

# X帯船舶用固体化レーダの開発 スプリアス低減技術について

2010年2月22日

**JRC** 日本無線株式会社

○ 沢柳 雅哉, 齋藤 壽寛

# X帯船舶用固体化レーダの開発ーспリアス低減技術について

---

1. はじめに
2. 研究の目標
3. スприяス規格の概要／測定方法
4. スприяス低減 最適化手法
5. 評価結果
6. レーダ性能評価
7. まとめ

### 1. はじめに

総務省が公表した「周波数の再編方針」において、移動体通信システム等の大幅な周波数帯域確保に伴い、レーダの狭帯域化が想定される。

そこで、9GHz帯船舶用レーダの狭帯域化を可能とする固体素子を用いたレーダシステムの研究開発を、総務省委託研究として、平成19年度より3ヶ年計画でスタートさせた。

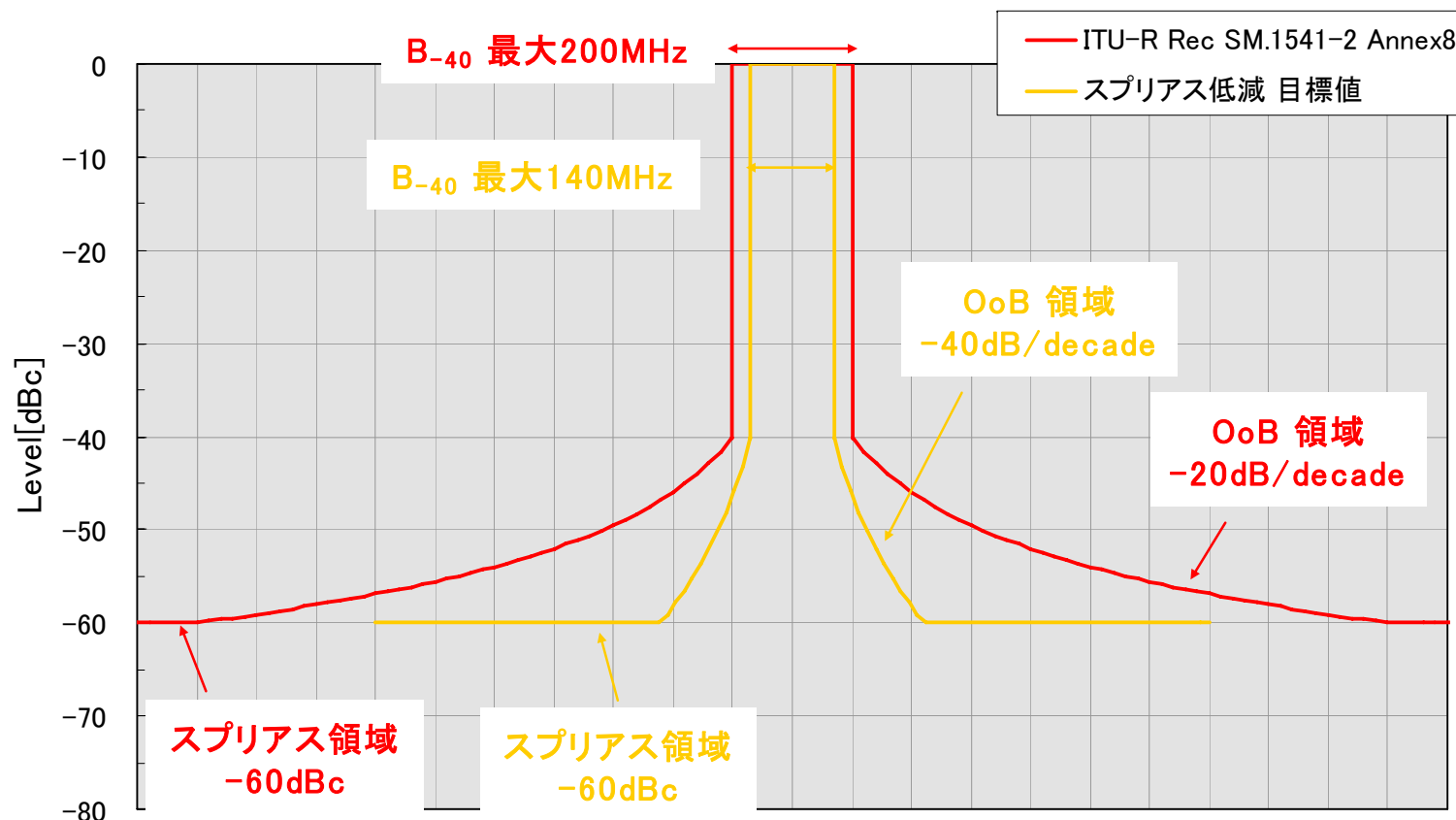
спリアス規格 ITU-R SM.1541-2 Annex8よりさらに狭帯域化を実現

## 2. 研究の目標

- ・固体化増幅器(非線形素子)を使用し40dB 帯域幅 ( $B_{-40}$ ) 上限を70%( 140MHz)まで削減
- ・帯域外領域 (OoB) において  $-40\text{dB/decade}$  以下に低減
- ・レーダ探知性能についてマグネトロンレーダと同等性能を実現

## 3. スプリアス規格の概要／測定方法

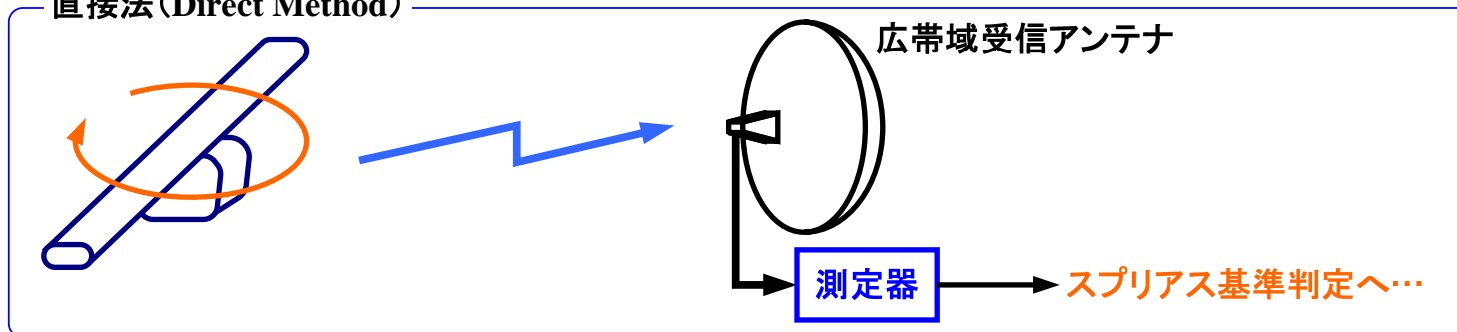
割当周波数範囲(200MHz)



