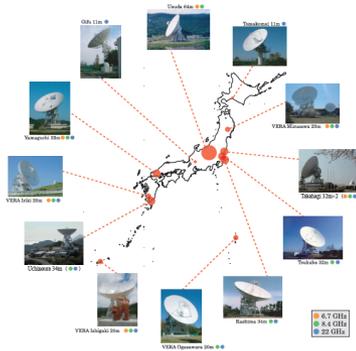
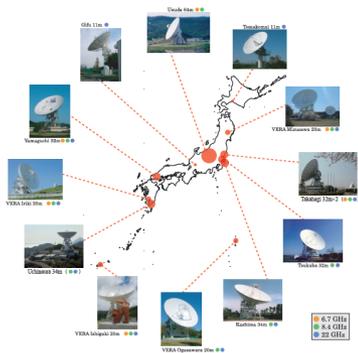


大学VLBI連携観測網による 突発天体の追観測体制

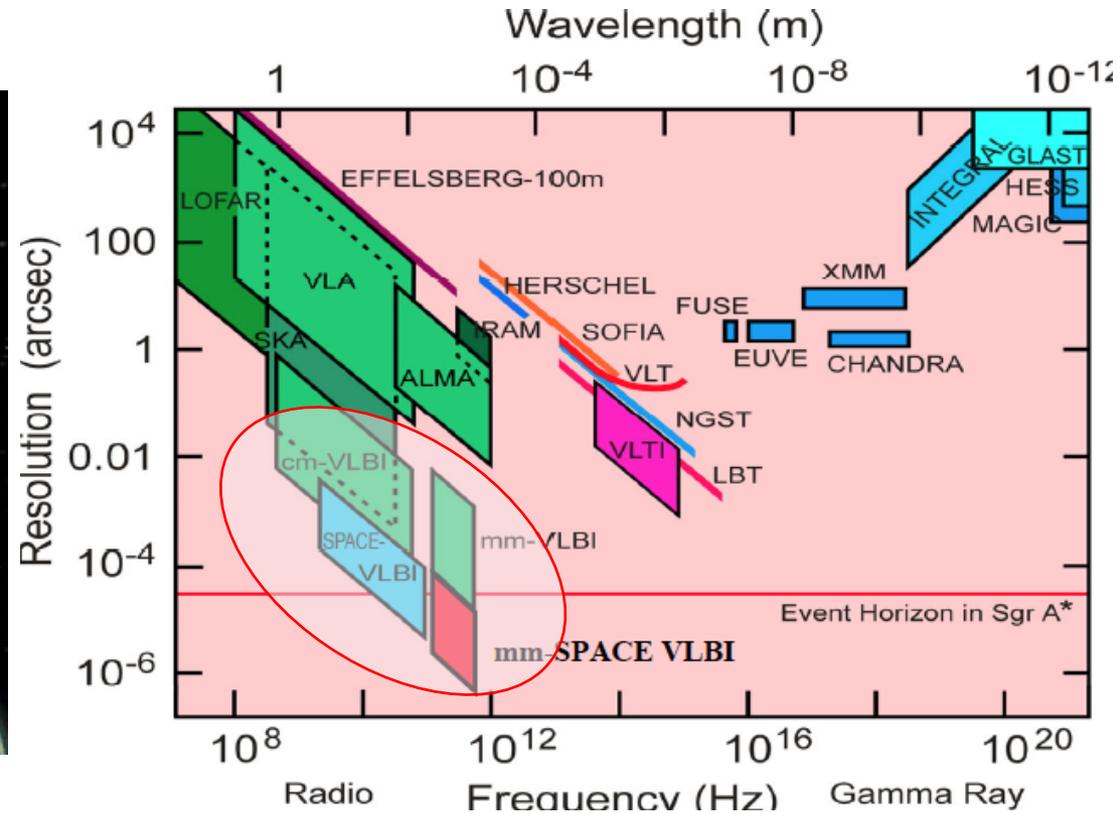
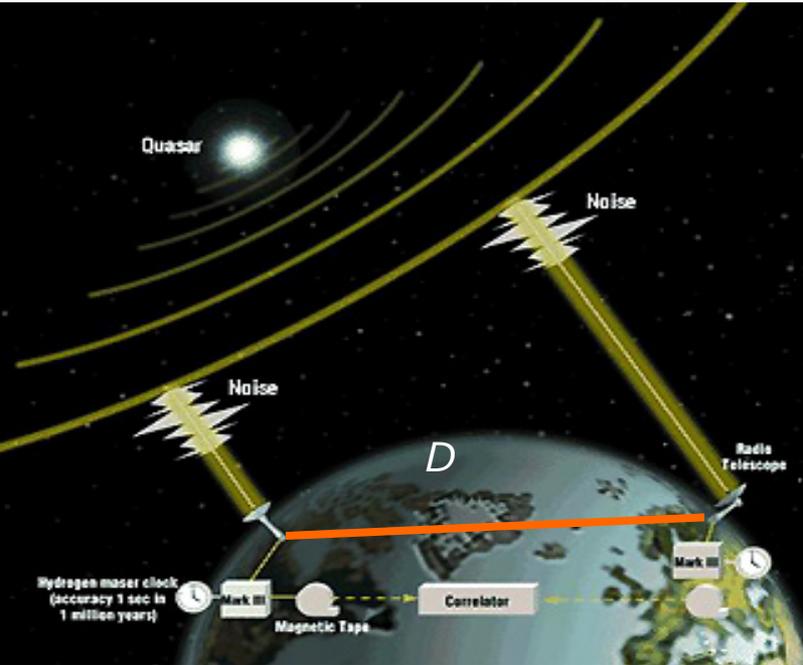
青木貴弘, 元木業人, 新沼浩太郎, 藤沢健太 (山口大学),
米倉覚則, 齋藤悠, 百瀬宗武 (茨城大学),
岳藤一宏 (NICT),
他 大学間連携 VLBI group



