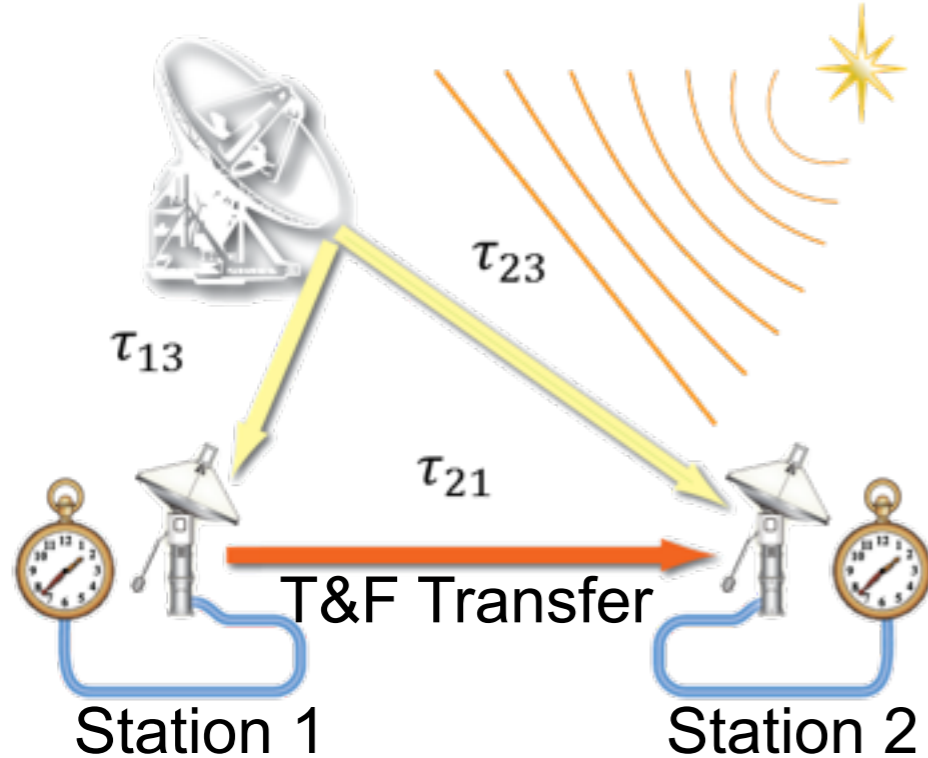


鹿島における広帯域受信システムの開発

氏原秀樹 岳藤一宏 関戸衛(NICT鹿島・時空標準)



Gala-V(ガラパゴスVLBI)=T&F Transfer の広帯域化プロジェクト：VLBIで遠隔地間の原子時計を比較する。
鹿島34mと干渉計を組むMARBLEを「感度/コスト」で最適化

- ・ 中期計画(5カ年)内に成果：3年くらいで広帯域化フィードの実用化が必要
- ・ 34mアンテナ：カセグレン光学系に合う広帯域フィードを新規開発
- ・ 小型局：能率の良い広帯域フィードを開発、同時に主鏡を1.5m/1.6m→2.4mへ大口径化して感度改善

$$SNR = \frac{\pi S}{8k} D_1 D_2 \sqrt{\frac{\eta_1 \eta_2 B_w \tau}{T_{sys1} T_{sys2}}} \quad \rightarrow \text{開口能率が高くななくても帯域幅でカバーできる}$$

S: 電波源のフラックス, k: ボルツマン定数, Bw: バンド幅, τ: 積分時間

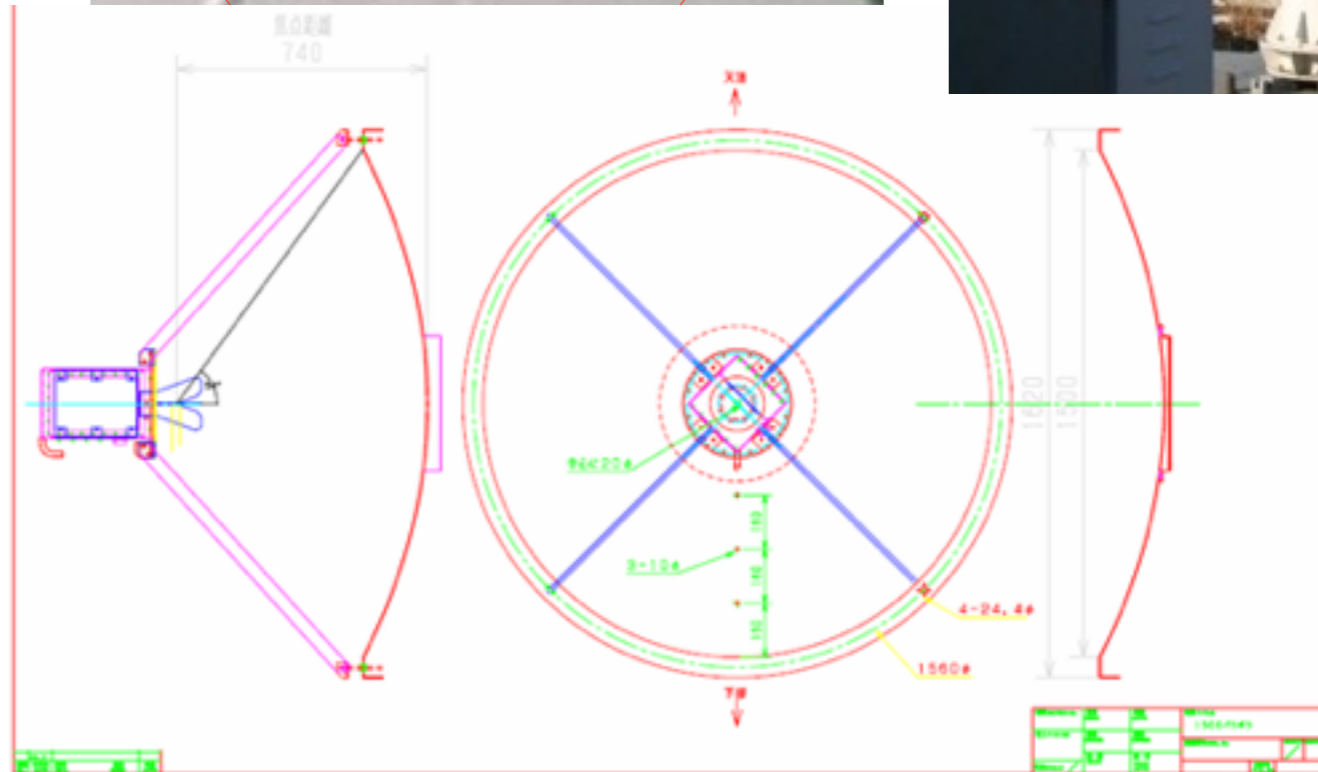
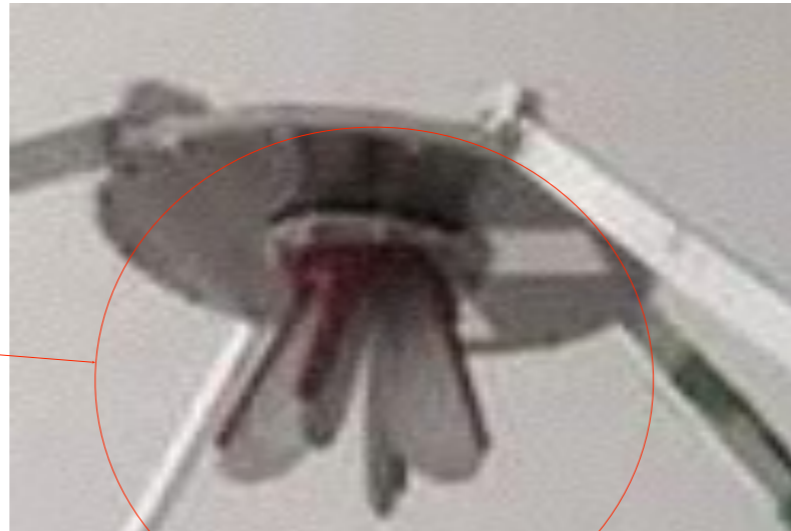
D₁, D₂ : 局1, 局2のアンテナの直径, η₁, η₂ : 局1, 局2のアンテナ開口効率

小型局のアンテナ直径：1.5倍かつη：2倍でSNRの改善: $1.5 \times \sqrt{2} = 2.12 \dots$ 同じSNRなら観測時間τは1/4

