

# 東アジアVLBIの広帯域観測で探る AGNの核周構造



おいでませ山口へ  
(瑠璃光寺五重塔と香山公園の紅葉)

わ じ ま き よ あ き  
輪 島 清 昭

(山口大学大学院理工学研究科)

## 発表の内容

水素再結合線吸収線  
観測可能性  
EAVNでの観測計画  
まとめ

2010年11月12日 大学連携VLBIワークショップ

# I. はじめに

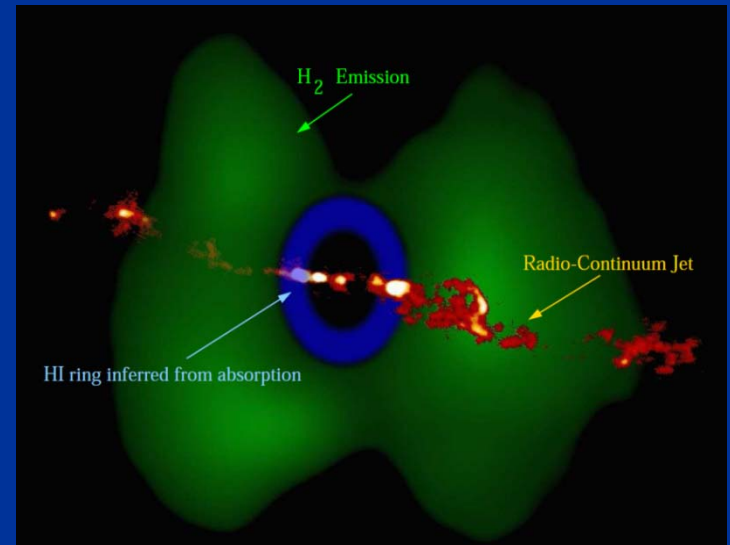
---

---



# VLBIで迫るAGNの核周構造

- 自由 – 自由吸収によるプラズマトーラスの検出
  - OQ 208 (Kameno+00)
  - NGC 1052 (Kameno+01)
- HI吸収線によるトーラス構造の解明
  - Hydra A (Taylor96)
  - 1946+708 (Peck+99)
- メガメーザをプローブとした核周構造、動力学の解明
  - NGC 4258 (Miyoshi+95)
  - NGC 3079 (Sawada-Satoh+00)
  - NGC 5793 (Hagiwara+01)



HI吸収線観測に基づくNGC 4151の核周構造  
(Mundell et al. 2003, ApJ, 583, 192)

# 水素再結合線吸収線

- 利点

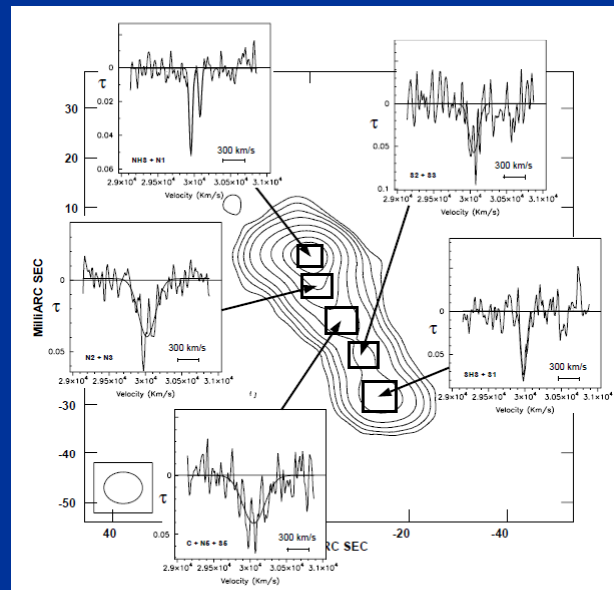
- HI ( $\nu_0 = 1.4$  GHz) よりも高い空間分解能が得られる
- 観測帯域内に複数の遷移が存在
- 任意の赤方偏移の天体で観測が可能

- 課題

- AGNでの水素再結合線吸収線の検出は1980年に1例のみ (DA 193; Bell 1980)
- J-net による十数天体の観測 (1998年, PI: 亀野さん) では検出できなかった

本当に検出できるの?

# II. 観測可能性



# 水素再結合線吸収線の観測

- AGNでの水素再結合線吸収線の検出は1例のみ
- J-net を用いた観測では検出できなかった
  - ビームサイズ(単一鏡、電波干渉計 → VLBI)
  - 観測帯域幅(狭帯域 → (超)広帯域)

## • ビームサイズ

- 背景連続波の輝度温度  $T_B$  に対する吸収量  $\Delta T_B$   
( $T_B \gg T_{\text{ex}}$ ,  $\tau \ll 1$  として)

$$\Delta T_B = \frac{\int_{\text{source}} (T_B - T_{\text{ex}})(1 - e^{-\tau}) d\Omega}{\int_{\text{beam}} d\Omega} \simeq T_B \tau \frac{\Omega_{\text{source}}}{\Omega_{\text{beam}}}$$

→ ビームが太いとbeam dilutionの影響により検出できない

# AGN吸収線の速度幅

- 観測帯域幅

- 各記録システムでの速度幅とAGN吸収線の速度幅

	JVN (32 MHz) [km s <sup>-1</sup> ]	EAVN (512 MHz) [km s <sup>-1</sup> ]	Future (2 GHz?) [km s <sup>-1</sup> ]
8 GHz	1200	19200	75000
22 GHz	436	6982	27273
43 GHz	223	3572	13953

