

水沢10m電波望遠鏡による 低周波数観測

亀谷 收 (国立天文台), 福迫武, 春口将太郎 (熊本大学), 本間希樹, 小山友明, 浅利一善, 山内 彩, 宇賀裕哉, 朝倉 佑, 吉田利宏、鈴木駿策 (国立天文台)



要約

国立天文台水沢VLBI観測所口径10m電波望遠鏡は、完成後26年を迎え、これまで様々なVLBI観測や単一鏡観測、新しい観測技術開発、学生教育等に使用されてきた。ここ数年は、K帯で行われる国内の気球VLBI観測計画に参加している。また近い将来打上げ予定のNano-JASMINE衛星のS帯のダウンリンク局として使用する予定である。

一方、国内ではSKA参加を視野に入れて、パルサー観測やtransient天体観測を低周波数で行う必要性が出てきている。そこで、新たに10m電波望遠鏡に設置できるL帯(1.1~1.6GHz)で使用可能な受信システムを開発した。

10m電波望遠鏡は、S帯およびX帯以上の周波数帯を同時受信できる一次放射器を持っているが、L帯は受信できない。そこで、この既存の一次放射器の上に設置できるL帯用のホーンアンテナシステムを熊本大学で開発した。この出力は、任意の偏波を受信する事が可能である。この出力を常温アンプ(ゲイン80dB)で増幅し、RF帯の信号を光伝送システムを使って観測棟まで伝送する。その後、既存のVLBIシステム等に接続することで記録が可能である。

目次

1. 10mアンテナの経緯と性能
2. L帯観測に向けての光学系の製作
3. L帯受信装置の10mアンテナへの設置



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	5.4°	aperture efficiency: 38%
X Band HPBW	3.1°	aperture efficiency: 63%
22GHz Band HPBW	5.2°	aperture efficiency: 36%
43GHz Band HPBW	2.7°	aperture efficiency: 25%
		Tsys:250K?
		Tsys:100K
		Tsys:130K
		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26年たった。J-Netで活躍、Orion-KL monitor 観測 (Horuchi, & Kameya, 2000), SgrA* 観測 (Kameya et al. 2015, Tsuboi et al. 2011), SSH 観測など、さまざまな試験観測に使われている

2. L帯観測に向けての光学系の製作

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
- ヘリカルアンテナ or パッチアンテナ?
- 問題点: S帯などの周波数との共存

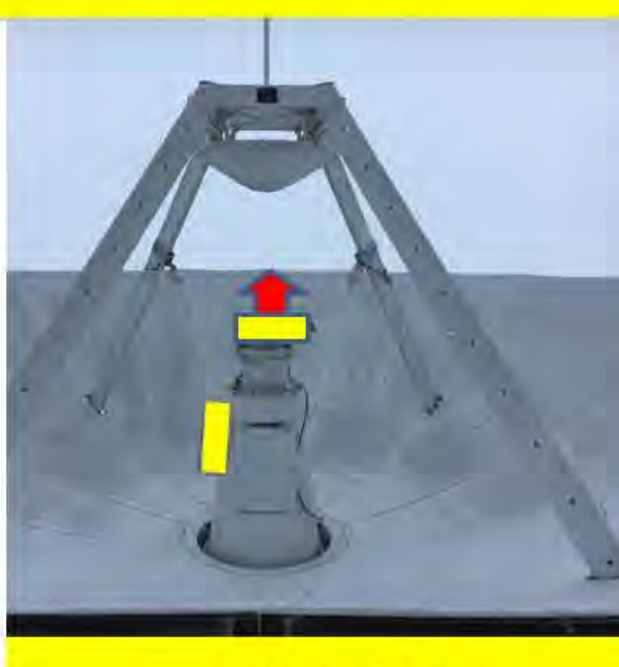
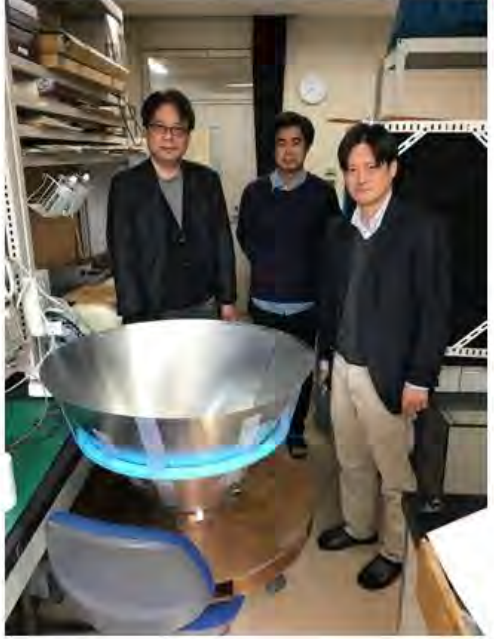