VLBI小型可搬局MARBLEの高感度化改修

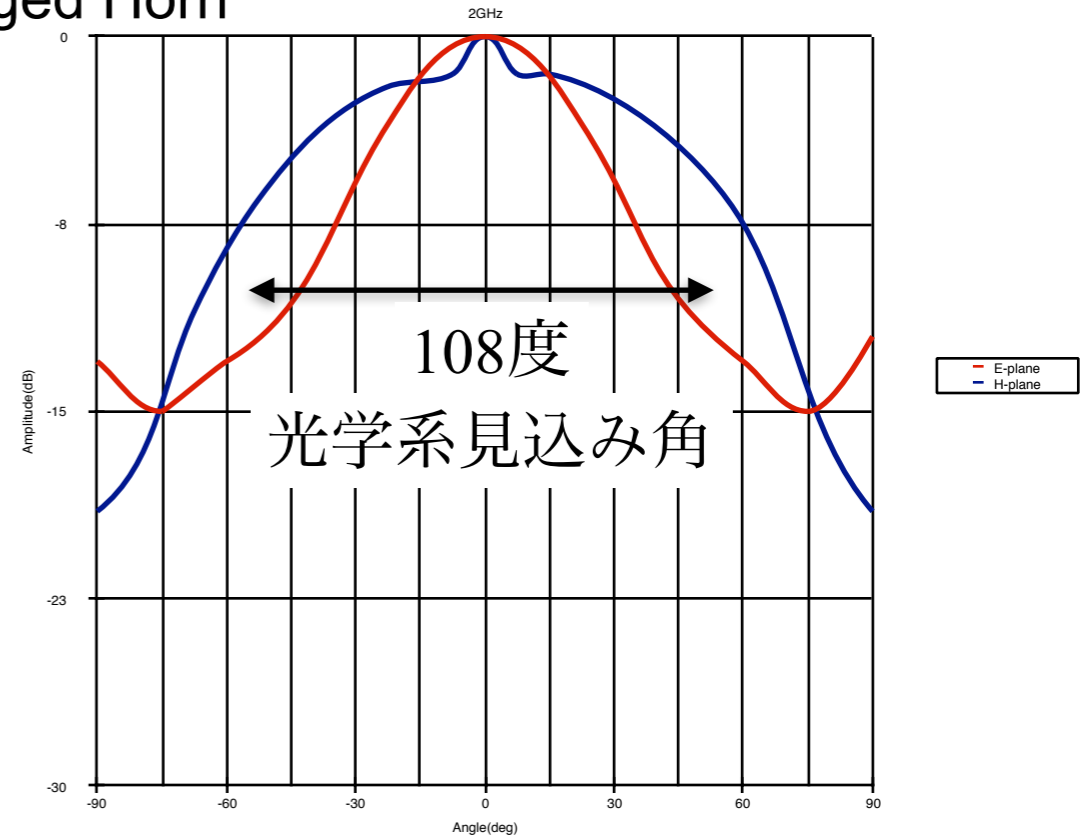
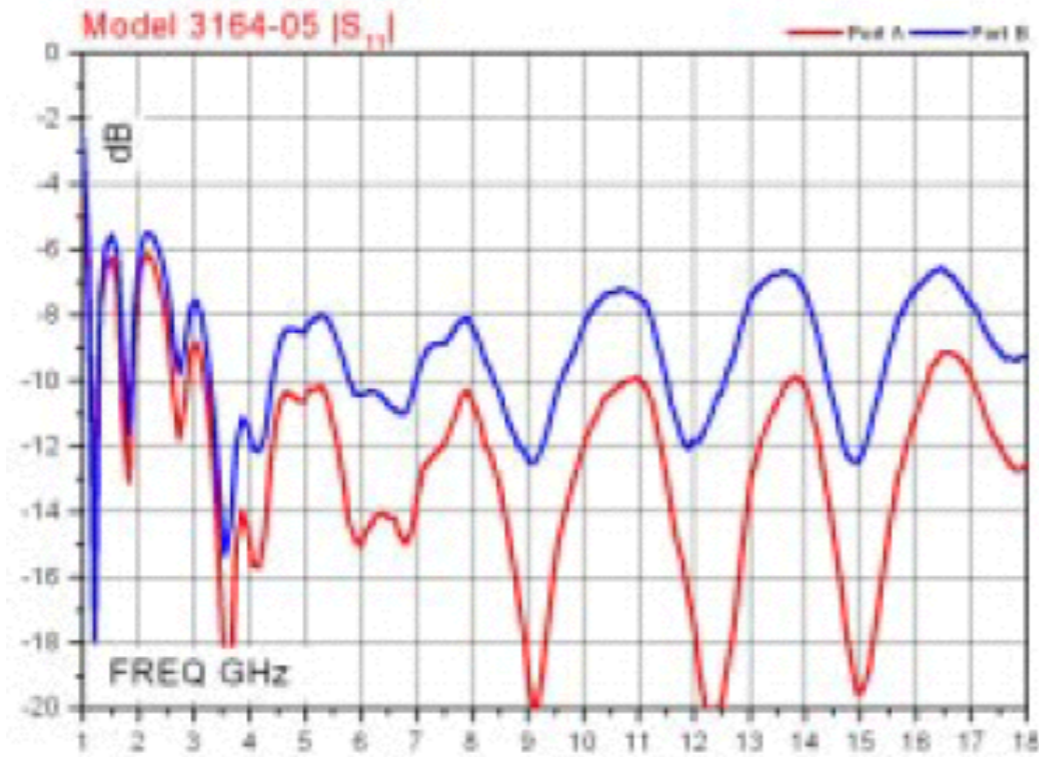
現フィード：ETS-LINDGREN 3164-05 Open Boundary Quad-Ridged Horn

- ・ フィードを交換→受信帯域は2/8GHzを3.2-14.4GHzに、開口能率は40-20%を50%程度にしたい
- ・ 主鏡を交換→1.5m,1.6mを2.4mに大口徑化とともにカセグレン化

