



TOSHIBA

2019年度VLBI懇談会シンポジウム

鹿島34m電波望遠鏡向け 超伝導フィルタの開発

株式会社東芝

研究開発本部 研究開発センター

ワイヤレスシステムラボラトリー

河口 民雄

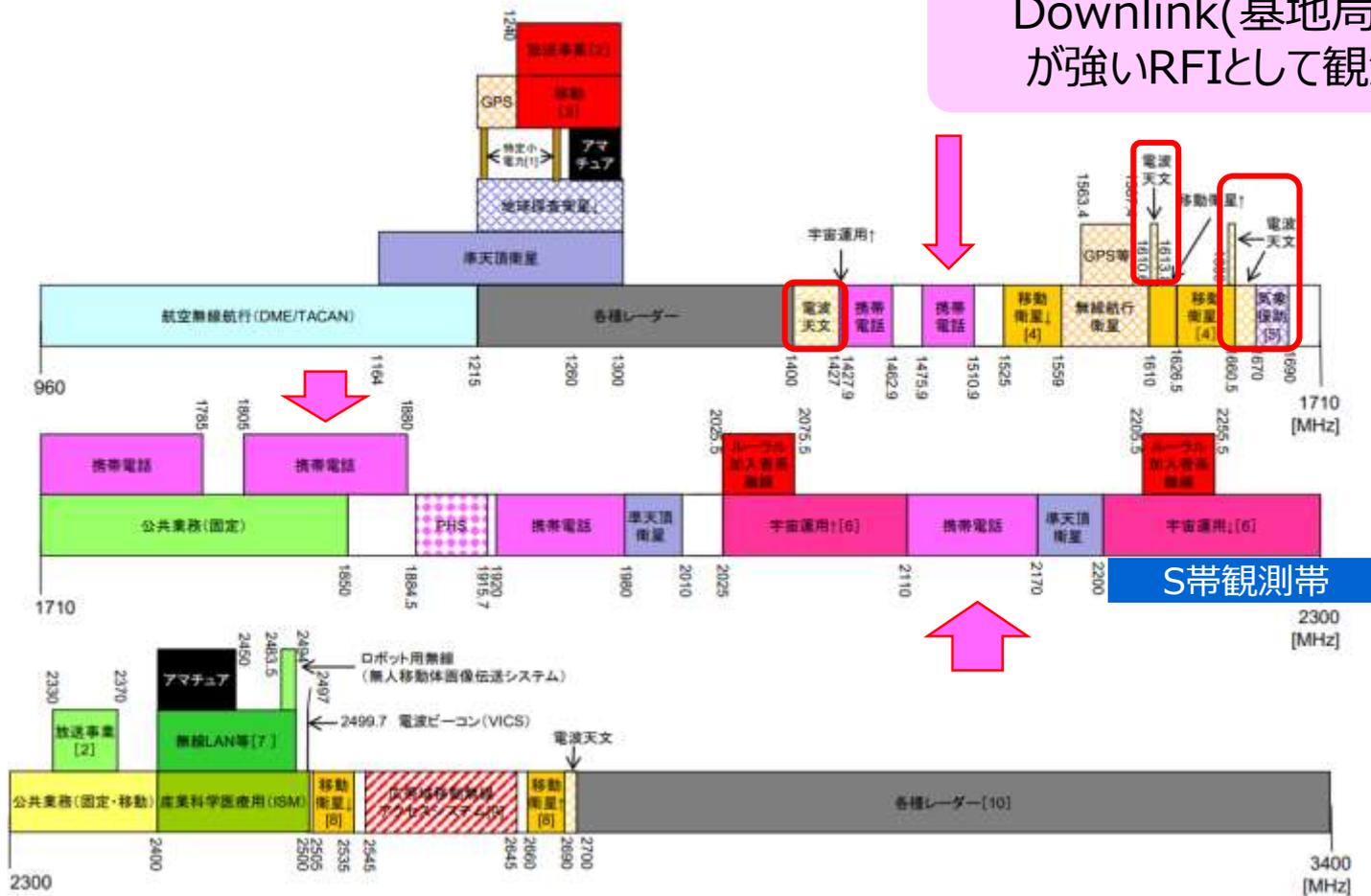
2019.11.23

大妻女子大学 千代田キャンパス

背景 ～L～S帯付近の周波数割り当て～

960MHz～3400MHz

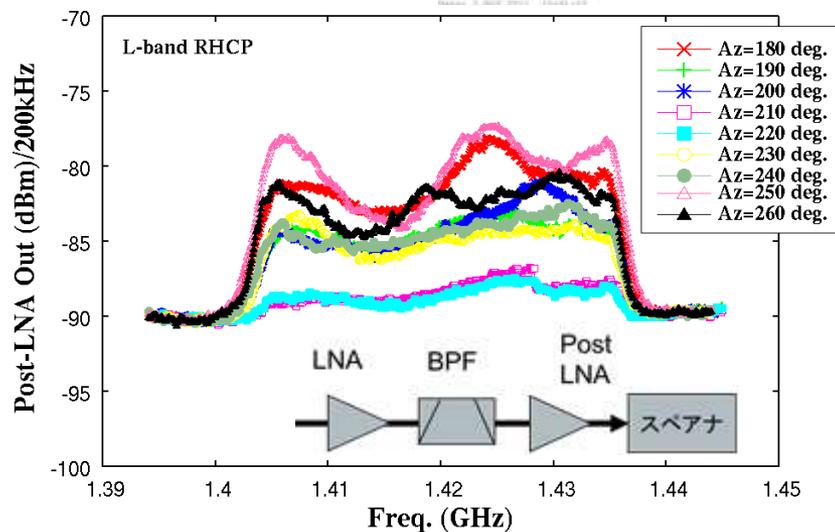
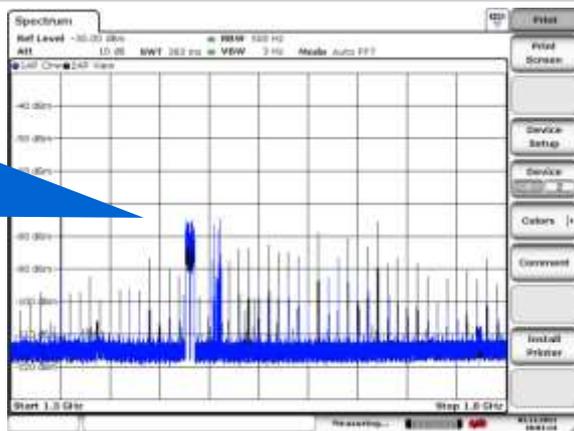
Downlink(基地局→端末)
が強いRFIとして観測される



