

# 大学VLBI連携の現状報告と将来計画

藤沢健太(山口大学)

## • 6大学＋研究機関の共同研究

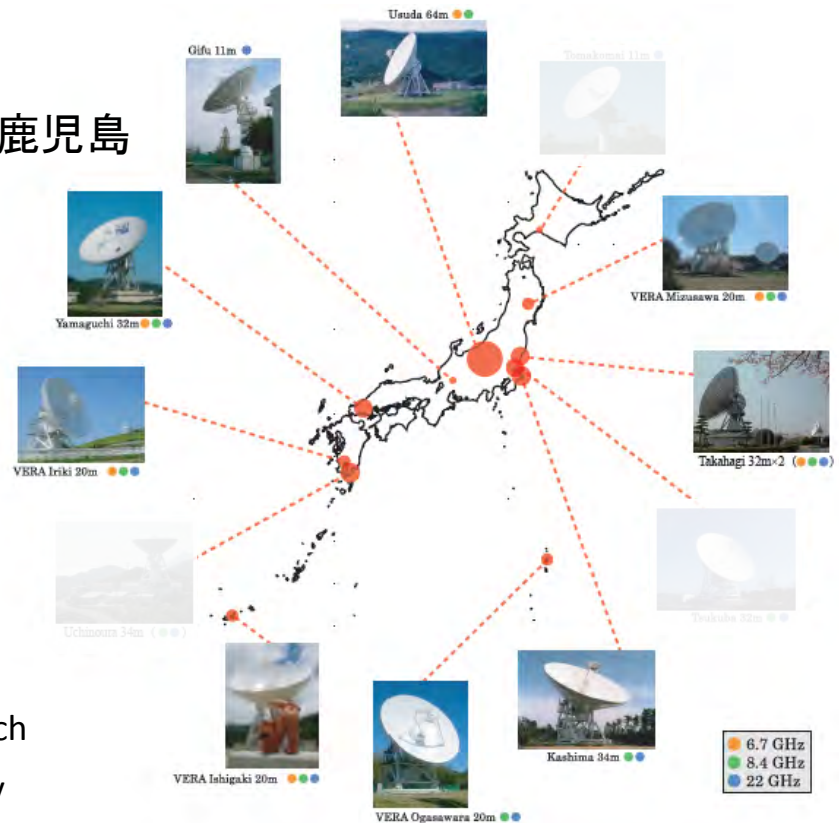
- 国立天文台 (VERA)
- 茨城、筑波、岐阜、大阪府立、山口、鹿児島
- JAXA, NICT

## • 観測網

- 11 望遠鏡 (11m ~ 64m)
  - イメージング観測では6台程度
- Baseline 50 - 2500 km
- Frequency 6.7/8/22 GHz
- 検出感度 (8 GHz, 2 Gbps) 3 mJy

## • 運用、望遠鏡の現状

- 200hr/yr, 30 observations/yr
  - 苫小牧 11m (北大) stopped at 2016 March
  - つくば 32m (GSI) stopped at 2017 January
  - 鹿島 34m (NICT) stopped at 2019 September



Japanese VLBI Network (JVN)

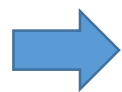
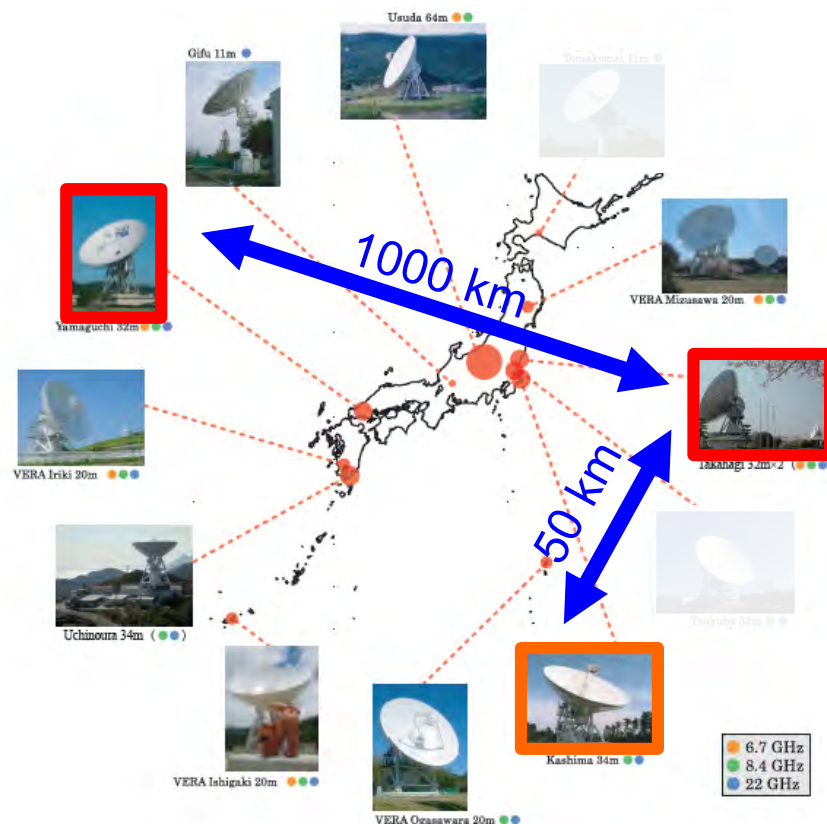
# 2018 – 2019の研究活動のポイント