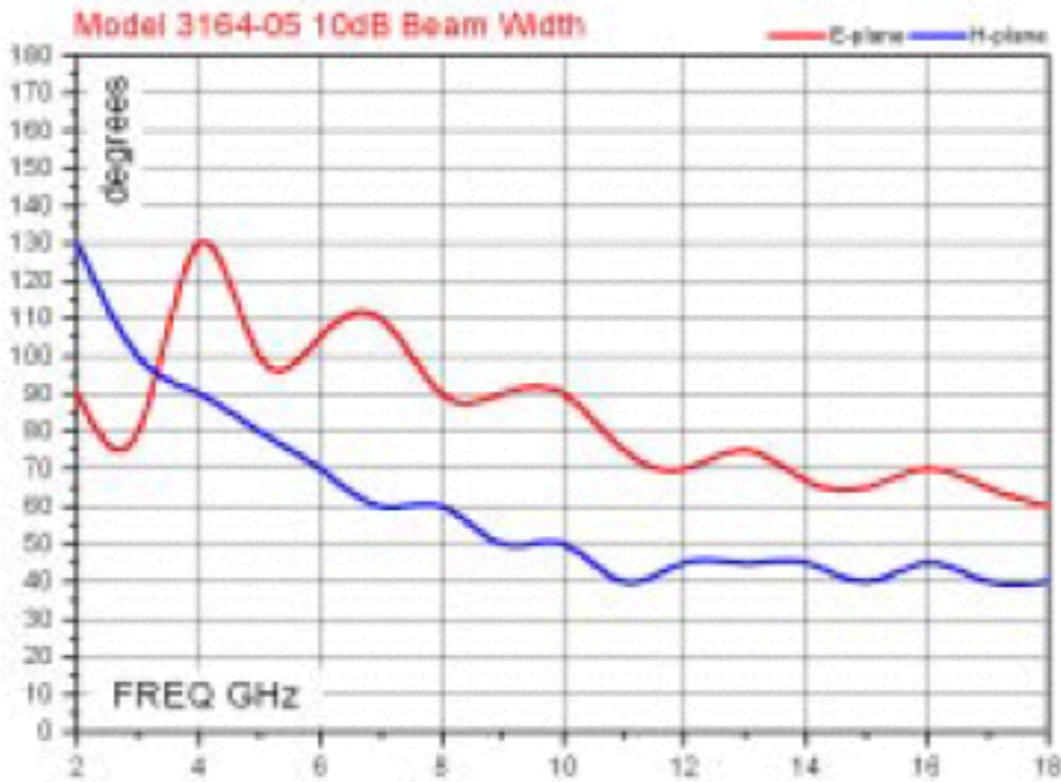


これまでフィードに使っていたOpen Boundary Quad-Ridged Horn

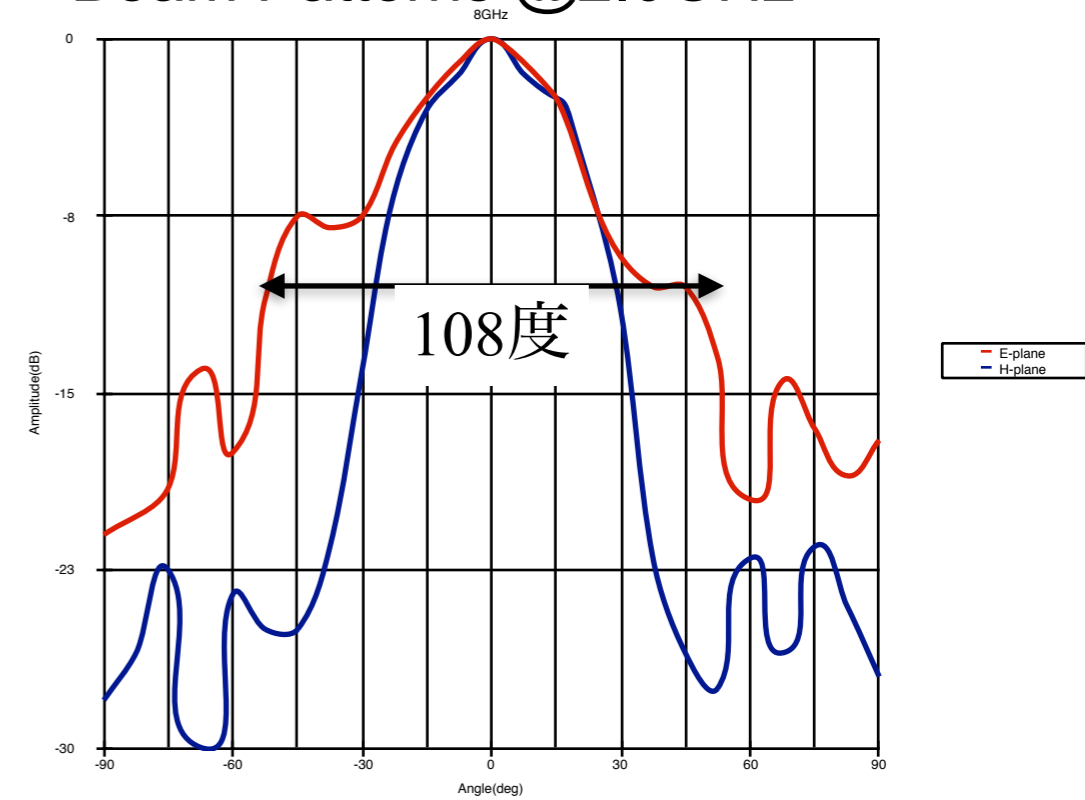
Return Loss



-10dB beam width



Beam Patterns @2.0GHz



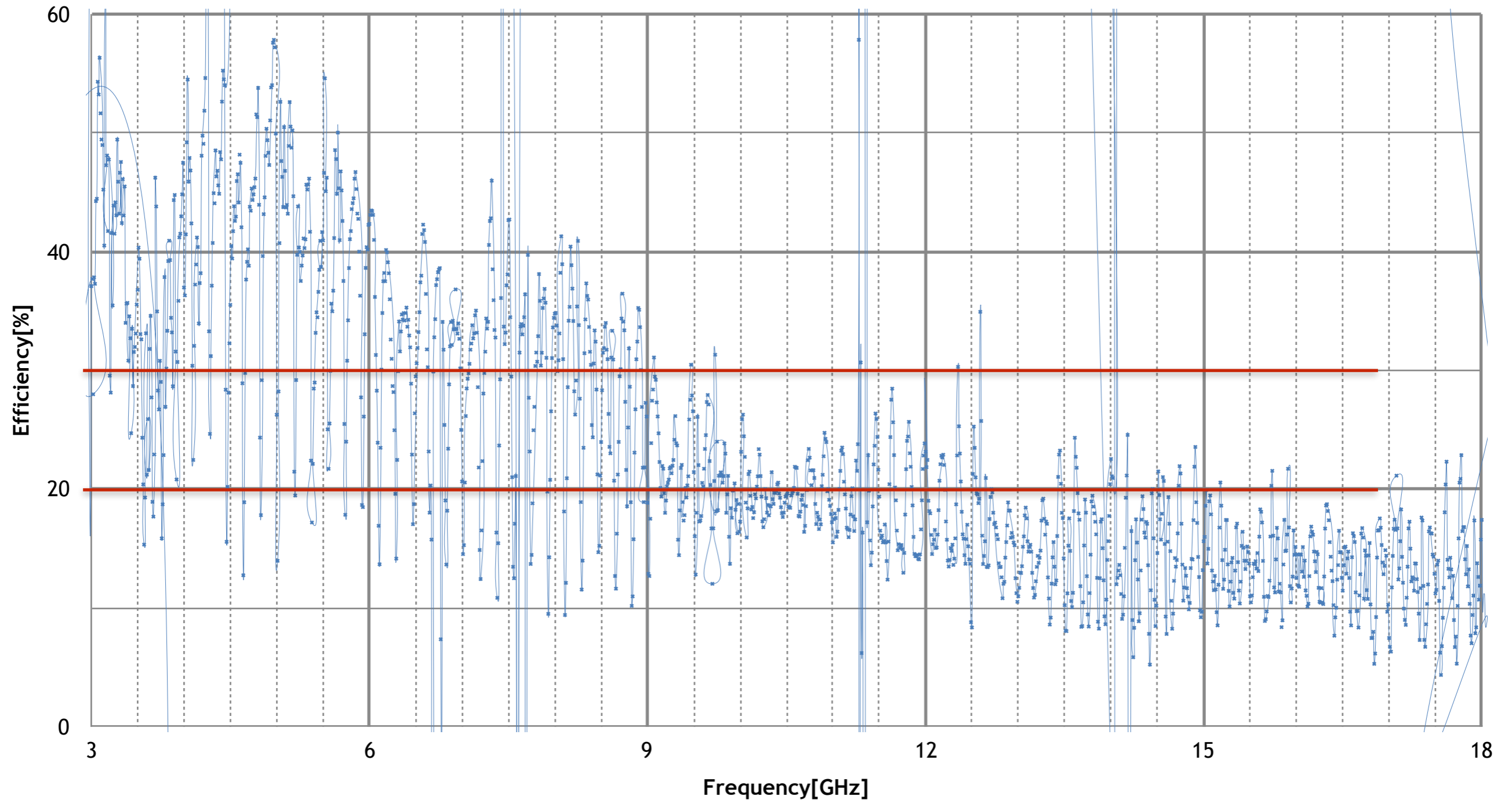
beam patterns @8.0GHz

E面/H面でビームが非対称

特に高周波側で光学系の見込み角と合わない

2016/3/3(日1.6m)

