

大学VLBI連携の現状と将来計画

藤沢健太(山口大学)

研究体制

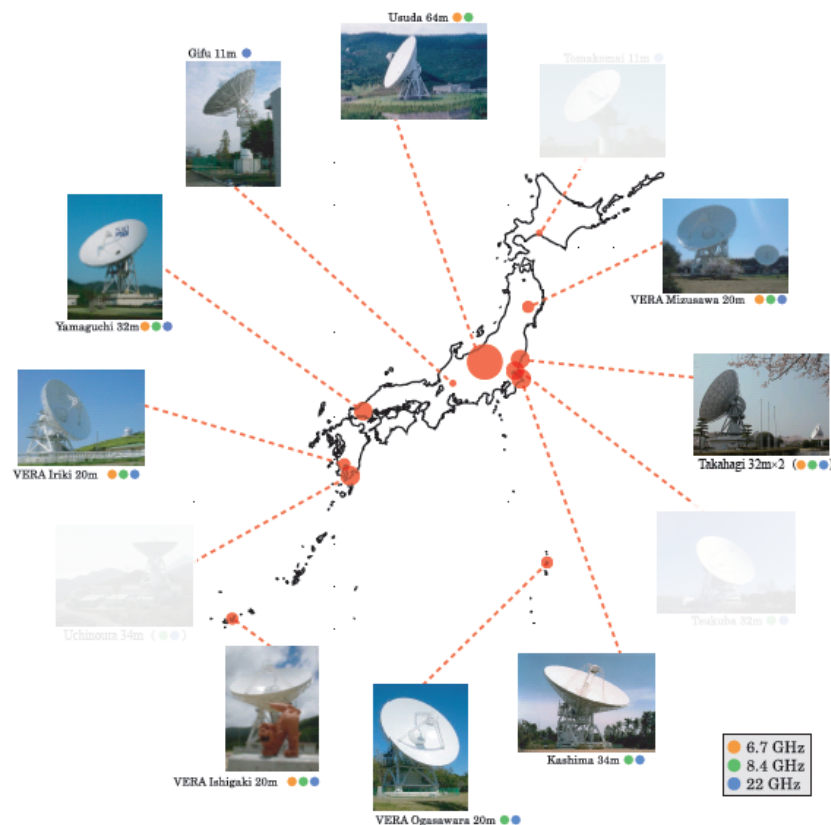
- 国立天文台 (VERA)
- 茨城大、筑波大、岐阜大、大阪府大、山口大、鹿児島大
- JAXA, NICT

観測網性能

- 11望遠鏡 (11m ~ 64m)
- 基線長 50 - 2500 km
- 周波数 6.7/8/22 GHz
- 感度 (8 GHz) ~3 mJy

運用

- 大学間の連携に基づいて運用
- 苫小牧11m:2016年3月停止
- つくば32m:2017年1月停止
- 内之浦34mは実質的に使用歴なし



茨城大学・筑波大学・岐阜大学・大阪府立大学・山口大学・鹿児島大学の連携観測網JVN

2017—2018年度のJVNの状況

- 山口局のトラブルとメンテナンス
 - デハイド故障による着水、システム雑音温度悪化
 - デハイド用電源工事
 - 受信機・冷凍機・コンプレッサのメンテナンス
 - 7観測を実施
- 茨城—山口観測を本格的に開始
 - フリンジ検出(非画像)・サーベイモードの観測
- EAVNへの参加: 茨城局
 - 22 GHz, 6 観測に参加
 - 試験観測・AGNジェットの研究

JVN観測のまとめ (2017/10-2018/9)

• JVN (X-band)

- 12/ 5 16:45 - 3:15 H, Y, K
- 12/ 6 12:00 - 20:00 H, Y
- 6/28 3:15 - 13:15 H, Y
- 6/29 11:30 - 18:00 H, Y
- 7/ 9 10:50 - 17:15 H, Y
- 11/22 01:15 - 11:15 VERA, H, Y
- 11/23 03:15 - 08:15 VERA, H, Y

• 7 sessions

• 58 hours

• Targets

- Methanol maser, Performance Evaluation, Galactic Compact Objects, High-z AGN, gamma-ray AGN

• EAVN (K-band)

