

日本・東アジア主体のサブミリ波VLBIネット ときゃらばん、その意義

**A Proposal Constructing mm/sub-mm VLBI Network by East-
Asian and Japanese Power**

三好真(国立天文台)、春日隆(法政大)、
坪井昌人(宇宙研)、岡朋治(慶應大)、
高橋真聡(愛教大)、氏原秀樹(NICT)、
ほかメンバ

- 2014年10月 VERA UM@NAOJ三鷹
- 2014年10月 VLBIシンポジウム@GSI
- 2014年12月 EA-受信機WS@志摩
- 2015年 3月 日本天文学会@阪大
- 2015年 6月 TDCシンポジウム@NICT鹿嶋
- 2015年 7月 EA-VLBI WS@北大
- 2015年 7月 NRO-ALMA Joint Science/Development
Workshop 2015@野辺山
- 2015年 9月 日本天文学会@甲南大
- 2015年 9月 NAOJ水沢UM
- 2015年 10月 山口大でのBH勉強会
- 2015年 12月 東北大での天文技術シンポ
で関連の話をしてきた。今日12回目。

話すこと:

- **きゃらばん・サブミリはブラックホール像を撮像。**

- 1) uvカバーとして必要な短基線1~2千kmを得る。
- 2) そのコストダウン: へら絞りでrms15 μ m達成。
- 3) アンデス・サーベイ: 雨季は観測に向かない。

- **日本/アジアでブラックホール撮像進めるには?**

- 1) 共同利用を実現すれば、NAOJでも推進できる。
- 2) アジアで協力すれば世界をリードできる。
- 3) 必要な短基線成分はきゃらばん・サブミリが担当すれば、良い。

2014年11月25日(4月小委員会提出後,修正・追加・改修)

キャラバン・サブミリ (Caravan-Submm)



大型固定局2, 移動VLBI局1の 3局の230GHz帯VLBIネットをアンデスに。**BH解像に不可欠な1~2千km程度の短基線を実現。**

日本の測地VLBIで実績ある移動VLBI法を応用して、移動局1局で数局分相当のuv面を埋める。

銀河系中心ブラックホールのホライズン、降着円盤の世界初の撮像検出を目指す。低コストでユニークな装置。

短基線によりサブミリ波帯メーザ観測も可能。多様な共同利用に展開できる。

三好 真(国立天文台)

2014年11月25日

* 本計画は今年発表された、学術会議 天文分科会の「天文学・宇宙物理学の将来計画報告」にも記載されている。

キャラバン・サブミリ (Caravan-Submm)

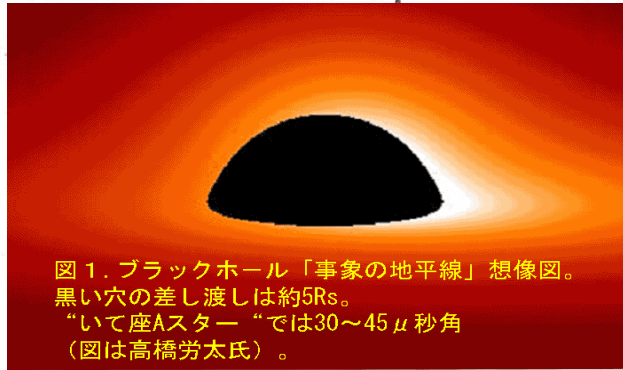


図1. ブラックホール「事象の地平線」想像図。
黒い穴の差し渡しは約 $5R_s$ 。
“いて座Aスター”では $30\sim 45\mu$ 秒角
(図は高橋 芳太氏)。

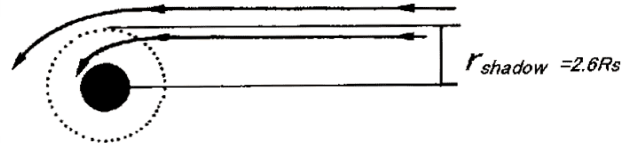
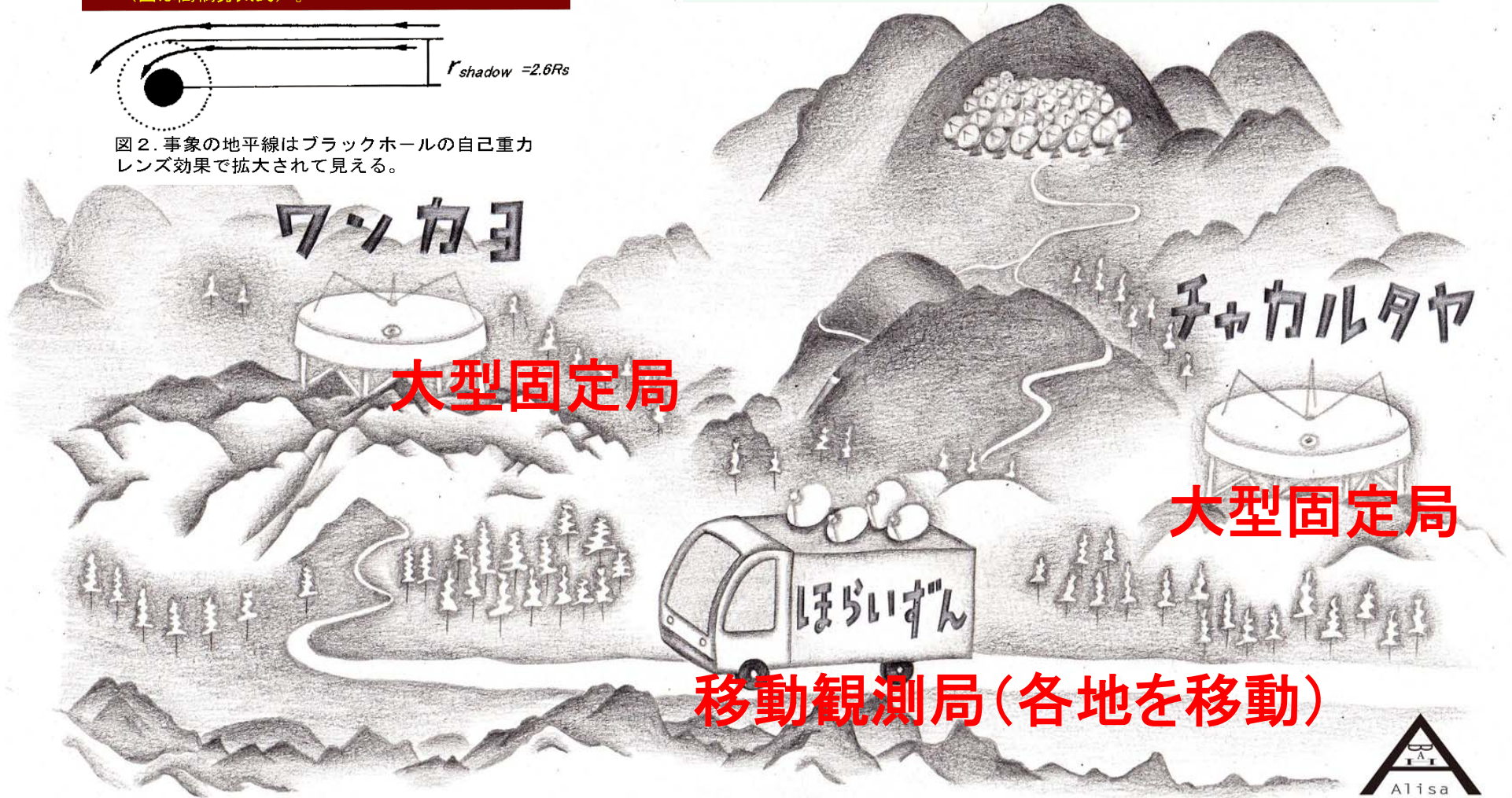


図2. 事象の地平線はブラックホールの自己重力
レンズ効果で拡大されて見える。



大型固定局

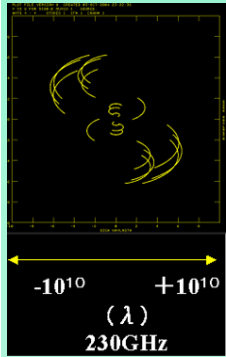
大型固定局

移動観測局(各地を移動)

話すこと:

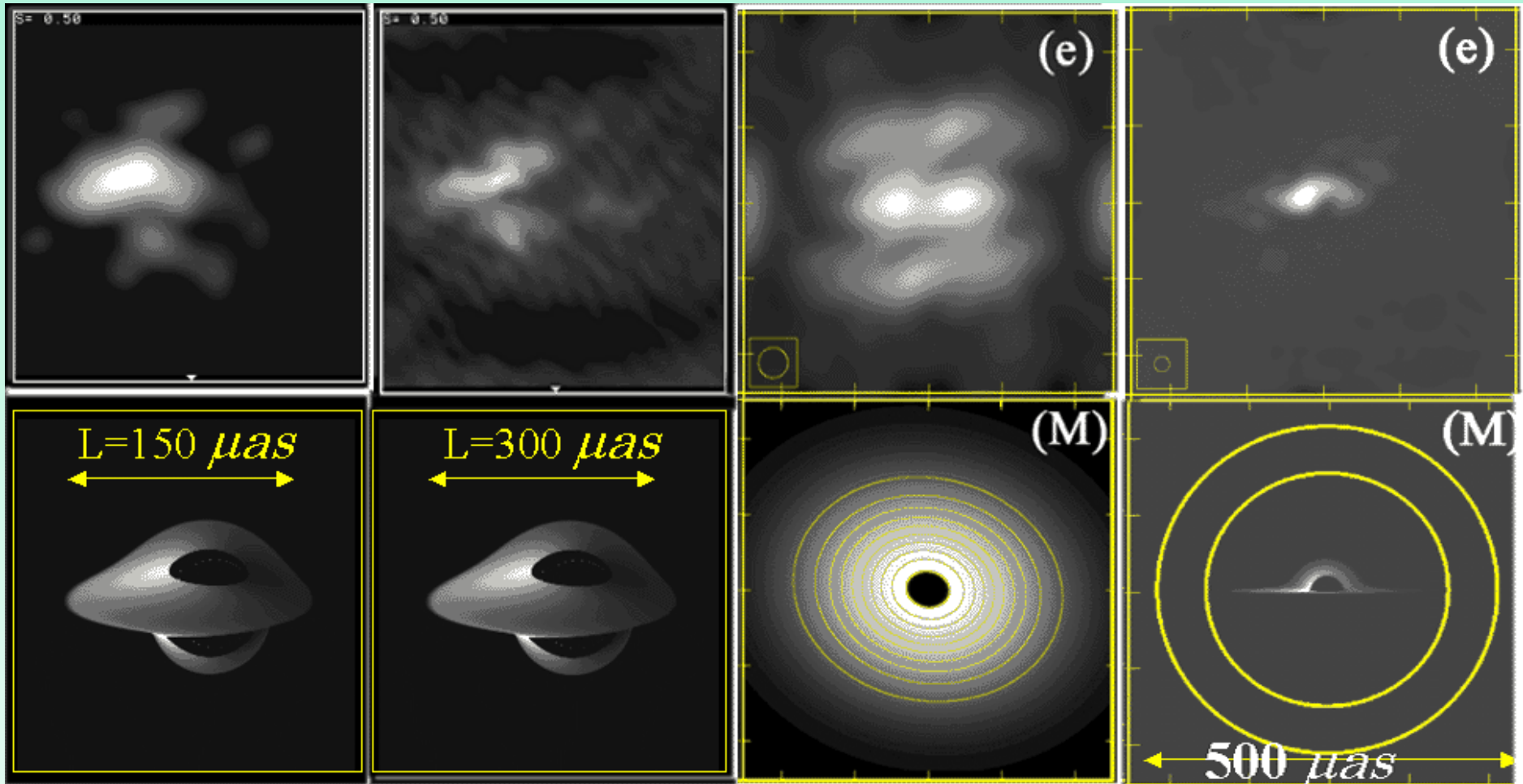
- きゃらばん・サブミリはブラックホール像を撮像。
 - 1) uvカバーとして必要な短基線1~2千kmを得る。
 - 2) コストダウン研究: へら絞りでrms15 μ m達成。
 - 3) アンデス・サーベイ: 雨季は観測に不適。
- 日本/アジアでブラックホール撮像進めるには？
 - 1) 共同利用を実現すれば、NAOJでも推進できる。
 - 2) アジアで協力すれば世界をリードできる。
 - 3) 必要な短基線成分はきゃらばん・サブミリが担当すれば、良い。

既存のサブミリ波望遠鏡でのVLBIでは、
uvカバーに問題あり。「ブラックホール・
ホライズン」の確認はかなり困難。



ハワイ,
CARMA,
ALMA,
SEST,
Huancayo
でのuvカバー

(上段)像合成simulation結果 (下段)像モデル



(MM他2004,2007)

話すこと:

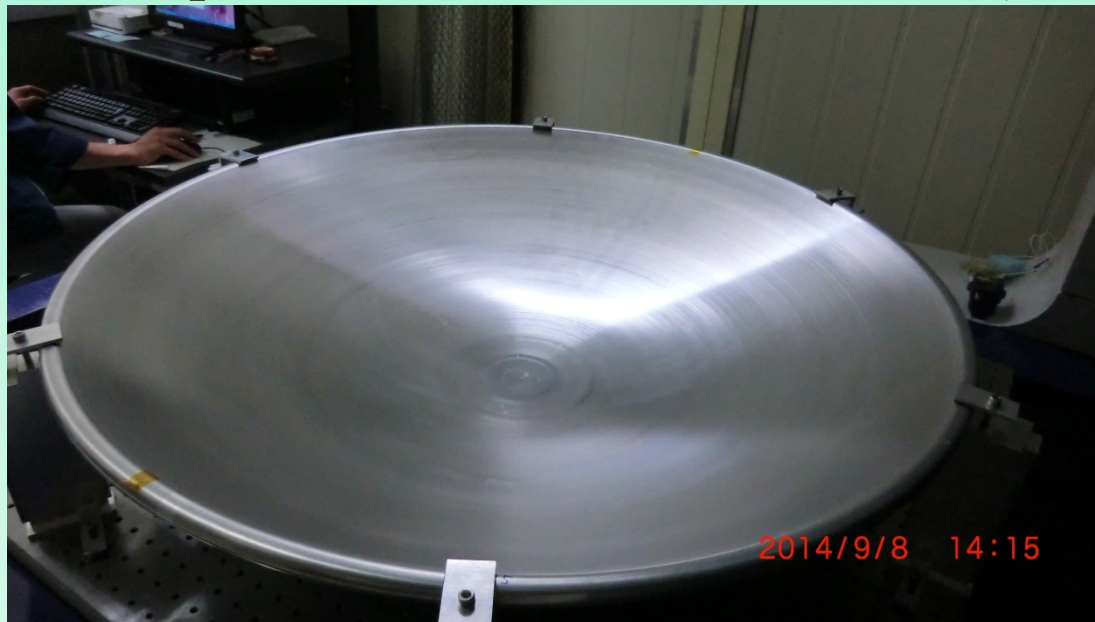
- きゃらばん・サブミリはブラックホール像を撮像。
 - 1) uvカバーとして必要な短基線1~2千kmを得る。
 - 2) コストダウン研究: へら絞りでrms15 μ m達成。
 - 3) アンデス・サーベイ: 雨季は観測に不適。
- 日本/アジアでブラックホール撮像進めるには？
 - 1) 共同利用を実現すれば、NAOJでも推進できる。
 - 2) アジアで協力すれば世界をリードできる。
 - 3) 必要な短基線成分はきゃらばん・サブミリが担当すれば、良い。