- EAVNへの参加: 茨城 & 山口
  - 高萩 32m (茨城) 22 GHzでの参加
  - C-band 試験観測を実施、データ解析中
  - 茨城と山口がEAVNのC-band観測に参加予定(2020B~)
- 茨城 – 山口 – 鹿島観測
  - 高感度、特に輝度温度感度、非画像観測
  - 多数の天体のサーベイ

# 茨城 – 山口 – 鹿島観測

## • 検出特化VLBI

- 茨城-山口-鹿島
- 非画像、検出観測
- 32/34mの高感度
  - a few mJy @ 6/8 GHz
  - $T_b \sim 10^4$  K
- 異なる基線長
  - 天体サイズ / 輝度の測定
- 長大な観測時間
  - 200~300 hr/yr (1000 hr 程度を目指す)
  - 相関処理を大学で行う



多様な天体種について圧倒的なVLBI観測データベースの構築

# JVN 観測

2018年 10月 – 2019年 9月

band	# of obs.	Obs. time (hr)
C-band	42	130
X-band	50	268
Sum	92	398

- 画像観測
  - メタノール・メーザの運動観測
  - EAVN試験観測
- 茨城 – 山口 – 鹿島観測
  - High-z AGN (古谷)
  - 極超コンパクトHII領域 (小倉、元木)
  - 銀河面コンパクト天体
  - フレア星

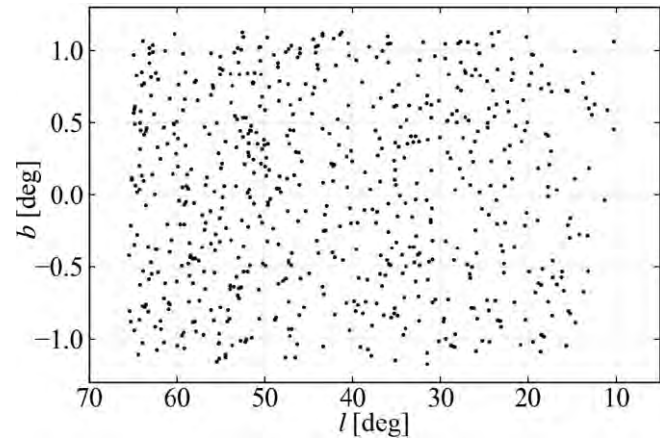
## 茨城-鹿島観測

# 極超コンパクトHII領域の探査(Motogi & Ogura)

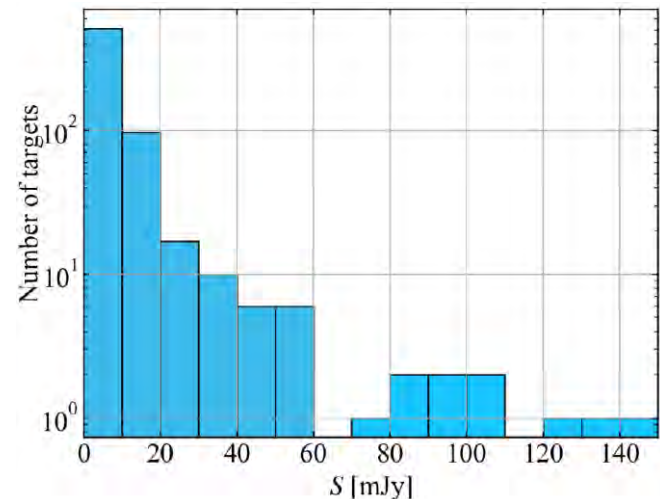
- 形成直後の最も早い段階にあるコンパクトHII領域を検出する
- 熱的放射をする天体 ( $T_b \sim 10^{4-5}$  K) に対するVLBIサーベイ観測
  - 茨城 - 鹿島
  - 662 天体を対象とする (from CORNISH)
  - 390 天体の観測を実施



