

共同利用:

「銀河系中心SgrA*の 大質量ブラックホール撮像にむけて」

西尾正則 (鹿児島大学), 高遠徳尚 (国立天文台), 岡 朋治(慶應大),
朝木義晴 (宇宙科学研究所) , 三好 真 (国立天文台),
ホセ・イシツカ、根本しおみ(IGP=ペルー地球物理観測所),
垣本史雄, 常定芳基 (東工大), 手嶋政廣, 寺澤敏夫 (東大),
高橋真聡 (愛知教育大), 松原豊, ディエゴ・ロペス (名古屋大学)

きゃらばん・サブ、2013年春現況

○三好真, 加藤成晃, 高遠徳尚, 岡田則夫, 三ツ井健司, 大淵喜之, 萩原喜昭, 宮地竹史, 川口則幸 (国立天文台), 近藤哲朗, 関戸衛, 小山泰弘, 氏原秀樹, 入交芳久 (NICT), イシツカ ホセ, ビダル エリック, 根本しおみ (ペルー IGP), 朝木義晴, 坪井昌人, 竹内央 (宇宙研), 春日隆 (法政大), 新沼浩太郎 (山口大), 江里口良治, 吉田慎一郎, 谷口敬介 (東大), 冨松彰, 南部保貞 (名大), 高橋真聡 (愛教大), 斉田浩見, 町屋修太郎 (大同大), 小出眞路 (熊本大), 高橋芳太 (苫小牧高専), 岡朋治, 古澤純一 (慶大), 面高俊宏, 西尾正則, 今井裕, 亀野誠二 (鹿大), 高羽浩, 須藤広志, 若松謙一 (岐阜大), 大師堂経明 (早大)

2013年春日本天文学会予稿から

我々の銀河系中心ブラックホールSgrA*

* 最も近距離にある(8kpc)大質量ブラックホール
→周辺環境について、良く観測ができる。

例1) 周辺で軌道運動する恒星(BH質量の測定)

例2) 接近するG2ガス雲(2014年3月最接近)

→最も見かけが大きく見えるブラックホールである。

ブラックホール降着円盤の観測、強い重力場での一般相対論的現象の観測(BHシャドーなど)を期待できる。

我々の銀河系中心ブラックホールSgrA*

* 最も近距離にある(8kpc)大質量ブラックホール

→ 周辺環境について、良く観測ができる。

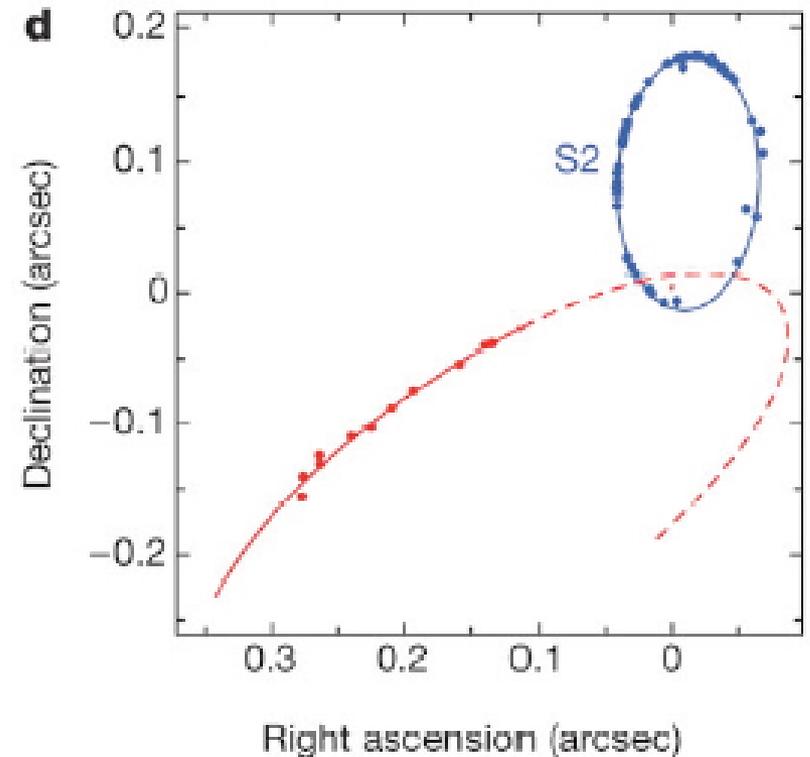
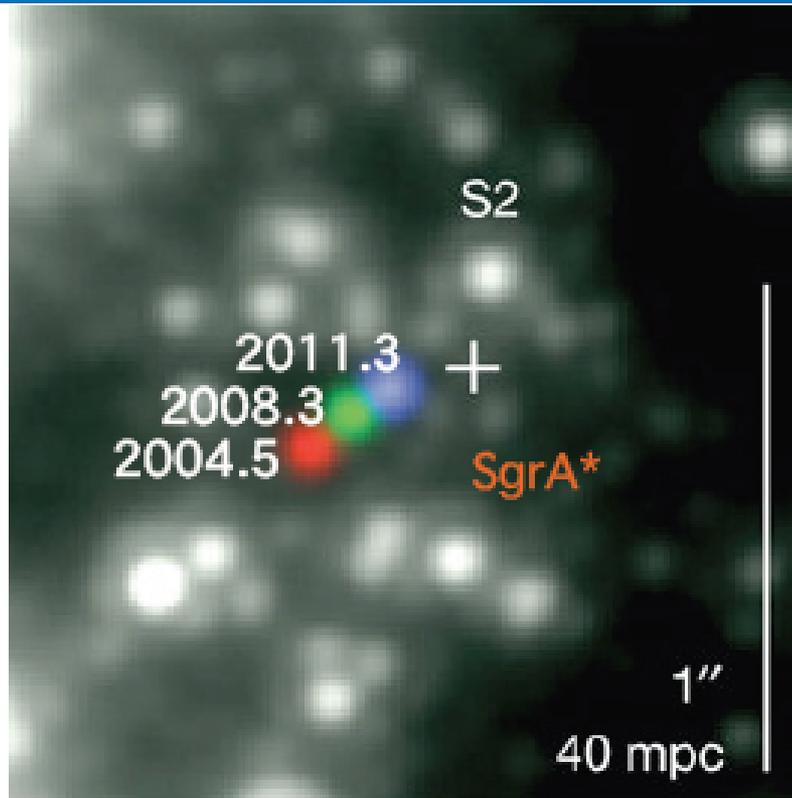
例1) 周辺で軌道運動する恒星(BH質量の測定)

