

国立天文台水沢10m電波望遠鏡によるパルサーと突発天体観測の可能性について

亀谷 收、本間 希樹、小山 友明 (国立天文台)



水沢10m電波望遠鏡

「日本SKAパルサー・突発天体研究会」
2018年1月5日～7日 @ホテルがんけ(鹿嶋)



内容

1. 水沢10m電波望遠鏡のこれまでの研究と性能
2. これからの使用計画とそれに向けての改造と試験
3. 今後の観測可能性

1992年(平成4年)12月29日(火曜日)

25年前から運用開始
1992年12月地元紙記事

1. 水沢10m電波望遠鏡のこれまでの研究と性能

Performance of the Mizusawa 10m telescope

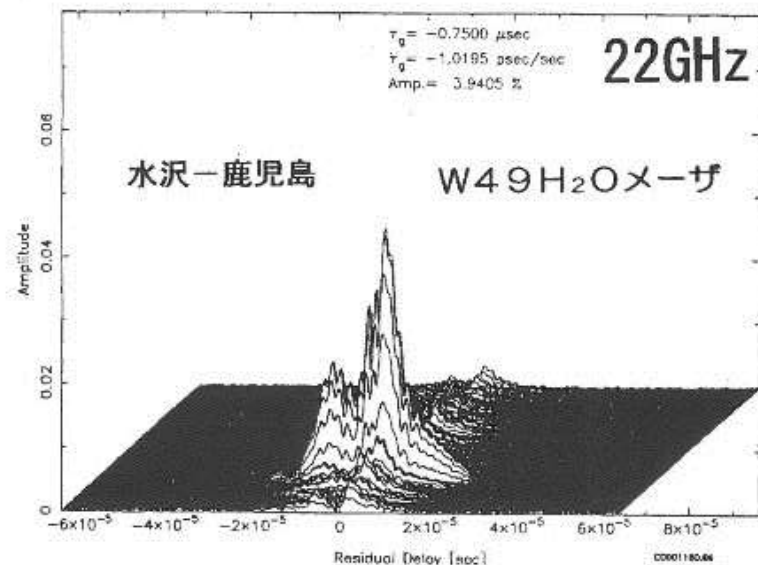
- 1) Antenna & Receiver
 - Main reflector : 10.0m surface accuracy: 0.34mm(rms)
 - S Band HPBW : 54', aperture efficiency: 38%, Tsys: 250K ?
 - X Band HPBW : 13', aperture efficiency: 63%, Tsys: 100K
 - 22GHz Band HPBW: 5.2', aperture efficiency: 36%, Tsys: 130K
 - 43GHz Band HPBW: 2.7', aperture efficiency: 25%, Tsys: 200K
- * 暫定値です。
- 2) Driving ability
 - Max. slew speed : AZ: 3.14°/sec
EL: 3.06°/sec
 - Max acceleration : AZ: 3.78°/sec²
EL: 3.71°/sec²
- 完成から約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、、、)



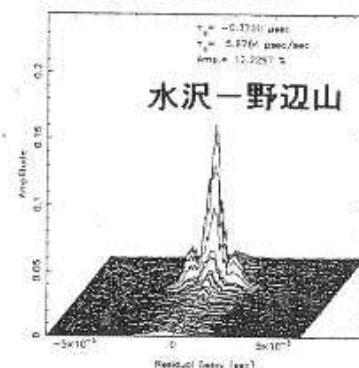
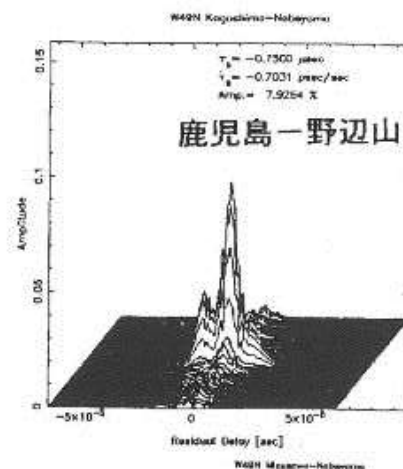
初めての
フリンジ検出

