野辺山 230GHz VLBIに向けて

野辺山開発プログラムミーティング 2025

秦和弘（名市大）

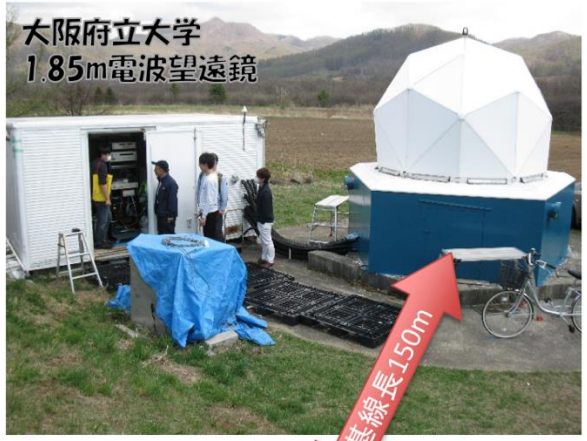
2015年

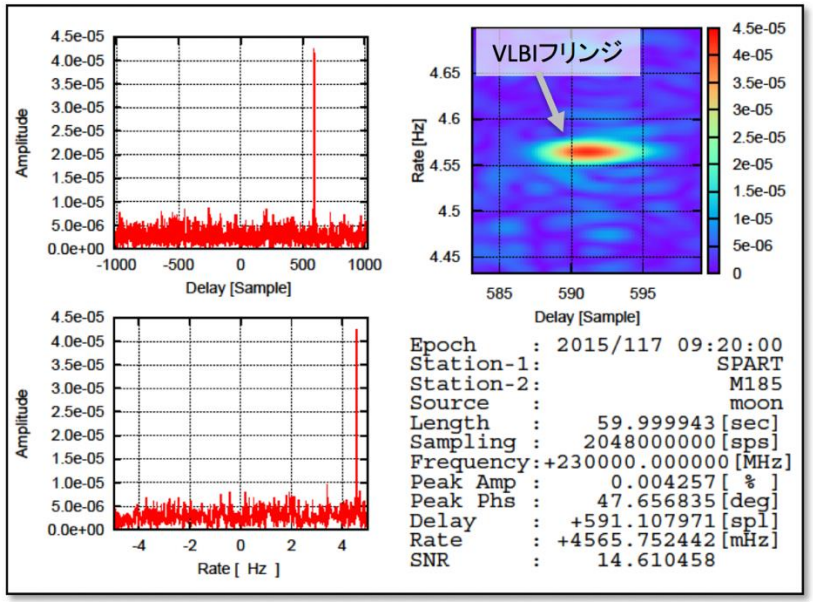
NRO 速報 NO.133

230 GHz VLBI実験に成功！
～将来のBH観測に向けた一歩～

野辺山宇宙電波観測所内の２台のミリ波望遠鏡（1.85mとSPART望遠鏡）を用いて、 2015年4月27日、日本初の230GHz帯VLBI実験観測に成功しました。観測装置は持ち込み、基線長が150mの“VLBI”です。これは将来のブラックホール研究に対する重要な一歩です。

この実験は、国立天文台、JAXA/宇宙科学研究所、NICT、大阪府立大学、山口大学、茨城大学の共同研究という「全日本VLBI」によって実現しました。





左上：遅延時間に対する相関振幅。左下：位相回転に対する相関振幅。右上：遅延時間と位相回転の2次元で表した相関振幅。VLBIフリンジ（明瞭なピーク）が検出された。観測天体は月の縁。

2017年 野辺山開発P

国立天文台 NAOJ National Astronomical Observatory of Japan

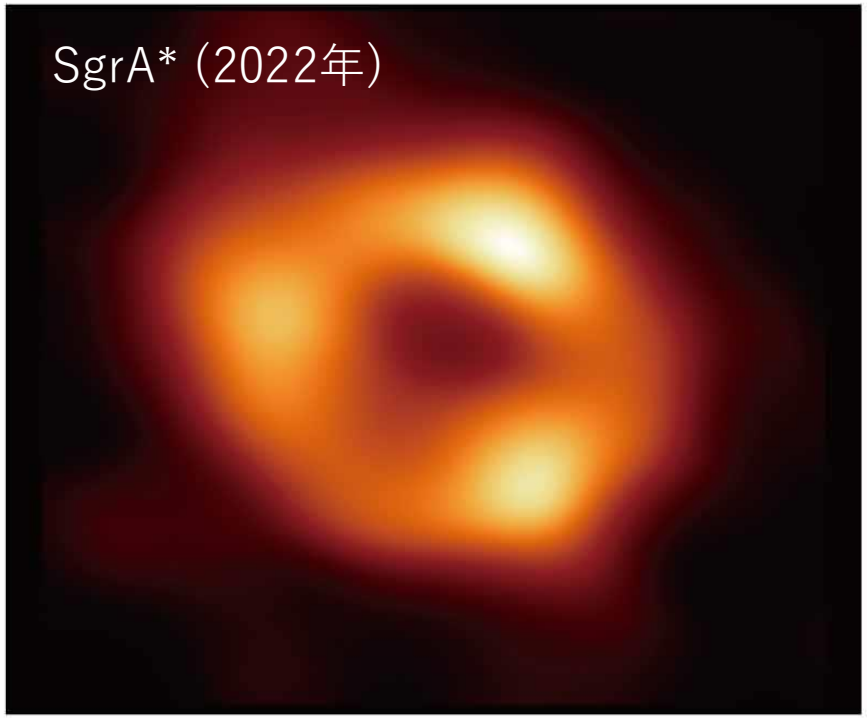
Proposal Form for Development for Nobeyama 45 m Telescope

