

野辺山 45m 電波望遠鏡における3帯域同時観測に向けたTZ受信機の制御、評価システム開発

堤稔喜(山口大学修士1年) 甘利涼湖 藤澤健太 新沼浩太郎(山口大学)
小川英夫 西村淳 岡田望 上田翔汰 高嶋辰幸 増井翔 近藤滉 松本健(大阪府立大学)

Introduction

野辺山 45m 電波望遠鏡では3帯域(22, 43, 86GHz 帯)同時観測の実現に向けたプロジェクトHINOTORI (Hybrid Installation Project in Nobeyama, Triple-band Oriented)が進められている。このプロジェクトが達成できれば東アジアVLBI観測網と連携した多周波同時VLBI観測が可能になり、86GHz 帯では世界最高レベルの感度での観測が期待できる。現在、22, 43GHz 帯の2帯域の同時観測を達成している。しかし、野辺山 45m 電波望遠鏡には 86GHz 帯の受信機がないため新たに受信機を搭載する必要がある。そこで我々は86GHz 帯受信機として2017年まで共同利用に使用されていたTZ受信機の改修を行い再搭載した。本発表ではTZ受信機を制御、評価するためのシステム開発について報告する。

TZ受信機

本受信機は2017年まで野辺山 45m 電波望遠鏡で共同利用観測に使用されていた。図1がTZ受信機の外観。図2が受信機のブロック図と接続機器類。本来ビームは2つつあるが、使用できないSISミキサがあることとVLBI観測が主であることからビーム2だけの運用になる。

特徴

- SISミキサを搭載 → 高周波を高感度受信
- 2SB Unit → 両波側帯を同時受信
- 直交偏波分離器(OMT) → 垂直偏波、水平偏波に分離

難点

- SISミキサ + 2SB Unit → チューニング難易度が高い

高周波を高感度で受信するには2SB Unit内の2個のSIS Biasのバランス、Lo信号のパワーのパラメータを調査する必要がある。

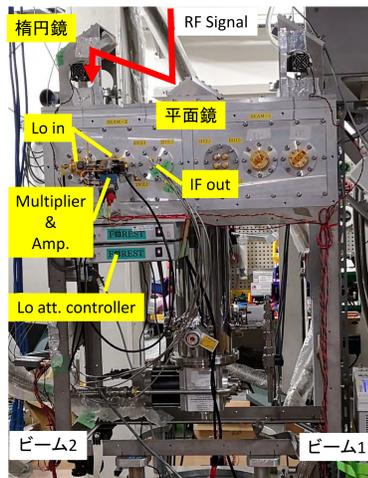


図1 TZ受信機の外観

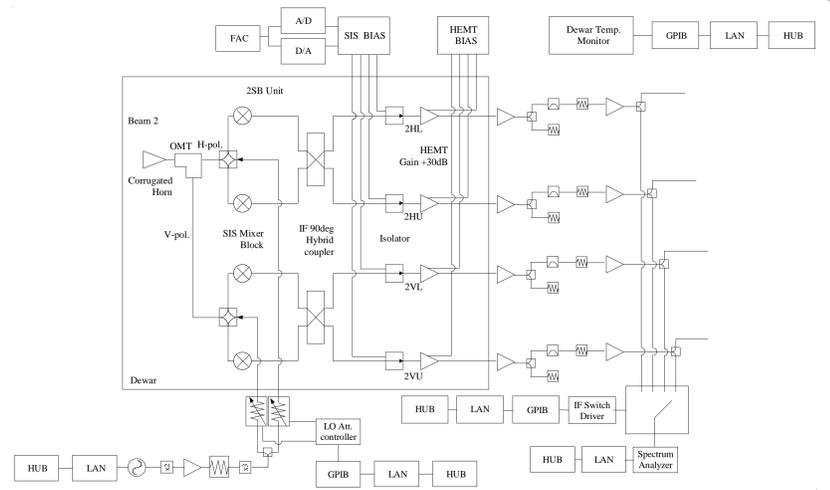


図2 TZ受信機のブロック図と接続機器類

必要とされる機能

TZ受信機のチューニングに必要な評価項目

1. SISのI-V特性(Lo信号無し)
2. SISのI-V特性(Lo信号あり)
3. Bias値に対する受信機雑音温度
4. Bias値固定時の受信機雑音温度

➢ SIS Bias boxやLo SG, Lo Att., Spectrum analyzer, power meterの制御は必須

また、受信機の状態の記録を取るため
➢ 温度計、真空計の制御も必要

多数の装置の制御、記録が必要なことから分散処理や多対多の通信が望ましい。

ROS (Robot Operating System)

