NROD:007

導波管型周波数可変帯域通過フィルタを用いた
45 m 鏡搭載 100 GHz 帯 SIS 受信機の雑音低減に関する研究

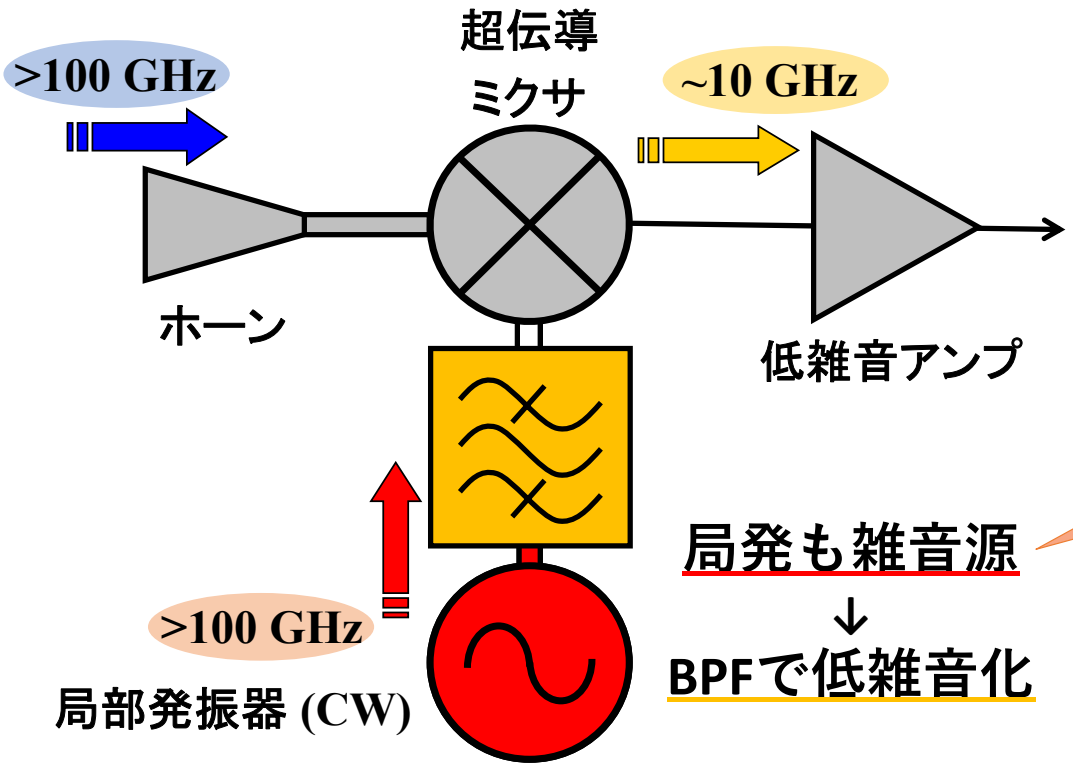
HINOTORIプロジェクト86 GHz受信機を用いた周波数可変フィルタによる受信機雑音低減実験

中島 拓, 高橋 靖（公立諏訪東京理科大学）
小林 和宏, 加藤 渉, 西村 良太（名古屋大学）
新沼 浩太郎（山口大学）

研究背景

Suwa University of Science

●ミリ波-サブミリ波帯ヘテロダイン受信機と雑音



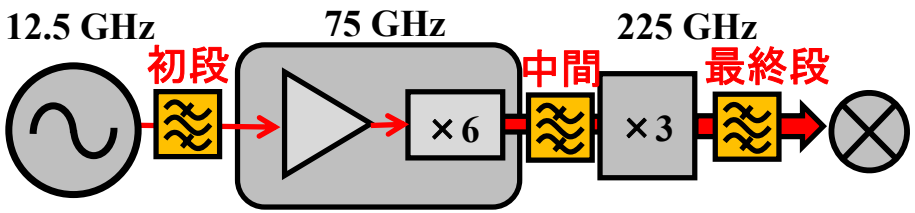
（大学院生当時(2005頃)
LOをGunn発振器から
SGに変えると、
雑音温度が悪いなぁ。。。