例2) 接近するG2ガス雲(2014年3月最接近)

→ 最も見かけが大きく見えるブラックホールである

ブラックホール降着円盤の観測、強い重力場での一般相対論的現象の観測(BHシャドーなど)を期待できる。

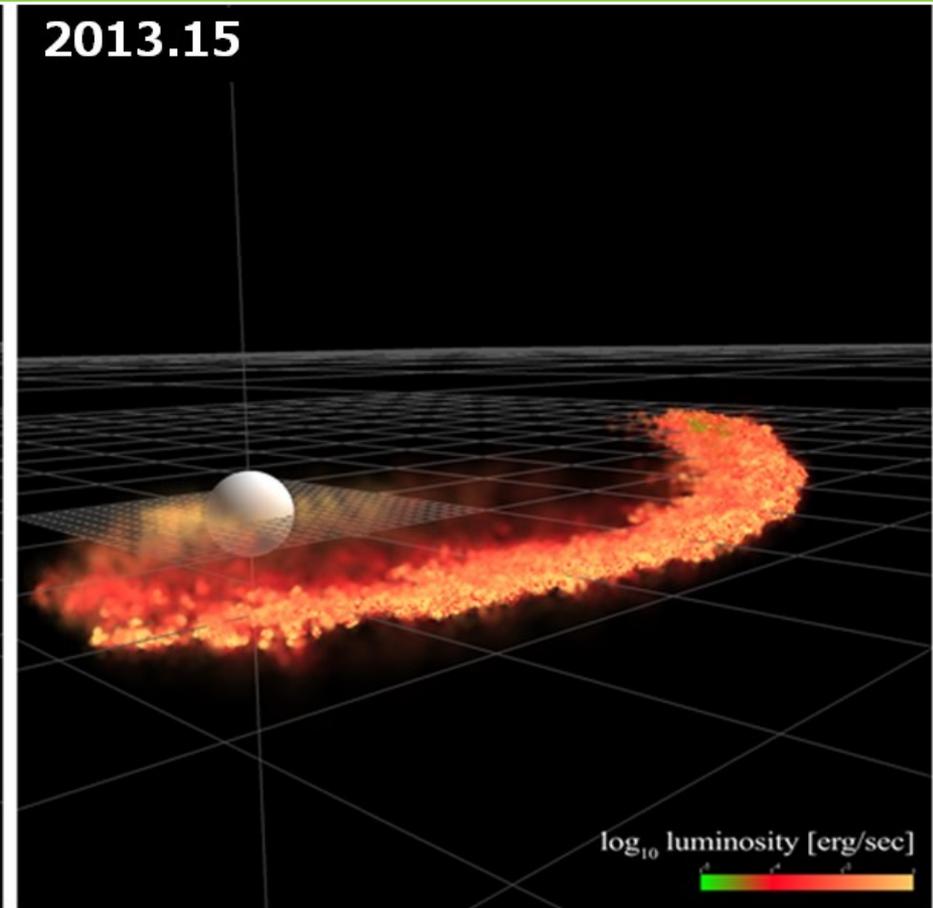
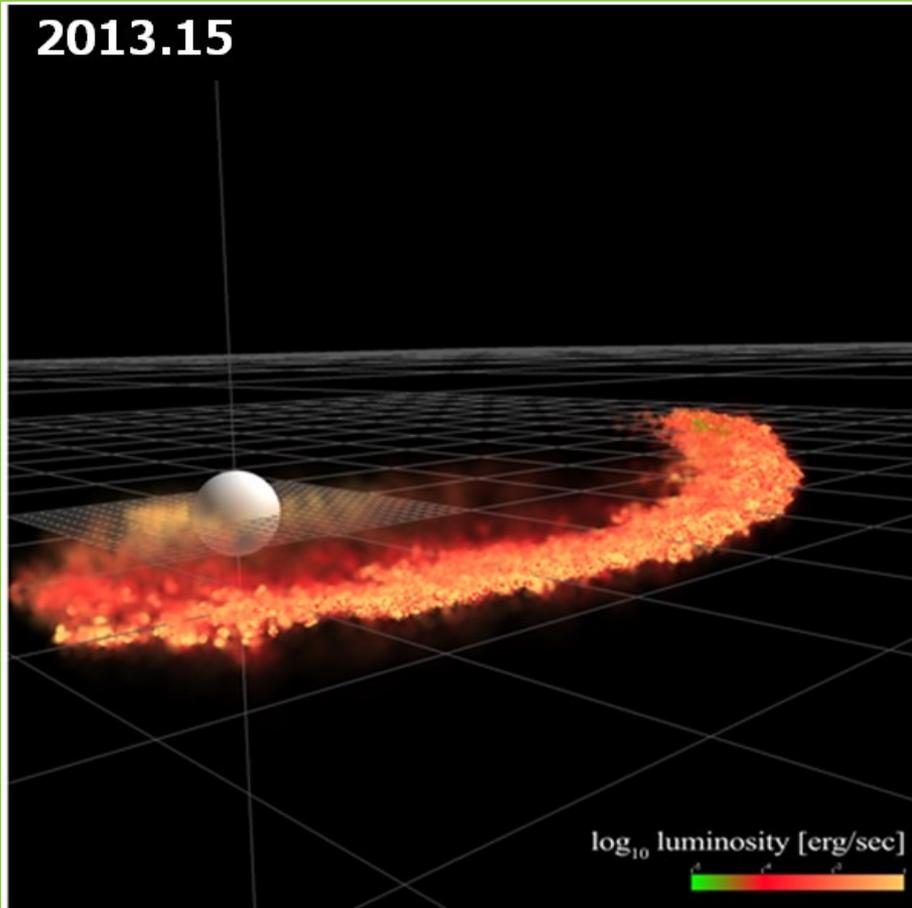
銀河中心BHにSgrA*にガス雲が接近。大量ガス降着が起きるか？



銀河系中心（天の川銀河の中心）の大質量ブラックホールである Sgr A* 周囲をヨーロッパ南天天文台の巨大望遠鏡VLT を使って赤外線 で10年以上続けた結果、銀河系中心に向かって落下するガス雲が見つかった。(2012年1月「Nature」に掲載された。Gillessen et al. Nature 2012, 418, 51)

2014年3月には銀河系中心Sgr A*の近く(150天文単位=2000 シュワルツシルト半径)まで接近すると推定されている。

銀河中心BHにSgrA*にガス雲が接近。大量ガス降着が起きるか？



齊藤ら(東工大)による三次元simulation(2013)