1. Very Long Baseline Interferometry (VLBI)
2. Japanese VLBI Network (JVN; 大学VLBI連携)
3. JVNでできること/実績
4. ニュートリノフレアに対するJVN追観測の戦略
 - › IceCube 170922Aを例にして



Very Long Baseline Interferometry (VLBI)

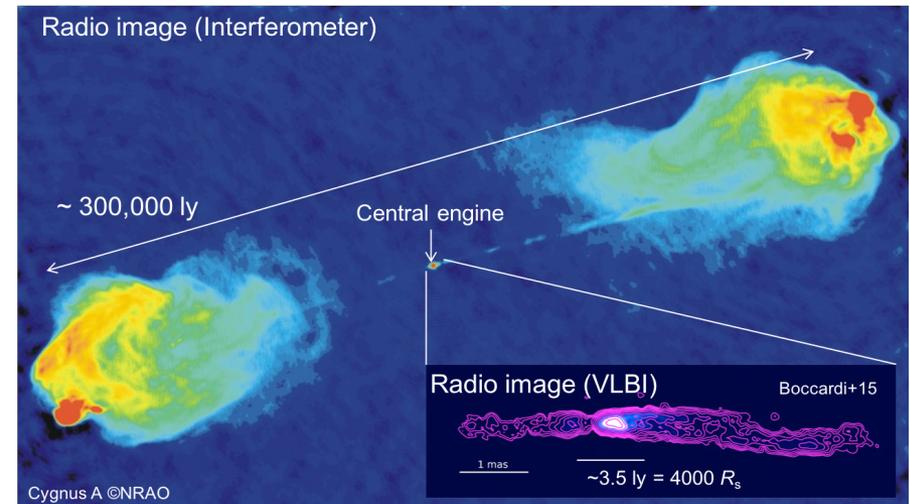


$$\text{角度分解能} = \frac{\text{波長}}{\text{基線長}} = \frac{1 \text{ cm (23 GHz)}}{2000 \text{ km (日本列島)}} = 1 \text{ milli-arcsecond}$$

VLBIの特徴

- ▶ 空間分解能が極めて高い
 - › ミリ秒角を余裕で達成
 - › パーセクスケールの構造を容易に解明
- ▶ 輝度温度の高い天体を選択的に検出
 - › コンパクトで明るい天体 (AGN 等) が主なターゲット
- ▶ 視野が極端に狭い

電波干渉計の視野

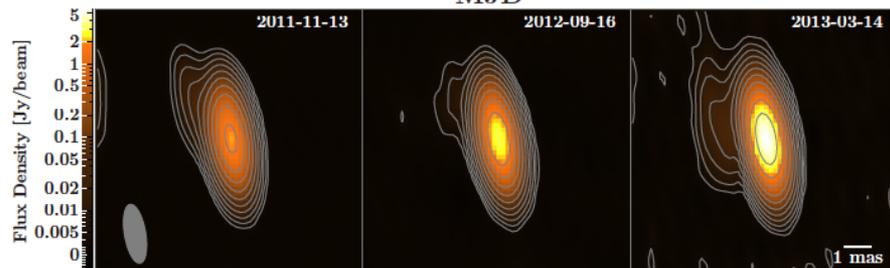
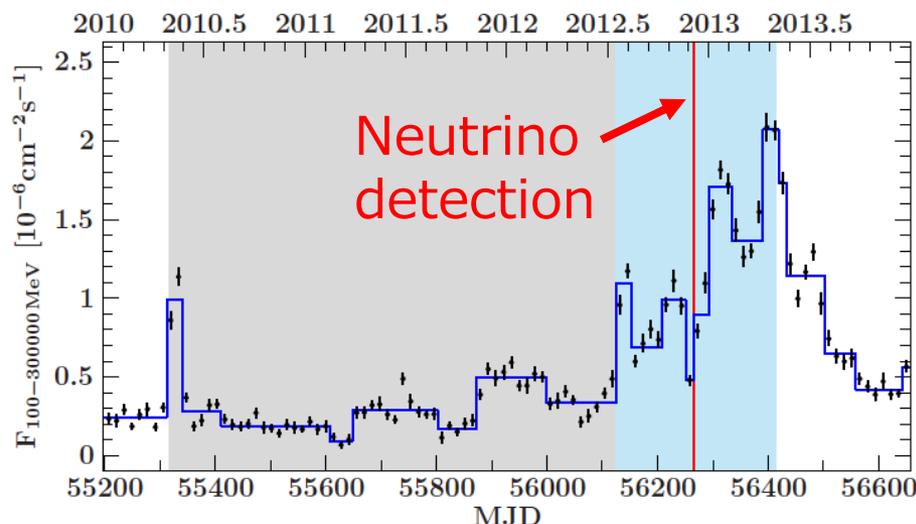