昨年：へら絞り、30 μm 台達成

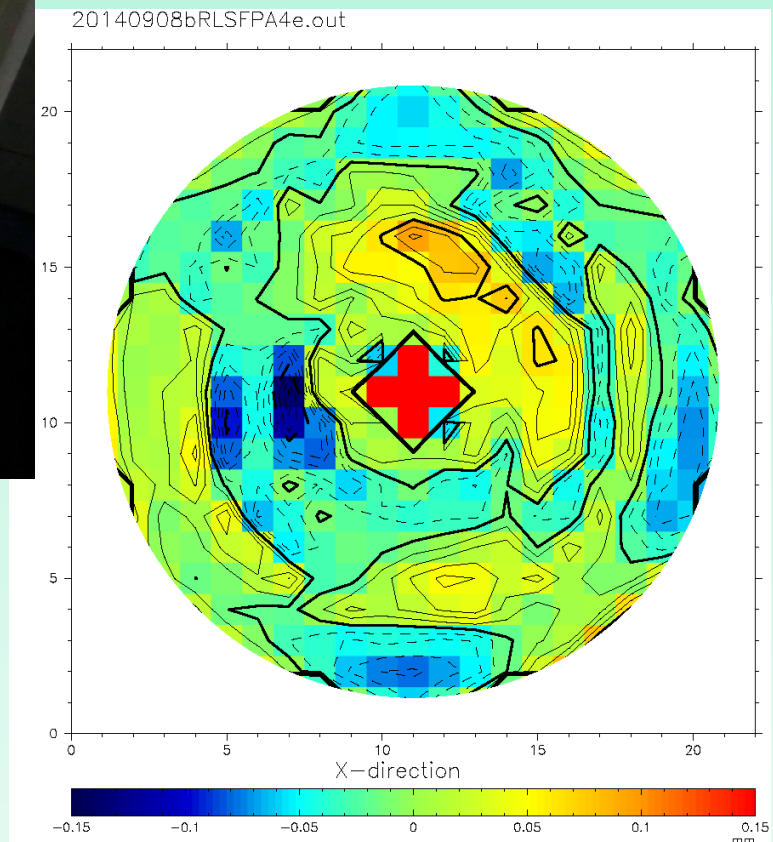
2014年8月、「焼き鈍し」を加えた結果、面精度30 μm rmsを加工費11万円で達成。

r.m.s. 40 μm では 開口効率 (ルツの式のexp部分の値のみ) 86% (230GHz)を

Highest: 0.14102 (sig= 3.568)
Lowest: -0.13716 (sig=-3.470)
Average: -0.500466E-02
 $\sigma_{\text{rms}} = 0.03952$ (mm)



