

令和4年度 0049-0151

「X帯気象レーダーからの BS/CS 放送受信設備への干渉軽減
に関する調査検討」の請負

報 告 書

令和5年 3月

＝マスプロ電気株式会社＝

目 次

第1章 調査検討の概要.....	1
1. 1 調査検討の概要.....	1
第2章 干渉軽減検討.....	2
2. 1 概要.....	※
2. 2 BS 受信設備への影響について.....	※
2. 3 BS/CS 放送受信設備対策モデルの検討.....	※
2. 4 実証実験の流れ.....	※
2. 5 電波暗室 BS 受信アンテナの特性測定.....	※
2. 5. 1 概要.....	※
2. 5. 2 測定方法.....	※
2. 5. 3 測定結果.....	※
2. 6 埼玉大学屋外実験.....	※
2. 6. 1 概要.....	※
2. 6. 2 測定器剤の諸元.....	※
2. 6. 3 位置関係.....	※
2. 6. 4 画像破綻 Cave/Ipeak 測定.....	※
2. 6. 5 干渉試験による Cave/Ipeak 測定.....	※
2. 7 共用条件の整理.....	※
2. 7. 1 所要離隔距離の計算方針.....	※
2. 7. 2 所要離隔距離の計算.....	※
2. 7. 3 所要離隔距離の計算結果.....	※
2. 7. 4 対策案と課題.....	※
2. 8 まとめ.....	※
第3章. まとめ.....	※

第1章 調査検討の概要

1. 1 調査検討の概要

気象レーダーは、降水分布や風向・風速等の観測に用い、この情報をもとに気象予報や災害情報に役立てられ、国民生活の安全・安心の確保に不可欠なものとなっています。今般、ゲリラ豪雨等による気象災害の甚大化を受け、雨雲等の早期検知や予報の信頼度向上のため、より高性能な気象レーダーの導入や自治体等における小型の気象レーダーの配備が求められています。

このため、次世代高機能気象レーダー等の導入を図るとともに、気象レーダーの周波数確保のために、気象レーダー間及び他システム等との周波数共用を行うなど、気象レーダーの技術的条件に関する検討を行う必要があります。令和4年1月、情報通信審議会情報通信技術分科会において「次世代高機能気象レーダー等の導入に関する技術的条件等」の検討を開始したところとなります。

本検討項目の一つとして、9.4GHz 帯気象レーダー及び 9.7GHz 帯気象レーダー（以下「X帯気象レーダー」という。）の使用する周波数帯が、BS/CS 放送受信設備のイメージ周波数帯と重なっており、BS/CS 放送の受信に影響を与える可能性があるという問題があり、これまで総務省の「次世代高機能レーダー等の導入による周波数の有効利用のための技術的条件に関する調査検討（平成30年度から令和3年度）」において、電波暗室での測定・評価や屋外試験により、X帯気象レーダーがBS/CS 放送受信設備に妨害干渉を与える条件（所要離隔距離）を整理したが、必要となる所要離隔距離が大きく、BS/CS 放送受信設備を保護するための適切な条件設定に至らなかった。

こうした背景を踏まえ、課題解決の一つの方策として、本調査検討では、X帯気象レーダーからの干渉を軽減するBS/CS放送受信設備の実現可能性について技術検討を行うとともに、X帯気象レーダーとBS/CS放送受信設備の適切な共用条件等の方策を含めた技術基準案の取りまとめを行う。

第2章 干渉軽減検討

2. 1 概要

X帯気象レーダーの使用する周波数帯は、BS/CS受信設備における中間周波数(IF)への周波数変換過程で局発周波数に対してBS/CS放送の周波数帯のイメージ周波数となっており、IF周波数帯において気象レーダー信号とBS/CS受信信号が重複するためBS/CS放送の受信に影響を与える可能性がある。

2018年度は、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、放送関係者と気象レーダー関係者で協力し電波暗室にて測定及び評価を行った。2019年度は、屋外試験により9.7GHz帯気象レーダーがCS受信設備に妨害干渉を与える条件(所要離隔距離)を整理した。2020年度は、9.4GHz帯のMP-PAWRがBS受信設備に妨害干渉を与える条件(所要離隔距離)を整理するための検討を行った。2021年度は9.4GHz帯MP-PAWRがBS受信設備に与える干渉の影響について屋外試験を行い、所要離隔距離を整理するための検討を行った。

今年度は、9.4GHz帯MP-PAWRがBS受信設備に与える干渉の影響について、BS/CS放送受信設備の特性改善に関する可能性について、BS/CS放送受信設備対策モデルの検討を行い、対策したモデルにて屋外試験を行い、所要離隔距離を整理した。

