

## ・CSとの共用条件の整理

**TOSHIBA**

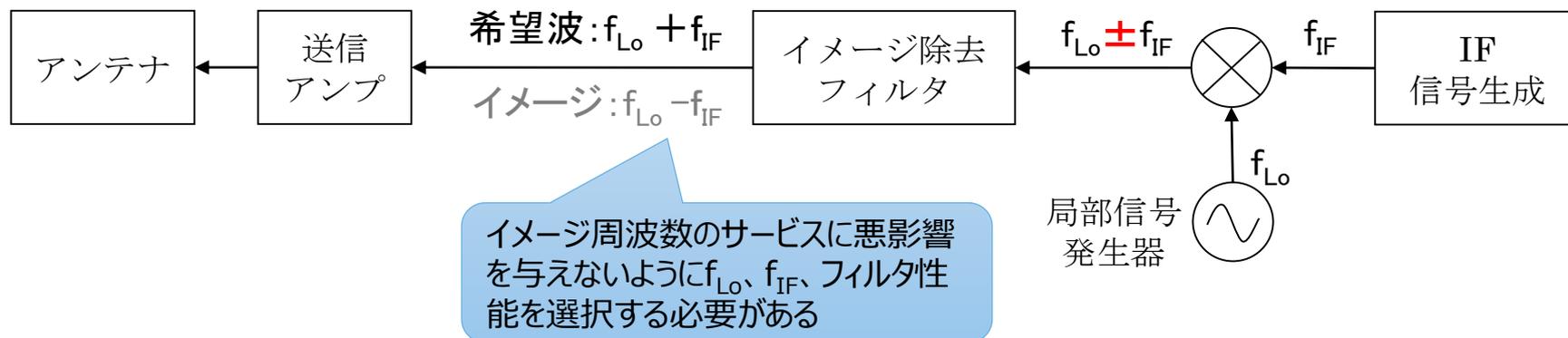
東芝インフラシステムズ株式会社

# はじめに

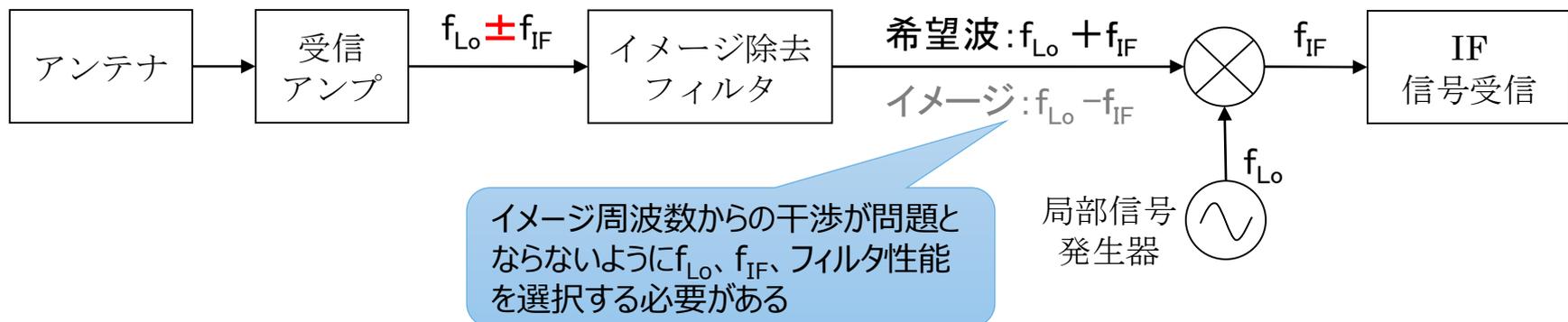
- **9.7GHz帯汎用型レーダーの使用する周波数帯は、CSの周波数帯のイメージ周波数が重なっており、衛星放送の受信に影響を与える可能性がある。**
- **2018年度にBS/CS受信設備へのX帯気象レーダー送信波の影響について、NICTの電波暗室で実施したホーンアンテナによる屋内実験結果を共有した。**
- **2019年度はCS放送に限定し、9.7GHz帯汎用型レーダーを用いて実機での確認を行った。**