VLBIの視野

ニュートリノフレア天体のVLBI観測

- ▶ ニュートリノの起源はフレア中のブレーザー？
(e.g., Petropoulou+ 2016)
 - › VLBIの格好のターゲット
- ▶ IceCube HESE-35
(Kadler+16)
 - › 2 PeV event on 2012-12-04
 - › ブレーザー PKS B1424-418のガンマ線フレアと関連？
 - » significance $\sim 95\%$
- ▶ ニュートリノがブレーザー起源ならば、VLBI観測が有効

GeV Light Curve

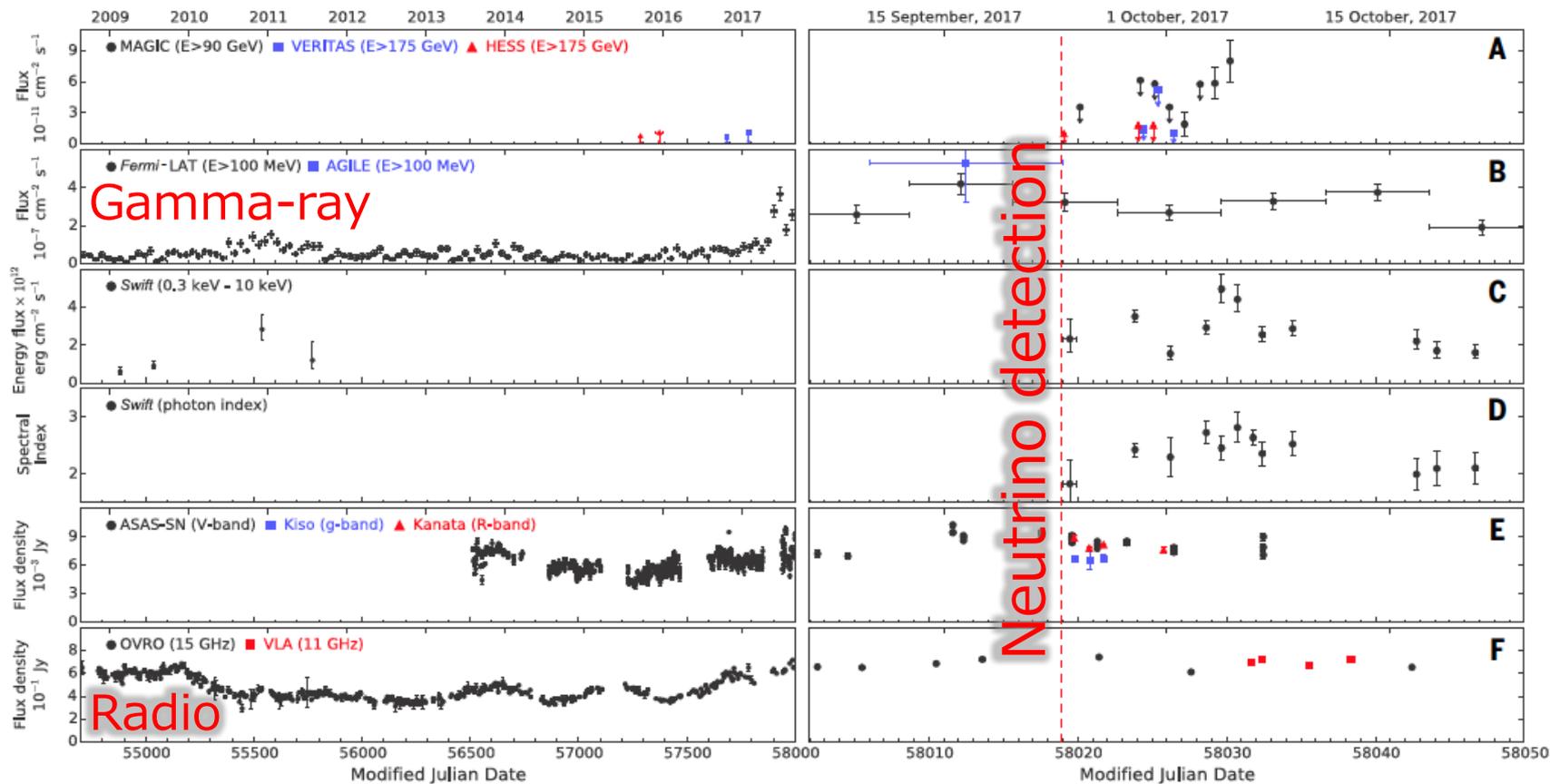


ガンマ線フレア時に電波でも増光

ニュートリノフレア天体のVLBI観測

▶ IceCube 170922A

- ▶ フレア中のブレーザーTXS 0506+056 が起源
(IceCube Collaboration+ 2018)
- ▶ significance $\sim 99.7\%$