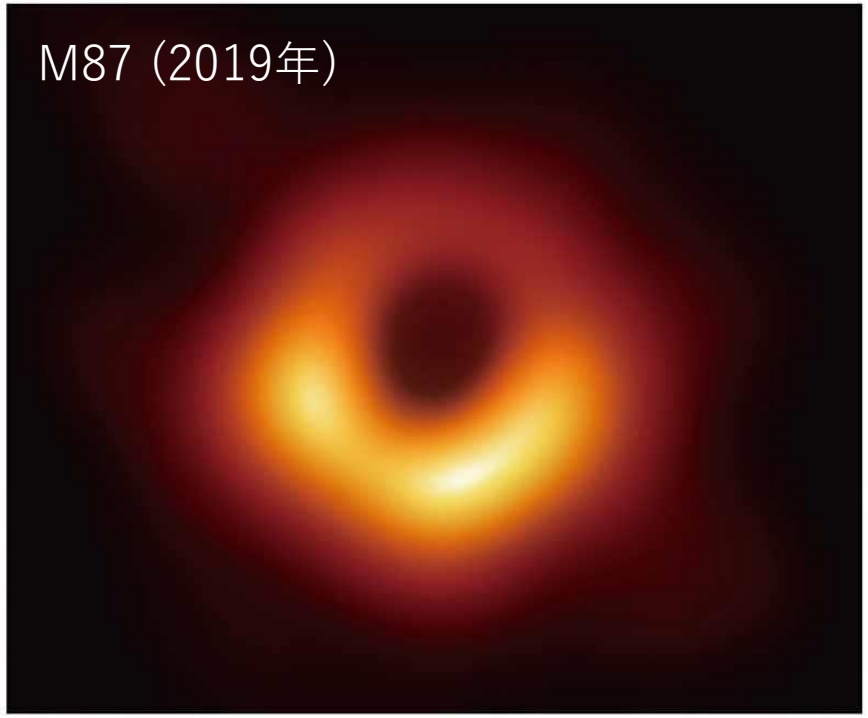
Doc#: NRO-MGT-17001-A
Date: 2017-05-08
Page: 1 of 15
Prepared by M. Saito/T. Minamidani
Approved/Released by H. Kobayashi

Received No:

Proposal Title	45 m 鏡を用いた 230 GHz 帯における特性測定及び VLBI 観測計画		
PI Information	Name: 小川 英夫	Affiliation: 大阪府立大学	Title: 教授
	TEL:072-254-9726	e-mail: ogawa@p.s.osakafu-u.ac.jp	
	FAX:同上		
Co-I	Name	Affiliation	Title
	大西 利和 /前澤 裕之	大阪府立大学	教授 /准教授
	木村 公洋 /岡田 望	大阪府立大学	研究員 /D2
	上田 翔汰 /増井 翔	大阪府立大学	M1 /B4
	本間 希樹 /秦 和弘	国立天文台	教授 /助教
	秋山 和徳 /長谷川 豊	MIT /ISAS	研究員 /研究員
	藤沢 健太 /新沼 浩太郎	山口大学	教授 /准教授
	今井 裕 /米倉 覚則	鹿児島大学/茨城大学	准教授 /准教授
	井上 允	ASIAA	教授