# イメージ干渉の原理

## 送信回路に起因するイメージ干渉

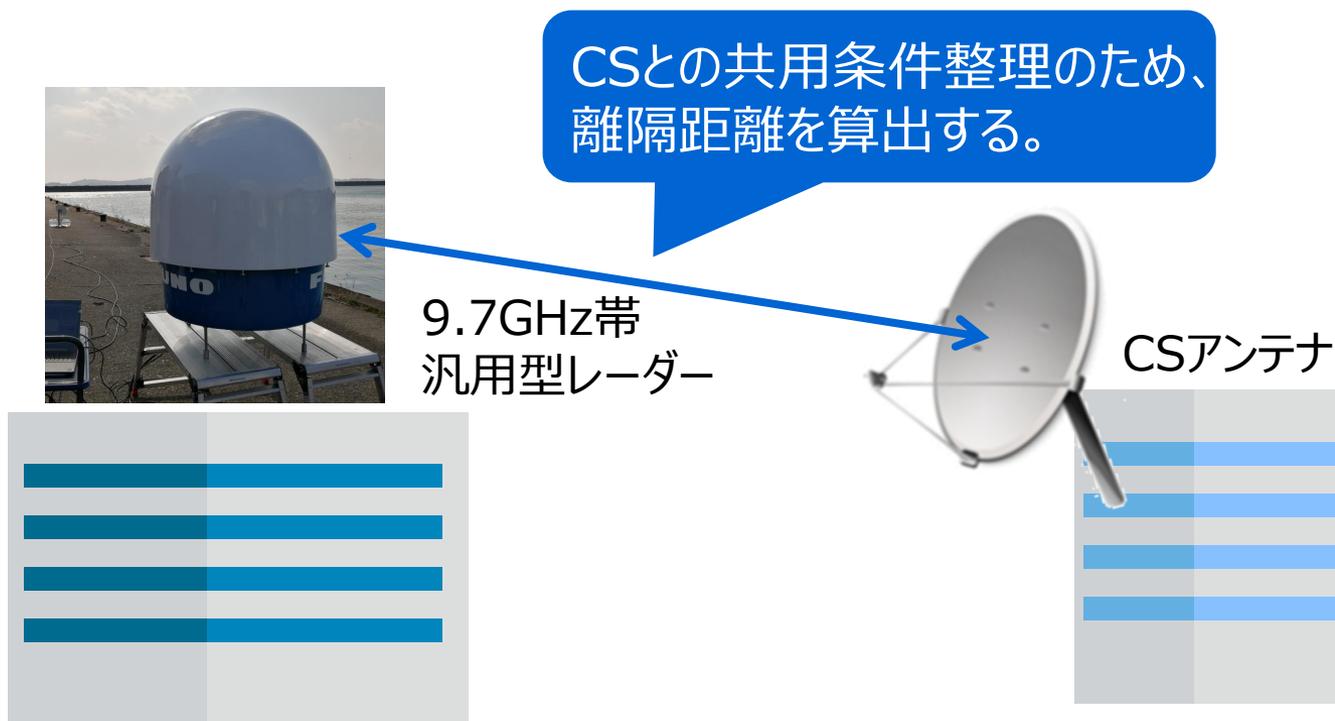


## 受信回路に起因するイメージ干渉



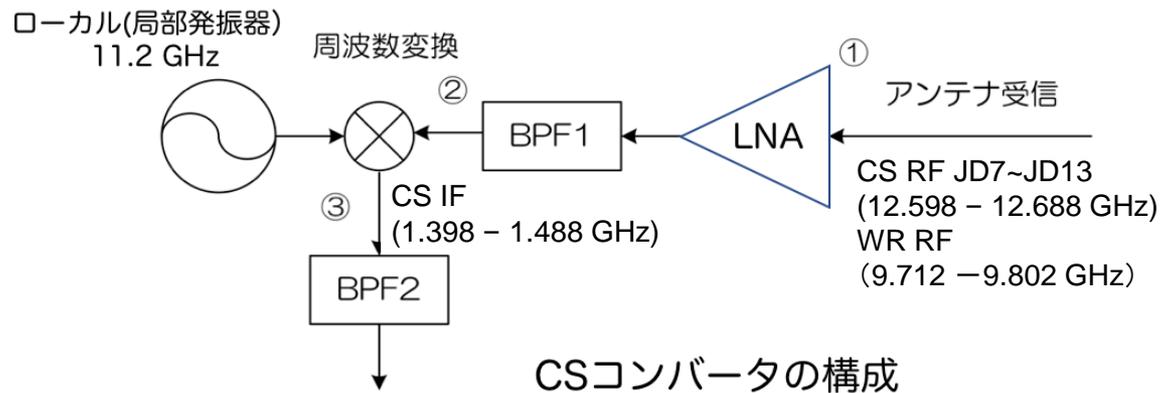
# CSとの共用条件の整理

2018年度調査での検証で得られた結果に基づき、9.7GHz帯汎用型レーダーがCS受信設備に干渉を与える条件(離隔距離)を算出し、9.7GHz帯汎用型レーダーとCS受信設備の共用条件を整理する。