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



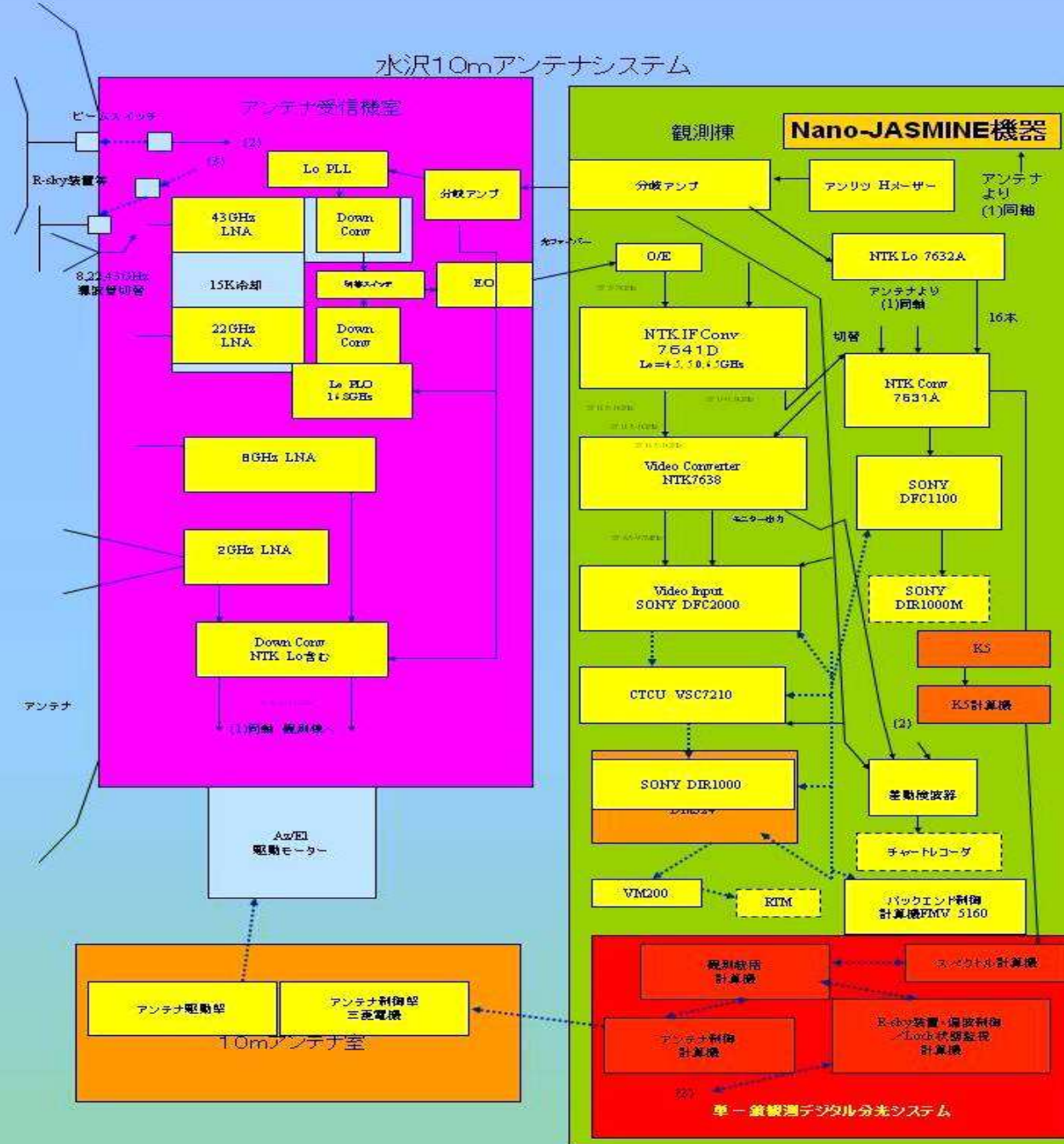
10月27日に、国立天文台の電波望遠鏡3局間、水沢(10m)—野辺山(45m)—鹿児島(6m)で、初めておこなわれたVLBIネットワーク観測で、W49からのH₂Oメーザ電波のフリンジを検出しました。相関処理は水沢グループが担当し、国立天文台が開発した簡易型相関器が使われました。

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。

国立天文台・水沢・野辺山/鹿児島大学VLBIグループ同

1993年12月



水沢10m ブロックダイアグラム



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 ASTRONOMICAL JOURNAL LETTERS, 198 L6 (4pp), 2015 January 1
© 2015. The American Astronomical Society. All rights reserved.

doi:10.1088/2041-8203/798/1/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 MAMORU SEKIDO⁹

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

² Mizusawa VLBI Observatory, National Astronomical Observatory of Japan, 2-12, Hoshigaoka, Mizusawa, Otsu, 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, Kinsato, Tsukuba 305-0811, Japan

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

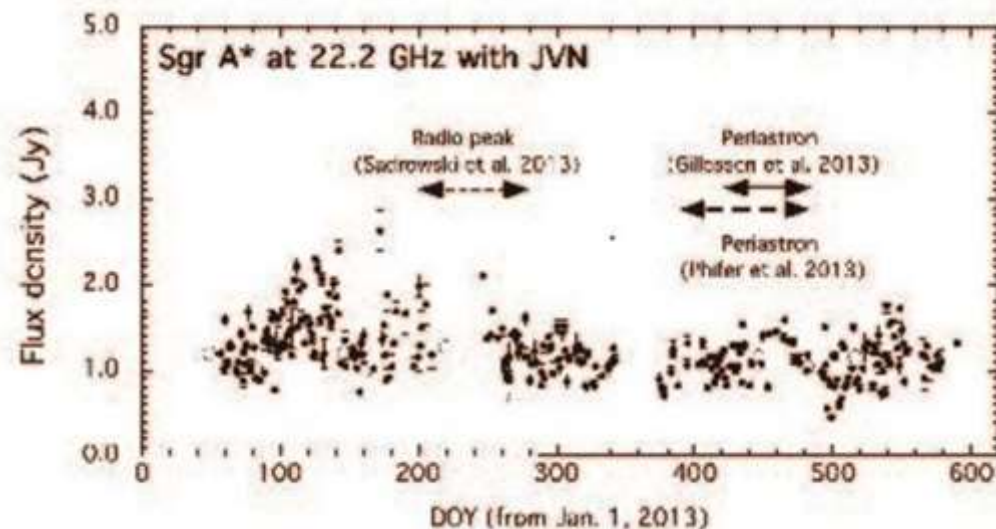
⁹ Kashima Space Research Center, National Institute of Information and Communications Technology (NICT), 895-1 Hirai,
Kashima, Ibaraki 314-8501, Japan