- 4/10 10:45 - 22:45 KaVA, Urumqi, Takahagi, Nobeyama
- 4/20 10:35 - 22:35 KaVA, Tianma 65, U, T, H, N, Medicina
- 4/28 10:00 - 22:00 KaVA, T65, U, T, H, M
- 5/ 8 09:25 - 21:25 KaVA, T65, T, H, M
- 5/21 07:40 - 14:40 KaVA, T, H
- 5/23 02:00 - 22:05 KaVA, T, H, M

• 6 sessions

- Hitachi 5 sessions
- Takahagi 6 sessions

• 75 hours

• Targets

- M87, SgrA, 3C84, TXS0506, MRK501, 1633+382

茨城ー山口観測

• 検出に特化したVLBI観測

- 観測局: 茨城ー山口ー鹿島

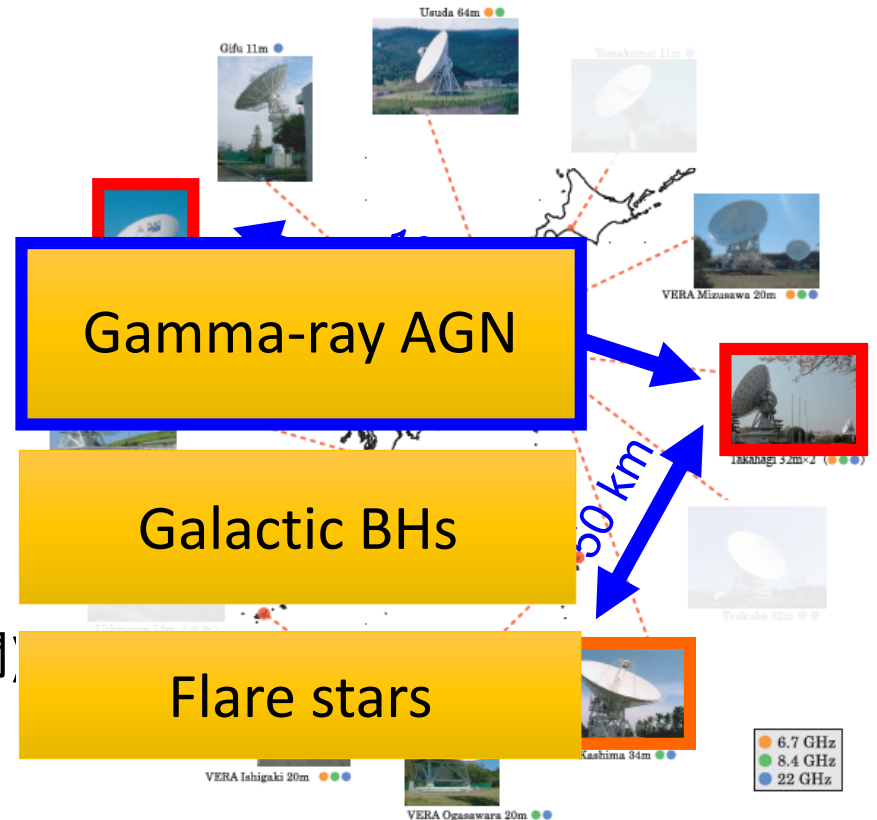
- フリンジ検出・北面係観測

- 32/34m
• YSOs
• Thermal emission?
• 2-3 m

- 鹿島が参
• High-z AGN
• 天体サイズ・距離の推定

- 長時間利
• SN, transients
• 200~300時間/年(目標1000時間)

- 相関知
• SMBH co-evolution



これまで注目を集めていない天体種について
大規模なカタログを作り、世界の研究に貢献

茨城ー山口観測の例 未同定ガンマ線放射天体の大規模サーベイ

- フェルミ・ガンマ線天文台が発見した未同定ガンマ線天体の近傍にある電波天体をVLBIでサーベイ

- 茨城ー山口観測の最初の成果

- Fujinaga, Niinuma et al. (2016) PASJ, 68, 70

- 未同定ガンマ線天体近傍の電波源**845天体**を観測
- 新たなガンマ線AGNを**28天体** 検出→

Table 2. Detected sources.