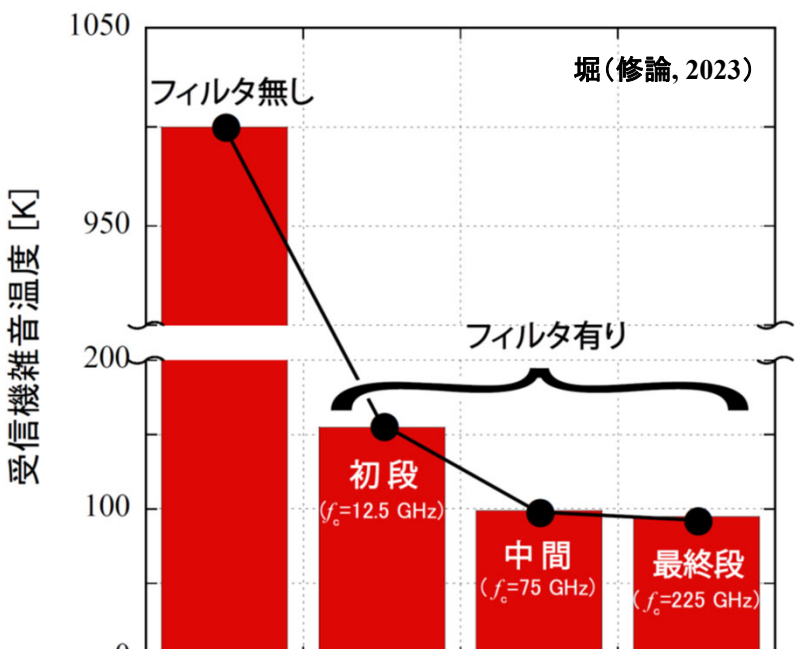
局発も雑音源
↓
BPFで低雑音化

N. Erickson, “AM Noise in Drivers for Frequency Multiplied Local Oscillators”, ISSTT (2004)

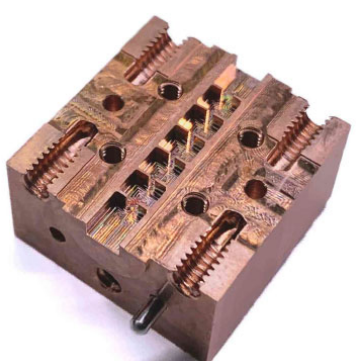
研究背景

●局部発振器系の構成（例230 GHz帯）

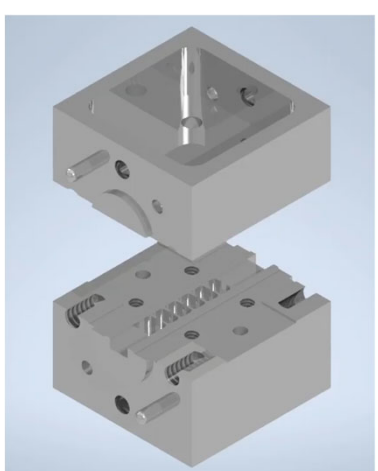




- 最終段のBPFが最も効果的
- ミリ波帯BPFは導波管型のため周波数固定になってしまう

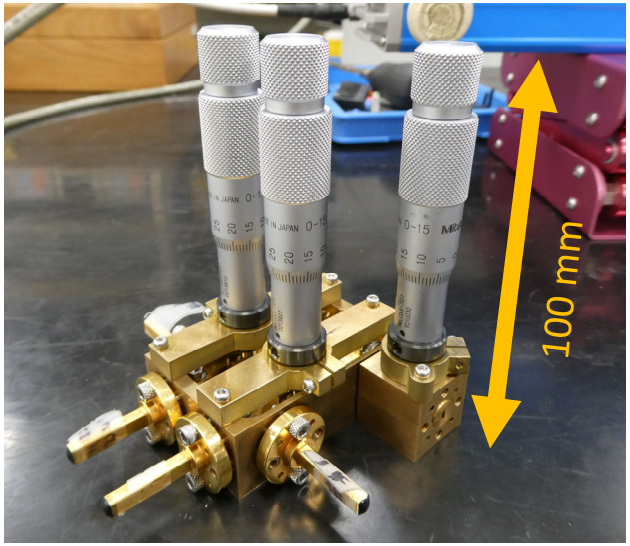


中心周波数：75.2 GHz
3 dB帯域幅：0.75 GHz
挿入損失：2.2 dB

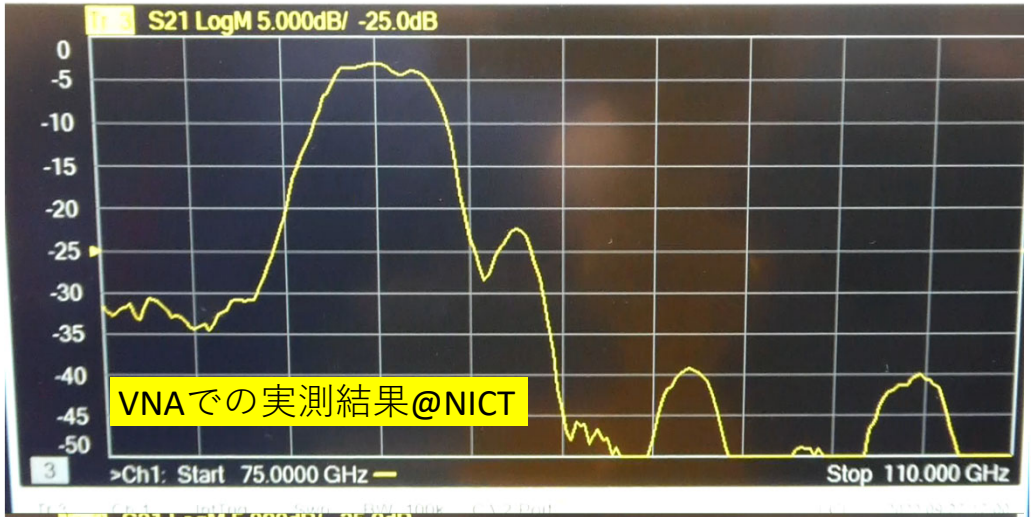


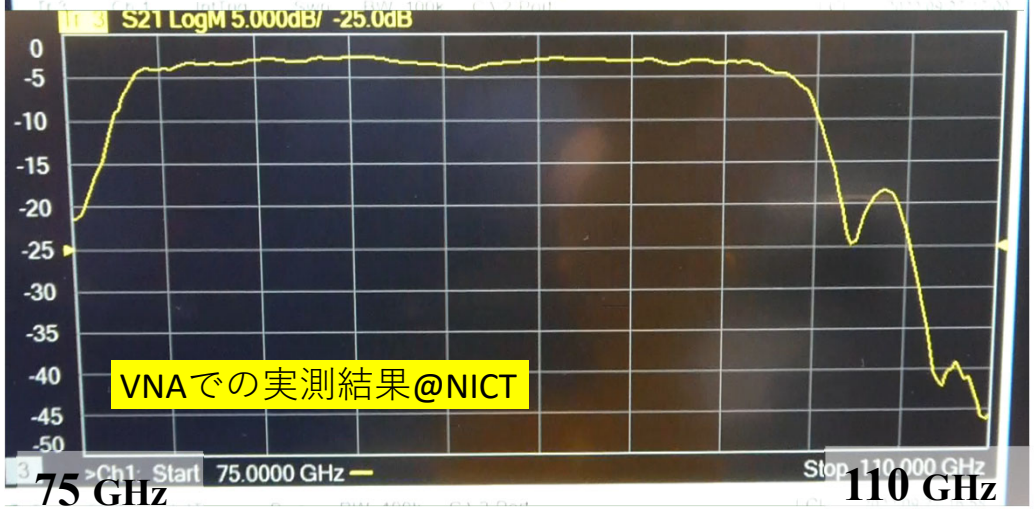
ミリ波帯導波管型BPFの例

可変BPF 1号機



中心周波数:75 ~ 105 GHz
3 dB帯域幅:2.3 ~ 25.4 GHz @90 GHz
挿入損失:4 ~ 9 dB





75 GHz **110 GHz**

堀(修論, 2023)