ROSはロボット制御システム開発用のオープンソースのソフトウェアプラットフォームであり、開発ツールやライブラリを内包している。基本的な構成要素はnodeとtopicで、node同士がtopicを介してmsgのやり取りを行っている(図3)。

また、特徴として以下が挙げられる。

- 分散処理システムの構築が容易
- 多対多の通信が可能

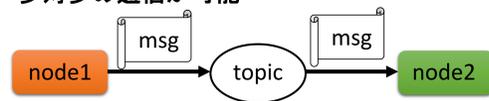


図3 ROSの基本構成要素

node: 実行ファイル
topic: データの受け渡しを行うデータベース
msg: データ

開発したシステム

ROSを利用し拡張性、汎用性に優れたシステム。装置を制御するドライバー層、ユーザーが指示書などの操作を行う層、それらをつなぐデータリレー層、データの記録を行う層があり(図4)、装置の交換や追加に柔軟に対応可能である。

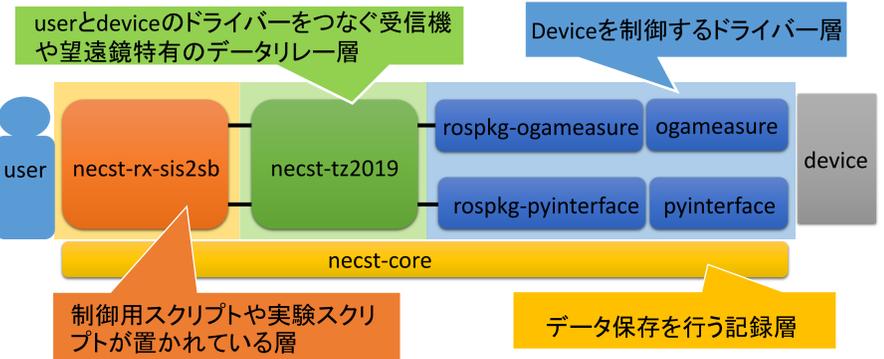


図4 開発したシステムの構成

開発したシステムによる受信機の評価

1. SIS I-V特性(Lo信号無し)

TZ受信機に搭載されている全4個のSISミキサのI-V特性の測定を行った(図5)。全てのSISミキサのI-V特性の測定が行え、正常に動作していることを確認した。

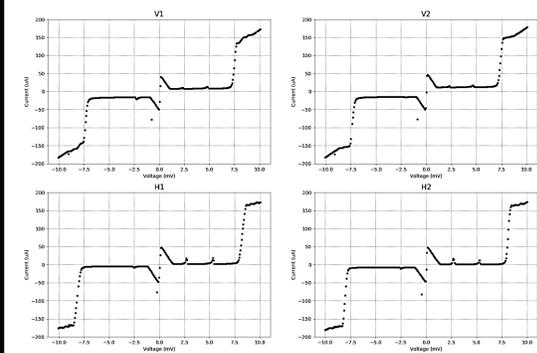


図5 I-V特性の測定結果(Lo信号なし)

2. SIS I-V特性(Lo信号あり)

Lo信号に92GHzの信号を入力したときのI-V特性の確認も行った。Photon assisted stepの確認を行いLo信号の入力の制御が行えていることの確認も行った(図6)。

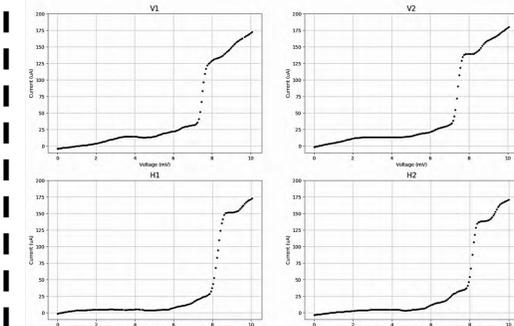


図6 I-V特性の測定結果(Lo信号あり)