銀河中心BHにSgrA*にガス雲が接近。大量ガス降着が起きるか？

2013.15

2013.15

3. 日本のVLBI観測網で本当はどうなるか明らかにしたい。



岐阜大11m鏡



国立天文台/茨城大 高萩32m鏡



国立天文台水沢 10m鏡



NICT 鹿嶋34m鏡
この夏から条件がゆるせば参加している。



国土地理院/筑波大32m鏡
(条件がゆるせば参加)

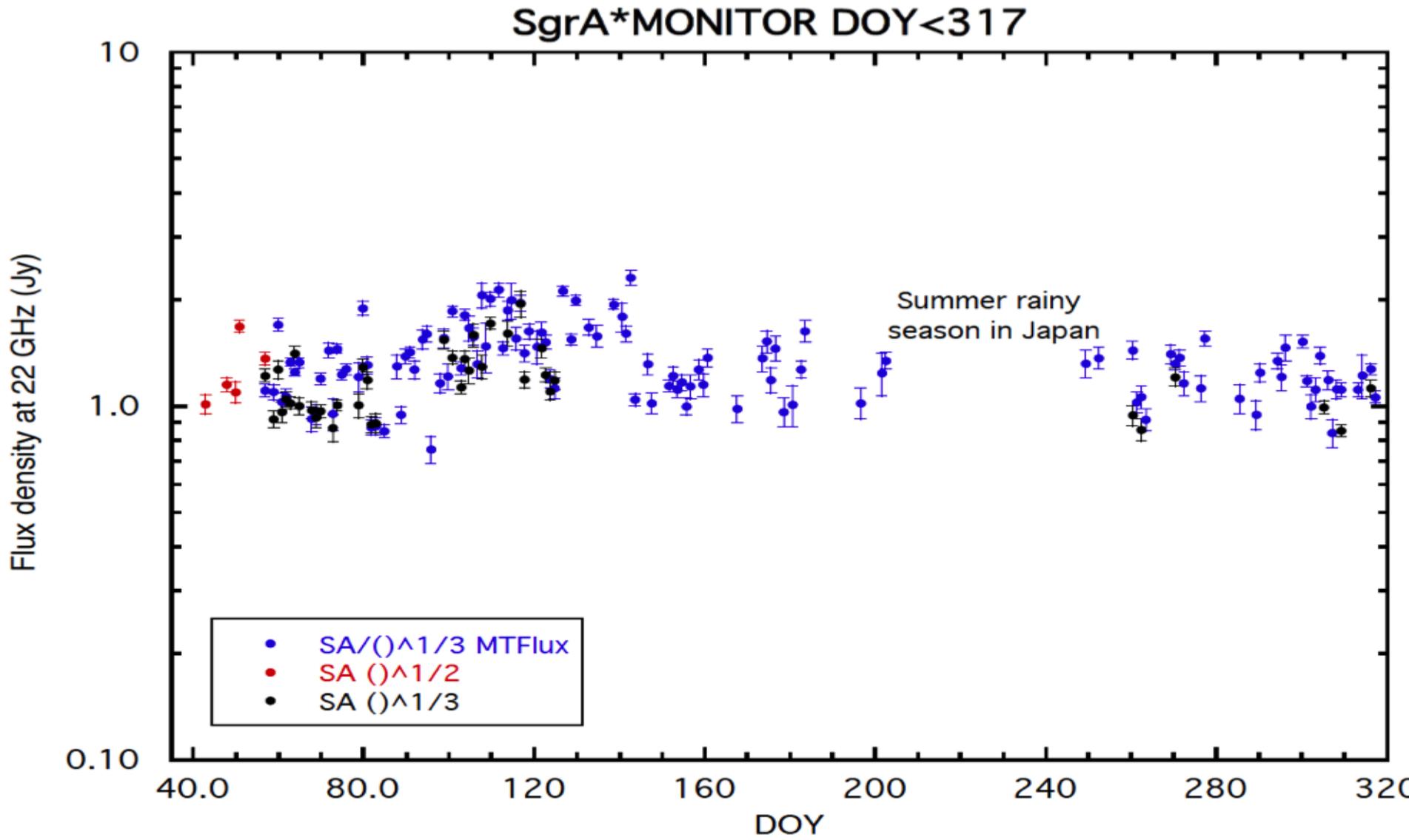


JAXA 白田10m鏡
この夏より参加予定

これらのアンテナのprojected baselineは90-140 kmになり、25masのビームで2mas @22GHzのSgrA*を分解せずに測光観測ができる。

2013年度は坪井(宇宙研)を中心に銀河中心モニタ観測に注力。

国内22GHz短基線VLBIによるSgrA*強度毎日モニタ: 通常を超える変化は見えていない。ガスが落ちていないのか(ガス雲ではなく恒星だという説あり)、落ちて光らないのか?



我々の銀河系中心ブラックホールSgrA*

* 最も近距離にある(8kpc)大質量ブラックホール
→周辺環境について、良く観測ができる。

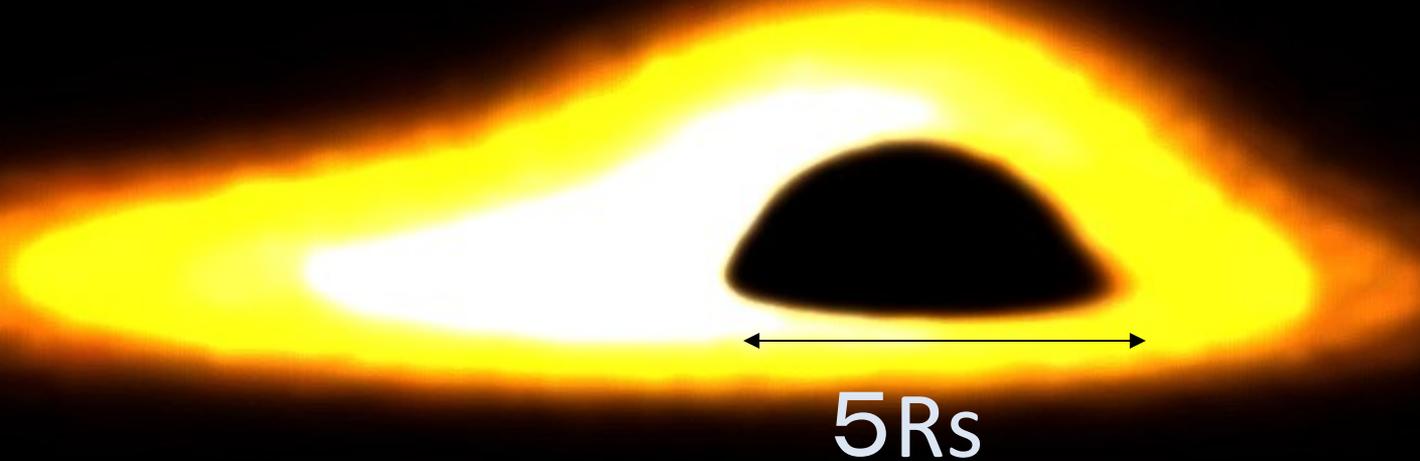
例1) 周辺で軌道運動する恒星(BH質量の測定)