多数の天体を検出！



Target distribution



Flux density of the targets

# ガンマ線放射AGNの探査 (Niinuma, Fujimoto)

- フェルミガンマ線カタログの未同定天体近傍のAGNサーベイ
  - ガンマ線の放射機構の研究に貢献
- 観測計画
  - > 1000 天体を2年間でサーベイ (2019 – 2020)
  - 茨城 – 山口 X-band

## • 先行研究

- Fujinaga, Niinuma et al. (2016) PASJ, 68, 70
- **845天体**について観測を実施(山口-つくば)
- **28個**の新ガンマ線AGN候補を発見 (→)

Table 2. Detected sources.

2FGL name	Radio name	$F_{1.4}$ [mJy]	$F_{8.4}$ [mJy]	$uv$ [Mλ]	$T_B <$ [ $\times 10^6$ K]	$\alpha_{1.4}^{8.4}$
2FGL J0226.1+0943	NVSS J022613+093726	374.6	64.7	20.5	16.02	0.98
2FGL J0227.7+2249	NVSS J022744+224834	45.6	56.2	18.6	11.46	-0.12
2FGL J0307.4+4915	NVSS J030727+491510	56.0	184.0	22.5	54.68	-0.66
2FGL J0600.9+3839	NVSS J060102+383828	704.0	90.5	22.0	25.83	1.14
2FGL J0723.9+2901	NVSS J072354+285930	36.3	60.5	22.2	17.59	-0.29
2FGL J1016.1+5600	NVSS J101544+555100	132.5	102.6	22.4	30.26	0.14
Fermi J1418+3541*	FIRST J141828.5+354249	49.33	77.3	18.0	14.74	-0.25
2FGL J1502.1+5548	FIRST J150229.0+555204	41.04	42.1	21.5	11.48	-0.01
2FGL J1548.3+1453	FIRST J154824.3+145702	24.21	32.8	21.8	9.17	-0.17
2FGL J1612.0+1403	FIRST J161137.8+141046	163.03	62.9	22.5	18.69	0.53
2FGL J1704.3+1235	NVSS J170409+123421	29.5	41.7	22.5	12.38	-0.19
2FGL J1738.9+8716	NVSS J173722+871744	61.3	27.7	22.2	8.02	0.44
2FGL J1835.4+1349	NVSS J183535+134853	205.5	83.9	21.1	21.99	0.50
2FGL J1844.3+1548	NVSS J184425+154646	83.5	63.1	20.37	15.40	0.16
2FGL J2107.8+3652	NVSS J210805+365526	75.0	60.7	20.8	15.43	0.12

# JVN望遠鏡による 単一鏡／短基線干渉計観測

- 6.7 GHzメタノール・メーザ
  - 世界最大規模・長期間モニター観測
  - 茨城局・茨城大学
- フレア星HR1099 (RS CVn型連星)
  - 日立－高萩2素子干渉計、茨城－山口VLBIによる観測
  - X線／光学観測との同時モニター観測
  - 中央大学との共同研究
- X線連星GRS1915+105
  - 山口干渉計によるモニター観測
  - X線、赤外線との連携観測
  - MAXI/東工大、広島大との共同研究