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

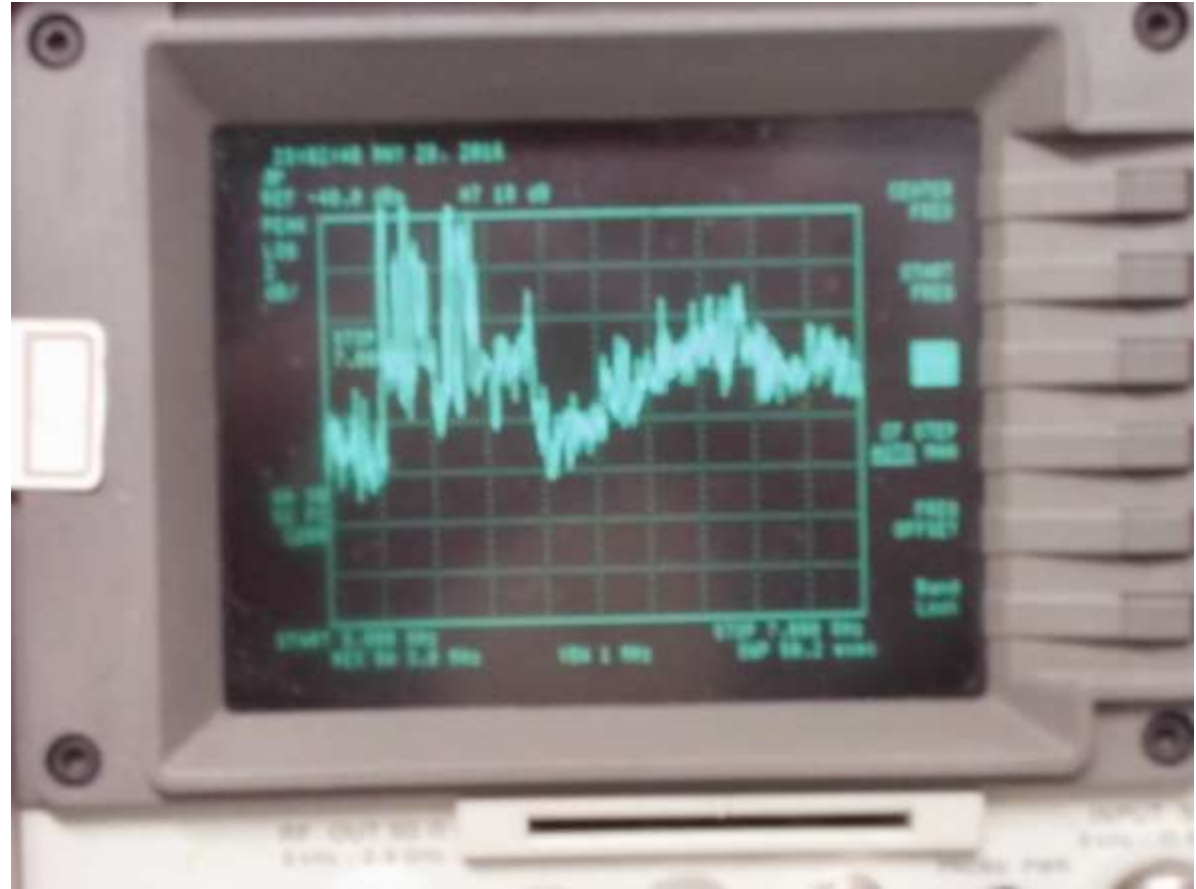
ABSTRACT

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)



