

山口第二電波望遠鏡に搭載する 受信機システムの開発

山口大学 M1

金澤 翔

共同研究者

藤沢健太 新沼浩太郎 青木貴弘 元木業人 (山口大学)

小川英夫 阿部安宏 木村公洋 (大阪府立大学)

松本尚子 (国立天文台/山口大学)

山口第一電波望遠鏡 (Y1)

- 2013年より 6 – 9 GHz帯の高感度観測開始
- 冷却型受信機、6 – 9 GHz 左右両円偏波のポーラライザ、ダウンコンバータ、分光器、計算機等を備えている。
- 研究対象
 - 6 GHz 帯 - 6.7 GHz メタノールメーザによる大質量星形成領域の研究
 - 8 GHz 帯 - 連続波によるAGNの研究

Y1のスペック

口径	32 m
偏波	6 – 9 GHz 左右両円偏波
受信機	冷却型
ダウンコンバータ	6 – 9GHz 左右両円偏波 同時受信 (512 – 1024 MHz)
T_{sys}	40 – 50 K

山口第二電波望遠鏡 (Y2)

- 2016年1月から運用開始
- 衛星通信用アンテナを電波望遠鏡にするために必要な設備
 - 天体を追尾するアンテナ制御システム(完成)
 - 冷却型受信機(製作中)
 - ダウンコンバータ(完成)
 - サンプラ等

Y2のスペック

口径

34 m

受信周波数

4 GHz 帯 / 6 GHz 帯
左右両円偏波

受信機

仮設常温Amp.

ダウンコンバータ

6- 9 GHz 左右両円偏波
同時受信

Y2 と Y1 の諸性能比較

- Y2 と Y1 の諸性能比較

Table Y2 と Y1 の比較

	Y2	Y1
口径	34 m	32 m
受信機	仮設(常温)	冷却型
偏波	4 GHz・6 GHz 帯 左右両円偏波	6 - 9 GHz 帯 左右両円偏波
IF 系	6 - 9 GHz 帯 左右両円偏波 同時受信(今回完成)	6 - 9 GHz 帯 左右両円偏波 同時受信
Tsys		40 - 50 K

Y2 を Y1 と同じ性能にすることで高感度干渉計を目指す

山口干涉計

- 結合型2素子干渉計
- 基線長：108 m
- 観測周波数
 - 6600 – 7112 MHz
 - 8192 – 8704 MHz
- 分解能
 - 6 GHz：1.4'
 - 8 GHz：1.1'
- 偏波：左右両円偏波
- 目標Tsys：45 K
- 目標検出感度：1.8mJy – 0.56mJy (積分時間 1000s – 10000s)
- データサンプリング：ADS3000+
- 観測可能時間：3000 h/year

連続波源に対して高感度で長時間の観測が可能

開発目的

最終目的

山口干渉計を構築し、**干渉計の定常観測**ができるようにする。

現状の目標

Y2用のダウンコンバータ・冷却型受信機を製作し、**Y1 と同等のスペック**にする。

Table 目標とする Y2 のスペック

観測帯域	6 – 9 GHz 帯
偏波	左右両円偏波
RF	6600 – 7112 MHz 8192 – 8704 MHz
基準周波数	6088 MHz 7680 MHz
IF	512 – 1024 MHz
Tsys	40 - 50 K

開発1：ダウンコンバータ

- 4系統 (2周波数帯/2偏波) あるため6GHz帯と8GHz帯を同時受信できる
2 台のダウンコンバータを制作
- ADS3000+ に合わせて新しく 512 – 1024 MHz の IF フィルタを設計

