

日韓合同 VLBI 観測網による
High Frequency Peaker 候補天体 J1129-0528 の
観測的研究

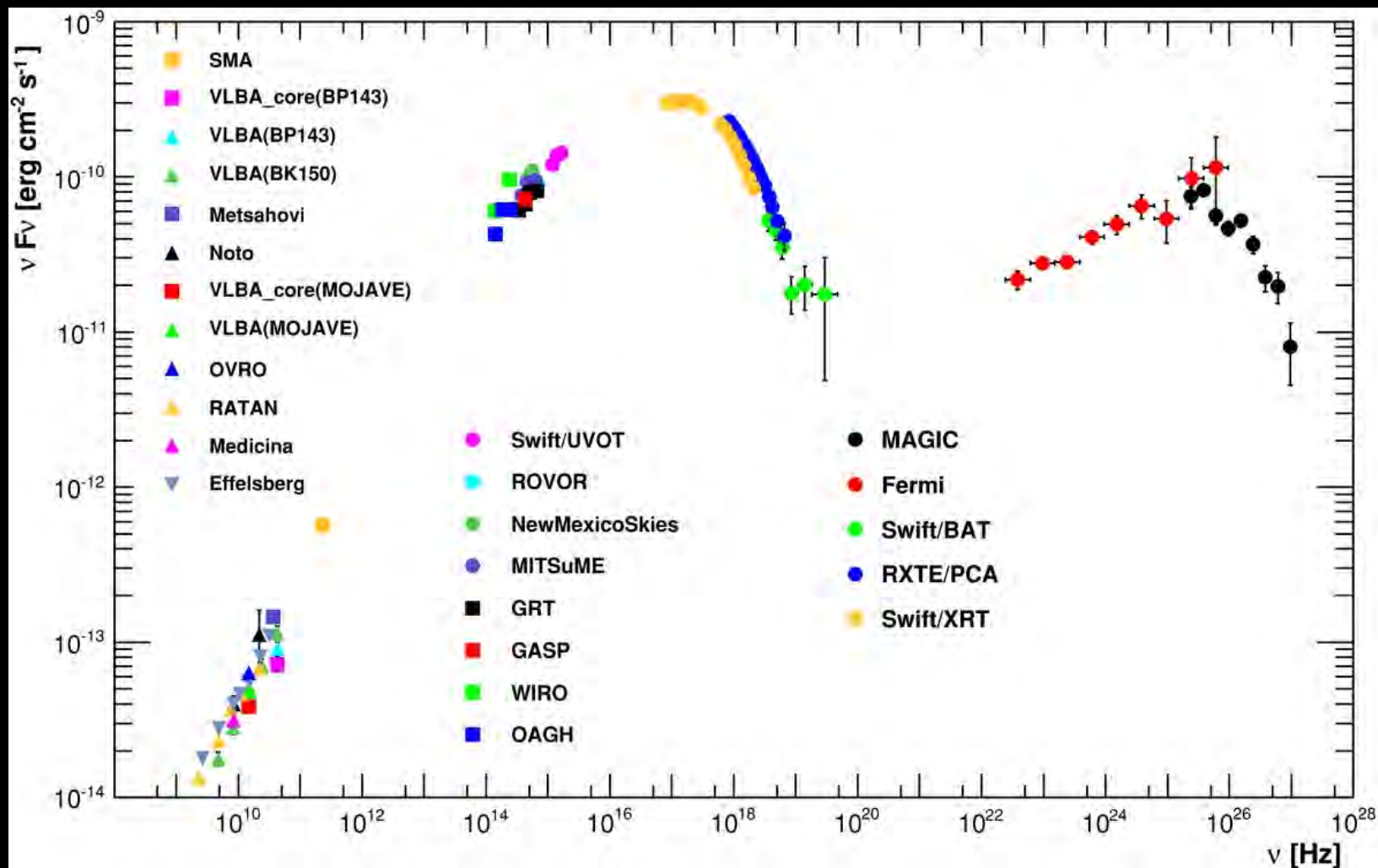
藤本恭平 (山口大学)

共同研究者：藤田和弘、新沼浩太郎 (山口大学)

Introduction

AGN ジェット - 電波/ガンマ線 -

AGN ジェットからの放射

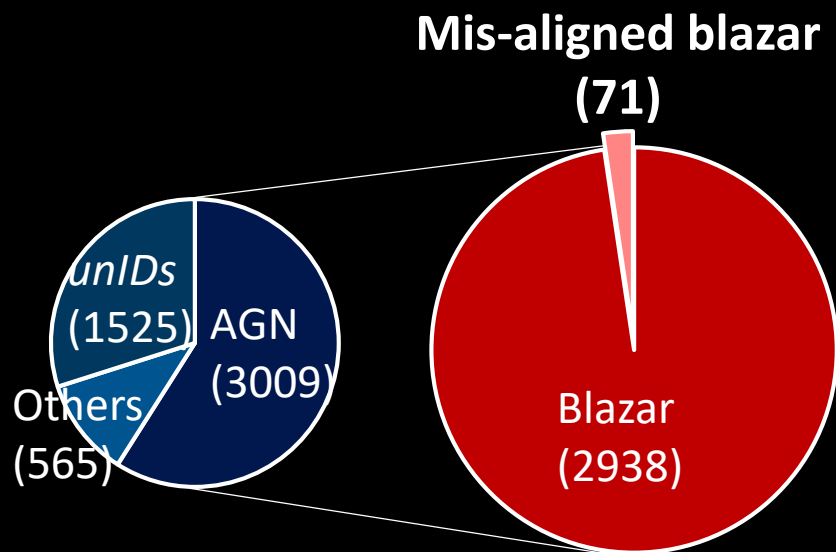


Blazar Mrk 421 の spectral energy distribution(SED)

