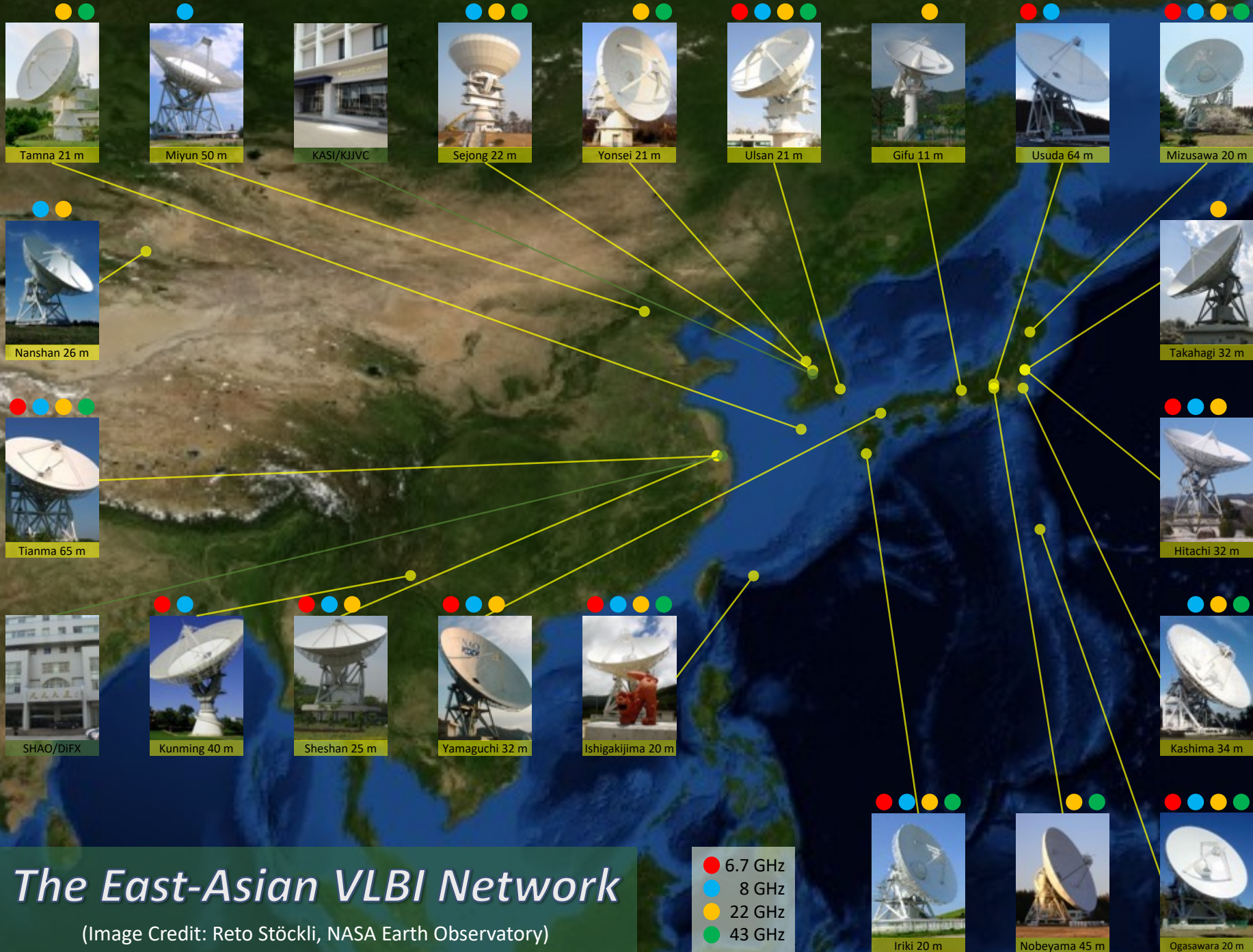


East Asian VLBI Network (東アジアVLBIネットワーク) ステータス

秦 和弘 (NAOJ/Mizusawa)

EAVN Tiger Team

EAVN AGN Science Working Group



The East-Asian VLBI Network

(Image Credit: Reto Stöckli, NASA Earth Observatory)

- 6.7 GHz
- 8 GHz
- 22 GHz
- 43 GHz

EAVNコミッショニングのタイムライン

• 2013

- 日韓中によるEAVNタスクフォースの結成 (“EAVN Tiger Team”)

• 2014-2015

- 少数局でEAVNフリンジ試験開始

• 2016

- 試験観測の加速 (より多くの局、複数周波数C/X/K/Q、イメージング)
- 日韓中による合同サイエンスWGの設立

• 2017

- 定常運用・共同利用を見据えた大型試験観測 (“EAVNキャンペーン”)
- EAVN(特にKaVA+Tianma)によるモニター観測
- サイエンスデモ (EHTとの合同観測)

• 2018

- (部分的に)共同利用スタート (2018B想定)