2. 2 BS受信設備への影響について

BS受信設備では、屋外に設置されたBS受信アンテナのフィード部において、BS放送信号(12GHz帯)からIF信号へ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(図2.2-1参照)。この時、気象レーダーのイメージ周波数がBSのIF帯に現れ(図2.2-2参照)、その電力が大きい場合に画像破綻が発生することになる。BS放送には右旋円偏波と左旋円偏波のチャンネルがあるが、このうち右旋円偏波にはBS-1からBS-23までのチャンネルがある。気象レーダーに割り当てられている周波数9.3GHz-9.5GHzのイメージがBSのIFに現れるのは右旋円偏波のBS-7からBS-19である。

BS コンバーター構成と干渉メカニ
ズムの図を貼り付け

2. 3 BS/CS放送受信設備対策モデルの検討

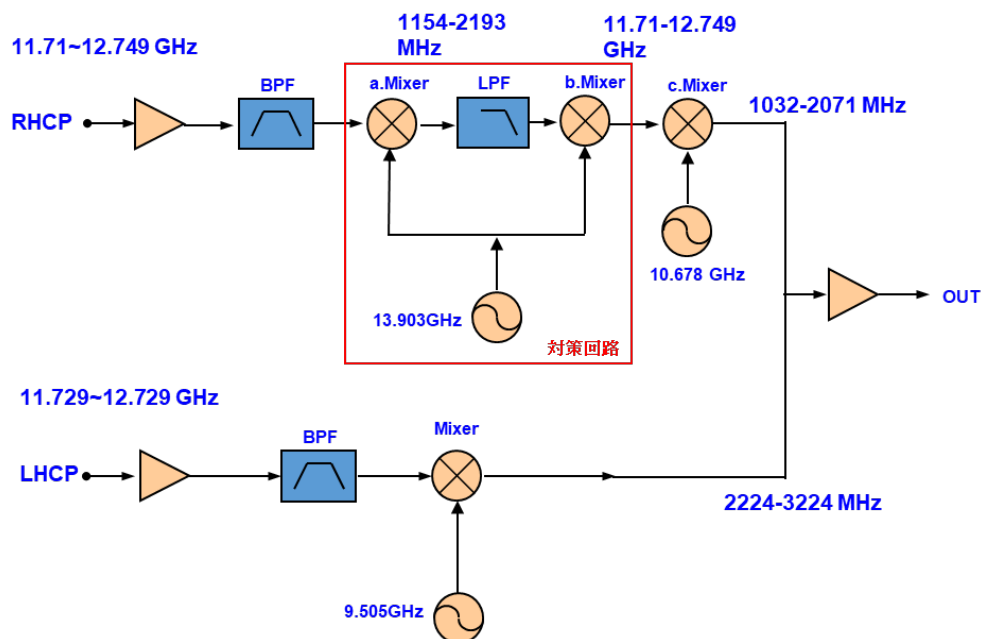
X帯気象レーダーからの干渉低減を目的とする、BS/CS放送受信設備の特性改善に関する可能性について、次に示すBS/CS放送受信設備対策モデルの検討を行った。

- ① IF周波数を既存の周波数と同じとし、局発周波数をハイローカルにすることでイメージ干渉を回避する
- ② イメージ帯域を阻止するBPF（バンドパスフィルター）を追加することでイメージ干渉を回避する
- ③ 一次放射器の円形導波管の設計変更を行い最適化することでイメージ干渉を回避する

① 局発周波数をハイローカル（13.903GHz）による対策モデル 試作結果

項目	規格	測定値
受信周波数	11.7～12.75GHz	11.7～12.75GHz
受信偏波	右左旋円偏波	右左旋円偏波
出力周波数	1032～3224MHz	1032～3224MHz
コンバーター利得	48～58dB	49.6～55.9dB
受信帯域内利得偏差	右旋 BS、右旋広帯域 CS 各受信帯域内で 4dB(p-p)以下 左旋 BS、左旋広帯域 CS 各受信帯域内で 4dB(p-p)以下	3.6dB
	右旋 BS、広帯域 CS 受信帯域内で 6dB(p-p)以下 左旋 BS、広帯域 CS 受信帯域内で 6dB(p-p)以下	4.8dB
受信チャンネル内利得偏差	受信チャンネル帯域内で 1dB(p-p)以内	0.97dB
出力 VSWR	受信帯域内で 2.5 以下	2.05
局部発振位相雑音	⊖55dBc/Hz 以下（1kHz オフセット）	-61.1dBc/Hz
	⊖73dBc/Hz 以下（5kHz オフセット）	-76.0dBc/Hz
	⊖83dBc/Hz 以下（10kHz オフセット）	-85.4dBc/Hz
雑音指数（NF）	1.2dB 以下 ※各社の雑音指数のカタログ値は、0.5dB(標準)	1.19dB
イメージ妨害抑圧比	100dB 以上（8.606～9.656GHz）	131.56dB
	55dB 以上（15.056～16.106GHz, 6.260～7.310GHz）	未測定
局部発振信号漏洩電力	-55dBm 以下	-84.1dBm
相互変調レベル	-70dBm 入力 2 信号において -55dB 以下	-55.39dB
出力インピーダンス	75Ω（F 型コネクタ）	75Ω（F 型コネクタ）
局部発振周波数	13.903GHz(右旋円偏波)	13.903GHz(右旋円偏波)
	10.678GHz(右旋円偏波)	10.678GHz(右旋円偏波)
	9.505GHz(左旋円偏波)	9.505GHz(左旋円偏波)
局部発振周波数安定度	±1.5MHz 以内	-0.2～+1.2MHz
使用温度範囲	⊖30～⊕50℃	⊖30～⊕50℃
電源	DC15V 3.75W 以下	3.47W
外観寸法	150(H)×75(W)×90(D)mm 以下	約 140×65×85 mm
質量（重量）	約 0.4 kg	約 0.34kg