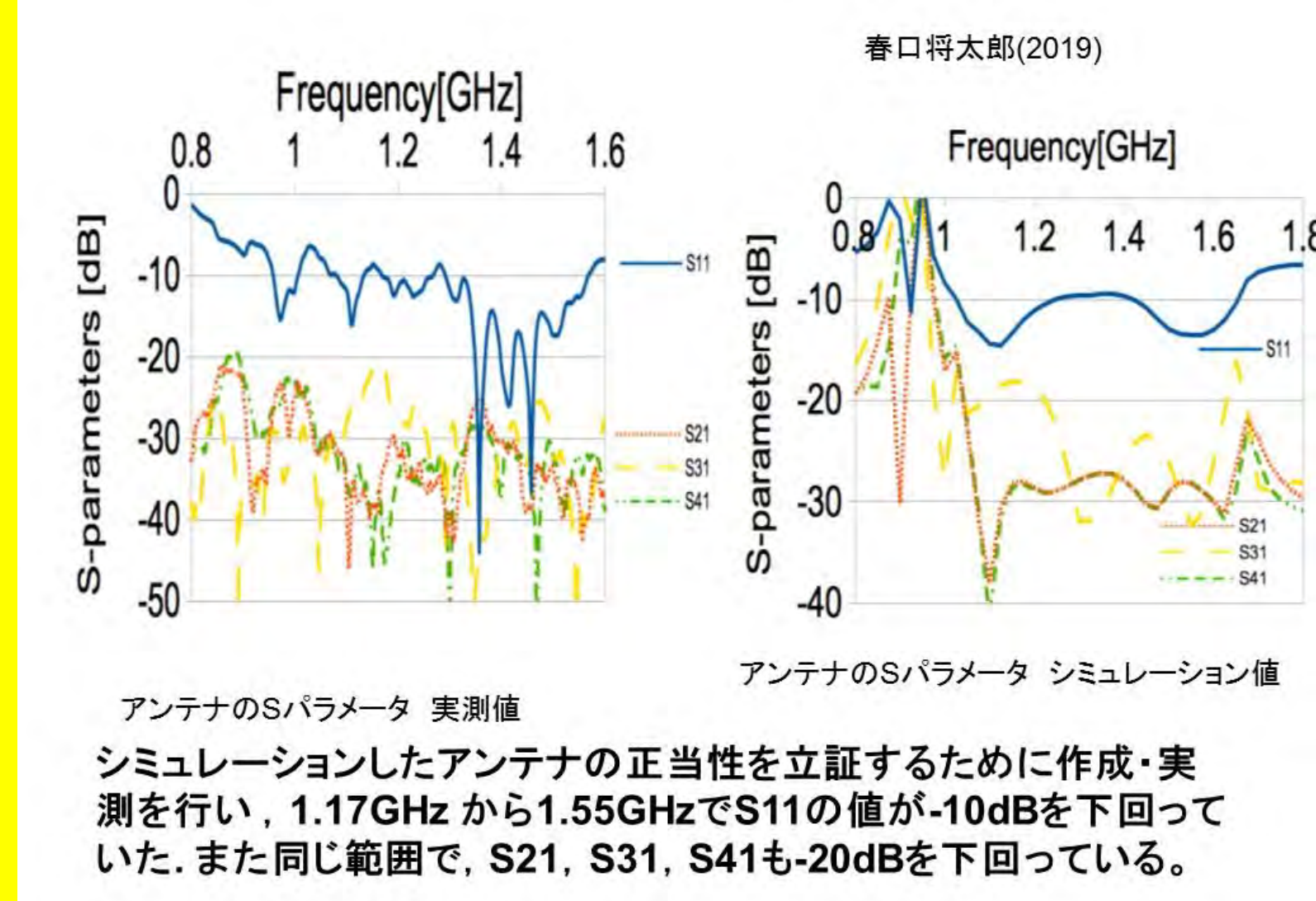