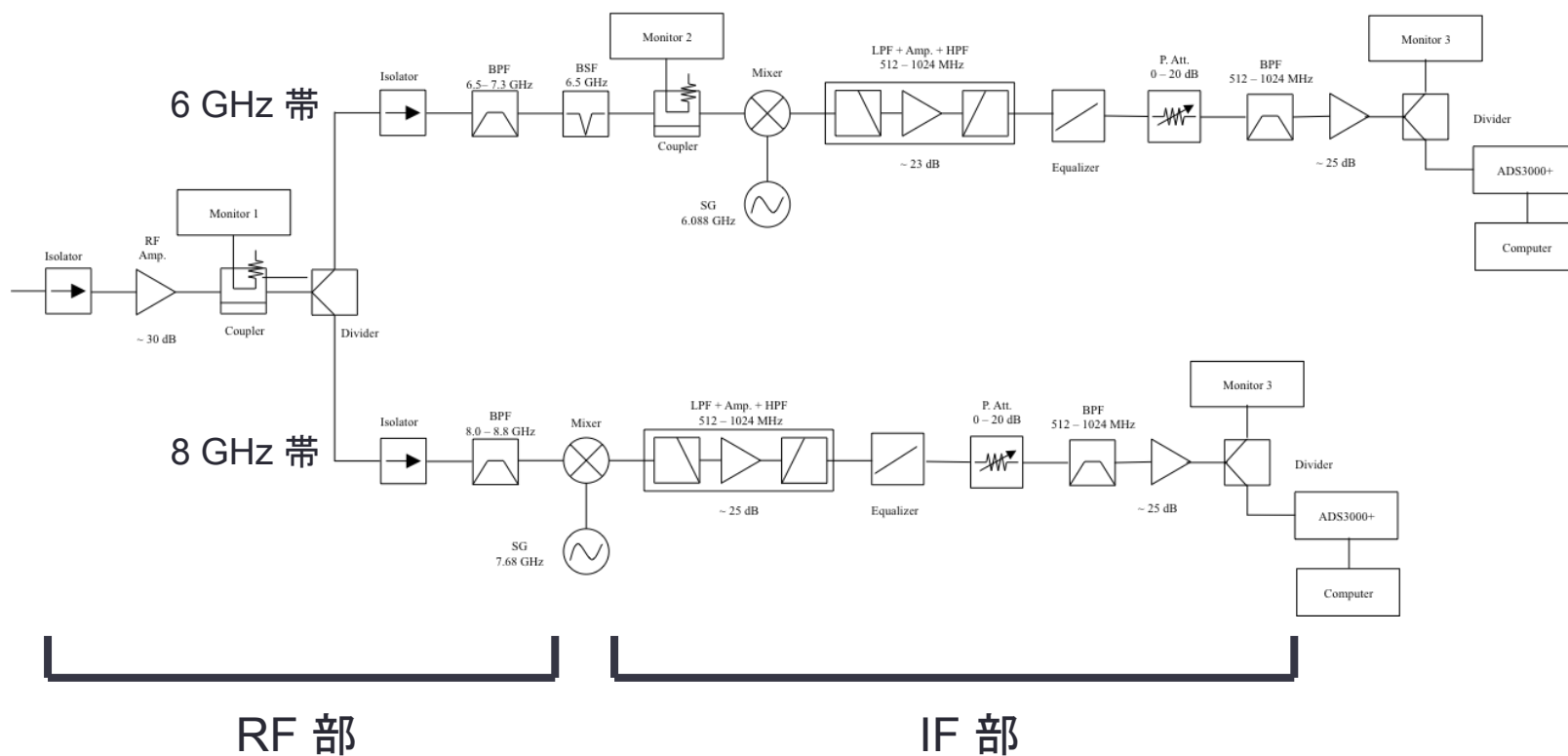
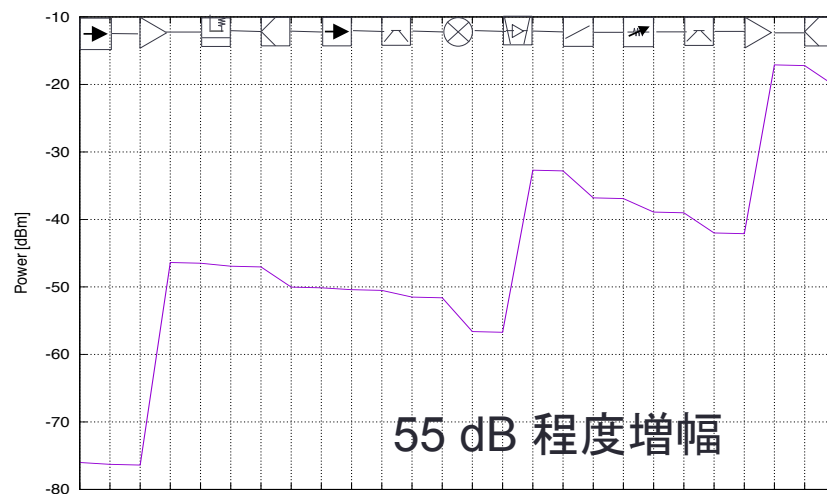
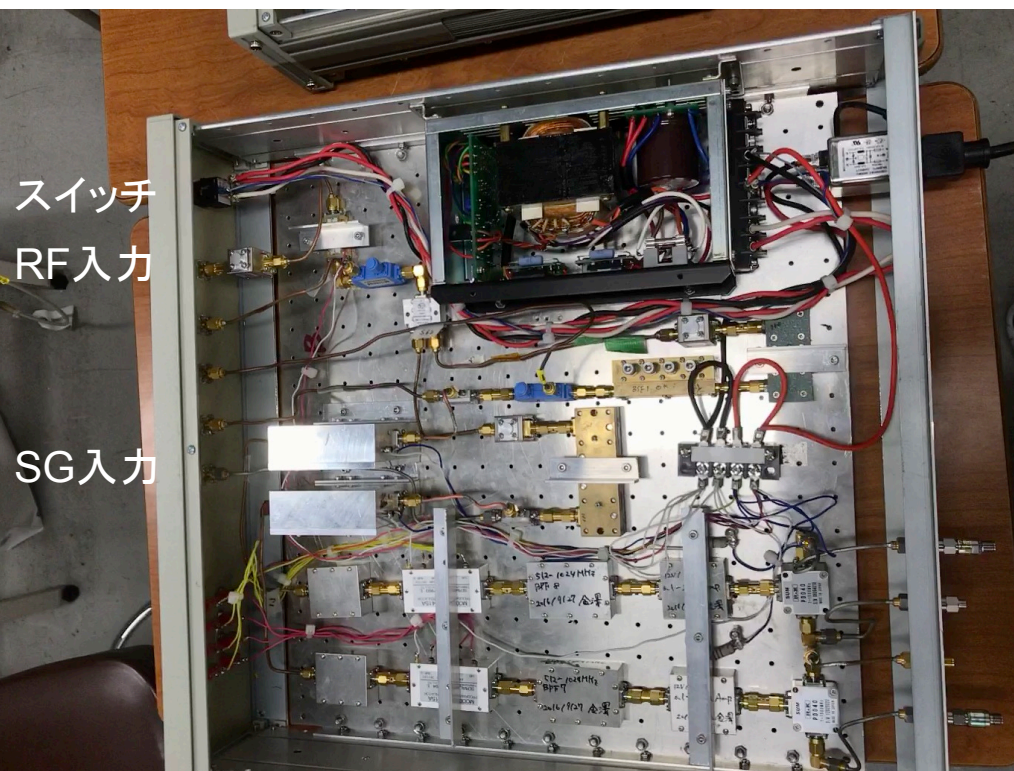