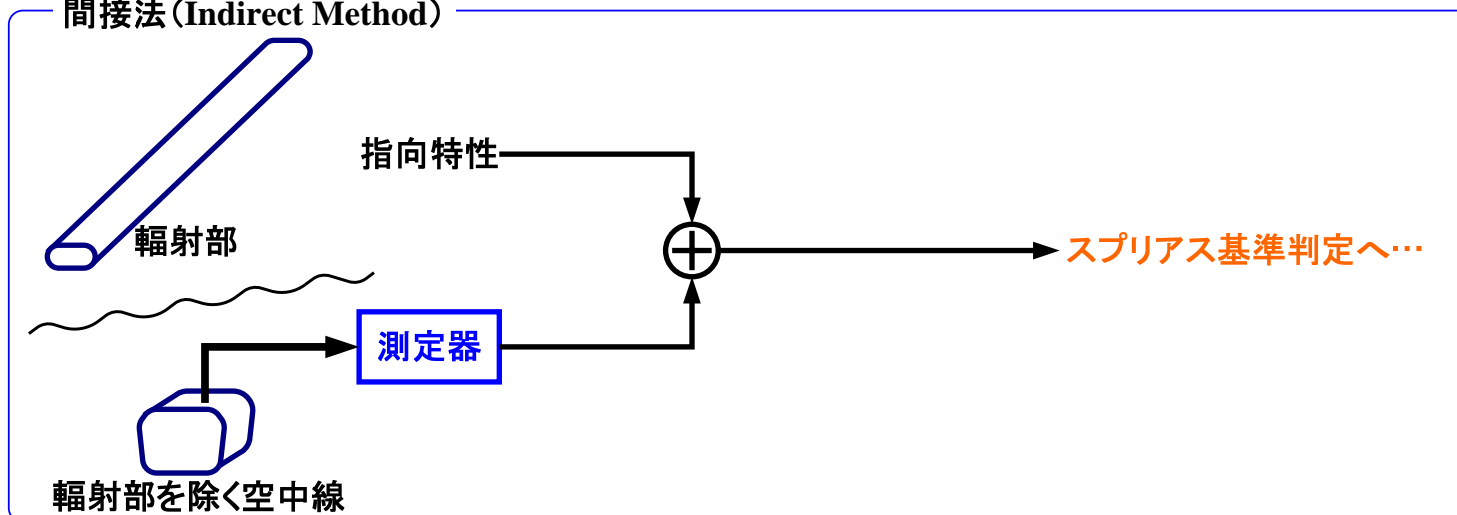
スプリアスマスク概略図

## 3. スプリアス規格の概要／測定方法

直接法 (Direct Method)

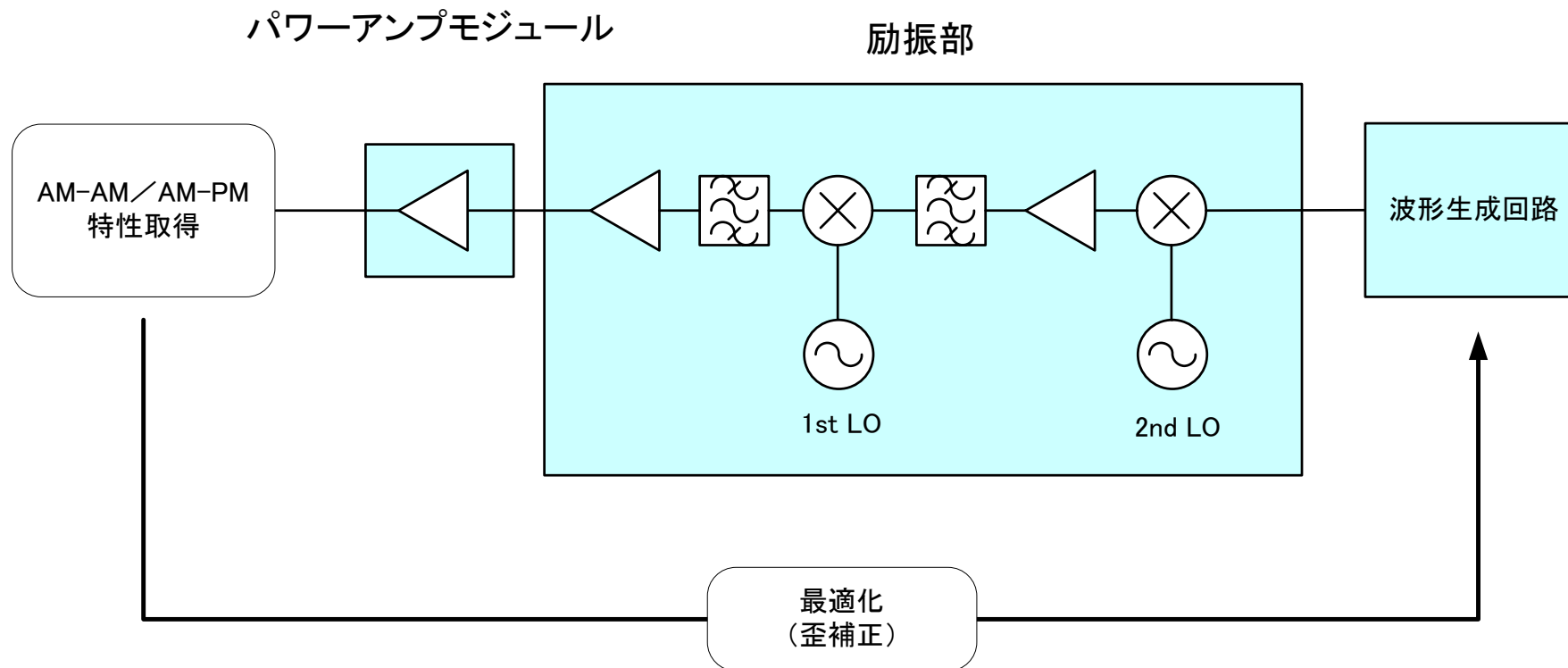


間接法 (Indirect Method)