可変BPF 1号機

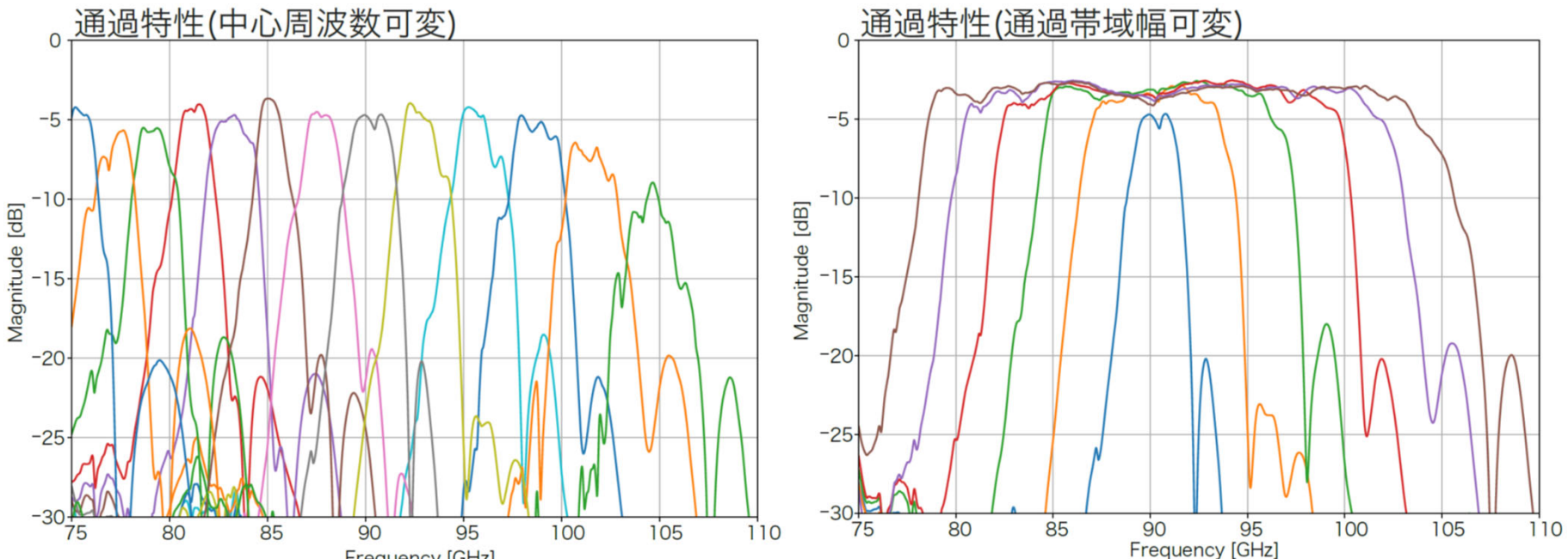


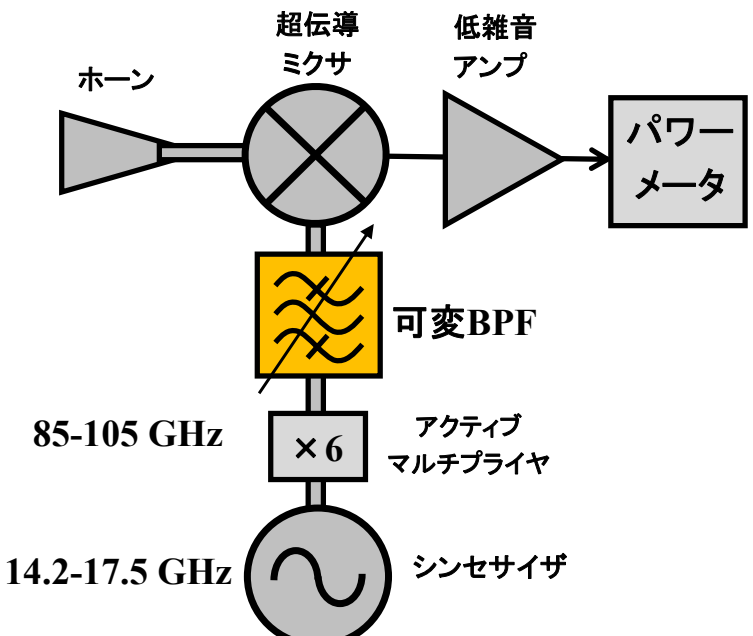
図12. 可変BPFの性能(可動部を50μmずつ移動させている)

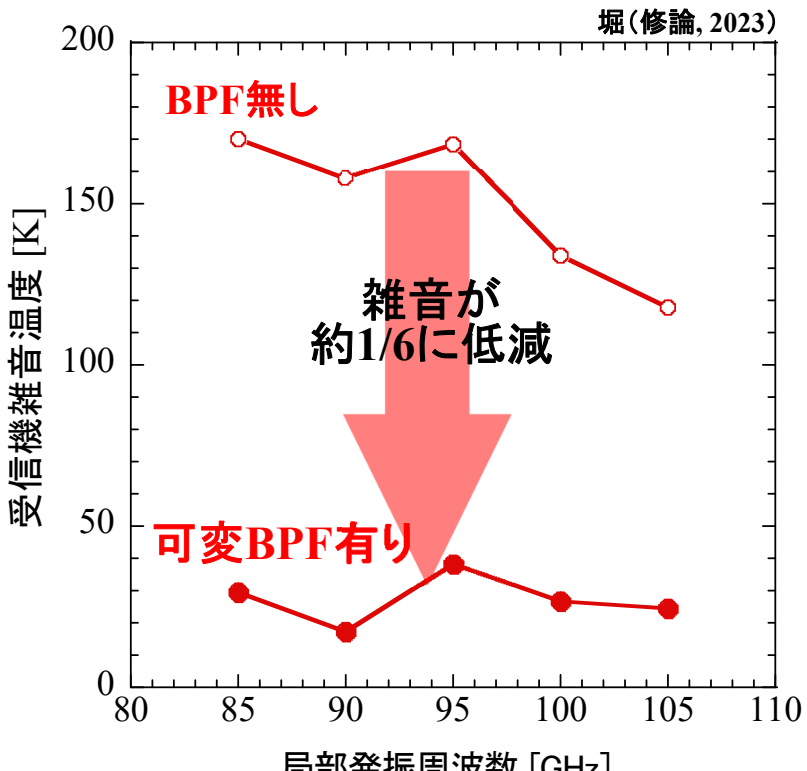
堀（修論, 2023）

- 中心周波数：75 ~ 105 GHz（ただし測定下限はVNAの限界）
- 3 dB帯域幅：2.3 ~ 25.4 GHz @90 GHz
- 挿入損失：4 ~ 9 dB

可変BPF 1号機

- 100 GHz帯受信機雑音温度の周波数特性測定@実験室





可変BPFにより周波数85-105 GHzで低雑音化に成功

1号機の課題①：周波数特性

Suwa University of Science

主な100 GHz帯受信機の周波数

- **NRO 45-m (FOREST)**

RF = 80 - 116 GHz (fc = 98 GHz)