例2) 接近するG2ガス雲(2014年3月最接近)

→最も見かけが大きく見えるブラックホールである

ブラックホール降着円盤の観測、強い重力場での一般相対論的現象の観測(BHシャドーなど)を期待できる。

ブラックホール近傍が見えたら面白い。



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の円盤(=ブラックホールに落ちてきた物質が作る)はドップラー効果で左右の明るさが変わる上、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蜃気楼で向こう側が浮き上がって見える！
<http://quasar.cc.osaka-kyoiku.ac.jp/~fukue/>より。

きゃらばん・サブミリ (Caravan-Submm)

電波分野の中規模計画の一つである

三好 真
国立天文台

きゃらばんはアンデスに電波望遠鏡を並べ、観測する。

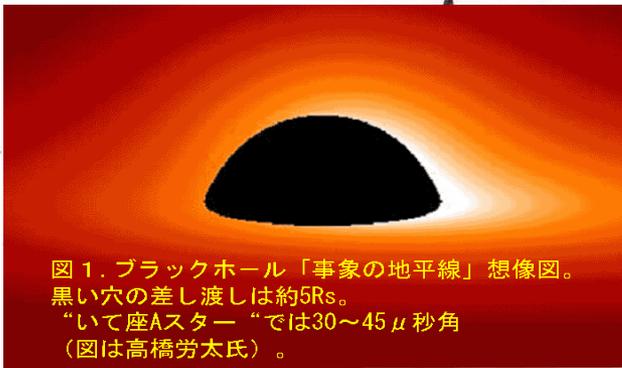


図1. ブラックホール「事象の地平線」想像図。
黒い穴の差し渡しは約5Rs。
“いて座Aスター”では30~45μ秒角
(図は高橋 勇太氏)。

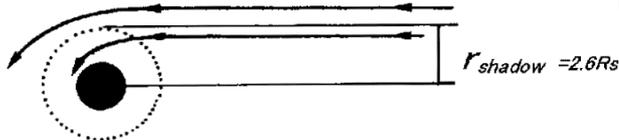


図2. 事象の地平線はブラックホールの自己重力
レンズ効果で拡大されて見える。

ALMA

ワンカヨ

大型固定局

チャカルタヤ

大型固定局



移動観測局

(停車して観測)



南米大陸東西縦貫道路も整備されつつある。

アンデスだけだと2000kmの広がり VLBIになる。

ワンカヨ32m
センチ波(通信アンテナ)



ボリビア・ラパス近郊 5300m
世界最高所のスキー場 宇宙線研究所
ALMA チャカルタヤ

ワンカヨには低周波用アンテナと地球物理観測所が、チャカルタヤには宇宙線観測所がある。これらに「サブミリ波」固定球面鏡を設置。さらに移動局の採用で様々な基線ベクトル(UVカバー)を展開する。

2000km

1000km



キャラバン型移動局
Uruguay

500 km
200 マイル

Phased ALMAの 有無で比較(1)

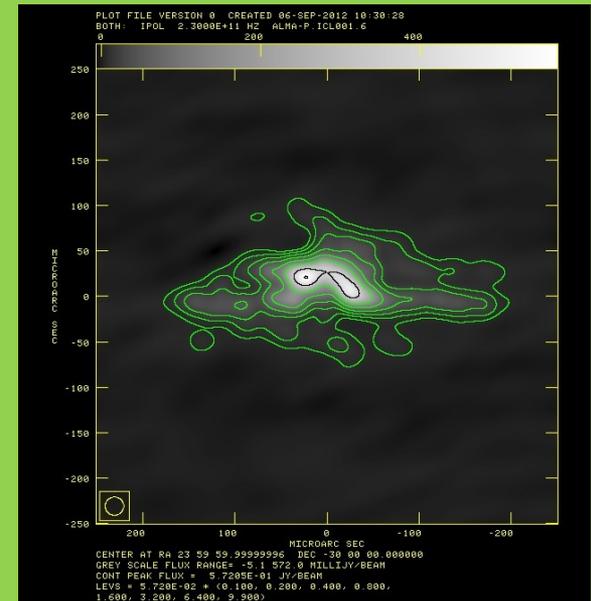
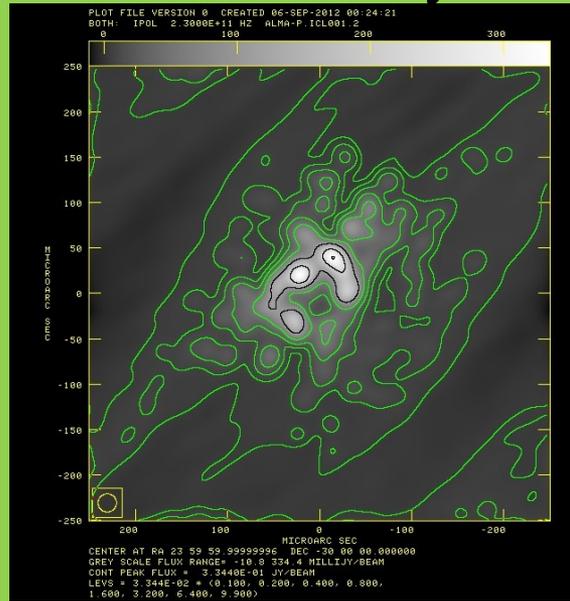
EHT only