# CS受信設備への影響について

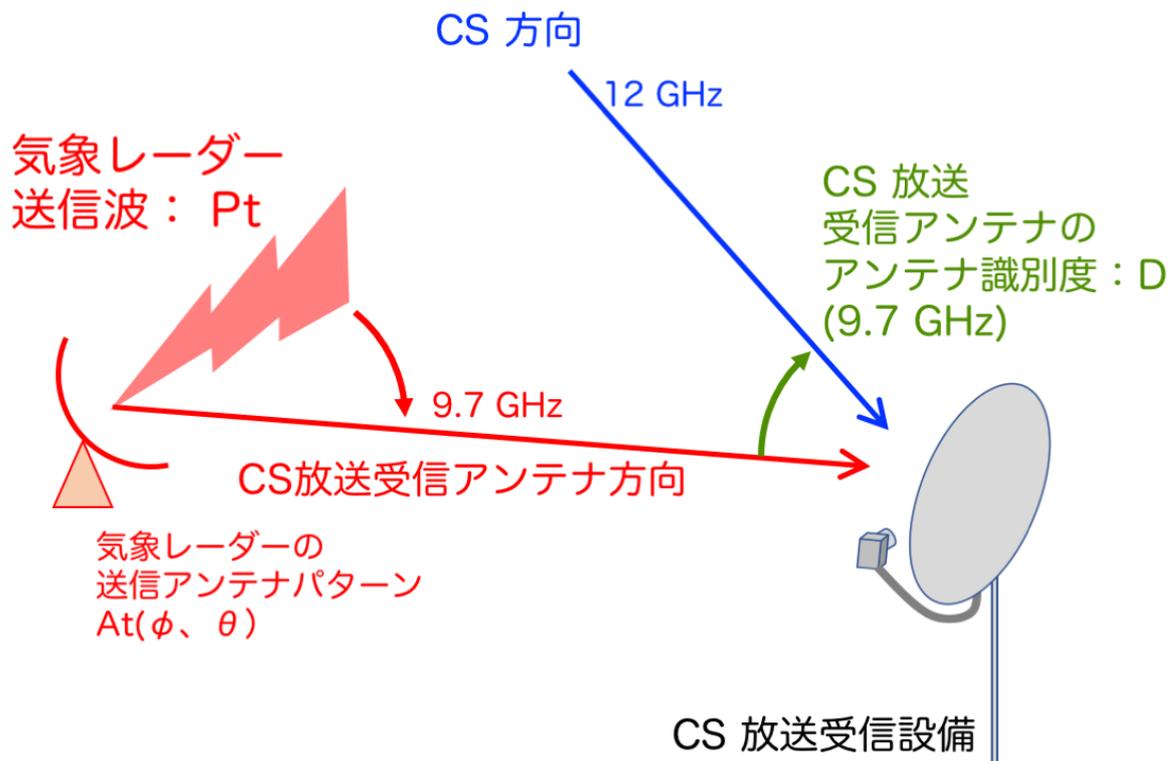
CS受信設備では、屋外に設置されたパラボラアンテナのフィード部分において、受信RF信号(12GHz)の周波数変換が行われ、IF信号(L帯)が屋内の受信装置に供給される。



気象レーダー近傍で気象レーダーのメインビームがCS受信設備を照射し、CS受信設備の周波数変換におけるイメージ妨害抑圧比を超えた信号が入力される場合、気象レーダー送信波がCS受信設備への混信となり、画像破綻が発生することになる。

# 共用検討モデル

CS放送受信アンテナ方向への気象レーダー送信波の電力束密度(pfd: Power Flux Density)は、気象レーダーのメインビーム方向と気象レーダーのアンテナパターン $A_t(\phi, \theta)$ と気象レーダーとCS放送受信アンテナ間の距離から計算可能である。気象レーダー送信波のCS放送受信アンテナへの入力レベルは、CS放送受信アンテナのアンテナ識別度： $D$ で低減される。



# 実験概要

次のような条件で気象レーダがCS放送に与える干渉の影響について屋外実験を行った。

- 日時  
2020年2月5日、9～17時
- 場所  
和歌山県田辺市江川漁港
- 参加機関  
スカパーJSAT、NHK  
NICT、古野電気、東芝インフラシステムズ
- 使用機材  
古野電気製汎用型気象レーダ（二重偏波）