スプリアス測定概略図

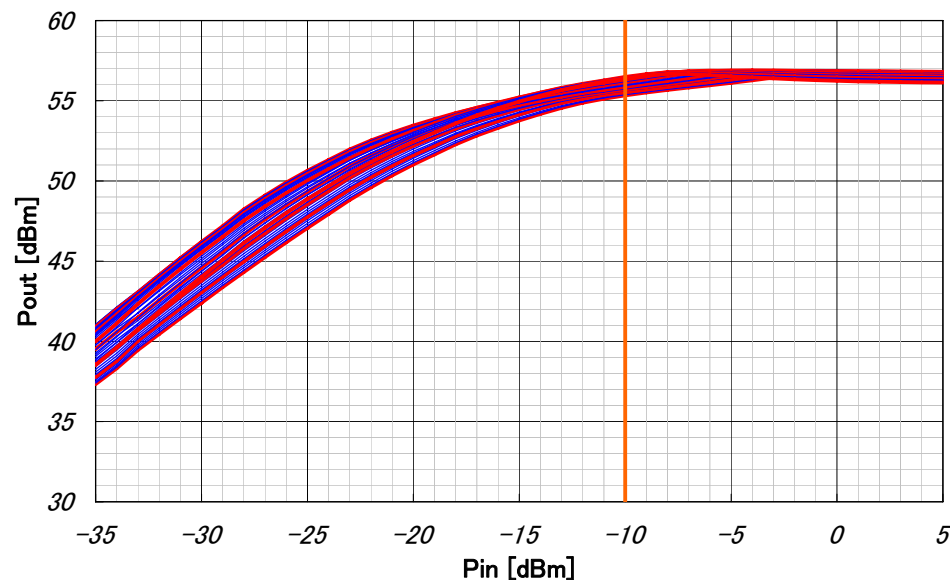
## 4. スプリアス低減 最適化手法



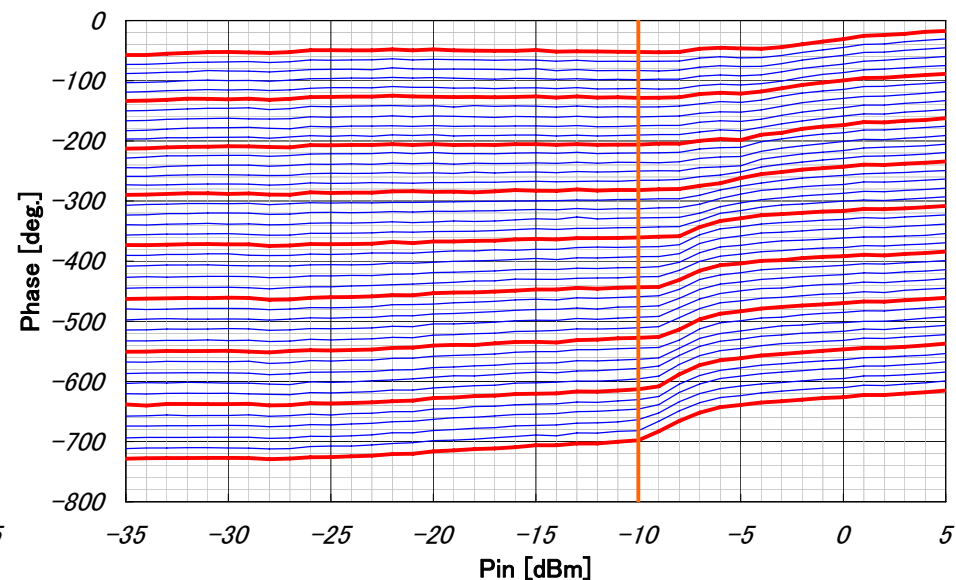
種信号の最適化手法

## 5. 評価結果 パワーアンプ回路の歪特性

AM-AM特性



AM-PM特性



ネットワークアナライザを使用したパルスプロファイル測定



## 5. 評価結果 模擬的間接法測定

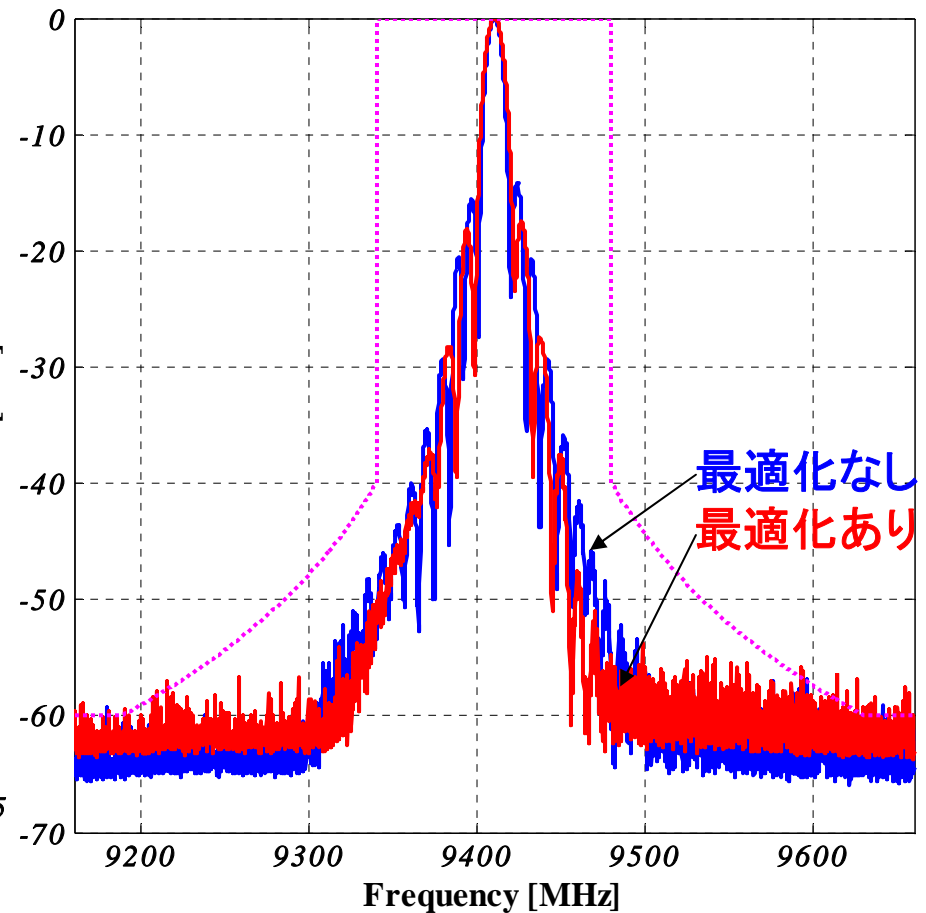
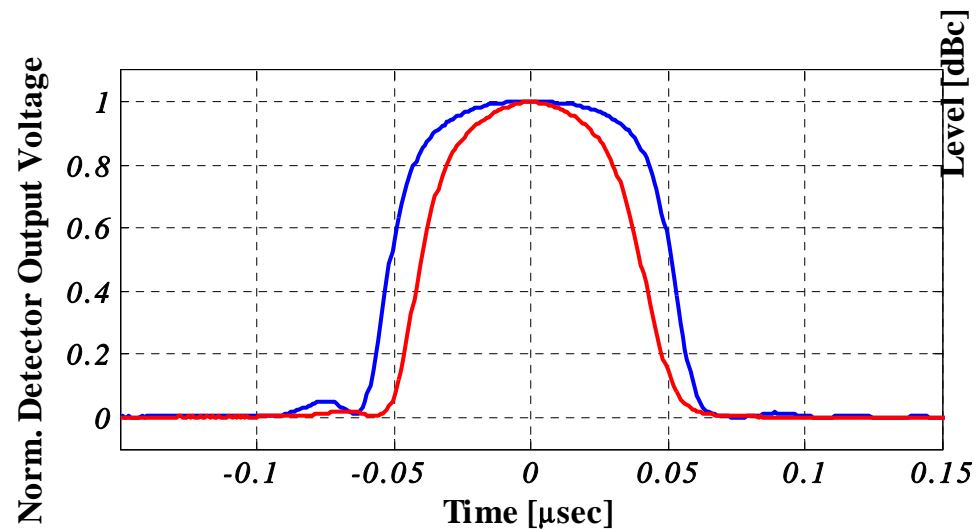
P0N形式, パルス幅 = 80nsec