ミリ波VLBIによるブラックホール観測





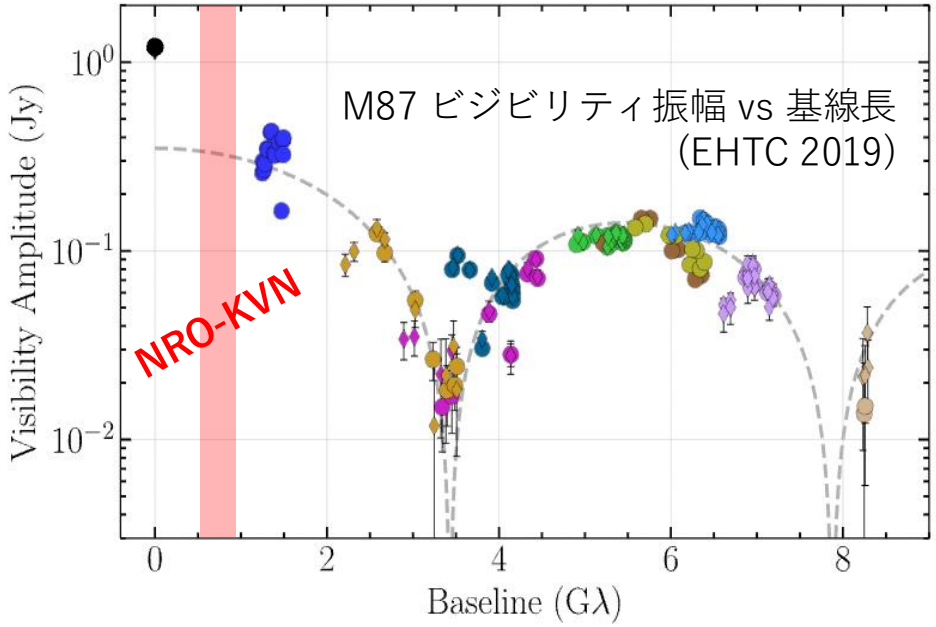
- 230GHz帯：高い解像度と透過率
- 巨大BHの撮影、降着円盤やジェット付け根の直接観測など、ブラックホールの本質の迫るサイエンス

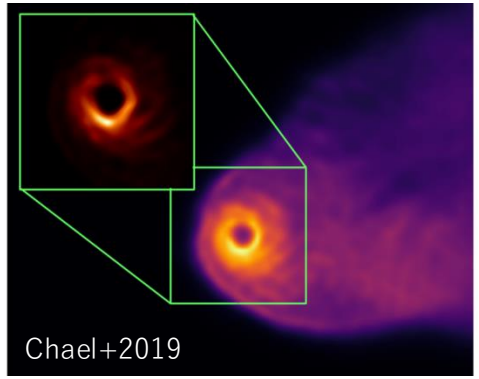
現在のEHTアレイ

- ほとんどの局が欧米に集中し、EAは空白地帯
- 2024年から韓国KVN局(口径21m)が試験的に参加
- しかし、引き続きEAに大口径局は存在しない

野辺山45参加による新規性

- ALMAの真裏に大口径局
- ハワイと欧州を接続．24時間EHTモニターが可能に
- 動画撮影や、突発現象(フレア)の待ち受けが可能に
  - 特にSgrA* (1時間程度で変動)
- 短基線 (0.6-0.9Gλ，韓国基線)が埋まる
  - M87のジェット撮影に超重要！
- EA独自の230GHzアレイ(野辺山、韓国、GLT、JCMT)
  - 長時間・通年・高頻度モニター、全天サーベイなど、ALMAに頼らない独自のパラメータスペースを展開