Fermi-LAT による全天を対象にしたガンマ線サーベイ

Blazar に偏った観測事実

- Blazar はドップラーブーストにより増光されるため遠方でも明るい(他波長で同定しやすい)
 - Mis-aligned blazar は増光されない為、真に明るい天体しか種族同定されない
- mis-aligned blazar のガンマ線放射機構はいまだ未解明 (Migrioli+16)



LAT によって検出されたガンマ線源の内訳 (4FGL catalog) Total = 5099 (2019 May)

unIDs (un-identified sources) : 未同定天体

Mis-aligned blazar : viewing angle が大きいAGN

Young radio source

Mis-aligned blazar の中にも数天体ほどガンマ線源に対応する young radio source が報告されている (D'Ammand+15)

Young radio source

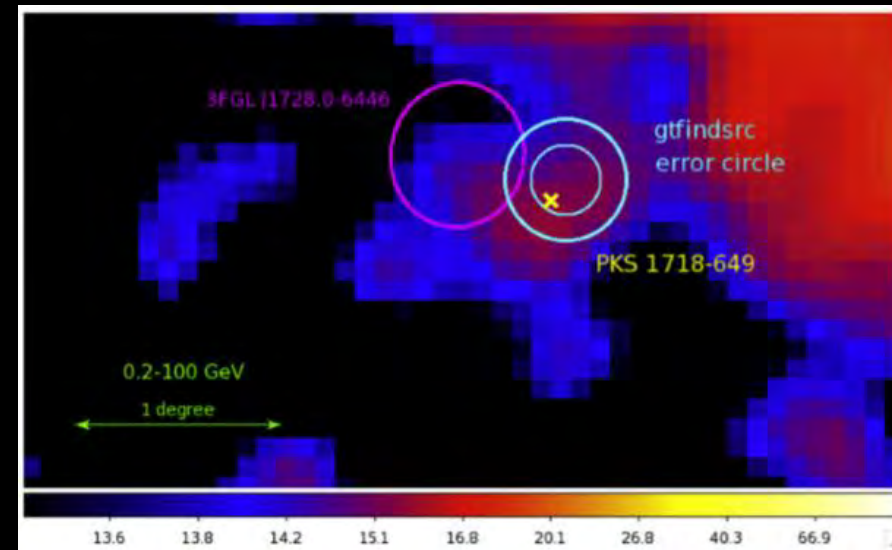
- 噴き出して間もないジェットを有する
- コンパクトな double/triple 構造を持つ
- Convex spectrum を示す

High frequency peaker (HFP)

- ピーク周波数が 5 GHz 以上に出現

GHz peaked spectrum (GPS)

- ピーク周波数が ~ 1 GHz に出現



3FGL J1728.0-6446 の位置誤差内に存在する GPS 天体 PKS 1718-649 (Migrioli+16)

