

水沢10m電波望遠鏡の25年間と今後

亀谷 収(国立天文台), VERA開発グループ, VERA運用グループ, VERA保守グループ, JASMINEグループの皆様



国立天文台水沢VLBI観測所UM、2017年11月3日-4日

目次

1. 10mアンテナの経緯と性能
2. Nano-JASMINE衛星のダウンリンク局としての要求性能
3. 駆動性能測定と改修の現状
4. その他の使用状況と今後



1. 10mアンテナの経緯と性能

Performance of the Mizusawa 10m telescope

- 1) Antenna & Receiver

Main reflector	: 10.0m	surface accuracy	: 0.34mm(rms)	
S Band HPBW	: 54'	aperture efficiency	: 38%	Tsys: 250K ?
X Band HPBW	: 13'	aperture efficiency	: 63%	Tsys: 100K
22GHz Band HPBW	: 5.2'	aperture efficiency	: 36%	Tsys: 130K
43GHz Band HPBW	: 2.7'	aperture efficiency	: 25%	Tsys: 200K

- 2) Driving ability

Max. slew speed	: AZ: 3.14° /sec
	EL: 3.06° /sec
Max acceleration	: AZ: 3.78° /sec ²
	EL: 3.71° /sec ²

- 建設開始1990年。完成1992年から約25年たった。 J-Netで活躍、SgrA*観測、SSH観測
試験観測に使われている。(RISE、位相補償VLBI、広帯域、、、)

鹿島34m



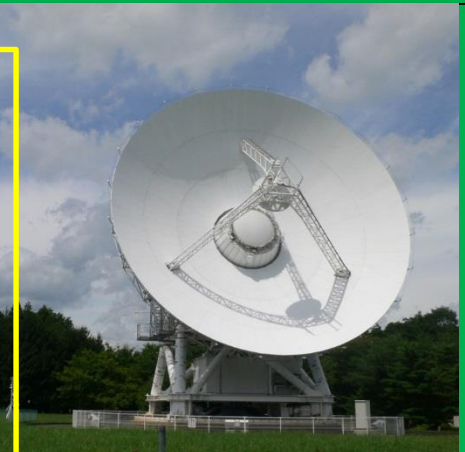
鹿児島6m



野辺山45m



水沢10m



水沢10mアンテナの駆動制御特性について

佐藤克久・原 忠徳・田村良明
 岩館健三郎・浅利一善・久慈清助 (国立天文台・水沢)
 安田 茂 (東北大学・理学部)
 梶原美智男・清水岳男・森 浩道 (三菱電機)

あらまし

水沢10mアンテナでは、駆動制御部分にデジタルサーボ方式を採用している。これによりハードウェアの制約から開放され、伝達関数パラメータをソフト的に切り換えることが可能となり、駆動時のステップ応答の立ち上がりが急峻でなおかつオーバーシュートが無い駆動制御を実現している。

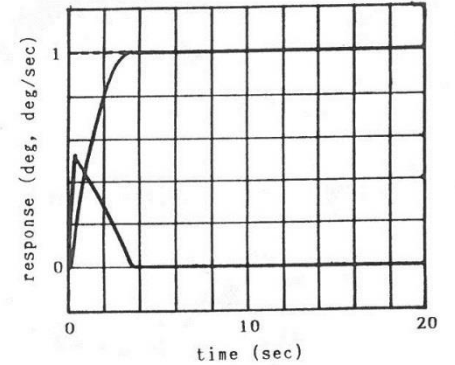


図2: デジタルサーボ制御特性のシュミレーション

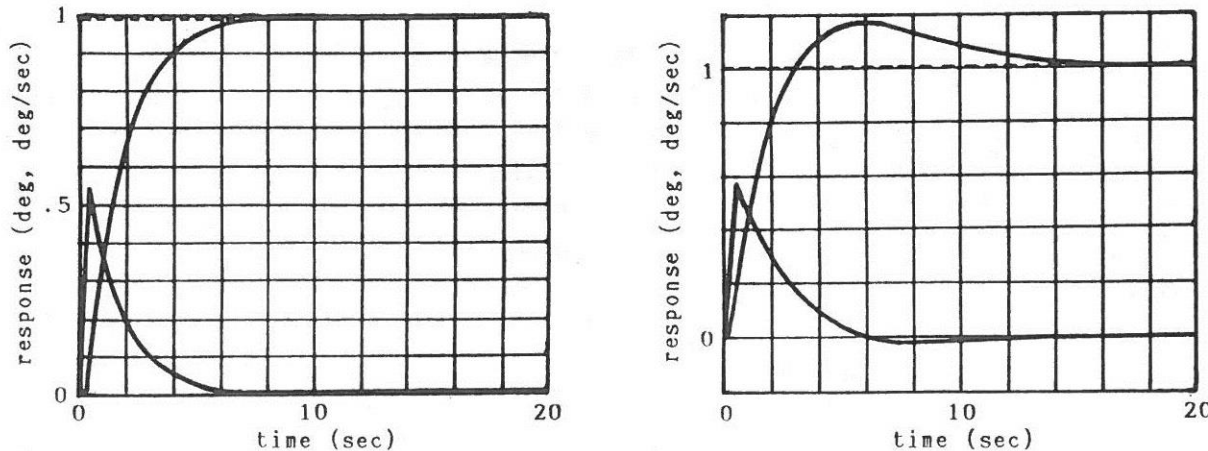


図1: アンテナ制御特性のシミュレーション (I型: 左側、II型: 右側)

I型は、ステップ応答の収束付近に伝達関数が適正化されており、オーバーシュートはしないものの立ち上がりに若干時間がかかっている。II型は、ステップ応答の立ち上がり付近に伝達関数が適正化されており、オーバーシュートが発生するので収束するまでに時間を費やしている。