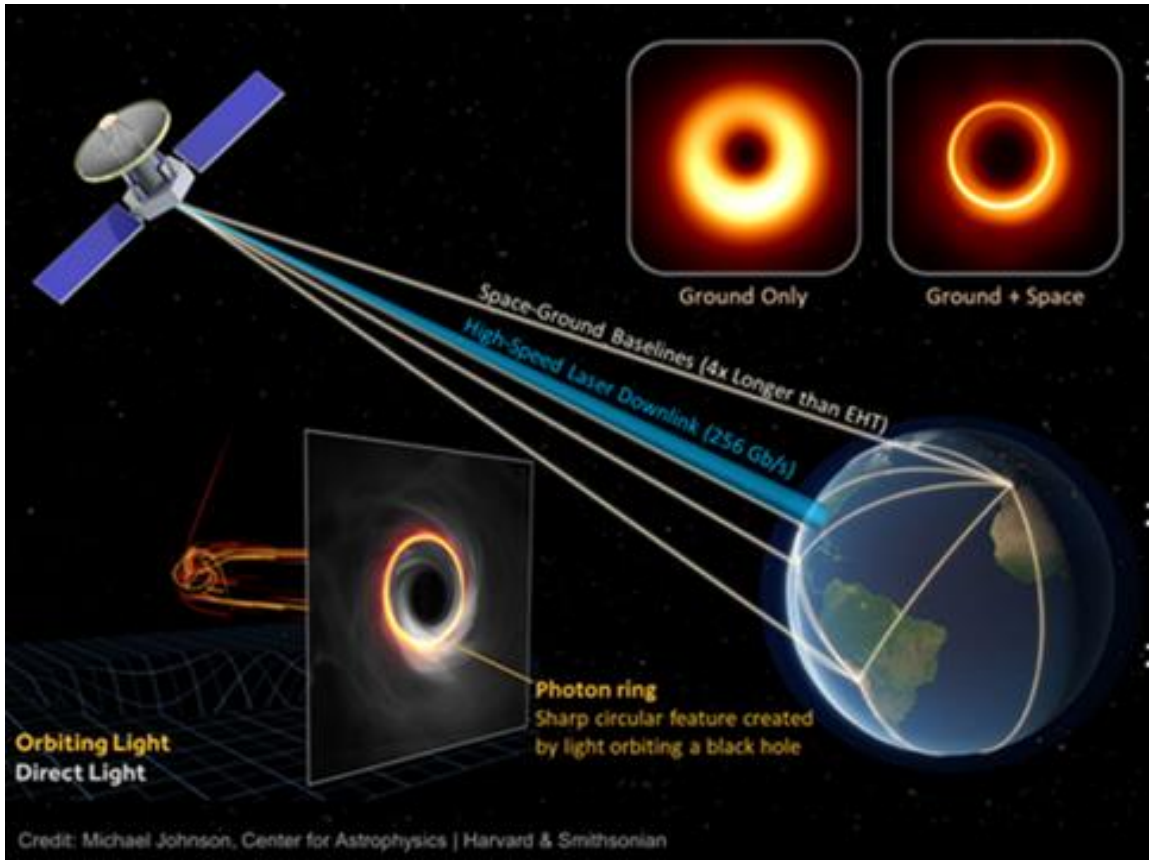




Black Hole Explorer (BHEX)

- 2032年打ち上げを目指す、ミリ波スペースVLBI計画 (米国主導、日本参加)
  - Primary 240-320GHz (SIS)
  - Secondary 80-106GHz (HEMT)
- BHスピン計測、ジェット駆動機構、より多くのBH撮影を目指す
- JAXAにてBHEX WGが正式に発足

- 野辺山は80/240GHz帯で重要な地上局となりうる



Johnson+2024

野辺山45 1mmVLBIに向けて

- （再び）機運は高まっている！
- 課題も多い
- 大気、位相安定度
- 開口能率、ポインティング
- 受信機、光学系(フィルタ)
  - → ベストは1mm/3mm 同時受信
- 広帯域VLBIバックエンド
  - → HINOTORIシステム

【タイトル】野辺山45m 230GHz VLBIに向けた整備

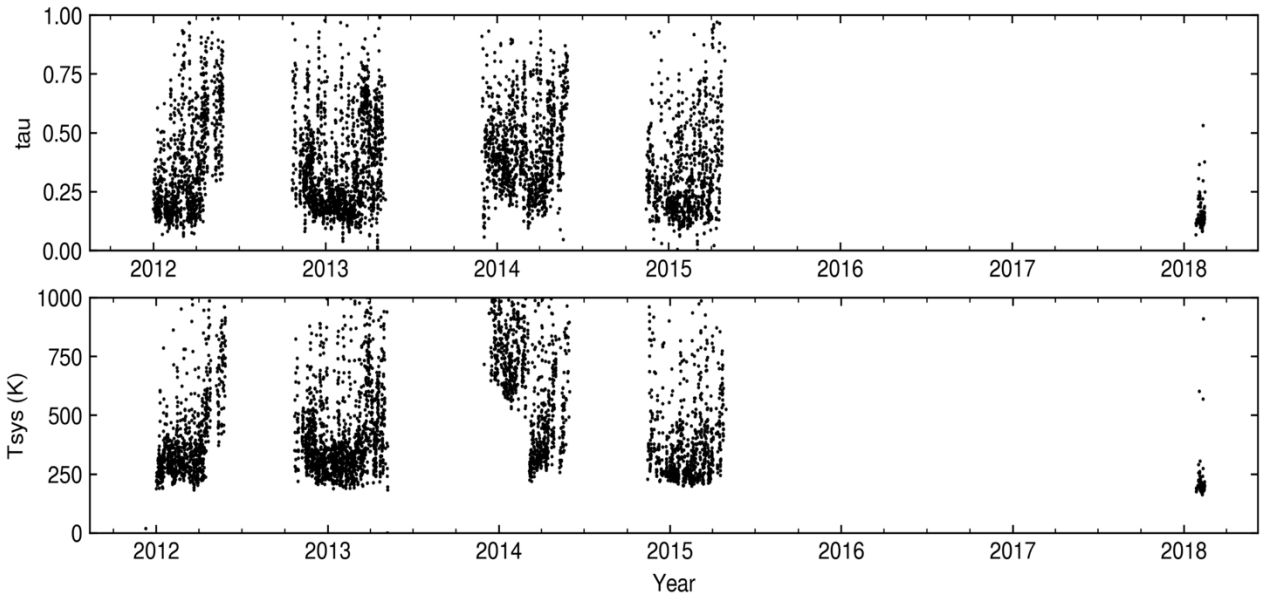
【チーム】

氏名	所属	役職
秦和弘(共同代表者)	名古屋市立大学	准教授
小川英夫(共同代表者)	大阪公立大学	教授
本間希樹	国立天文台水沢	教授
岡田望 / 木村公洋	JAXA	研究開発員 / 主任研究開発員
中島拓	公立諏訪東京理科大学	准教授
大西利和	大阪公立大学	教授
今井裕	鹿児島大学	教授
米倉覚則	茨城大学	教授
新沼浩太郎 / 藤澤健太	山口大学	教授 / 教授
長谷川豊	NICT	主任研究員
小山翔子	新潟大学	助教
秋山和徳	MIT Haystack	主任研究員