最適化なし

パルス幅 = 102.5nsec,  $B_{-40} = 140\text{MHz}$

最適化あり

パルス幅 = 80.1nsec,  $B_{-40} = 140\text{MHz}$



## 5. 評価結果 模擬的間接法測定

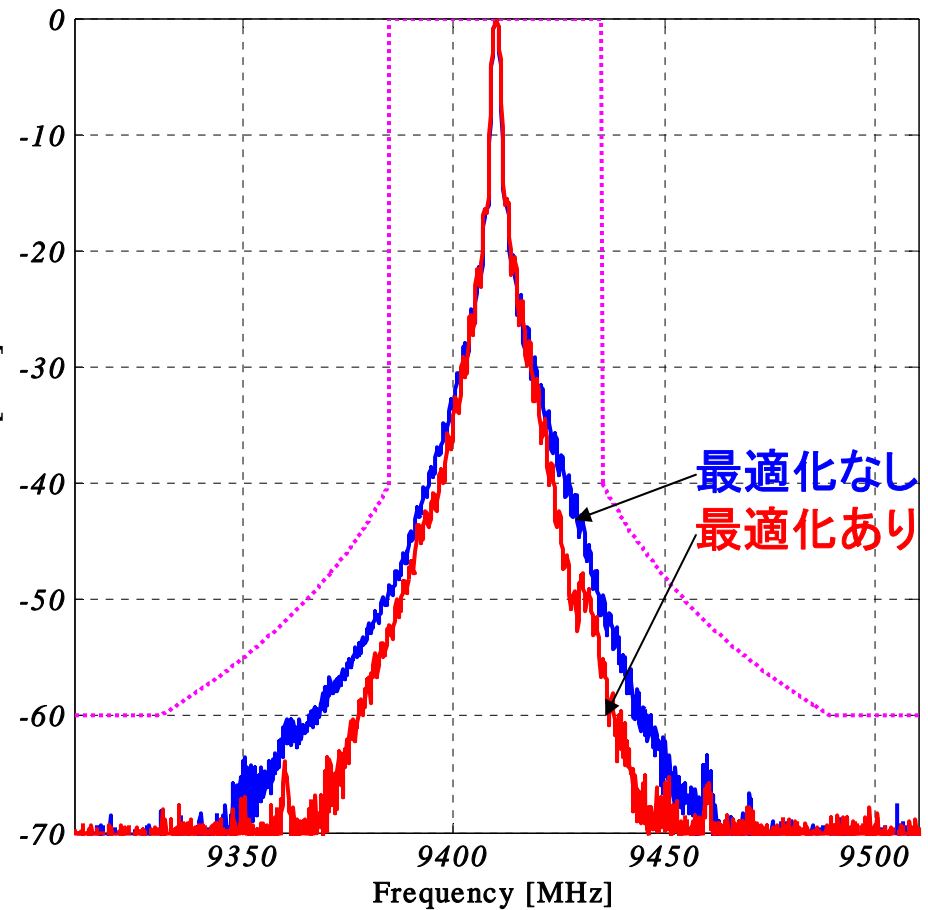
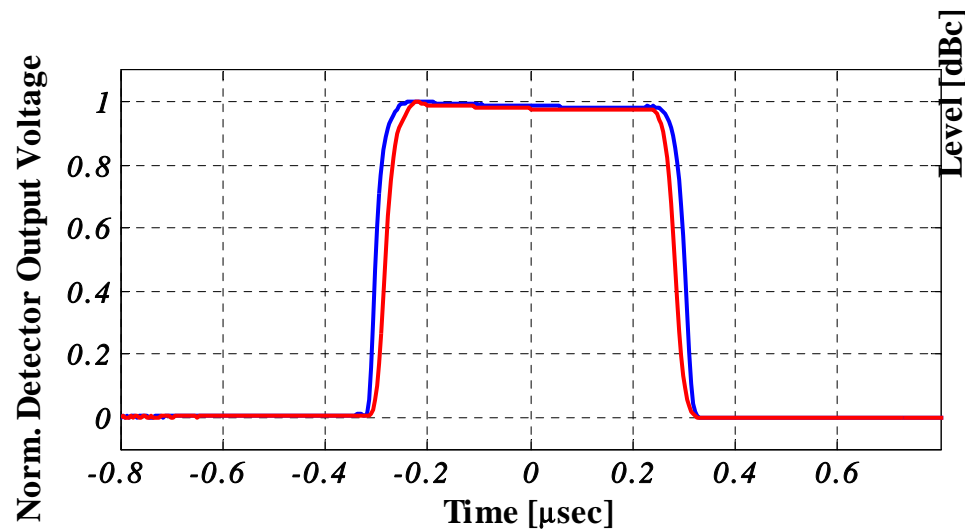
P0N形式, パルス幅 = 0.57 $\mu$ sec

最適化なし

パルス幅 = 0.60 $\mu$ sec,  $B_{-40}$  = 53.8MHz

最適化あり

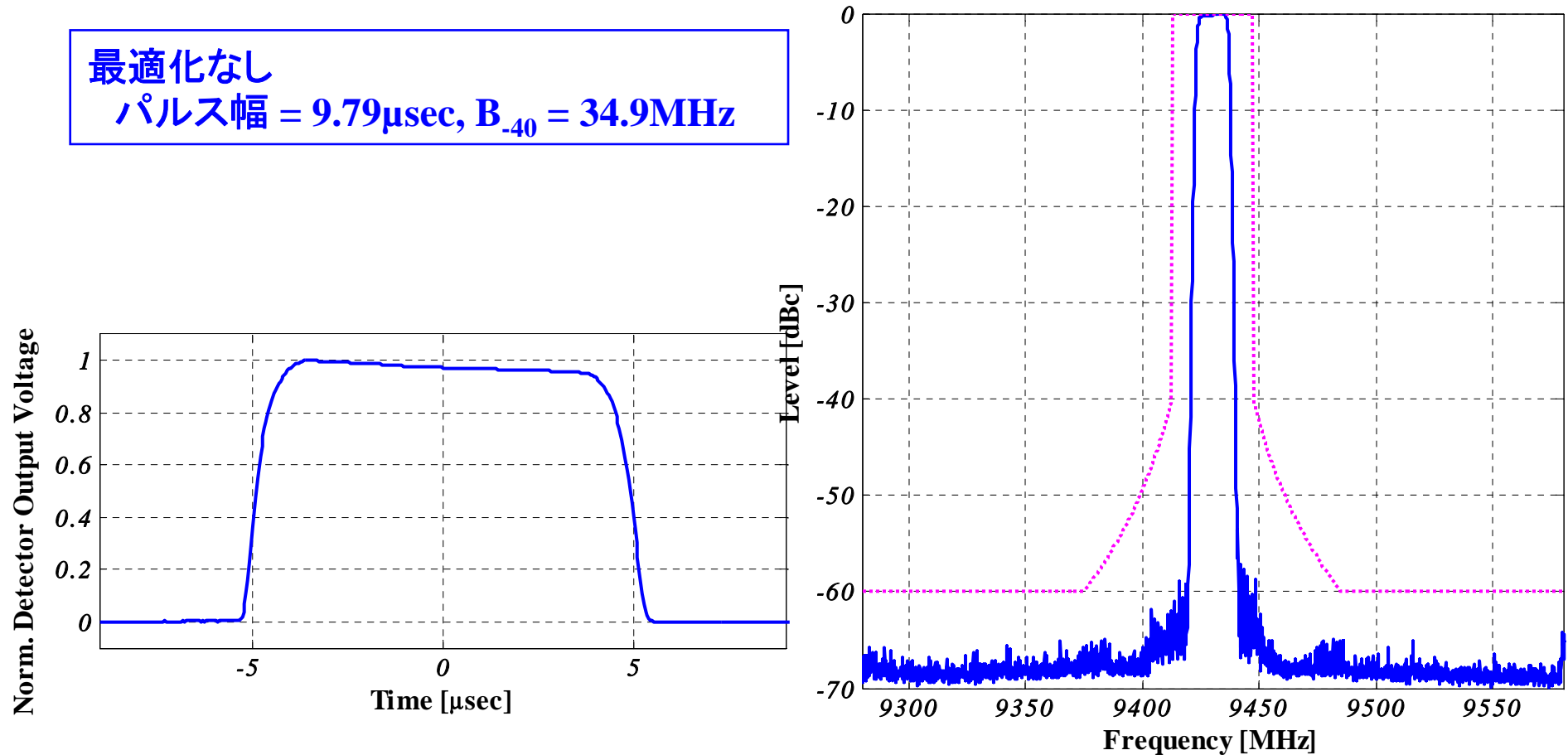
パルス幅 = 0.56 $\mu$ sec,  $B_{-40}$  = 50.3MHz