Fig. ダウンコンバータのみのブロック図。信号経路は左から右。これを2台製作。

開発1：ダウンコンバータ

- 4系統 (2周波数帯/2偏波) あるため6GHz帯と8GHz帯を同時受信できる
2 台のダウンコンバータを制作
- ADS3000+ に合わせて新しく 512 - 1024 MHz の IF フィルタを設計

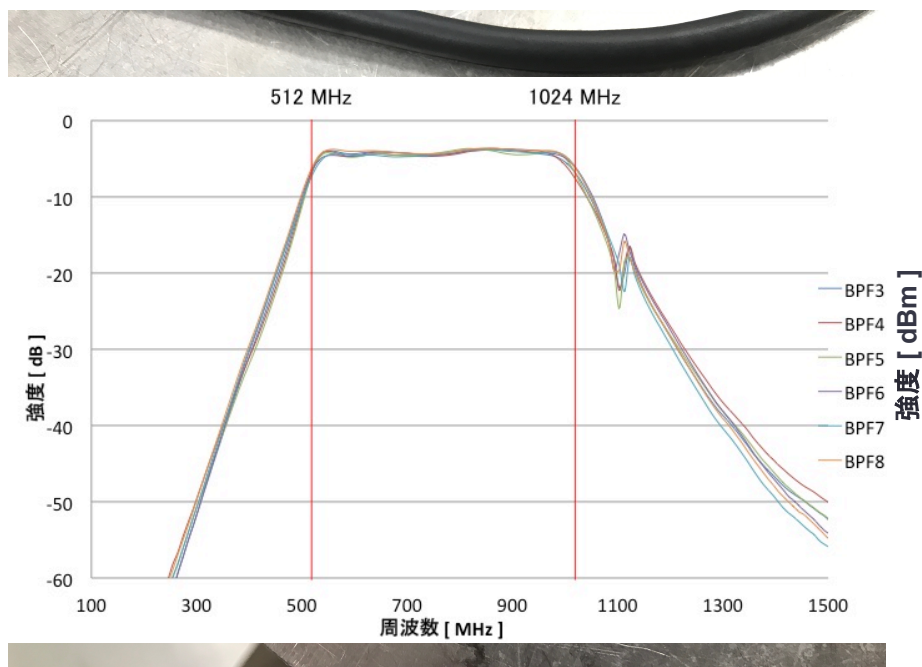


6GHz帯出力