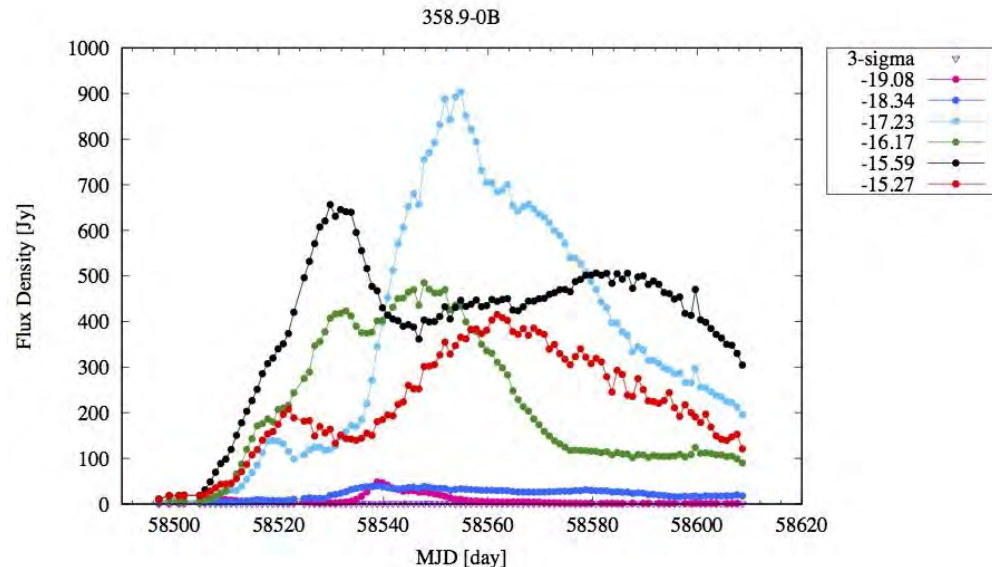
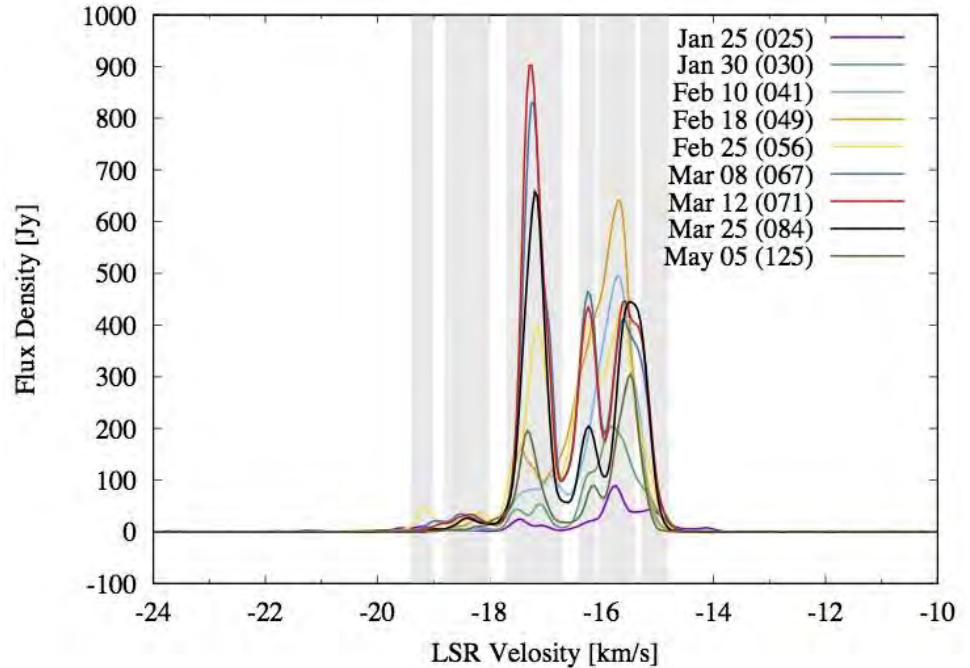


A serendipitous result

# 降着バーストの発見： G358.93-00.03

The Astronomer's Telegram, No. 12446,  
January 2019

- 大質量星形成領域G358.93-00.03の6.7 GHzメタノール・メーザの急激な増光
  - Sugiyama, K., Saito, Y., Yonekura, Y., Momose, M., Atel 12446
  - 世界的フォローアップ観測を誘い起こした
- 大質量星形成時のガス降着機構解明に貢献





