

School of Science  
The University of Tokyo

## 降着円盤風を持つクエーサーに付随する FR II型電波銀河の探索

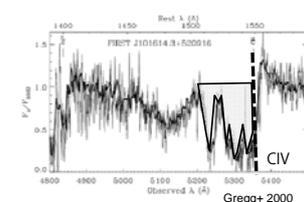
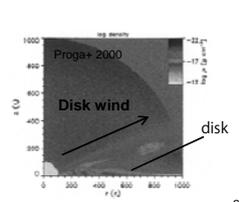
林 隆之 (Univ. of Tokyo, NAOJ/VLBI)

土居 明広 (ISAS/JAXA)  
永井 洋 (ALMA/NAOJ)

東京大学 大学院 理学系研究科・理学部

### Introduction :

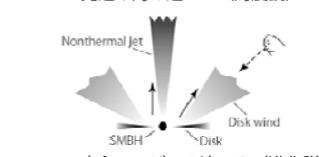
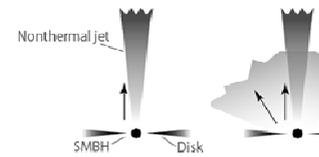
- Broad Absorption Line (BAL) クエーサー
  - 静止紫外に存在する青方偏移した高速吸収線 (e.g., CIV, Mg II)
    - SDSSバンドに紫外線が入る  $z \sim 2$  が主な舞台
  - ドップラー幅:  $\Delta v > 1000 \text{ km s}^{-1}$
  - 青方偏移:  $v_{\text{MAX}} \sim 0.1c$ 
    - ⇒ 熱的な降着円盤風が吸収体とされる
  - $\sim 15\%$  のSDSSクエーサーがBALを持つ (SDSS DR5, Shen+2008)

2  
School of Science, The University of Tokyo

### Introduction :

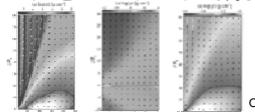
- Current issue: which is dominant ?
  - 見込み角の違い? (角度説)

School of Science, The University of Tokyo

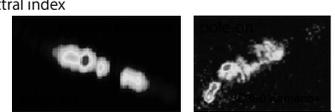
### Introduction :

- BALクエーサーに対する電波観測研究の意義
  - ジェットを通した、円盤風をつくる降着円盤の状態解明
    - BALクエーサーとnon-BALクエーサーは同じ中心エンジンを持つか?



Today's topic !!

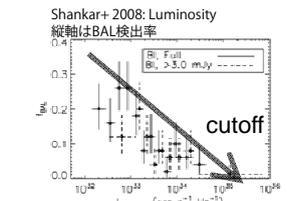
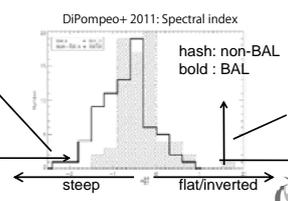
- 相対論的効果を利用した天体への見込み角の決定
  - Flux density
  - Morphology
  - Spectral index



School of Science, The University of Tokyo

### Introduction :

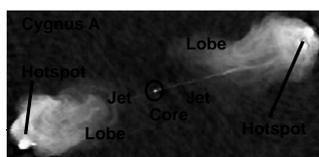
- Radio loud BALクエーサーの秒角スケール電波性質
  - **Luminosity** : Becker+ 2000, 2001, Shankar+ 2008  
明るいBALクエーサーはnon-BALクエーサーより少ない
  - **Spectrum** : DiPompeo+ 2011, Bruni+ 2012  
BALクエーサーの電波スペクトルはnon-BALクエーサーよりsteep
  - **Morphology** : Gregg+ 2000, 2006  
FR2型BALクエーサーは少ない (non-BALクエーサーの1/10?)

School of Science, The University of Tokyo

### Introduction :

- FR2型電波銀河
  - 双対数100kpcスケールのローブを持つAGN種族.



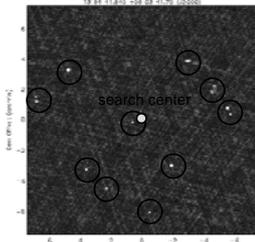
- FR2型電波銀河存在率: BAL/nonBAL  $\sim 1/10$  (Gregg+ 2006)
  - 継続的なジェット活動と降着円盤風の保持は両立しない? (中心エンジンの状態解明へのヒント)
- 一方, BAL/nonBAL  $\sim 1/2$  という報告も (Shankar+ 2008)

BALクエーサーに付随するFR2型電波源は本当に少ないのか?