## 5. 評価結果 模擬的間接法測定

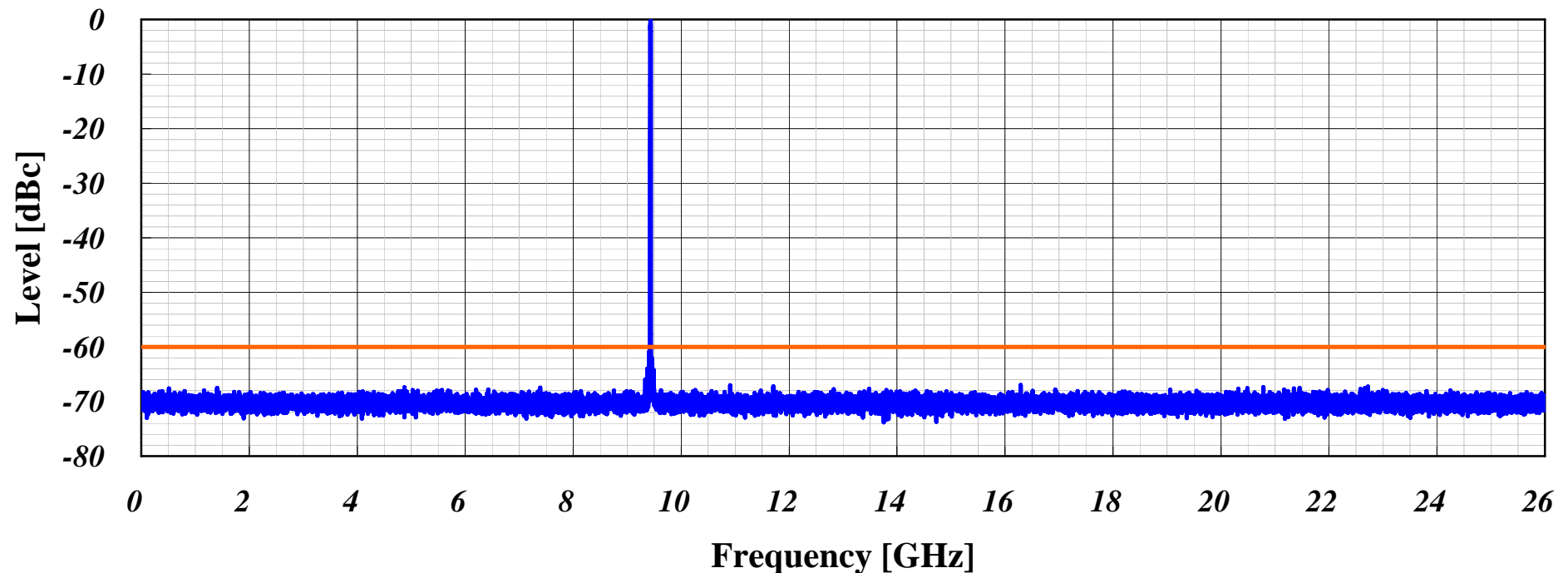
Q0N形式, パルス幅 = 9.1 $\mu$ sec, 周波数掃引偏移幅 = 16MHz

最適化なし  
パルス幅 = 9.79 $\mu$ sec,  $B_{-40}$  = 34.9MHz



## 5. 評価結果 模擬的間接法測定(フルスパン)

Q0N形式, パルス幅 = 9.1 $\mu$ sec, 周波数掃引偏移幅 = 16MHz



## 5. 評価結果（直接法測定環境）



ふくしまスカイパーク全貌(航空写真)

### 施設概要

滑走路:幅25m 長さ800m

着陸帯:幅60m 長さ920m

誘導路:幅9m 長さ35.7m

エプロン:幅40m 長さ50m



送信側(レーダ装置)設置状態



受信側設置状態

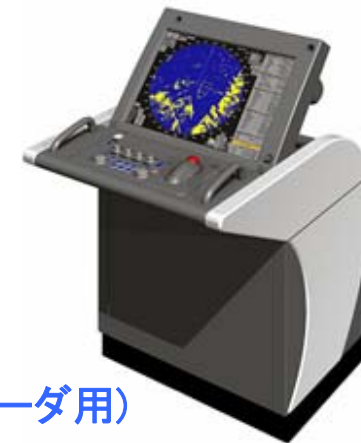
# X帯船舶用固体化レーダの開発—スプリアス低減技術について

## 5. 評価結果（固体化レーダ評価機）

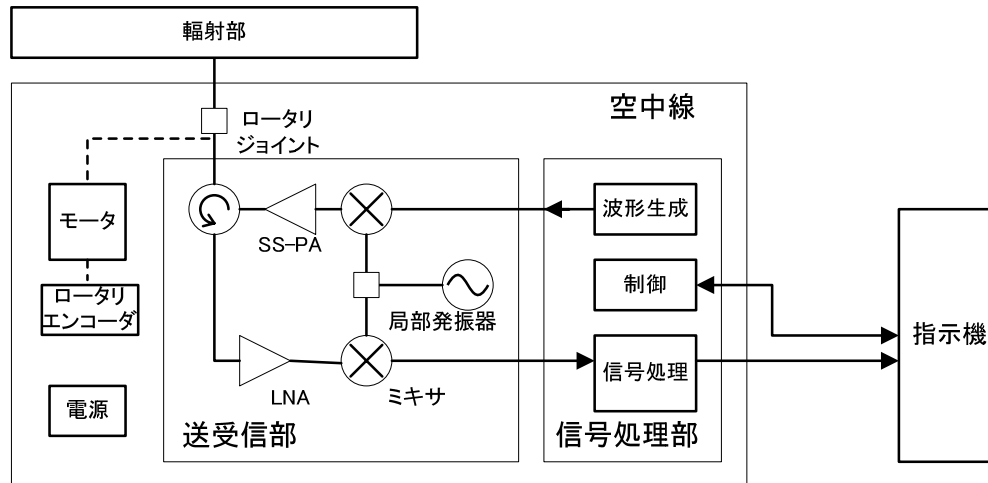


ペDESTAL部寸法:  
583mm(W) x 540mm(H) x 550mm(D)