# X線連星GRS 1915+105のモニター観測

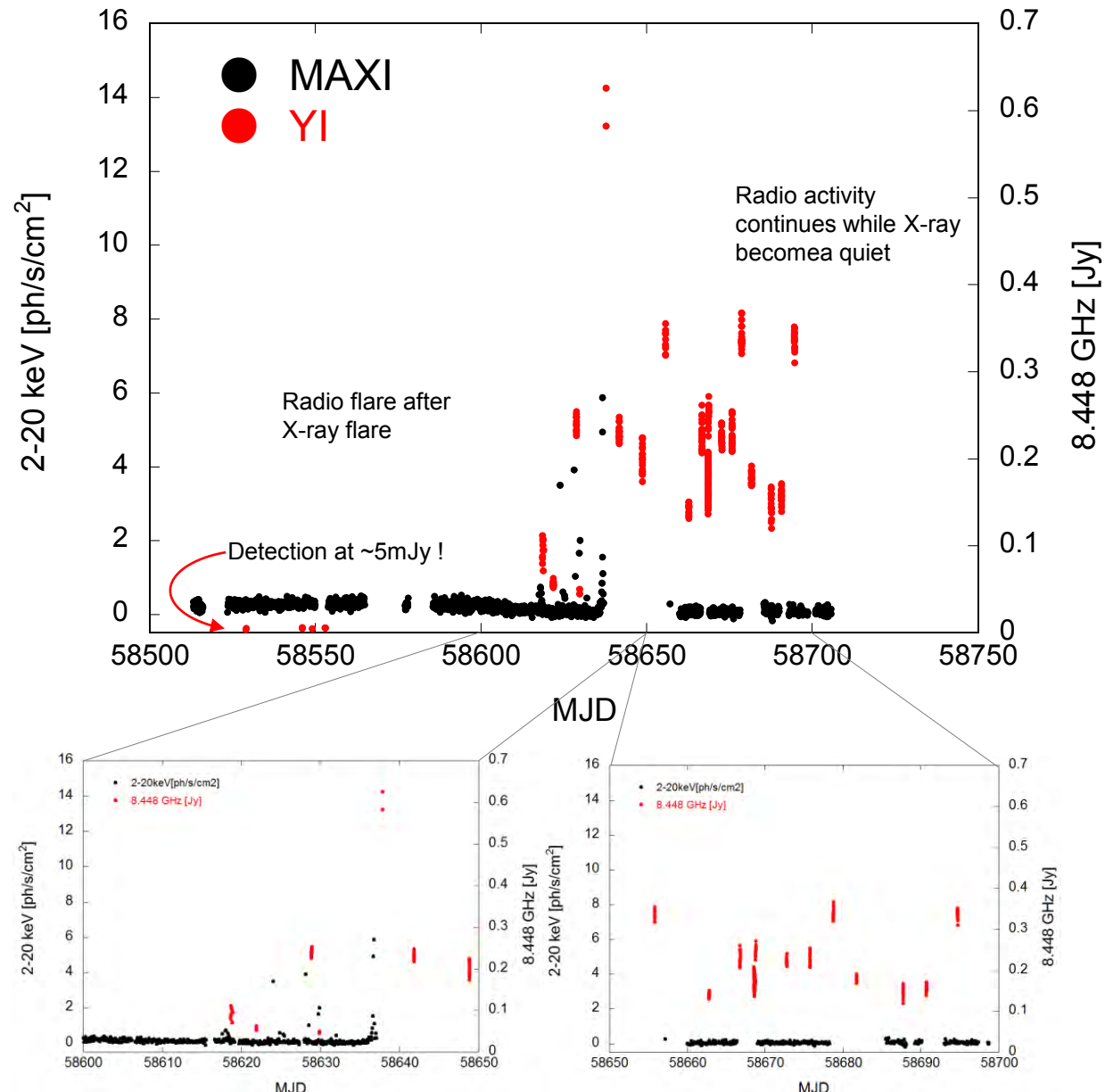
X線 (MAXI)、電波 (山口干渉計): 山口大学

## 観測

- 山口干渉計
- 8 GHz (8192-8704 MHz)
- 感度 $\sim 5$  mJy (5sigma)
- 期間 2019年2月 $\sim$

## 結果

- 静穏期の電波放射を検出、フラックス密度 $\sim 5$  mJy
- X線フレアが発生(5月)、直後にYI観測を実施、電波でも $\sim 100$  mJyのフレアを検出
- 電波の強度変動時間スケール $\sim 30$ 分
- X線が静穏に戻っても、電波活動性が続いている



# 国立天文台Aプロジェクトとして再出発

## 目的

- ・ 大学が主体となり、大質量原始星および高エネルギー天体を対象とした時間領域VLBI天文学を開拓する

## 研究課題

### 1. 大質量原始星の時間領域VLBI天文学を開拓

- ・ 6.7 GHzメタノールメーザーの周期性＋理論モデル
- ・ 核融合開始直後に形成されるHII領域の熱的放射をVLBI観測  
→ 原始星の構造・ガス降着率、核融合開始直後の物理状態を研究

### 2. 高エネルギー天体現象の時間領域VLBI天文学開拓

- ・ Cherenkov Telescope Array (CTA)の観測に対応した高エネルギー天体の研究  
→ 超高エネルギーガンマ線の放射領域の特定、放射機構の解明