LO = 88 - 108 GHz @IF = 8 GHz

LO = 92 - 104 GHz @IF = 12 GHz

- **ALMA Band3**

RF = 84 - 116 GHz (fc = 100 GHz)

LO = 92 - 108 GHz @IF= 8 GHz

- **LMT FINER (PI: 田村さん)**

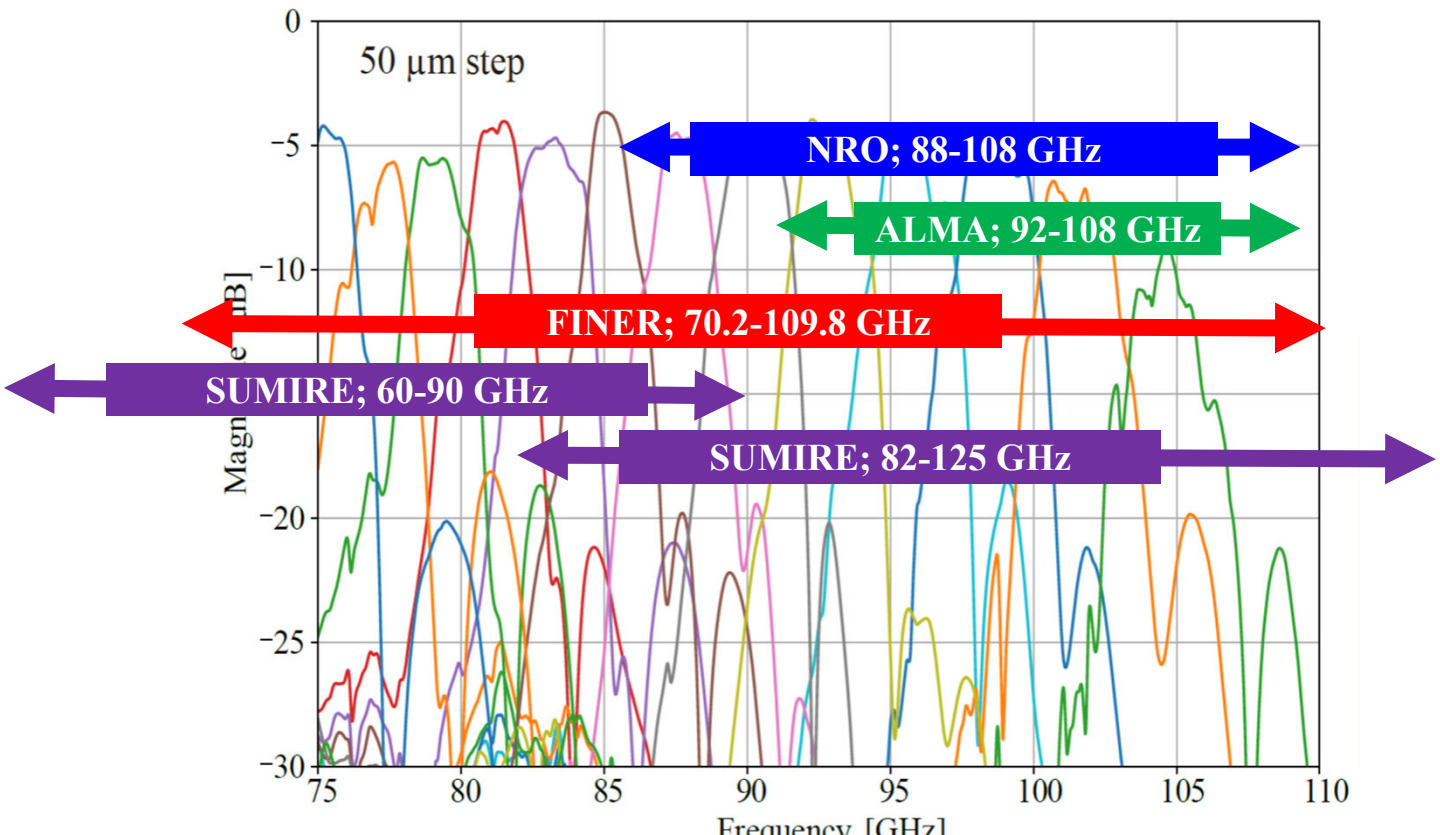
B6+7 LO = 76.95 - 109.8 GHz

B4+5 LO = 70.2 - 95.4 GHz

- **SUMIRE (PI: 酒井さん)**

WR-12 LO = 60 - 90 GHz

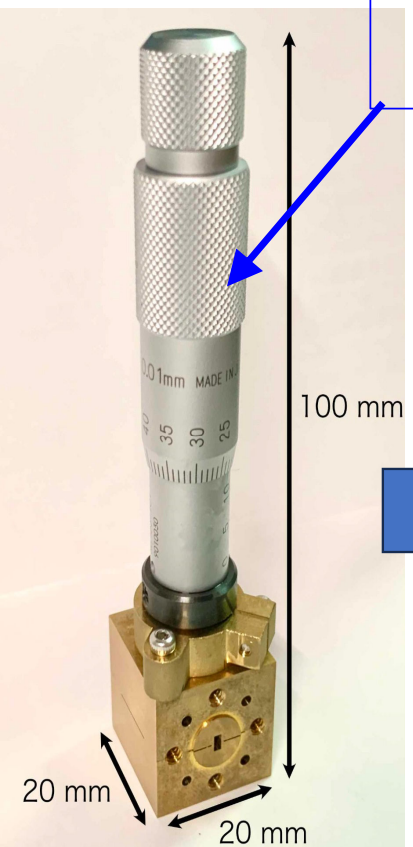
WR-9 LO = 82 - 125 GHz

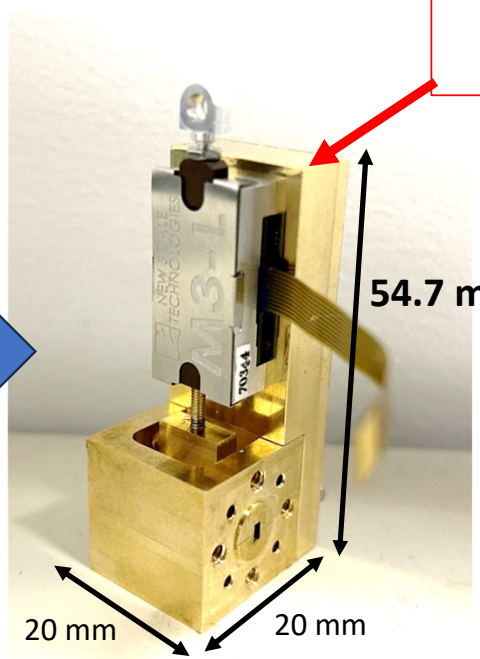