X帯固体化レーダ空中線（試作機）



指示機（既存レーダ用）



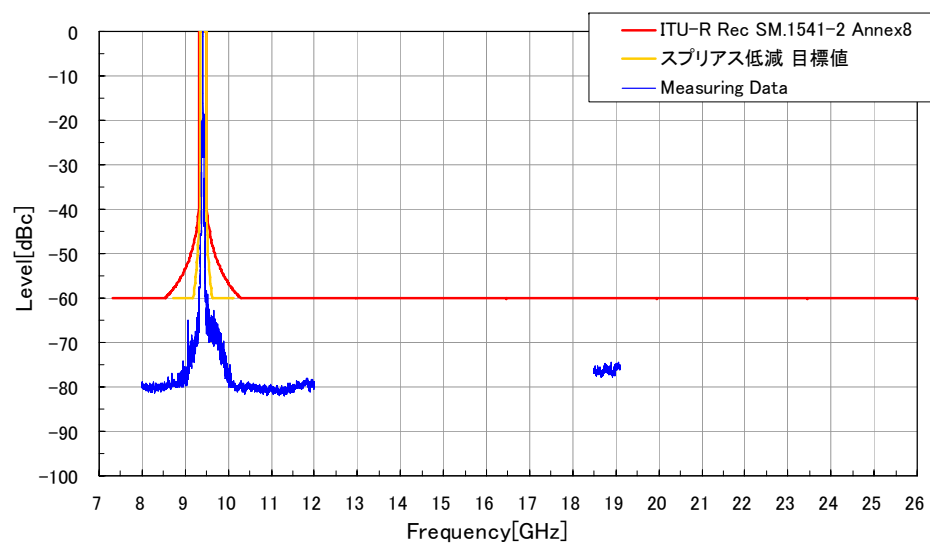
SS-PA: Solid state power amplifier  
LNA: Low noise amplifier

### 主な装置仕様

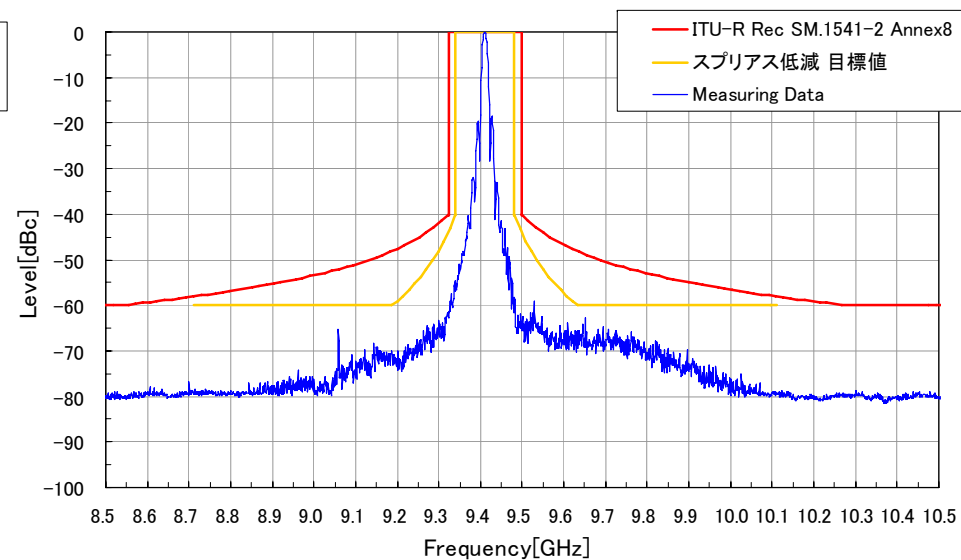
項目	仕様
送信尖頭電力	300W
送信周波数	X帯
アンテナビーム幅	0.8° (9ft) / 1.2° (6ft)
空中線回転数	16~24rpm
繰り返し周波数	500~4000Hz
パルス幅	0.08~20μs
機能	パルス圧縮、コヒーレント信号処理