# 検証機材

本検討では、CS受信設備への干渉確認のため、可搬型の汎用型二重偏波気象レーダー（古野電気製）で実験を行った。



関連主要性能

項目	性能	備考
中心周波数	9.795 GHz	
送信電力	48.7 dBm (74.1W)	18.7 dBW
アンテナ利得	33.2 dBi	
EIRP	81.9 dBm	51.9 dBW

# 実験状況

気象レーダのビームがホーンに直接入射する最悪条件で干渉実験を実施した。

テレビ  
画面



離隔距離 : 15.5m  
(ニアフィールド)



離隔距離 : 103m  
(ファーフィールド)

# 許容干渉混信計算

このモデルのもとで、気象レーダーからCS受信アンテナへの許容干渉混信 $\text{pdf}_{Ir}$ は以下の式で表される。

$$\text{pdf}_{Ir} = \text{CS 受信 pfd} - \frac{C_{ave}}{I_{peak}} - M + S + D$$

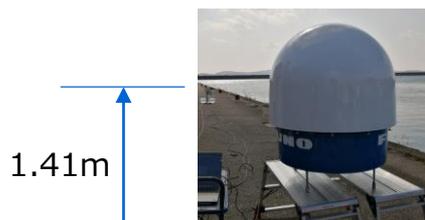
pdf Ir: レーダー許容値

M: マージン (dB)

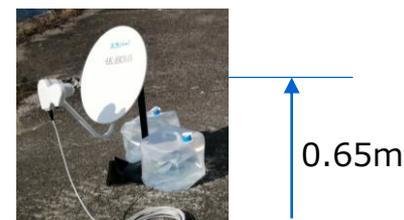
S: イメージ妨害抑圧比 (ポアサイト) (dB)

D: アンテナ識別度 (dB)

項目	諸元等	備考
124/128 CS信号	DVB-S2	
124/128 CS pfd (dBW/m <sup>2</sup> )	-108	東京晴天時
所要Cave/Ipeak (dB)	-1.7	気象レーダー実験より
マージン (dB)	0	遮断確認のためマージン無
イメージ妨害抑圧比 (dB)	93.5	気象レーダー実験より
アンテナ識別度 (dB)	15	最悪条件(通常は20dB程度)
レーダーpdf Ir 許容値 (dBW/m <sup>2</sup> /CS BW)	2.2	遮断確認干渉波pfd



ビーム幅2.4度

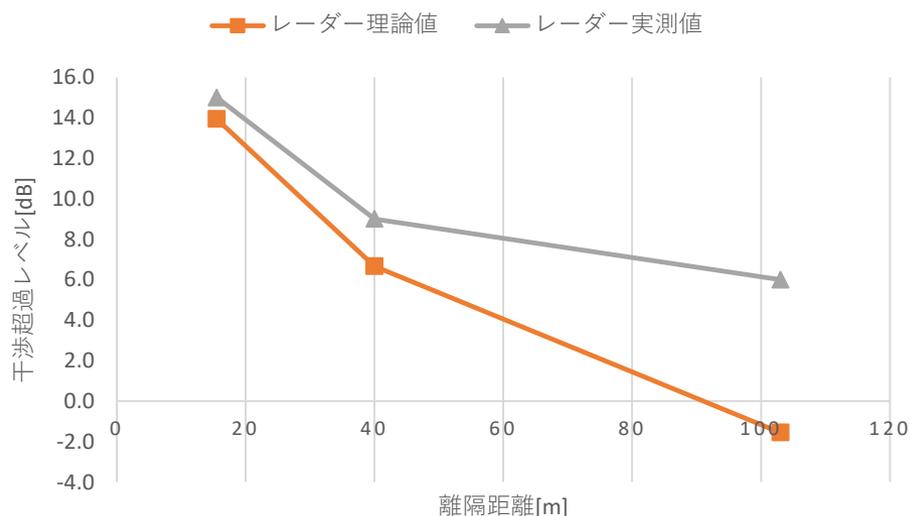


# 干渉超過レベルの測定（気象レーダー・CS）

気象レーダの送信レベルを低下させることにより干渉超過レベルを実測した。  
H偏波とV偏波のCS放送チャンネルのうち悪い方のチャンネルの結果を採用する。

離隔距離[m]	干渉超過レベル (理論値) [dB]	干渉超過レベル (実測値) [dB]	ビーム幅[m]
15.5	13.9	15.0	0.65
40	6.7	9.0	1.68
103	-1.5	6.0	4.32

