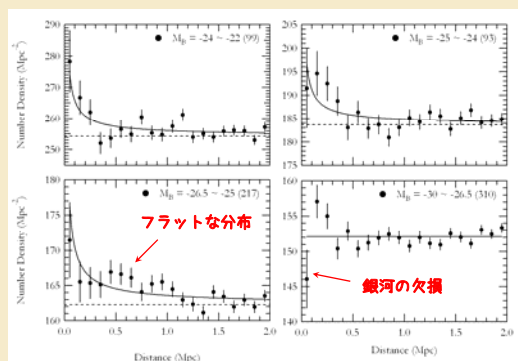


図4: AGNの絶対光度別の銀河数密度分布

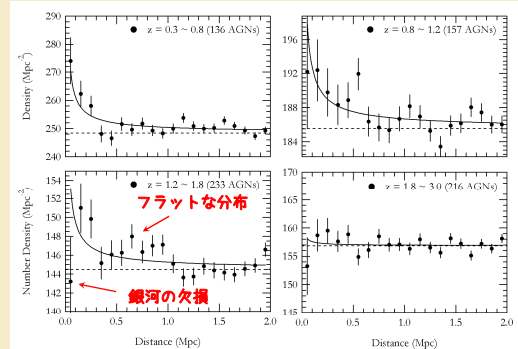


図5: 赤方偏移別の銀河数密度分布

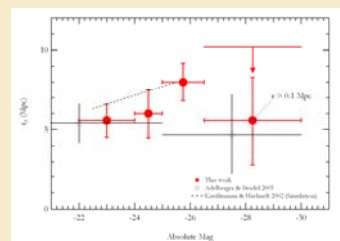


図6: 相関距離の絶対光度依存性。一番明るいグループ(右側のプロット)については、1Mpc以上のデータのみでフィットした結果も示した。

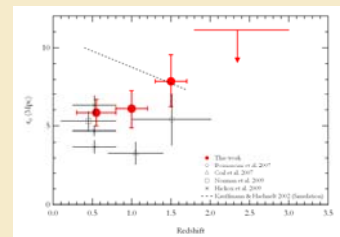


図7: 相関距離の赤方偏移依存性

5. まとめ

AGN近傍における銀河の分布についてこれまでの観測に比べ、より広い赤方偏移・絶対光度空間でその依存性を調べることができた。近傍の暗いAGNは、一般的な銀河と同程度の質量密度環境にあり、銀河の合体が特別発生しやすい環境であるとはいえない。一方、遠方の明るい銀河については、周辺銀河の分布が1Mpc内でフラットな成分をもち、AGNが銀河分布の中心には必ずしも位置しないことが示唆される。また0.1Mpcより内側では銀河の欠損がみられ、銀河の合体が発生しやすくなっているか、AGNからの放射により銀河の形成が抑制されている可能性がある。

文献

- Veron-Getty, M.-P. and Veron, P. (2006), A&A, 455, 773
- Schneider, D. P. et al. (2007), AJ, 134, 102 (SDSS DR-5)
- Gabasch, A. et al. (2004), A&A, 421, 41
- Gabasch, A. et al. (2006), A&A, 448, 101
- Cirasuolo, M. et al. (2007), MNRAS, 380, 585
- Kauffmann, G. and Haehnelt, M. G. (2002), MNRAS, 332, 529
- Bornancini, G. G. and Lombas, D. G. (2007), MNRAS, 377, 179
- Coil, A. L. et al. (2007), ApJ, 654, 115
- Hickox, R. C. et al. (2009), arXiv:0901.2359
- Adelberger, K. L. and Steidel, C. C. (2005), ApJ, 630, 50
- Norman, D. J. et al. (2009), arXiv:0901.4733