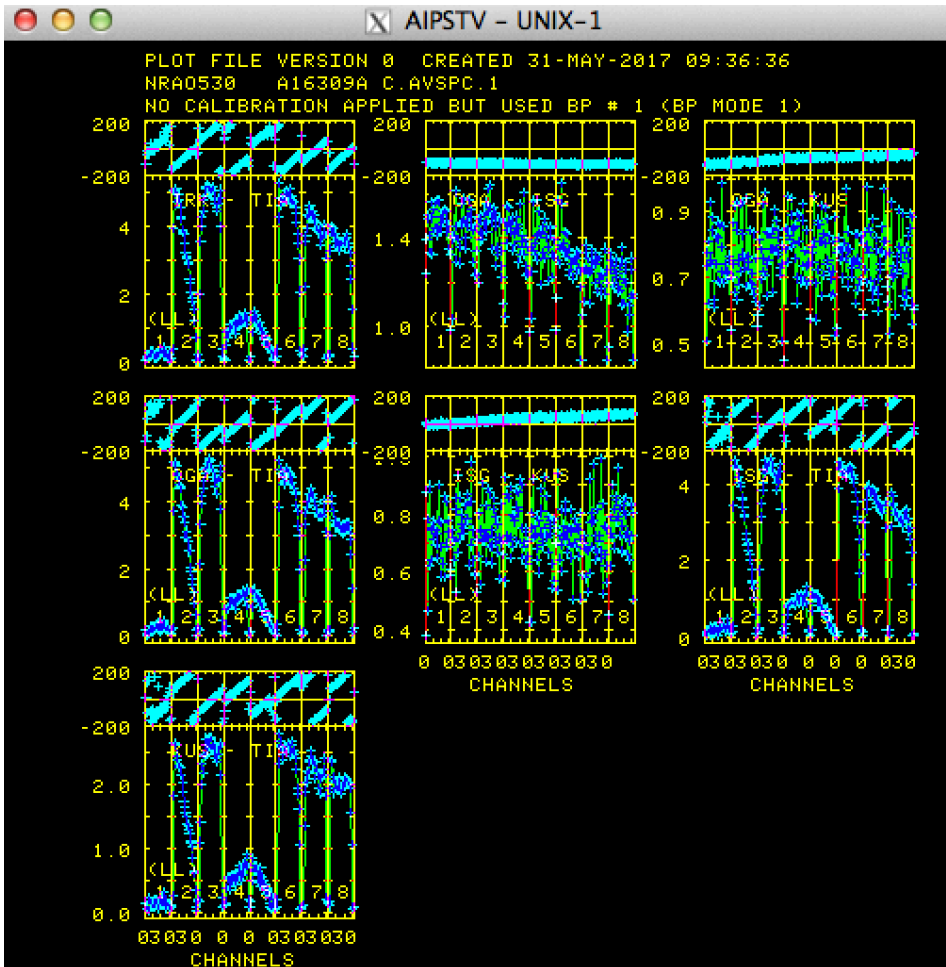
2016年までの主な撮像試験観測

#	Date	Band	KVN			VERA				JVN				CVN			Target
			YS	UL	TN	MZ	IR	OG	IS	YM	TH	HI	TK	TM	KM	UR	
1	2015 Dec 13	8GHz		●		●		●	●	●		●	●	●	●		4C39.25
2	2016 Mar 20	43GHz	●	●	●	●	●	●	●					●			M87
3	2016 Mar 21	22GHz	●	●	●	●	●	●	●		●						M87
4	2016 Sep 13	43GHz	●	●	●									●			1633+382
5	2016 Sep 26	22GHz	●	●	●	●	●	●	●		●					●	3C273, M87, M84, RT-Vir
6	2016 Sep 26	43GHz	●	●	●	●	●	●	●					●			BL Lac, CTA102, 3C454.3, R-Cas
7	2016 Nov 4	6.7GHz		●		●	●	●	●	●		●		●			G012.88+00.04, NRAO530 etc

- 総観測時間：44時間
- 周波数：6.7GHz(1), 8GHz(1), 22GHz(2), 43GHz(3)
- 総参加局数：14 (韓国 3, 中国 3, 日本 8)
- 1観測での最大参加局数：9
- 2016/Mar/20データ：KaVA+TMギリギリ初イメージ

6.7GHz test (2016/Nov)

杉山さんによる解析サポート

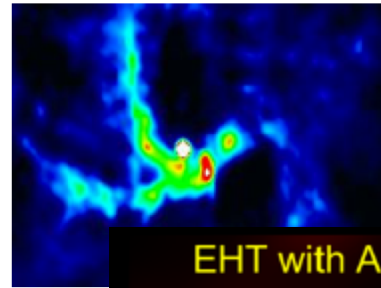


- VERA+Ulsan+Tianma
 - 連続波&メタノール
 - フリンジ全基線で検出
- T_{sys}
 - VERA: 110-160K
 - Ulsan: 350-380K
 - Tianma: 20-40K
- SEFD (template法)
 - VERA: 2000-2500Jy
 - Ulsan: 5000-10000Jy
 - Tianma: ~300Jy
- A_{eff}
 - VERA: ~50%
 - Ulsan: 30-60%
 - Tianma: 5-10%??

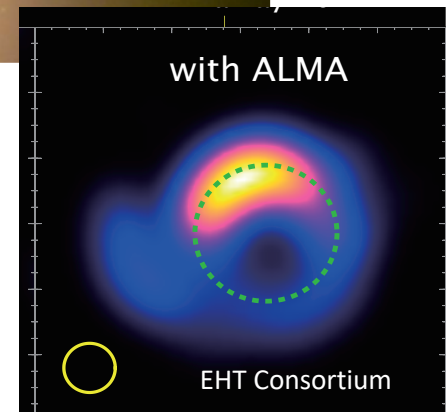
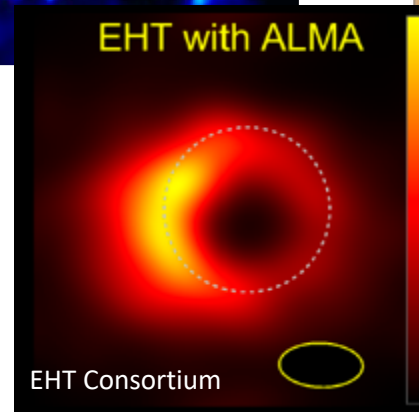
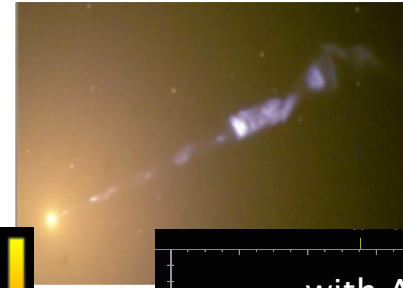
2017 : EAVN-EHT キャンペーン観測



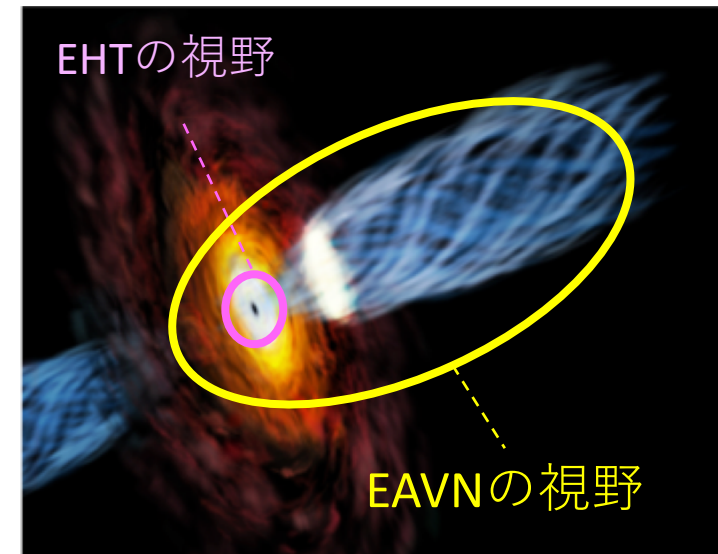
SgrA*



M87



- 定常運用を見据えた評価試験・リハーサル
 - 中国局(Tianma, Urumqi)のバグ出し
 - モニター観測、オペレーション、データ転送、相関処理
- サイエンスデモ
 - EHTとEAVNはBH観測において相補的
 - EAVNをアピールする絶好の機会



