

VGOS対応受信機を用いた 石岡VLBI観測施設周辺の混信調査

中久喜智一，林京之介，石倉信広，
梅井迪子，松本紗歩，湯通堂亨，
吉川忠男，宗包浩志（国土地理院）
関戸衛（情報通信研究機構）

令和元年11月24日
VLBI懇談会（東京）

石岡測地観測局と国際的なVLBI観測



VLBIアンテナ

観測局舎



重力観測室

IGS点 "ISHI"



アンテナ直径	13.2 m
駆動速度	
Az	12 deg/sec
El	6 deg/sec
光学系	Ring Focus
受信帯域	
S/X帯受信機	2, 8 GHz
広帯域受信機	2~14 GHz

S/X帯観測

観測概要

位置決定精度は**数mm**

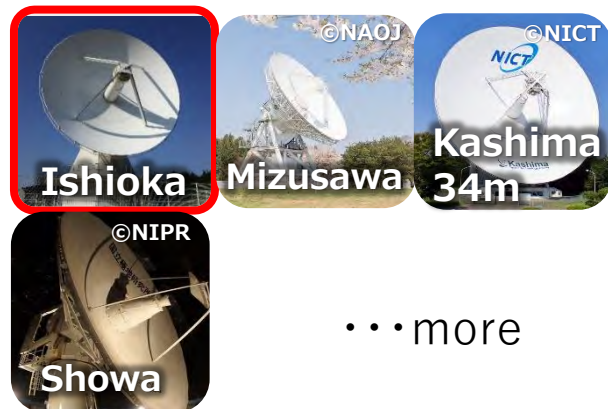
ほぼ毎日観測

測地解を**数日以内**に提供

観測帯域



観測局数



全42局 (従来のS/X帯観測)

VGOS観測

(最終目標)

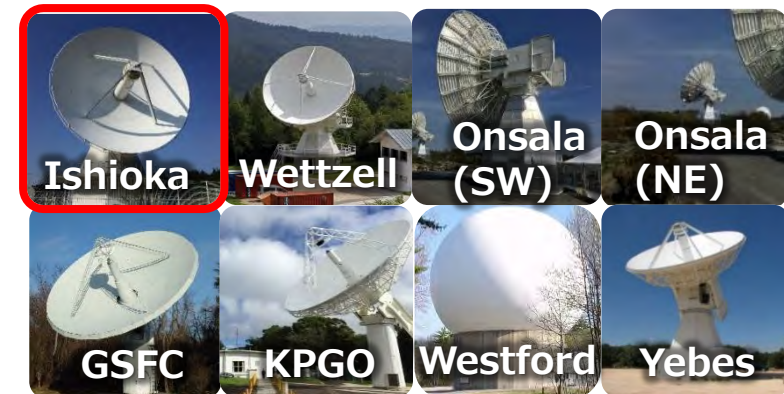
位置決定精度は**1mm**

常時連続観測

測地解を**24時間以内**に提供

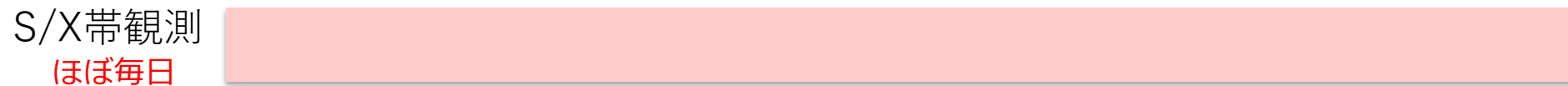
現在はテスト観測を2週間毎に実施中

観測帯域



全8局 (VGOSテスト観測)

国際観測のスケジュール



石岡局の観測スケジュール



受信機交換 (約3日)