4. Bias値固定時の受信機雑音温度測定

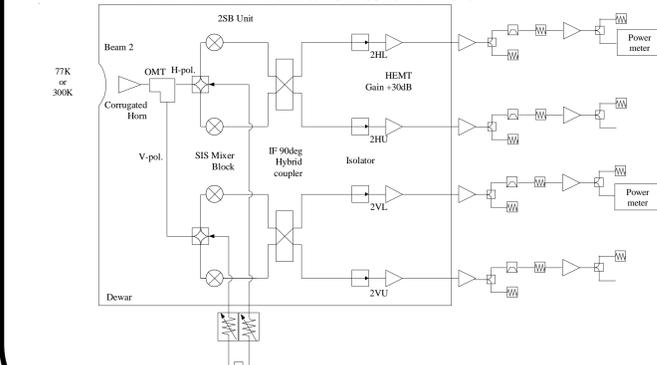


図9 受信機雑音温度測定時のブロック図

3. でサーチした最適点にSIS biasを固定し図9のブロックダイアグラムで受信機の雑音温度の測定を行った。結果は

VL Trx = 131K
HL Trx = 63K

であった。以前の評価では80-90GHzにおいておよそ50-60K[1]であった。HLでは以前と同程度の性能が発揮できている。VLでは以前より2倍近く雑音温度が大きくなっている。この原因に関しては調査が必要である。

3. Bias値に対する受信機雑音温度

2SB ミキサには二つのSISミキサが入っている。USB(Upper Side Band)とLSB(Lower side band)の出力は二つのSISミキサの出力の足し合わせになっている(図7)。それぞれ二つのSISの出力の増幅率が最も良くなるようにSIS biasを設定する必要がある。

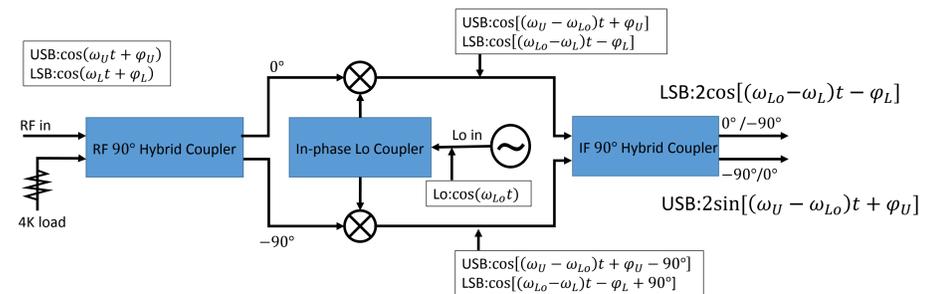


図7 2SBミキサの動作原理

もっとも増幅率が良くなるバイアスポイントがあると考えられる6-8mVを0.05mV間隔で最適点サーチを垂直偏波のLSB(VL)と水平偏波のLSB(HL)の二つの信号で行った。Lo信号の周波数は92GHzである。図8で左がVLで、右がHLの結果である。垂直偏波の二つのSISをそれぞれv1, v2、水平偏波の二つのSISをそれぞれh1, h2とするとv1 = 6.7mV, v2 = 6.6mV, h1 = 7.7mV, h2 = 7.4mV付近に最適点があることが分かった。

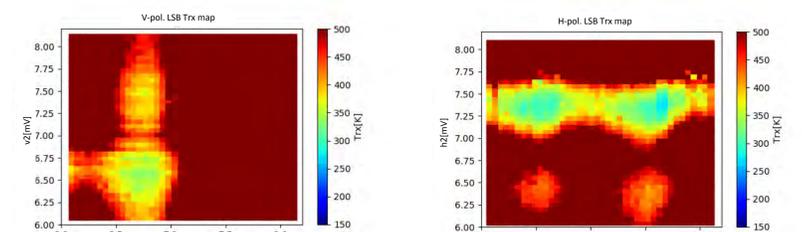


図8 受信機雑音温度とSIS biasの関係

今後

- 垂直偏波LSBのTrxの原因調査 → Lo信号入力パワーによるTrxの変化を調査
- 3帯域同時観測(単一鏡 + VLBI) → beam squint観測が野辺山 45m 鏡で進行中
- サイドバンド比の測定 → SiO輝線等を観測

参考文献

- [1] T. Nakajima et al. 2013, PASJ, 125, 252-262