L～S帯の観測バンド付近には、強い干渉源が多数割り当てられている。

背景 ～鹿島34m望遠鏡でのRFI観測～

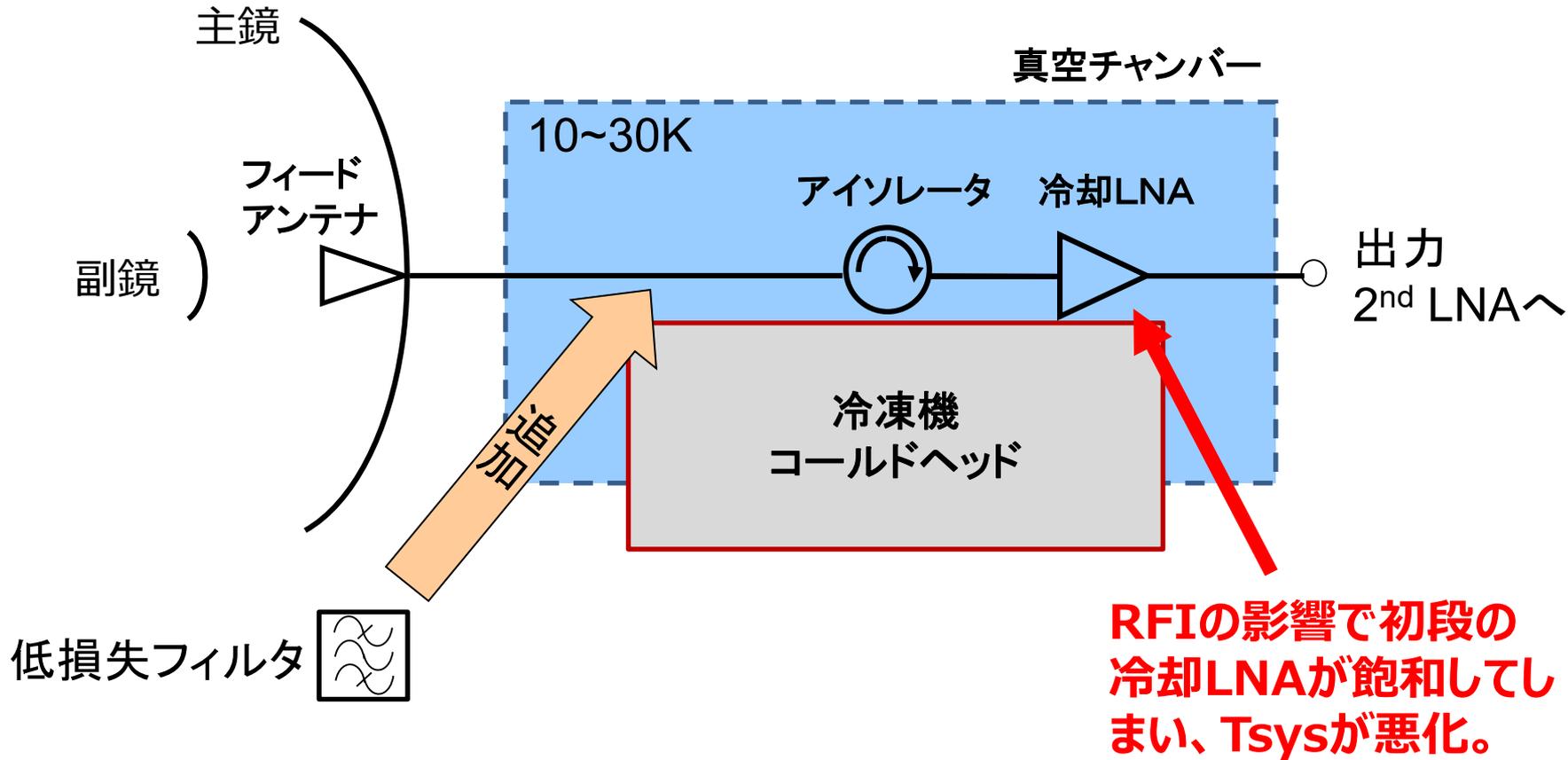
2011年11月に
1.48GHzで強い
RFIを観測



※出展「国土地理院 空中写真 2007～」
<https://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html>