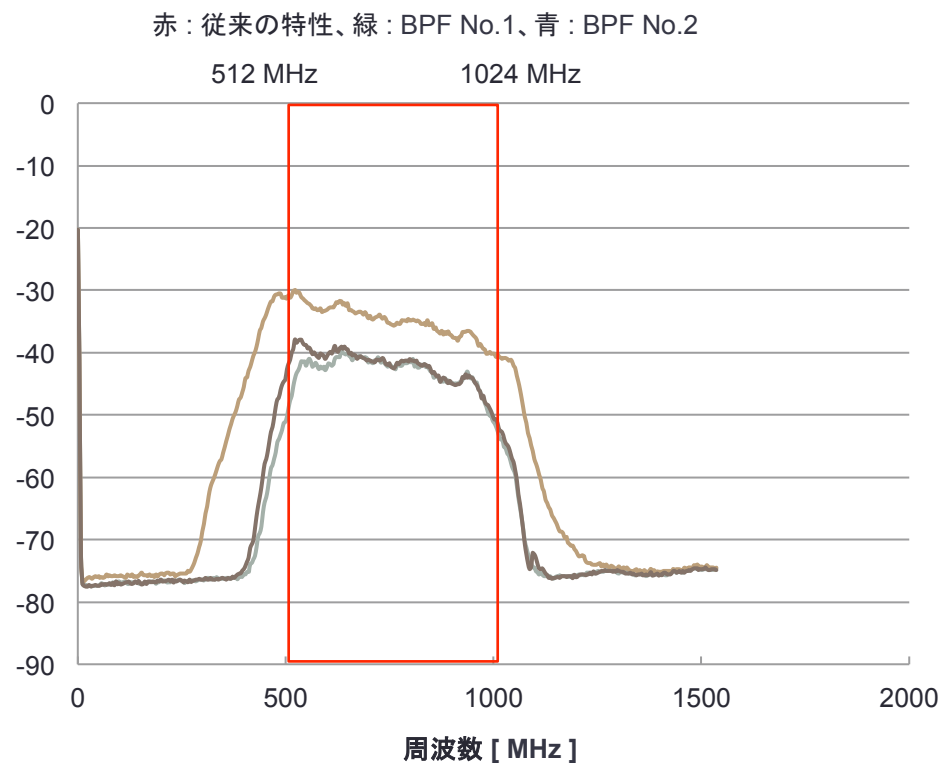
8GHz帯出力

IF フィルタの性能

- HPF(7素子) + LPF(9素子) + BSF (2素子) で構成
- 帯域は 512 - 1024 MHz



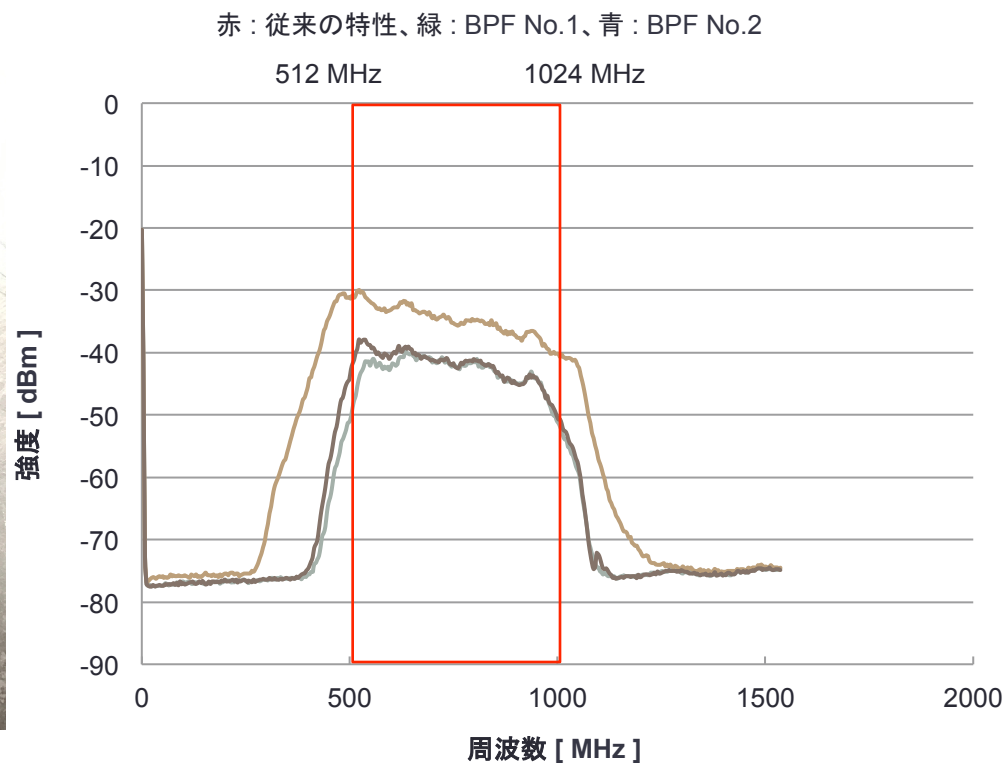
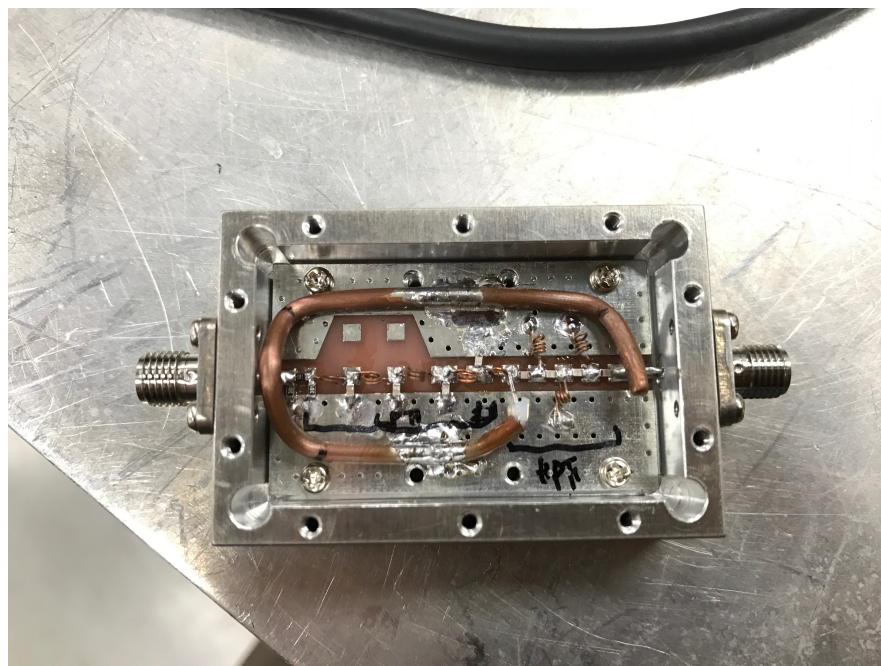
IF フィルタの特 (単体)



Y1のダウンコンバータに搭載した例(8GHz)