K帯でJAXA気球VLBI、 広帯域記録協力2015~2017



岩手県立水沢高校実施の22GHz月面温度測定結果

平成28年度 SSH 英語発表会要旨

「月の満ち欠けと表面下温度の関係」

岩手県立水沢高等学校理数科2年

伊藤聖太 佐藤諒太 阿部佑奈 佐々木春菜

4 結果

《1回目》輝度温度の標準偏差は平均0.99K

《2回目》輝度温度の標準偏差は平均0.88K



図1

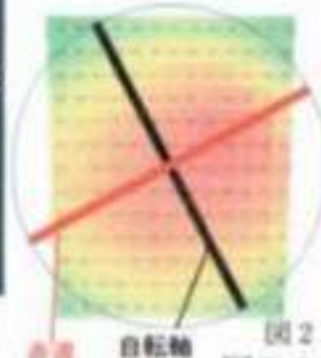


図2

図1: 2回目の観測開始時の月の様子
図2: 2回目の視覚化した輝度温度

《グラフ化》

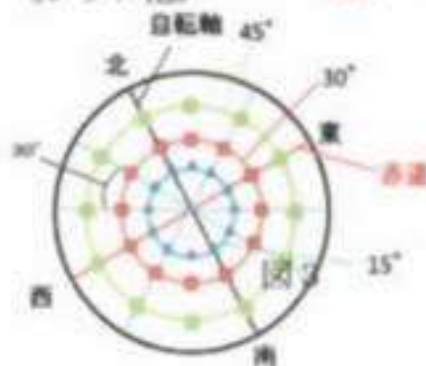
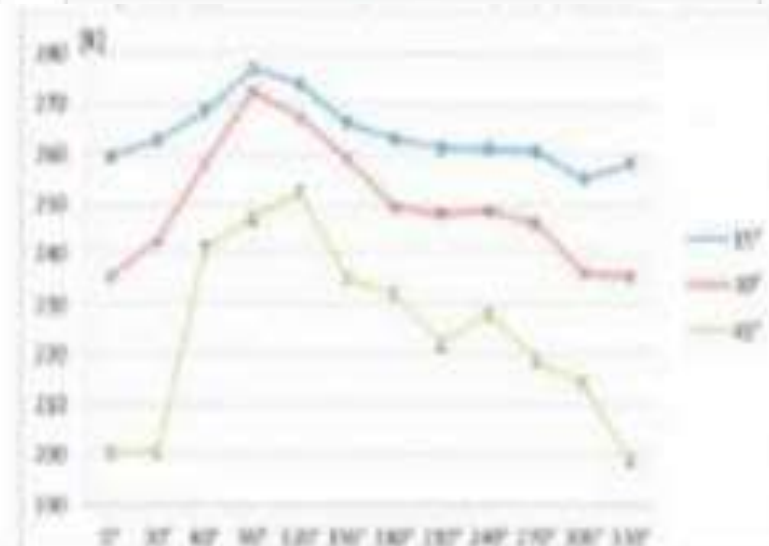


図3

図3のように、月の中心から距離を等角度で表し、(15°、30°、45°) 自転軸を南北(経度0°)として北から時計回りに30°間隔でグラフ化した。(図3は実際の縮尺とは異なる。) 等角距離の観点から解析すると、それぞれの円では観測

される表面下の深さが同じになるので定量的な分析ができ、全体の傾向をつかめる。縦軸は輝度温度[K]、横軸は自転軸からの角度[°]である。



←図4
月 齢
14.4の
輝度温
度分布
(10月
27日)

《結果①》

図4から、赤道付近(90°, 270°)に近づくほど温度が高く、極付近(0°, 180°)に近づくほど温度が低くなる傾向にあることが分かった。

《結果②》

予想と同様に、東側(30°~150°)の温度が高かった。

《結果③》

南北を比較すると北側(0°)の温度の方が低く、南側(180°)の方が高い傾向になった。

2. これからの使用計画とそれに向けての改造と試験

Nano-JASMINE衛星（日本初めての赤外線位置天文衛星：打上げ時期検討中）の2.45GHzでのダウンリンク局として使用予定。太陽同期軌道のため、朝、夕に衛星を追尾する。それ以外の時間は独自の観測を行える。



ダウンリンク局 水沢10mアンテナ



Nano-JASMINE衛星

亀谷 収, 浅利一善, JASMINEグループ, 水沢VLBI観測所
VERA運用グループ(国立天文台)