## 5. 評価結果 直接法測定(固体化レーダ)

### X帯固体化レーダスプリアスデータ (フルスパン)

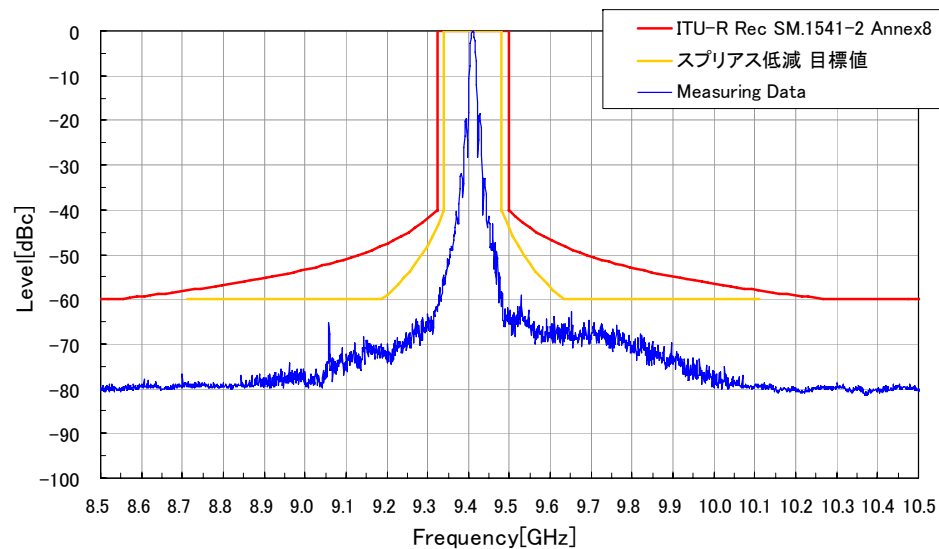


### X帯固体化レーダスプリアスデータ (B<sub>-40</sub>/OoBドメイン)

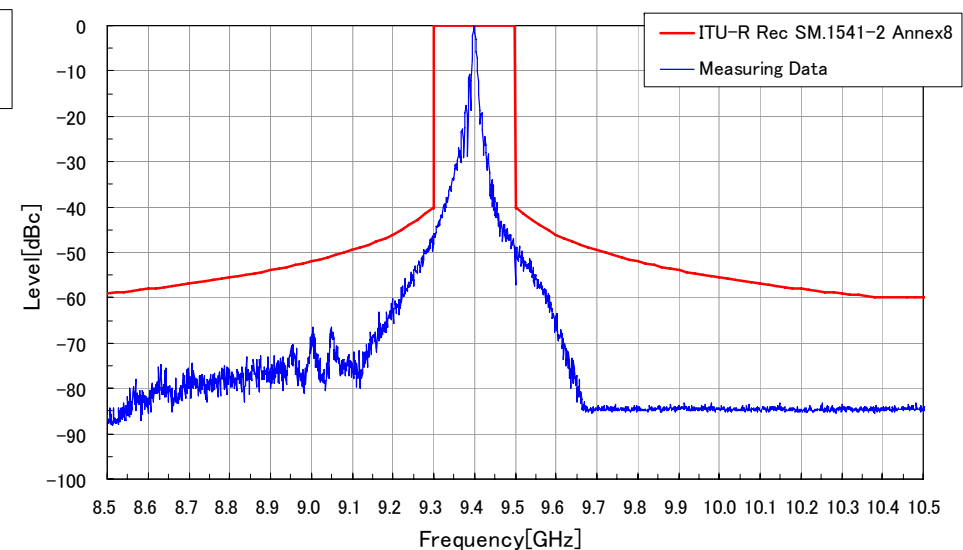


## 5. 評価結果 直接法測定(マグネトロンレーダとの比較)

X帯固体化レーダスプリアスデータ  
(B<sub>-40</sub>/OoBドメイン)

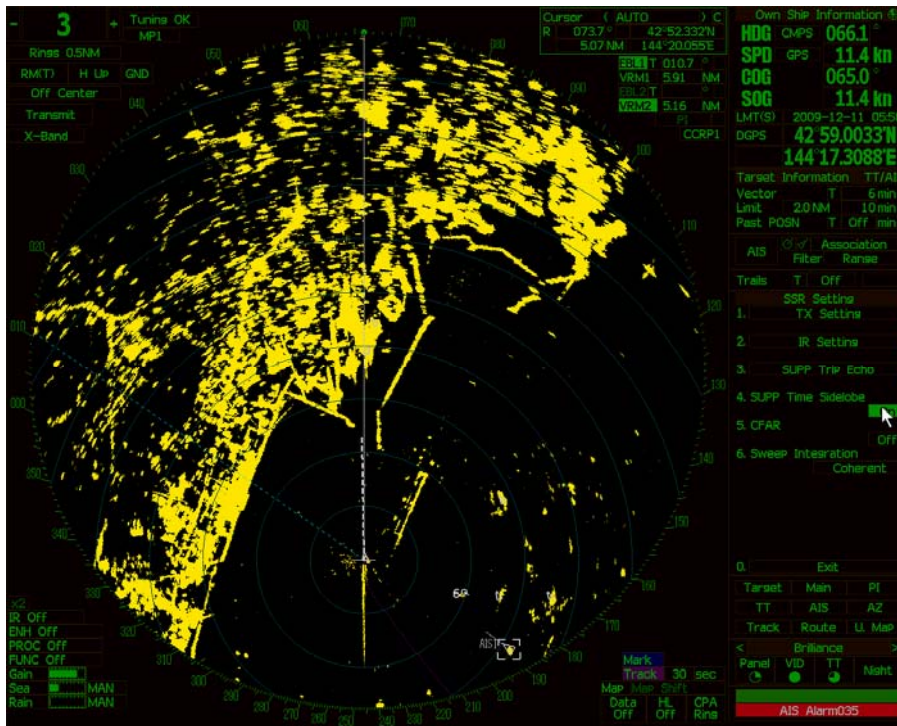


X帯マグネトロンレーダスプリアスデータ  
(B<sub>-40</sub>/OoBドメイン)