2FGL name	Radio name	$F_{1.4}$ [mJy]	$F_{8.4}$ [mJy]	uv [M λ]	$T_B <$ [$\times 10^6$ 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

*This source is not listed in 2FGL catalog but newly detected by Bernieri et al. (2013). This source is also detected by the European VLBI Network (EVN) observation at 5 GHz (Frey et al. 2013).

Table 3. Marginally detected sources.

2FGL name	Radio name	$F_{1.4}$ [mJy]	$F_{8.4}$ [mJy]	uv [M λ]	$T_B <$ [$\times 10^6$ K]	$\alpha_{1.4}^{8.4}$
2FGL J0102.2+0943	FIRST J010217.1+094409	8.32	12.4	22.5	3.69	-0.22
2FGL J0158.4+0107	NVSS J015852+010133	81.5	20.7	22.4	6.10	0.77
2FGL J0158.6+8558	NVSS J015202+860240	27.8	23.5	21.8	6.55	0.09
2FGL J0332.1+6309	NVSS J033153+630814	42.2	19.7	22.5	5.87	0.43
2FGL J0440.5+2554c	NVSS J044023+260458	4.2	9.3	20.5	2.29	-0.44
2FGL J0923.5+1508	NVSS J092357+150518	70.5	14.9	22.3	4.37	0.87
2FGL J1208.6-2257	NVSS J120803-224845	3.5	23.4	19.2	5.08	-1.06
2FGL J1208.6-2257	NVSS J120934-225454	3.0	20.7	20.9	5.31	-1.08
2FGL J1254.2-2203	NVSS J125444-220805	3.4	61.5	20.6	15.33	-1.62
2FGL J1614.8+4703	NVSS J161505+470359	12.5	16.3	22.5	4.85	-0.15
2FGL J1730.8+5427	FIRST J173135.0+542807	1.76	6.6	21.0	1.70	-0.74
2FGL J1950.3+1223	NVSS J194948+122503	4.4	14.6	14.6	1.83	-0.67
2FGL J2133.9+6645	NVSS J213349+664706	34.6	22.1	20.9	5.65	0.25
2FGL J2227.8+0051	NVSS J222752+004446	7.3	16.3	22.2	4.73	-0.45

JVNの論文出版実績

(VLBI観測論文だけのリスト)

- Doi, A. et al., ApJ, 765, 69
- Niinuma, K. et al., ApJ, 759, 84
- Kadota, A. et al., 2012, PASJ, 64, 109
- Fujisawa, K. et al. 2012, PASJ, 64, 17
- Matsumoto, N. et al., 2011, PASJ, 63, 1345
- Sugiyama, K. et al., 2011, PASJ, 63, 53
- Nagai, H. et al., 2010, PASJ, 62, L11
- Doi, A. et al., 2009, PASJ, 61, 1389
- Nagayama, T. et al., 2008, PASJ, 60, 1069
- Sugiyama, K. et al., 2008, PASJ, 60, 1001
- Motogi, K. et al., 2008, MNRAS, 390, 523
- Tsuboi, M. et al., 2008, PASJ, 60, 465
- Sugiyama, K. et al., 2008, PASJ, 60, 23
- Doi, A. et al., 2007, PASJ, 59, 703
- Doi, A. et al., 2006, PASJ, 58, 777
- Sugiyama et al. 2016 PASJ, 68, 72
- Krishnan et al. 2015 ApJ, 805, 129
- Fujinaga et al. 2016 PASJ, 68, 70
- Motogi et al. 2016 PASJ, 68, 69
- Wajima et al. 2014, ApJ, 781, 75
- Tsuboi et al. 2014, ApJ 798, 6
- Sugiyama et al. 2014, A&A, 562, 82
- Fujisawa et al. 2014, PASJ, 66,31
- Sawada-Satoh, S. et al., 2013, PASJ, 65, 79