開発プロポーザル提出

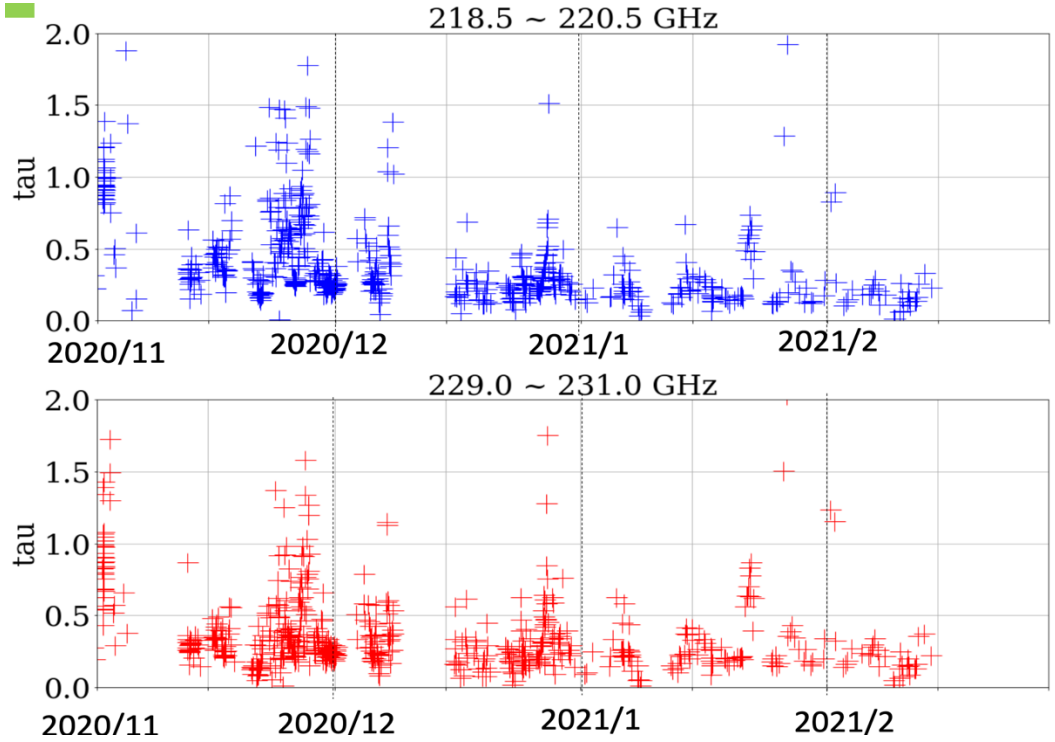
大気@230GHz

Nishimura et al. 2020 Fig.6



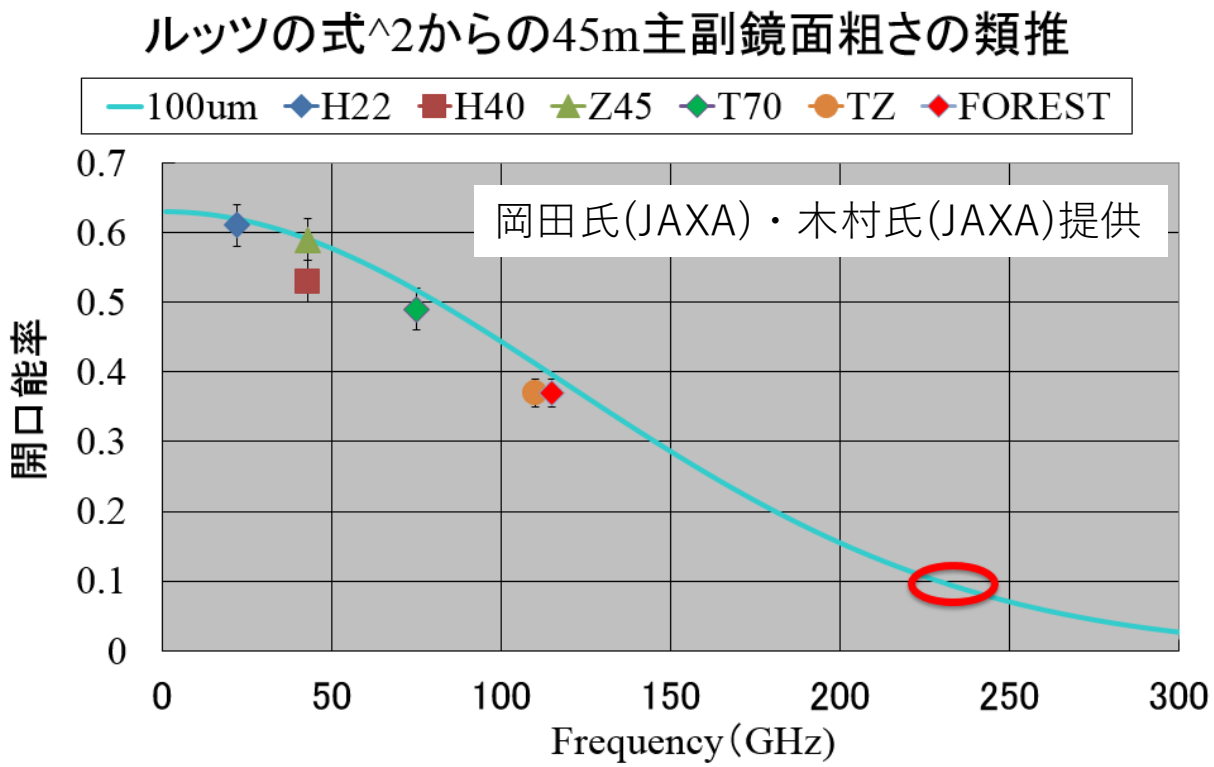
「観測シーズンの約60%が tau < 0.4」

松本健さん(OMU) 2021年春年会ポスターより



年/月	月間の大気の光学的厚みの平均	
	218.5～220.5 GHz	229～231 GHz
2020/11	0.60	0.45
2020/12	0.34	0.33
2021/1	0.26	0.30
2021/2	0.20	0.25

開口能率@230GHz



アンテナ	口径 (m)	開口能率
ALMA37	73	0.68
APEX	12	0.61
JCMT	15	0.52
LMT	32.5	0.28
IRAM	30	0.47