アンテナ面は目視でも、これまでになくきれいに見える。手触りも「より」なめらか。



さらに、北嶋絞りの古い金型を再加工して
高精度金型(30cm:安い)を作成。

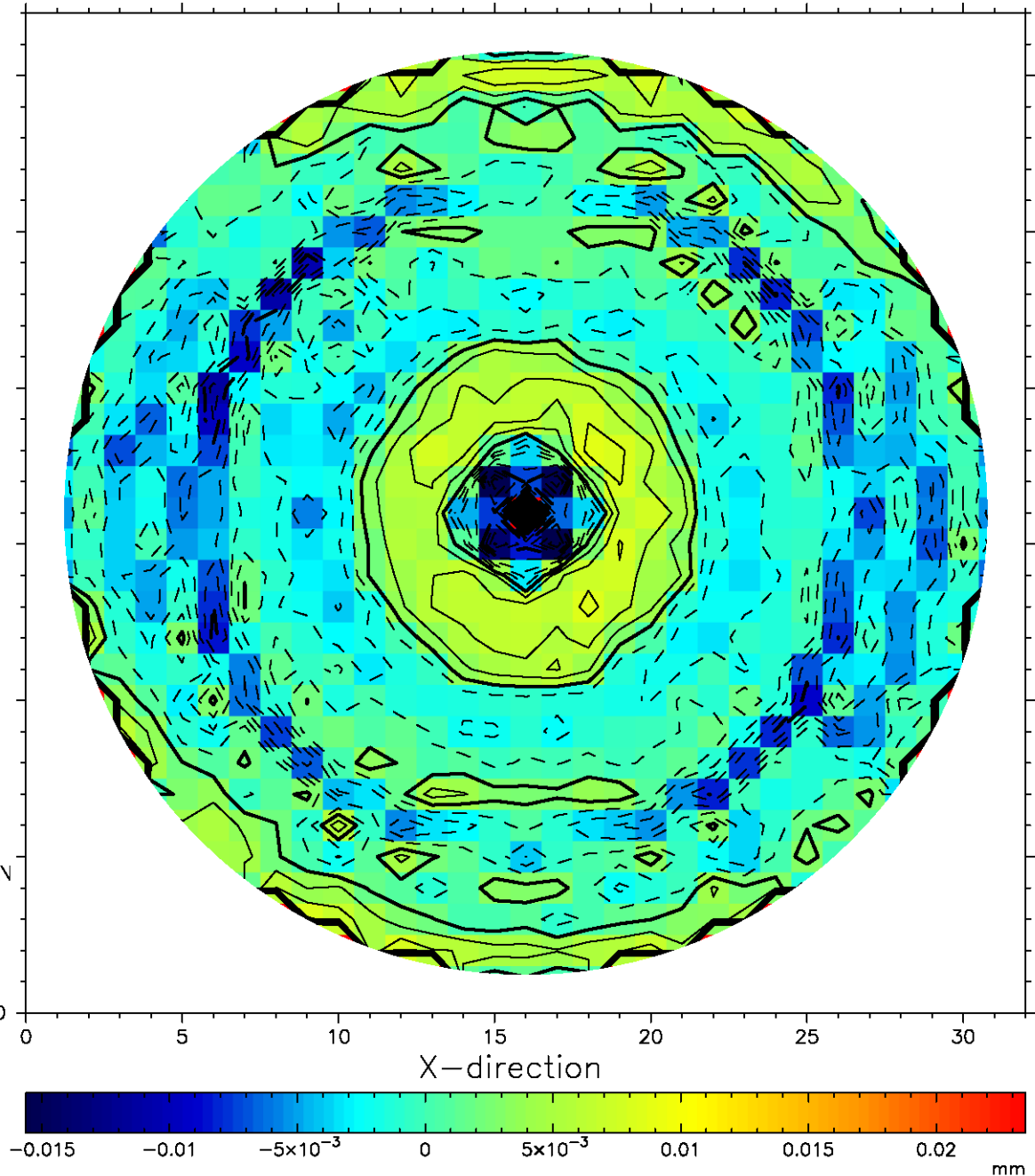


2015/2/4 10:12

NAOJの3次元測定機
で面測定(三ツ井氏)
同心円状の高低はある。
が、rms4ミクロン精度

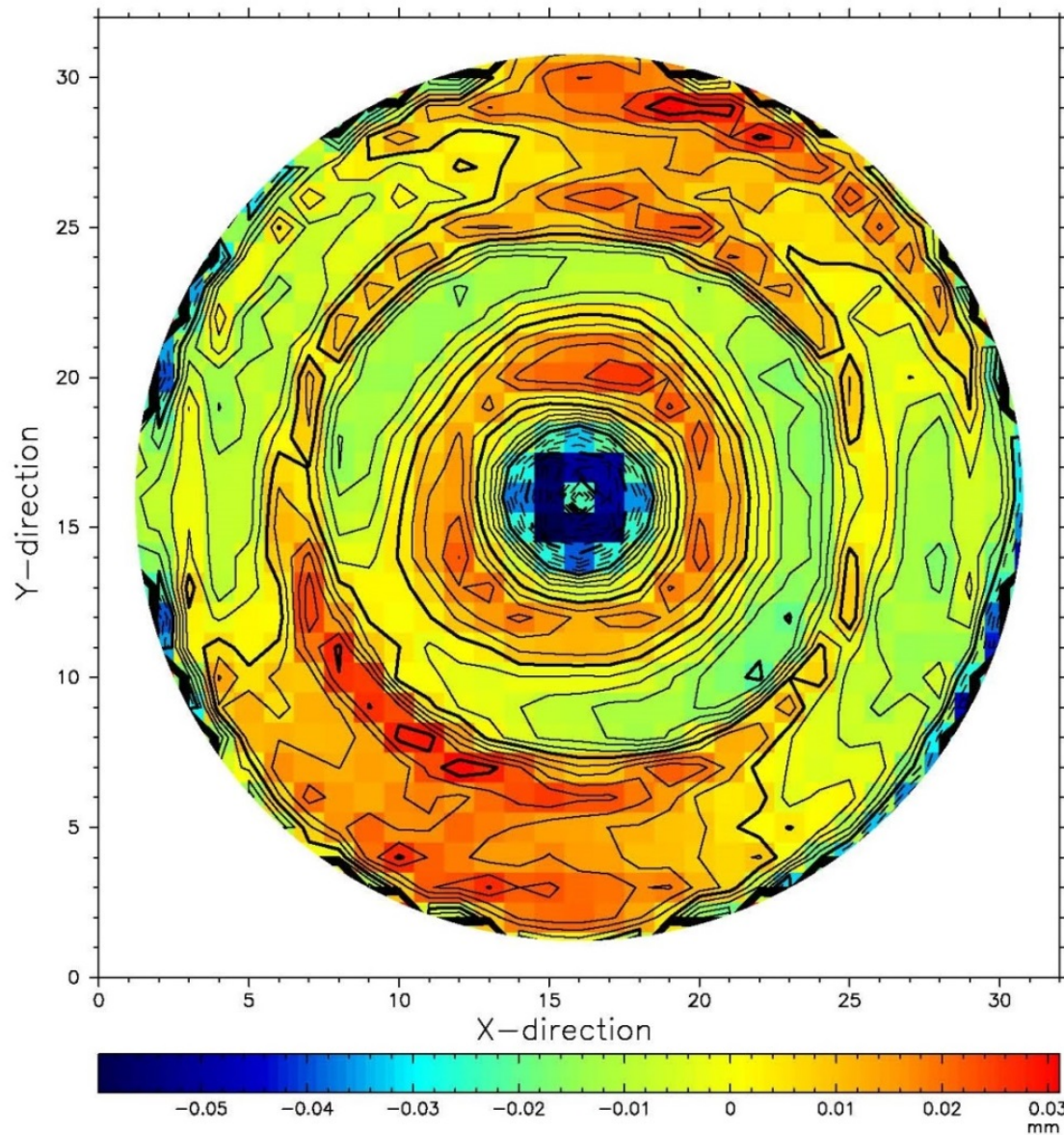
この金型を用い、
「へら絞り加工」
+「焼き鈍し」
を行った。

Sigma	rms(mm)	used DATA(%)	exin
5.961	0.003942	725(100.0)	0
4.500	0.003847	724(99.9)	1
4.000	0.003847	724(99.9)	1
3.500	0.003690	720(99.3)	5
3.000	0.003690	720(99.3)	5
2.500	0.003630	717(98.9)	8
2.000	0.003416	699(96.4)	26
1.500	0.002818	631(87.0)	94
1.000	0.001996	508(70.1)	217



同心円状のデコボコは、金型の形状をトレース

20150226-CrantFIN.out



2015年2月
ついに
15 μ m r.m.s.
の鏡面達成!

へら絞り(口径2mまで)で
十数ミクロン精度の
アンテナが安価に作れる!

60

TBS

番組表

TBSサイト内検索



検索

ドラマ・映画

バラエティ・音楽

生活・情報

報道・ドキ

▶ 意見・お問い合わせ

▶ ENGLISH

News |

ワザビト

BRIDGE

日本の下町・ 町工場の技術

- ・社会貢献は順調。
- ・加工精度の調査としては完成。

BRIDGE OF DREAMS

北嶋さんの職人技を見込んで移動式の電波望遠鏡作りを依頼。世界で初めてブラックホールが見られる望遠鏡を目指している。



ワザビトたちの夢

世界のどこへでも携帯できる天体望遠鏡を作って今まで見れなかった世界を見たい！

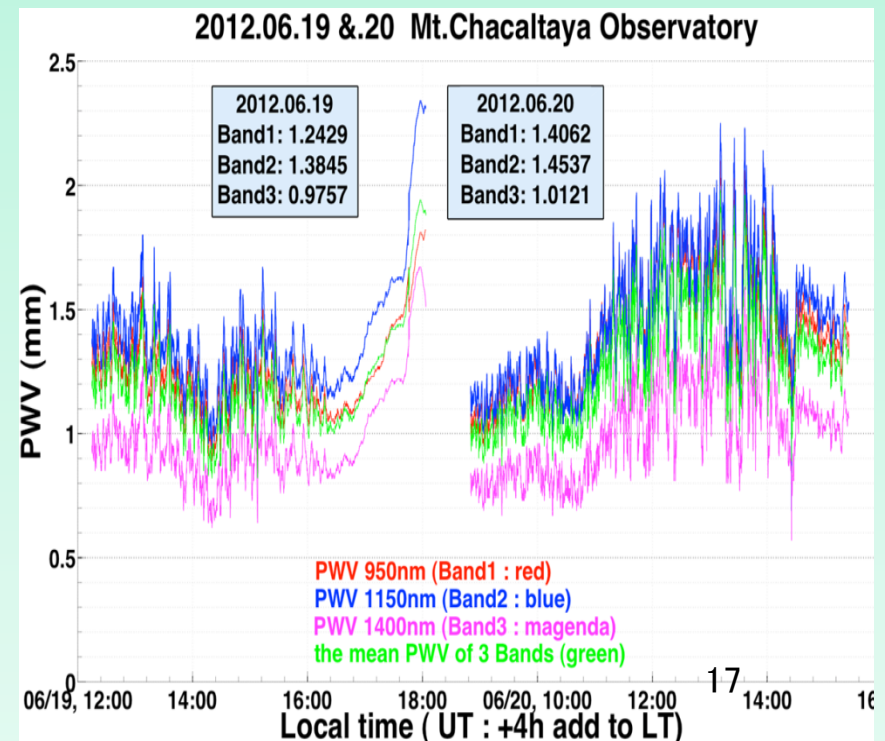
話すこと:

- きゃらばん・サブミリはブラックホール像を撮像。
 - 1) uvカバーとして必要な短基線1~2千kmを得る。
 - 2) そのコストダウン: へら絞りでrms15 μ m達成。
 - 3) アンデス・サーベイ: 雨季は観測に向かない。
- 日本/アジアでブラックホール撮像進めるには？
 - 1) 共同利用を実現すれば、NAOJでも推進できる。
 - 2) アジアで協力すれば世界をリードできる。
 - 3) 必要な短基線成分はきゃらばん・サブミリが担当すれば、良い。

2012年のサイトサーベイ

- 2012年6月に2週間サイトサーベイ実施。ワンカヨ、チャカルタヤ、その周辺で昼間の大気水蒸気量を測定。
- チャカルタヤ(5300m)はALMAサイトに匹敵。PWVは1.5mm。
- ワンカイヨ(3370m)で平均10mm。近郊のコスモス観測所で4mm。
- 大気位相変動は水素メーザの変動よりも大なので、原子時計の性能がネックになることはない。
- 夜間・通年のモニタは今後、必要。

チャカルタヤ山宇宙線観測所での測定。PWV~1.5mm





乾季：2012/06 このように晴天続きのサーベイ

2015年2-3月に雨季のサイト調査

- 夏(雨季)には“雪”が多い。水蒸気ALMAサイトと同じ(チャカルタヤ)
- 水蒸気・乾季の2倍くらい(ペルーサイト)