VLBIのみで~2 papers / 年

単一鏡の研究、関連研究はこの2倍以上ある

2017/10－2018/09の論文

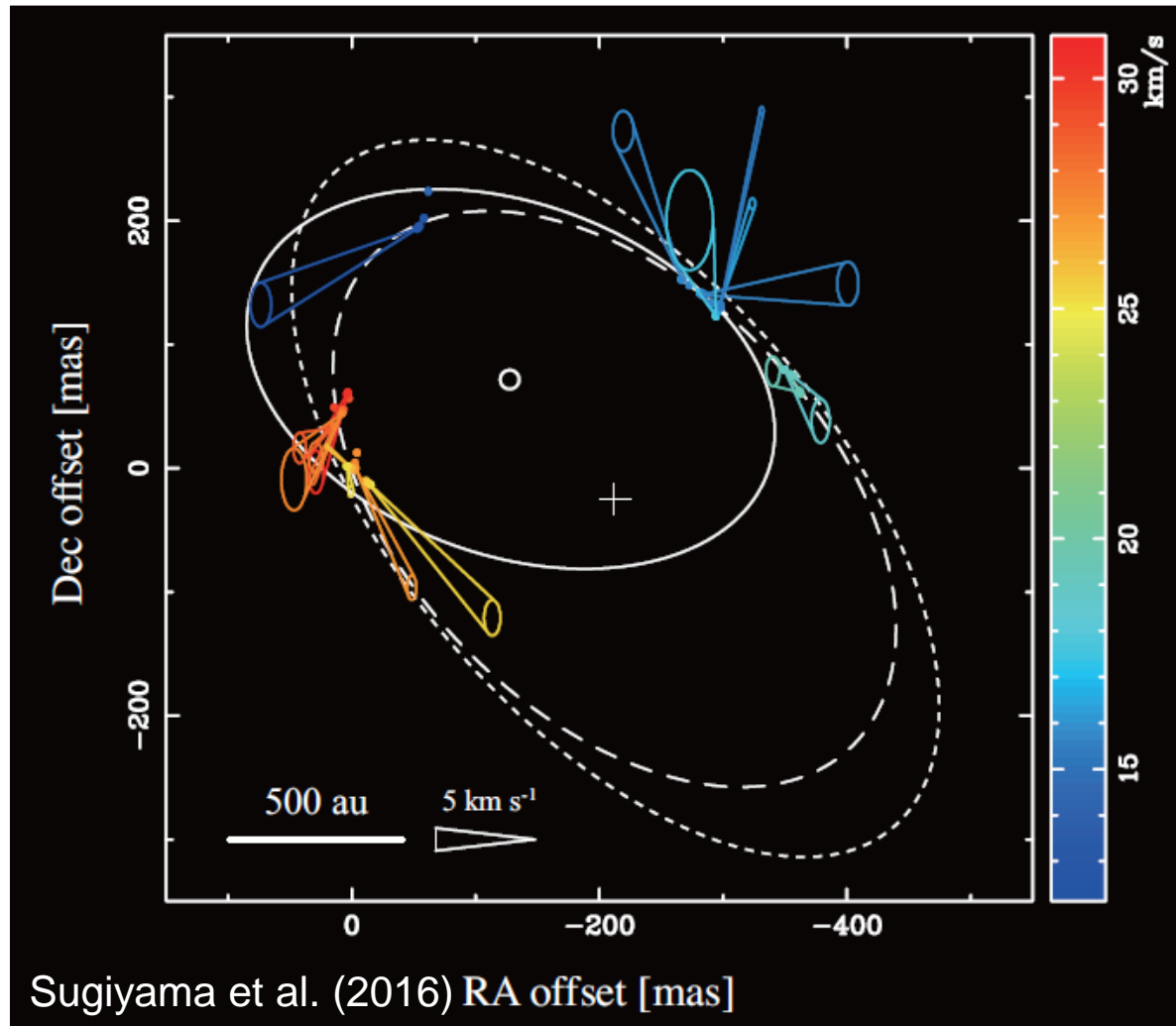
- Subaru Hyper Suprime-Cam Survey for an optical counterpart of GW170817
 - Tominaga et al. PASJ, 70, 28 (2018)・・・collaboration with opt/IR group
- Development of the Phase-up Technology of the Radio Telescopes: 6.7 GHz Methanol Maser Observations with Phased Hitachi 32 m and Takahagi 32 m Radio Telescopes
 - Takefuji et al. PASP, 129, 114504 (2017)・・・phase-up technology
- OISTER optical and near-infrared monitoring observations of peculiar radio-loud active galactic nucleus SDSS J110006.07+442144.3
 - Morokuma et al. PASJ, 69, 82 (2017)・・・collaboration with opt/IR group
- A comparative study of amplitude calibrations for East-Asia VLBI Network: a-priori and template spectrum methods
 - Cho et al. PASJ, 69, 87 (2017)・・・Engineering study of EAVN
- 4 papers (non-refereed)
 - IAU Symposium 336 “Astrophysical Masers: Unlocking the Mysteries of the Universe”でJVN関連の集録論文4編