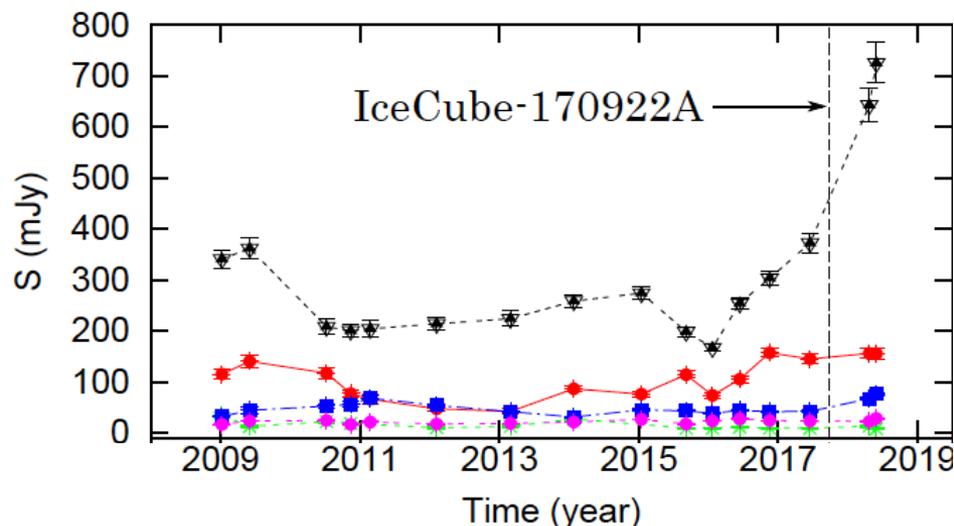
ニュートリノフレア天体のVLBI観測

▶ IceCube 170922A

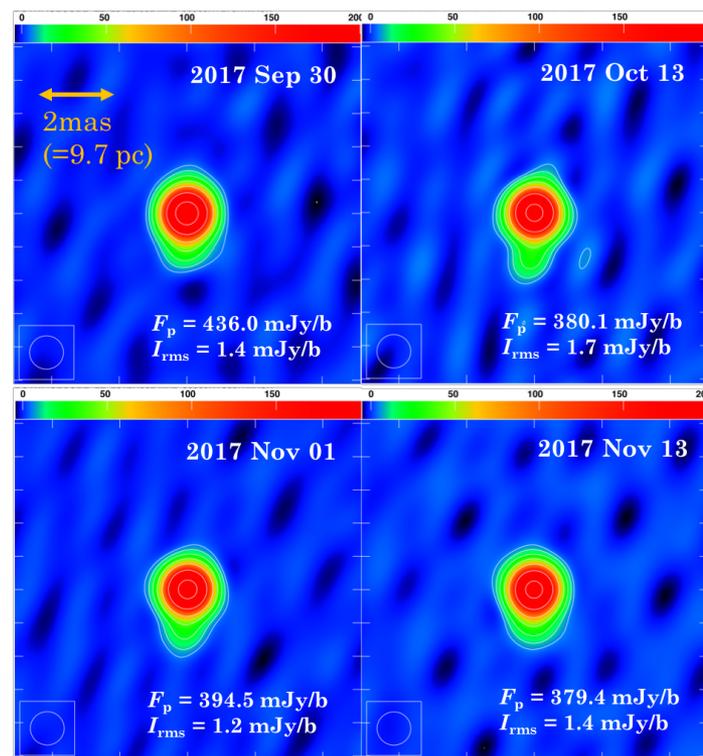
› フレア中のブレーザーTXS 0506+056 が起源

(IceCube Collaboration+ 2018)