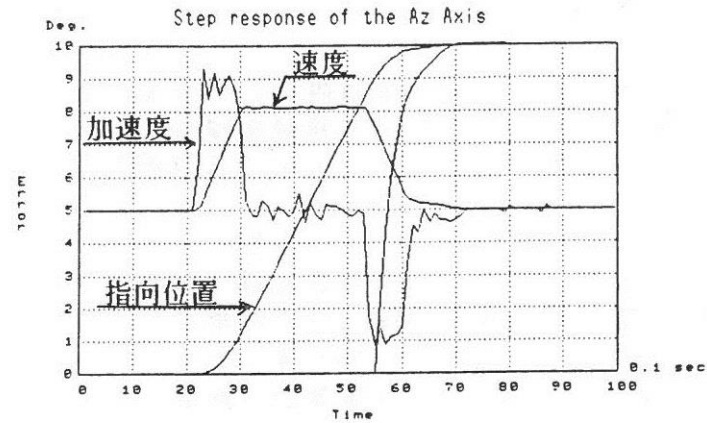


図5: 振り角10°のステップ応答特性

短波長高精度VLBI用アンテナ



国立天文台地球回転研究系・水沢観測センター
〒028 水沢観測センター

10mアンテナの構造

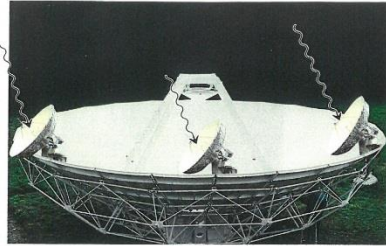
10mアンテナはワイヤメッシュ構造により、径長7mmの鋼管VLBIに適用することを目的とした高剛性アンテナとして設計・製作されました。主方向はより高剛性の鋼管であること、アコガに代えてポリウレタン製防振ゴムを軸にて接続する点により、これまでのVLBIアンテナに見られない4倍程度の耐振動性能を有する点が挙げられます。1998年より、VLBI観測に使用されています。



10m アンテナの性能	
アンテナ直径	10m
アンテナ構造	0.3mm径鋼管 (250桁桁架)
軸受構造	55kg (F4000鋼管)
軸受	6.0kg (4000鋼管) × 2, 4.0kg (5000鋼管) × 2
軸受材料	鋼管 (S45C, S50C, S55C)
軸受潤滑	潤滑油 (潤滑油)
軸受寿命	潤滑油 (潤滑油)

10mアンテナを用いた研究

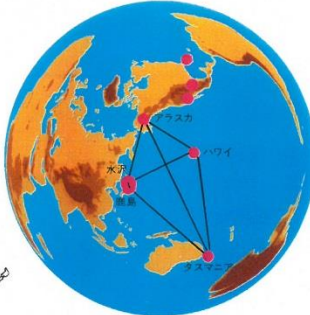
VLBIの原理



VLBIはVery Long Baseline Interferometerの略で超長基線電波干渉計と呼ばれています。VLBIは遠く離れた複数地点で独立に、同時に天体電波源からの電波を受信し、一旦受信信号を記録した後、合成(相関処理)をし、位相、振幅を求めます。そうするとアンテナ間の距離に相当する大きさのアンテナの能力を得ることができます。例えば大陸間でVLBIを行うと地球の大きさのアンテナに相当する1ミリ秒角の角度分解能を得ることができ、地球自転軸の変化等を詳しく知ることができます。

1. 国際VLBIネットワークによる地球回転の精密測定

地球回転の情報は、天体の位置、地上の位置を知るために不可欠です。またその変化は地球の内部を知る重要な情報源です。このため世界中の広範な研究者に利用されています。地球回転の観測はその性格上国際協力が不可欠であり、国立天文台は国際地球回転観測事業発足以来VLBI環太平洋観測網(IRIS-P)センターを担当して来ました。10mアンテナはIRIS-P観測網の主力として活躍します。

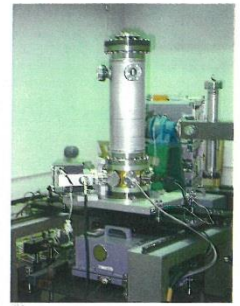
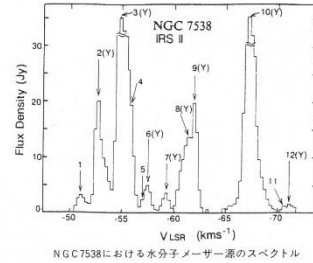


2. 国内VLBIネットワークによる天体物理学と位置天文学の研究

国内には、水沢10mアンテナを含めて6カ所にVLBIに使えるアンテナがあります。これらのアンテナでネットワークを組みVLBI観測すると、ほぼ日本列島の大きさのアンテナに匹敵する角度分解能が得られます。また、短波長帯では、世界最高の集光力をもつ国内VLBIネットワークとなります。このネットワークを使って準星などの構造を知ることにより高エネルギー現象を解明したり、一般化珪素分子(波長7mm)と水分子(波長13mm)の天体メーザー源の詳細構造を調べて星生成領域や晩期型星周辺の空間の研究を行います。更に、メーザー源の距離と運動の測定から電波による位置天文学の研究という新しい分野を開拓します。

3. 重力測定と同時観測

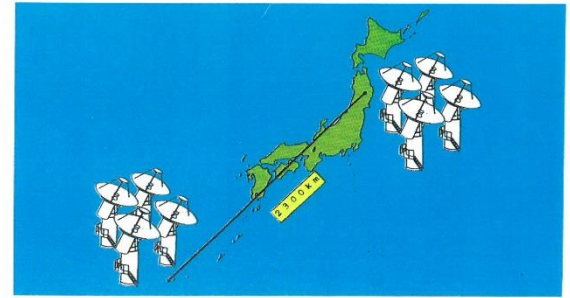
水沢地区に設置されている重力測定装置は数 μgal の測定精度があります。高さの変化にすると数mmの測定精度に相当しますが、地下の質量の変化と分離できません。そこでVLBIと同時観測を行うと、高さの変化と地球内部の質量変化を分離でき、地球内部の情報を得ることができ、これまでにない研究成果が期待できます。



4. 分子輝線の観測による星雲の研究

一般化珪素分子(波長7mm)と水分子(波長13mm)の天体メーザー源のスペクトルの日変化を10mアンテナ単体で追っていくことにより、VLBI観測で分解された構造の短時間変化の研究を行います。またアンモニア分子が出す波長13mmの輝線により、銀河系内の分子雲の温度分布等を求めて分子雲の加熱メカニズムの研究も行います。

10mアンテナに続くVERA計画



VERA (VLBI for the Earth Rotation study and Astrometry: 地球回転・電波位置天文VLBI) は、日本列島に沿って2000km級基線の新しい構想のVLBI (超長基線電波干渉計) システムを作り、世界最高の精度で地球回転の微細な変化や、電波天体の位置を測り、地球の内部構造と環境、宇宙の拡がりや天体の運動を明らかにしようとする計画です。VERA計画の実現は、国立天文台発足にあたっての基本構想で、主要な目標のひとつにあげられており、10mアンテナはVERA計画実現に必要な科学・技術両面において基礎を築くために重要な役割を果たすことになります。

10mアンテナ、 Hz帯のVLBI実験にも成功！！

8日に10mアンテナは、野辺山宇宙電波観測所45m鏡との間で22GHz帯のVLBI観測を行い、フリンジを出すことに成功した。

去る6月22日に10mアンテナは、S/X帯でVLBIの初観測に成功したばかりであるが、高い周波数での国内VLBI網の充実の観点から早期の22GHz帯のVLBI観測の成功が待たれていた。その観測の機会を捜していたところ、6月28日が野辺山45m鏡の今期最後の22GHz帯VLBI観測の機会であり、しかも鹿児島6mアンテナとのフリンジチェック観測も行うとの事で、絶