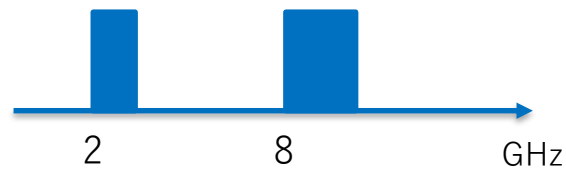


石岡局の問題点

- 切れ目のない観測が不可能
- 受信機交換が必要
 - 交換期間は観測に参加不可能
 - 人的リソースが必要

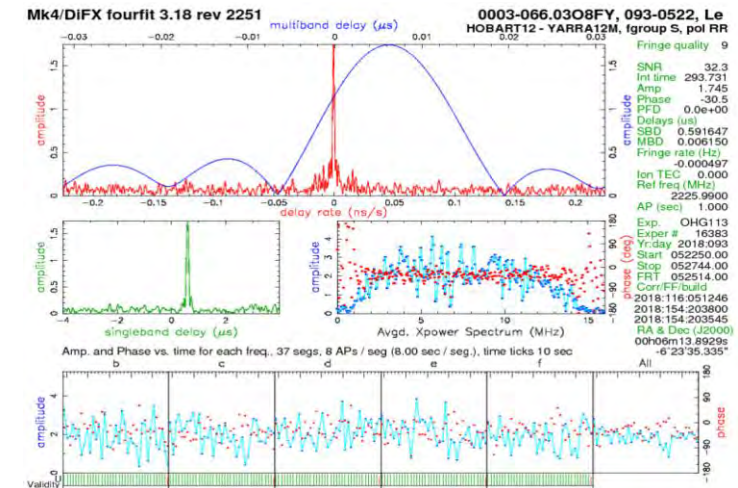
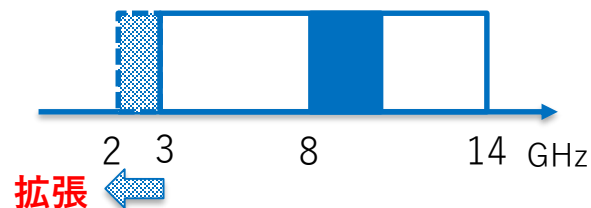
- 従来局 (S/X帯) とVGOS局 (広帯域) が同じ観測に参加
 - VGOS局は広帯域受信機でS/X帯観測に参加
 - プロダクトの連続性を確保
- オーストラリアでMixed modeの試験観測に成功
 - 今後国際的なMixed mode観測が実施される予定

従来局 (S/X帯)



相関処理

VGOS局 (広帯域)



Hobart局 (広帯域) とYarragadee局 (S/X帯) で得られたフリッジ (Jamie M. and Lucia M., 2018)

広帯域受信機の現状

広帯域受信機でS帯の観測が不可能

- 強力な人工電波による 電波干渉※で信号が飽和
→ 電波干渉対策で3 GHzのハイパスフィルタを設置

※電波干渉：受信帯域が一致することで、観測に支障を与える電波が受信される現象

広帯域受信機によるS帯観測の実現

① 広帯域観測による電波干渉の調査

- 石岡局周辺における電波干渉の調査
- 飽和の原因となる電波干渉の周波数を特定

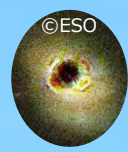
② 特定した電波干渉を抑圧するフィルタの導入

本日のトピック

広帯域観測による石岡局周辺の電波干渉調査

広帯域観測では様々な人工電波による電波干渉が発生

クエーサー
(観測対象)



携帯基地局
(2.110~2.170 GHz)

レーダー
(2.700~3.400 GHz)



日本国内の電波使用状況 (総務省より)