IF フィルタの性能

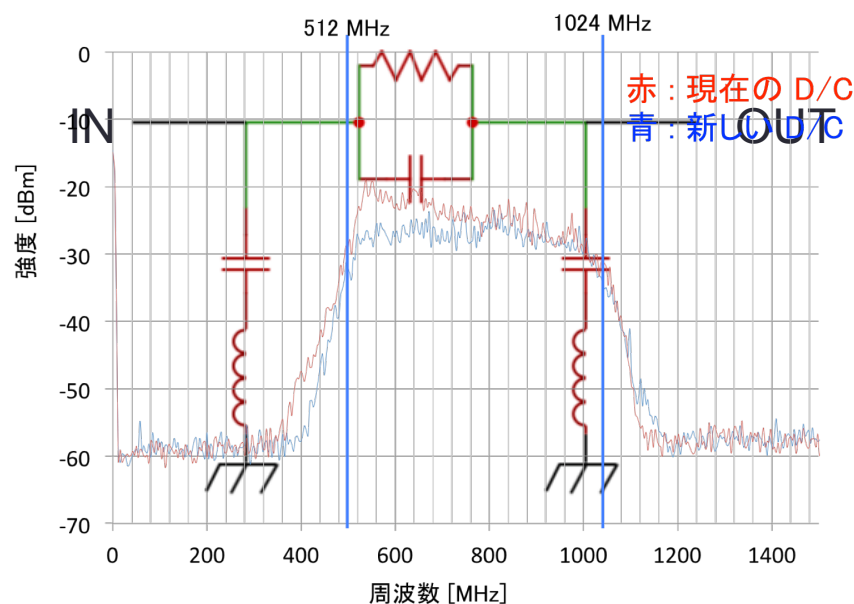
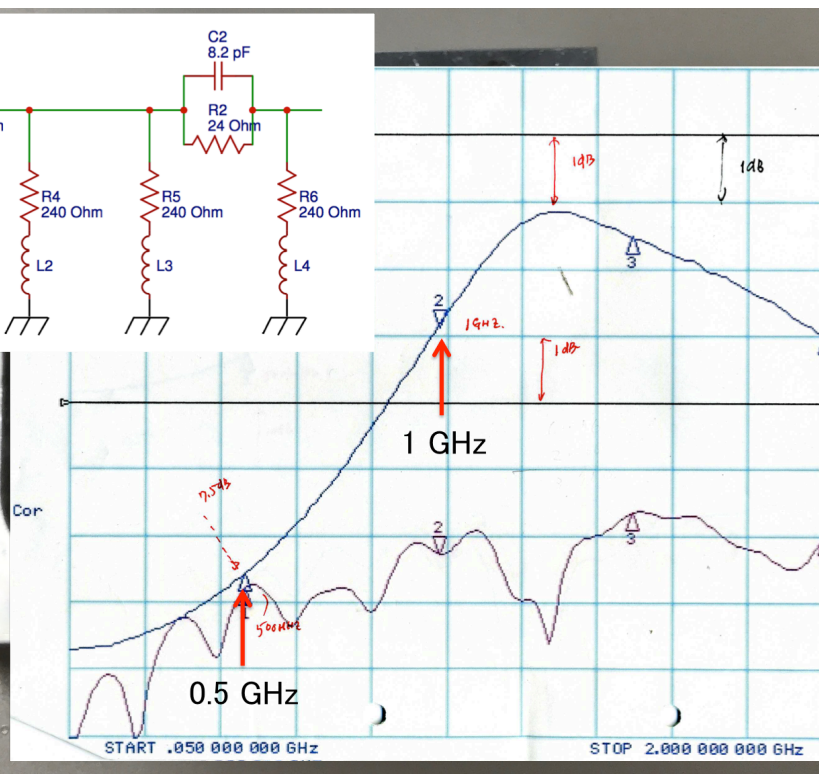
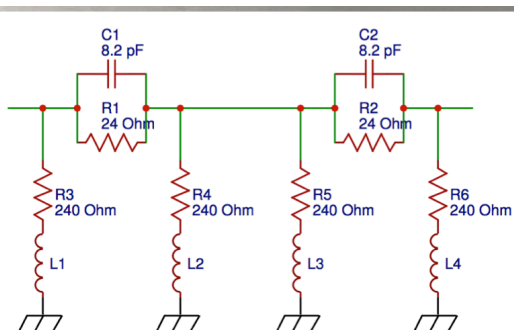
- HPF(7素子) + LPF(9素子) + BSF (2素子) で構成
- 帯域は 512 - 1024 MHz



Y1のダウンコンバータに搭載した例(8GHz)