AZ=210-220deg.におけるGain低下を確認 基地局からのRFIが原因と判明

LNAの飽和対策



受信感度の劣化をできるだけ抑え、RFIの対策をするには、初段冷却LNAの前に非常に低損失なフィルタが必要

目的・手段

- ▶ 初段のLNAの飽和対策のため、受信感度の劣化を最低限に抑えるL帯の低損失フィルタを開発する。

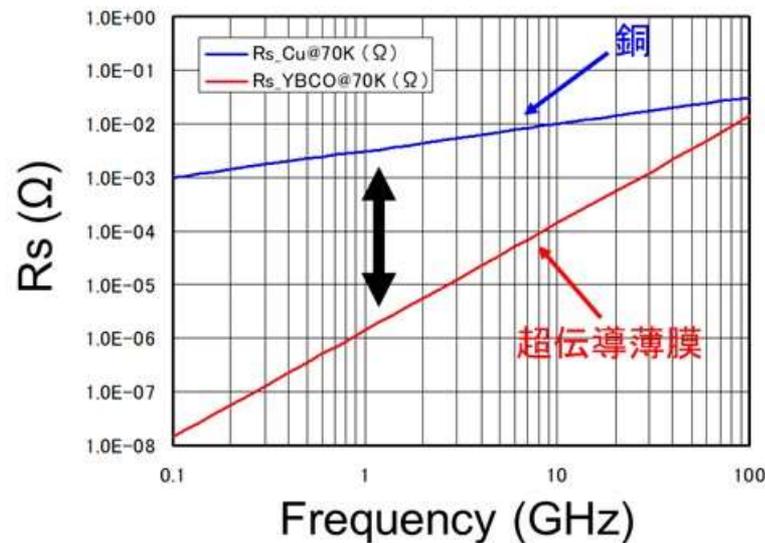
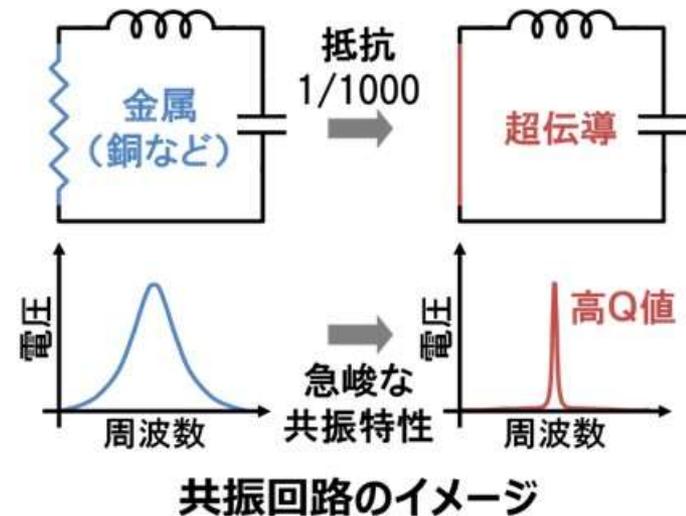