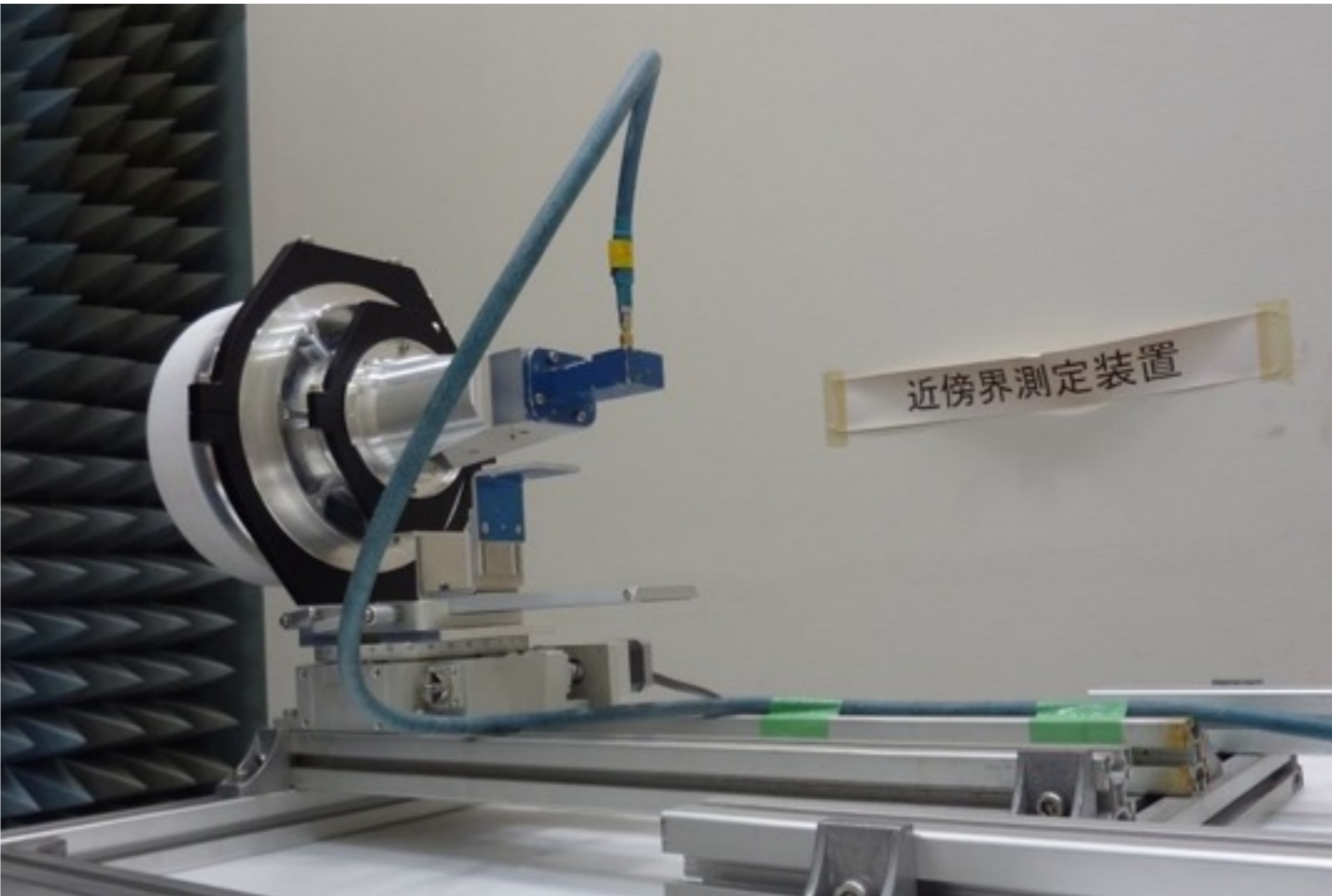
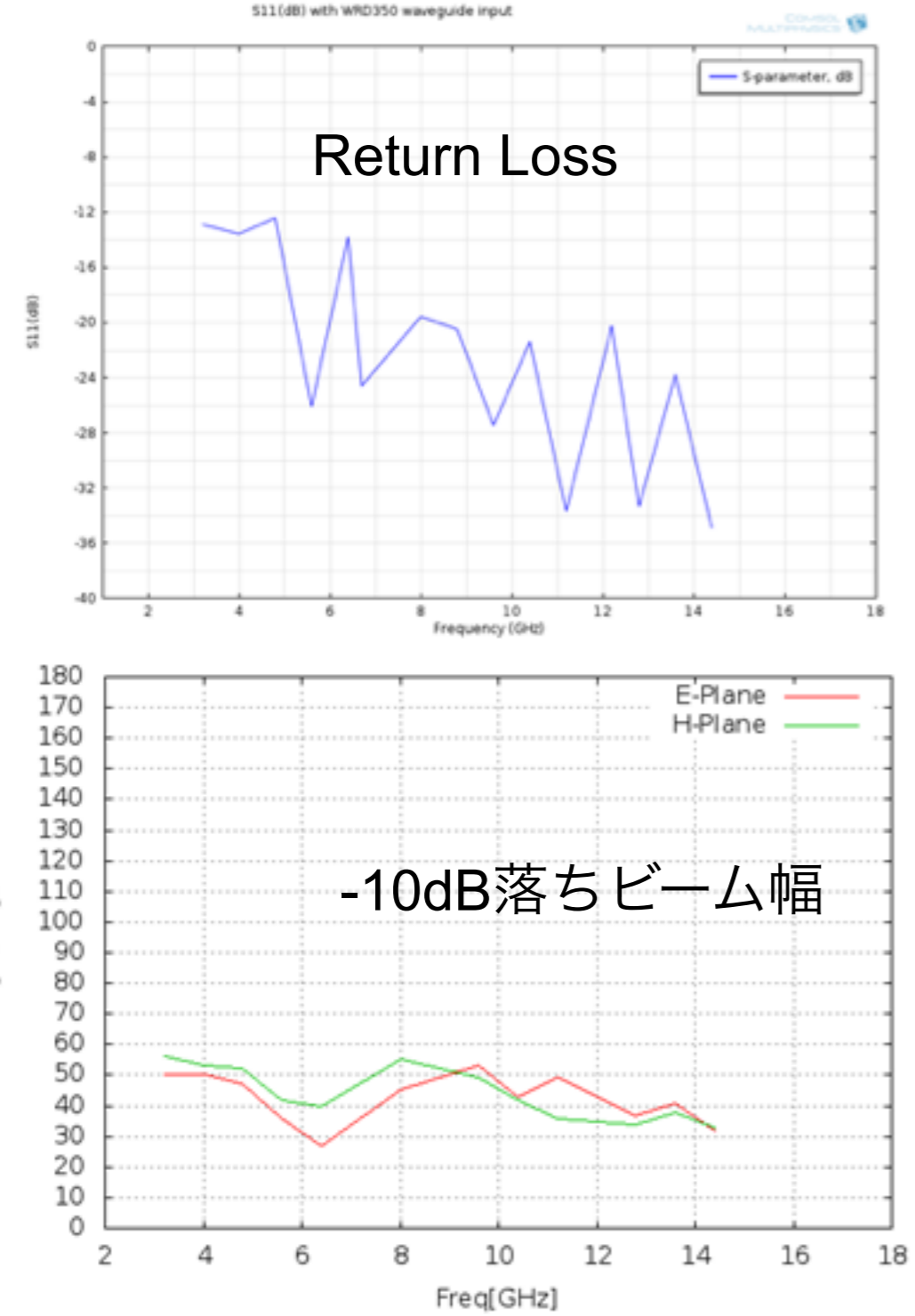
Efficiency



旧光学系での開口能率(2016/3/3午後の測定)

- 定在波ひどい?
- 10GHz以上で開口能率20%を切る

新たにパラボラ直焦点用広帯域フィードを開発：「NINJAフィード」と命名

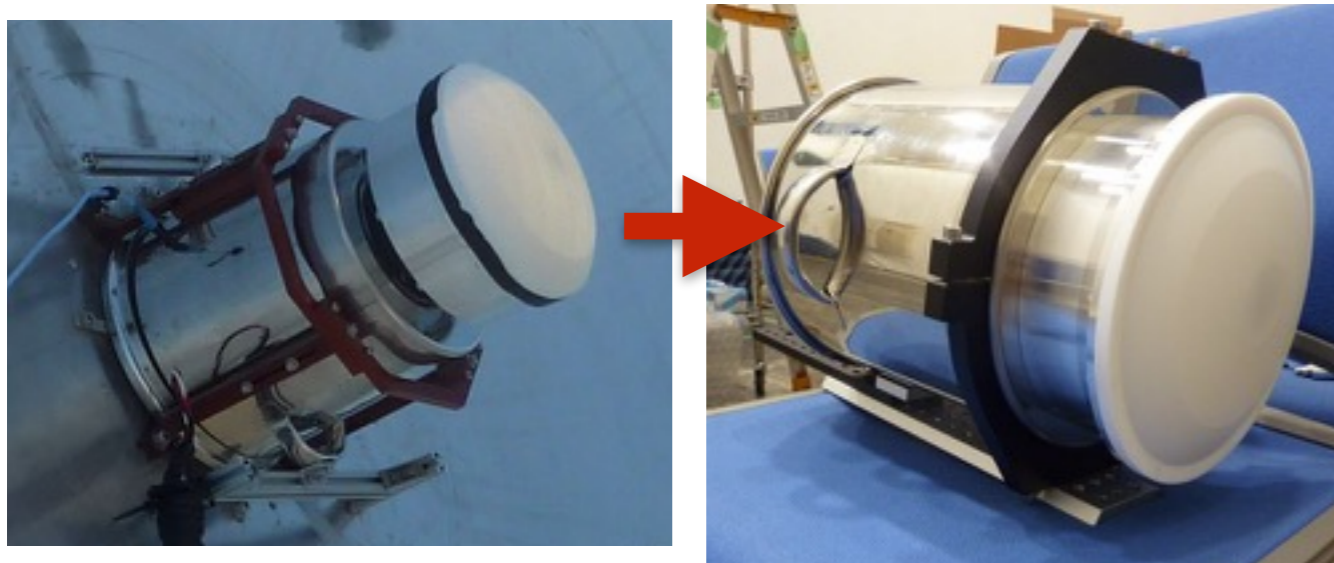


←ともにCOMSOLでのシミュレーション値

- 旧MARBLEのままでの交換を想定してビームは中心から54度で-10dB、リターンロス<-12dB
- MARBLEの光学系をカセグレンに変更したので不採用

MARBLE用フィードを再設計、交換(2016/9/30)