イコライザの搭載

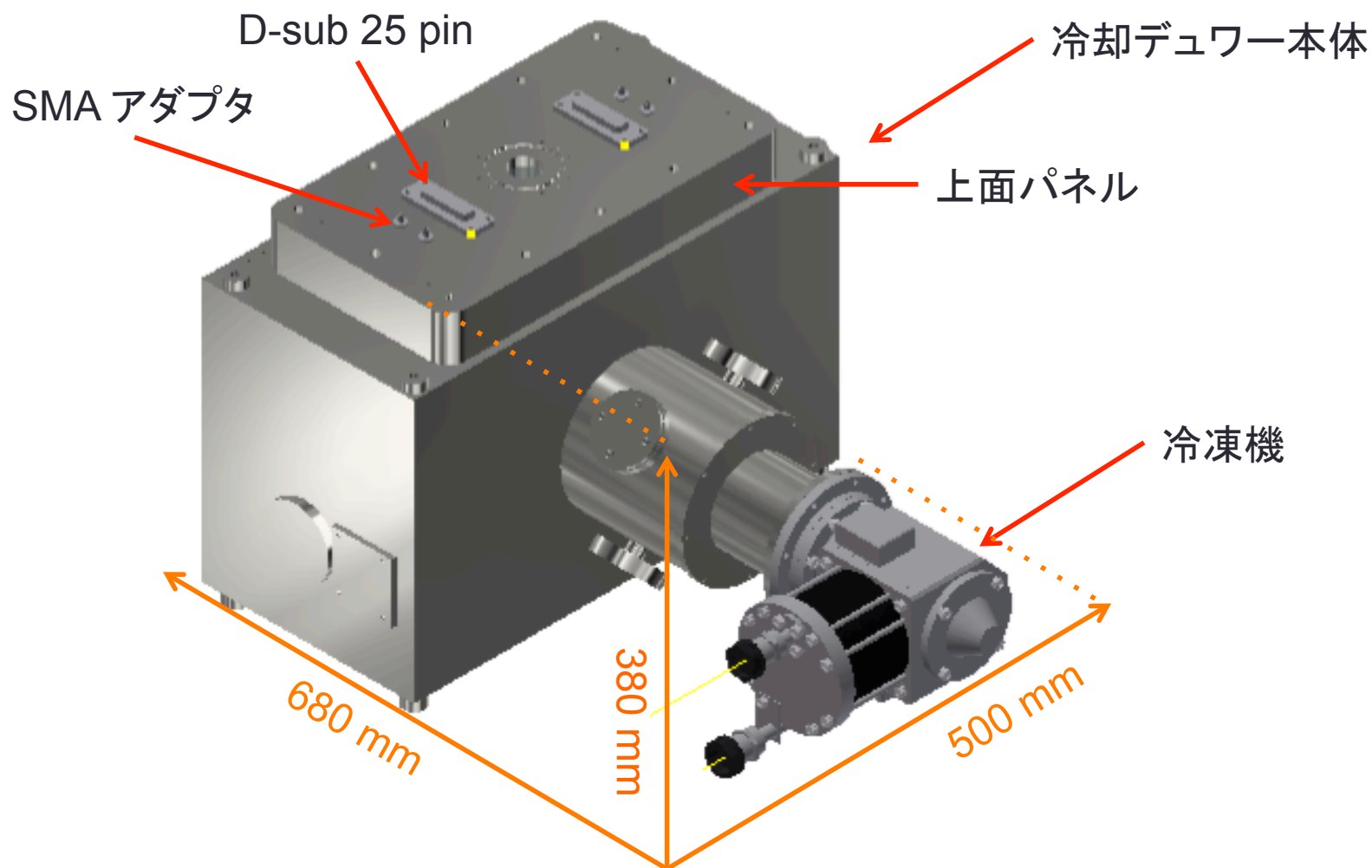
- Y1 では 512 – 1024 MHz間で 5 dB 程度の傾斜が存在
- 高周波数側の感度が減少するために傾斜を打ち消すイコライザを設計



開発2：6 – 9 GHz 帯冷却型受信機

- 冷却化の目的
 - ポーラライザ, HEMT Amp. を冷却することで円偏波分離器の損失に起因する雑音を抑え感度を上げる。
- ポーラライザは大阪府立大学が開発したセプタム型広帯域ポーラライザを使用 (Y1での使用実績もあり)
- 受信機の上面パネルに全ての出力部を取り付けることで、取り付け・取り外しが容易となるような設計を行う。

開発2：6 - 9 GHz 帯冷却型受信機



今回はホーンとつながる上面パネルに**全ての出力部を配置**することで、

開発2：6 - 9 GHz 帯冷却型受信機

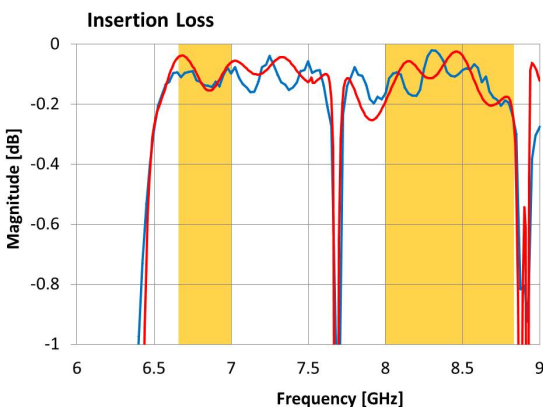
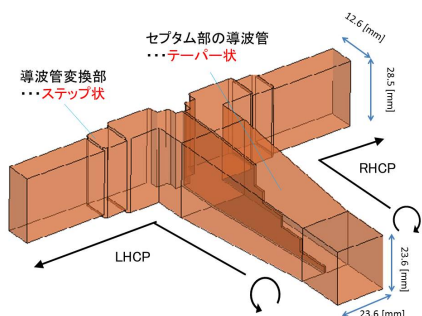
断熱導波管