参加局



- 韓国 4局, 中国 2局, 日本 7局, (イタリア 2局)
- 1Gbps記録, 22GHz, 43GHz, KJCC相関
- JVN, 野辺山, 世宗 : 2Gbps記録 => 水沢DFU 1Gbpsフィルタリング

	Date	UT time	Target	Freq.	Stations
1	3/12	18:55 – 00:55 (6hr)	SgrA	43GHz	KaVA, 天馬
2	3/18	12:45 – 19:45 (7hr)	M87	22GHz	KaVA, 天馬, ウルムチ, 日立, 鹿島
3	3/19	11:40 – 18:40 (7hr)	M87	43GHz	KaVA, 天馬
4	3/27	13:10 – 23:10 (10hr)	M87+SgrA	43GHz	KaVA, 天馬
5	4/3	13:20 – 23:20 (10hr)	M87+SgrA	22GHz	KaVA, 天馬, ウルムチ, 日立, 鹿島, MC, NT
6	4/4	12:35 – 22:40 (10hr)	M87+SgrA	43GHz	KaVA, 天馬
7	4/9	12:20 – 22:20 (10hr)	M87+SgrA	43GHz	KaVA, 天馬, 野辺山
8	4/14	12:00 – 22:00 (10hr)	M87+SgrA	43GHz	KaVA, 天馬
9	4/17	11:45 – 18:45 (10hr)	M87	22GHz	KaVA, 天馬, ウルムチ, 日立, 鹿島, 世宗, MC, NT
10	4/18	11:40 – 21:45 (10hr)	M87+SgrA	43GHz	KaVA, 天馬
11	4/24	09:20 – 16:20 (7hr)	M87	22GHz	KaVA, 天馬
12	4/25	09:15 – 16:15 (7hr)	M87	43GHz	KaVA, 天馬
13	4/26	15:55 – 21:55 (6hr)	SgrA	43GHz	KaVA, 天馬, 世宗
14	5/10	08:20 – 17:20 (7hr)	M87	22GHz	KaVA, 天馬, MC
15	5/11	08:15 – 17:15 (7hr)	M87	43GHz	KaVA, 天馬
16	5/25	14:00 – 20:00 (6hr)	SgrA	43GHz	KaVA, 天馬
17	5/26	07:15 – 16:15 (7hr)	M87	43GHz	KaVA, 天馬

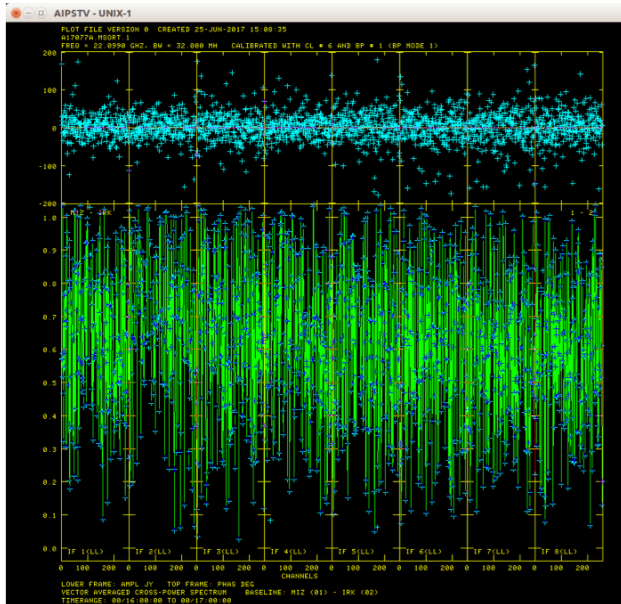
EHT

MC: Medicina, NT: Noto

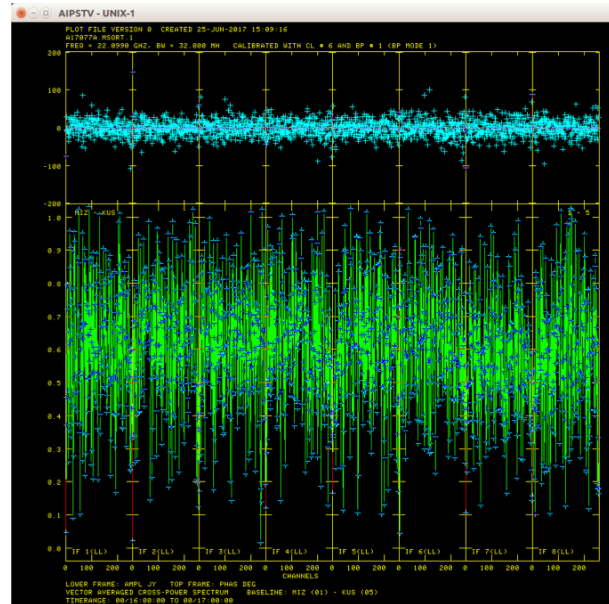
- 17エポック、140時間。全エポックKaVA+TM実現
- ほぼ相関処理は完了（鹿島未処理）。ほぼ全エポックでKaVA+TMフリンジ検出

天馬: 基線感度比較

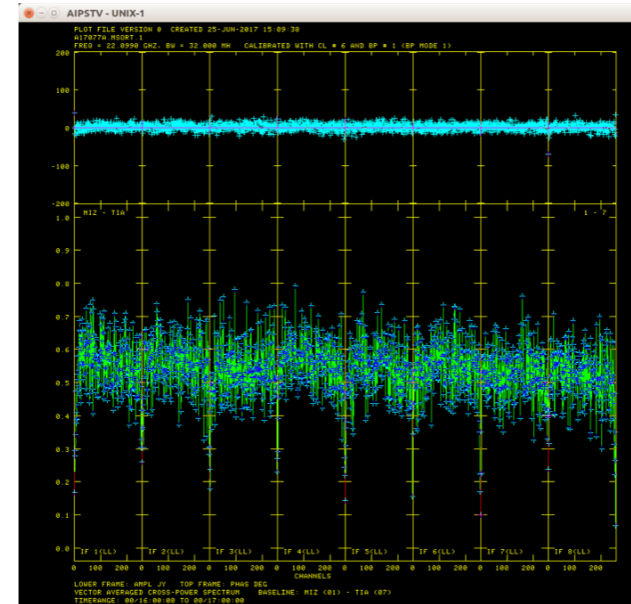
VERA-VERA (MIZ-IRK)



VERA-KVN (MIZ-KUS)



VERA-TIA (MIZ-TIA)