› significance $\sim 99.7\%$

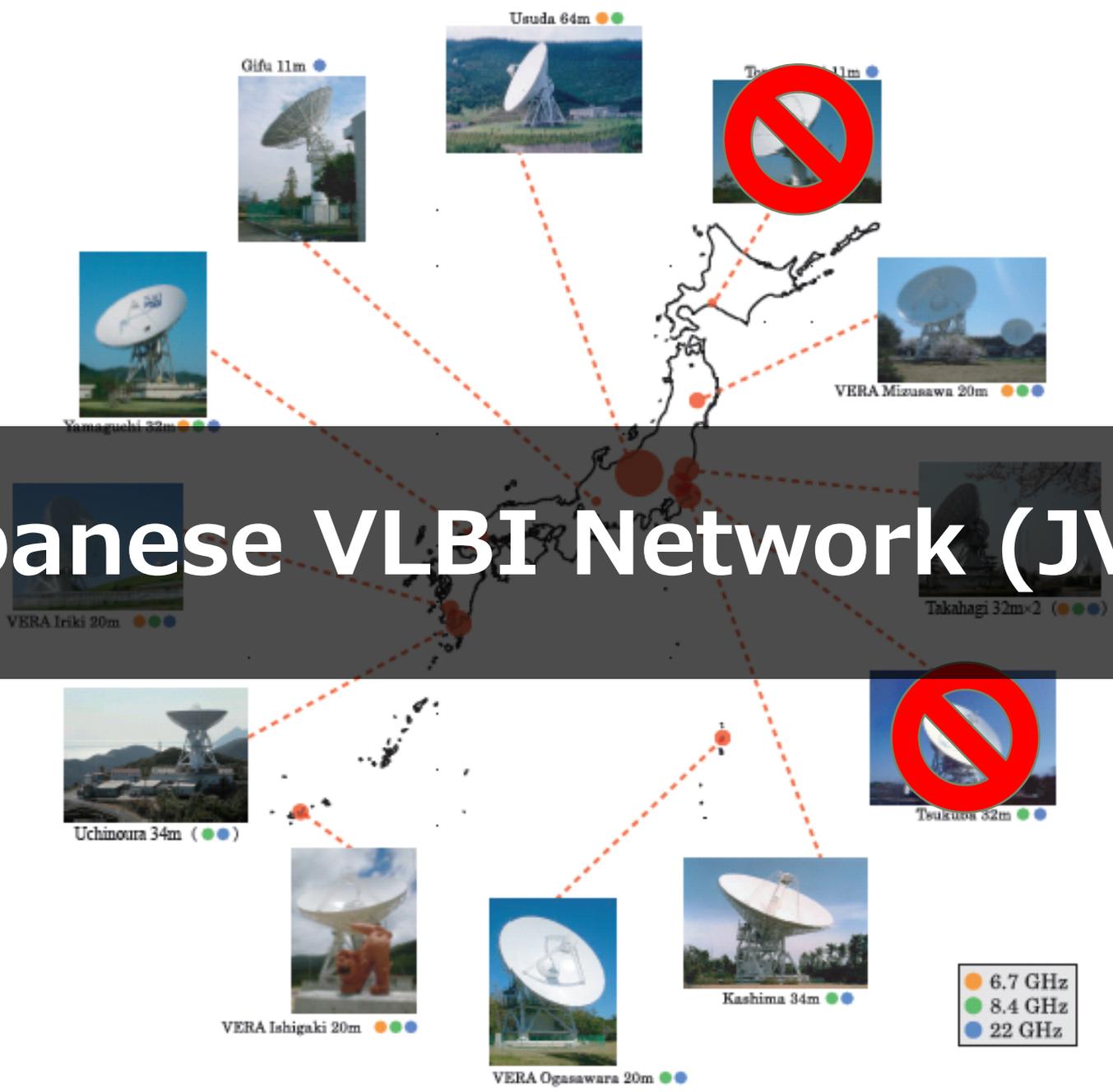


VLBA 15GHz (Kun+18)
ニュートリノと電波で
同期してフレア



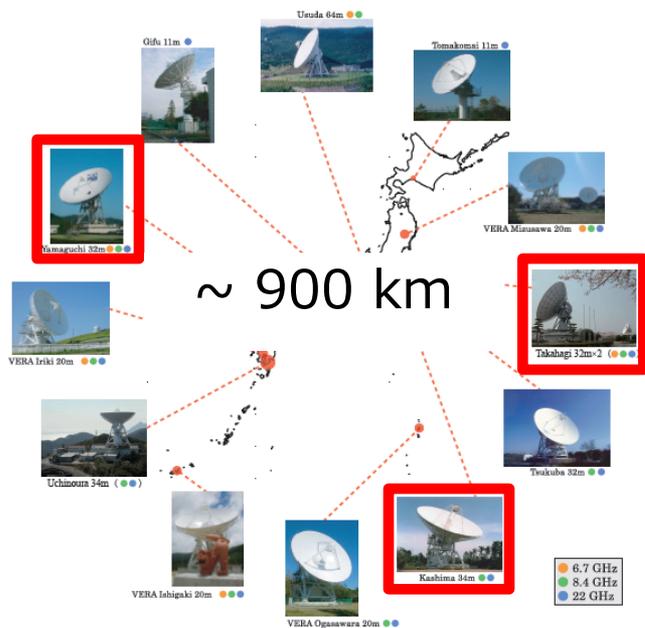
VERA 23GHz (Niinuma+ in prep)
ニュートリノフレア直後はパーセク
スケールでの構造変化は見られない

Japanese VLBI Network (JVN)



▶ JVN少数基線

- › 茨城局 + 鹿島局 + 山口局
- › 6GHz帯と8GHz帯で高感度VLBI
- › イメージングはせず、光度モニター



▶ 基線感度

- › $S_{\min} \sim 0.5 \text{ mJy}$
(on-source 6 min)