EAVNの先駆け

- PASJの特集号
 - Vol 68 (Oct 2016)
 - “Special Feature: University Collaboration in Optical/Infrared and VLBI Observations”
 - VLBI 8 papers

Sugiyama et al. (2016) →
“Observations of 6.7 GHz
methanol masers with *East-Asian VLBI Network. II.*
Internal proper motion measurement in G006.79-00.25”.

EAVNの先駆けとしてJVNが
成した成果



JVNに関連する進行中の科学研究活動

- 茨城局の6.7GHzメタノール・メーザの大規模モニター観測
 - 茨城から観測可能な400天体のモニター。同様の研究において、世界最大・高頻度・長期観測。
- 茨城2素子干渉計によるHR1099 (RS CVn type binary) のモニター観測
 - 連続波天体に対する高い感度を用いた研究。可視光、X線との連携を重視（中央大学、坪井陽子教授）
- 山口干渉計によるGRS1915+105のモニター観測
 - X線連星の電波モニター、MAXIと連携



開発・システム関連の研究

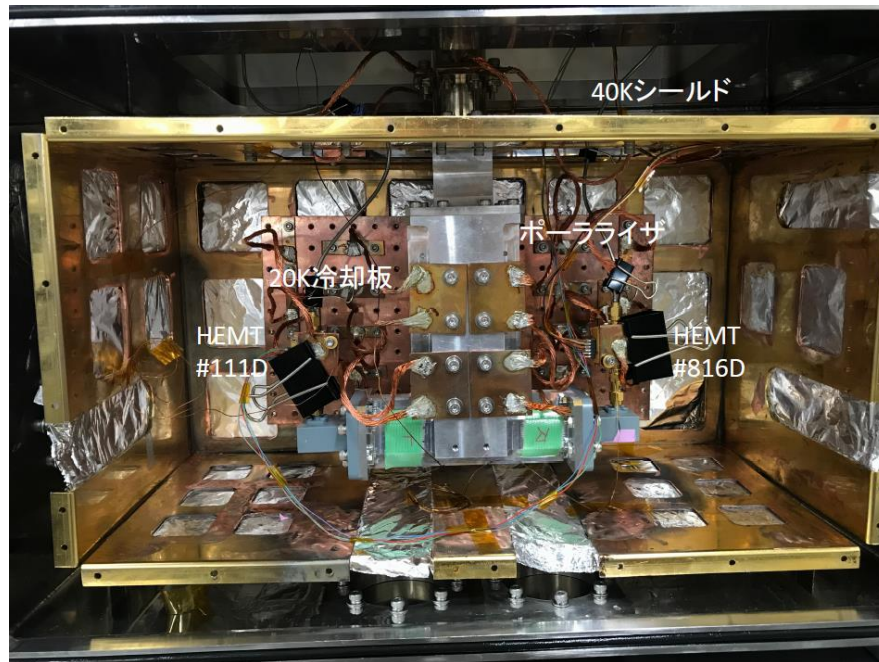
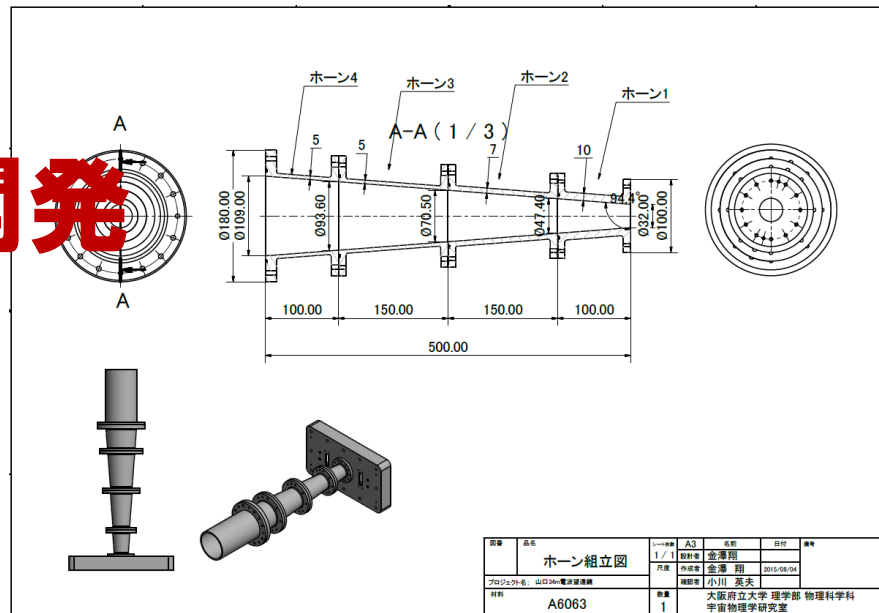
- 大阪府大3.8m電波望遠鏡のVLBI化
 - 国土地理院から移設したアンテナを整備し、原子時計等の準備を進めて、初フレージの検出に成功した。
- 広帯域フィードの検討
 - VGOSやSKAで注目されている広帯域フィードの開発。
- 山口第二アンテナ(34m)搭載CXバンド受信機の開発
 - 冷却低雑音・両偏波CX受信機・IF系が完成し、搭載した。
- JVN各局の観測システム整備
 - 鹿島局、茨城局の周波数変換器、イコライザなどの開発。大阪府立大学、山口大学、茨城大学の共同研究
- 気球VLBI計画への参加
 - 放球に向けた実験参加
- 230GHz帯VLBI観測計画
 - SPARTを用いて、東アジアの230 GHz観測網を構築・科学研究を実施