ペルー・ボリビア域夏季大気水蒸気量の測定(高遠・ビダル・竹川・三好、イシツカ、&岡)
2015年2月25日---3月12日

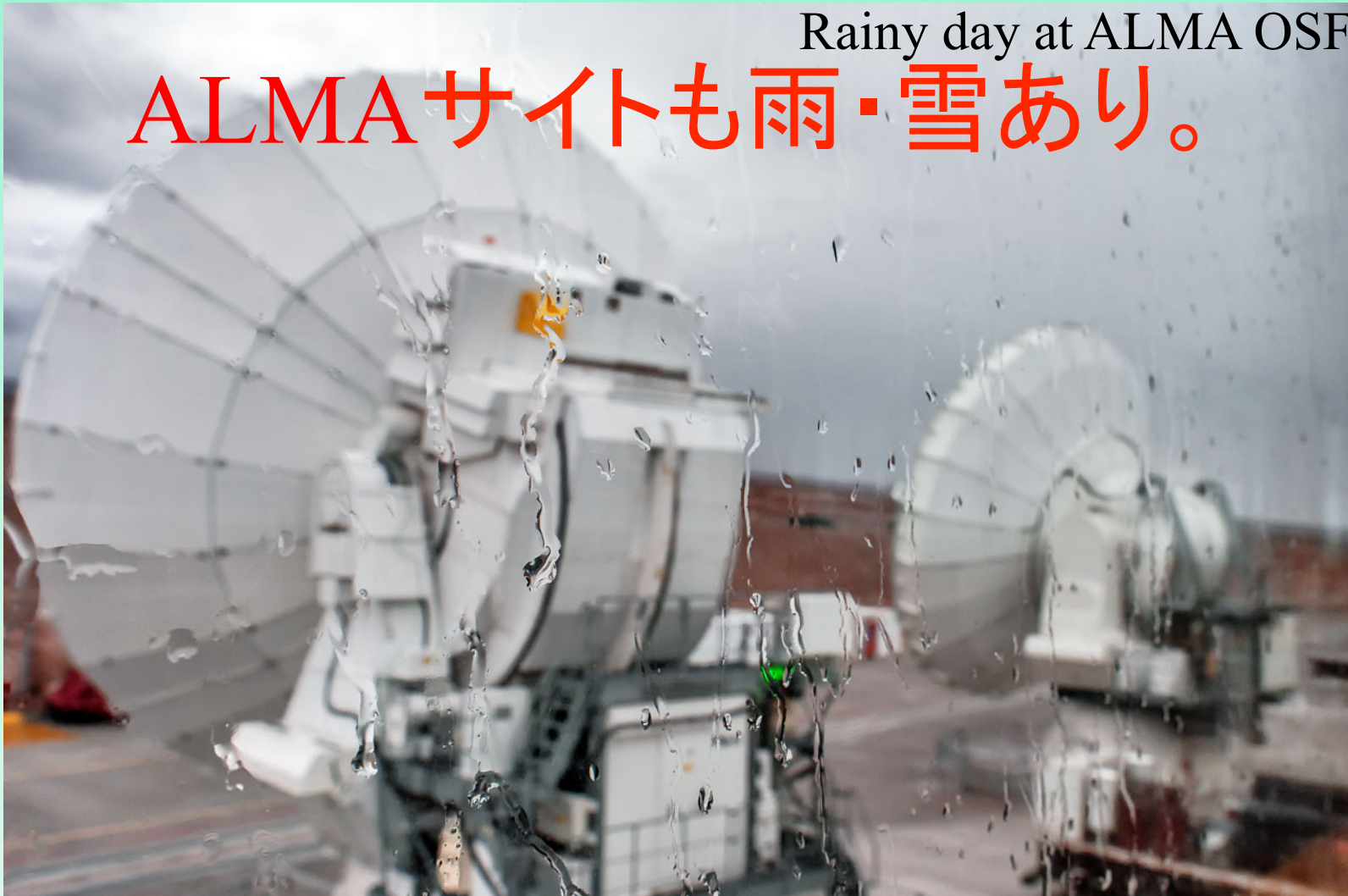


旧COSMOS観測所4600mにて

http://www.eso.org/public/images/dsc_3066-cc/

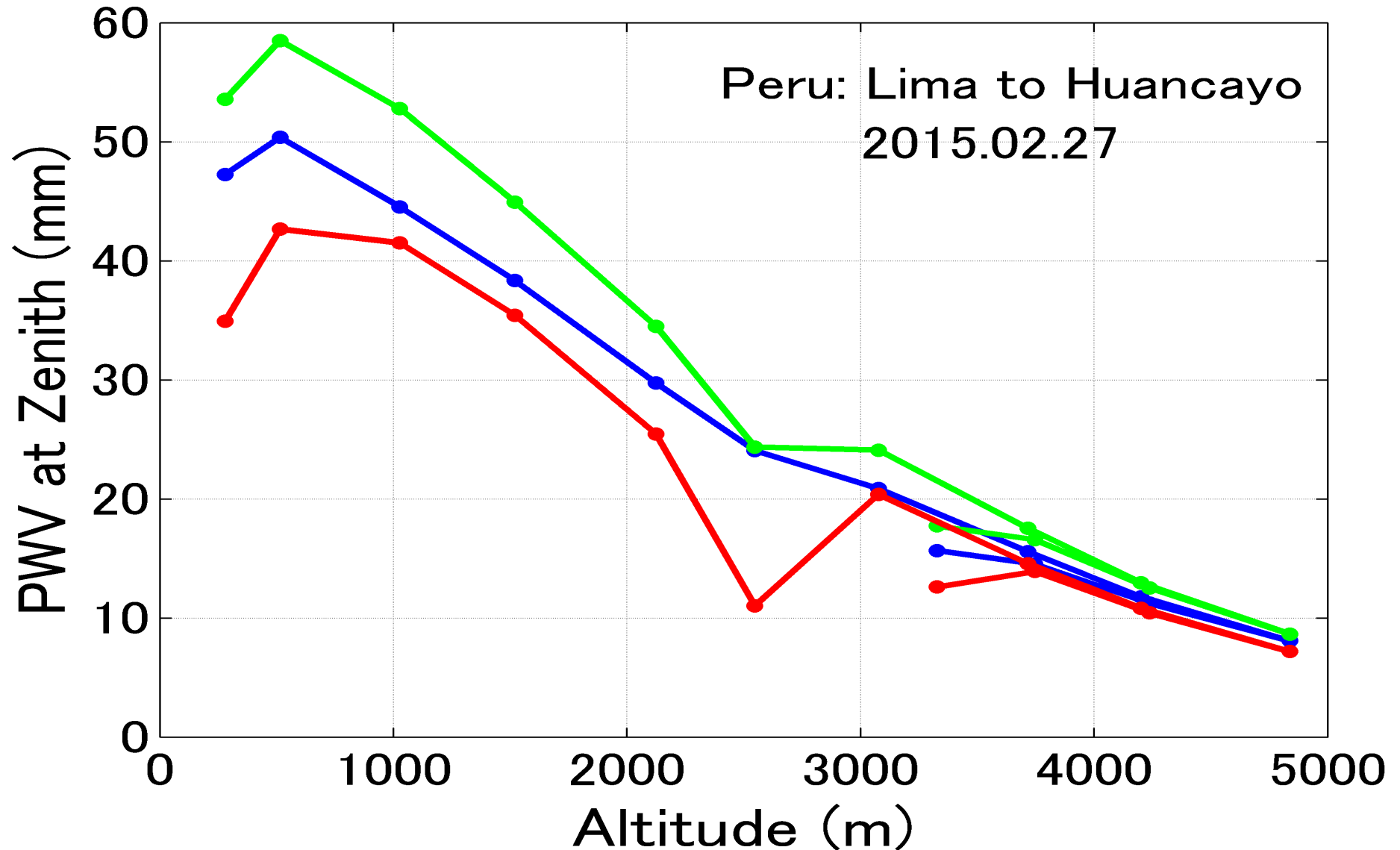
Rainy day at ALMA OSF

ALMAサイトも雨・雪あり。

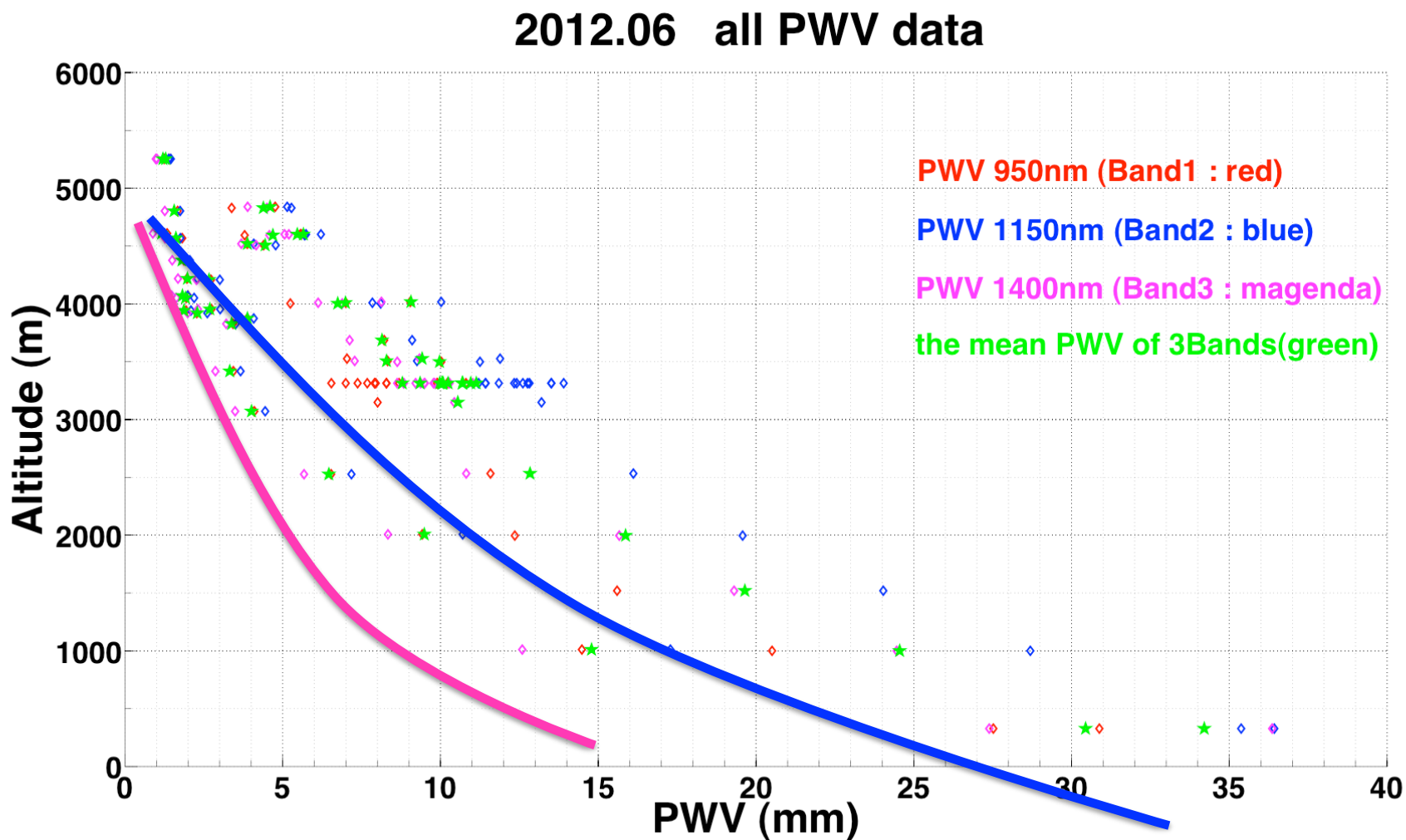


ボリビア(チャカルタヤ)とALMAサイトの天候は連動

ペルー(リマ-ワンカヨ)でPWVは乾季の2倍程度
5300m(チャカルタヤ)でPWVは6mm程度(乾季6倍悪い！)
---ALMAサイトもこの時期同じ位。



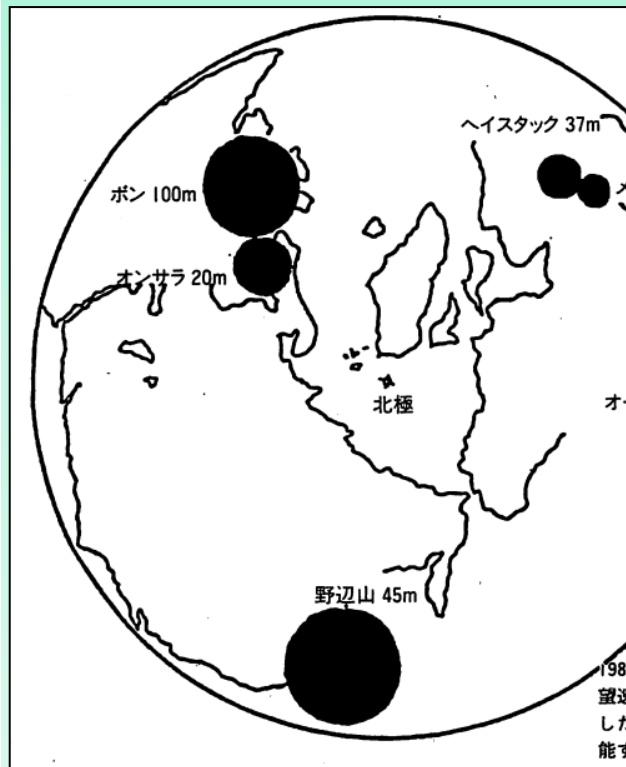
- 解析結果 (2012.6) -



話すこと:

- きゃらばん・サブミリはブラックホール像を撮像。
 - 1) uvカバーとして必要な短基線1~2千kmを得る。