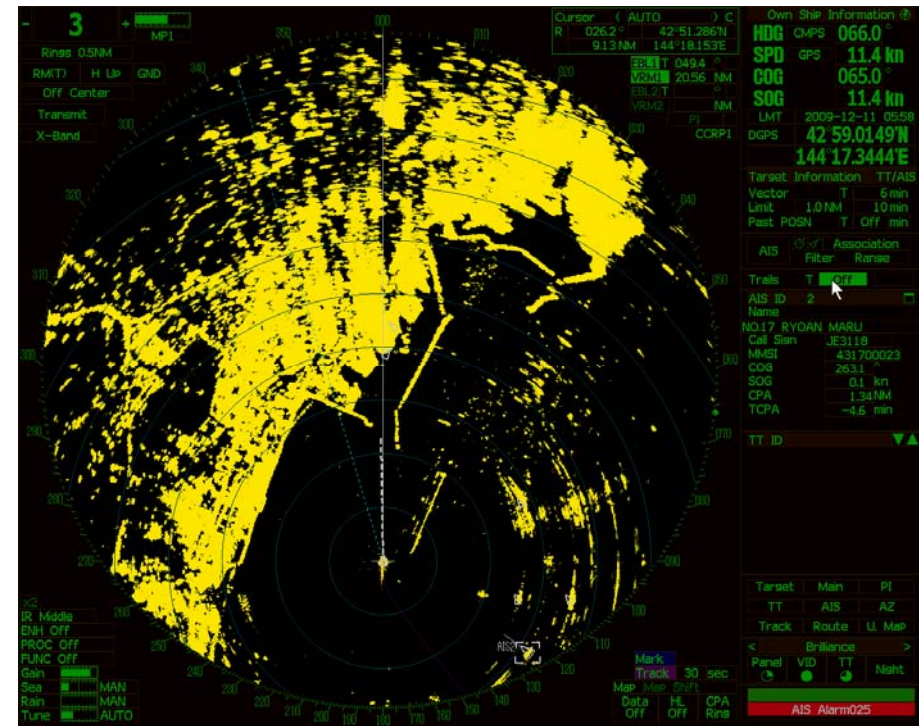




## 6. レーダ性能評価(近距離レンジ)



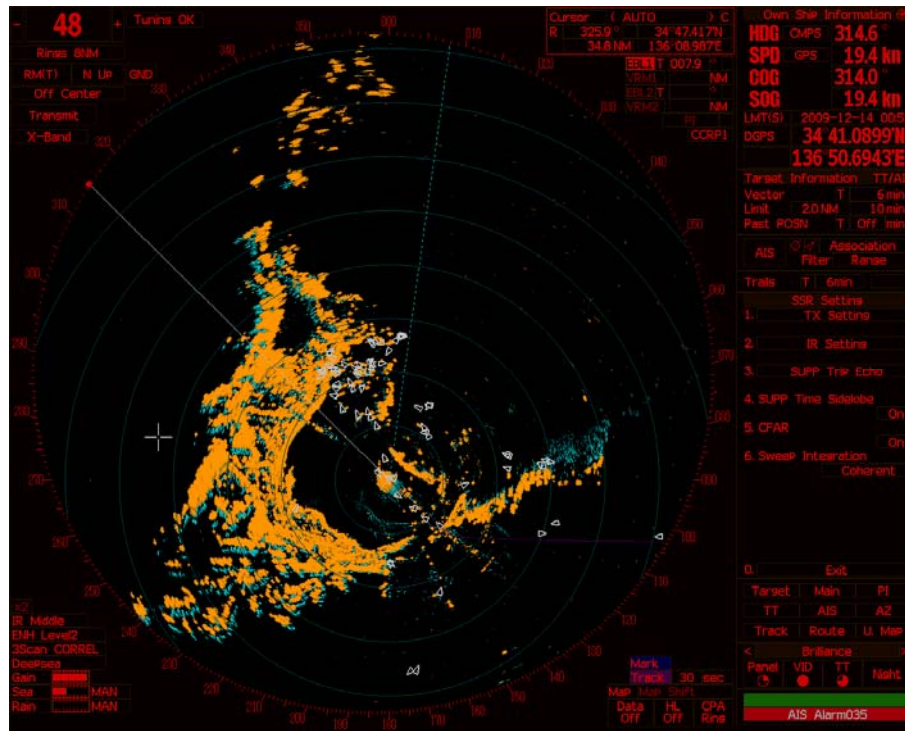
固体化レーダ



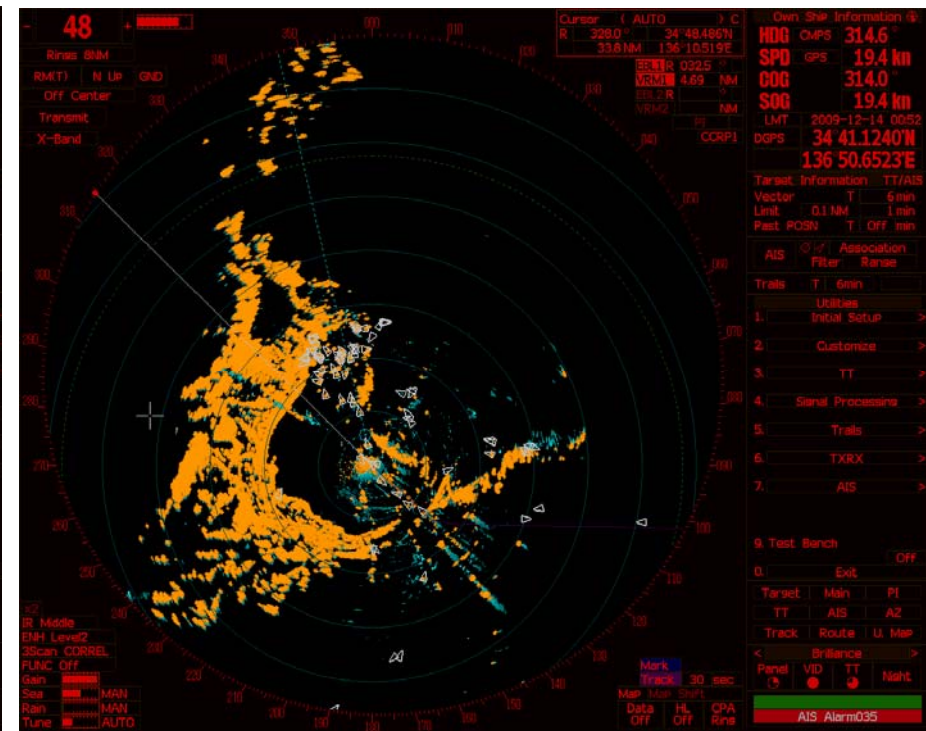
マグネトロンレーダ

釧路港周辺

## 6. レーダ性能評価(遠距離レンジ)



固体化レーダ

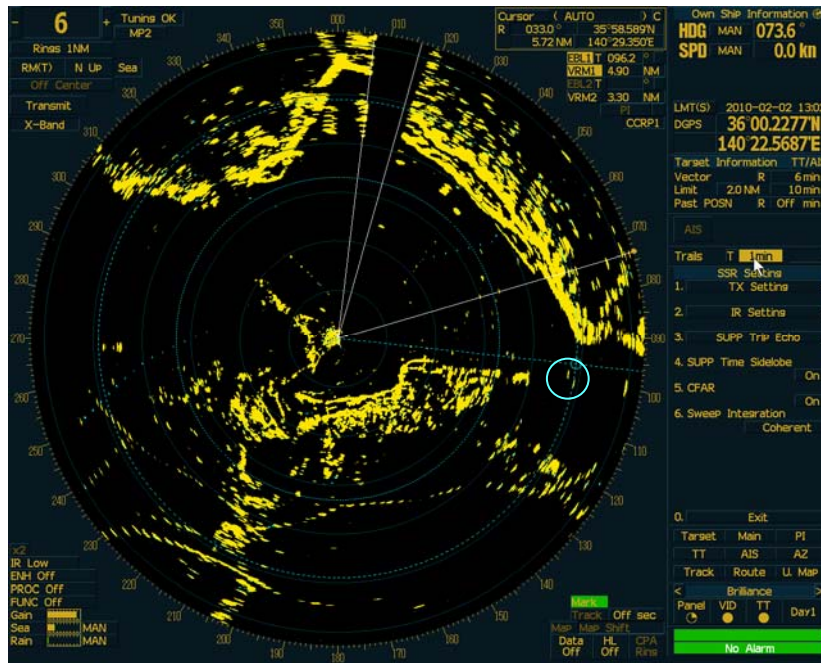


マグネトロンレーダ

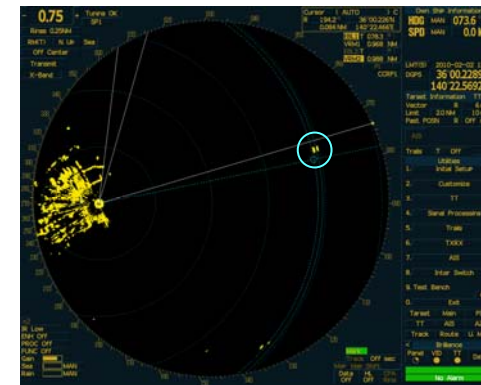
伊勢湾周辺



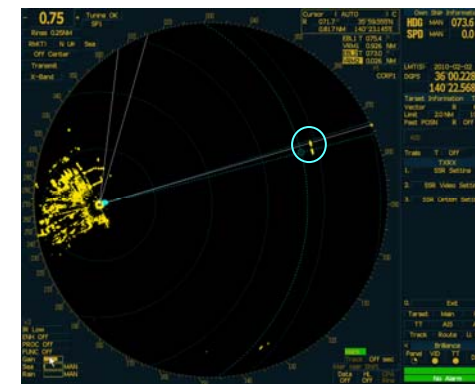
## 6. レーダ性能評価(固体化レーダ 基本性能)



探知性能(RCS 10m<sup>2</sup>@4.9NM)



距離分解能(40m)



方位分解能(2.5°)

霞ヶ浦湖畔

### 7. まとめ

- ・спリアス低減技術のためのレーダアーキテクチャ(歪補正アルゴリズム)を確立
- ・レーダ動作モード PON(無変調パルス)においてспリアス低減技術の研究目標である「40dB 帯域幅 ( $B_{-40}$ ) 上限を70%まで削減し、帯域外領域(OoB)において -40dB/decade 以下」をクリア (ITU-R Rec M.1177 Direct methods)
- ・レーダ探知性能、分解能性能を満足。  
映像比較においてもマグネトロンレーダと遜色なし。

### 今後の課題

安定したспリアス特性確保(製品化)→спリアス低減技術の信頼性、品質向上