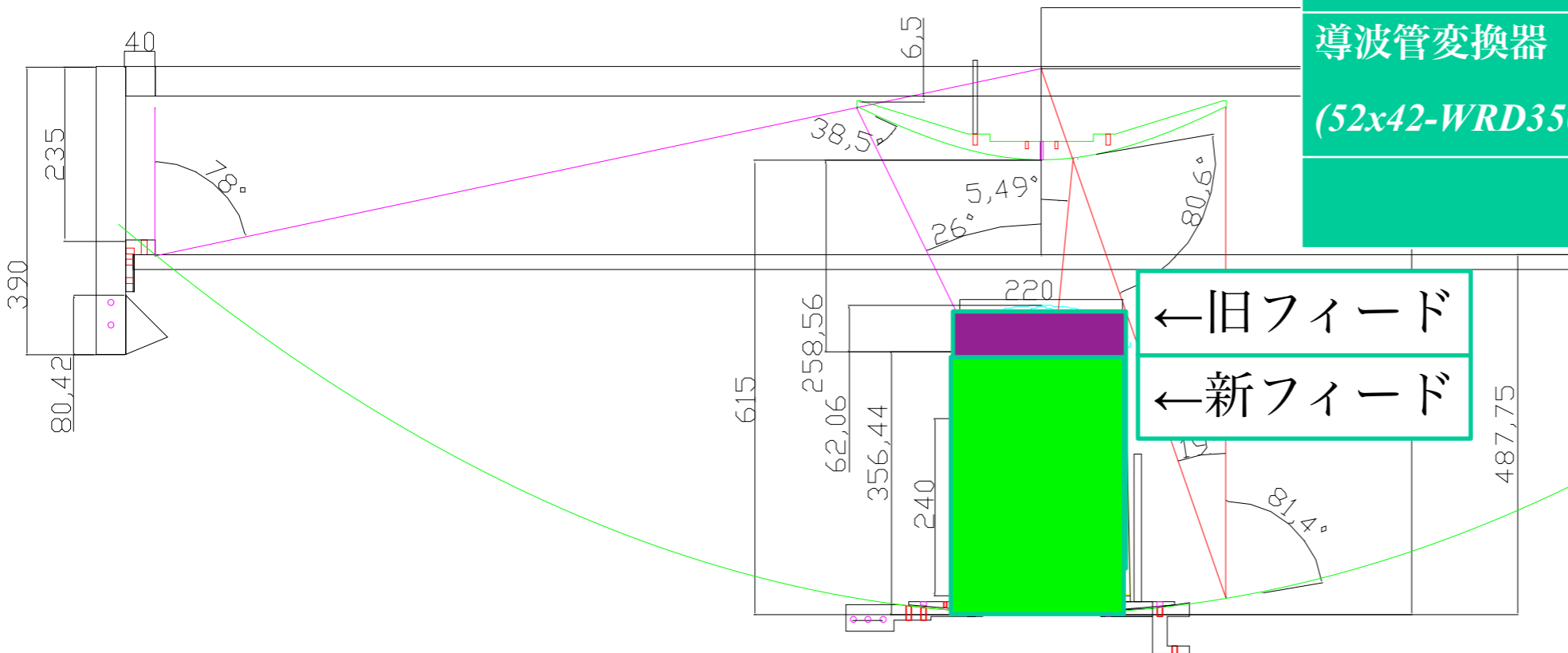
- ・ 軸長を短縮してレンズ面を62mm下げ、高さ調整範囲を確保
- ・ 1.8kg軽量化(LNAなど受信機類抜きでは40%減)



LNAはオオモリ密閉タンク(約2万円, 1.9kg)内に収納



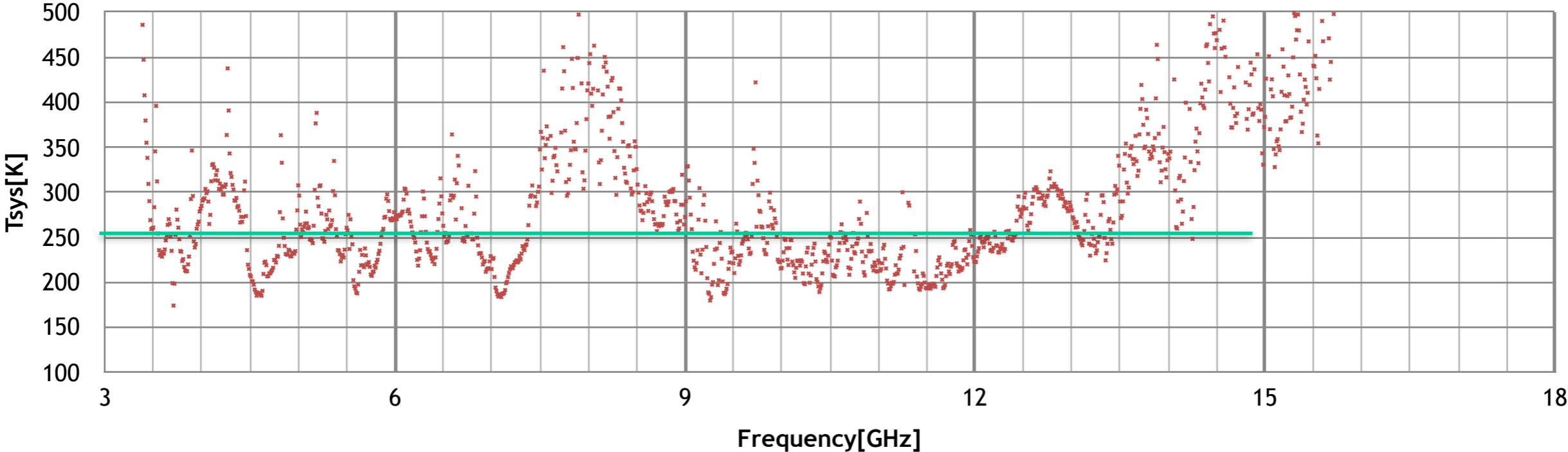
	旧	新	差
PTFEレンズ	1381g	550g	-831g
フィード	1871g	1500g	-371g
導波管変換器 (52x42-WRD350D24)	845g	245g	-600g
	4097g	2295g	-1802g