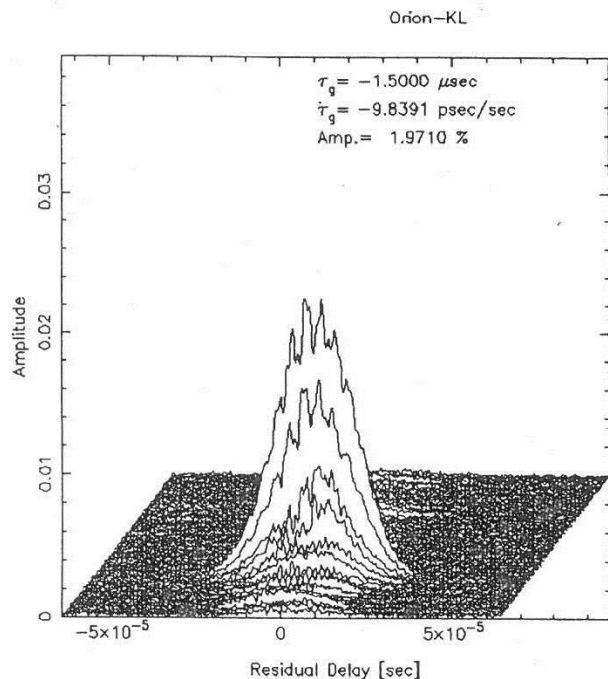


図1：オリオンKLの水メーザ野辺山45mと水沢10mアンテナで観測して得られたフリンジ（線スペクトルのフリンジなので、Delay方向に広がっている）

好のチャンスであることがわかった。問題は、(1)22日のS/X帯観測の後、土曜日曜を含めた5日間しか準備期間がないこと、(2)S/Xの相関処理結果を見ずにシステムの準備をしなければならないこと、(3)22GHzの受信機の性能が完全ではないこと、等であった。しかし、システムを22日以降なるべく変更しないことで22GHz帯受信機の整備に時間をさき、何とか準備を間に合わせることができた。また、観測日の2日前には待望のS/X帯のフリンジが確認され、VLBIシステムとして自信をもって本番に望むことができた。

6月28日は天候にも恵まれ、8時0分JSTより16時30分JSTまでの間にオリオン-KLの水メーザ源、3C273Bなど計5天体を観測し、特にトラブルもなく無事データを記録することができた。

6月30日に野辺山から磁気テープが水沢に到着し、さっそく天文台で開発した簡易型相関器(NAOCO)で相関処理を行ったところ、水沢10m-野辺山45m基線で3C273Bの連続波源やオリオンKLの水メーザ源等で予想どおりのフリンジが得られた。これにより、水沢10mアンテナが22GHz帯の観測にも充分使用できるVLBIシステムとなっている事が確認された。

最後に、今回の観測のために22GHz帯受信機をお借りするなど大変お世話になった野辺山宇宙電波観測所の皆様をはじめ、国内VLBI関係者の方々に厚く感謝致します。

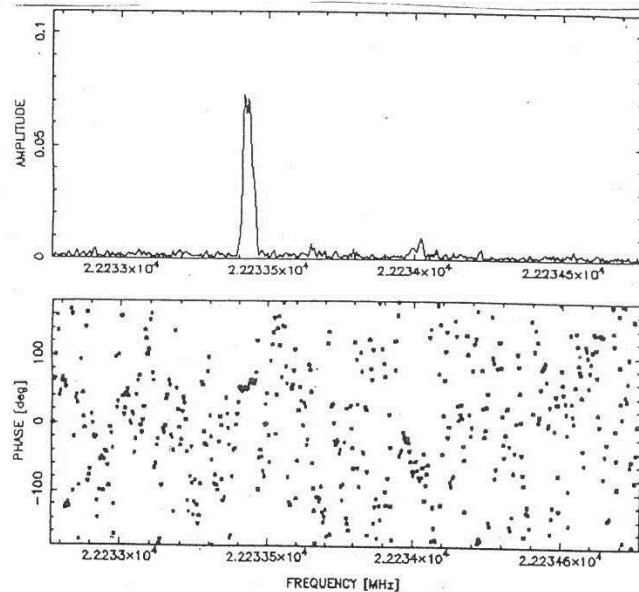
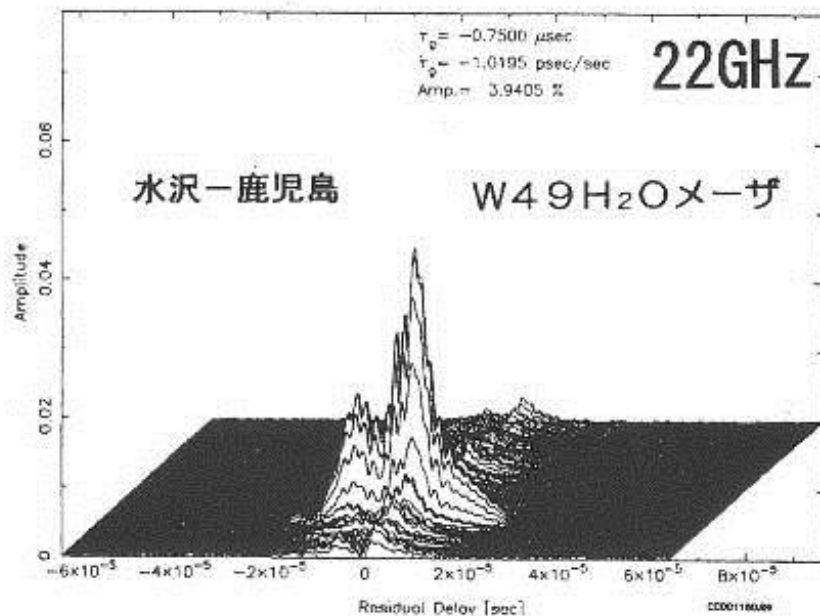