## 研究手法 (3か年計画で実施)

- (1) 大学VLBI連携観測網の32mクラスの望遠鏡で構成する少数基線観測
- (2) 東アジアVLBI観測網(JVNもその一部)を用いた画像観測

# 現在の日本のVLBI天文学

- VERA: アstrometri特化、銀河系動力学・星の研究
  - アstrometri・年周視差・銀河系内力学
  - 両偏波・円偏波
- EAVN: 国際連携による汎用VLBI観測網、AGN・星の研究
  - 研究成果はこれから
  - 野辺山45mの参加
- JVN: 大学の連携観測網(汎用)、メタノールメーザ・AGN
  - メタノールメーザの研究、「大学連携」という研究方法
  - Aプロジェクト・時間領域VLBIとして目的を明確化
- EHT: 国際協力によるAGN研究観測網
  - ブラックホール・イメージング
  - 多天体、ジェット形成
- 気球VLBI
  - 基礎研究中
- SKA: 低周波数・高感度・新サイエンス観測網、再電離・パルサー
  - これから建設

国内VLBI→スペースVLBI→VERA→JVN/EAVN/EHT→次の我々の研究計画は？

1990

1997-2004

2000~2020

2005-

2020-

# 大学VLBI連携の将来計画(案)

## 時間領域VLBI天文学

茨城ー山口を核とする研究

VERA望遠鏡・EAVNとの連携イメージング

6/8/22 GHz

## VERA/KaVA/EAVN

野辺山45m – 22/43/86GHz(230GHz)

メーザ・AGN

- 我々が開拓すべきサイエンスは何か
  - 研究領域の未開拓さ・豊かさ
  - 研究体制・これまでの研究資産
  - 研究を推進する人の興味と能力
  - 技術的制約・予算的制約
  - 国際協力と独自性

案:

トランジェント望遠鏡

スペースVERA

既存望遠鏡を活用した研究・  
望遠鏡の性能に適合した研究  
(~10年後)

新しい天文学を開拓するための新望遠鏡  
(3年後~)



# トランジェント望遠鏡

FRBを1日に100発検出し、位置を10 masで決定する

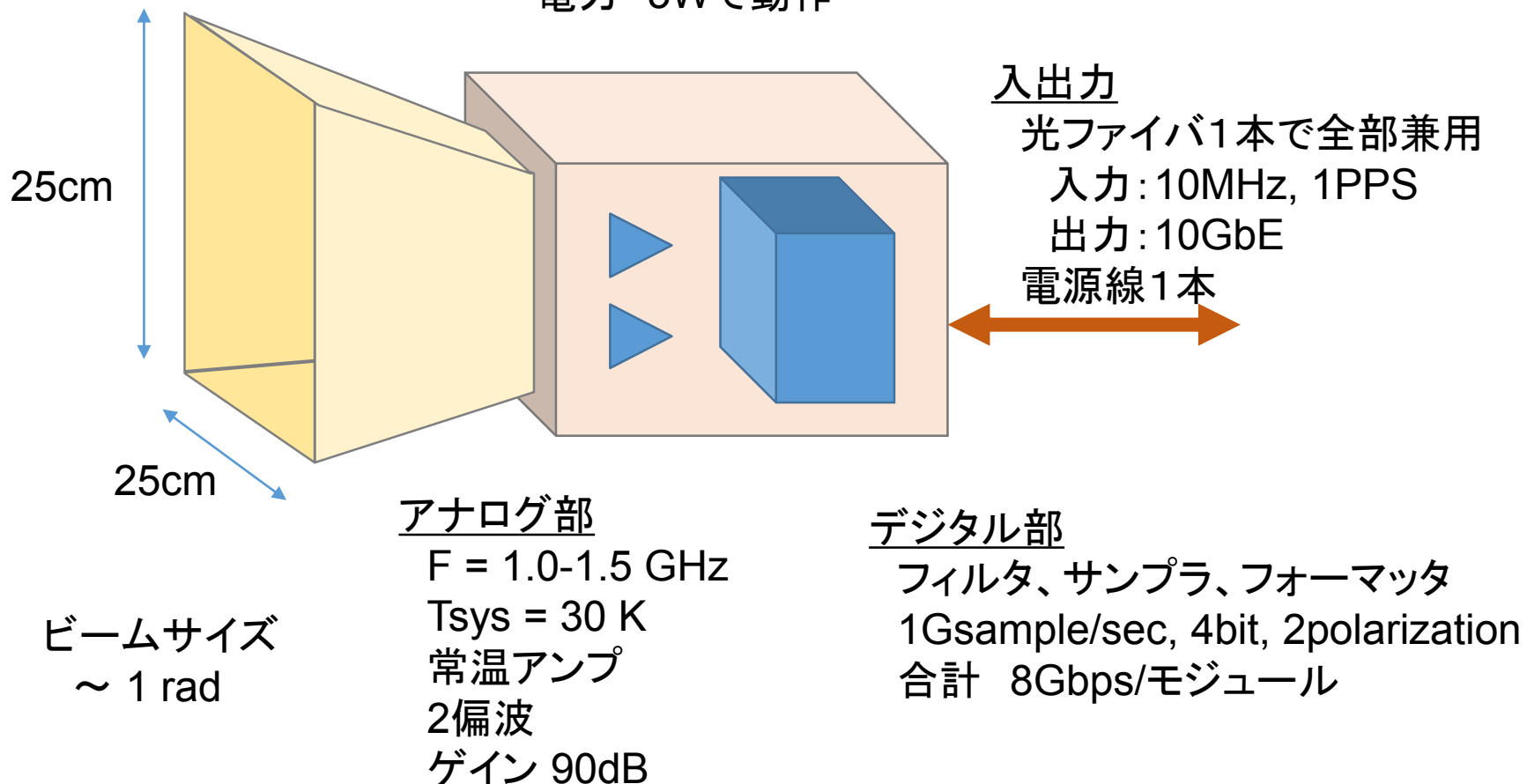
項目	値	特記事項
視野	1 sr	全天の1/10
分解能(位置決定精度)	10 mas	距離1 Gpcで50 pcに相当
時間分解能	1 nsec	ナノショットをとらえる
感度	Parkes 64m と同等	FRBを高感度で観測