EHT&CARAVAN

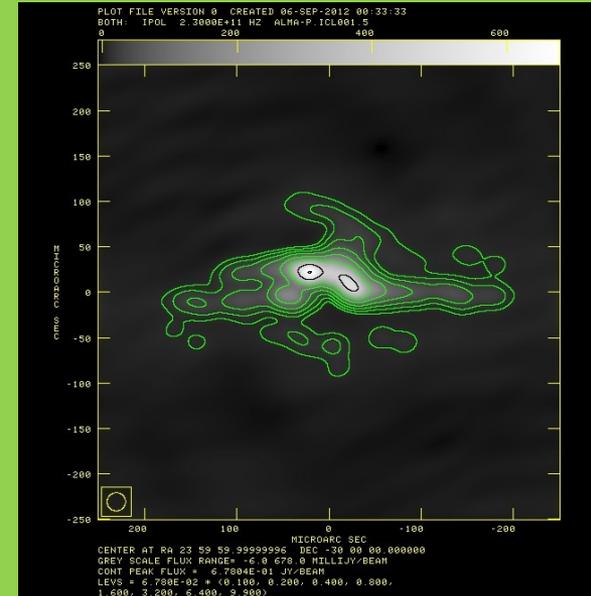
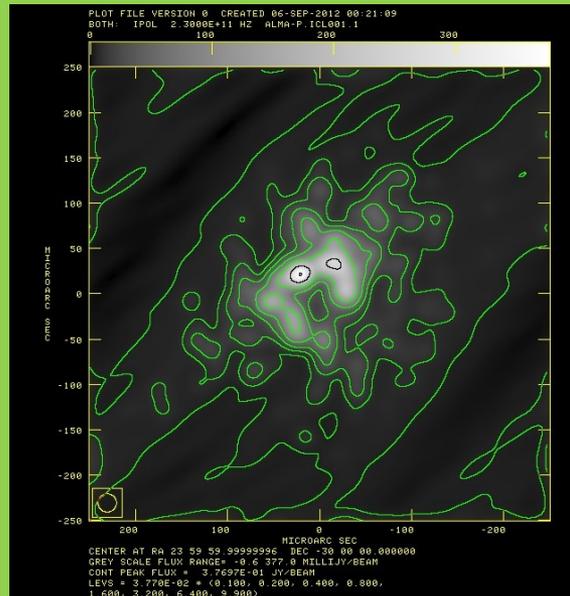
U-V面を埋めることが重要。

像モデル:
降着円盤中心のみ明るい

Without pALMA



With pALMA



EHT(超長基線構成)では、あたかもシャドーが見えたかのような像になるが、間違った構造を示す。そこにCARVAN(短基線uv)が参加すれば、相当に改善される。

チャカルタヤに大きめの電波望遠鏡を設置させてほしい。

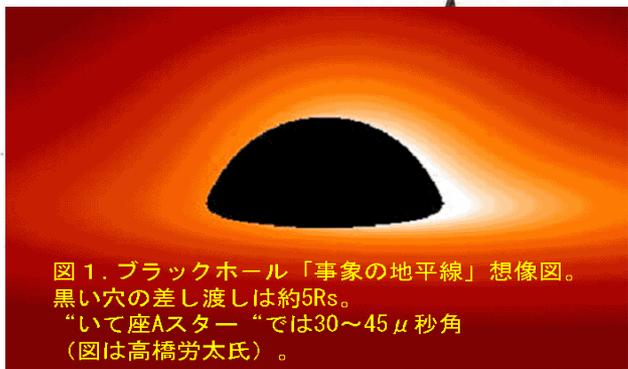


図1. ブラックホール「事象の地平線」想像図。
黒い穴の差し渡しは約5Rs。
“いて座Aスター”では30~45μ秒角
(図は高橋 勇太氏)。

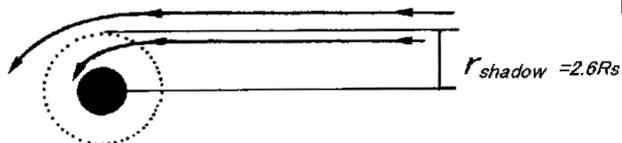


図2. 事象の地平線はブラックホールの自己重力
レンズ効果で拡大されて見える。

ALMA

ワンカヨ

大型固定局

チャカルタヤ

大型固定局



移動観測局

(停車して観測)