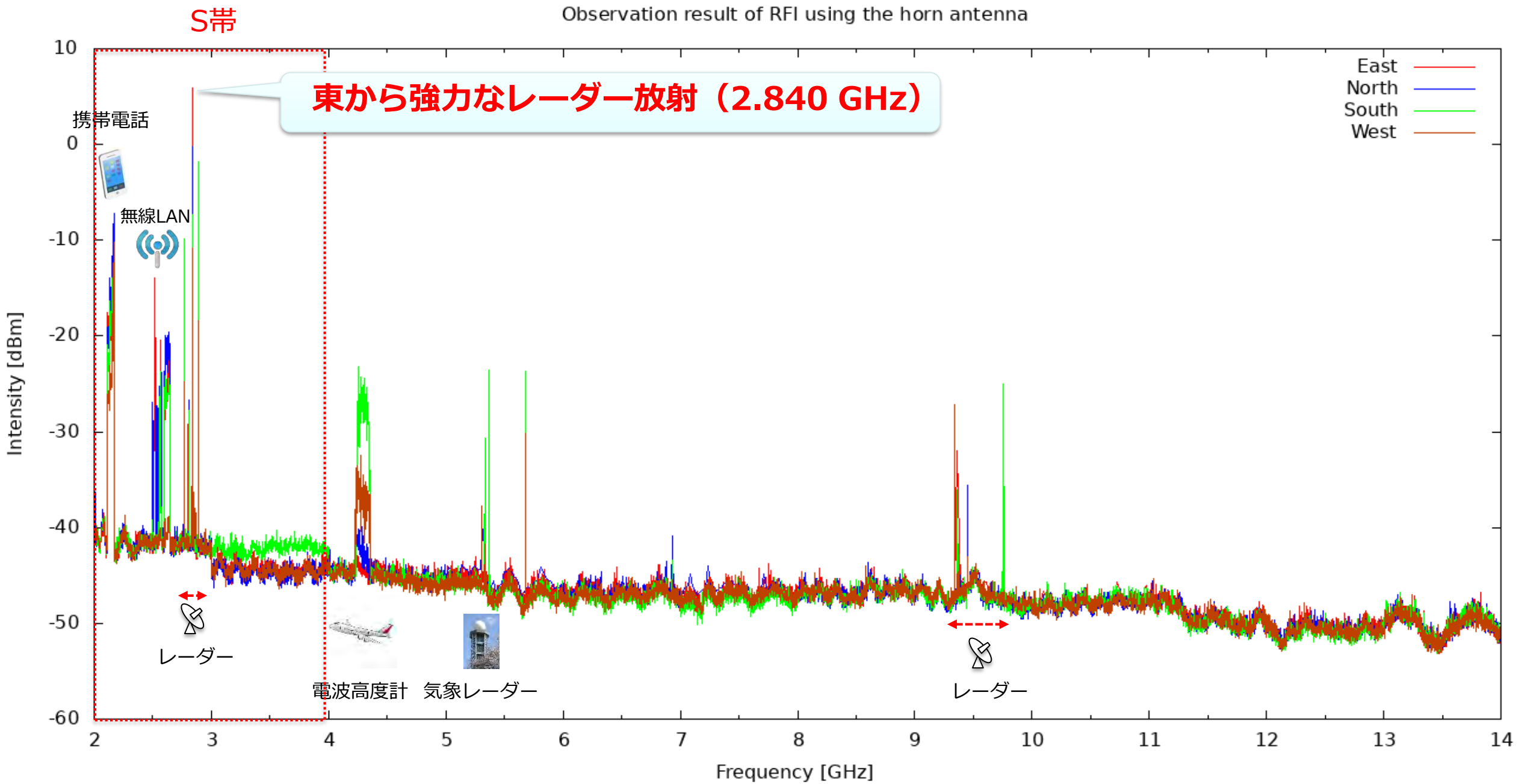


※携帯基地局・レーダーの配置場所は実際と異なります

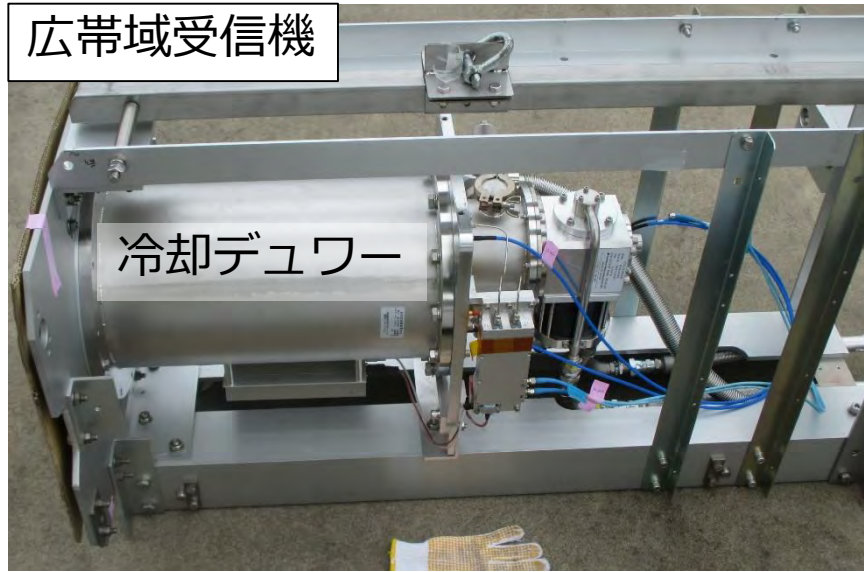
- 「放射電力測定技術 高感度受信システム」を使用
 - 石岡VLBIアンテナを使用した調査期間に制限
 - 事前に4方位（東西南北）での電波干渉を詳細に調査