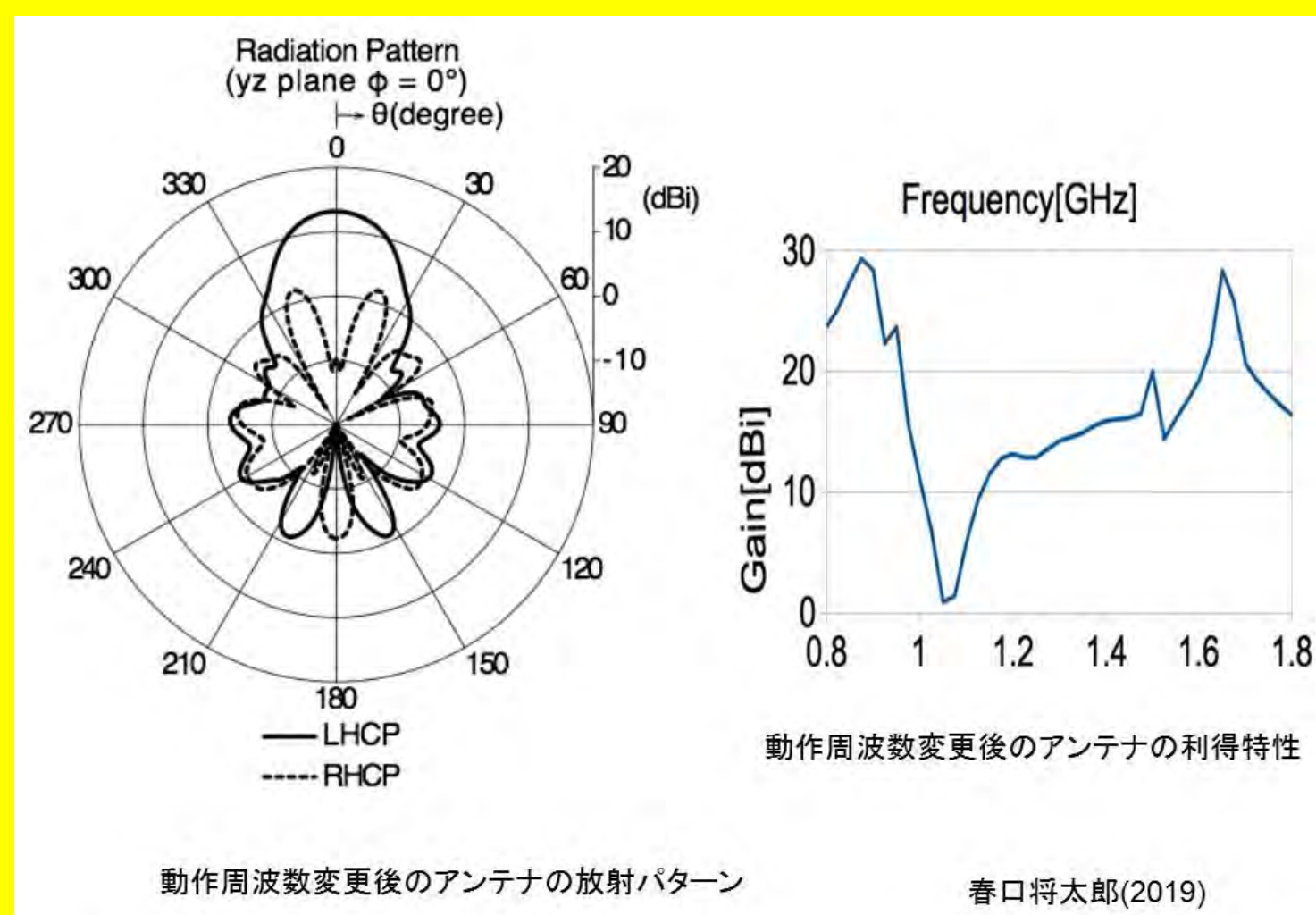
写真: 赤堀氏提供