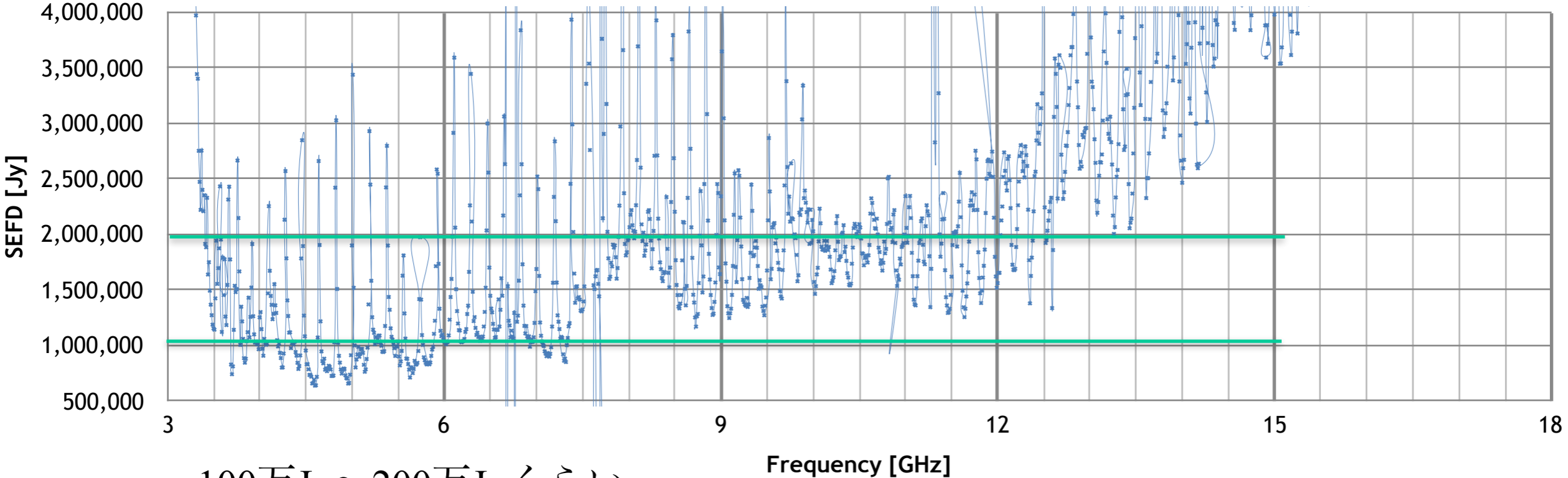
2016/3/3(日1.6m)

これまでとほぼ変わらず気温は15度とした。

Tsys R-Sky(zenith)[K]



SEFD



100万Jy~200万Jyくらい

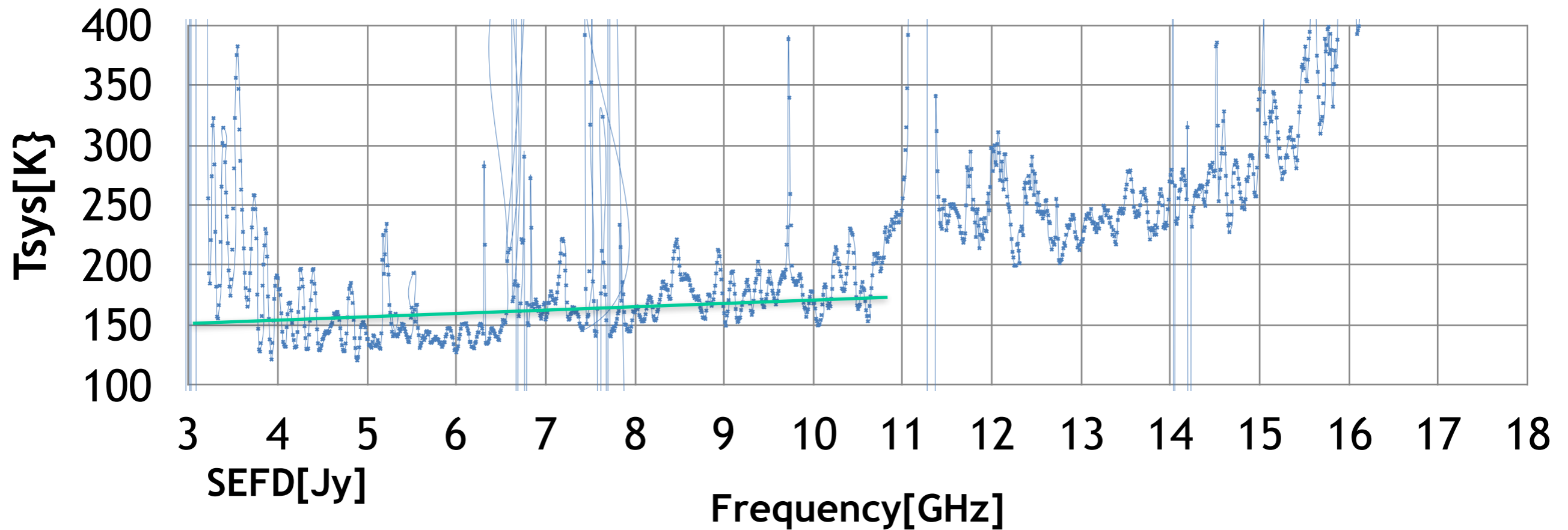
2016/9/30

AZEL270deg,45degでR-Skyを実施。3回測定して中央値を使用した

Tsys[K]

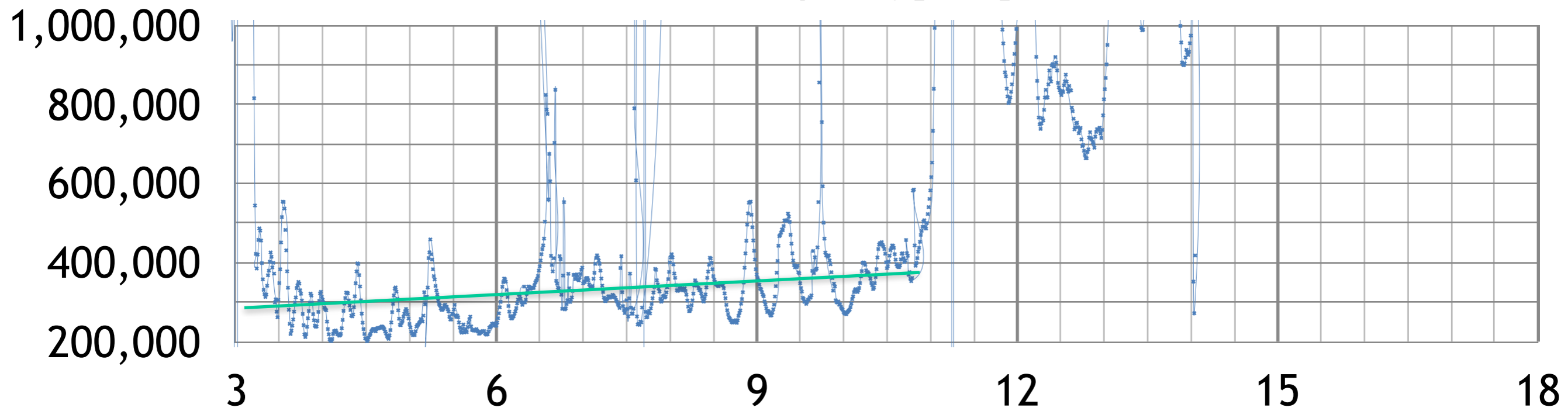
約11GHzまで200K以下

約15GHzまで250K以下



SEFD[Jy]

Frequency[GHz]

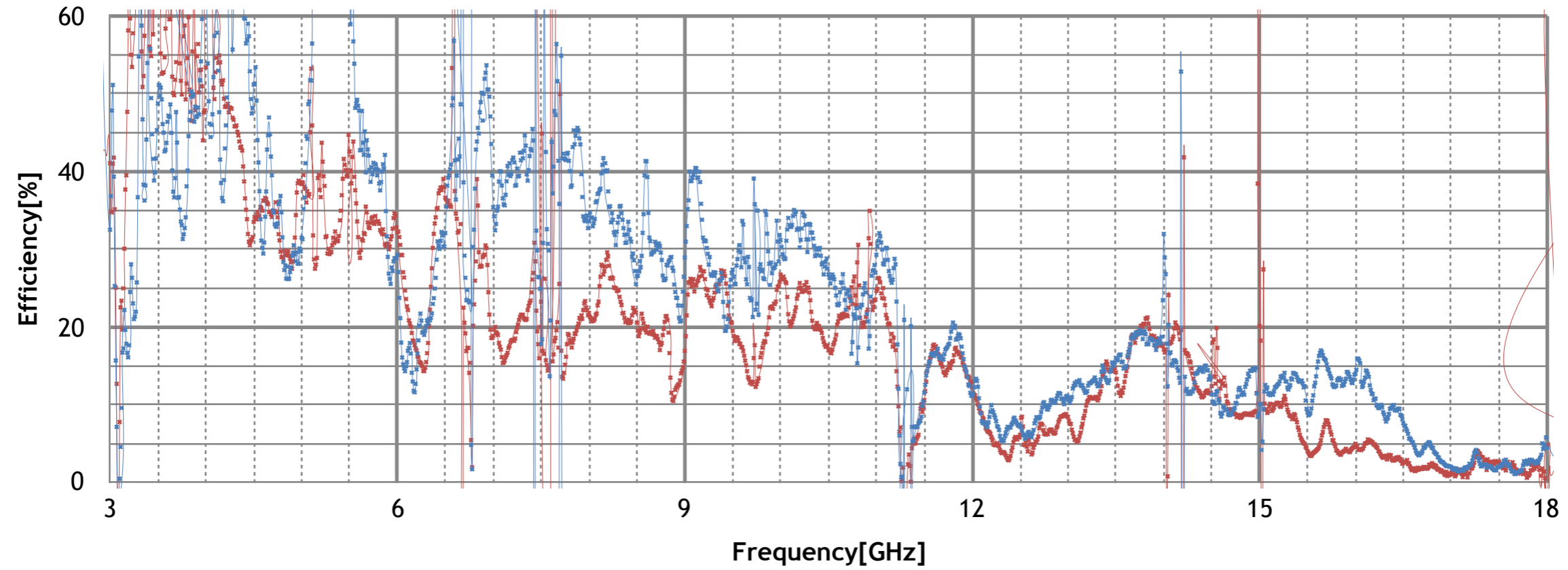


11GHz以下でSEFDが20万Jy~50万Jy以下

Frequency[GHz]