図 銅と超伝導薄膜の表面抵抗の測定結果*



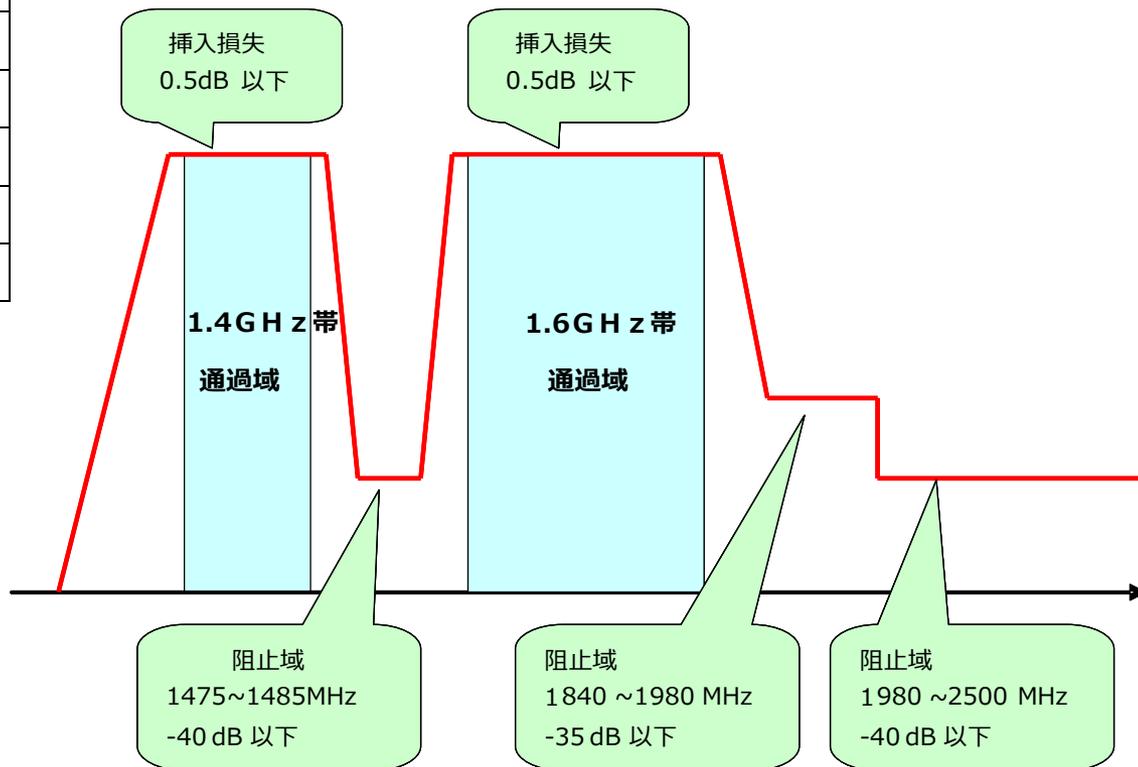
超伝導を用いることでフィルタを構成する共振回路を低損失化できる

超伝導の低損失性を利用したL帯フィルタを開発し、初段の冷却LNAに入るRFIを抑圧する。

フィルタの仕様

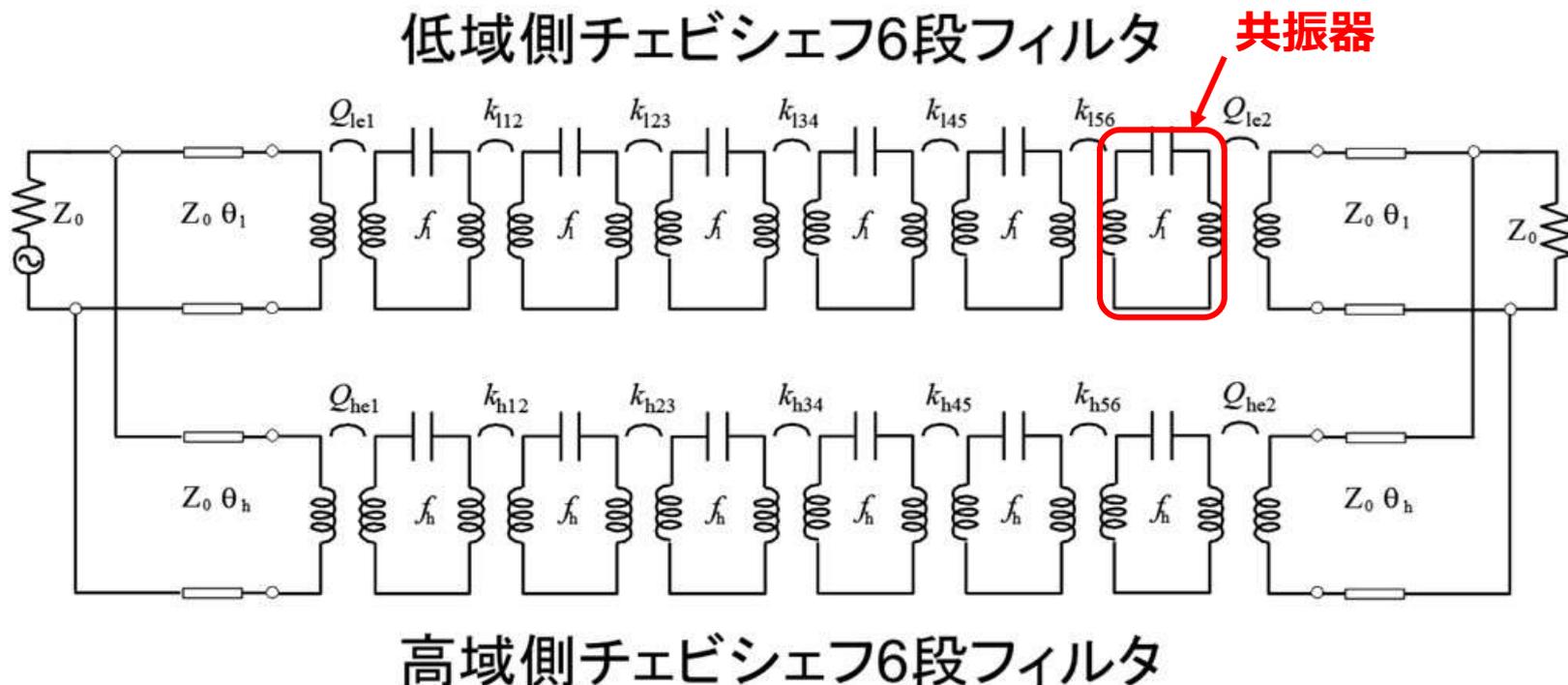
低域側帯域幅 (1.4GHz 帯)	35 MHz
高域側帯域幅 (1.6GHz 帯)	120 MHz
挿入損 I.L.	0.5dB 以下
阻止域減衰量(1475~1485MHz)	40dB 以上
阻止域減衰量(1840~1980MHz)	35dB 以上
阻止域減衰量(1980~2500MHz)	40dB 以上
動作温度	10~30 K