2012/6/20 14:03



電波望遠鏡の設置が可能なだけの余裕あり。

VLBI、電波干渉計：大気透過率とともに、大気水蒸気の揺らぎによる電波波面の乱れを気にする。

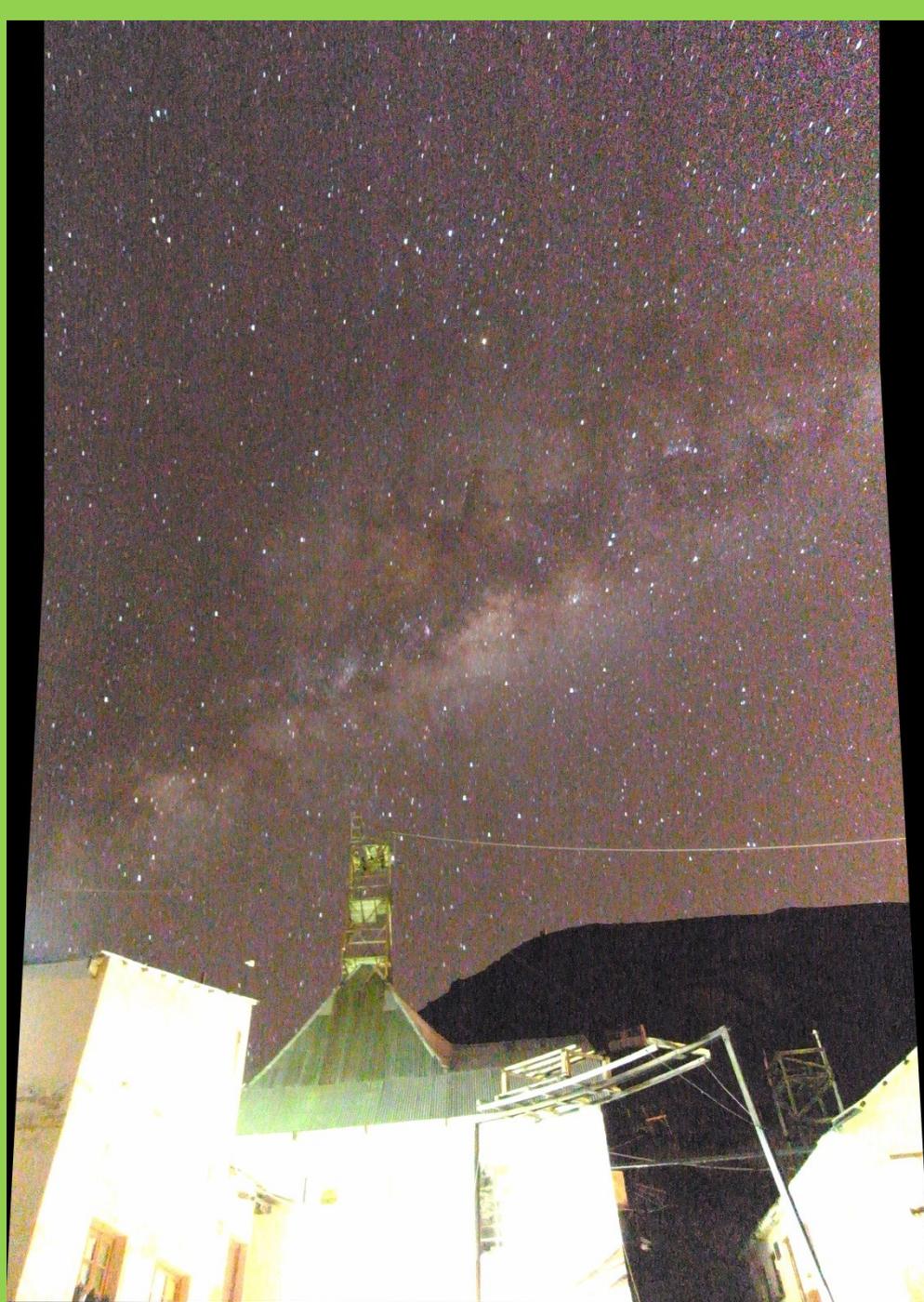
大気位相変動について

- 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)のPWVは平均10mm。
しかし大気遅延変動としては良好なこともある。
- アラン分散から見て、大気位相変動は水素メーザの変動よりも大なので、時計はネックとならない。
- 水蒸気メーターの併設・多次元FRINGEサーチ(近田1988)で対抗する。

高遠式・小型水蒸気量モニター

- 太陽光を用いて測定。
- 大変扱いやすい。1回の設定・測定作業に20分くらい。
- 太陽追尾・自動モニタが可能。
- 東大TAOのサイト調査などで実績。
- 近赤外線の水の吸収線の深さで、水蒸気量を推定する。
- 水蒸気と(雲などの)水滴の区別ができない。水蒸気量の正確な測定は難しい。





チャカルタヤ観測所と銀河中心

5300mで一泊(寝付きは悪い)。

夜中まで写真を撮影、翌日山頂まで登る。30時間滞在。

(2012.6)

ワンカイヨ観測所(3300m) での測定風景

ワンカイヨに1台を設置。
太陽望遠鏡の背にのせて、
AZEL駆動させる(太陽望遠
鏡、整備すれば稼働するが)。
毎日、日中は測定してもらう
(協力IGP職員)

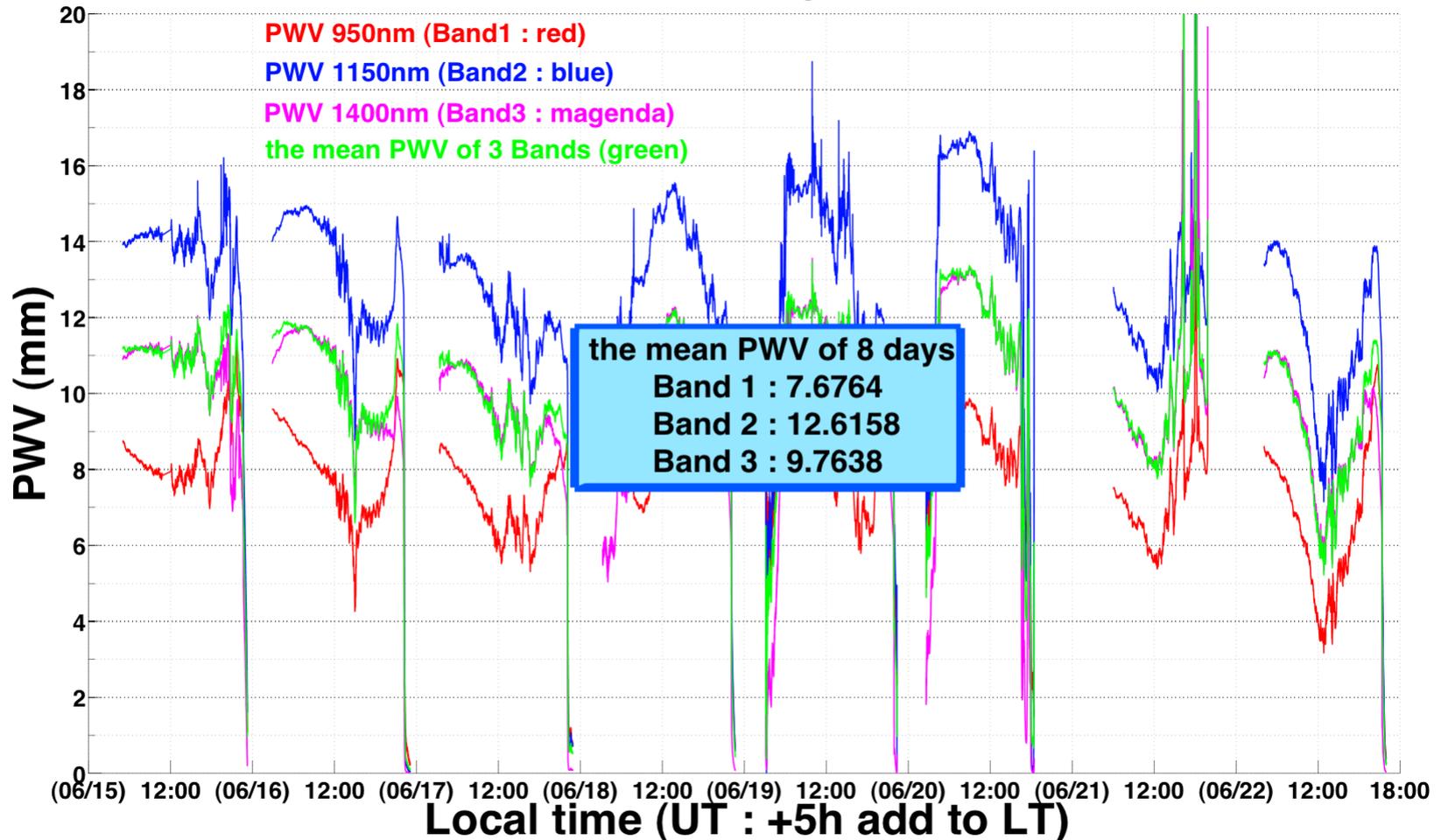
PWV~10mm
(マウナケア山頂でも
これくらいの値になる場合あり)