図2：図1の結果から得られたCross Power Spectrum（速度が異なると位相も異なっていることから、水メーザ源が構造を持つことが良く分かる）

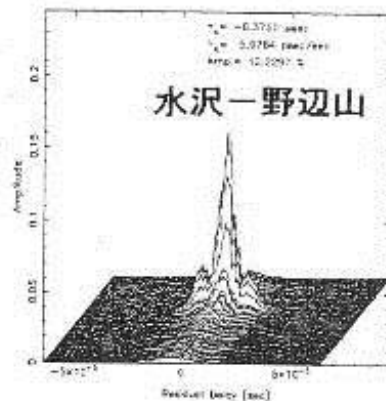
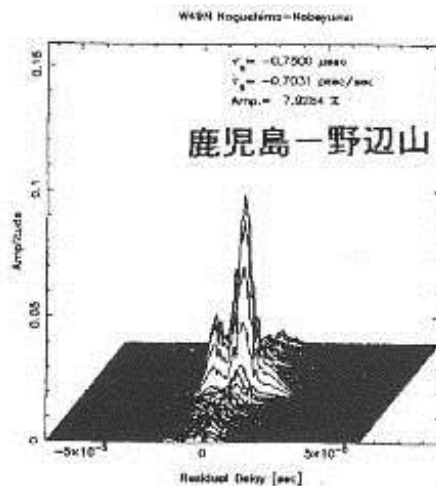
初めての
フリッジ検出

水沢10m-野辺山45m-鹿児島6mがVLBIでつながりました。

国立天文台のVLBI 3局ネット観測成功!



VLBI 国内最長基線 1273 Km を達成



10月27日に、国立天文台の電波望遠鏡3局間、水沢(10m)-野辺山(45m)-鹿児島(6m)で、初めておこなわれたVLBIネットワーク観測で、W49からのH₂Oメーザ電波のフリッジを検出しました。相関処理は水沢グループが担当し、国立天文台が開発した簡易型相関器が使われました。


この観測では、VLBI手法による電波望遠鏡鏡面のホログラフィー測定や、W49H₂Oメーザ源のマップなどの成果が期待されており、これからの解析が待たれます。

今回の観測成功にあたって、さまざまなご協力をいただいた関係者のみなさんに心からお礼を申し上げます。

update on : 15, Jan. 1999

Welcome to Japan VLBI-Network Home page

VLBI 国内ネット : 共同利用観測スケジュール

【4.5m共同利用による、J-net観測スケジュール】  1.7期(9.8-9.9年)の共同利用観測が始まっています。

【鹿島3.4m望遠鏡の運用スケジュール】

 Return to VLBI 国内ネット Home

Page

【J-net観測スケジュール】

青色文字は、4.5m共同利用観測、および天文台3局ネット

茶色文字は、4.5mの参加しないJ-net観測

紫色文字は、VSOP (with HALCA) 観測

今後に予定されている観測です。

すでに終了した観測です。

日時は、UTです。天文名の後は、観測参加局名です (N:野辺山 M:水沢 K:鹿児島 O:鹿島)
緑色は、調整中の参加予定局です。

Date (UT)	Time (hh:mm UT)	P.I.	Source	Stations	Recording mode (Mbps * bits * CH)	Total time (hours)
12月13日 (Sun)	23:00-10:00	古屋幹	IRAS20050+2720	N-M-O	3 2 * 2 *	1.1
12月14日 (Mon)	-10:00 conted.					
2月21日 (Sun)	05:00-14:00	VSOPグループ	OR1-KL	N-M-K-O	3 2 * 2 *	9
4月2日 (Fri)	17:00-03:00	今井裕	W51	N-M-K-O	3 2 * 2 *	1.0
4月3日 (Sat)	-03:00 conted.					
5月6日 (Thu)	15:00-01:00	今井裕	W51	N-M-K-O	3 2 * 2 *	1.0
5月7日 (Fri)	-01:00 conted.					
6月5日 (Sat)	14:00-05:00	堀内真司	NGC7538	N-M-K-O	3 2 * 2 *	1.5
6月6日 (Sun)	-05:00 conted.					
6月6日 (Sun)	13:00-23:00	今井裕	W51	N-M-K-O	3 2 * 2 *	1.0

J-Net

1994年～1999年
(VSOPは1996年～)