統一モデルとガンマ線放射機構

AGN 統一モデル

Radio loud AGN ジェットは見込み角によって見え方が変わるが本質的には全て同じAGN ジェットである

統一モデルに従うなら Blazar と mis-aligned blazar のガンマ線放射も同等の結果が得られるはず・・・

研究目的

AGN のガンマ線放射機構は統一モデルに従うのか

研究目的を達成するために

Blazar/mis-aligned blazar を比較・統計的議論する必要がある

- Mis-aligned blazar のサンプルを増やすために
同定・対応付けができていない unIDs に着目



Young radio sourceを含む mis-aligned blazar や新種の AGN が隠れている可能性がある

Observation

unIDs 対応電波源フリンジ検出探査

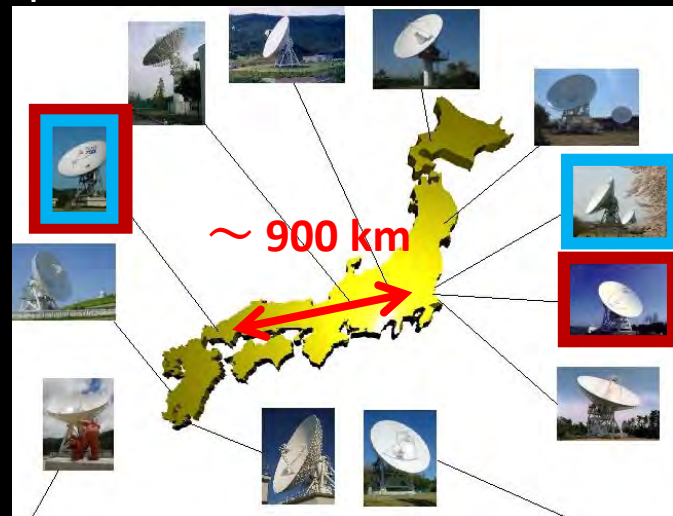
&

高周波イメージング観測

Japanese VLBI Network (JVN) によるフリンジ検出探査

天体選出条件

- *unIDs.* (2FGL catalog)内の電波源
- Decl. > -30 deg
- $|b| > 5$ deg



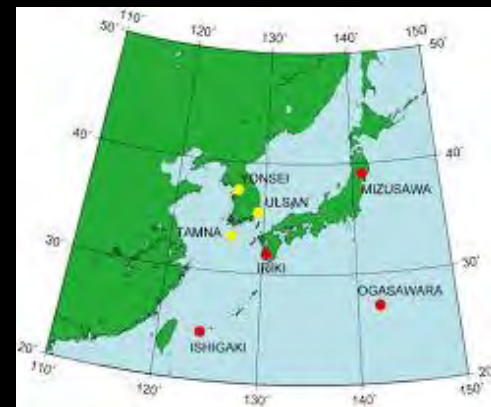
Observation epoch Array	No. of detection / No. of target		Baseline sensitivity
	<i>unIDs</i> (gamma-ray)	NVSS or FIRST (radio)	
1 st trial: 2012 Ym32-Tk32 (Fujinaga+16)	28/149	28/845	~ 2 mJy (scan: 3 min/source)
2 nd trial: 2015 Ym32-Ht32 (Fujita in prep.)	19/31	22/98	~ 0.7 mJy (scan: 10 min/source)

KaVA による 23/43 GHz イメージング観測

JVN 1基線サーベイの検出天体の正体を解明するために実施
ターゲット：**NVSS J112914-052856** (2FGL J1129.0-0532)

選考理由

1. 検出天体中最高レベルで明るいため(39.3 mJy @ 8 GHz)
2. ガンマ線源の位置誤差内で検出された電波源が1天体のみ



KVN and VERA Array (KaVA)

基線長(最短/最長)：305/2270 km

分解能(23/43 GHz)：1.2/0.6 mas

積分時間(1 scan)：100 sec

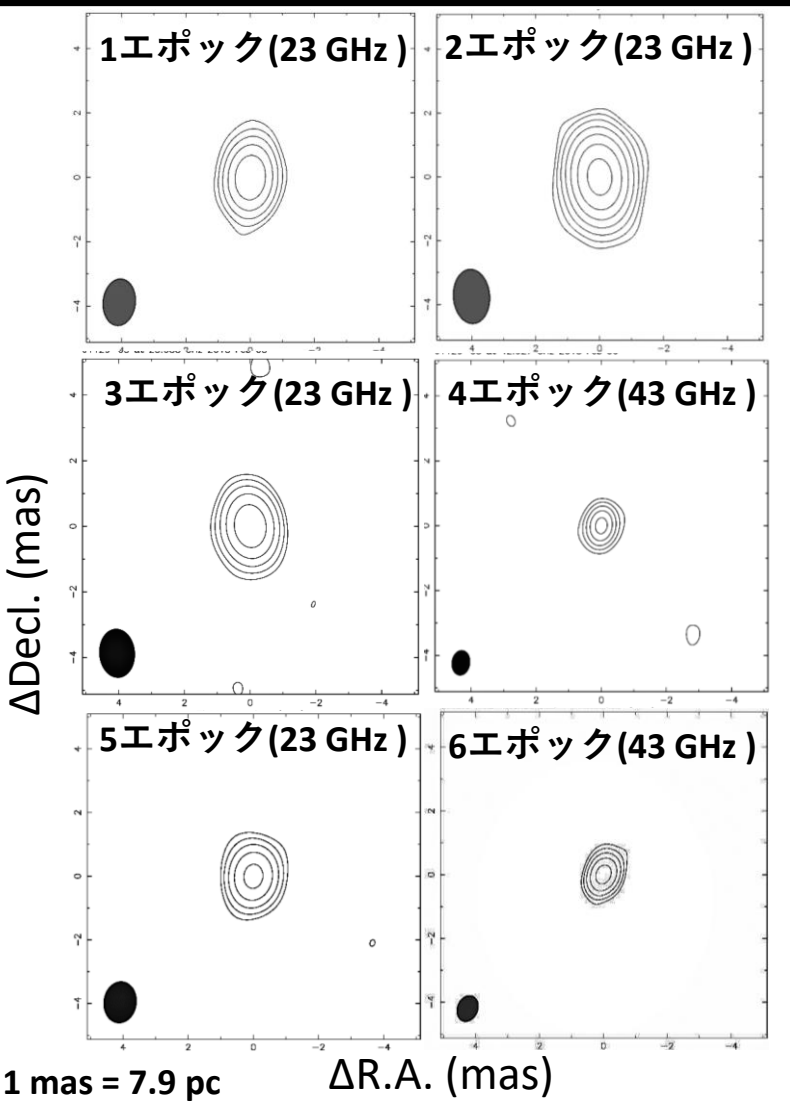
帯域幅：512 MHz

Epoch	Date	Obs. Freq.	備考
1	2017 Feb 17	23 GHz	Ursan なし
2	2017 May 25	23 GHz	-
3	2018 Feb 05	23 GHz	Tamna なし
4	2018 Feb 06	43 GHz	-
5	2018 Jun 06	23 GHz	-
6	2018 Jun 07	43 GHz	-