L帯受信機系の開発

春口将太郎(2019), 低姿勢な偏波共用ホーンアンテナの検討, 修士論文(熊本大学)による



- 目的:
- Lバンドの帯域を使用できる電波望遠鏡アンテナの検討 (当初は1.4GHz~1.6GHzで検討したが、FIRSTの周波数を考慮して1.05GHz~1.45GHzに変更)
 - 電波望遠鏡での使用のために
 - 利得の向上
 - 交差偏波の減少
 - 低姿勢



3. L帯受信装置の10mアンテナへの設置

水沢10m電波望遠鏡に設置するための設置台の製作 (2019年3月@国立天文台水沢)



L帯光学系のアンテナ設置

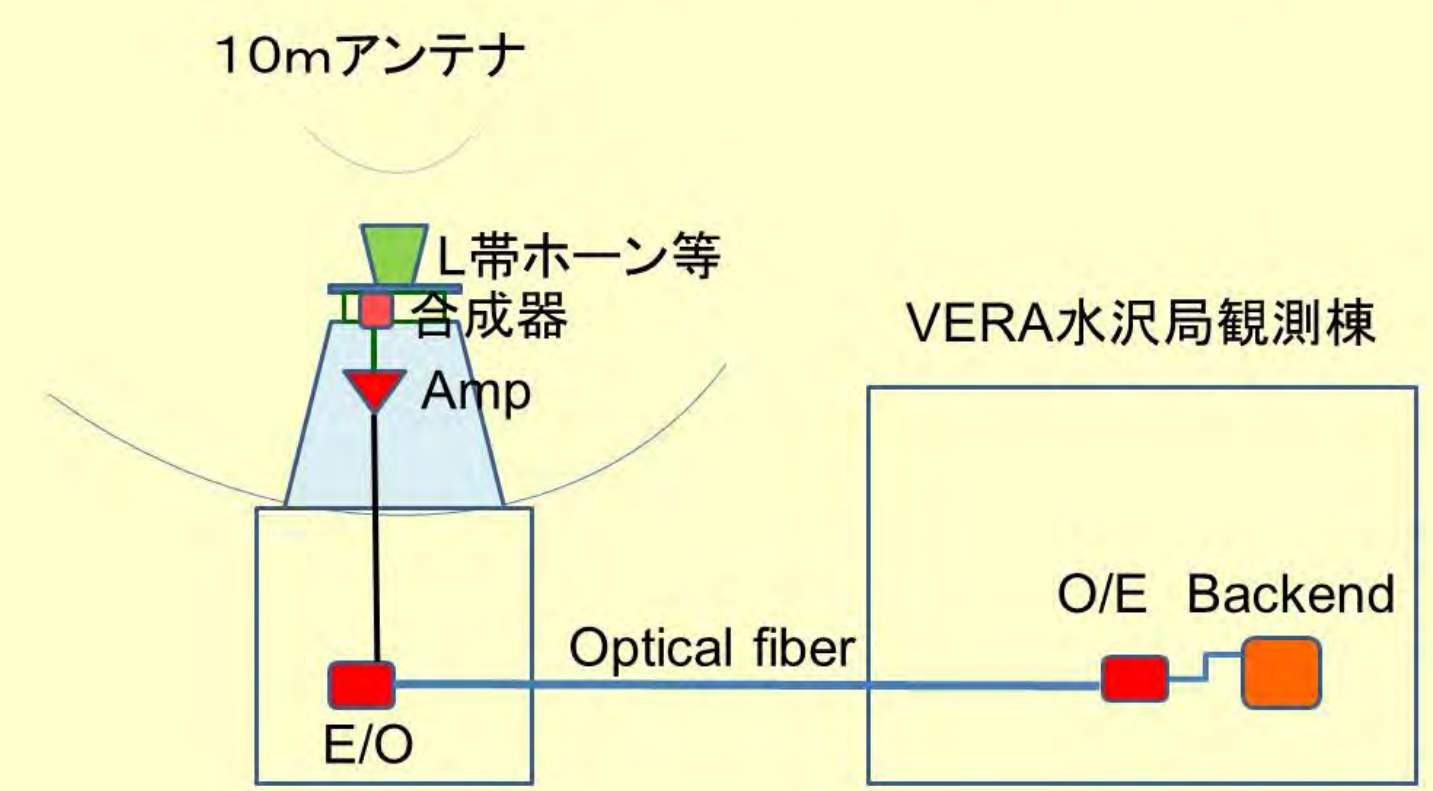
2019年7月

リングアンテナ部と位相合成部の設置

ホーンの取り付け



L帯受信装置のブロックダイアグラム



測定結果



今後に向けた現状のまとめ

- 現状では、まだ天体観測に可能な状態にはなっていない。
- L帯の光学系は、S帯ホーンの上部に設置しているため、焦点位置に設置できていない。そのため、光学系の設置位置の最適化を今後する必要がある。そのための、光学系の再設計を行っている。
- 受信機の各装置のレベルの最適化の対応が必要である。
- 混信の影響が大きいので、その対策が必要である。

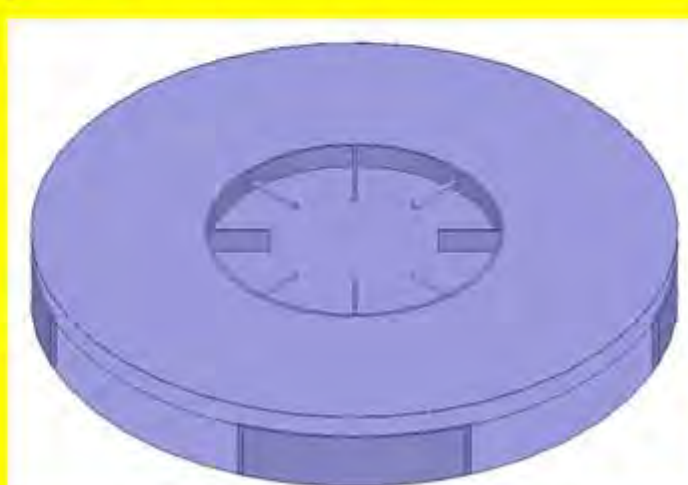
今後の観測可能性

- 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、パルサーに対して十分な性能がでるわけではない。
- パルサーの強度が強い1.4GHz/1.6GHz(L帯)の周波数帯の観測装置を安定して動くようにする。更に今後、L帯の受信装置とS帯/K帯の受信装置を簡易に切り替えられるシステムを構築する。
- SKAを視野に入れて、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観測を行うなどを検討する。

その後の受信機系の改良の試み

- 今回のL帯受信機系では、混信電波がリングアンテナの横から漏れこむ可能性が認められた。
- そこで、それを避けるために更に上に銅の円盤をつけるモデルを検討中。
- フランジの半径を1.5倍にした構造でシミュレーションしたところ、良好な結果がでている。

これまで使用していたリングアンテナの上に銅の円盤を付着したモデル