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）



ところで、私が興味を持っている事：
パルサーの距離情報を用いた
銀河系内電離ガス密度分布推定

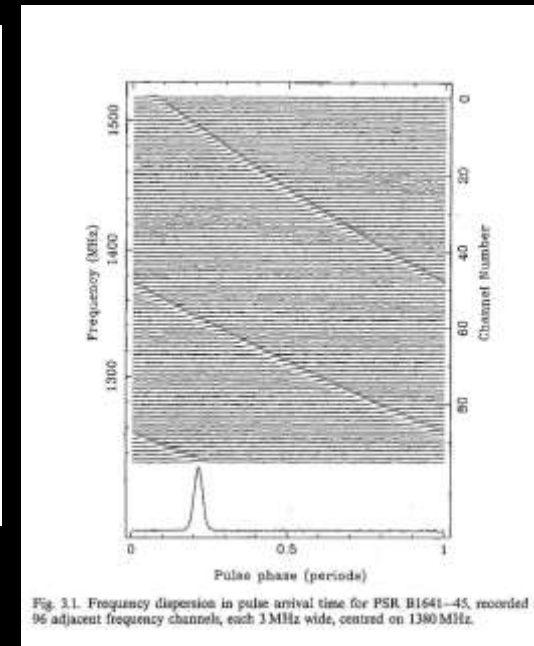
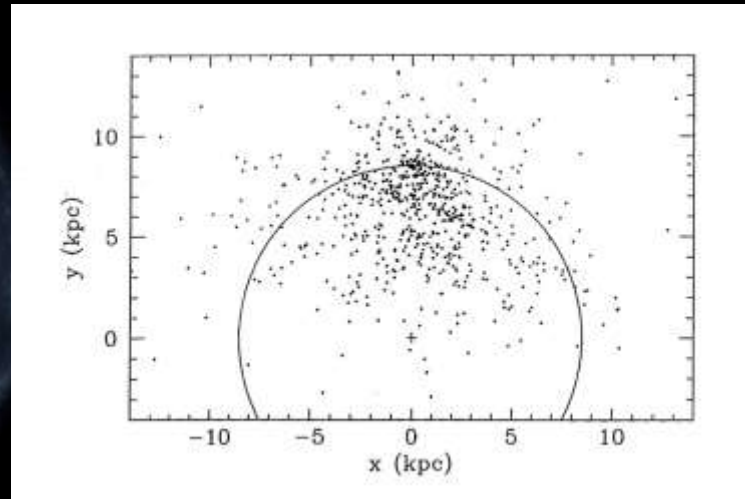
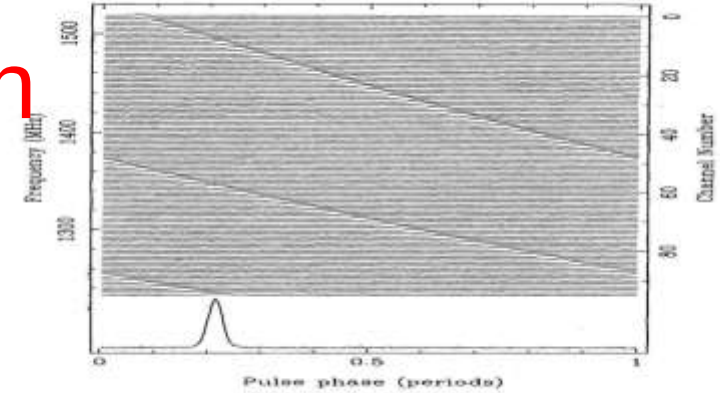
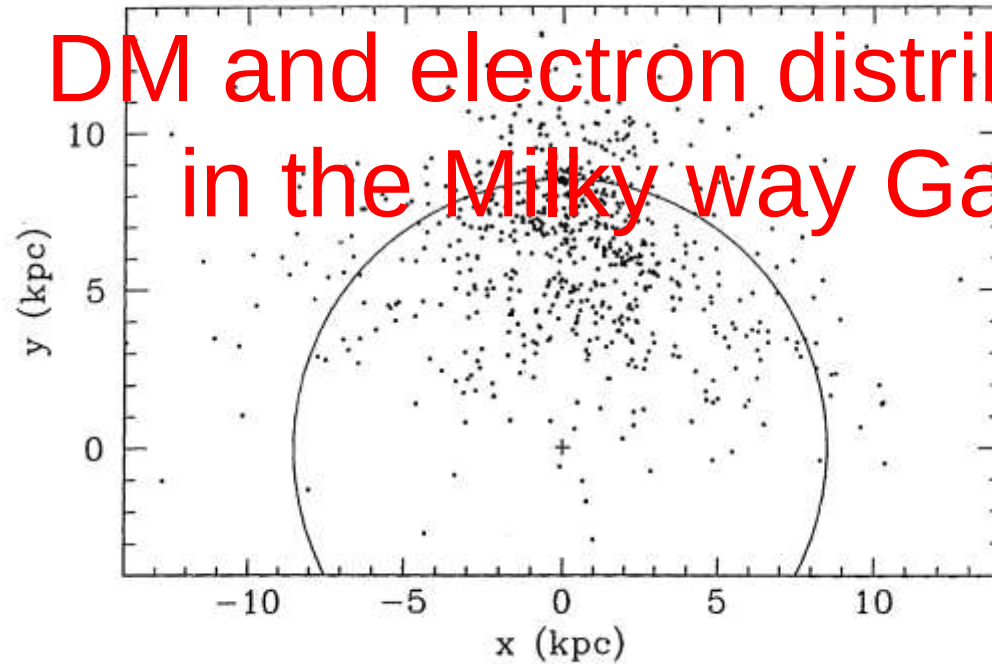


Fig. 3.1. Frequency dispersion in pulse arrival time for PSR B1641-45, recorded in 96 adjacent frequency channels, each 1 MHz wide, centred on 1380 MHz.

DM and electron distribution in the Milky way Galaxy



$$A = 2.410 \times 10^{-16} \text{ cm}^{-3} \text{ pc}$$

$$dl = d_{(\text{pc})} \cdot n_{(\text{cm}^{-3})}$$

$$d_{(\text{pc})} = \text{DM}_{(\text{cm}^{-3} \text{ pc})} / n_{(\text{cm}^{-3})}$$

$$n_{(\text{cm}^{-3})} = \text{DM}_{(\text{cm}^{-3} \text{ pc})} / d_{(\text{pc})}$$

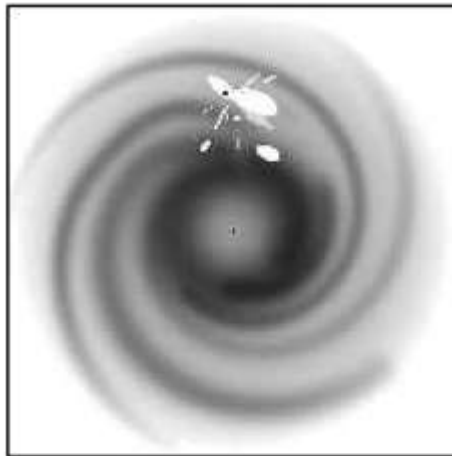


FIG. 2.— Electron density corresponding to the best fit model plotted as a grayscale with logarithmic levels on a 30×30 kpc x-y plane at z=0 and centered on the Galactic center. The most prominent large-scale features are the spiral arms, a thick, tenuous disk, a molecular ring component. A Galactic center component appears as a small dot. The small-scale, lighter features represent the local ISM and underdense regions required for by some lines of sight with independent distance measurements. The small dark region embedded in one of the underdense, ellipsoidal regions is the Gum Nebula and Vela supernova remnant.