◀ 「放射電力測定技術 高感度受信システム」による
電波干渉の調査風景

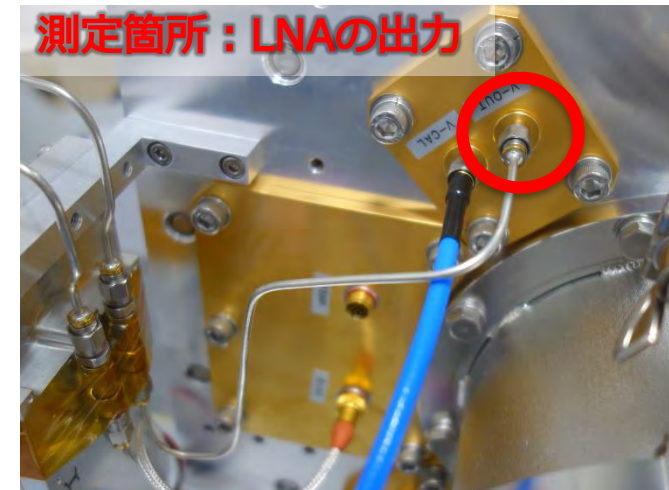
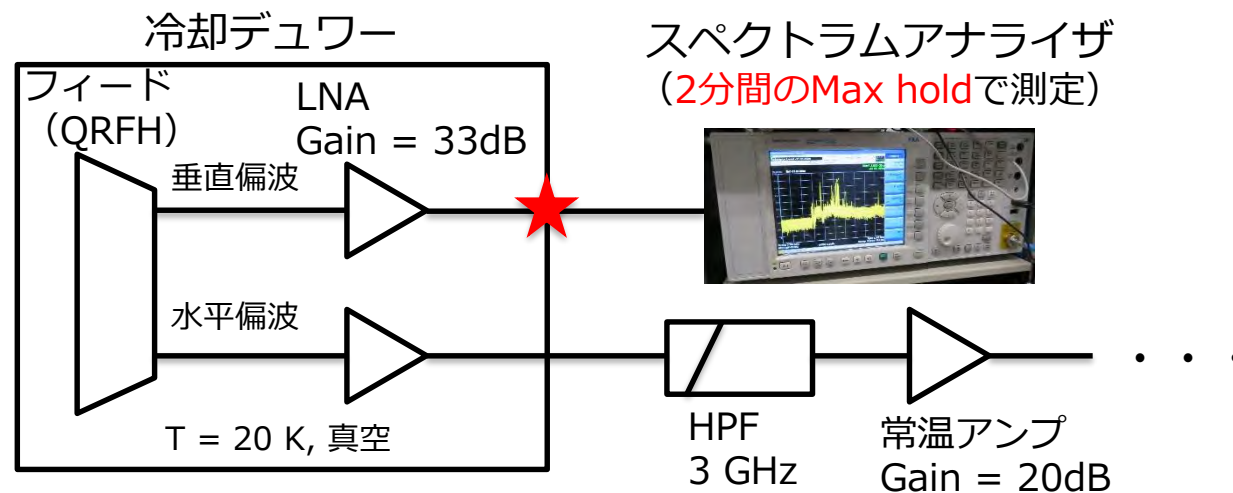