まとめ

- 国立天文台水沢VLBI観測所直径10m電波望遠鏡は、建設後26年を迎えた。
- SKAへの参加を見越して、S帯に加えてL帯の光学系を設置してパルサー等の低周波数での観測を実施できるようにしたい。
- 今回、熊本大学との共同研究によって、L帯の受信装置を10mに設置し、L帯での観測可能性を探っている。
- 焦点位置に置けなかったことや、混信の影響が大きいことなど、問題点が明らかになった。現在、改良を進めつつある。

References

Doi, A., et al. (2018), A Balloon-Borne Very Long Baseline Interferometry Experiment in Stratosphere: Systems Design and Developments, Adv. Space Res., submitted.

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

Kameya, O.; Tsuboi, M., et al. (2015), 22 GHz MONITORING OF SGR A* DURING THE G2 PERI-CENTER PASSING WITH THE JAPANESE VLBI NETWORK, Publications of The Korean Astronomical Society, vol. 30, issue 2, pp. 649-650

春口将太郎(2019), 低姿勢な偏波共用ホーンアンテナの検討, 修士論文(熊本大学)

Kono, Y., Doi, A., et al. (2018) The first VLBI experiment with radio telescope in pendulum motion, submitted to PASJ

Tsuboi, M., Asaki, Y., Kameya, O., et al. (2015), No Microwave Flare of Sagittarius A* around the G2 Periastron Passing, The Astrophysical Journal Letters, Volume 798, Issue 1, article id. L6-9.

亀谷收, 他. 水沢10m電波望遠鏡用のL帯受信システムの開発. 日本天文学会2019年秋季年会. 2019