1号機の課題②：電動制御化

マイクロメータヘッド
ストローク: 15 mm
分解能: 10 µm

ピエゾアクチュエータ
ストローク: 6 mm
分解能: 0.5 µm



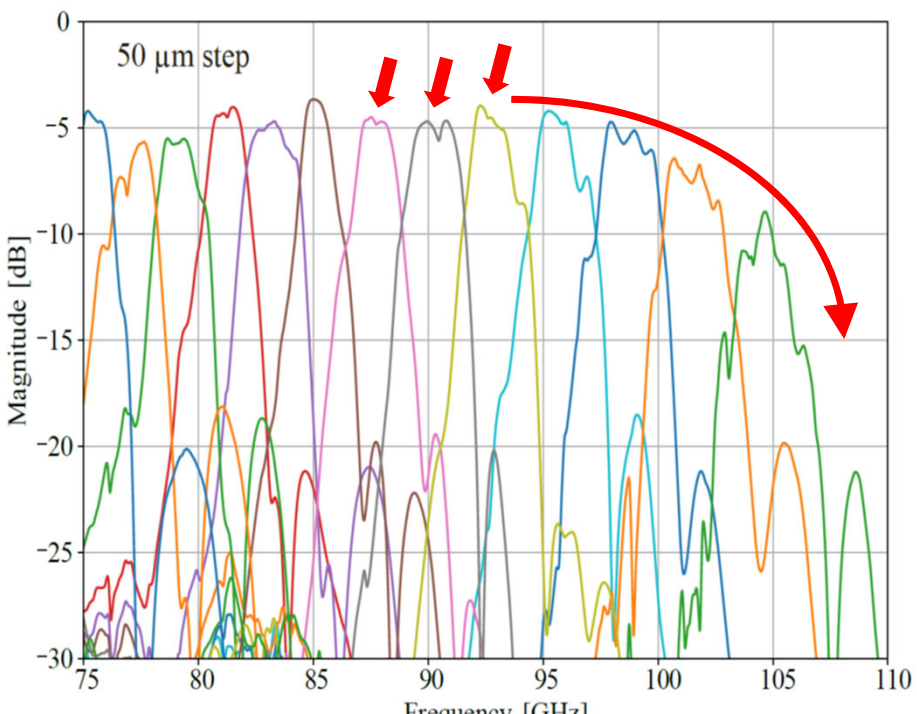


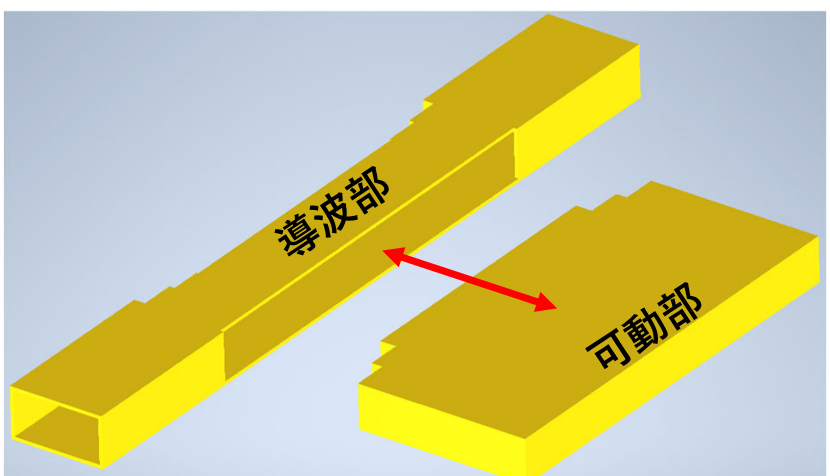
谷川（修論, 2025）

- マイクロメータヘッドをピエゾアクチュエータに交換（前回報告）
- アクチュエータはPCから制御（ユーザーが中心周波数と通過帯域幅を入力すれば、可動部品を最適位置に移動させる）
（現在、諏訪理科大で進行中）

周波数特性の改善

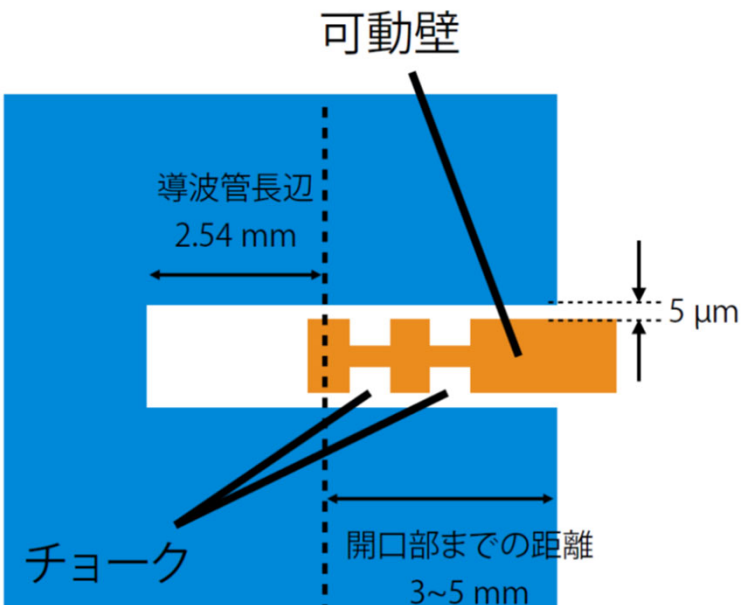
- 高周波側(≳100 GHz)での損失増加 → **可動壁周囲の隙間**
- 通過帯域の平坦性が良くない → **ステップWGの反射特性**