Results

2017/2018 KaVA 23/43 GHz 観測の結果

NVSS J112914-052856 の VLBIイメージとライトカーブ

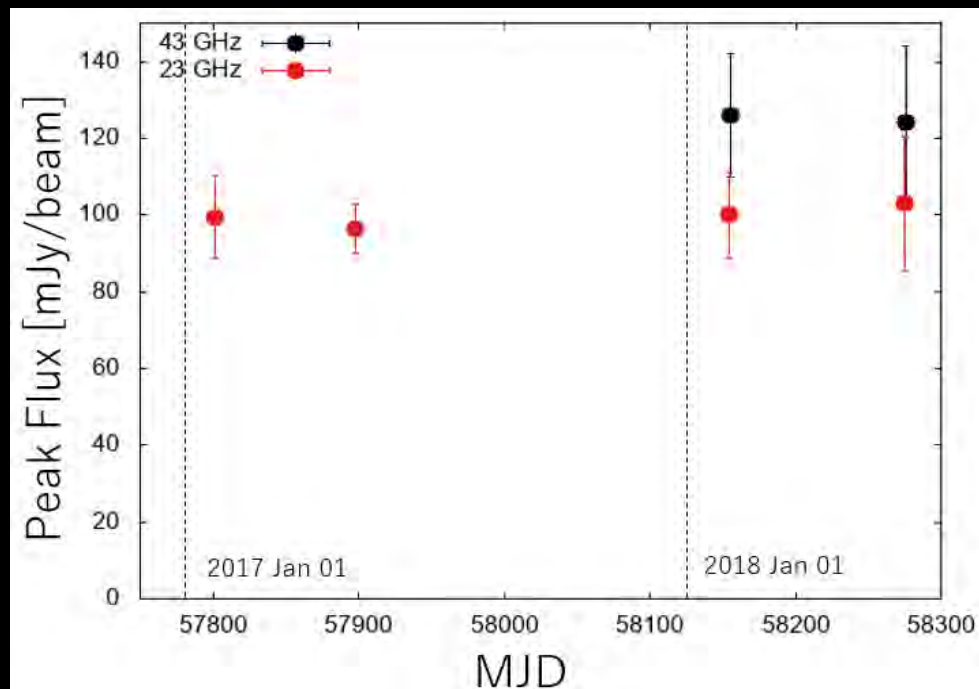


コンパクトな構造 (with KaVA 23/43G res.)