▶ 輝度温度感度

- › 茨城-鹿島 (90 mas res.):
1,000 K
- › 茨城-山口 (8.5 mas res.):
100,000 K

- ▶ 詳細はポスター V131c
(元木さん) を参照

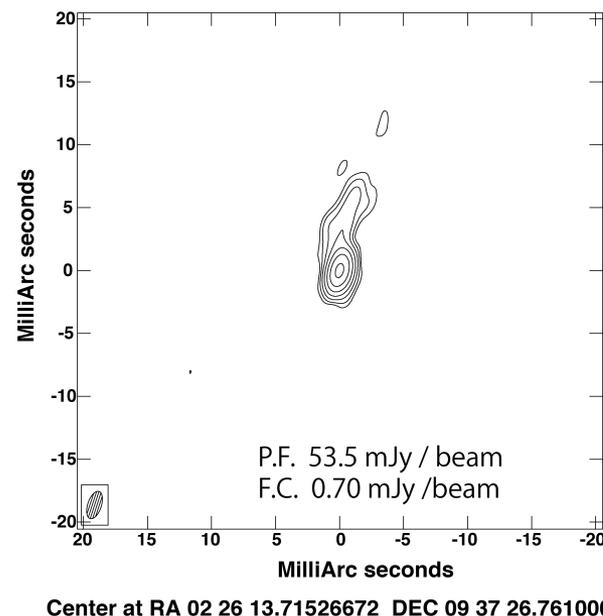
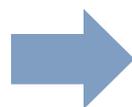
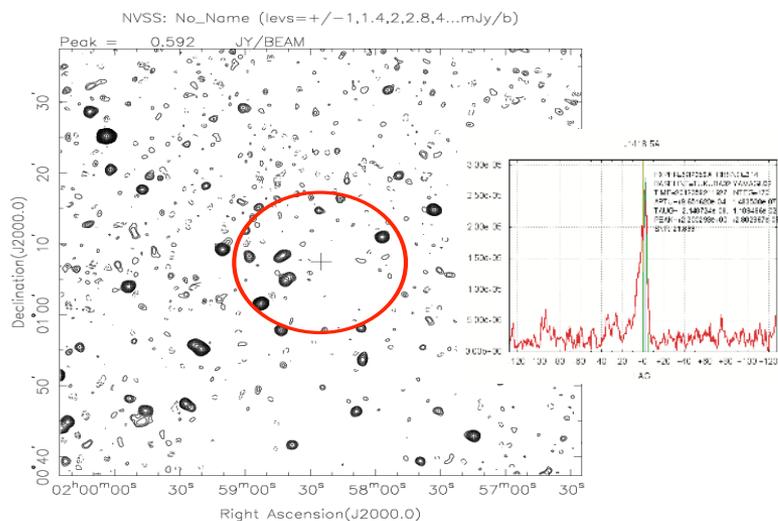
▶ VLBIでわかること

- › VLBIで検出 = コンパクトで明るい天体 (ブレーザーなど)
- › VLBIでフレアを検出 = 放射領域のサイズを議論できる
 - › 例: $z \sim 0.3$ でのフレアを茨城-山口基線でVLBI観測 (分解能8.5mas) → フレアサイズ ~ 40 pc
- › VLBIイメージング = 天体の構造を解明

▶ JVN少数基線観測の戦略

- › 数分の観測でVLBIで検出できるか (コンパクトで明るい天体か) 判定
 - › 天体の大きさと明るさはわかる
 - › イメージングはせず構造はわからない
- › 1天体あたり数分の観測 = 多天体の観測が容易
 - › IceCube 170922A の位置誤差内 ($\sim 2 \text{ deg}^2$, 100電波源) であれば、10時間の観測で対応天体を特定
- › 候補天体をリストアップ後、deepなイメージング観測によって構造分解
 - › ジェットの有無などが判明

- ▶ Fermi未同定ガンマ線源の電波対応天体としてAGNを探索 (Fujinaga+ 2016)
 - › 2012年12月に70時間の観測を実施
 - › 約150個の未同定ガンマ線源について、その位置誤差内にある電波源 (約850天体) 全てをサーベイ (on-source 3min)