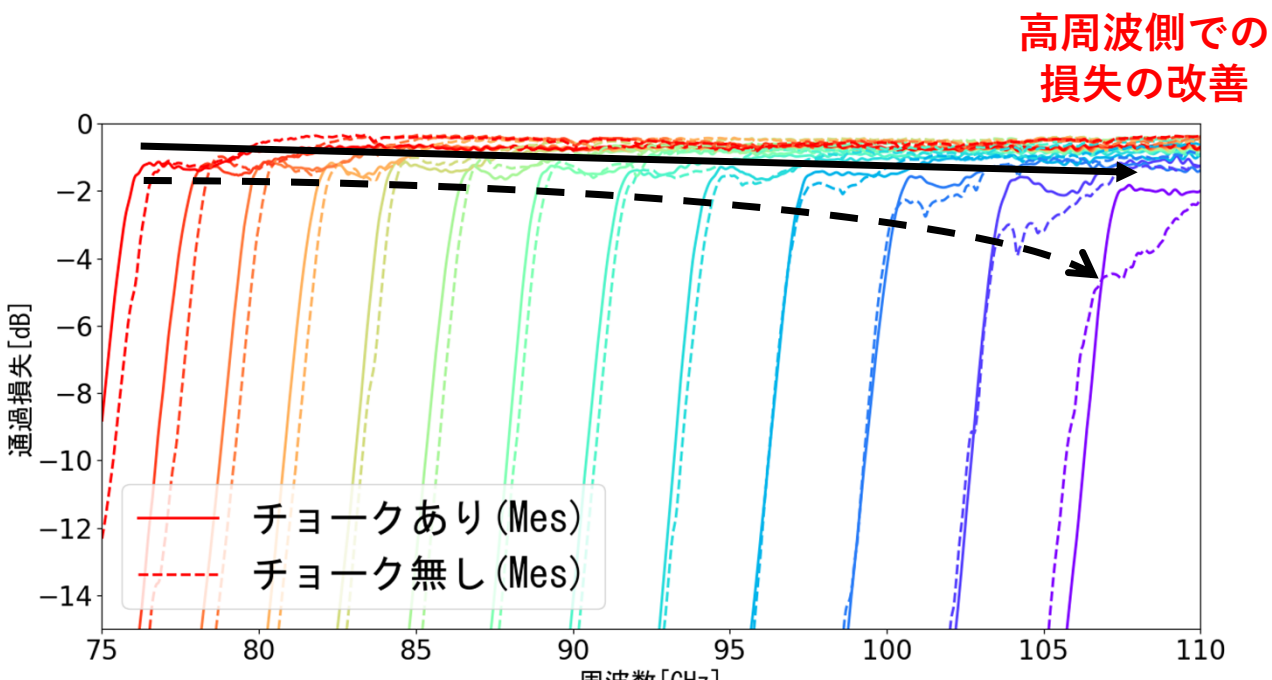




周波数特性の改善

- 可動壁周囲の隙間を出来る限り狭くする（0 μmにすると減衰は無くなる）
- 可動壁の外周にλ/4間隔のチョーク構造を追加すると減衰は軽減できる

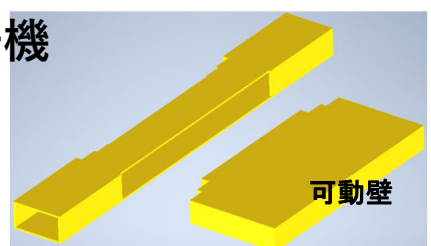


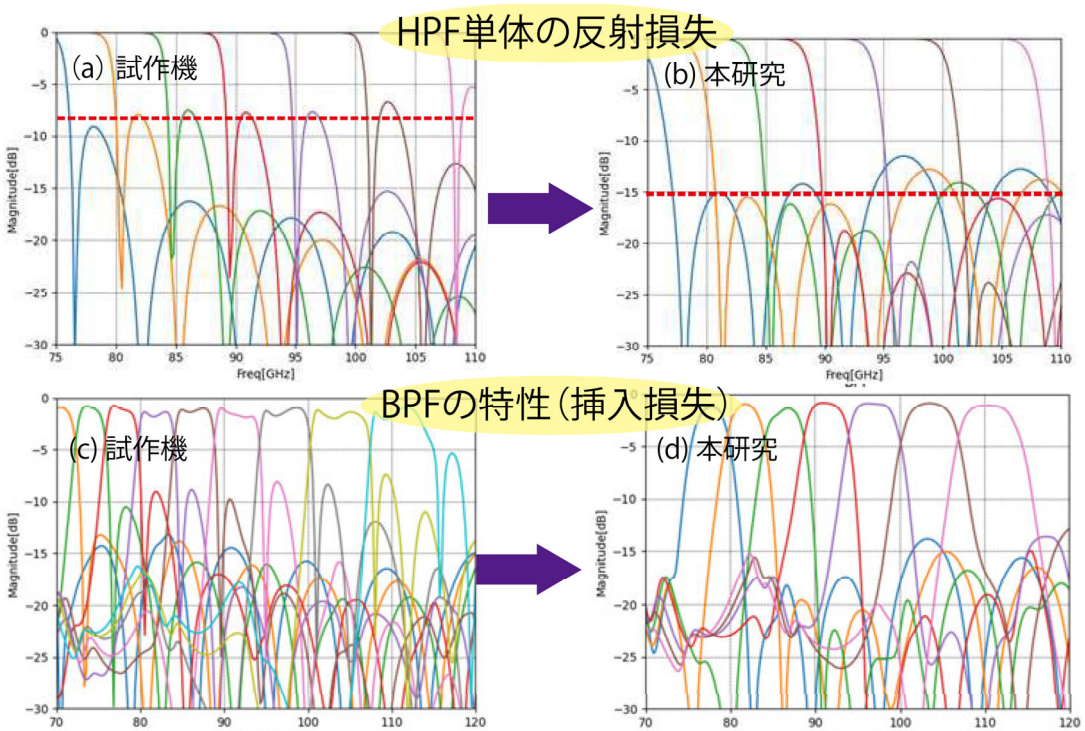


周波数特性の改善

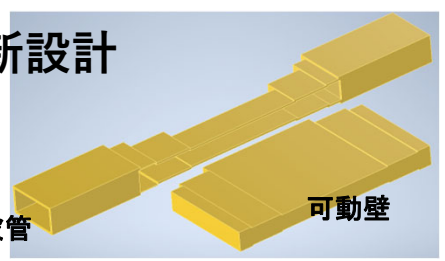
- E面/H面両側にステップ構造を設けることで反射損失改善
  ⇒　通過帯域の平坦性改善