2帯域通過型のデュアルバンドフィルタとする。



観測帯域の間に1.48GHzのRFIが入るため、
上記仕様のデュアルバンドフィルタを開発する。

デュアルバンドフィルタの等価回路



低域側と高域側のフィルタを並列合成し、
デュアルバンドフィルタを構成
各フィルタの帯域などを個別に設計可能な回路構成を
用いており、設計自由度の高いフィルタが実現可能

共振器の構造

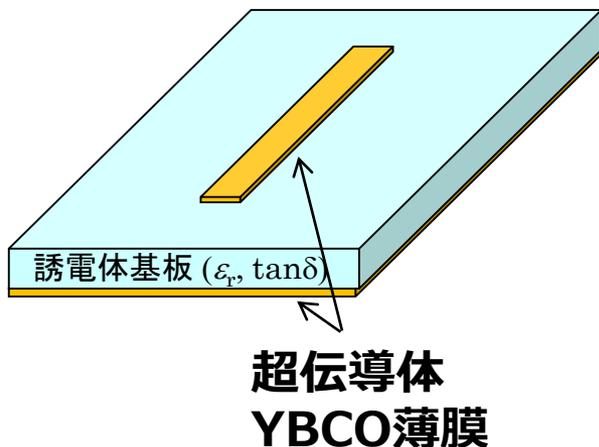


図 超伝導フィルタの構造

誘電体基板の上部電極と下面グランドに超伝導体を用いた構造

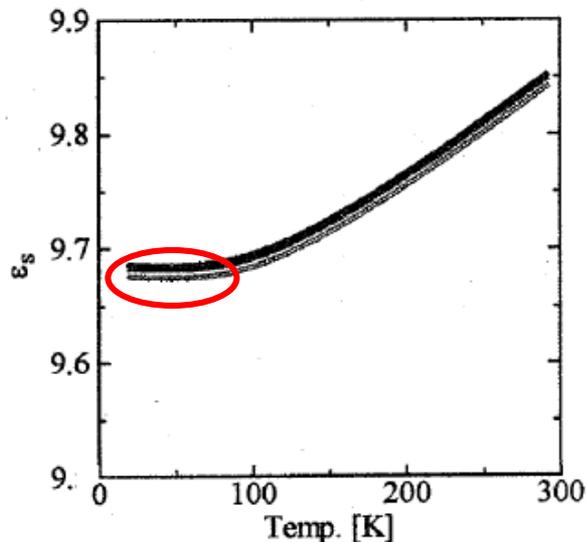