広視野高時空間分解能

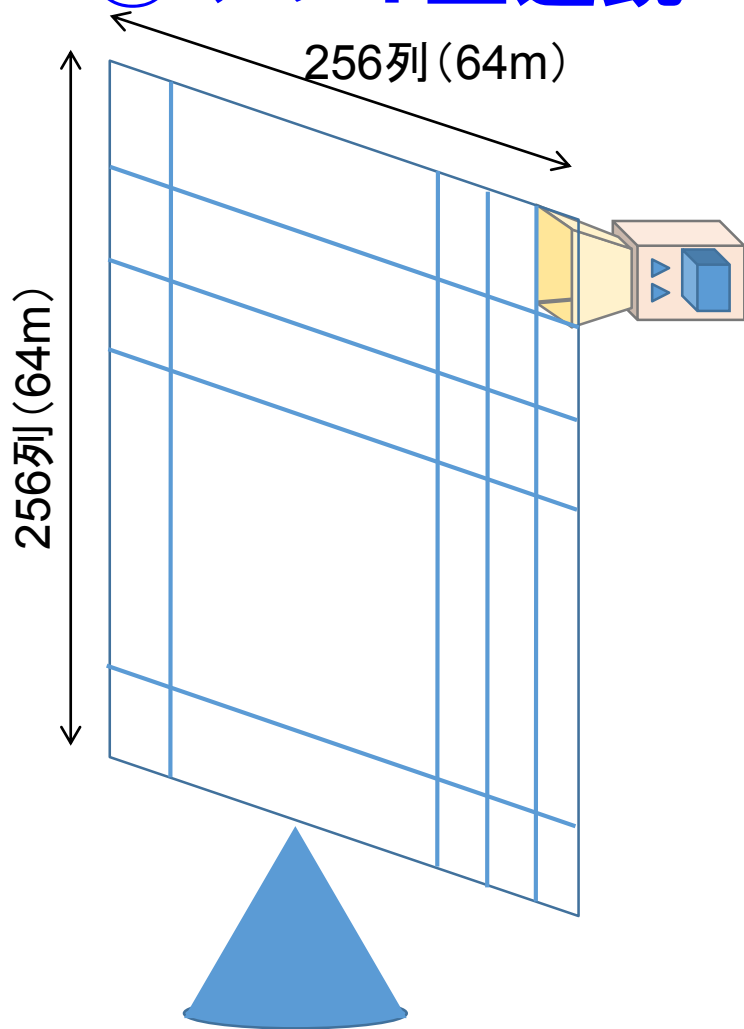
①受信モジュール、②アレイ・多ビーム化、③VLBI化、という3ステップで構築

# ① 受信モジュール

価格 4万円  
電力 5Wで動作



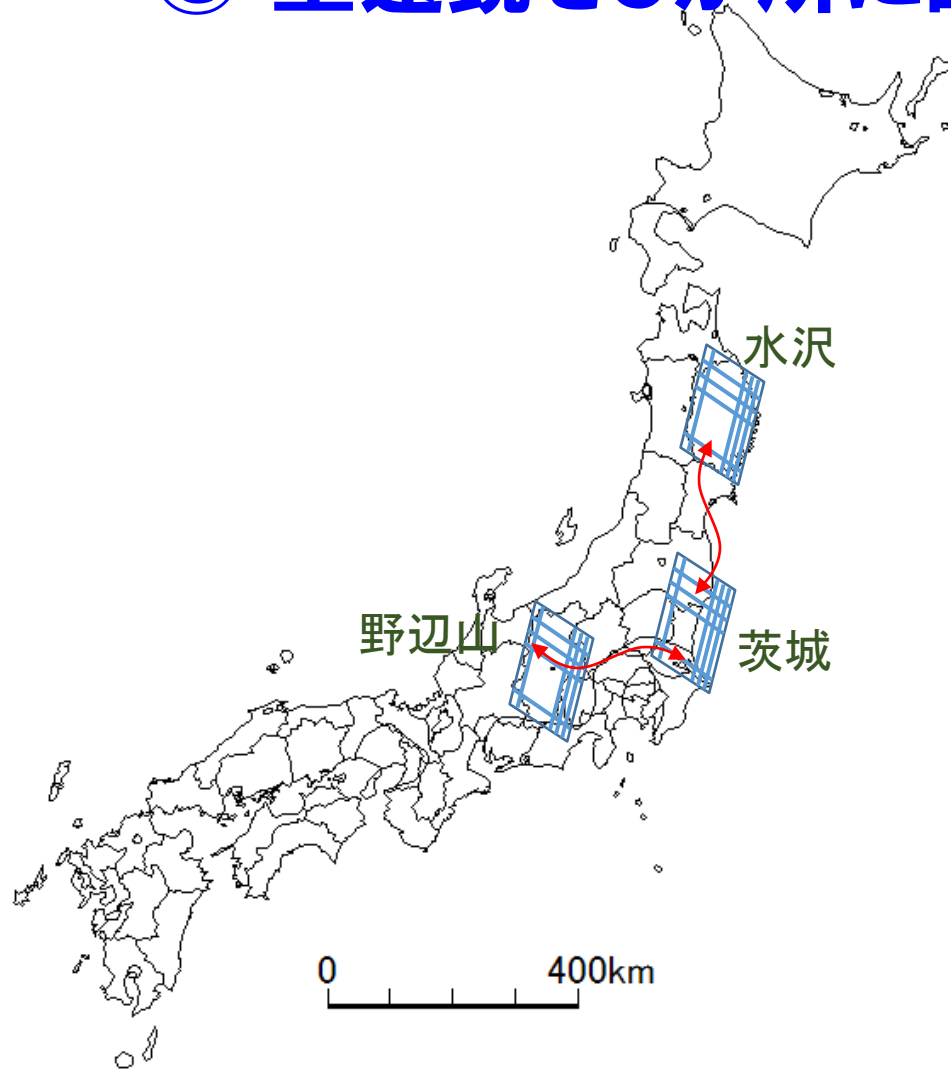
## ② アレイ望遠鏡



### • アレイ望遠鏡構築

- $256 \times 256 = 65536$ 個のモジュールを並べる
- $64\text{m} \times 64\text{m}$ でParkesよりやや大きい
- 消費電力 330kW

### ③ 望遠鏡を3か所に配置



#### • VLBI観測網化

- 数百km以上離れた適当な3か所
- たとえば水沢、茨城、野辺山
- 基線長200-400km
- ネットワークで結合



# VLBIの将来計画(案)

## 時間領域VLBI天文学

茨城ー山口を核とする研究

VERA望遠鏡・EAVNとの連携イメージング

6/8/22 GHz

## VERA/KaVA/EAVN

野辺山45m – 22/43/86GHz(230GHz)

メーザ・AGN

## EHT/EAVN

国際連携

- 我々が開拓すべきサイエンスは何か
  - 研究領域の未開拓さ・豊かさ
  - 研究体制・これまでの研究資産
  - 研究を推進する人の興味と能力
  - 技術的制約・予算的制約
  - 国際協力と独自性

次期計画？

既存望遠鏡を活用した研究・  
望遠鏡の性能に適合した研究  
(～10年後)

新しい天文学を開拓するための新望遠鏡  
(3年後～)