山口第2電波望遠鏡 冷却低雑音受信機開発

- 大阪府立大学、小川教授他の強力な支援
- 指導を受けつつ、山口大学の大学院生が受信機を開発
- 世界トップクラスの性能を実現できる
- 2017年夏に完成・搭載

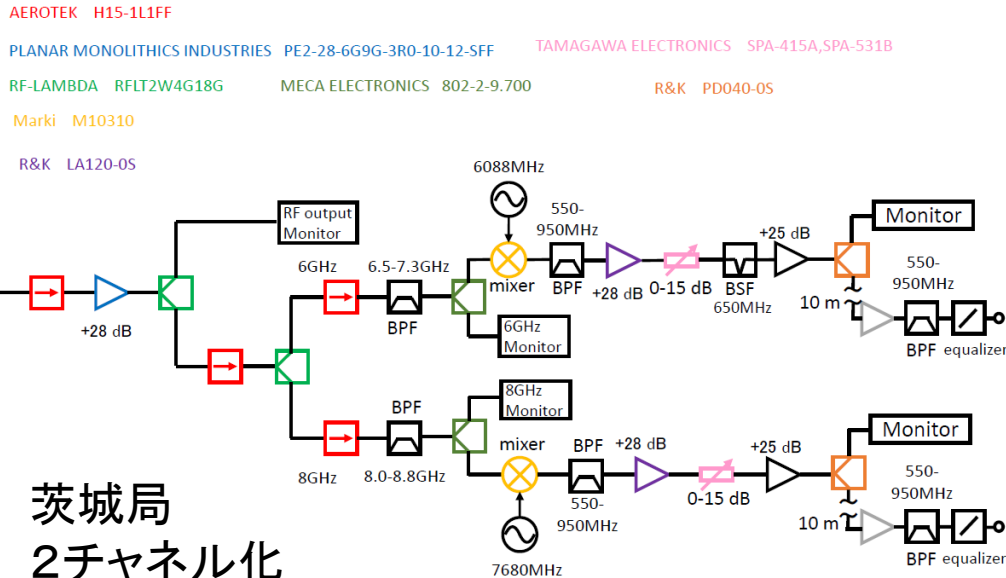


- 常温で試験観測中、来週に冷却する

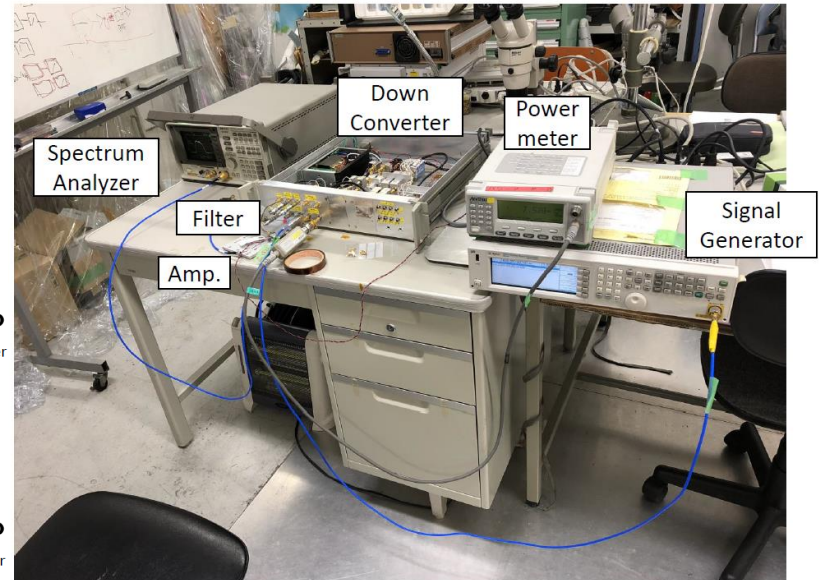


JVN各局の観測システムアップグレード

変更後のブロック図

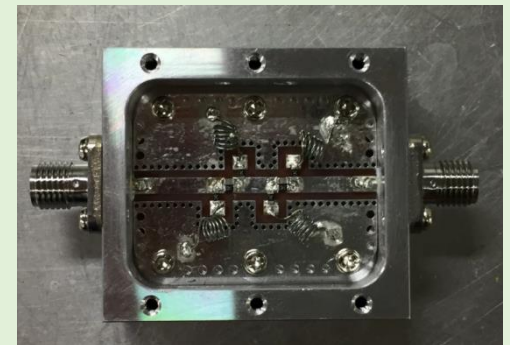
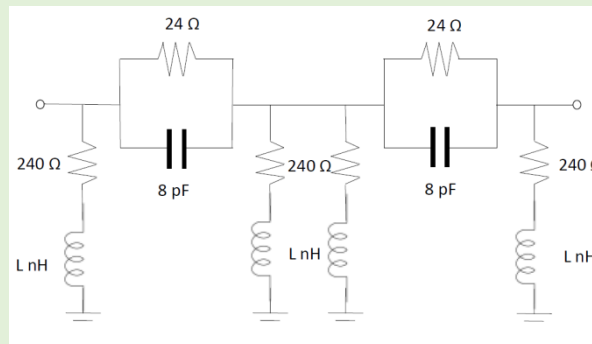