SMA6	14.7	0.75
SMT	10	0.60
SPT	6	0.60
GLT	12	0.58
NOEMA	52	0.50
KP	12	0.59
KVN	21	0.14-0.30
NRO (17m換算)	17	0.63

- 低周波実績から予想される能率@230GHz = 9%
  → 63%の能率をもつ口径17mのアンテナに相当
- ホログラフィー測定(2015) → 鏡面誤差 rms 78um

フリンジ検出感度見積り

1σ 基線感度（Δt = 15sec, Δν = 4GHz）

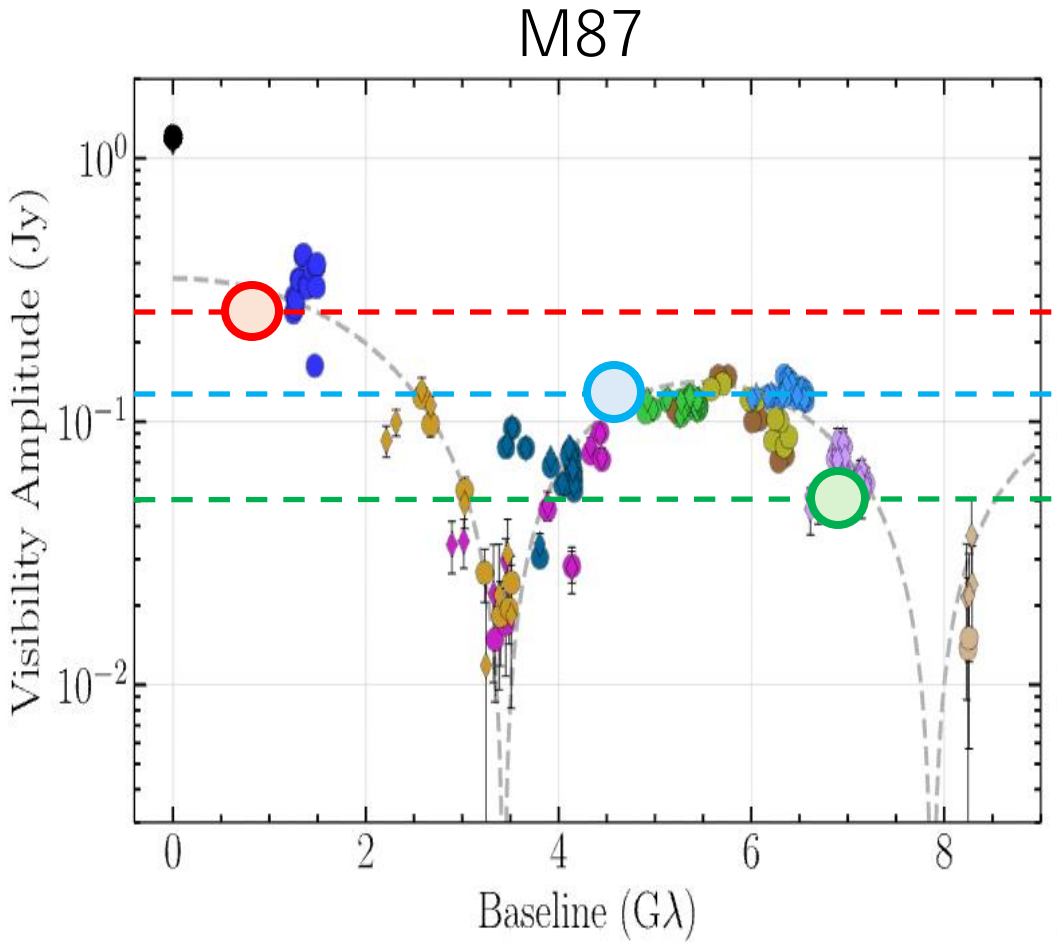
	野辺山	韓国	JCMT	GLT	NOEMA
野辺山		48mJy	24mJy	28mJy	10mJy
韓国			30mJy	36mJy	12mJy
JCMT				18mJy	6mJy
GLT					7mJy
NOEMA					