NE2001(Cordes & Lazio 2001) Model

VERA水沢局バックエンド



広帯域化

目的

1. 高感度化により微弱な天体の受信を可能にする
2. 老朽化した磁気テープ記録・相関器をハードディスク記録・ソフトウェア相関器へ世代交代する

光伝送装置 (OCTAVIA)



VSI の電気信号を
10GbE の光信号に変換する

VSI 入出力 : 2Gbps x 4ch
10GbE 入出力 : VDIF/UDP/IP

観測棟機器



既存の系に並行して
広帯域機器を導入し運用試験中

ディスクレコーダ (OCTADISK)



10GbE の VDIF データを HDD に
記録・再生する

10GbE 入出力 : VDIF/UDP/IP
HDD 記録速度 : 2Gbps 録再同時
ディスクモジュール : 可搬型 2 バック

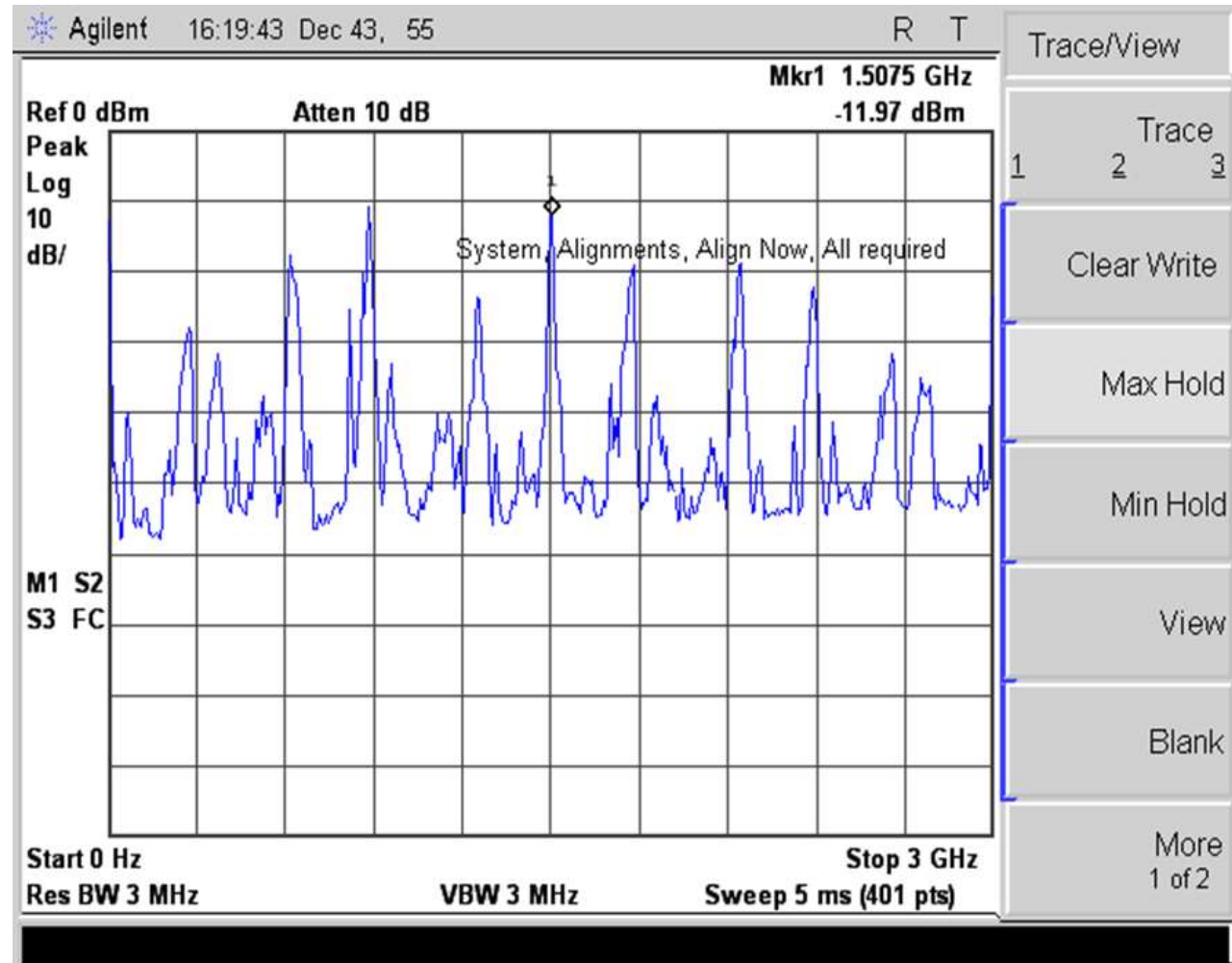
相関器



写真左 写真右
ソフトウェア相関器 ハードウェア相関器
PC ベース 1Gbps リアルタイム処理

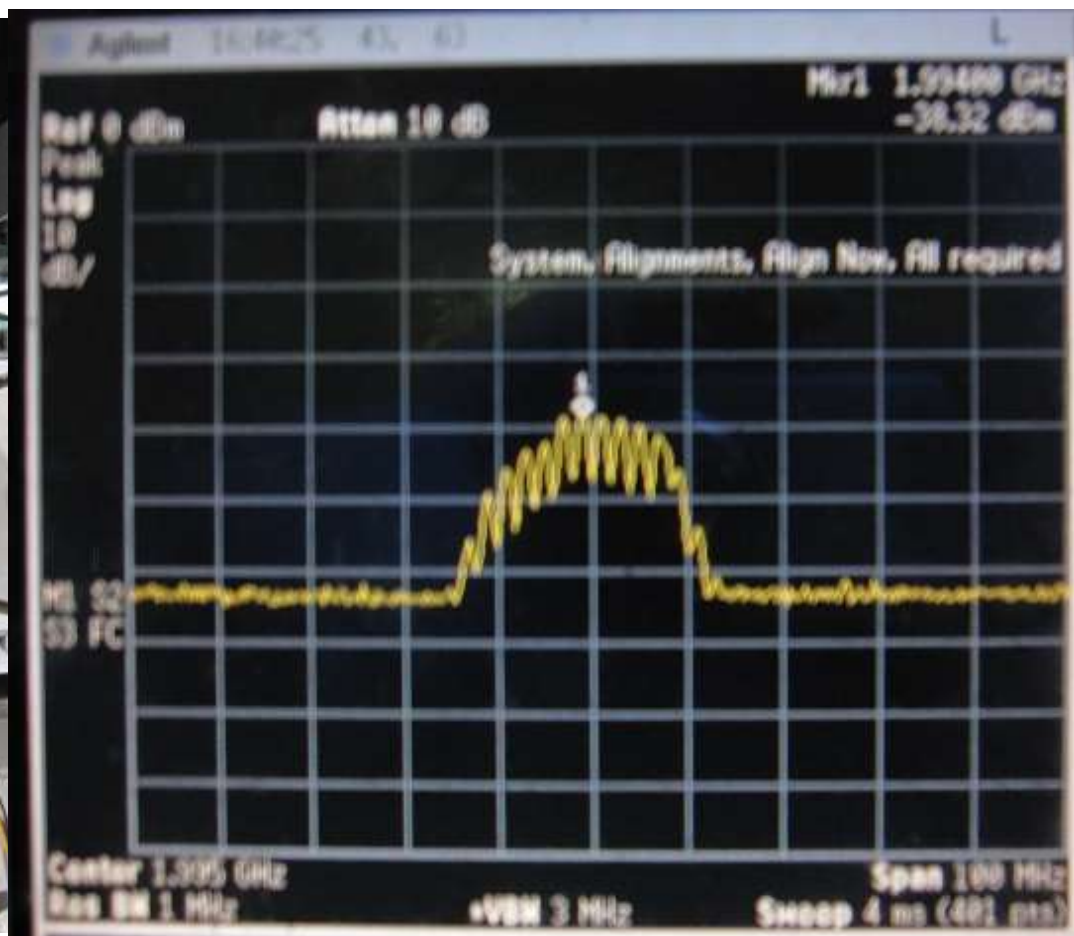
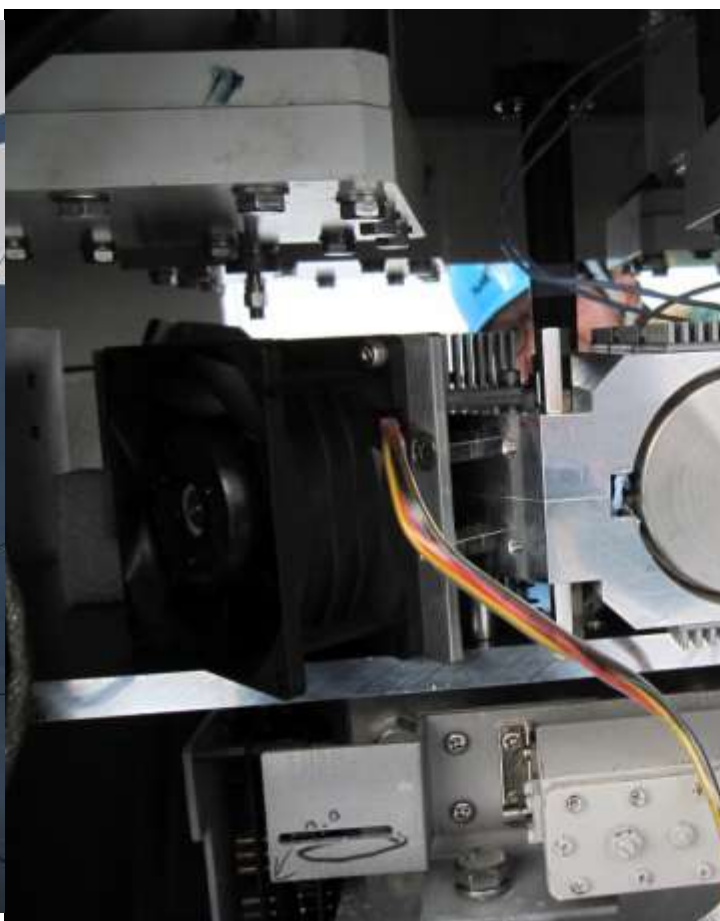
水沢局付近のRFI(人工電波干渉)測定