- 測定に使用した広帯域観測システム



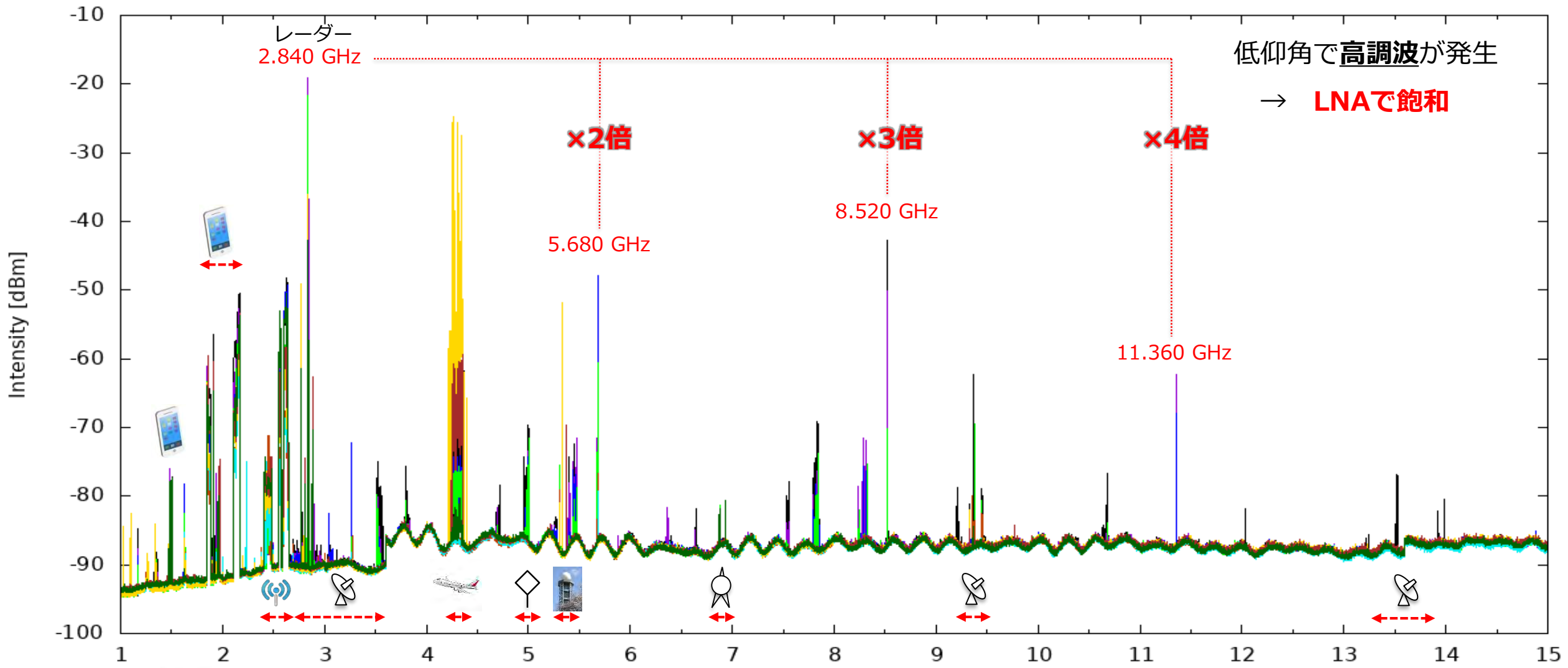
- 測定帯域：1~15 GHz
- 測定方向
 - ✓ 方位角：90度（東方向）
 - ✓ 仰角：90度（天頂）→75度→60度→45度
→30度→15度→10度→7度→5度

