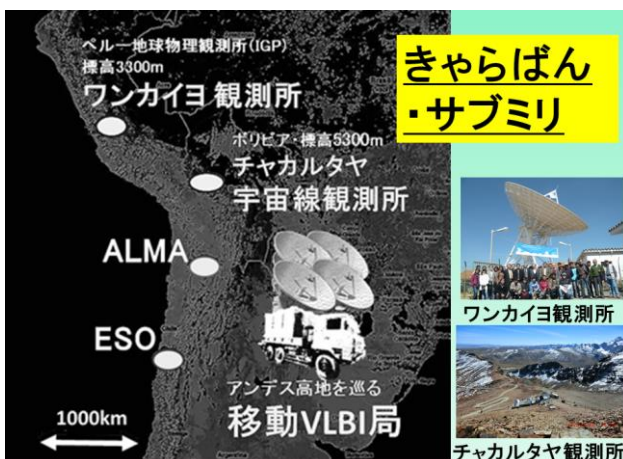


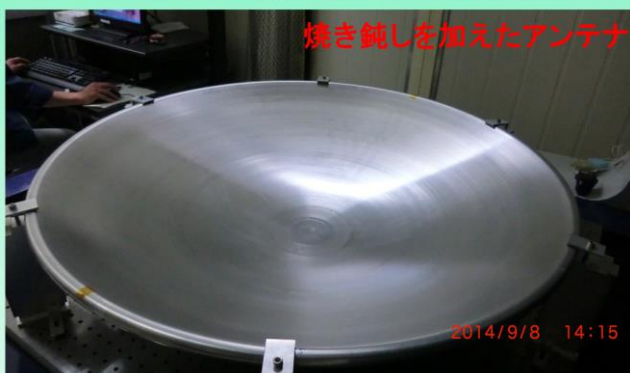
日本・東アジア主体のサブミリ波 VLBI ネットと きゃらばん、その意義

○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(愛知教育大), 氏原秀樹 (NICT)、ほかメンバ

概要：きゃらばん・サブミリは、ブラックホール像を撮像する上で欠くことができない短基線 1～2 千 km を得る装置計画である。この 1 年の調査検討結果として 1) そのコストダウンをめざして検証したへら絞り法で rms 15 μ m を達成、2) アンデス・サーベイより、現地雨季は観測には向かない、3) オーバサイズ導波管の利用により低損失を実現、複合鏡方式の実現が可能であること、がわかった。また、日本/アジアでブラックホール撮像進めるためのキーポイントとして、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こと、を強調したい。その中で必要な短基線成分はきゃらばん・サブミリが担当することになる。



残留応力を除去できれば、反りは解消して、鏡面精度は向上。
(「焼き鈍し」～400度Cの熱処理で残留応力除去を行った)



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。

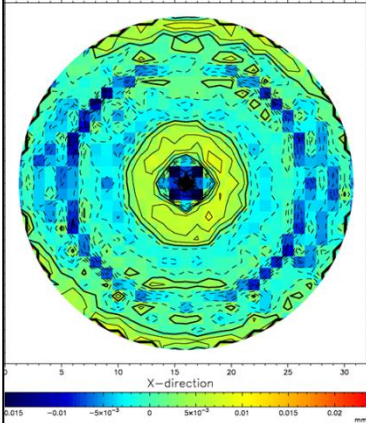
・ブラックホール撮像装置「きゃらばん・サブミリ」：
サブミリ波 VLBI によって我々の銀河系中心ブラックホール SgrA*などの降着円盤、ブラックホール・ホライズンの撮像をめざす。南米ペルー・ボリビア・チリのアンデス高地に移動型局を含む VLBI 網を作り、1～2 千 km の短基線 VLBI (230GHz 帯) を実現し、ブラックホールの撮像を行う。移動局では数メートル口径で、かつ小型軽量でなければならない。そこで口径 2m 程度の小アンテナをユニット化し、それを複数合わせる。各部のユニット化により、現地での組立・設置・分解・運搬を容易にする。