 - 2) そのコストダウン: へら絞りでrms15 μ m達成。
 - 3) アンデス・サーベイ: 雨季は観測に向かない。
- **日本/アジアでブラックホール撮像進めるには?**
 - 1) 共同利用を実現すれば、NAOJでも推進できる。
 - 2) アジアで協力すれば世界をリードできる。
 - 3) 必要な短基線成分はきゃらばん・サブミリが担当すれば、良い。

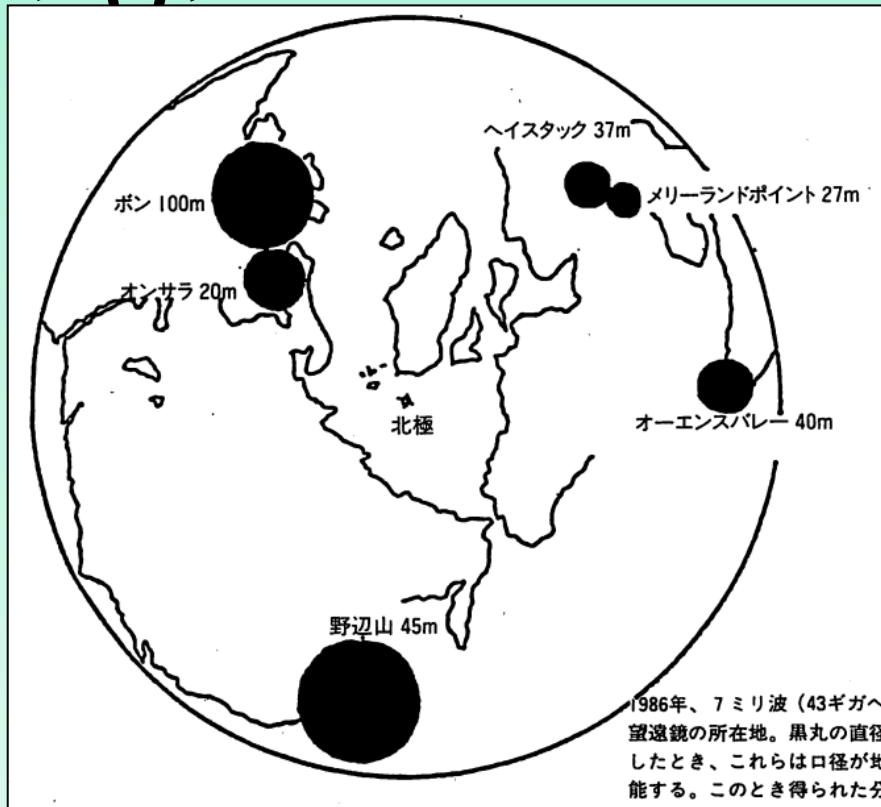
写真：1991年、グローバルミリ波 VLBI参加の野辺山45m(歯抜け)



Global mm-VLBI
Network in 1980's



グローバルミリ波VLBI:NRO共同利用にならないので廃れていった



Global mm-VLBI
Network in 1980's

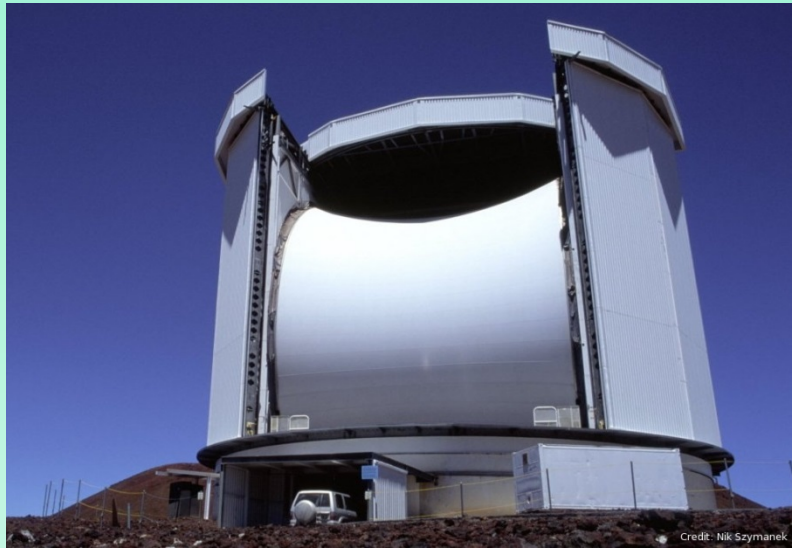
VSOPで忙しくなった、という理由も。国内VLBIネットワークを野辺山共同利用として開始(1994年頃)。
共同利用できる/できないはNAOJにとって重要な「推進する」判断基準。

話すこと:

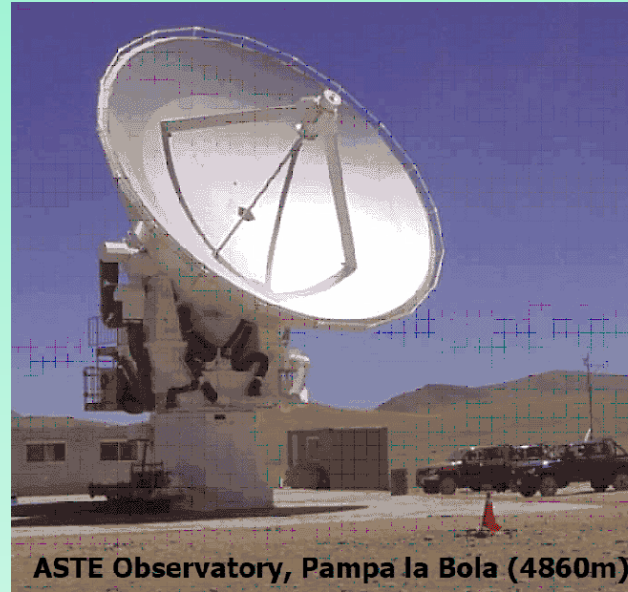
- きゃらばん・サブミリはブラックホール像を撮像。
 - 1) uvカバーとして必要な短基線1~2千kmを得る。
 - 2) そのコストダウン: へら絞りでrms15 μ m達成。
 - 3) アンデス・サーベイ: 雨季は観測に向かない。
- 日本/アジアでブラックホール撮像進めるには？
 - 1) 共同利用を実現すれば、NAOJでも推進できる。
 - 2) **アジアで協力すれば世界をリードできる。**
 - 3) 必要な短基線成分はきゃらばん・サブミリが担当すれば、良い。

日本・東アジアのサブミリ波望遠鏡、ALMA以外にも既に4つある。

JCMT15m



ASTE10m

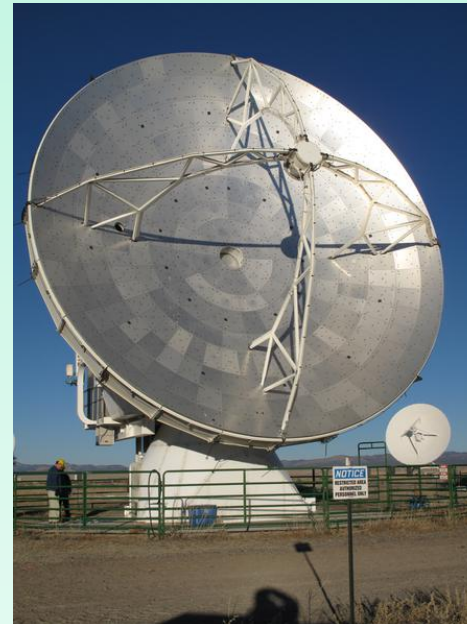


ASTE Observatory, Pampa la Bola (4860m)

SPART望遠鏡(府立大・前澤研)



GLT12m
(ASIAA)

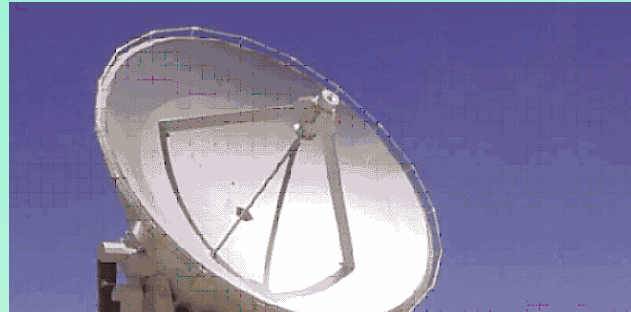


日本・東アジアのサブミリ波望遠鏡、ALMA以外にも既に4つある。

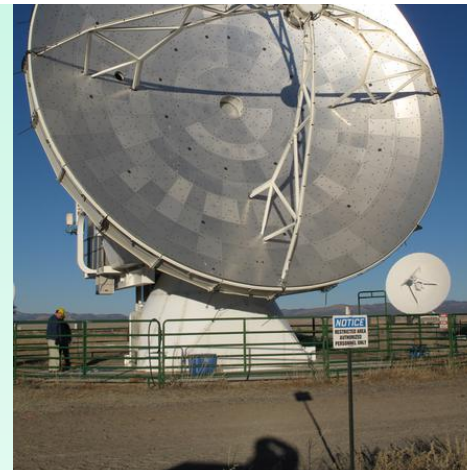
JCMT15m



ASTE10m



アジアで協力して、**共同利用装置**をつくる。NAOJもサブミリVLBIによるブラックホール撮像を推進するはず

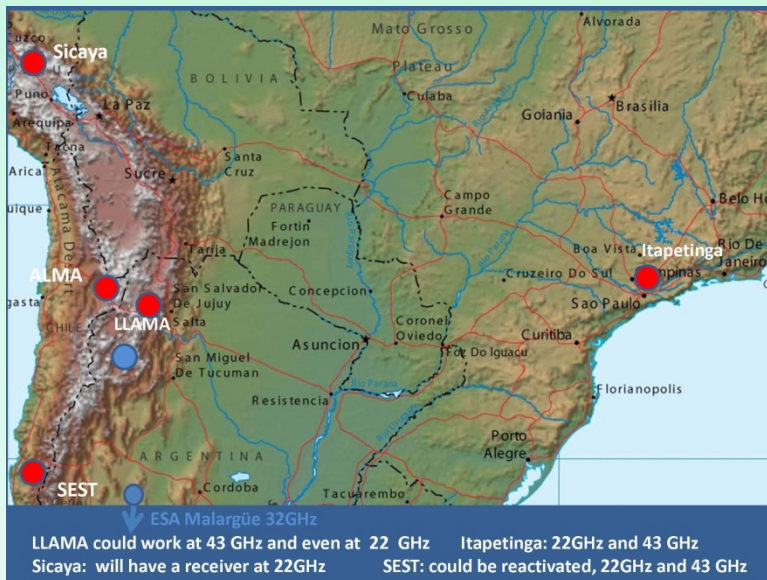


話したこと:

- きゃらばん・サブミリはブラックホール像を撮像。
 - 1) uvカバーとして必要な短基線1~2千kmを得る。
 - 2) そのコストダウン: へら絞りでrms15 μ m達成。
 - 3) アンデス・サーベイ: 雨季は観測に向かない。
- 日本/アジアでブラックホール撮像進めるには?
 - 1) 共同利用を実現すれば、NAOJでも推進できる。
 - 2) アジアで協力すれば世界をリードできる。
 - 3) 必要な短基線成分はきゃらばん・サブミリが担当すれば、良い。

(案) LLAMA (Long Latin American Milimetric Array) ときゃらばん移動局で短基線成分を担当する

- すでにペルー-IGP (Dr. Ishitsuka) とは深く連携。
- きゃらばん・サブはアンデス、ブラジル高地へと移動観測する。地元とのつながりが成功の鍵。



きゃらばん含めると超短基線～地球サイズのサブミリVLBI網ができてしまう

JCMT15m

ASTE10m

GLT12mも

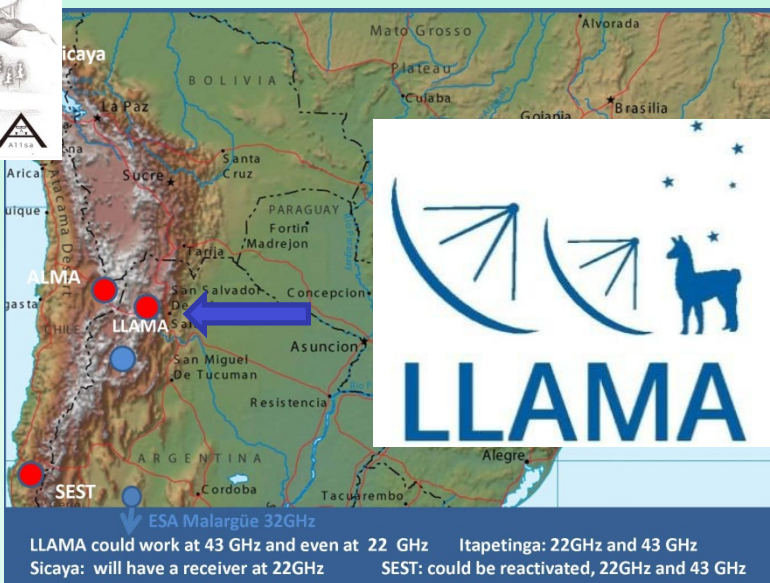
アジアで協力すれば 世界をリードできる。

SPART望



ASTE Observatory, Pampa la Bola (486

アルジェンチン12m、RXを送る



180kmの
短基線が
できる！



LLAMA could work at 43 GHz and even at 22 GHz Itapetinga: 22GHz and 43 GHz
Sicaya: will have a receiver at 22GHz SEST: could be reactivated, 22GHz and 43 GHz