School of Science, The University of Tokyo

### Introduction

■ どのようにFR2型電波銀河を同定するか？



- びじゅある☆いんすぺくしょん (e.g., Best+ 2005, Kimball+ 2008)  
 - 今回, "de Vries+ 2006" と同じ方法を採用 (Gregg+ 2006の引用元)

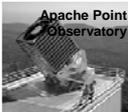
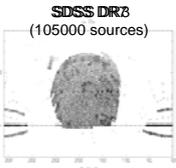
疑似カタログとの比較で統計的に電波銀河を探索する

School of Science, The University of Tokyo

### Catalog data :

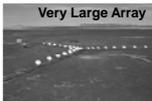
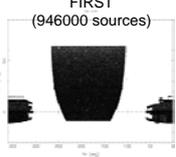
■ Optical data

- SDSS
  - Spectroscopy at 3800–9200 Å
  - R: 1800–2200

■ Radio data

- FIRST survey
  - 20cm in B configuration
  - Resolution : ~5 arcsec
  - r.m.s. level : ~0.14 mJy/beam

School of Science, The University of Tokyo

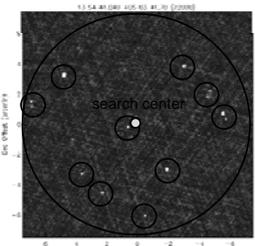
### Method :

■ 1. コアの同定

- SDSSクエーサーから3秒以内のFIRST電波源を同定

■ 2. ロープ候補の同定

- SDSSクエーサーから450秒角以内の FIRST電波源をすべて拾う



The University of Tokyo

### Method :

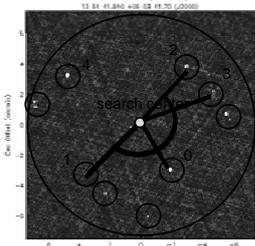
■ 3. ロープ候補の絞り込み

- 以下の評価関数で, 各クエーサーについて電波源ペアを絞り込む

$$w_{ij} = \frac{\Psi}{(r_i + r_j)^2}$$

Ψ : opening angle,  $r_i$  : SDSS可視光源からの離角の順位

- 各クエーサーについて (opening angle, linear size) が定まる.

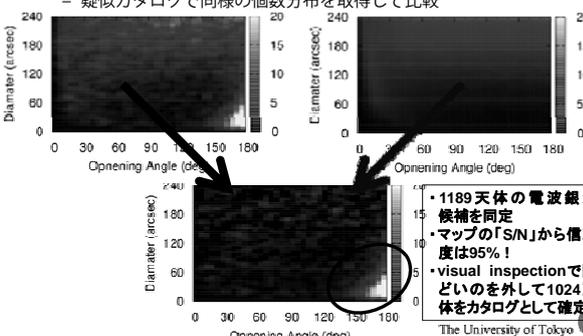


The University of Tokyo

### Result :

■ 4. クエーサーに付随するFR2電波銀河の探索

- 全クエーサーの (opening angle, linear size) の個数分布を取得
- 疑似カタログで同様の個数分布を取得して比較



• 1189 天体の電波銀河候補を同定  
 • マップの「S/N」から信頼度は95%!  
 • visual inspectionで際どいのを外して1024天体をカタログとして確定

The University of Tokyo

### Result :

■ FR2 quasars at  $1.68 \leq z \leq 4.93$

- 構築したSDSS DR7 FR2電波銀河型クエーサーカタログをもとにBALクエーサーのFR2電波銀河BALクエーサーを探索
- BALクエーサーカタログはGibson+ 2009を利用

	Radio Quiet	Radio Loud (not FR2)	Radio Loud (FR2)
non Cvi BAL	22,893	1,782	133
Cvi BAL	3,540	288	10

- FR2電波銀河存在率は
  - non-BAL クエーサー :  $0.5 \pm 0.1\%$
  - BALクエーサー :  $0.3 \pm 0.2\%$
- 有意な違い @  $\chi^2$  二乗検定, でも1/2程度の違い.  
 (Gregg+ 2006は同じ手法によるカタログを元に1/10を主張)

School of Science, The University of Tokyo

**Discussion:**

- Gregg+ 2006で1/10を主張した理由
  - 全赤方偏移のクェーサーと $1.68 \leq z \leq 4.93$ のBALクェーサーを比較していた.
  - 電波銀河のローブの観測は高赤方偏移で不利
  - Gregg+ 2006の主張は赤方偏移によるバイアス!

School of Science, The University of Tokyo

**Discussion:**

- BAL/nonBALクェーサーは同じ中心エンジンを持つのか?
  - FR2型電波銀河の存在率は2倍違う
    - 中心エンジンの違いを示唆している
  - BH質量, Eddington比を見るとFR2電波銀河に偏り (10天体だけど...)
  - 再帰的活動性の影響?

School of Science, The University of Tokyo

**Discussion:**

Cygnus Aのスペクトル年齢分布

Carilli+ 1991

■ スペクトル年齢分布再現の模式図

BALクェーサーにFR2型電波銀河が少ないのは、電波の活動サイクルがnon-BALクェーサーと違うから?

School of Science, The University of Tokyo

**Summary :**

- 目的
  - 「BALクェーサーの中心エンジンがnon-BALクェーサーと違う」という仮説の根拠となっているFR2電波銀河の存在率の違いの検証
- 手法
  - SDSS, VLA-FIRSTの2つのカタログと疑似SDSSデータを用いて統計的に電波銀河カタログを作成 (Monte-Carlo的に)
- 結果
  - SDSS DR7クェーサー中の1024天体の電波銀河を同定
  - BALクェーサーの電波銀河存在率はnon-BALクェーサーの半分
- 議論
  - Gregg+ 2006で示された「BALクェーサーの電波銀河存在率はnon-BALクェーサーの半分」は赤方偏移の違いを無視したバイアス
  - FR2電波銀河型BALクェーサーはBH質量大, 降着率大?
  - 2倍の違いは再帰的活動性の違いによるもの?

School of Science, The University of Tokyo