天体名	吸収線種	赤方偏移	吸収線幅 [km s <sup>-1</sup> ]	出典
Hydra A	HI	0.055	120	Taylor 96
NGC 4151	HI	0.003	200	Mundell+95
1946+708	HI	0.101	350	Peck+99
Cygnus A	HI	0.056	500	Conway+95

# 観測可能(?)な線種

EAVNの観測帯域内に入る再結合線  
(左)  $z = 0.1$ の場合、(下)  $z = 1.0$ の場合

線種	静止周波数 [MHz]	観測周波数 [MHz]
H89 $\alpha$	9173.25	8339.32
H64 $\alpha$	24509.99	22281.81
H63 $\alpha$	25686.03	23350.94
H51 $\alpha$	48153.66	43776.05

線種	静止周波数 [MHz]	観測周波数 [MHz]
H73 $\alpha$	16563.34	8281.67
H52 $\alpha$	45454.30	22727.15
H42 $\alpha$	85688.18	42844.09

線種	静止周波数 [MHz]	観測周波数 [MHz]
H128 $\gamma$	9086.60	8260.55
H112 $\beta$	9116.65	8287.86
H127 $\gamma$	9300.39	8454.90
H111 $\beta$	9362.87	8511.70
H81 $\beta$	23860.75	21691.59
H92 $\gamma$	24147.78	21952.53
H80 $\beta$	24755.73	22505.21
H91 $\gamma$	24939.80	22672.55
H79 $\beta$	25696.03	23360.03
H90 $\gamma$	25766.84	23424.40
H73 $\gamma$	47750.06	43409.15
H64 $\beta$	47914.37	43558.52

線種	静止周波数 [MHz]	観測周波数 [MHz]
H105 $\gamma$	16338.55	8169.28
H92 $\beta$	16354.92	8177.46
H104 $\gamma$	16807.75	8403.88
H91 $\beta$	16894.25	8447.13
H66 $\beta$	43748.82	21874.41
H75 $\gamma$	44100.07	22050.04
H65 $\beta$	45768.41	22884.21
H74 $\gamma$	45876.74	22938.37
H60 $\gamma$	84914.18	42457.09



# 検出可能性

- 電離水素ガスの光学的厚み(「現代の天文学」第16巻より)

$$\tau_\nu = 1.9 \times 10^{-3} \left( \frac{T_e}{\text{K}} \right)^{-5/2} \left( \frac{EM}{\text{cm}^{-6} \text{ pc}} \right) \left( \frac{\Delta\nu}{\text{GHz}} \right)^{-1}$$

$T_e$ : 電子温度  
 $EM \sim n_e^2 L$ : エミッションメジャー  
 $\Delta\nu$ : 吸収線幅

- 狭輝線領域の典型値(ピーターソン「活動銀河核」参照)を代入すると( $n_e \sim 10^4 \text{ cm}^{-3}$ ,  $T_e \sim 10^4 \text{ K}$ ,  $L \sim 1 \text{ pc}$ ,  $\Delta\nu \sim 0.01 \text{ GHz}$ )

➡  $\tau_\nu = 0.0019$

- 電子密度の高い狭輝線領域(e.g. 3C390.3:  $n_e \sim 10^5 \text{ cm}^{-3}$ )を考えると

➡  $\tau_\nu = 0.19$

# 検出可能性(続)

- 観測される光学的厚み  $\tau_{\text{obs}}$  (ビーム内で平均)

$$\tau_{\text{obs}} = \tau_{\nu} \left( \frac{L}{D} \right)^2 \quad D: \text{ビームサイズのリニアスケール}$$

- EAVNの最大基線長: 小笠原 – ウルムチ (約5,000 km)

$$\theta_{\text{obs}} = 0.54 \text{ mas (22 GHz)} \rightarrow D = 0.98 \text{ pc (} z = 0.1 \text{ の天体に対して)}$$

- FRINGE SNR:  $\text{SNR} = \frac{\Delta S}{\text{SEFD}} \sqrt{2BT}$   
 $\Delta S$ : フラックス密度  
 $B$ : 観測帯域幅  
 $T$ : 積分時間

- $B = 512 \text{ MHz}$ , 小笠原 – ウルムチ間の合成  $\text{SEFD} = 2400 \text{ Jy}$



60秒積分で  $\text{SNR} > 37$  でFRINGE検出できる天体 ( $\Delta S > 0.35 \text{ Jy}$ )  
であれば、周波数分解能  $100 \text{ kHz}$  で10時間積分することにより  
 $\tau_{\text{obs}} \sim \tau_{\nu} = 0.19$  の吸収線を  $\text{SNR} > 7$  で検出できる

# III. EAVNでの観測計画



# EAVNでの観測計画

---

---

- 近傍の天体が有利(当然のことながら)
  - ガス雲サイズに対してビームのリニアサイズが相対的に小さくなりフィリングファクターを稼げる
  - 明るい天体が多い
- ターゲット
  - 過去にHI吸収線が観測されている近傍の明るい天体 (e.g. Hya A, Cyg A)
  - 過去に再結合線吸収線の検出が報告されている天体 (DA 193)
  - 近傍の電波銀河(吸収ガス円盤をエッジオンで見ている) (e.g. 3C390.3, 3C120)

# IV. まとめ

---

---



# まとめ

- AGNに対する水素再結合線吸収線観測の観点を示すとともにEAVNでの観測可能性を検討した.
- EAVNの広帯域、高分解能観測により、近傍のAGNにおいては狭輝線領域での典型的な電子密度よりも高密度の領域で再結合線吸収線を検出できる可能性がある.



どうもありがとうございました  
(長門峡入口の紅葉)