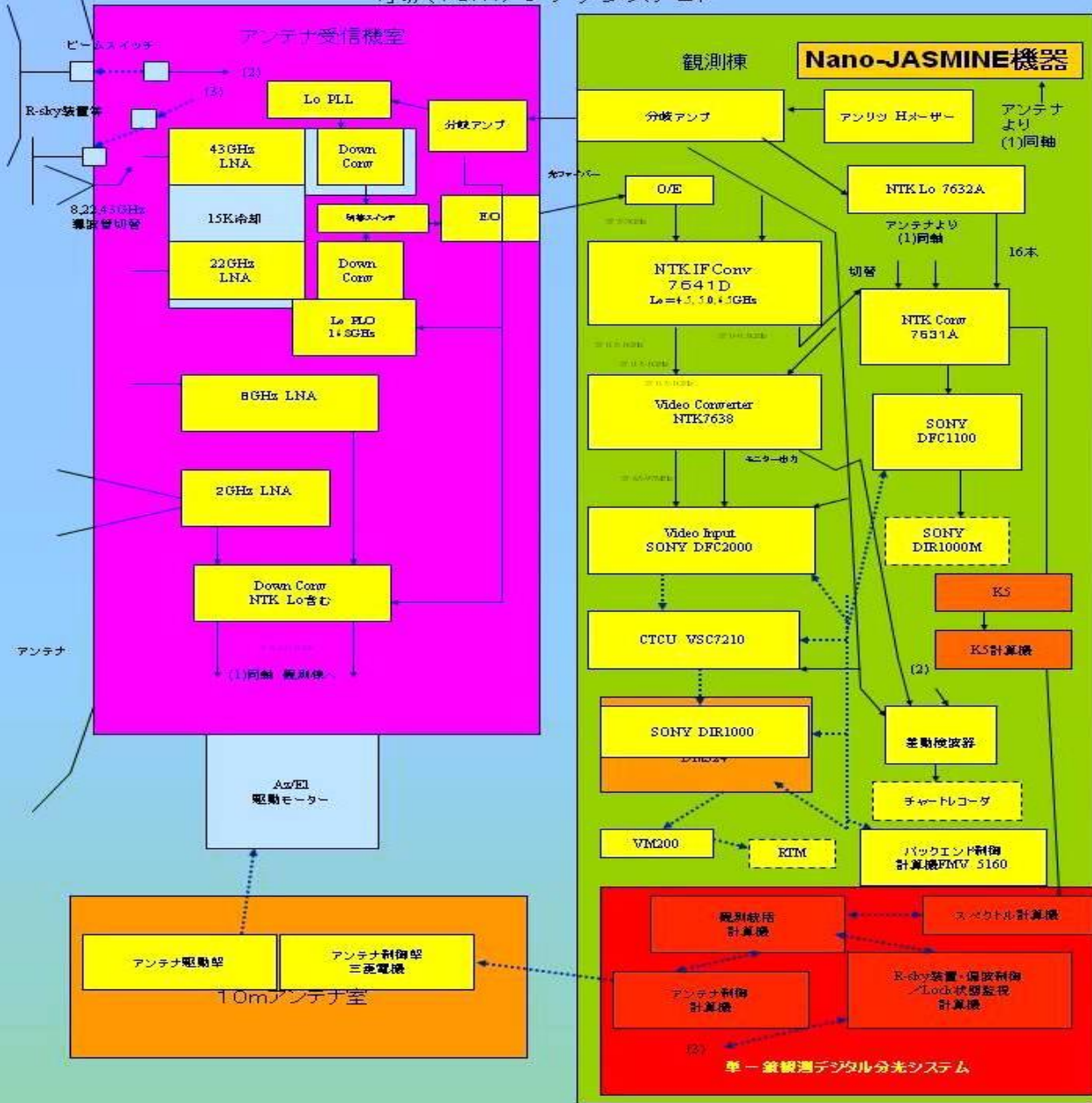
K-band

128Mbps記録

国内で初めてのVLBI
共同利用

多くの研究者を育てた。

水沢10mアンテナシステム



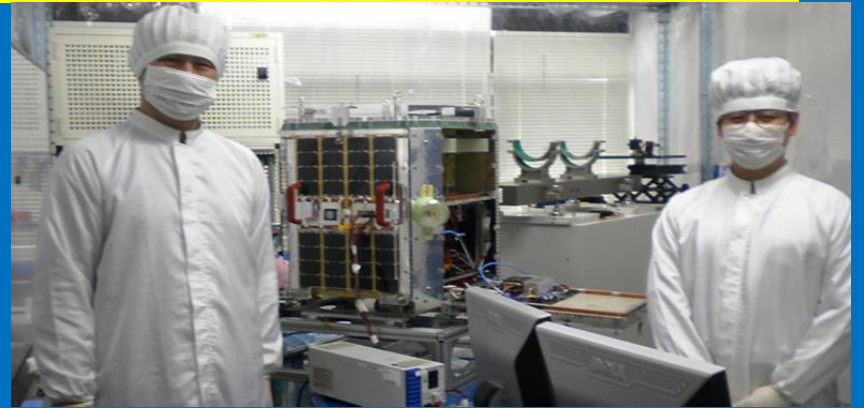
水沢10m ブロックダイアグラム



単一観測デジタル分光システム

2. Nano-JASMINE衛星の ダウンリンク局としての要求性能

- ・Nano-JASMINE衛星追尾時に
要求される追尾精度:0.1度
- ・Nano-JASMINE衛星からのS帯
電波を受信するモードは、1日に2度
それ ぞれ1回または2回の測定時間(1回当たり20分間程度)が必要。
- ・それ以外の時間帯は22GHz帯の水メーザー等の単一鏡観測モード
またはVLBI観測を行う事を想定している。
(S帯と22GHz帯のデータは常に平行取得可能)
- ・Nano-JASMINE衛星からのデータ取得時に、人手をかけないで自動的に
短時間に観測モードを切り替えて使用する。



3. 駆動性能測定と改修の現状

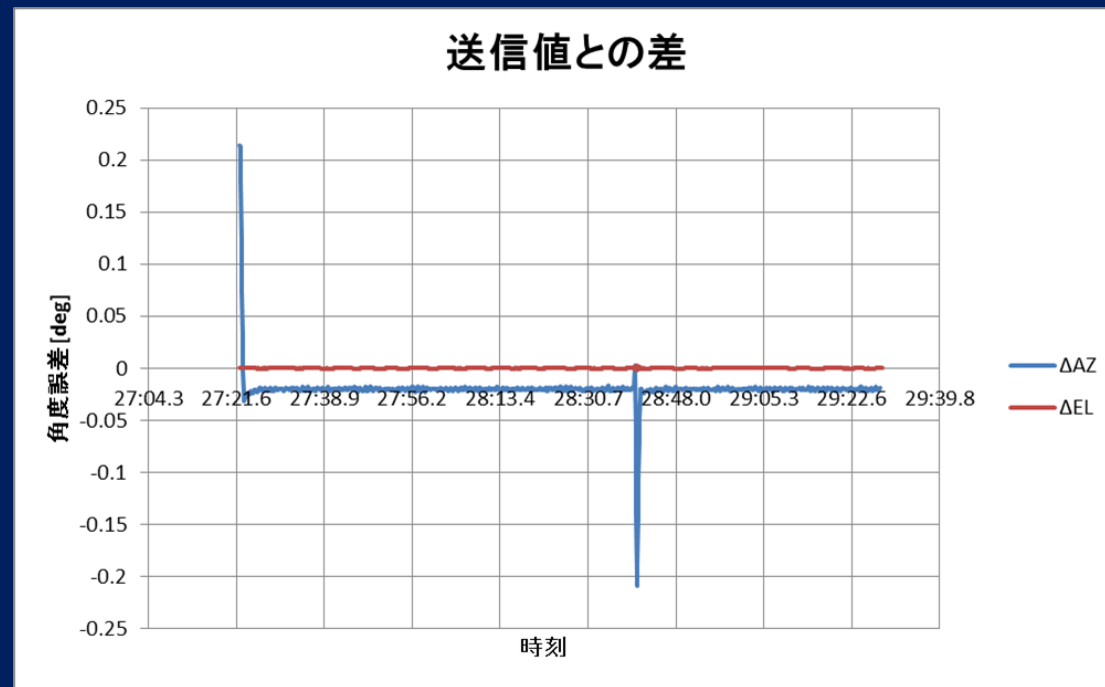
水沢10mアンテナ駆動ソフトの改修

- ・時刻とAzElをファイルで与えて駆動できるようにした。
- ・100分の1秒ごとに駆動コマンドの確認を行う事にした。
- ・パワーメータデータも取得できるようにした。
- ・衛星追尾観測、VLBI観測や単一鏡観測、secZ測定も含めて連続して自動観測可能にした。(トラブラなければ1週間可)



2015年11月～2016年1月の対策

- ・ 駆動計算機更新(能力↑向上)
- ・ 駆動ソフトの変更(0.01秒ごとのデータ設定をやめ、0.1秒のデータ設定で計算機への負荷を減らした)
- ・ 駆動架への基準信号送付