きゃらばん含めると超短基線～地球サイズのサブミリVLBI網ができてしまう

日・ALMAチームと協力で世界をリードできる。

ALMA: ALMA.p

(観測提案を応援してくれるのは日本のALMAチーム)

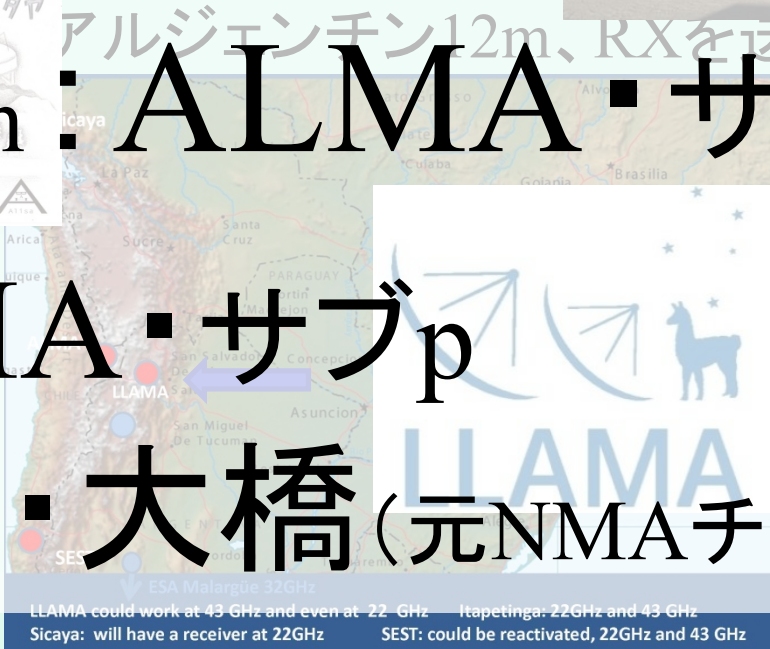
SPART望

野辺山45m & 10m : ALMA・サブp

ASTE: ALMA・サブp

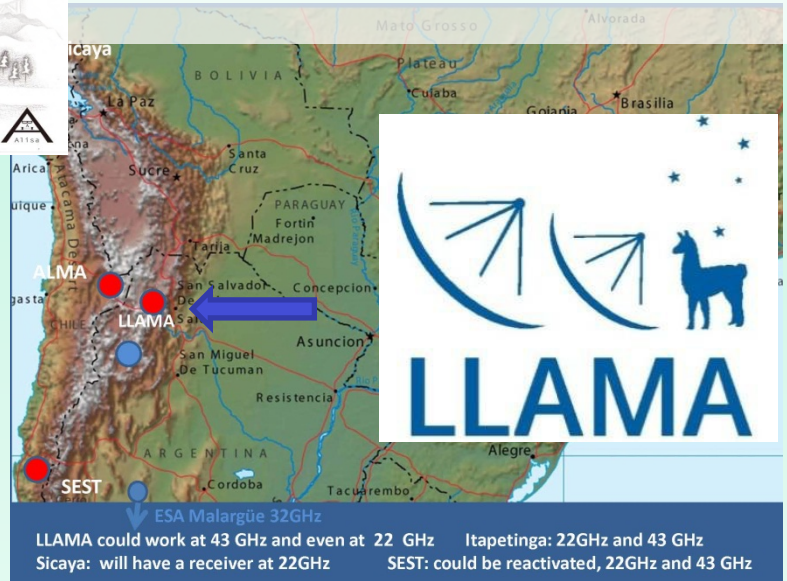
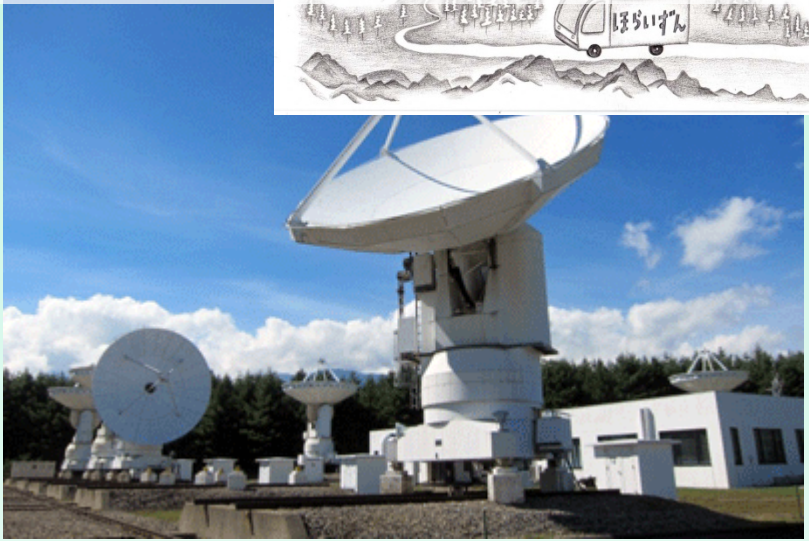
JCMT: すばる・大橋 (元NMAチーム)

180kmの短基線ができる!



きゃらばん含めると超短基線～地球サイズのサブミリVLBI網ができてしまう

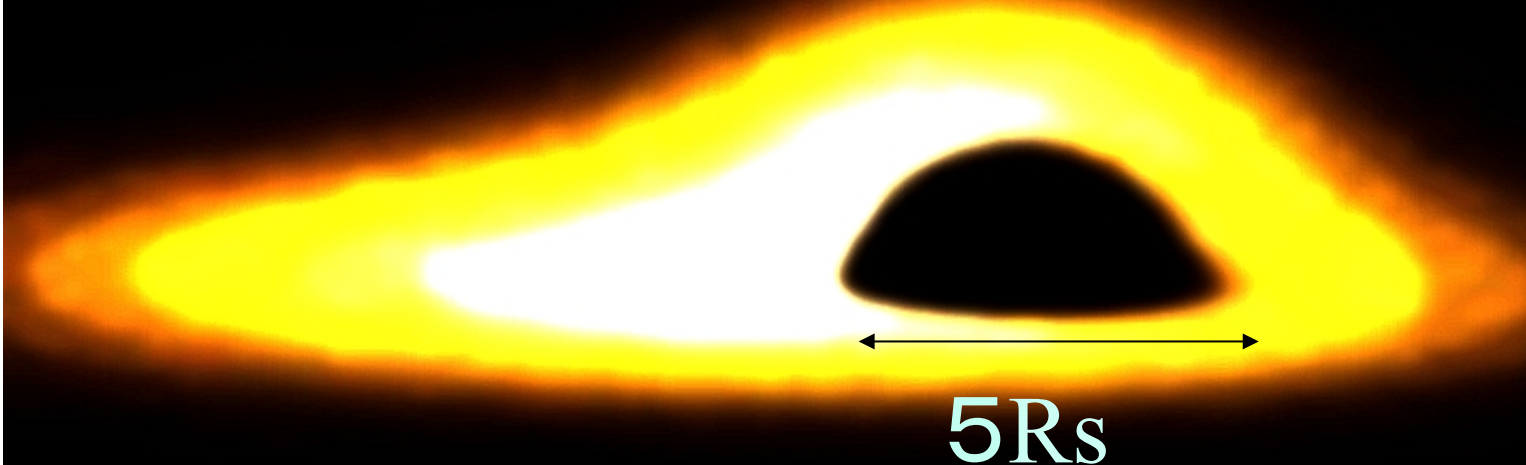
日・ALMAチームと協力で世界をリードできる。 今後、ALMAの人との連携強化を。



180kmの短基線ができる！



ブラックホールを計算機で初めて見たのは日本人(福江さん)。



ブラックホールは見えないが、その重力による光の屈折によって、中心部分に暗がりができる。またブラックホールの周囲(円盤)はブラックホールに落ちてきた物質が作る(ドーナツ型)が、重力による光の屈折(重力レンズ効果)のため、向こう側の円盤部分がせり上がって、見えてしまう。重力による屈折で向こう側が浮き上がるように見える！

観測も

日本・アジア主導で！

<http://quasar.cc.osaka-kyoiku.ac.jp/~fukue/>より。