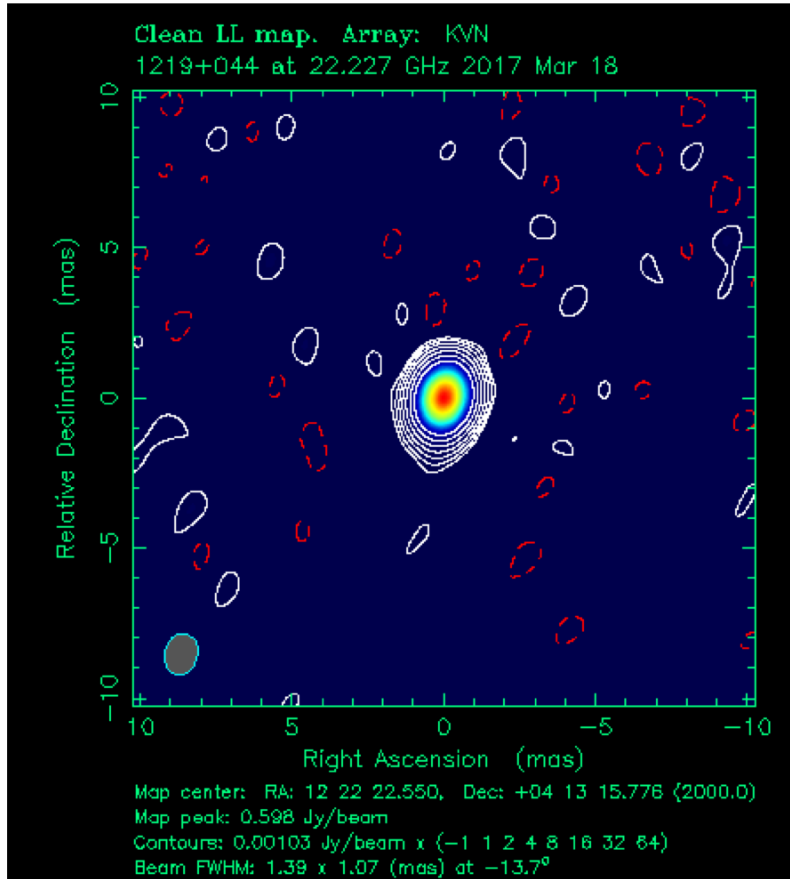


22GHz, 600mJyの点源で比較

VERA-TM: VERA-VERA基線に比べSNR約3倍向上

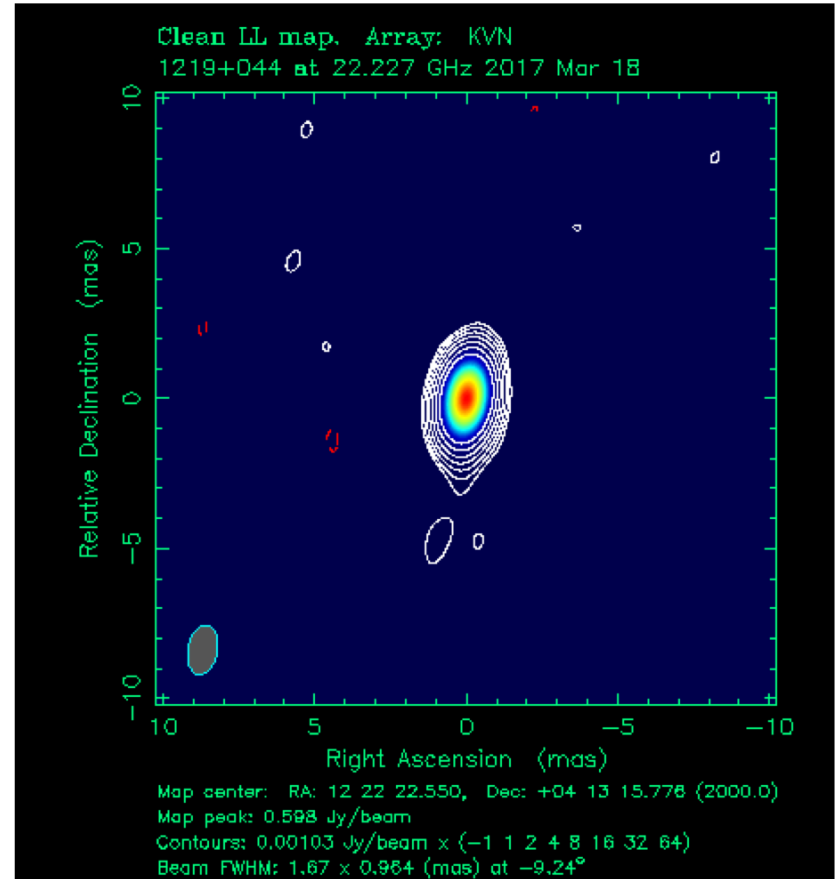
天馬：画質比較

Only KaVA



Peak: 598mJy; Rms: 0.52mJy; DR: 1150

KaVA + Tianma

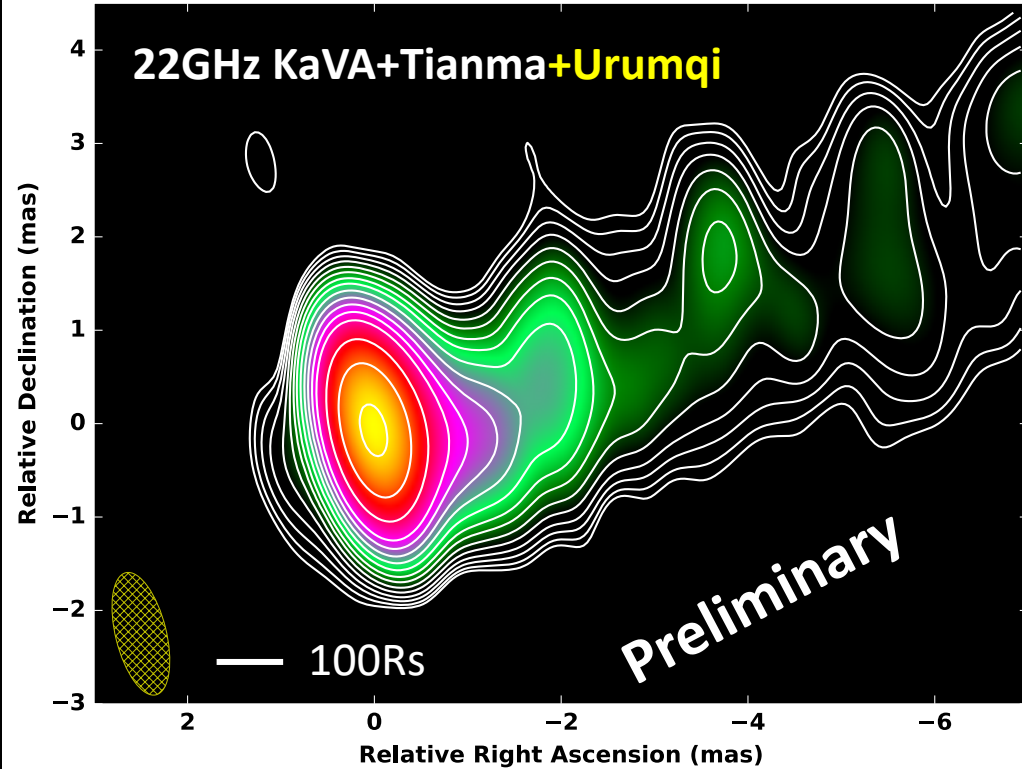
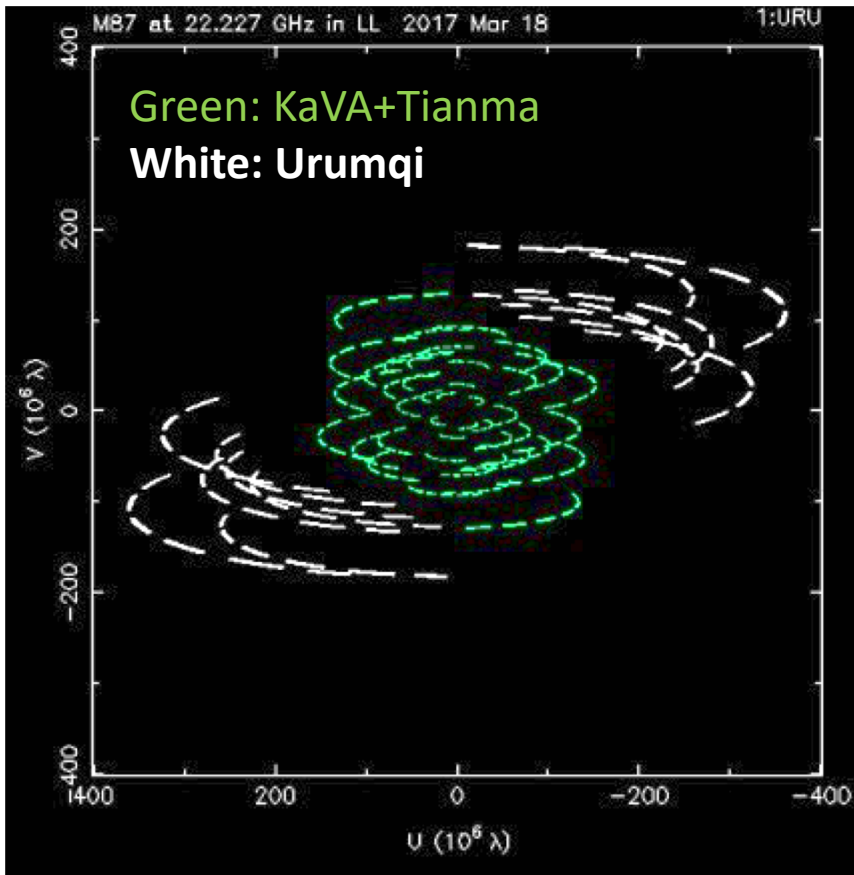