円角変換

ポーラライザ

40Kシールド

20K冷却板



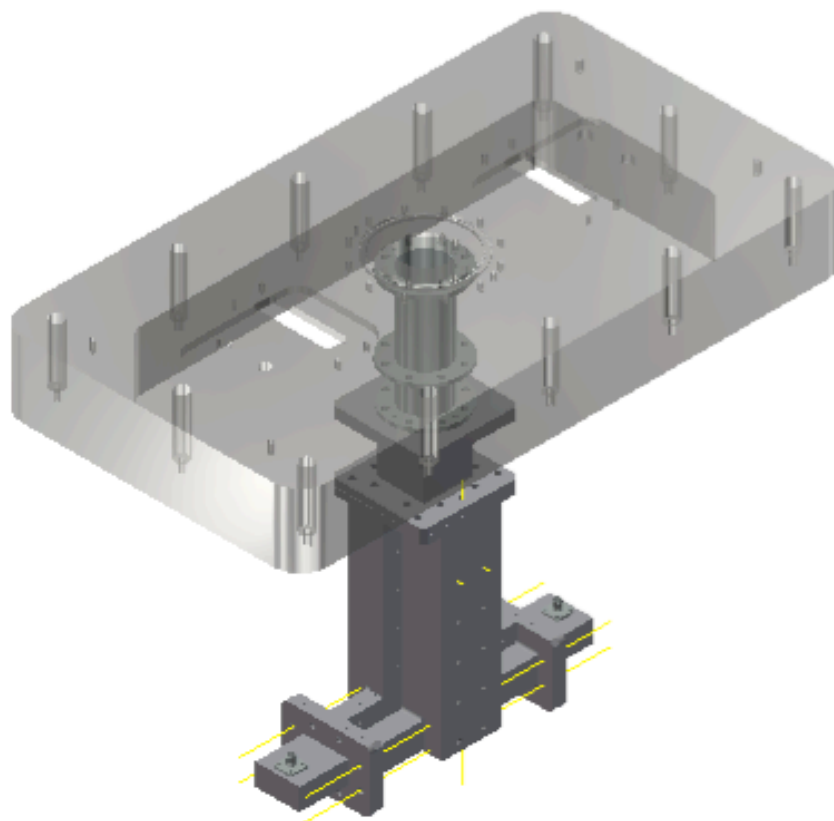
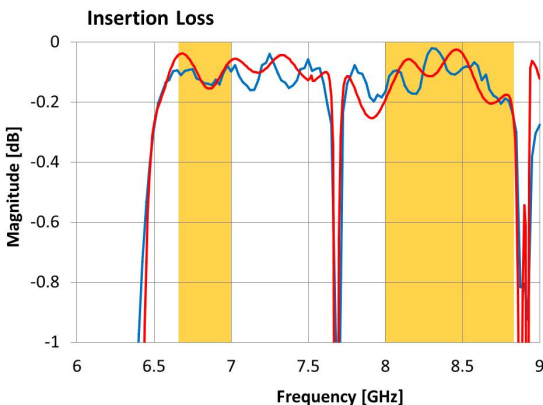
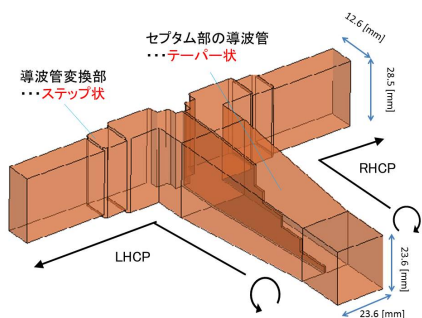
ポーラライザは大阪府立大が開発した
セプタム型広帯域ポーラライザ (6-9GHz) を使用
(Y1 での使用実績あり)