・へら絞り加工で rms15 μ m を達成：望遠鏡自体のコストダウンを目指し、高精度アンテナ面をへら絞り法で安価に製作できないか、検討を行ってきた。その結果、高精度化の要点は(1) 素材アルミ板の残留応力による反りを、焼き鈍しで除去する、(2) へら絞り加工における工作精度は極めて良好で数 μ mrms より小さい、(3) 金型面の精度をミクロン精度で作れば良い、ことがわかった。

へら絞り加工はその面形状をほぼ忠実に転写する。口径 30cm の小型精密金型を用い、焼き鈍し工程を加えると、放物面に対して rms 15 μ m の精度

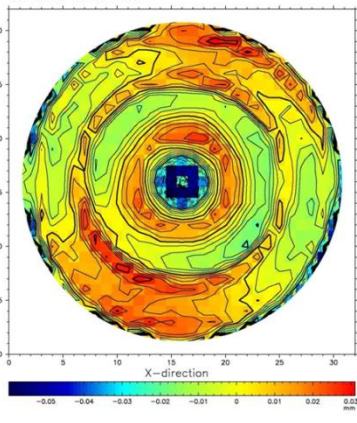
使用金型面の形状：
放物面残差3.94 μ m r.m.s
同心円状に高低あり。

20150204ArantFIN.out



アンテナ面の形状：
残差15 μ m r.m.s 達成！
金型同様の同心円状の高低

20150226-CrantFIN.out



になることを確認した。使用した金型には半径に依存する若干の凹凸があり、アンテナ面の凹凸と対応している。金型面形状の転写性能としては、へら絞り加工は10 μ mをきる。

【参考文献：へら絞り法によるコストダウン・短ミリ波帯アンテナの検討— 事象の地平線観測に向けて、三好 真，岡田則夫，三ツ井健司，イシツカホセ，春日 隆，国立天文台報 第16巻，21 - 42 (2014) <http://www.nao.ac.jp/contents/about-naoj/report-s/report-naoj/16-2.pdf>】



・雨季におけるボリビア・ペルーのサイトサーベイ：

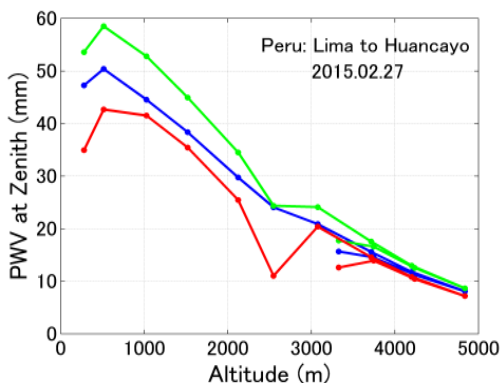
2012年6-7月に現地・乾季のサイトサーベイを行い、観測適地であることは確認した（左図：2012年6月ボリビアの青空）。2015年2-3月に今度は現地・雨季のサイトサーベイを実施して、季節の違いを調査した。

左斜め下の図は、ペルー旧コスモス観測所(標高4600m)における測定風景である。天候は曇り・小雨であり、晴れ間を縫っての太陽光観測から可降水量は乾季の約2倍、8mm程度であった。またボリビア・ラパス近郊チャカルタヤ宇宙線観測所(標高5300m)では、天候は雪であり(雨季には雪が降る)、同じく晴れ間を縫っての太陽光観測から可降水量は乾季の約7倍、7mmであった。この値はALMAサイトにおける同日に可降水量と同等であった。ペルー・ボリビアのアンデス高地(標高4000m超)においてはALMAサイト同様、可降水量の季節変動があり、サブミリVLBI観測を年中、同一条件での実施はできないと思われる。ペルー・リマからワンカヨにおいては約2倍に可降水量が増大する。チャカルタヤ山頂では乾季1mm、雨季7mmと7倍の増大となる。世界規模で観測する場合、南北半球で季節が逆転するため、グローバル観測で好条件の観測を実現するのは難しいと想像する。