Peak: 598mJy; Rms: 0.34mJy; DR: 1758

天馬局参加によりイメージDR約1.5倍向上
(田崎さんポスターも御覧ください)

ウルムチ

• March/18/2017, 22GHz



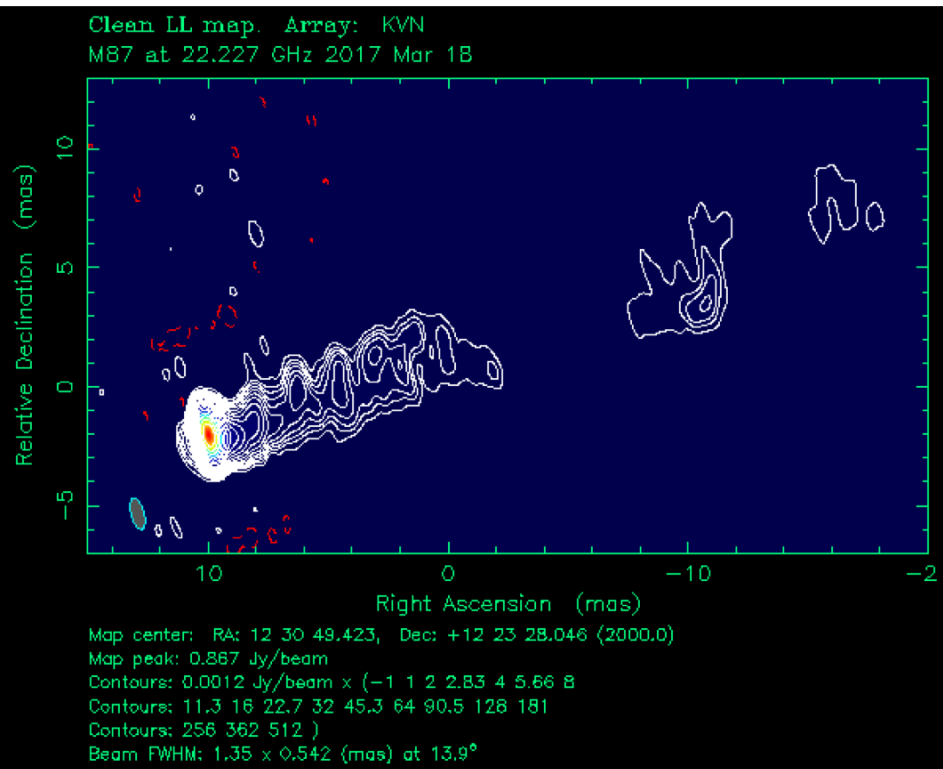
- KaVAに比べ2-2.5倍ほど空間分解能向上
 - 東西方向 $\sim 0.5\text{mas}$ at 22GHz
- 来年夏頃からQバンドの運用も開始予定

ウルムチ訪問 (中国天文学会2017)