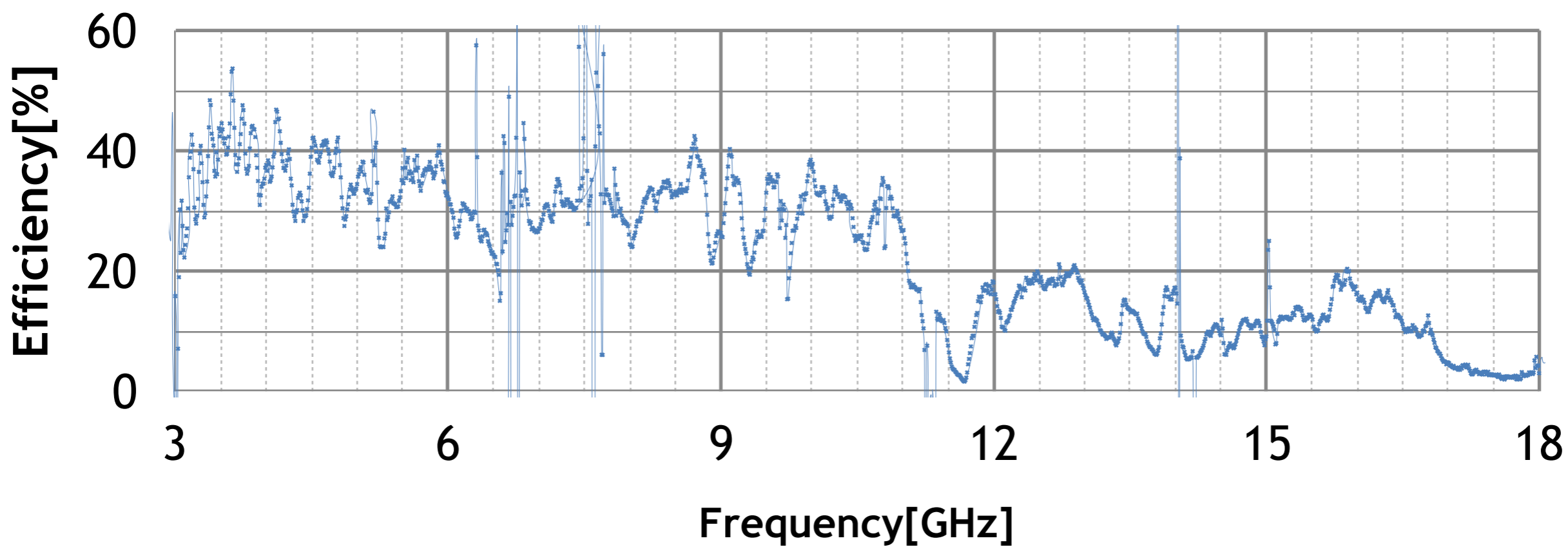
2016/3/4,3/25(ともに新2.4m) Efficiency

Eff_mar25
Eff_mar4

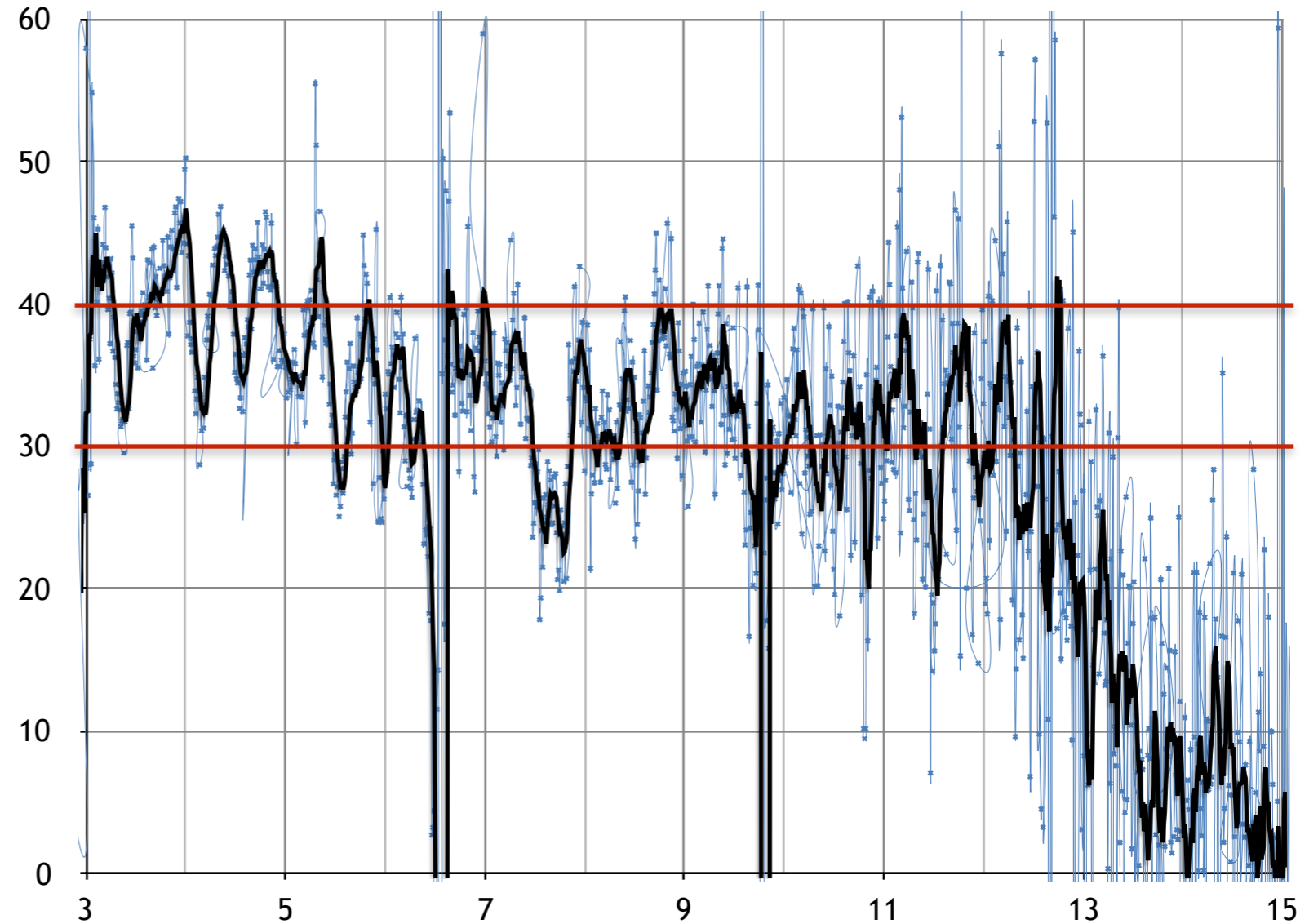
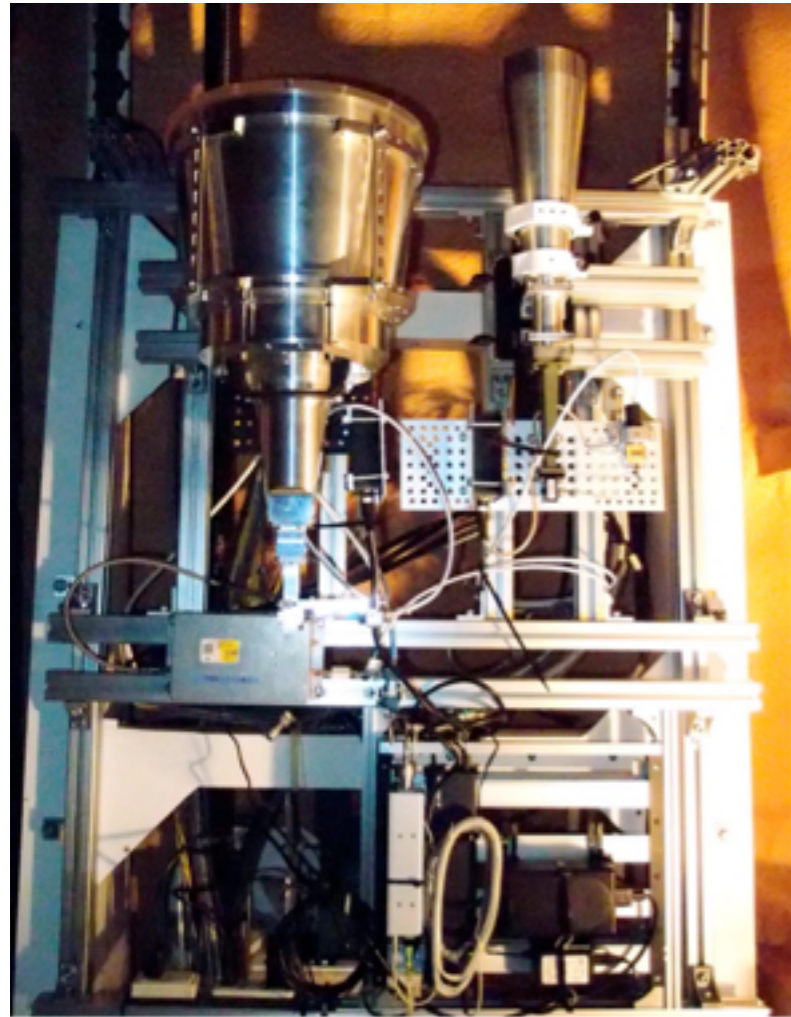