周波数特性の測定時の風景



イコライザ開発

大阪府立大学小川教授の指導をいただき、山口大学の大学院生・学生が開発



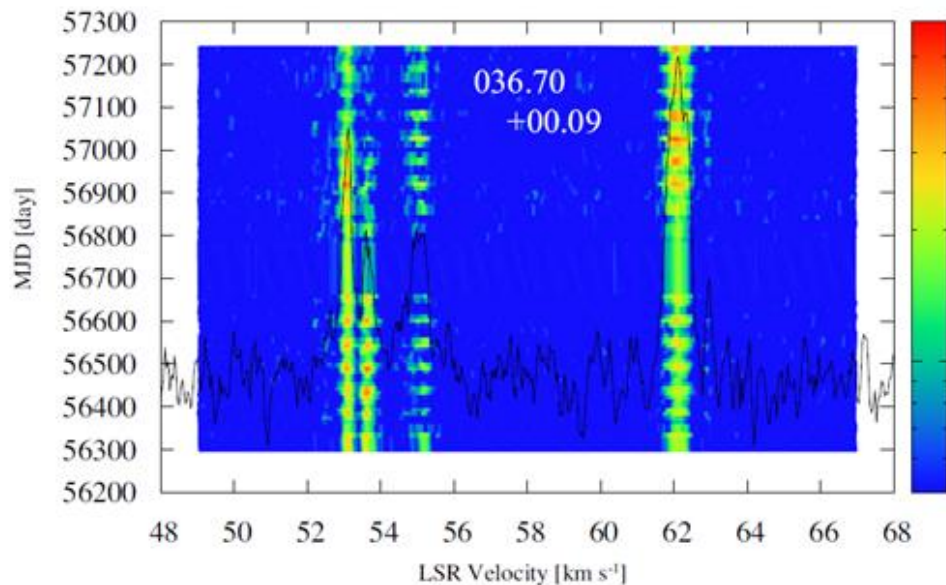
(茨城大学)メタノール・メーザの強度・空間分布変動観測による大質量星形成の研究

• 目標

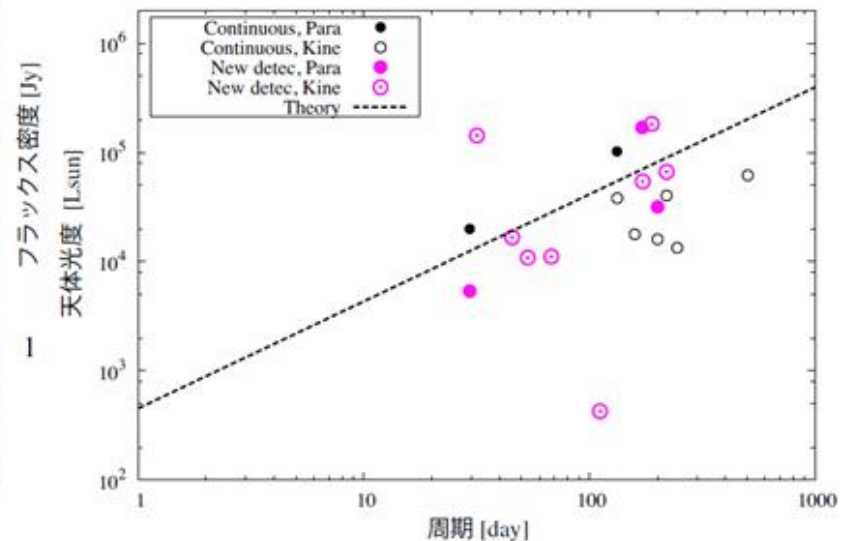
- 形成期の大質量星表面への質量降着過程を観測的に解明
- 1000au~10auスケールを対象とする

• 手法

- 6.7GHzメタノール・メーザの単一鏡・VLBIモニタ観測、およびALMA等の観測
- 形成中の大質量星の「周期-光度関係」(理論的背景)



茨城局で発見したメタノールメーザの周期的変動



メタノールメーザの周期-光度関係

(茨城大学)メタノール・メーザの強度・空間分布変動観測による大質量星形成の研究

<研究手法>

- 単一鏡: 周期10日～1000日の20天体以上をカタログ化
 - 3000日の観測が必要⇒長期的に観測を継続
 - これまでの研究に対して圧倒的な量と質のカタログができる
- VLBI: 固有運動・年周視差の観測
 - 年周視差測定、VERAの実績を活かす
 - 20天体を各5回観測(計500時間)
 - 100時間／年⇒2021年の研究計画

<必要経費>

- 観測システムを長期的に維持する望遠鏡経費
- 研究を中心になって推進する研究員
- 大規模な単一鏡・VLBIモニタ実施の運用担当者

国立天文台のAプロジェクトに

- Aプロジェクト
 - 萌芽的なプロジェクト、Cプロジェクト傘下の小プロジェクト
 - 基本的にこれまでの大学VLBI連携と同じ構造で、国立天文台Aプロジェクト化するよう申請した
- 天文台新執行部の組織改革の一環
 - Cプロジェクト傘下の小型のプロジェクトを対象
 - 組織、研究状況を明確にするためにAプロ化を要請
- 現状
 - 10月31日に申請、ヒアリング実施、質問提示、12月7日に再度ヒアリング
- 今後の予定
 - これを機に、大学VLBI連携を自ら改良する
 - 現状の組織と目的の整合性を高める
 - 新たな研究者の参加を促す