- 解析結果 (ペルー) -

★ 1. Huancayo観測所(3300m, 06/15~06/22)

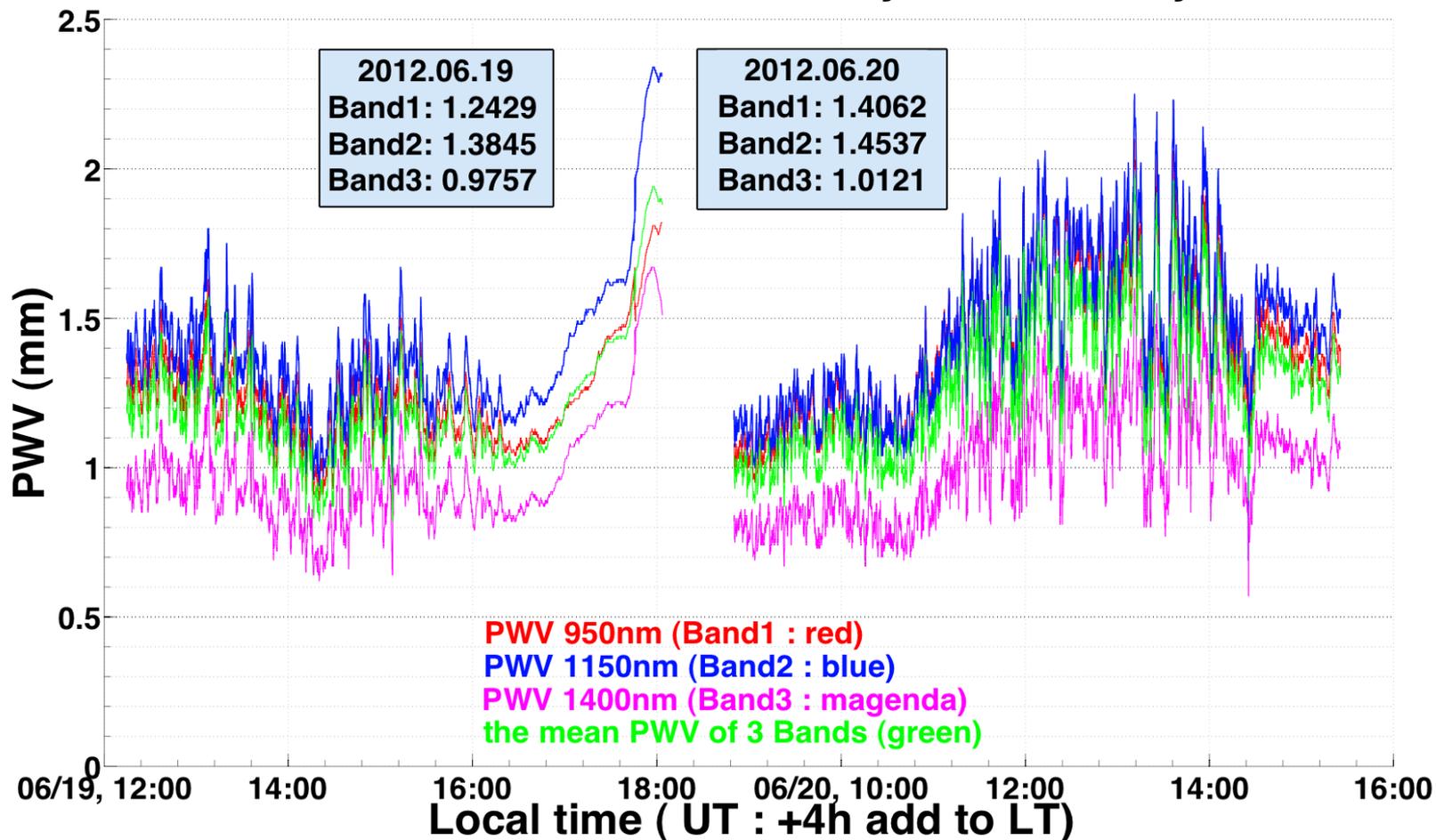
2012.06.15~22 at Huancayo (3314m, at Peru)



- 解析結果 (ボリビア) -

★ 3. Chacaltaya観測所 (5200m, 6/19&/20)