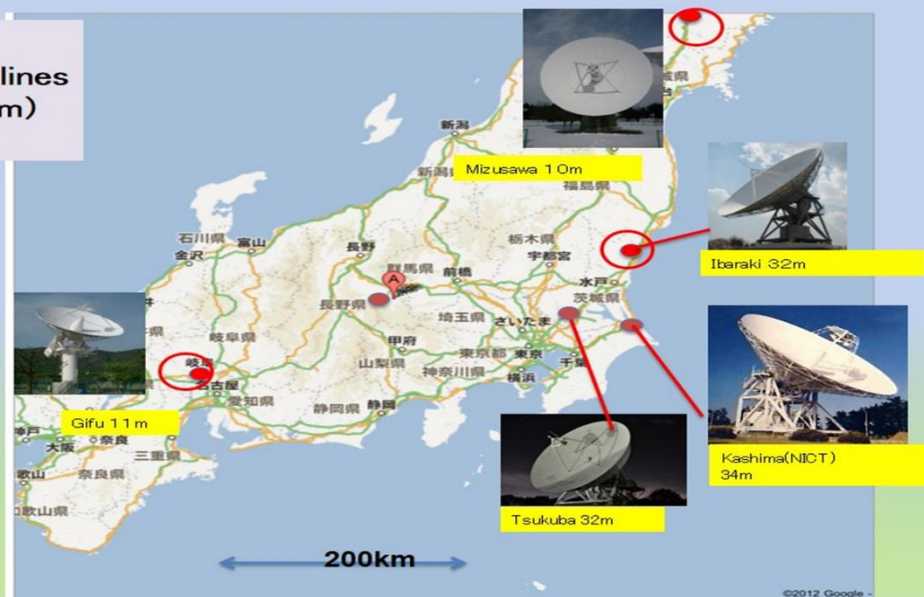
- ・ 長年の懸案であった振動問題が解決した。基本的にスペックを満たす状態にある。
- ・ 計算機的能力に対して、ソフトの能力が限界であったと考えられる。

VLBI 22 GHz Monitoring of Sgr A* during the G2 peri-center passing with Japanese VLBI Network

Recording system: VSSP32
 Band Width: 32MHz
 Sampling Rate: 128Mbps
 Observation Started: Feb. 11, 2013
 Finished: Aug. 31, 2014

ApJL 2015 Jan1st (Tsuboi et al.)

Daily
 Short baselines
 (80~300km)
 @22GHz



THE ASTROPHYSICAL JOURNAL LETTERS, 798:L6 (4pp), 2015 January 1
 © 2015. The American Astronomical Society. All rights reserved.

doi:10.1088/2041-8203/798/L6

NO MICROWAVE FLARE OF SAGITTARIUS A* AROUND THE G2 PERIASTRON PASSING

MASATO TSUBOI¹, YOSHIHARU ASAKI¹, OSAMU KAMEYA², YOSHIMORI YONEKURA³, YUSUKE MIYAMOTO³, HIROYUKI KANEKO⁴, MASUMICHI SETA⁴, NAOMASA NAKAI⁴, HIROSHI TAKABA⁵, KEN-ICHI WAKAMATSU⁶, MAKOTO MIYOSHI⁷, YOSHIHIRO FUKUZAKI⁷, KENTA UEHARA⁸, AND MAMURU SEKIDO⁹

¹ Institute of Space and Astronautical Science (ISAS), Japan Aerospace Exploration Agency, 3-1-1 Yoshinoda, Chuo-ku, Sagami-dera, Kanagawa 252-5210, Japan; tsuboi@isas.jaxa.jp

² Mizusawa VLBI Observatory, National Astronomical Observatory of Japan, 2-12, Hoshizuka, Mizusawa, Oshu, Iwate 025-0861, Japan

³ Center for Astronomy, Ibaraki University, 2-1-1 Bunkyo, Mito, Ibaraki 310-8512, Japan

⁴ Division of Physics, Faculty of Pure and Applied Sciences, University of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki 305-8571, Japan

⁵ Faculty of Engineering, Gifu University, 1-1, Yanagito, Gifu, Gifu 501-1193, Japan

⁶ National Astronomical Observatory of Japan, 2-21-1, Osawa, Mitaka, Tokyo 181-8588, Japan

⁷ Geospatial Information Authority of Japan, 1, Kitanishi, Tsukuba 305-0811, Japan

⁸ Department of Astronomy, the University of Tokyo, Bunkyo, Tokyo 113-0033, Japan

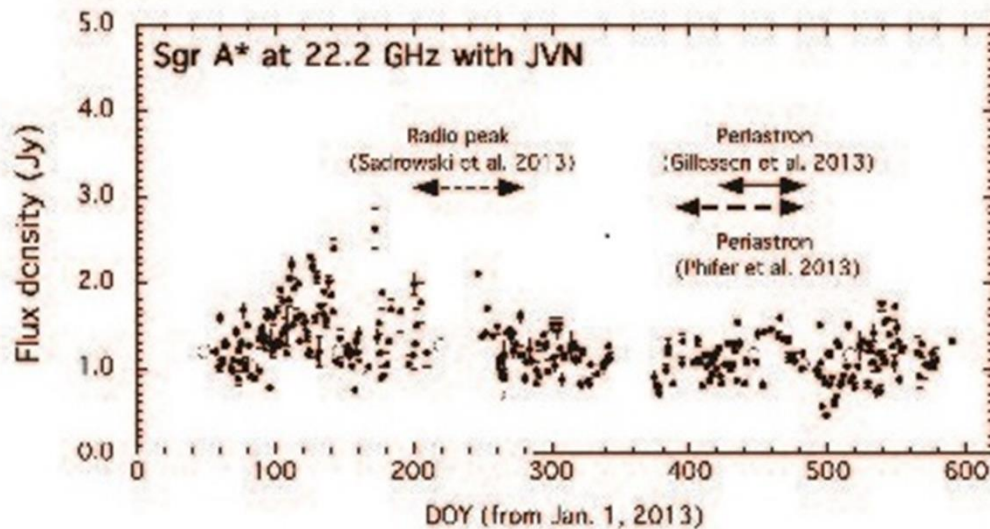
⁹ Kashima Space Research Center, National Institute of Information and Communications Technology (NICT), 895-1 Hirai, Kashima, Ibaraki 314-8501, Japan

Received 2014 October 16; accepted 2014 October 26; published 2014 December 12

ABSTRACT

In order to explore any change caused by the G2 cloud approaching, we have monitored the flux density of Sgr A* at 22 GHz from 2013 February to 2014 August with a sub-array of the Japanese Very Long Baseline Interferometry Network. The observation period included the expected periastron dates. The number of observation epochs was 283 days. We have observed no significant microwave enhancement of Sgr A* in the whole observation period. The average flux density in the period is $S_{\nu} = 1.23 \pm 0.33$ Jy. The average is consistent with the usually observed flux density range of Sgr A* at 22 GHz.