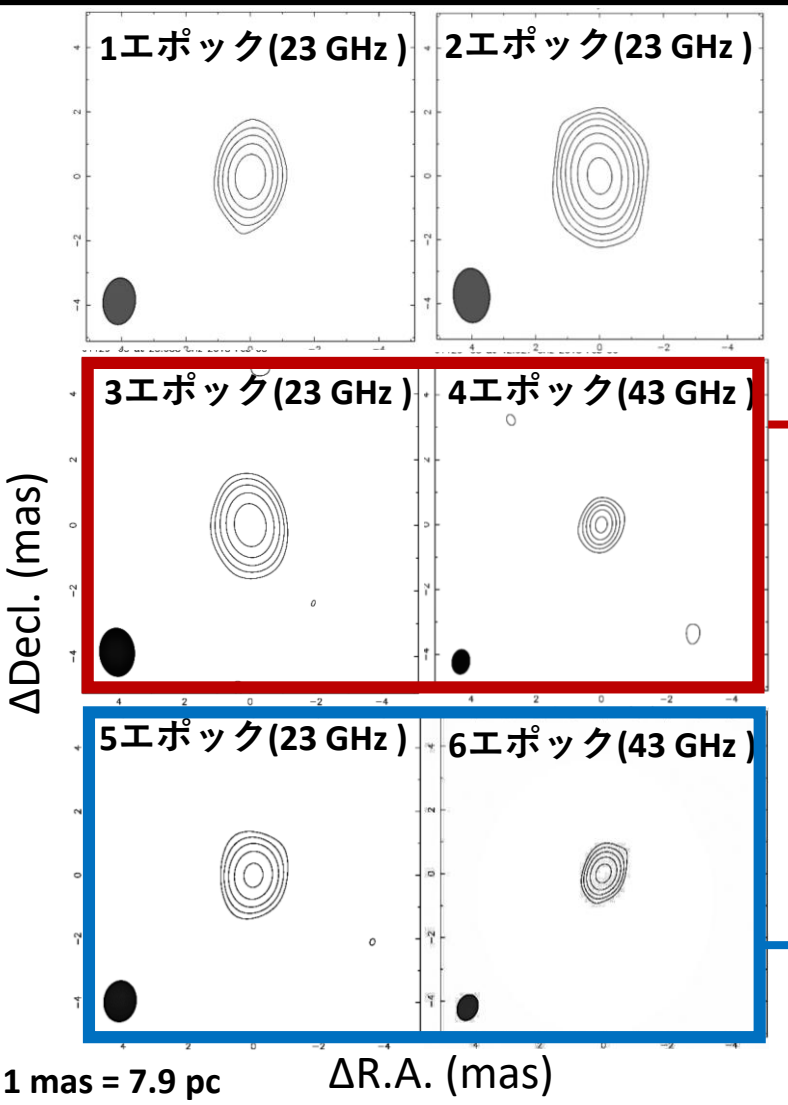
最小分解可能サイズ (Lee+08) = 0.08 mas

Z=0.92 なので (Pena+17)

天体サイズの上限值 = 0.61 pc (@43 GHz)



NVSS J112914-052856 の VLBI イメージとライトカーブ

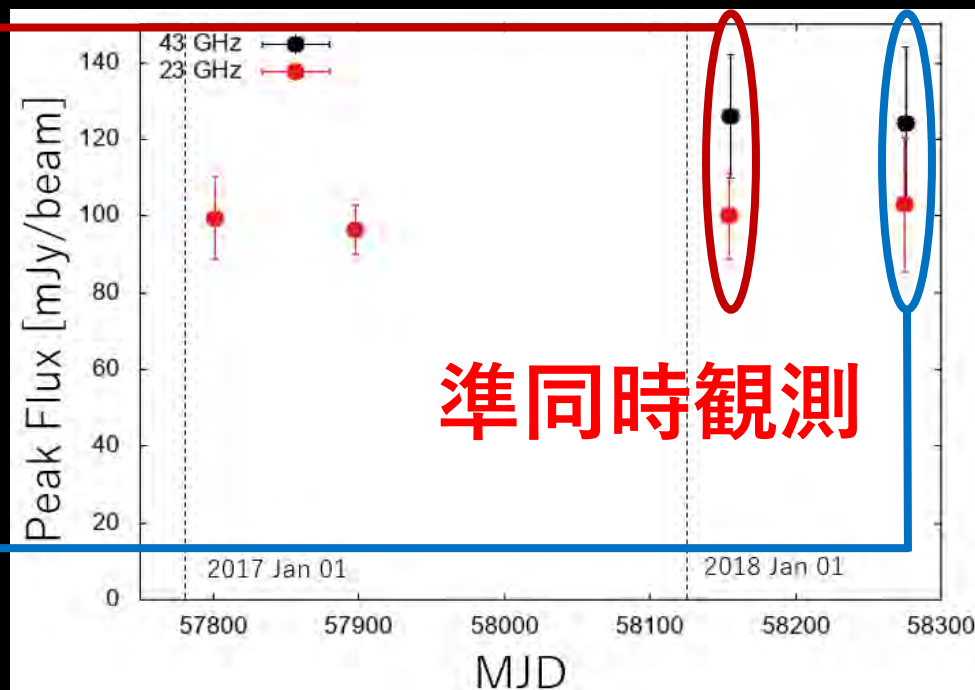


コンパクトな構造 (with KaVA 23/43G res.)