開発2：6 - 9 GHz 帯冷却型受信機

断熱導波管

円角変換

ポーライザ



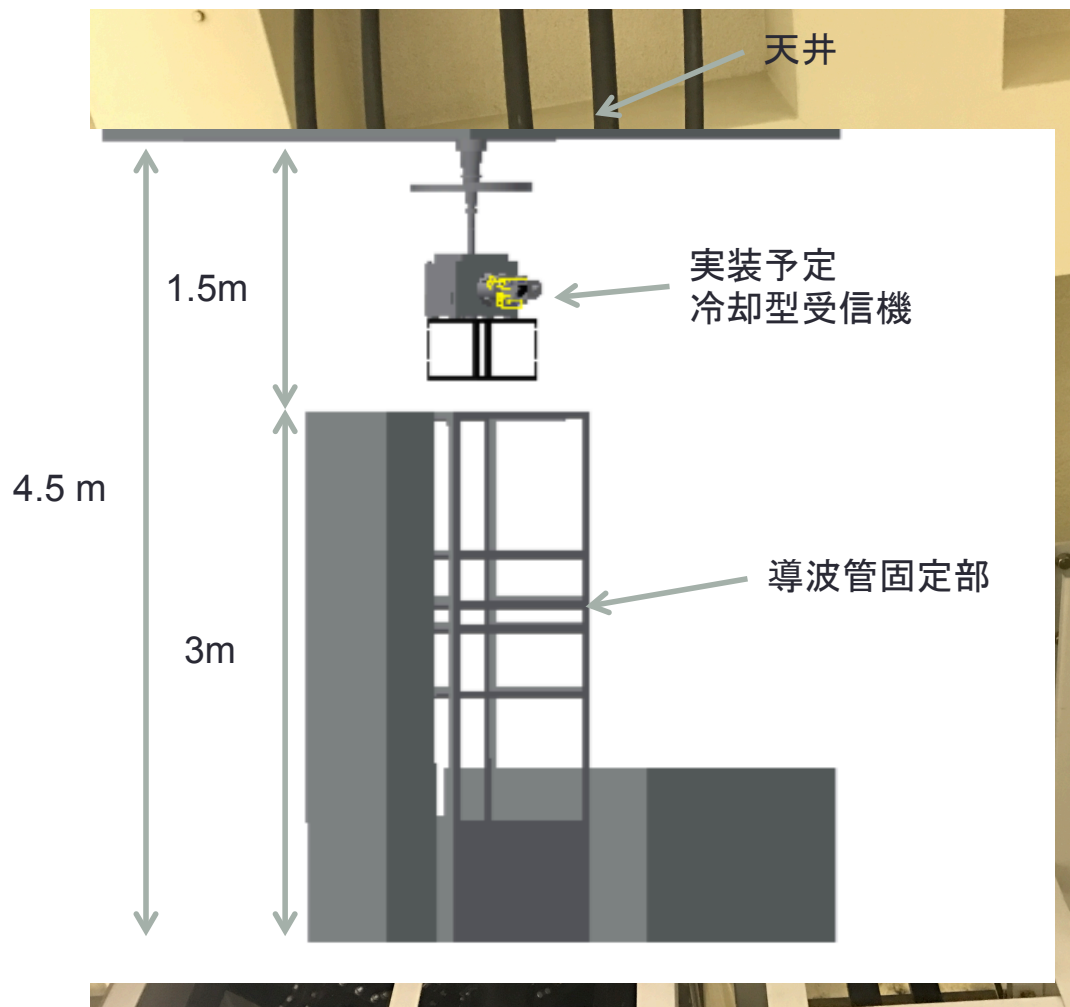
40Kシールド

20K冷却板

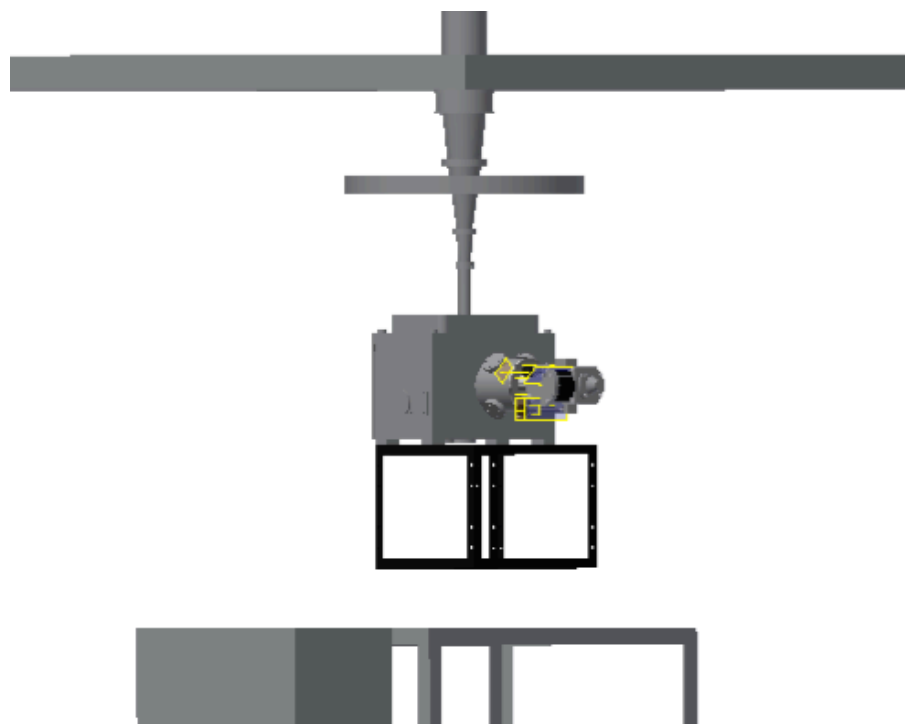
ポーライザは大阪府立大が開発した
セプタム型広帯域ポーライザ (6-9GHz) を使用
(Y1 での使用実績あり)

受信機実装予想図

受信機を設置するには、現状の
ポーライザと付属する導波管を
解体する必要あり

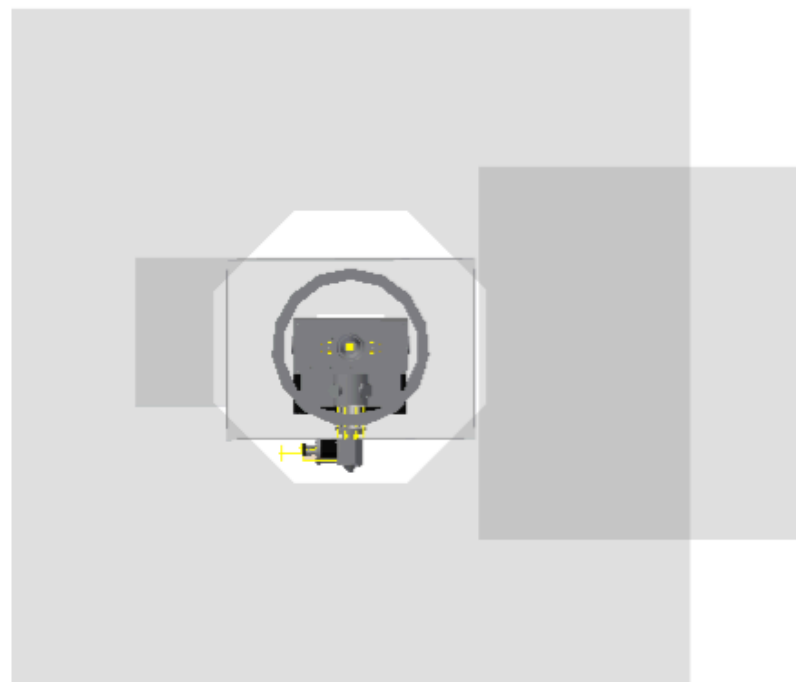


受信機実装予想図



拡大した図

搭載時には 4 - 5 人が作業
できるような足場を設置予定



上から見た図

まとめと今後

- まとめ

- Y2 の運用が始まり専用の受信機システムの早急な開発が必要となる。
- Y2 の受信機システムを Y1 と同等にすることで高感度干渉計を構築。
- ダウンコンバータは今年完成し、今後望遠鏡に搭載しての性能評価を行う。
- 冷却型受信機の図面を製作し、発注を行なった(2月中旬には性能評価開始予定)。

- 今後

- 冷却受信機の性能評価 (来年2月中旬予定)
- ダウンコンバータを望遠鏡に搭載しての性能評価
- 建屋の改造(足場等)
- 受信機搭載(来年4月までを予定)