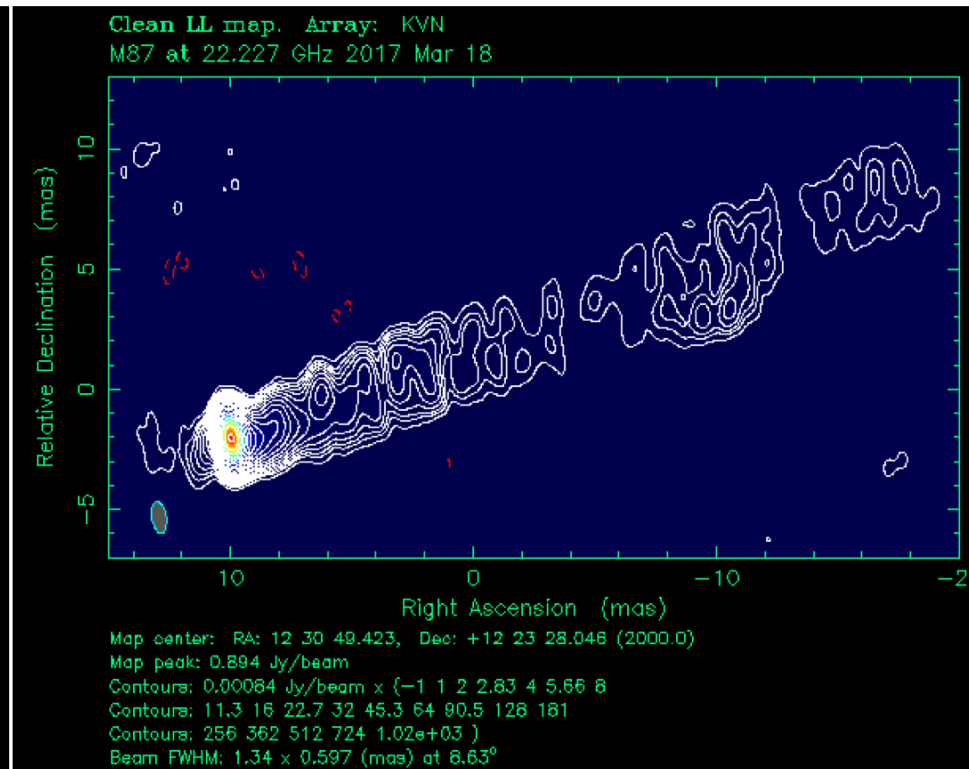


日立がすごい

KaVA+TM+UR



KaVA+TM+UR+HT

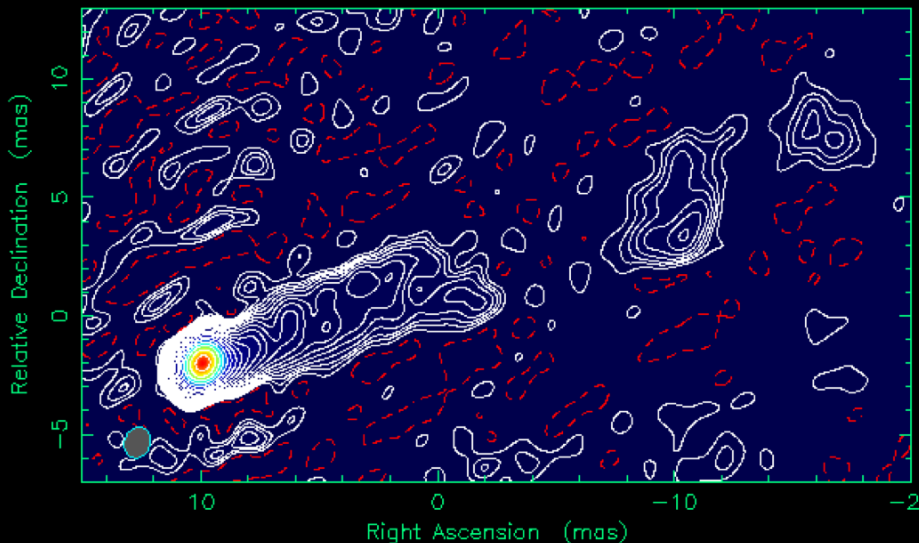


- 画質が著しく改善
- uvカバレッジの穴をうまく埋めてくれる
- 特に短基線（日立-水沢 270km）、中距離基線
- Sejong-KVN, 日立-高萩, 茨城-鹿島, 同時参加は極めて重要

日立がすごい

KaVA

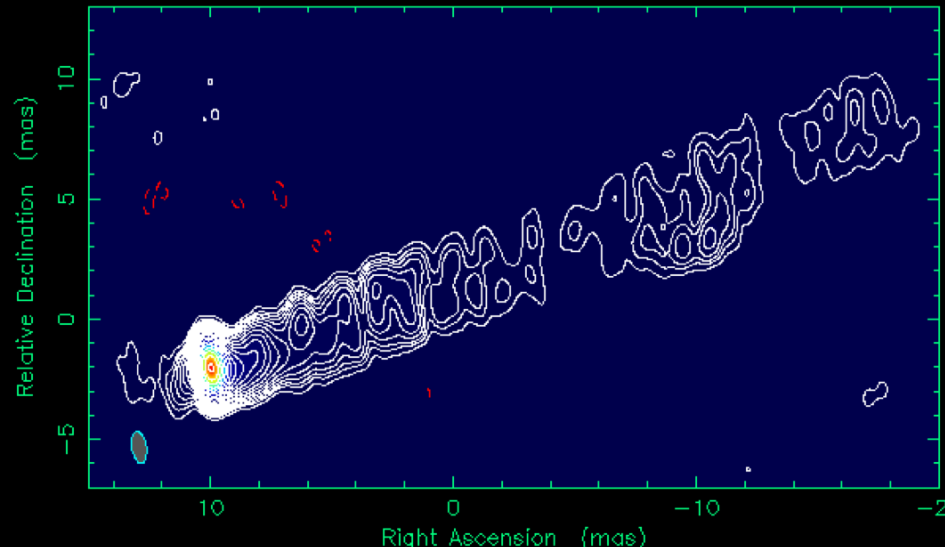
Clean LL map. Array: KVN
M87 at 22.227 GHz 2017 Mar 18



Map center: RA: 12 30 49.423, Dec: +12 23 28.046 (2000.0)
Map peak: 1.02 Jy/beam
Contours: 0.00084 Jy/beam x (-1 1 2 2.83 4 5.66 8
Contours: 11.3 16 22.7 32 45.3 64 90.5 128 181
Contours: 256 362 512 724 1.02e+03)
Beam FWHM: 1.34 x 1.09 (mas) at -19.6°