図 MgO基板の誘電率の温度依存性*

動作温度10~30Kで誘電率の変化が少ない

インダクタ部の長さを
変えて周波数調整

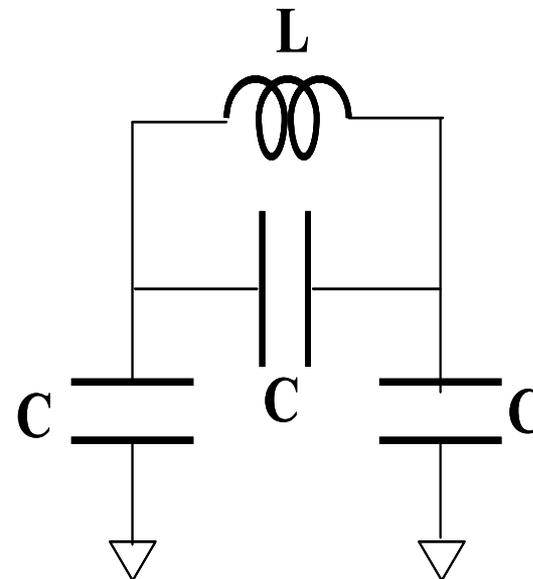


図 共振器の
等価回路

極低温で誘電率の変化の少ない基板を用い、L,Cの回路素子を
基板上のマイクロストリップ線路のパターンで実現する。

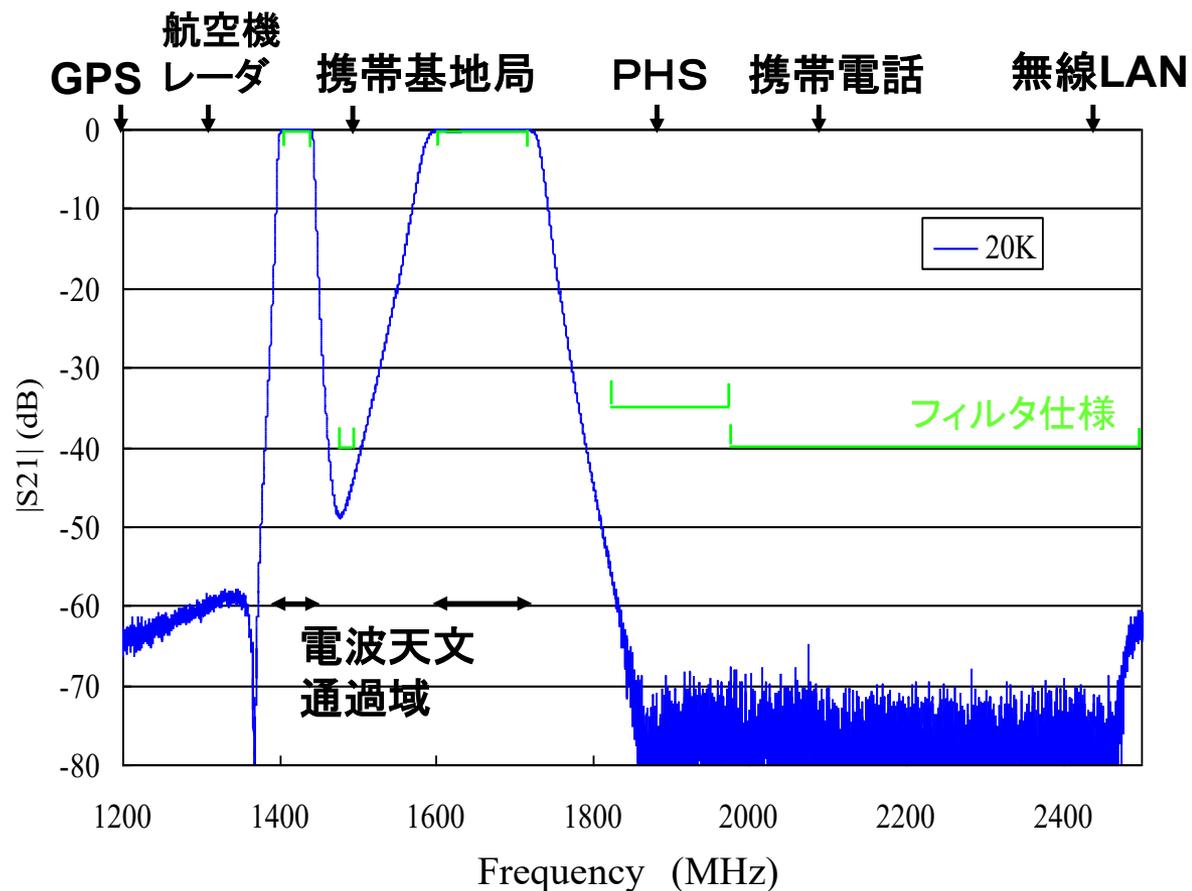
*橋本, 上条, 坂本, 小林, "MgOおよびBMT基板の複素誘電率の低温特性のマイクロ波測定,"信学技報SCE99-5,MW99-5(1999-04)