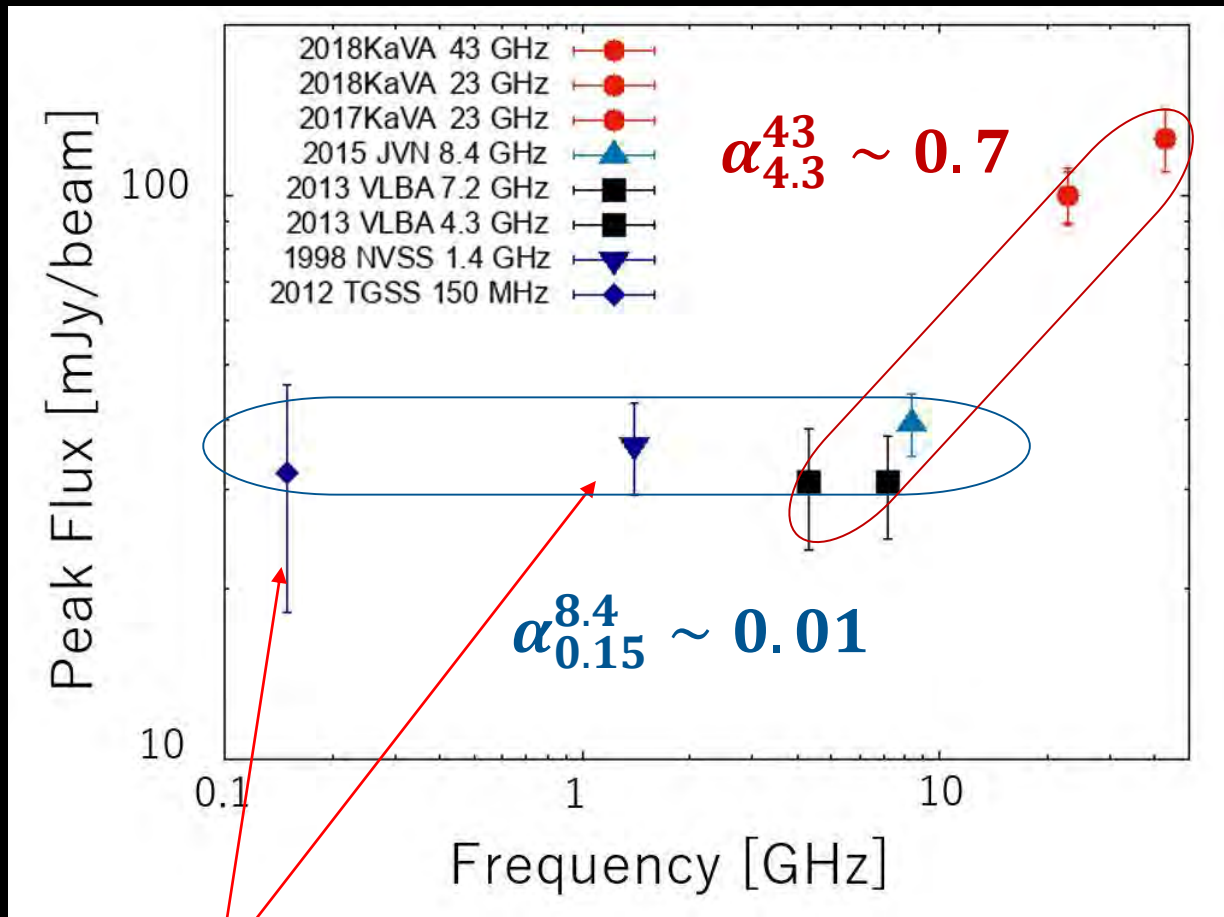
最小分解可能サイズ(Lee+08) = 0.08 mas

Z=0.92 なので(Pena+17)

天体サイズの上限值 = 0.61 pc (@43 GHz)



NVSS J112914-052856 のスペクトル



Low freq. : flat
High freq. : inverted



特異なスペクトル

$$S_\nu \propto \nu^\alpha$$

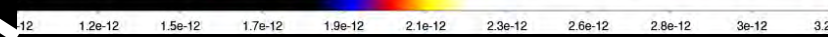
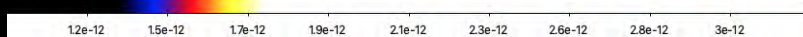
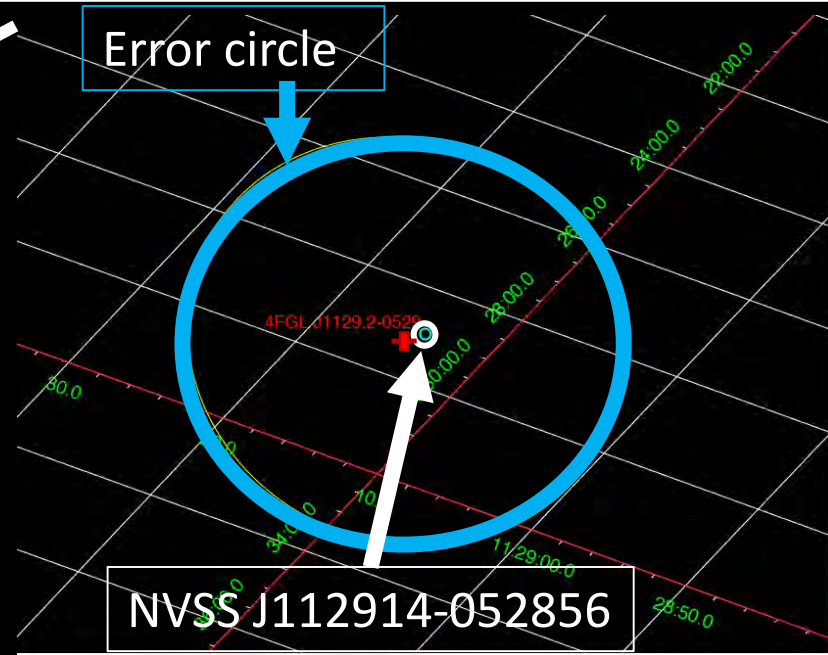
Connected array

Discussion

NVSS J112914-052856 の種族推定

4FGL 天体との対応付け

Source name	R.A.	Decl.	Error circle	Offset
4FGL J1129.2-0529	11h29m14.76s	-05d29m15s	$5.0 \times 4.5 \text{ arcmin}^2$	
NVSS J112914-052856	11h29m14.08s	-05d28m56.5s	$0.35 \times 0.26 \text{ arcmin}^2$	20.5 arcsec



NVSS J112914-052856 の正体

種族候補

High frequency peaker
Blazar

	Radio structure	cm-mm spectrum	Flux variability (monthly scale)
NVSS J112914-052856	Compact	Inverted	No
High Frequency Peaker	Compact	Convex	No
Blazar	Core-jet	Flat (convex*)	yes