Key words: galaxies: nuclei – Galaxy: center – ISM: individual objects (G2)



モーターの修理と取り付け 2016年3月



対応した天文台上野氏と茨城製作所のスタッフ
十六原電業

コンプレッサ入れ替えと受信機空調更新

2016年8月下旬から22GHz帯受信機は冷却状態



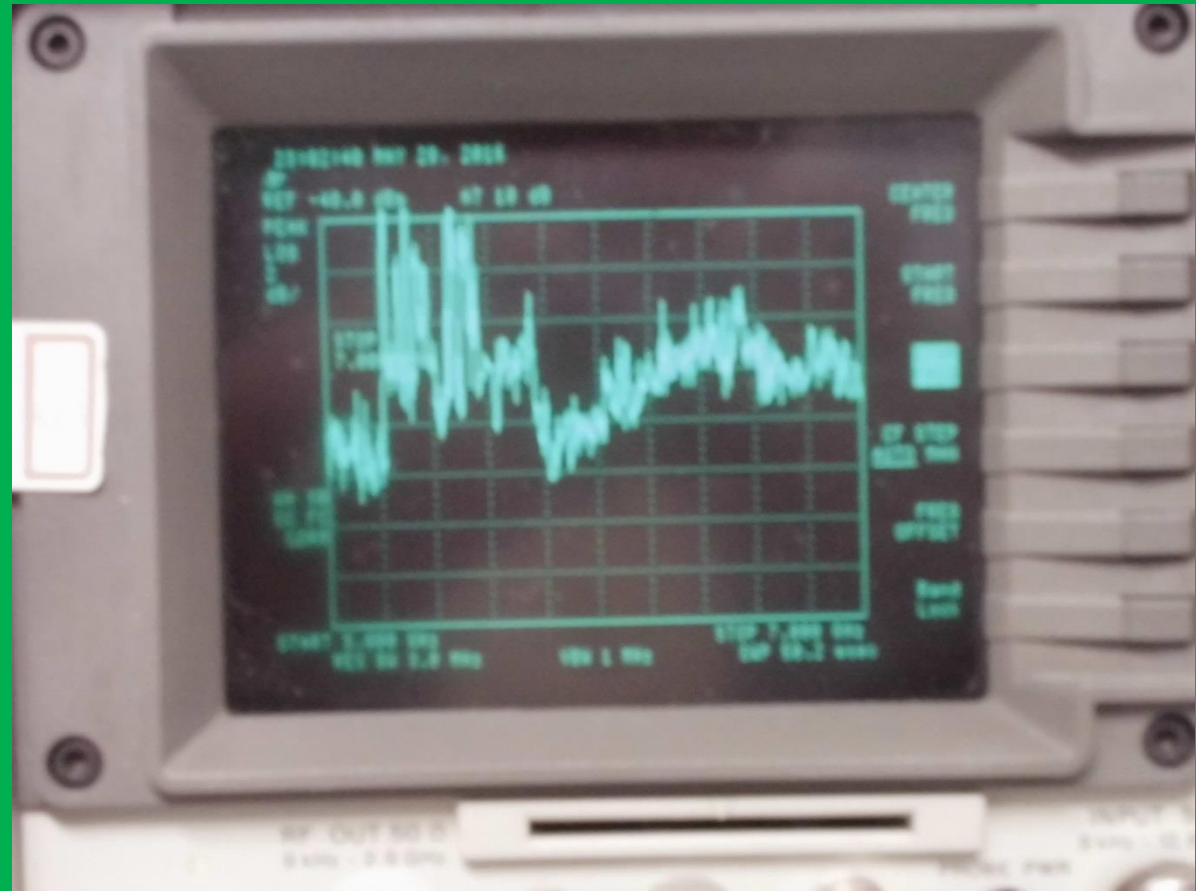
受信機室空調交換

K/Q帯用コンプレッサ

4. その他の使用と今後

K帯で気球VLBI、広帯域記録協力

2015~2017.7



アウトリーチへの使用状況

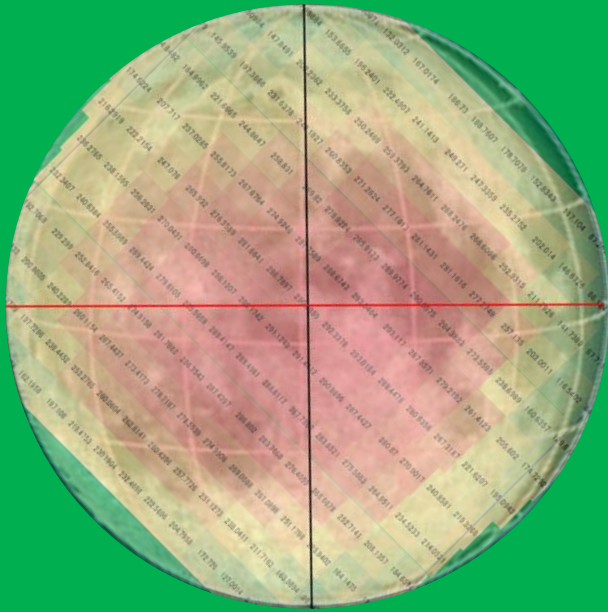
- 中学生、高校生の電波観測に使用。
サイエンスメイト(中学生)、水沢高校SSH、
福島東稜高校等
- 教員研修に一部使用