2016/9/30(新2.4m)

Efficiency [%]



NINJA Feedを搭載した34mアンテナの開口能率(2015/8/6)

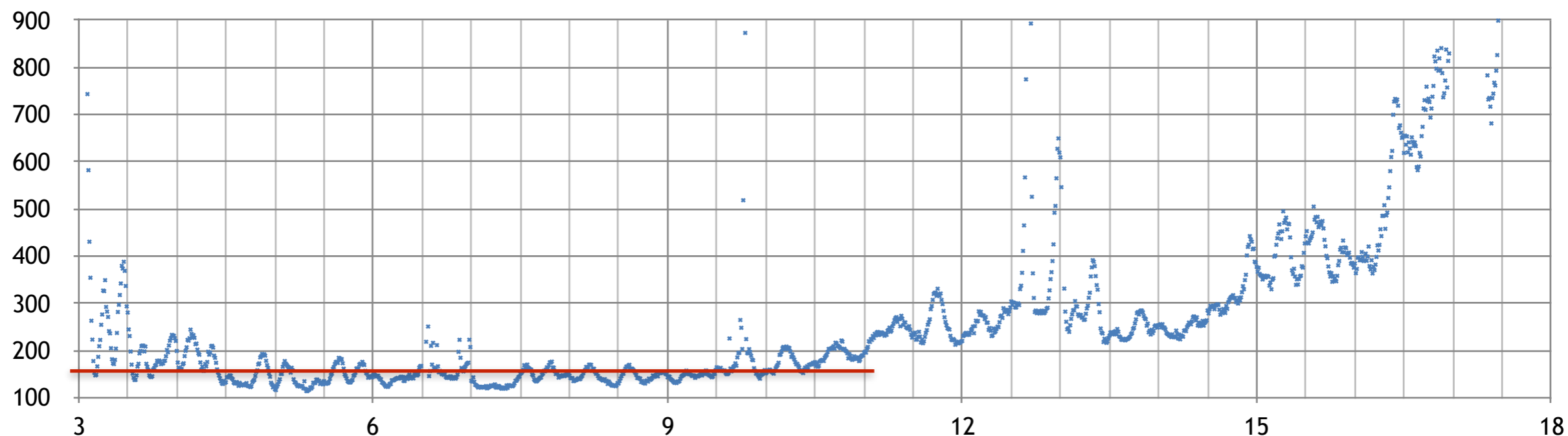


- 3.0-12.8GHzで開口能率30-40%
- 12.8-14.4GHz以上での性能劣化はWR350D36-SMA変換器の特性劣化のため
- 試作した2偏波用同軸導波管変換器では2GHz帯のRFIを通してしまい、使えなかった

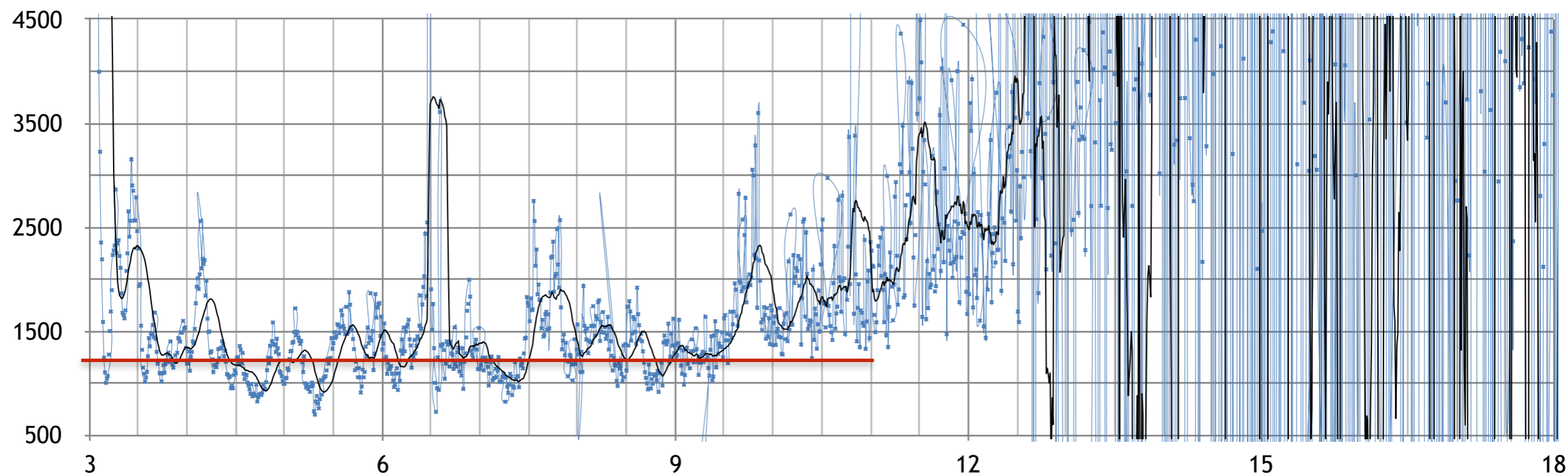
NINJAフィードでの34mアンテナのTsys : 10GHz程度まで150K程度

(RBW:10MHz,VBW:50kHz,ave:100, JST15:30)

Tsys R-Sky(zenith)[K]



SEFD[Jy]



CygAでの34mアンテナのSEFD測定 (RBW:10MHz,VBW:50kHz,ave:100,JST23:30)

まとめ

さまざまな光学系に対応できる広帯域フィードを開発、鹿島VLBIグループで利用を始めた国内だけでなくSKAやVGOSなど広帯域受信が必要なシステムでの利用を目指したい

今後の予定

- 現状は広帯域フィードは2本だが、さらに搭載可能
- 広帯域フィードの2偏波化
- 受信機の冷却(34mアンテナは半田さん代表で科研費応募中)
- 能率測定の自動化、鏡面測定
- MARBLEの感度向上、海外実験に向けた整備



謝辞

- メタノール受信対応：国立天文台共同研究開発経費(山口大 藤沢教授代表)
- NINJAフィード：原案はNICTインセンティブ経費(FY2013)
- フィードや付帯部品はNICT試作室が製作、天文台にも依頼中
- フィードの測定：京大METLAB