デュアルバンド超伝導フィルタの測定結果



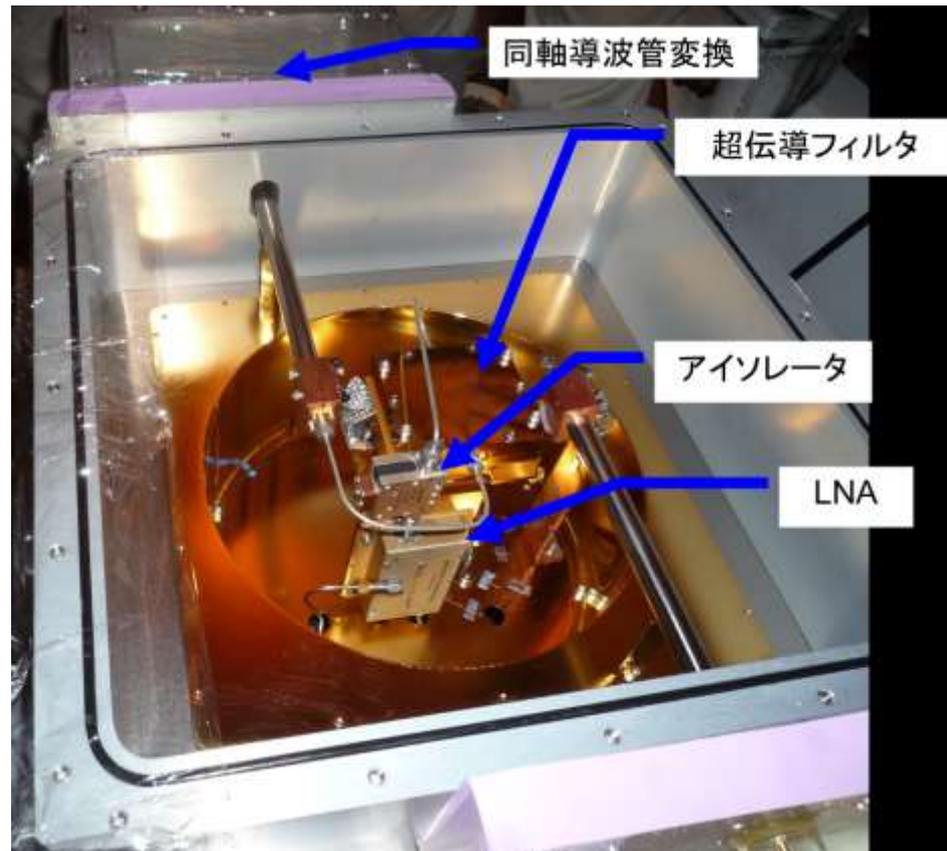
フィルタパッケージ(75mm角)

帯域 : 1.405-1.44GHz
損失 : 0.12dB以下(0.6K)
帯域 : 1.6-1.72GHz
損失 : 0.08dB以下(0.4K)



各仕様を満足していることを確認: I.L < 0.15dB
低損失デュアルバンドフィルタを実現

L-bandの冷却受信機への取り付け



開発したフィルタをL帯受信機に取り付けた。
2013年12月に設置完了

設置後の評価結果



RHCP,LHCP



RHCP,HOT

**EL=7,AZ=220 RHCP,HOTを評価
1480MHzの信号による飽和は解消された。**

まとめ

- 携帯電話の普及に伴い、基地局が増設され、その基地局からの強いRFIの影響で、鹿島34m望遠鏡L帯受信機の冷却LNAが飽和し、観測が困難になってしまった。
- 冷却LNAの飽和を解消するため、その前段に受信感度の悪化を最小限にする低損失フィルタが必要となった。
- 超伝導の低損失性を用いたL帯デュアルバンドフィルタを開発し、損失0.15dB以下となる低損失なフィルタ特性を実現した。
- このフィルタを既存の鹿島34m電波天文受信機に用いることで、RFIを抑圧し、LNAの飽和が解消された。

TOSHIBA

ご清聴ありがとうございました。

謝辞
貴重な研究資料を提供いただいた
NICT関戸様に感謝いたします。