*Blazar は一時的なフレア現象により光学的に薄い高周波側のフラックスが上昇することがある(e.g. Torniiainen +05)

NVSS J112914-052856 の正体

種族候補

High frequency peaker

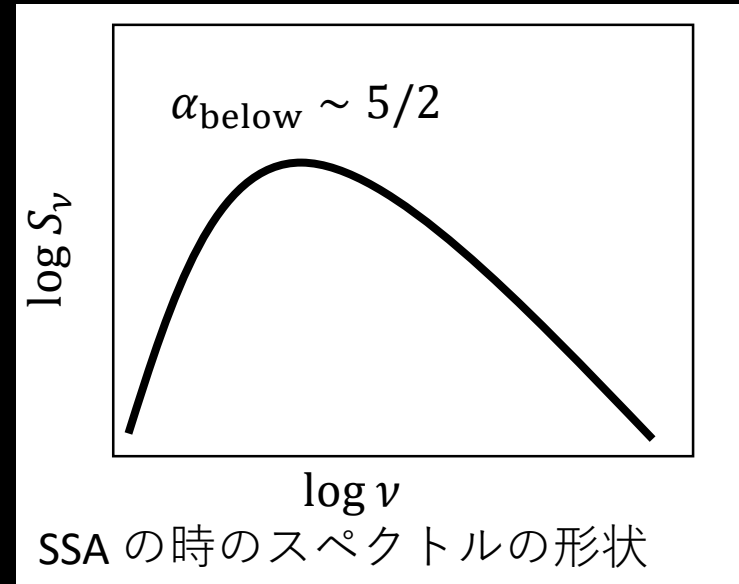
Blazar

	Radio structure	cm-mm spectrum	Flux variability (monthly scale)
NVSS J112914-052856	Compact	Inverted	No
High Frequency Peaker	Compact	Convex	No
Blazar	Core-jet	Flat (convex)	yes

HFP の特徴と似ている??

NVSS J112914-052856 = HFP ?

- HFP と仮定すると . . .
 - **Synchrotron Self Absorption (SSA)** による放射を見ている可能性 (Orienti +07)
 - スペクトル形状が **convex** に
 - 低周波帯においてスペクトル指数は $5/2$

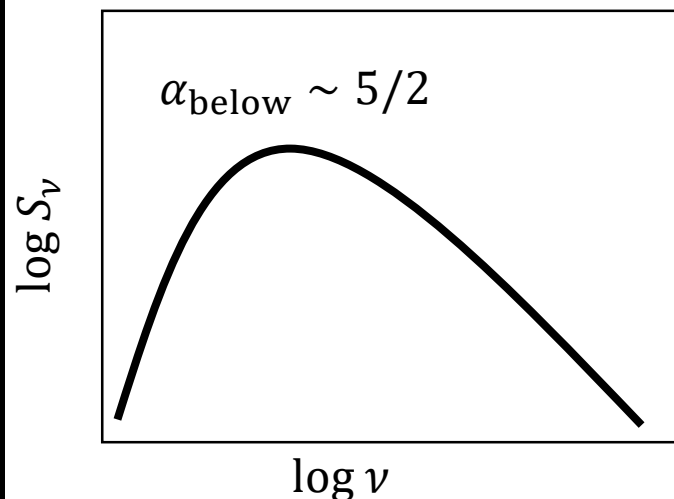


NVSS J112914-052856 = HFP ?

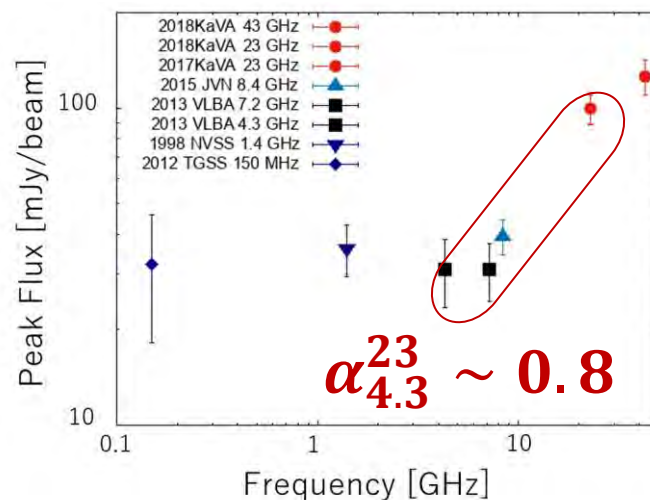
- HFP と仮定すると . . .
 - **Synchrotron Self Absorption (SSA)** による放射を見ている可能性 (Orienti +07)
 - スペクトル形状が **convex** に
 - 低周波帯においてスペクトル指数は $5/2$