2012.06.19 &.20 Mt.Chacaltaya Observatory



高遠式-近赤外水蒸気メータ-

★ 装置について

- 既に何か所も測定済み。
- 水蒸気の吸収線の深さからPWVを推定

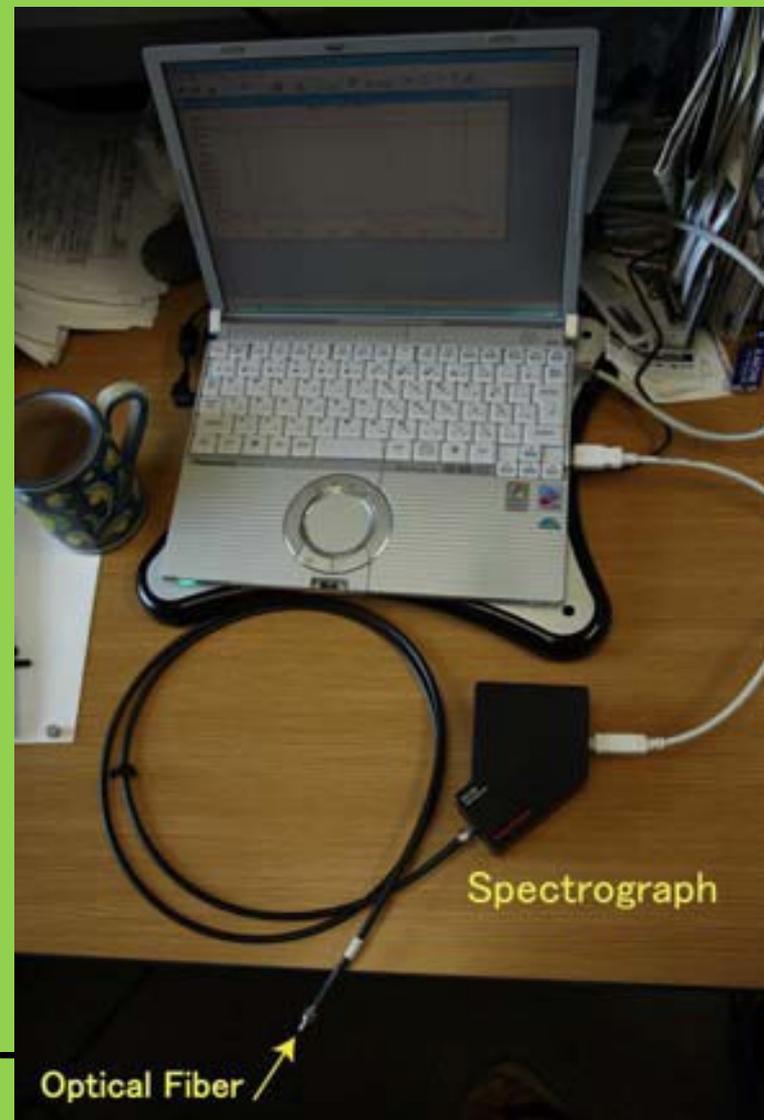
★ 機器とその仕様

- 観測対象 : 太陽
- 感度波長範囲
877.3nm ~ 1714.6 nm (近赤外域)
- 最大波長分解能 : 7 nm (実測2~3 nm)
- 検出器画素数 : 512 pixel
- 光学系開口数 : 0.22

★ 構成

- 制御用PC, 分光器, 光ケーブル
- 三脚, 経緯台

--現状では太陽光を直接入光して使用--



太陽だけではなく月、恒星を用い、24時間測定できる水蒸気モニタを

- 分光器は予備あり。
- 30.5cm口径の反射望遠鏡・購入(科研費)。
- 国内で立ち上げ・テストを進める。

円高時期の輸入在庫:40万円。

LX90-ACF/SC

MEADE LX90 Advanced Coma Free / Schmidt Cassegrain
ミード LX90-20, LX90-25, LX90-30 (口径20, 25, 30cm) 天体望遠鏡
ACF (アドバンスドコマフリー) または、SC (シュミットカセグレン) 光学系
GPSレシーバー、オーディオスターハンドコントローラ装備

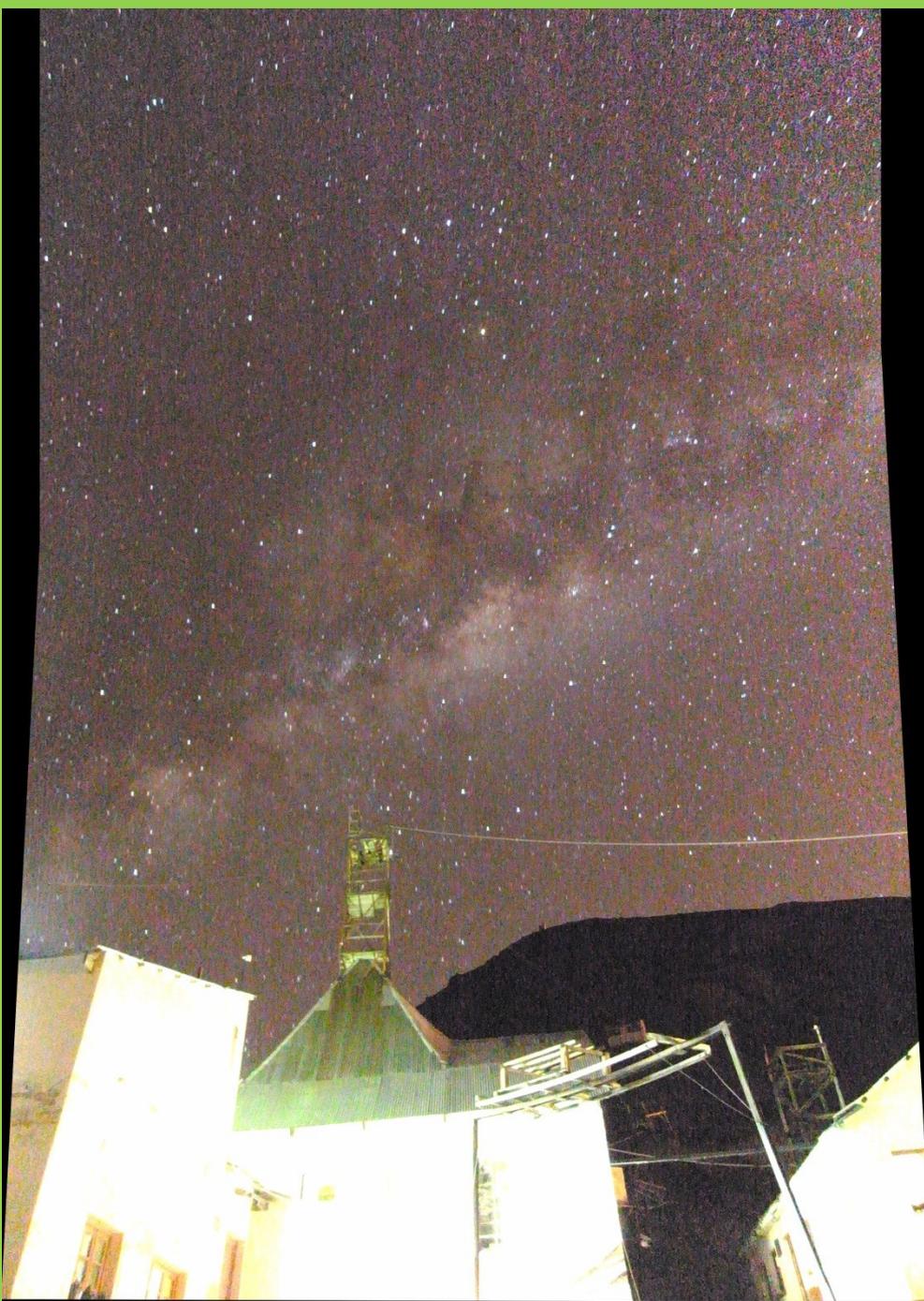
取扱説明書



ご使用前に、必ずこの取扱説明書をお読みください。
取扱説明書は常に望遠鏡の近くに備え、活用してください。



米國ミード社日本代理店(株) ジズコ
〒110-0013 東京都渋谷区恵比寿4-4-2 クレスト恵比寿1101
Tel 03-5789-2631 Fax 03-5789-2632
ホームページ <http://www.82ao.jp/>



チャカルタヤは
ALMAサイトと同等
今後:

通年で大気水蒸気量を
調べたい。

VLBIなので、他局と同時
に条件が良くなる割合を
知りたい。

電波望遠鏡(10~15m
クラス)を設置して、サブミ
リ波VLBIによる銀河中心ブ
ラックホールの撮像を。

是非とも宇宙線研のご支
援を期待します！