2017.12 ・サチュレーションを起こしている可能性が高いので、要注意。



東芝製冷却フィルタの設置と試験

1.995GHz $\pm$ 10MHzのフィルター 2017年12月～



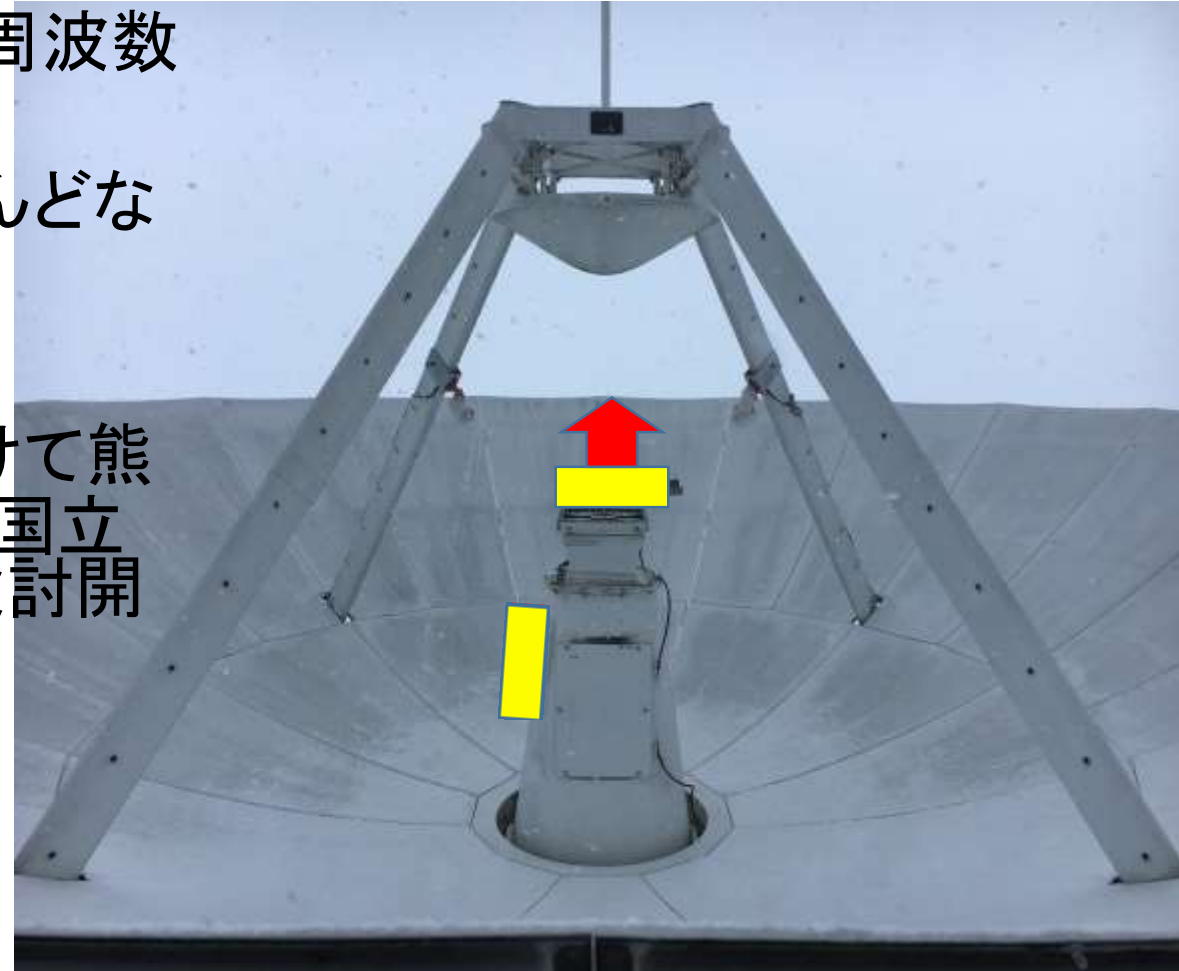
右写真:シンセサイザーの出力周波数を10MHzずつ変更して、ホーンから入れ、Maxholdモードで測定
中心周波数:1.995GHz、横軸周波数(100MHzスパン)縦軸:電波強度(-100dBm～0dBm 10dB/div)

1.4/1.6GHz帯の観測可能性を検討中

- LNA は少なくとも1.40GHz～2.30GHz の周波数で44dB～45dB の利得を持つ。
- ホーンは2GHz以下では、ゲインがほとんどない。

>>

- 1.4GHz／1.6GHz帯の観測の実現に向けて熊本大学工学部 福迫教授のグループと国立天文台水沢VLBI観測所のグループで検討開始
- ヘリカルアンテナ or パッチアンテナ？
- 問題点：S帯など他の周波数との共存



写真：赤堀氏に感謝します。

3. 今後の観測可能性

- 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の同時受信が可能だが、S帯は、パルサーに対して余り強力でない。
- $> 1.4\text{GHz}/1.6\text{GHz}$ の周波数帯の観測
- パルサーや突発天体に特化したモニター観測を検討中
 - ・他の大望遠鏡と同期した観測を行い、VLBI観測を行うなど。
 - ・かつてOri-KL水メーザーのバーストした時の偏波モニター観測を行った。このようなモニター観測は、今後も重要になるだろう。

S. Horiuchi, S. and Kameya, O. (2000) Highly polarized emission from the bursting water maser in Orion-KL, Publ. Astron. Soc. Japan, 52, 545-550.

まとめ

- ・国立天文台水沢VLBI観測所10mアンテナは運用開始後25年過ぎた。
- ・S/22GHzの同時観測ができる。パルサー観測とトランジェントソース観測に使える可能性がある。
- ・混信の無い周波数を切り出せるフィルタを使って、1.4GHz/1.6GHz帯用のヘリカルアンテナなどを設置して、パルサー観測とトランジェントソース観測に使う可能性を検討している。