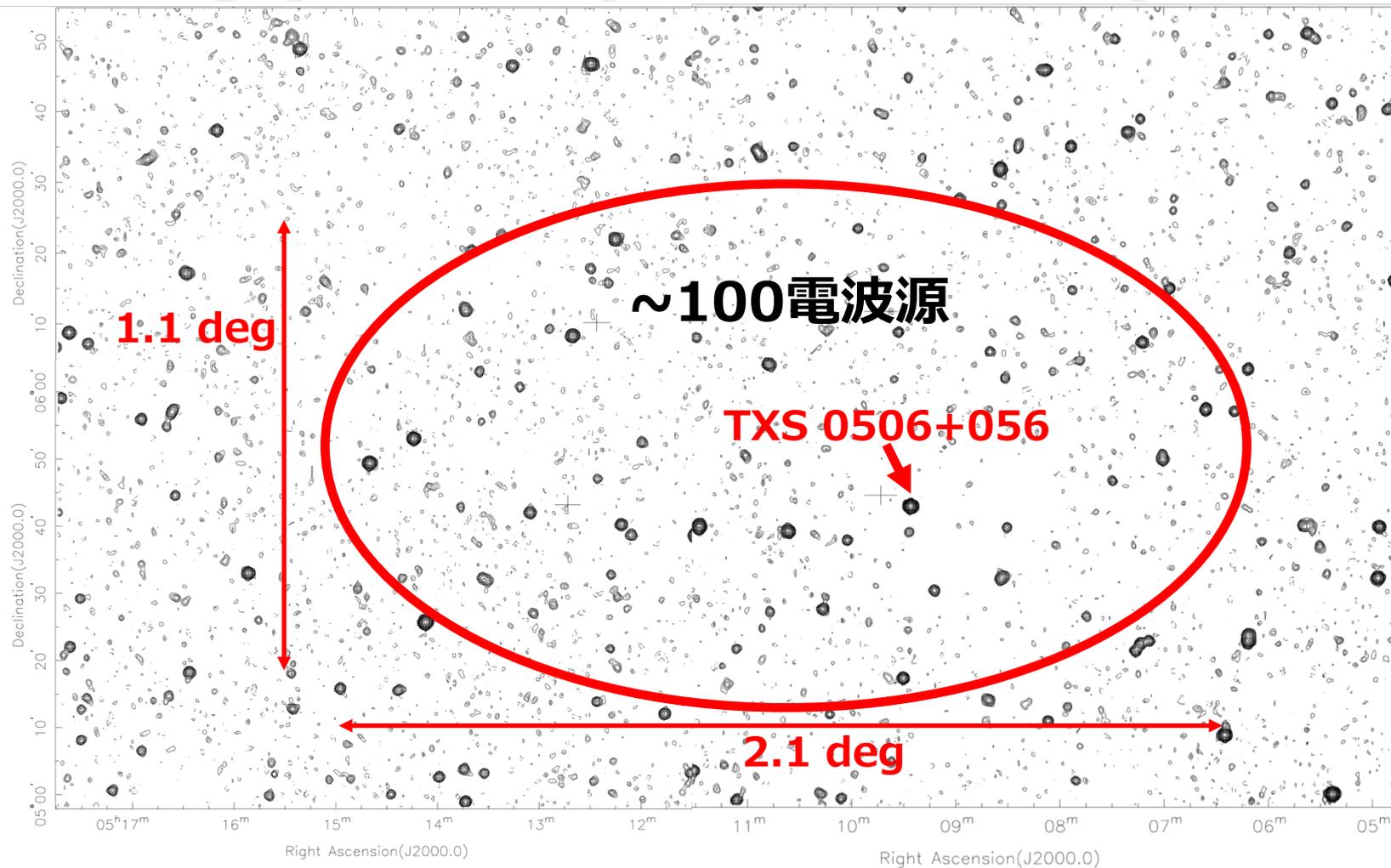


位置誤差内の電波源すべてをVLBI観測し
FRINGE検出できるかチェック

VLBA 8GHzで追観測し構造解明

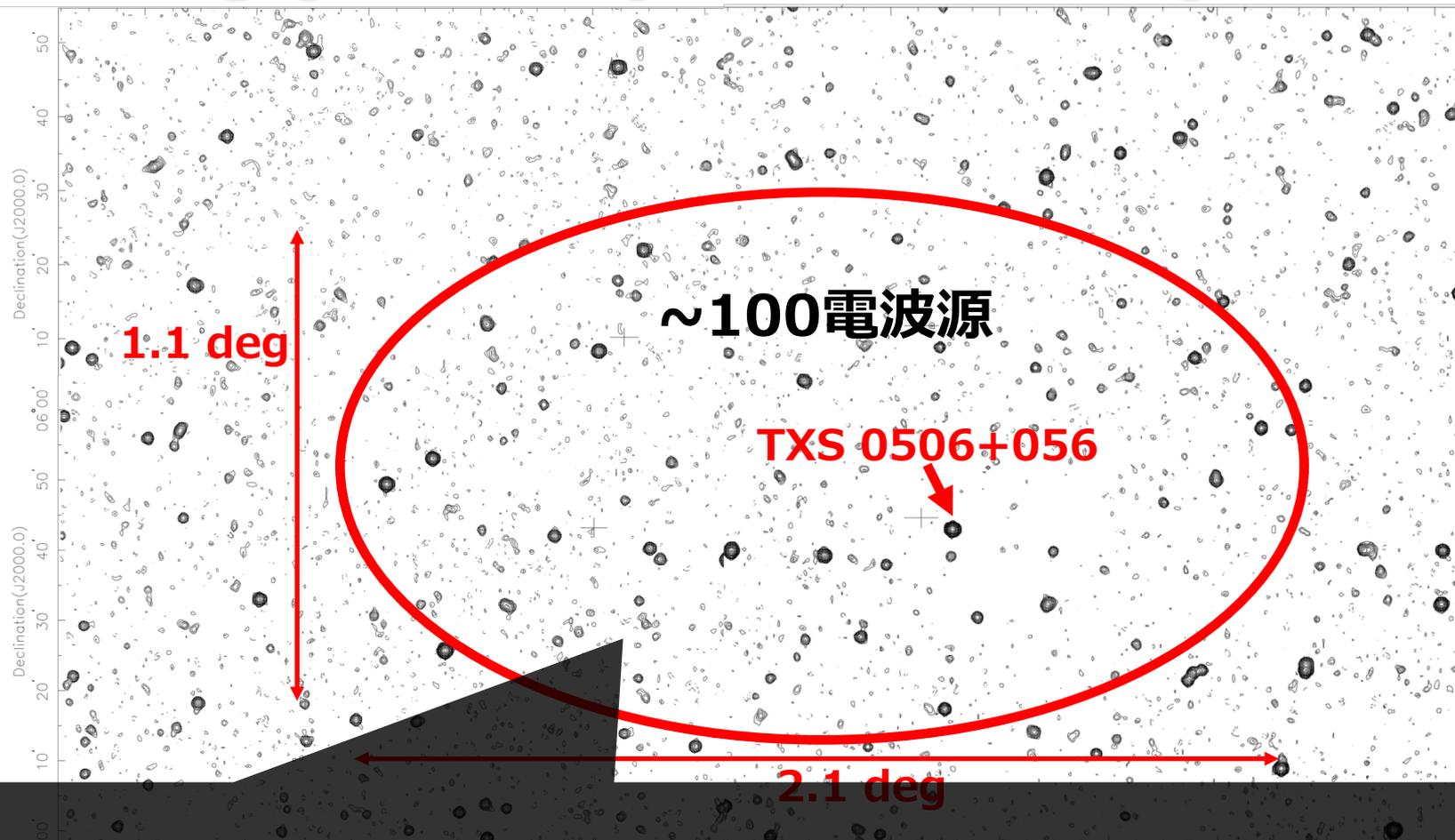
JVN少数基線による追観測戦略

Radio image (NVSS 1.4 GHz) and IceCube 170922A positional error



JVN少数基線による追観測戦略

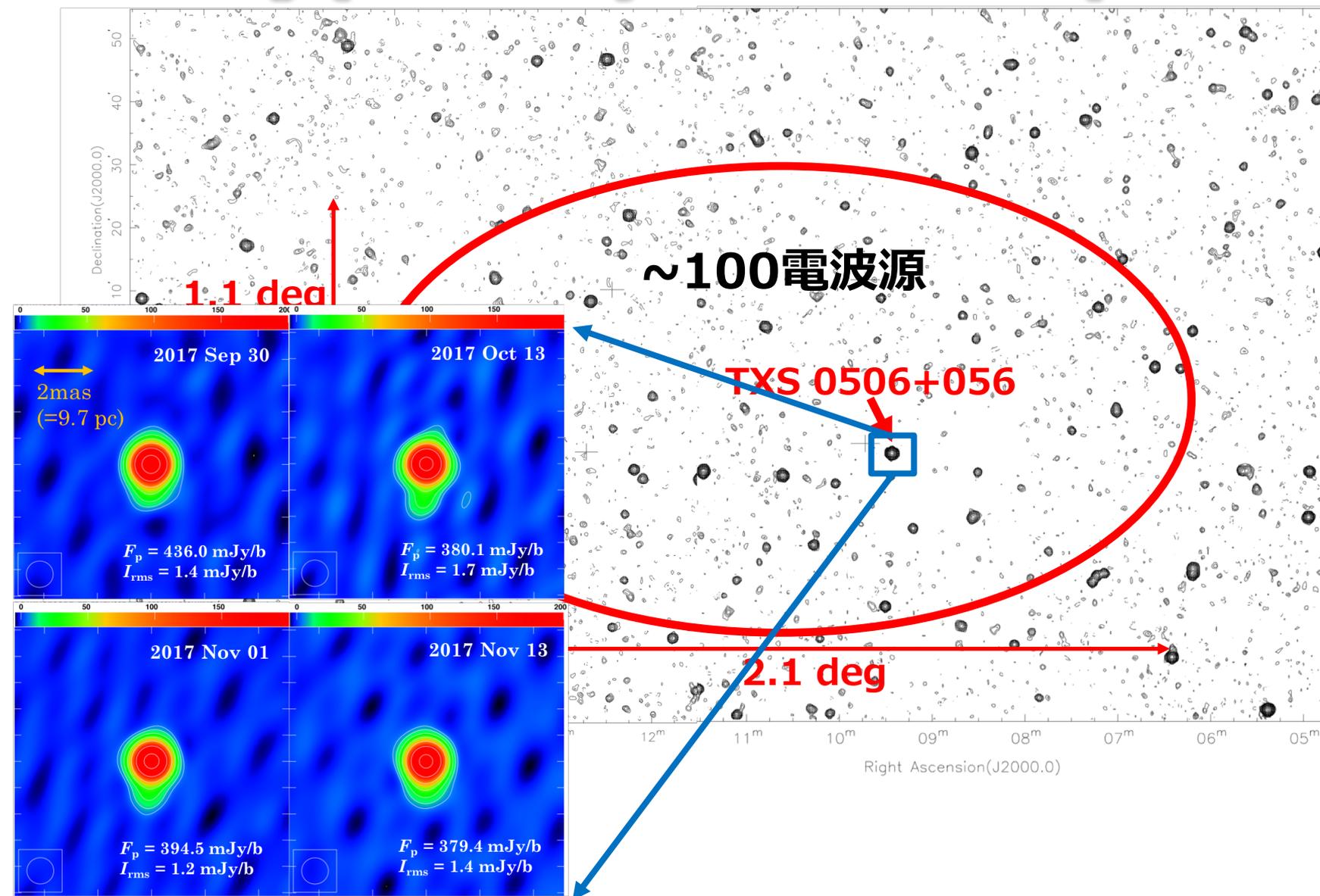
Radio image (NVSS 1.4 GHz) and IceCube 170922A positional error



10時間の観測で、IceCube位置誤差内の電波源のうち
フレアしている天体 (~1 mJy) を探し出せる

JVN少数基線による追観測戦略

Radio image (NVSS 1.4 GHz) and IceCube 170922A positional error



▶ JVN少数基線による追観測

- › 感度: 数分で ~ 1 mJy
- › 10時間の観測でIceCubeイベントのVLBI対応天体をリストアップ
 - › コンパクトで明るい天体 (ブレーザー等) のみ選択的に検出
- › 候補天体をVLBIイメージングすれば構造解明 (ジェットの有無など)