Far-field条件は102m



離隔距離が大きくなるほど理論値との差が大きくなっている。ビーム幅が2.4度あるため、離隔距離40m以遠ではメインローブが地面に反射する環境となっており、マルチパスが合成された最悪条件における干渉により理論値より高いレベルで実測されたと考えられる。

# 電波伝搬試験（気象レーダー・ホーンアンテナ）

マルチパスの影響を確認するために、ホーンアンテナにより電波強度を直接測定した。



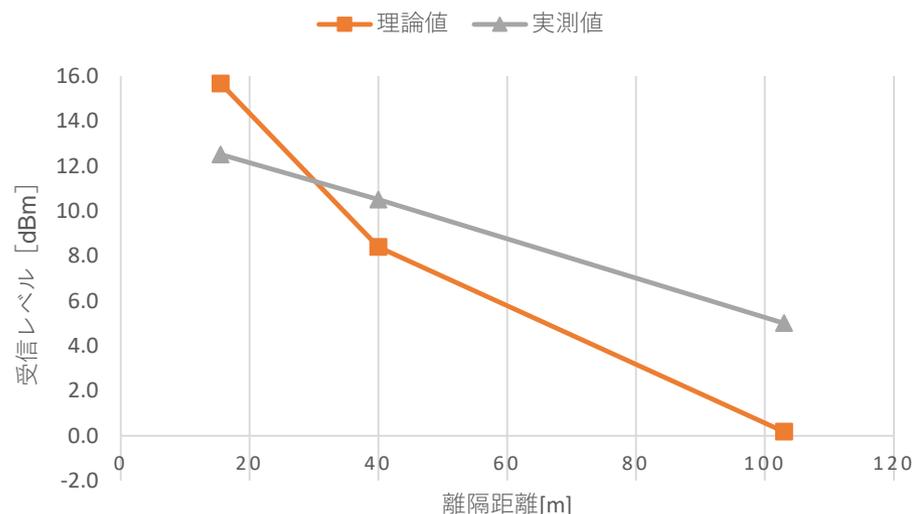
時間、空間的に大きな変動があったため、ホーンアンテナの位置をずらしながらピークホールドで電力を測定した。

# 電波伝搬試験（気象レーダー・ホーンアンテナ）

測定環境確認のため、ホーンとの対向で受信レベルの測定を行った。

ホーンアンテナの利得：10.8 dBi

離隔距離[m]	受信レベル (理論値) [dBm]	受信レベル (実測値) [dBm]
15.5	16.6	12.5
40	8.4	10.5
103	0.2	5.0



レーダーとホーンで対向して測定を実施した場合についても、理論値以上の受信レベルが測定されていた。マルチパスが強く影響しており、離隔距離が大きくなるほど理論値との差が大きくなっている。

# 遮断離隔距離試算結果

- 本実験では、マルチパスの影響が顕著であったため、離隔距離を増やした場合の結果については、理論値との乖離がみられたが近距離では近似しており、気象レーダからCS放送への干渉については、次の条件を元にした理論値が妥当であることを確認した。

$$\text{許容干渉混信} pfd_{Ir} = 2.2\text{dBW/m}^2/\text{CS BW}$$

- 気象レーダの送信ビームがホーンに直接入射する最悪条件での理論値となる。
- 理論式から求めた古野電気製汎用型気象レーダからCS受信設備への遮断離隔距離は86mとなる。
- 単偏波レーダを想定して水平偏波のみの実験を行った結果、CS放送の垂直偏波チャンネルへの干渉が3dB程度起きにくくなったが、水平偏波のみの送信時にCS放送の垂直偏波チャンネルの方が干渉を受けやすいなど、偏波による影響よりもCSアンテナのサイドローブパターンの影響の方が大きいことが分かった。
  - 気象レーダとCS放送の偏波面の角度が異なることが原因だと思われる。

# 干渉が発生する場合の対策例

- 気象レーダからCS放送受信機への受信イメージ干渉については、次の対策例が考えられる。
  - 気象レーダの運用制限  
運用仰角制限や送信ブランキング等によりCSアンテナ方向の電波強度を低下させる。
  - CS受信回路の改善  
気象レーダのからの干渉が問題とならないように、局部発信周波数、IF周波数、フィルタ性能等を変更する。
  - 遮蔽・移設  
気象レーダのからの干渉が問題とならないように、遮蔽を設けるまたは移設をする。
- 実際の視聴障害についての対策については、個別事案毎に気象レーダの設置者／運用者とCS放送事業者で検討する必要がある。