- スペクトラムアナライザによる信号測定箇所



石岡VLBIアンテナで検出された東方向の電波干渉

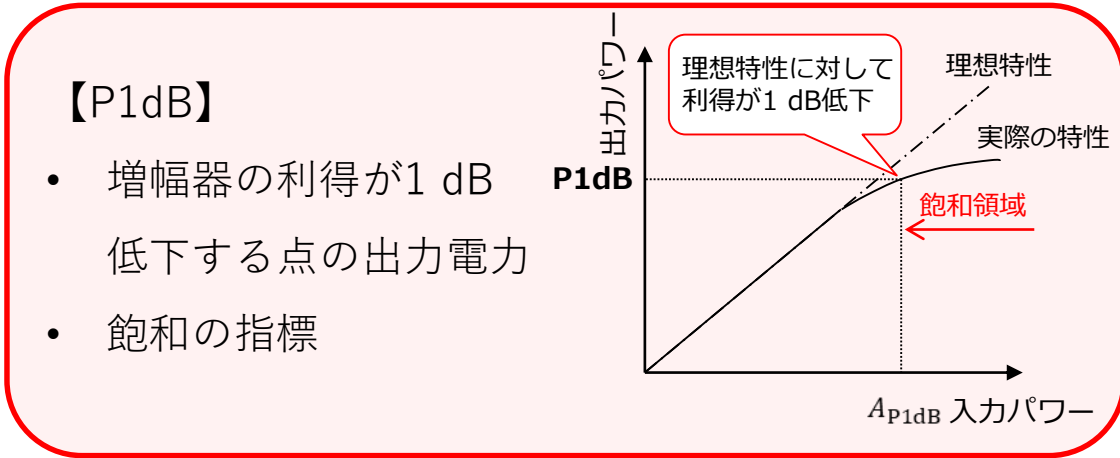
RFI included in 1~15 GHz Band



無線LAN	電波高度計									無線アクセス
レーダー	気象レーダー	EL:5deg	EL:10deg	EL:30deg	EL:60deg	EL:90deg				テレビ中継局
		EL:7deg	EL:15deg	EL:45deg	EL:75deg					

飽和信号の抑圧レベルの推定

• P1dBに対する入力信号の超過レベル



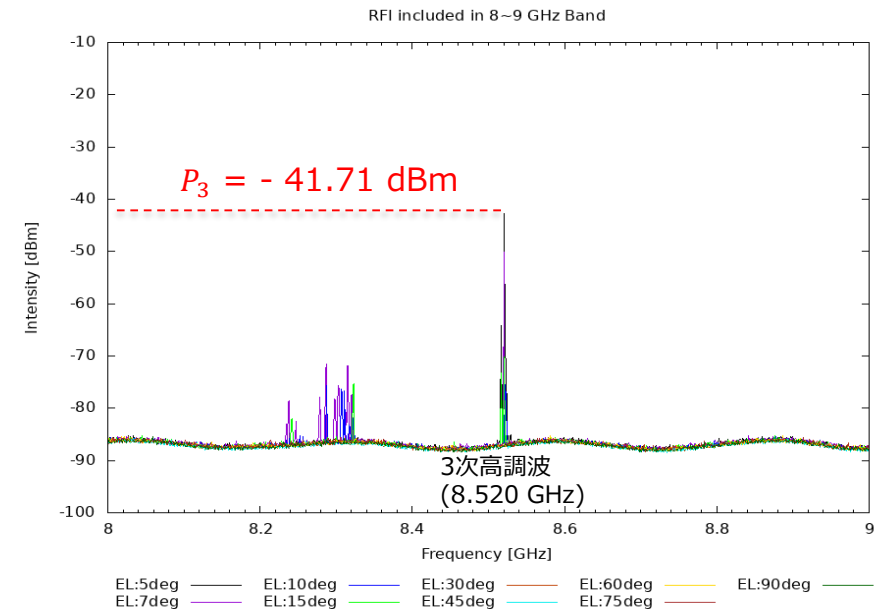
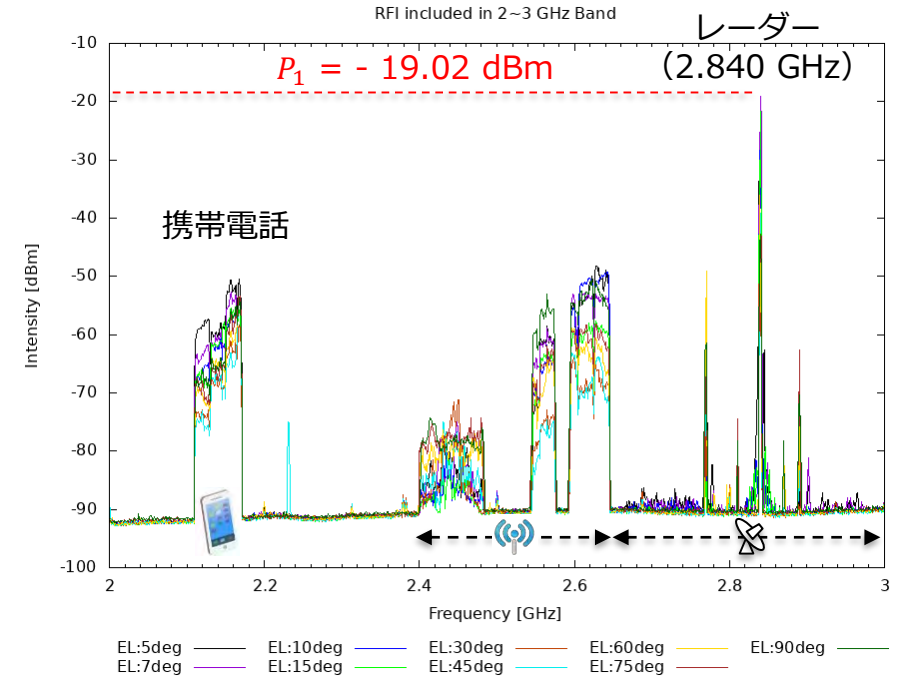
$$\left(\frac{A}{A_{P1dB}}\right)^2 = \frac{4\sqrt{\frac{P_3}{P_1}}}{0.145\left(1 + 3\sqrt{\frac{P_3}{P_1}}\right)}$$