KaVA+TM+UR+HT

Clean LL map. Array: KVN
M87 at 22.227 GHz 2017 Mar 18



Map center: RA: 12 30 49.423, Dec: +12 23 28.046 (2000.0)
Map peak: 0.894 Jy/beam
Contours: 0.00084 Jy/beam x (-1 1 2 2.83 4 5.66 8
Contours: 11.3 16 22.7 32 45.3 64 90.5 128 181
Contours: 256 362 512 724 1.02e+03)
Beam FWHM: 1.34 x 0.597 (mas) at 8.63°

- 画質が著しく改善
- uvカバレッジの穴をうまく埋めてくれる
- 特に短基線（日立-水沢 270km）、中距離基線
- Sejong、日立-高萩 同時参加の重要性

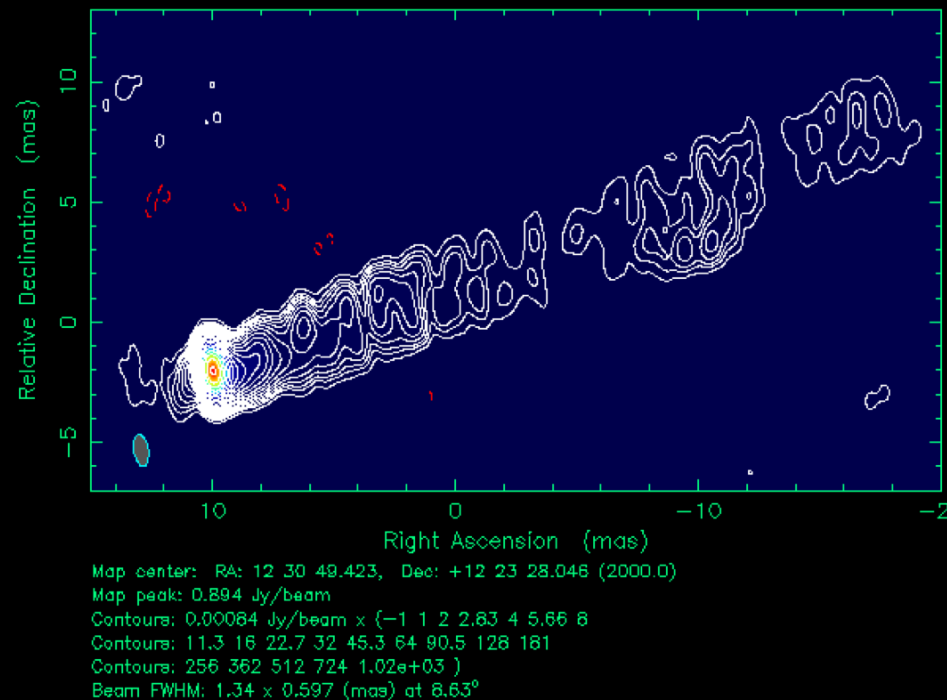
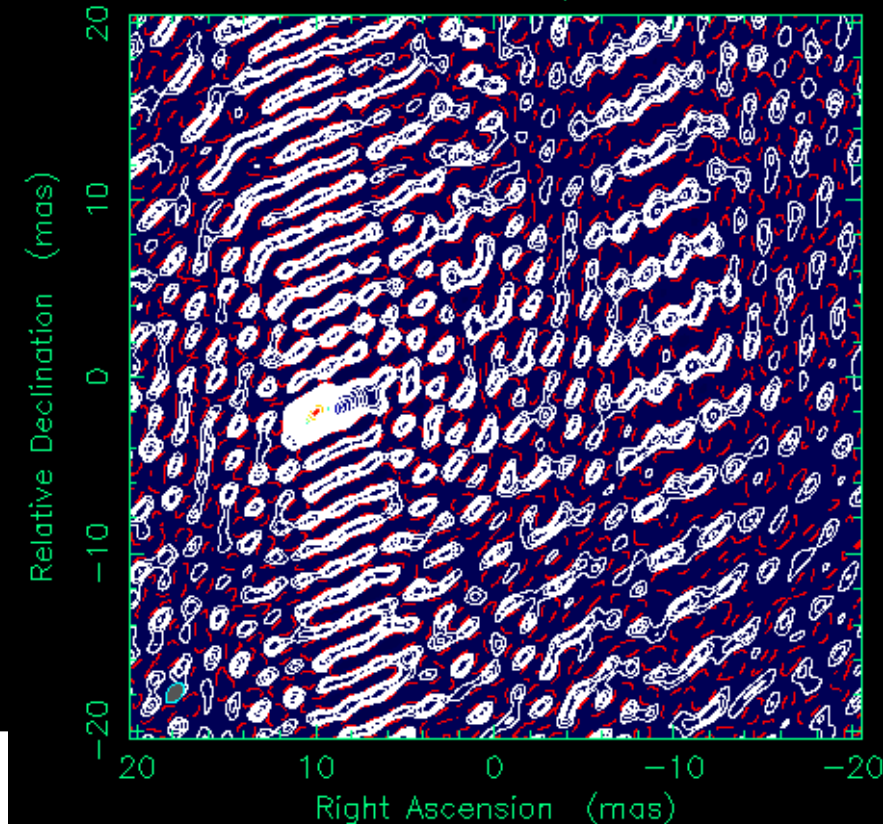
日立がすごい