←ALMAサイトにおける雨。ALMAサイトも雨・雪で観測中断される。

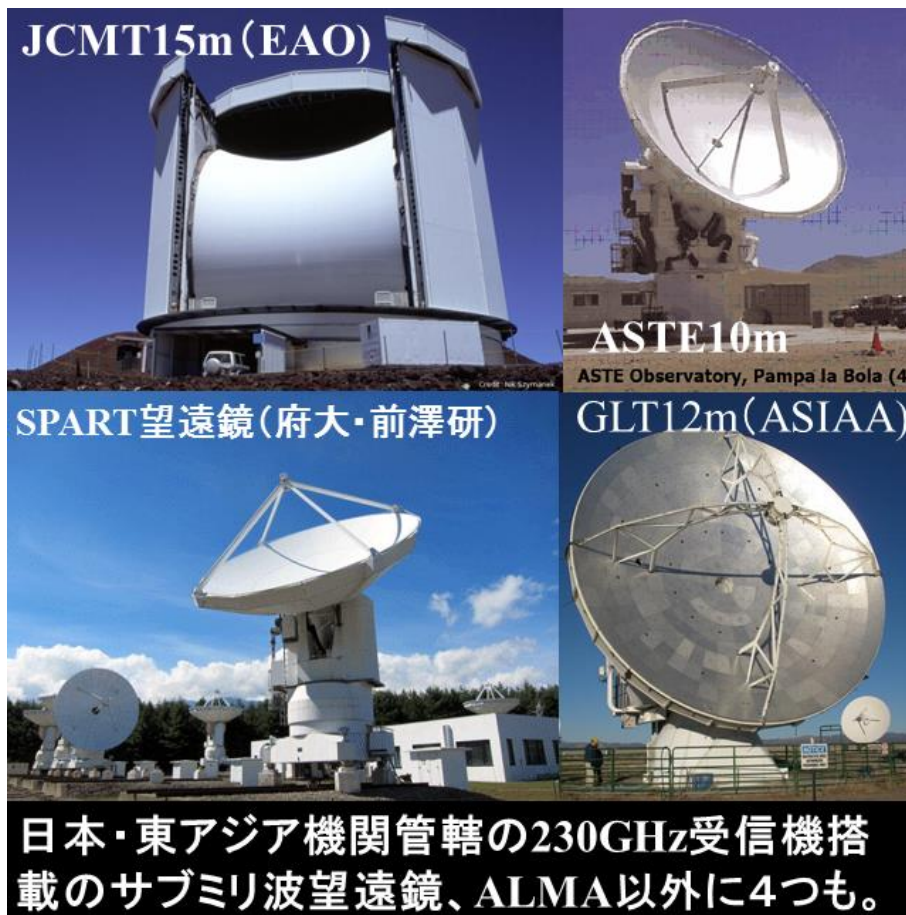
http://www.eso.org/public/images/dsc_3066-cc/



← 2015年2-3月のサイトサーベイにおける可降水量と標高の関係。3本の曲線は、各々、1ミクロン帯にある3つの異なる水蒸気吸収線によるもの。標高4000m超において可降水量は10mm程度。乾季測定値(6-7月)に比べ2倍程度に大きくなる。

・日本・アジアにおいてサブミリ波 VLBI (ブラックホール近傍・ホライズンの撮像) を進めるには :
アジアの関連機関は ALMA を除いて 4 台ものサブミリ波 VLBI 可能な電波望遠鏡を持っている (EAO :
JCMT 15m 鏡@ハワイ、ASIAA : GLT 12m 鏡@グリーンランド、NAOJ : ASTE 10m 鏡@チリ、府大前澤
研・NRO : SPART10m 鏡@野辺山)。これは世界的にみても希有な好状況である。この点を生かせば、日
本・アジア主導でサブミリ波帯の VLBI 研究をリードできる。

一つのキーポイントは共同利用化できるかどうかである。共同利用観測化できれば、NAOJ もサブミリ
VLBI によるブラックホール撮像を推進しやすい。また日・ALMA チームと協力も世界をリードするため
には強い後押しとなるはずである。



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)。

観測成果も
日本・アジア主導で！