少なくとも 23 GHz 以上にピーク周波数が出現すると予想される

NVSS J112914-052856 のスペクトルは $5/2$ よりも傾きが緩やか！



SSA の時のスペクトルの形状

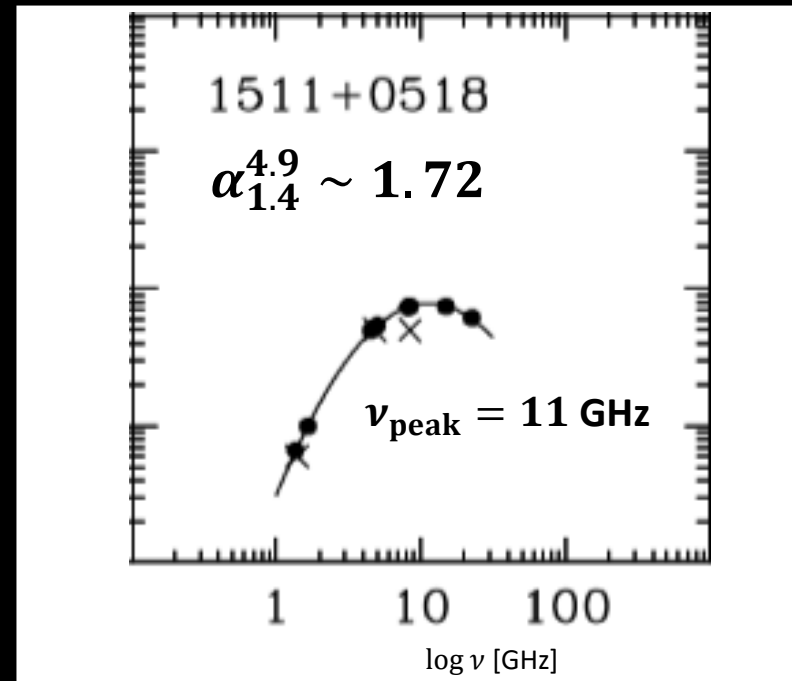


NVSS J112914-052856 = HFP ?

- SSA に比べてスペクトルの傾きが緩やかな原因
 - **Inverted** なジェット成分 + **flat** なコア成分を見ている可能性（構造が分解しきれていない為）

過去のVLA でHFP 候補天体を観測した論文においても同様に $\alpha_{\text{below}} < 5/2$ となった例がある (Dallacasa +00)

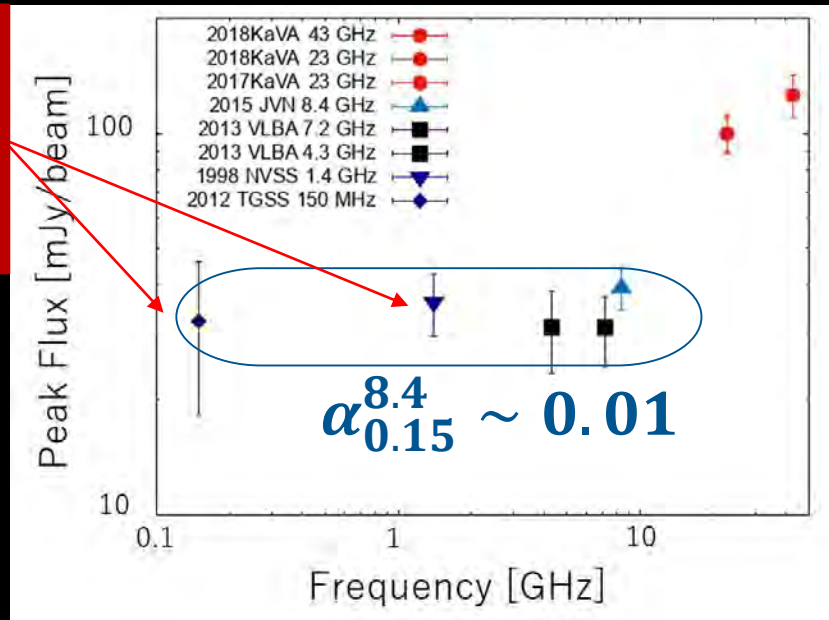
本観測と同様に構造を分解しきれていなかったためジェット/コア成分がコンタミ →



NVSS J112914-052856 = HFP ?

Connected array のデータ点は分解能が他のVLBI データ点より悪い

- 広がった構造が存在する可能性
- 数年 - 数十年の時間差があるため強度変動をしている可能性



結論

- NVSS J112914-052856 は**HFP** の可能性が高い
 - Monthly scale での強度変動なし
 - Inverted なスペクトル形状
 - KaVA 43 GHz でも分解できないほどコンパクトな構造 (< 0.61 pc)
 - 予想ピーク周波数 > 23 GHz (VLBI スケールでは最も高周波)

ガンマ線源 4FGL J1129.2-0529 と対応している可能性もあるため**初のガンマ線放射HFPかも？**

- しかし種族決定には至らず・・・

まとめ

研究目的

AGN のガンマ線放射機構は統一モデルに従うのか

- Blazar/mis-aligned blazar の比較・統計的な議論が必要
 - 2012/2015年に *unIDs* 対応電波源のフリンジ検出のために JVN 1 基線サーベイを実施
 - 検出天体中でも明るい **NVSS J112914-0528** の正体解明のため KaVA 23/43 GHz でイメージング観測
 - Young radio source の一種である HFP である可能性