VERA

KaVA+TM+UR+HT

M87 at 22.227 GHz 2017 Apr 03

Clean LL map. Array: KVN
M87 at 22.227 GHz 2017 Mar 18



- uvカバレッジの穴をうまく埋めてくれる
- 特に短基線（日立-水沢 270km）、中距離基線
- Sejong、日立-高萩 同時参加の重要性

画質比較

M87, 22GHz, 1Gbps, C4 mode, 5-6hr積分

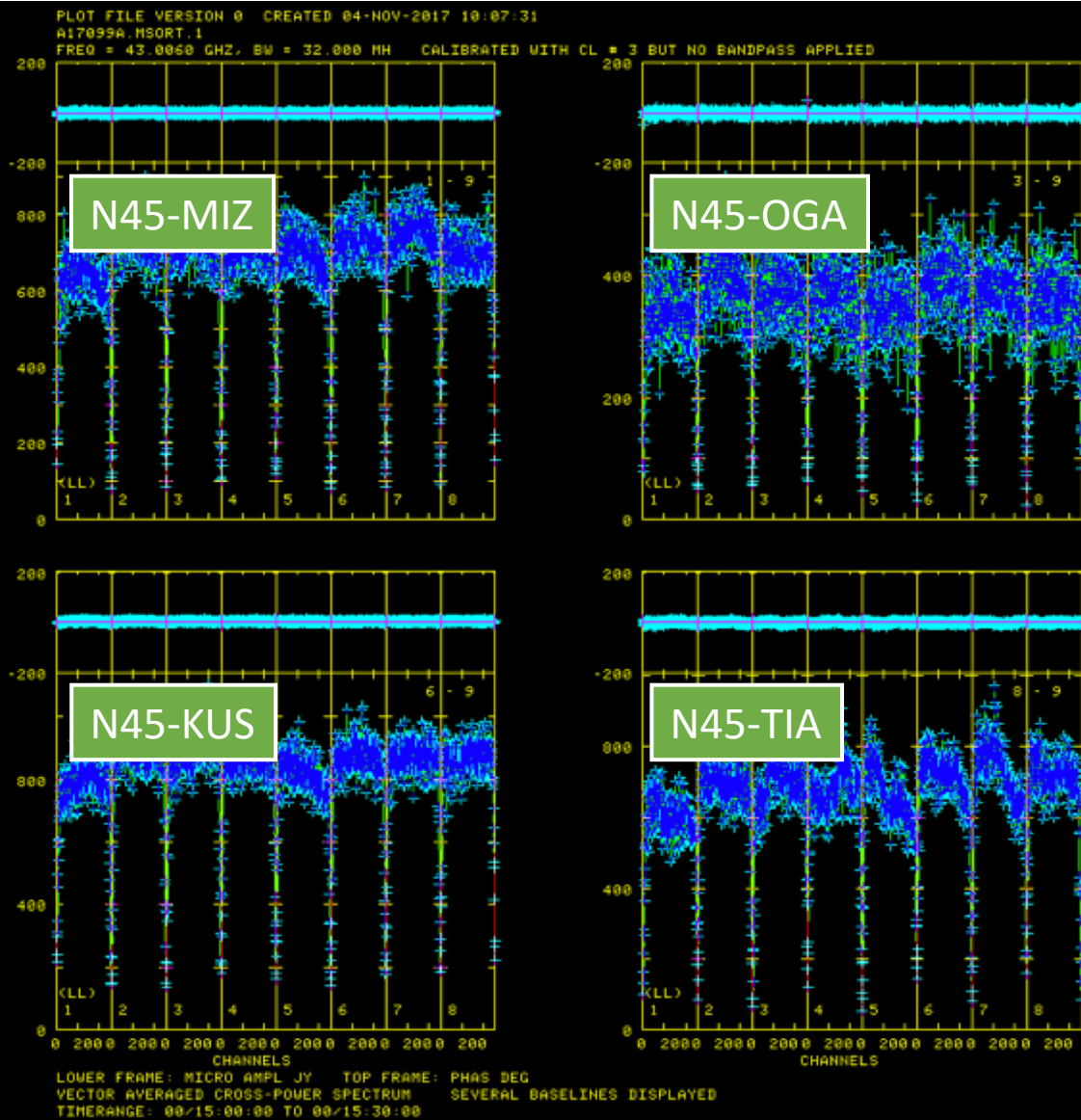
	KaVA	KaVA+TM	KaVA+TM+UR	KaVA+TM+UR+HT
Beam (mas, mas)	1.34 x 1.09	1.54 x 0.97	1.35 x 0.54	1.34 x 0.60
Peak (mJy/b)	1020	1005	867	894
Near-core rms (mJy/b)	0.795	0.588	0.398	0.262
Off-center rms (mJy/b)	0.268	0.205	0.135	0.112
Theoretical thermal (mJy/b)	0.212	0.141	0.108	0.102
Peak/rms_near core (mJy/b)	1283	1709	2178	3412
Peak/rms_off center (mJy/b)	3806	4900	6422	7982

• KaVAに比べ

- + 天馬 => 雑音レベル/DR 1.3-1.5倍 改善
- + ウルムチ => 解像度(東西) 2倍 改善
- + 天馬/ウルムチ/日立 => DR 2-3倍, 解像度2倍、雑音レベル~100uJy到達

野辺山

M87, 43GHz



- 2017/Apr/9
- KaVA+TM+N45
- 43GHz
- M87+SgrA, 10hr
- 観測数日前に野辺山アンテナコリメータ故障
- pointing精度 ~20"
- Tianma-野辺山でフリッジ検出成功
 - 初フリッジ?
- スペック万全なら天馬-野辺山 基線感度 ~1mJy@43GHz

EAVN 今年 現状のまとめ

- キャンペーン観測に基づく性能評価
 - K/Q, 1Gbps, 連続波
 - 多くの進展 (運用, 相関処理, イメージング実測)
- Tianmaについて改善・調査項目(特に振幅較正)
 - Tsys測定頻度
 - ポインティング精度
 - 開口能率(Active surface)
 - C/K/QについてTianmaの振幅調査に特化した試験観測を年内に
- KaVA+TM (K/Q)について、年内を目処にアレイ評価結果をまとめる
 - 2018B 共同利用想定
 - VLBI小委員会、電波専門委員会(2017年1-3月)

1st EAVN共同利用 ドラフトプラン

- 2018Bスタート
 - KaVA+Tianma
 - Risk-shared
 - 100hr/半期 (KaVA 共同利用の40%)
 - 22/43GHz (6.7GHz?)
 - 1Gbps: C4 (32MHz x 8ch), C5 (16MHz x 16ch)
 - KJCC相関
 - ユーザーサポート: KaVAの方針を踏襲、中国からサポートメンバーを1-2人追加
- プロポーザル審査体制
- オペレーション
 - 今月のKaVA/EAVN WSで議論

中長期的な検討項目

- 中期的 (~2-3年)

- システムのアップグレード (広帯域、偏波等)
- KaVA+TMの次の定常アレイ拡張は？
 - ウルムチ(解像度)? JVN(画質/uv)? 野辺山(感度)?(イタリア?)
 - EAVNとして200hr/yr運用可能?
- TVNとの連携、FASTとの連携、低周波VLBI
- AVNとの連携

- 長期的

- 多波長大型望遠鏡時代におけるEAVNの位置付け・方向性
 - ALMA/EHT, SKA, CTA, ngVLA, TMT, 重力波, ニュートリノ
- 汎用望遠鏡? 特定のサイエンスに特化?
- EAのマイテレスコープ? 世界に等しくオープン?

まとめ

- 今年はEAVNキャンペーンを柱に様々な進展
 - 過去最大の参加局、観測時間、エポック数
 - KaVA+TMはほぼ定常運用ライクな観測が成功
 - 運用、相関処理、フリンジ、イメージング
 - 問題点の洗い出し
- KaVA+TM 共同利用2018Bに向けて準備中
- VERA, KVN, CVN, JVNを合成したファーストイメージ取得
 - KaVA+TMの次を検討する上で重要な材料
- 長期的なビジョン