「月の満ち欠けと表面下温度の関係 Part2」

岩手県立水沢高等学校理数科2年

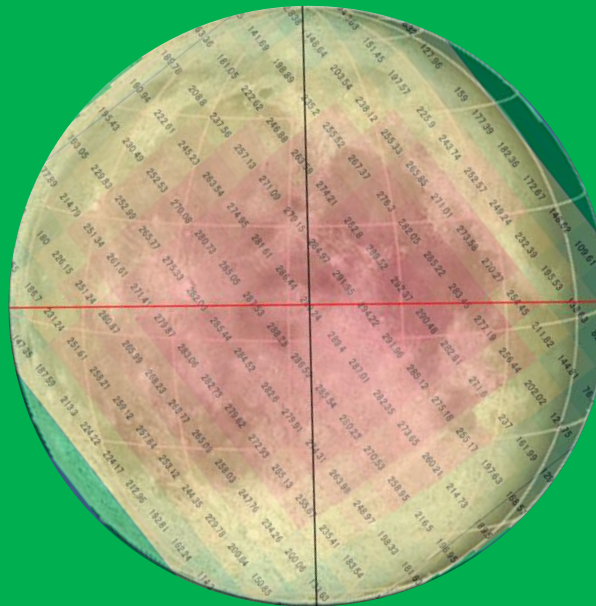
岩崎凌斗 遠藤咲季 金子瞬 千葉めぐみ

SSH研究発表会より 2017.1



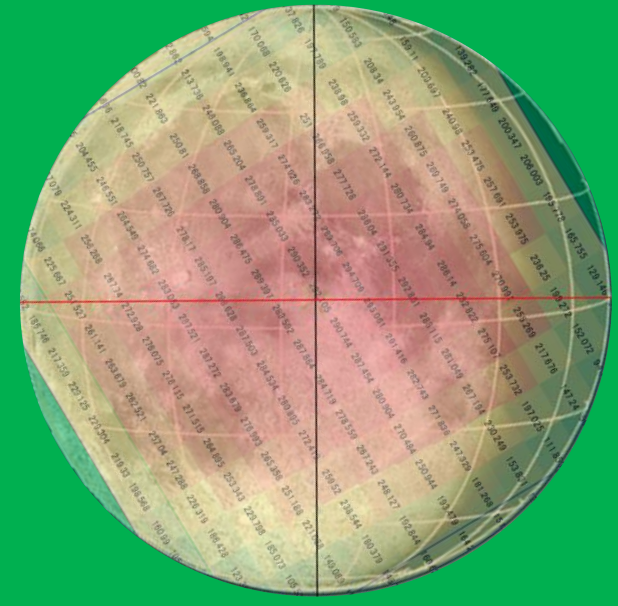
2016年11月15日

月齢:15.7 視直径:33.6'



11月16日

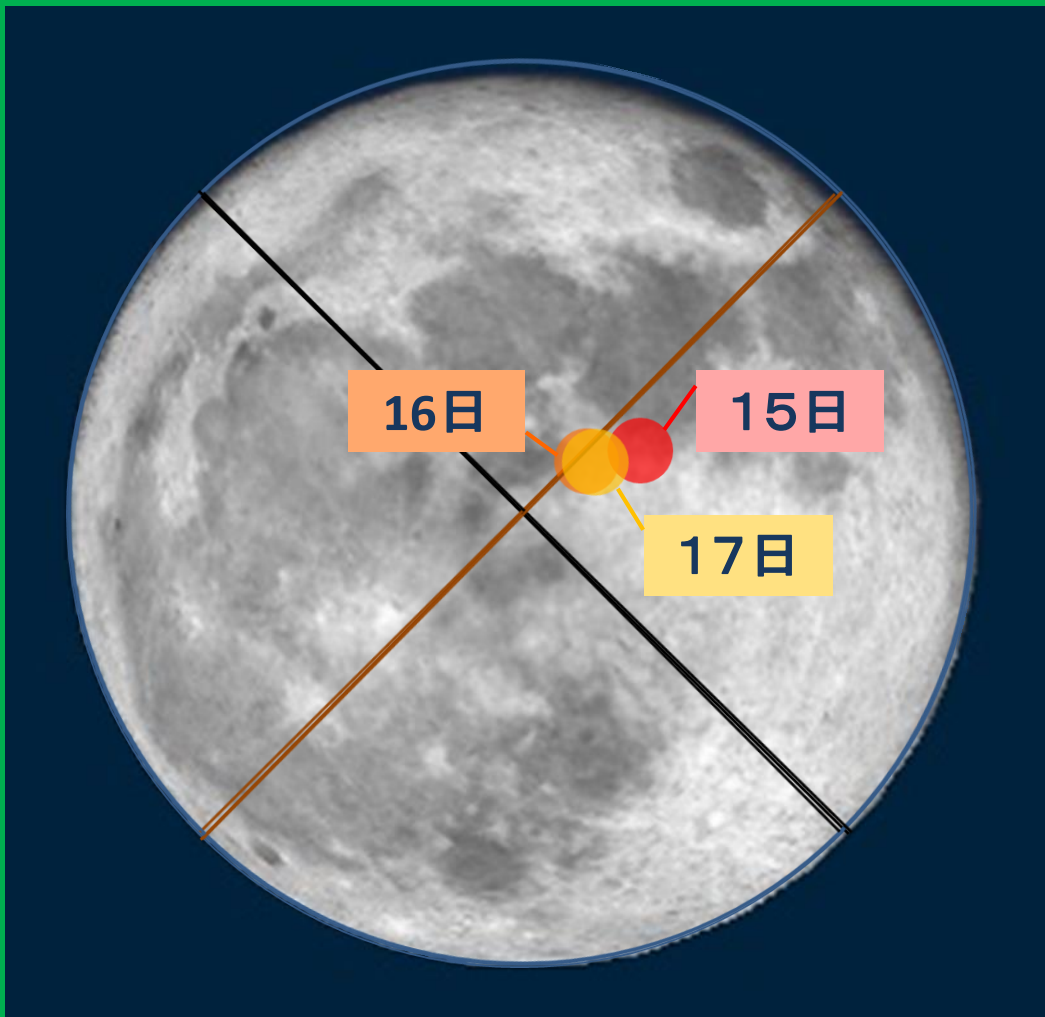
月齢:16.7 視直径:33.4'



11月17日

月齢:17.7 視直径:32.9'

ピーク位置の変化



・9月の観測では、月表面下数十cmでは赤道上で距離 22° にピークがあり、昨年度の研究に近い結果となった。

・月齢が1高くなるごとに西に約 12° ずつずれていくと予想していたが、11月の観測では仮説とは異なり、ピーク位置の大きな変化は見られなかった。

2017年8月の神戸で開催されたSSH研究発表会で報告された。

水沢10mアンテナの将来の可能性

- Nano-JASMINE運用(毎日2~3回×30分間)に使われない殆どの時間を使ってVLBIや単一鏡観測に殆ど自動で使用可能
- S帯および22GHzの同時受信が可能
- 強いAGNの毎日VLBIモニター観測with JVN?
- S帯/22GHzの変動現象探査
- 水メーザーのモニター観測と、バーストの単一鏡偏波観測

まとめ

- ・国立天文台水沢VLBI観測所直径10m電波望遠鏡は、今年で建設後25年
- ・建設当初はS/X帯における地球回転VLBIや測地VLBI観測が主な観測
- ・22GHz帯における国内共同利用VLBIネットワークであるJ-Netに参加
- ・VERA建設後は、VERAの性能確認とバックアップ、RISEグループの試験観測、SgrA*毎日モニター観測や高校生のSSH研究に使用
- ・Nano-JASMINE衛星のダウンリンク局として使用する予定
人工衛星の観測運用が十分な指向精度でできるように、駆動系等のシステムを改良
- ・比較的小回りが利く運用ができる特性およびVLBI安定性を使って、国内のVLBIモニター観測に対応：広帯域VLBI観測
国内の気球VLBI観測に参加し、FRINGE検出の重要局として対応
- ・強いAGNの毎日VLBIモニター観測、S帯/22GHzの変動現象探査、水メーザーのモニター観測と、バーストの単一鏡偏波観測に使用するのが良いだらう。