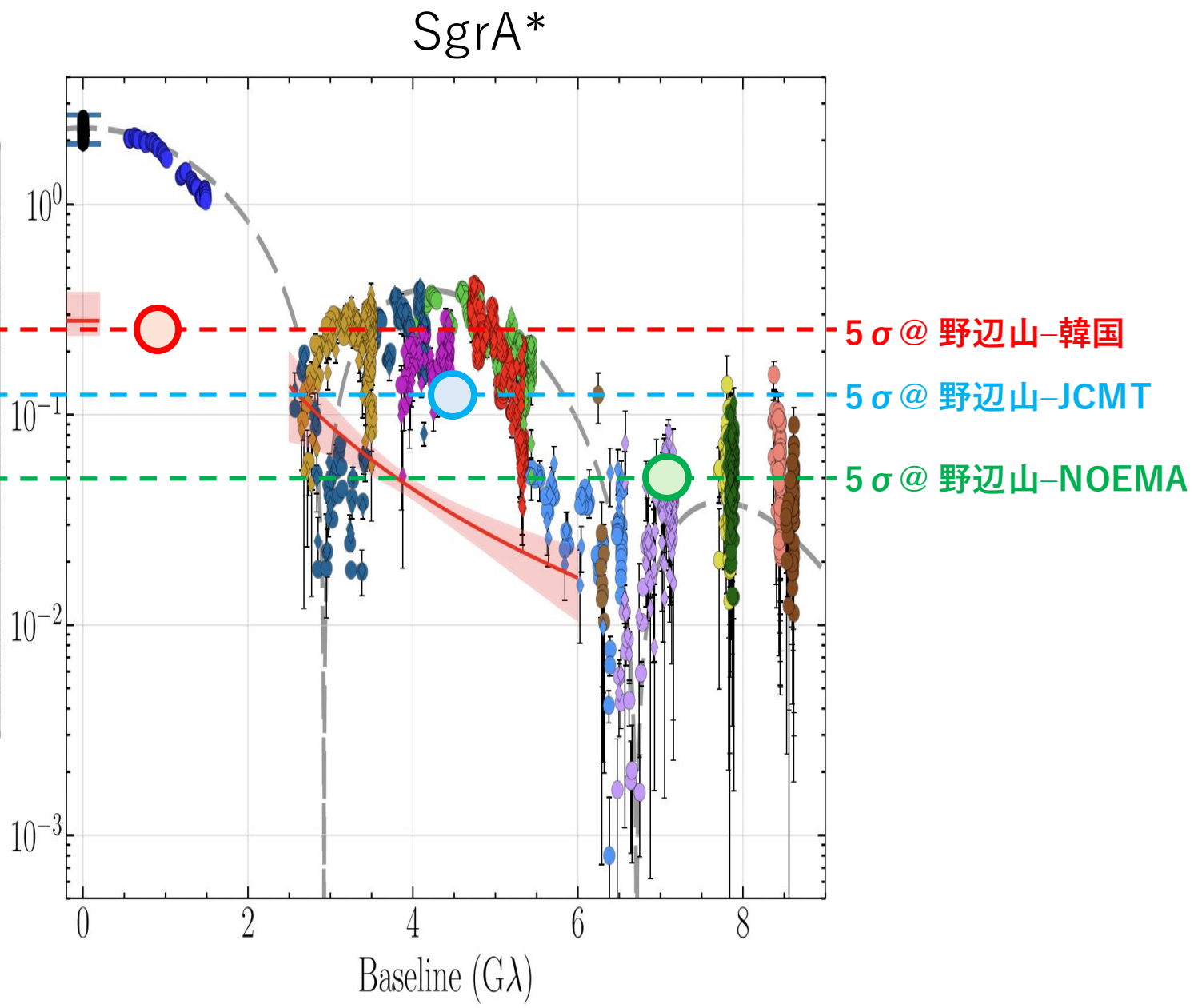
仮定した
Tsys, SEFD

	Tsys (K)	SEFD
野辺山	600	12000
韓国	700	18500
JCMT	150	4500
GLT	150	6300
NOEMA	270	700

