## 活動銀河核ジェットの3次元磁場構造の観測

## 浅田 圭一 (ISAS/JAXA)

共同研究者: 井上 允 (国立天文台) 中村 雅徳 (JHU) 永井 洋 (国立天文台)



### イントロダクション

- ・VLBIで見るジェット
- ・なぜ磁場の観測をするのか?
- ・磁場の観測方法

### VLBI偏波観測の紹介

- ・ RMの 観測
- ・RMの時間変化の観測
- ・円偏波の観測

# イントロダクション

活動銀河の電波構造



活動銀河の電波構造



VLBIで見る活動銀河核ジェット

@ 1970's-



@ 1990-2000's-



Walker+



Resolution, Sensitivity & Image quality are very much improved !!

Pearson+ 3C 273

VLBIで見る活動銀河核ジェット

□ VLBA 2 cm survey (MOJAVE) Array: VLBA Freq: 15 GHz (22, 43 GHz Resolution: 0.5 mas From: 1994 -Sources: 110 (208 knots)

Apparent motions β<sub>app</sub> typically: 0 - 15 c fastest: 34 c





ミリ秒角スケール (sub-pc @ 電波銀河, pc @ クェーサー)



ジェットの理論モデル

#### Blandford & Payne type



#### Uchida, Nakamura+

#### Blandford-Znajek type



Koide+

ジェットの理論モデル

## Blandford & Payne type Komissarov+ (2007) $10^{4}$ $\mathbb{R}^{2}$ 5000 0 50 100 150 200 ø $\mathbf{2}$ 6

#### Blandford-Znajek type

Mckinney+ (2006)



ジェットの理論モデル

#### Blandford & Payne type

#### Blandford-Znajek type



Uchida, Nakamura+

Koide+



### シンクロトロン放射と偏光 磁場の向き 加速度の向き = 偏波 (偏光)の向き 偏波角 (PA) ⊥ 磁場 (B<sub>⊥</sub>) 偏波(偏光) の向き -電子 高エネ 偏波角を測れば投影磁場の向きが解る 「活動する宇宙」より抜粋





視線に平行な磁場成分を含むプラズマ中を 電波が伝搬する際に偏波角が回転してしまう現象





ファラデー回転アリ



















ファラデー回転アリ







ファラデー回転アリ



視線に平行な磁場成分を含むプラズマ中を 電波が伝搬する際に偏波角が回転してしまう現象



回転量は波長の2乗に比例 ▼ 多周波偏波観測でファラデー 回転量度 (RM)を求める事ができる  $RM = 8.1 \times 10^5 \int_{LOS} n_e B_{||} dl$ 

ヘリカル磁場の見え方



ヘリカル磁場の見え方



## 3C 273のRM観測例



## 3C 273のRM観測例



# RM観測の現状



$$\mathrm{RM} = 8.1 \times 10^5 \int_{LOS} n_\mathrm{e} \mathrm{B}_{||} dl$$

1. RMの勾配は普遍的な現象か?

#### 2. RMは本当にBIIによるのか?

### 3. RMはジェットに付随しているのか?



$$\mathrm{RM} = 8.1 \times 10^5 \int_{LOS} n_\mathrm{e} \mathrm{B}_{||} dl$$

1. RMの勾配は普遍的な現象か?



2. RMは本当にBIIによるのか?

▶ RMの符号による判定

3. RMはジェットに付随しているのか?





### いくつもの天体でファラデー回転量度の勾配を発見!!



SOURCE	reference
0333+321	Asada+ 2008b, ApJ.
3C 120	Gomez+ 2008, ApJ.
0735+178	Gabuzda+ 2008, MNRAS
0736+017	O'Sullivan+, MNRAS
0745+241	Gabuzda+ 2004, MNRAS
0820+225	Gabuzda+ 2004, MNRAS
0836+710	Asada+ to be submitted
1055+018	Muhmad+ in prep?
1150-002	Asada+ in prep.
1156+295	Gabuzda+ 2008, MNRAS
3C 273	Asada+ 2002, PASJ, Asada et al. 2008a. ApJ,
3C 279	Zavala & Taylor 2004, ApJ
3C 345	Taylor 1998, ApJ (recognized by Gabuzda+)
Mrk 501	Gabuzda+ 2004, MNRAS
1749+096	Gabuzda+ 2008, MNRAS
1807+698	Gabuzda+ 2004, MNRAS
2230+114	Taylor 2000, ApJ (recognized by Gabuzda+)
2251+158	Zavala & Taylor 2003, ApJ.



### いくつもの天体でファラデー回転量度の勾配を発見!!





いくつもの天体でファラデー回転量度の勾配を発見!!



## 2. RMの符号による判定



## 2. RMの符号による判定











3. RMの時間変化





1749+701

RM : 9.5 c (c.f. total intensity: 1.9 c) 見かけspineよりも速い sheathの運動!!

## (4. 円偏波の観測例)



円偏波の観測

円偏波の分布も螺旋状の磁場で上手く説明出来る !! 螺旋の向きはRMの観測結果から求めたものとよい一致 !!

# まとめと今後の展望

まとめると、



RM観測:現状の問題点



RM観測により螺旋磁場が示唆されている領域は極めて遠方!!

1. より内側の磁場構造の観測

2. 外側の螺旋磁場はどう解釈するのか?

3. 磁場のエネルギー/力学的エネルギーの見積もり