1号機



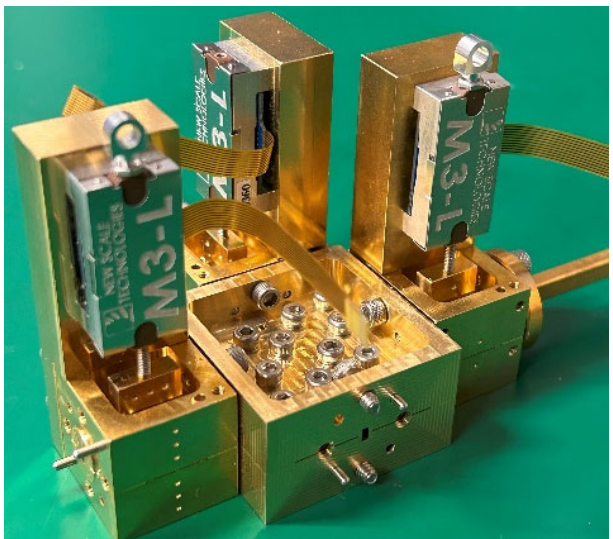


新設計



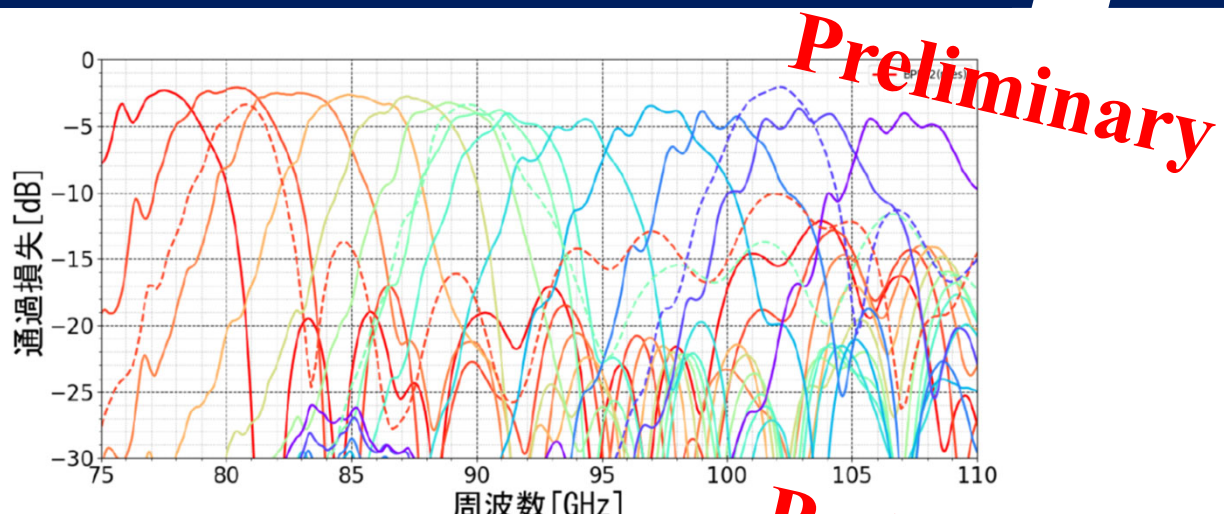
※グラフは電磁界解析の結果
谷川（電子情報通信学会, 2024）

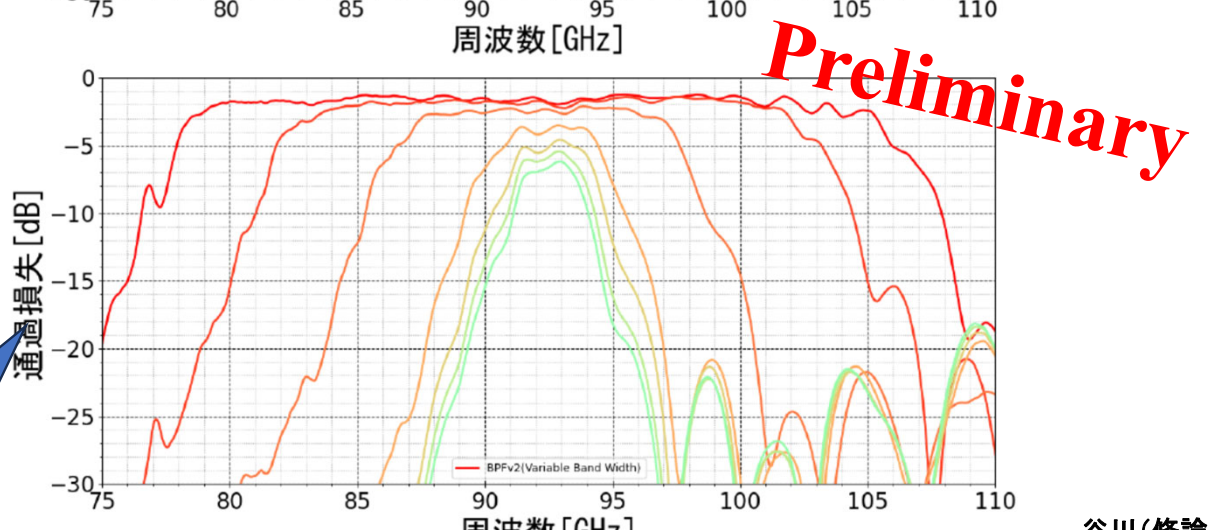
可変BPF 2号機



中心周波数:75 ~ 110 GHz
3 dB帯域幅:3 ~ 29 GHz @90 GHz
挿入損失:3 ~ 5 dB

2025.1.31 製作完了
2025.2.3-6 実測@NICT
2025.2.12 修論発表会

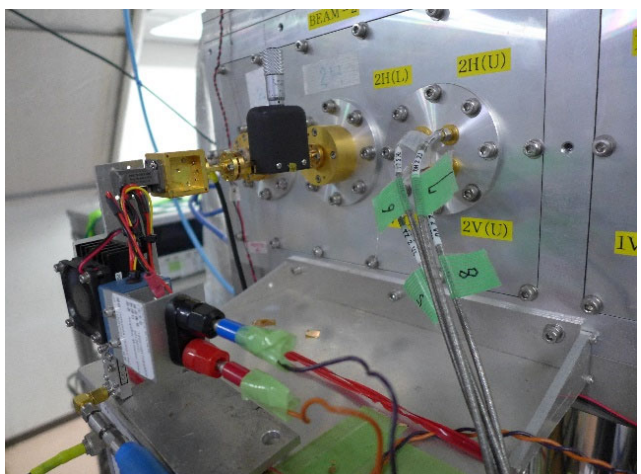


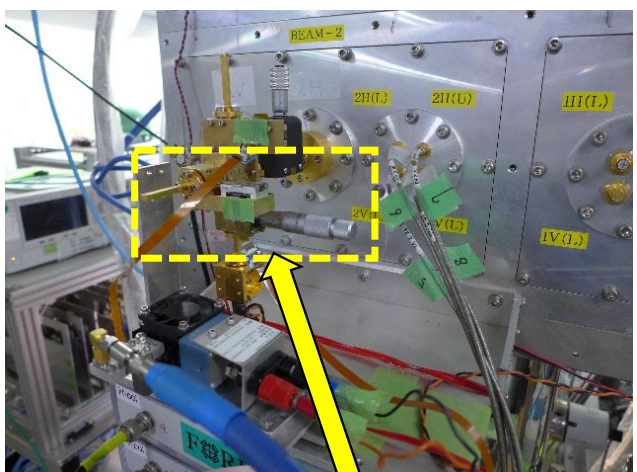


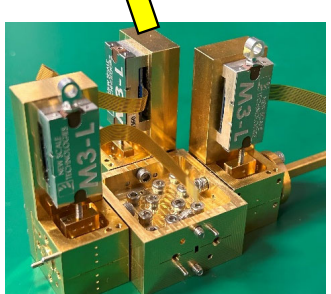
谷川(修論, 2025)

HINOTORI 86 GHz受信機への搭載試験

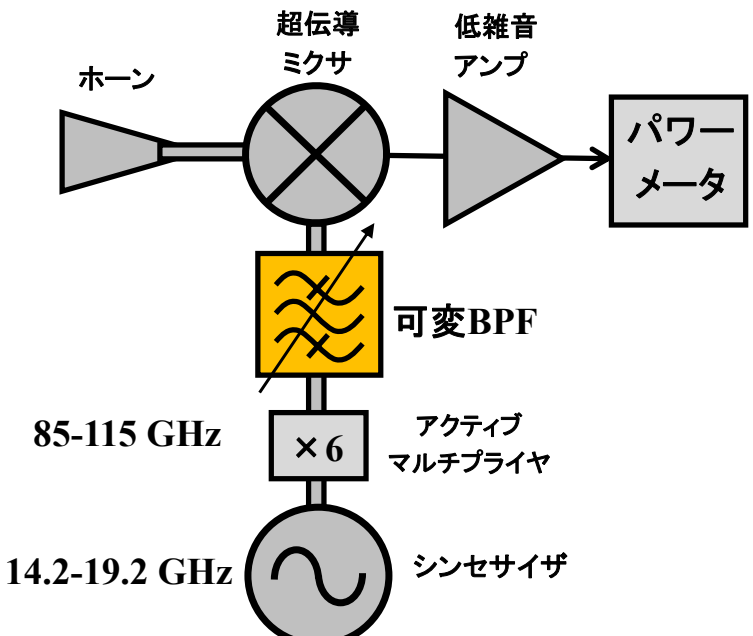