- 野辺山基線の感度は(ALMAなしの)既存のEHT基線と比較しても遜色ない
- 明るいキャリブレータ天体 (~1Jy)は全く問題なく検出可能

M87, SgrA*はどうか？





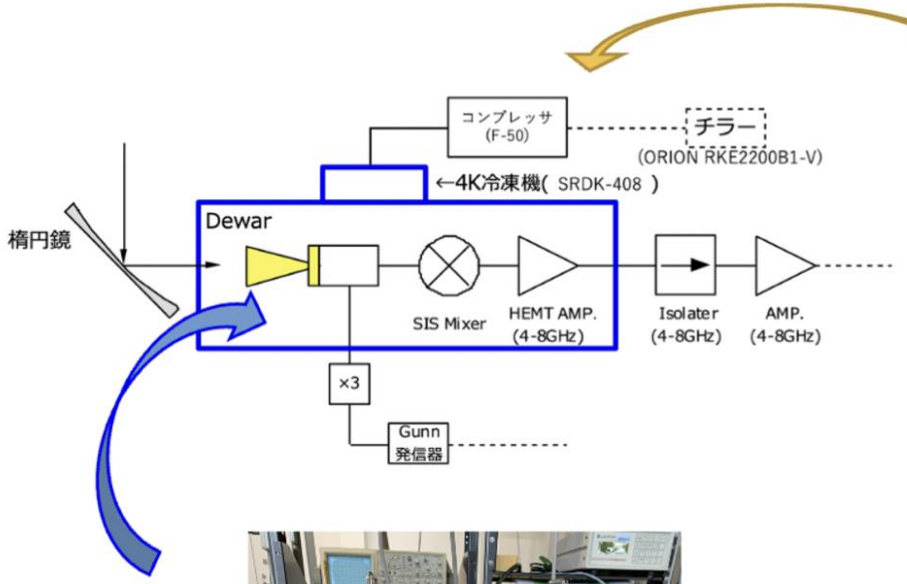
短・中・長基線いずれも十分な
SNRで検出が見込まれる

テスト受信機

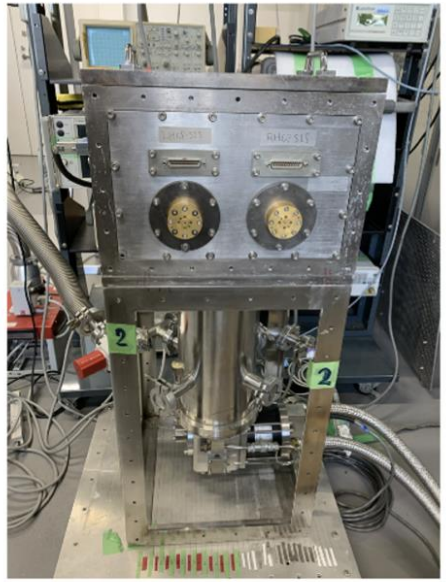
- 大阪公立大にあるデュワーを用いてテスト用SIS受信機の製作を行う
- アンテナ性能評価、フリンジ試験、EHT用の実験など

- どこのポートに設置？
  - → 要相談

- 今後大型科研費が採択されれば、EHT/BHEXコンパチブルな新受信機の開発を行う



コンプレッサー



Dewar

チラー

タイムラインと体制

課題	FY2026	FY2027	FY2028	FY2029	FY2030	FY2031	FY2032
テスト受信機・アンテナ性能評価							
VLBI試験 (テスト受信機, 相手KVN)							
[基盤Sもし採択] 新受信機・フィルタ開発							
[基盤Sもし採択] VLBI試験（新受信機, 相手KVN）							
EHT参加							
BHEX参加							

- 今後2-3年以内を目標にテスト受信機を用いて野辺山-KVNフリンジ試験に挑戦できれば
- 大型科研費採択 → EHT/BHEX用 新受信機・フィルタの開発 → EHT@2030, BHEX@2032
- 受信機・フィルタ開発
  - 大阪公立大、公立諏訪東京理科大、JAXA、茨城大、NICT
- アンテナ性能評価
  - 大阪公立大、名市大、JAXA、公立諏訪東京理科大、茨城大、新潟大
- VLBI試験
  - 名市大、大阪公立大、国立天文台、鹿児島大、新潟大、茨城大、山口大
- EHT/BHEX国際連携窓口
  - 国立天文台