P_1 : 基本波の出力パワー
 P_3 : 3次高調波の出力パワー

• 飽和信号の抑圧レベルの推定

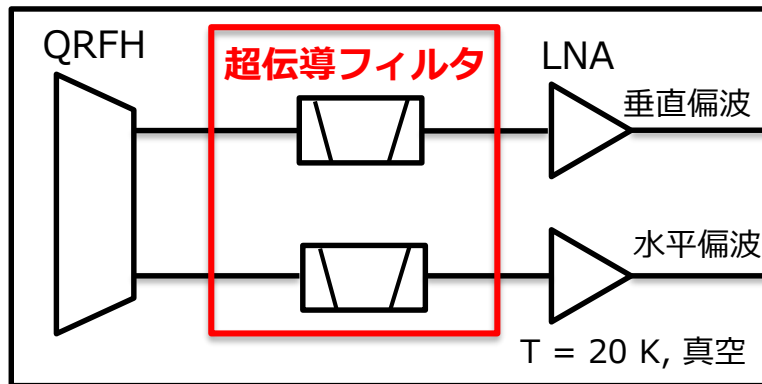
	P1dBに対する入力信号の超過レベル [dB]	抑圧レベル [dB] (超過レベル + 10)	後段の増幅器を考量した抑圧レベル [dB]
レーダー (2.840 GHz)	+ 2.16 (-39.84 dBm)	12.16	26
携帯電話* (2.168 GHz)	+ 1.72 (-40.28 dBm)	11.72	25