目的：受信機雑音温度の低減に効果があるか実機で検証
日時：2025年3月13日(木) 13:15-17:40





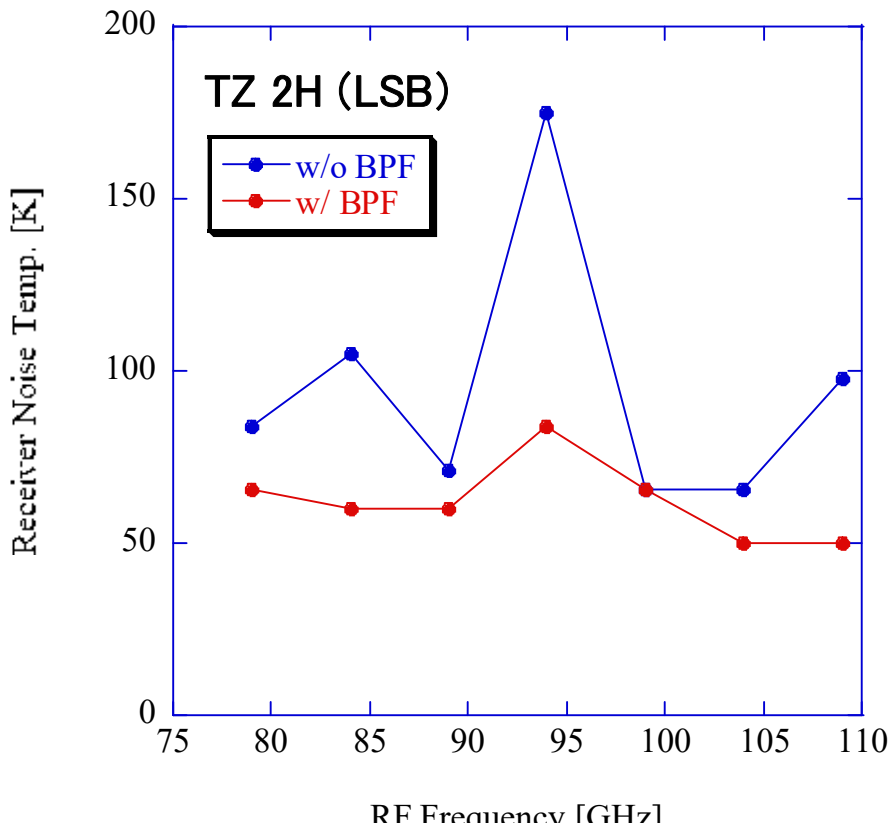


BPF 2号機



HINOTORI 86 GHz受信機への搭載試験

結　果



- 周波数依存性があるが雑音低減の効果が認められた。
  ⇒　最大で約1/2（RF Freq.=95, 110 GHz）
- 測定時間が限られていたこともあり、ミクサのチューニングが各周波数で必ずしも最適ではない場合がある（ただしフィルタの有/無で、ミクサのバイアス電圧・電流は共通になるようにチューニングした）。
- 可変フィルタのチューニング機構がまだ開発中のため、3個のHPFの可動壁のポジションは必ずしも最適ではない場合があり、時間を掛ければさらに雑音が低減する設定もあり得る。
- f_{LO}=100 GHzの顕著な雑音悪化の原因は不明。SIS素子自体の特性である可能性が高い（搭載前に行われたはずのミクサ単体の評価結果があれば見てみたい）
  ⇒大阪公大・小川先生？