* : 携帯基地局がある西南西方向 (Az : 250度) の測定結果より



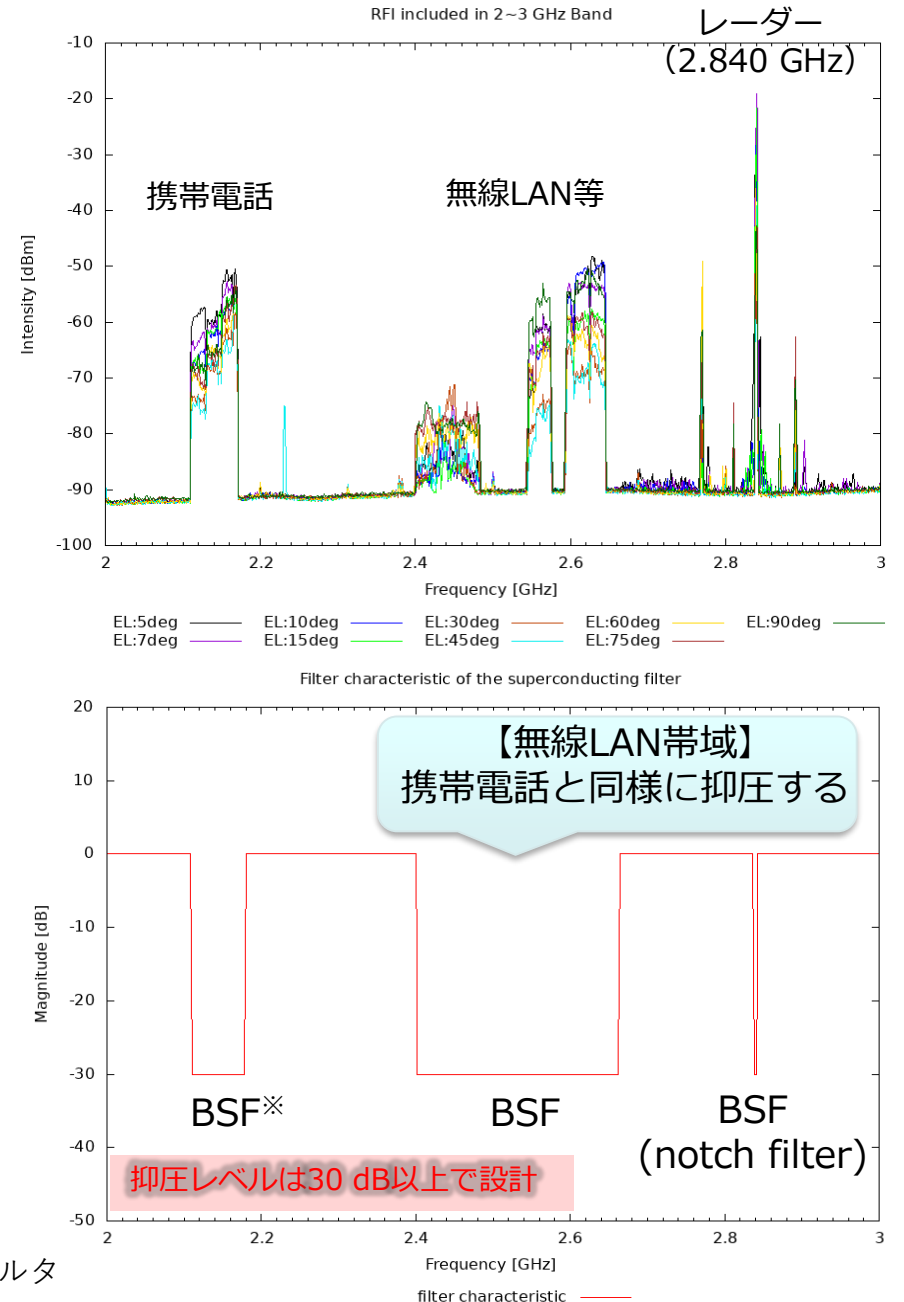
超伝導フィルタによる飽和対策

- 超伝導フィルタとは
 - 超伝導素材で作られたフィルタ
 - 急峻なカットオフ特性
 - 真空かつ低温環境が必要
- 導入箇所：LNAの前段（デュワーの中）



理想的なフィルタを検討中！

※バンドストップフィルタ：
特定の帯域の信号レベルを抑圧するフィルタ



まとめ

- 国土地理院は石岡局でのMixed Mode観測に向けた準備を開始
 - 広帯域受信機でS帯を観測するための電波干渉状況の調査を実施
- 石岡周辺では東方向から強いレーダー放射を検出
- 石岡VLBIアンテナではLNAで信号の飽和を確認
 - LNAの前段に信号の飽和を防ぐ超伝導フィルタを検討中

謝辞

情報通信研究機構の関戸さんには、共同研究の一環で「放射電力測定技術 高感度受信システム」の借用及び多くのご助言をいただきました。この場をお借りして厚く御礼を申し上げます。