ブロック図

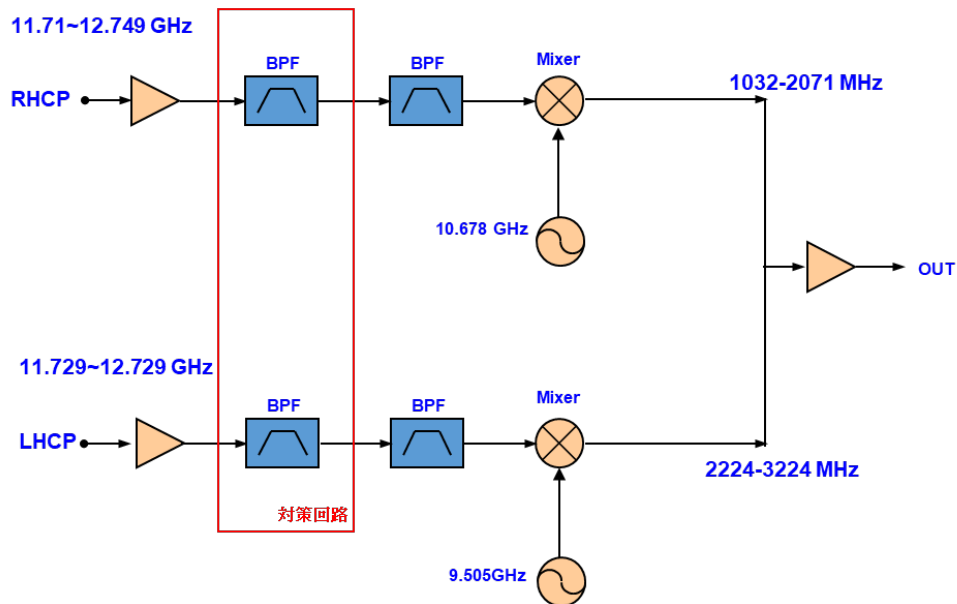


② B P F 追加による対策モデル 試作結果

項目	規格	測定値
受信周波数	11.7~12.75GHz	11.7~12.75GHz
受信偏波	右左旋円偏波	右左旋円偏波
出力周波数	1032~3224MHz	1032~3224MHz
コンバーター利得	48~58dB	49.3~52.9dB
受信帯域内利得偏差	右旋 BS、右旋広帯域 CS 各受信帯域内で 4dB(p-p)以下 左旋 BS、左旋広帯域 CS 各受信帯域内で 4dB(p-p)以下	3.1dB
	右旋 BS、広帯域 CS 受信帯域内で 6dB(p-p)以下 左旋 BS、広帯域 CS 受信帯域内で 6dB(p-p)以下	4.1dB
受信チャンネル内利得偏差	受信チャンネル帯域内で 1dB(p-p)以内	0.63dB
出力 VSWR	受信帯域内で 2.5 以下	2.02
局部発振位相雑音	⊖55dBc/Hz 以下 (1kHz オフセット)	-63.2dBc/Hz
	⊖73dBc/Hz 以下 (5kHz オフセット)	-81.8dBc/Hz
	⊖83dBc/Hz 以下 (10kHz オフセット)	-86.7dBc/Hz
雑音指数 (NF)	1.2dB 以下 ※各社の雑音指数のカタログ値は、0.5dB(標準)	1.14dB
イメージ妨害抑圧比	100dB 以上	118.10dB
局部発振信号漏洩電力	-55dBm 以下	-122.7dBm
相互変調レベル	-70dBm 入力 2 信号において -55dB 以下	-55.41dB
出力インピーダンス	75Ω (F 型コネクタ)	75Ω (F 型コネクタ)

局部発振周波数	10.678GHz(右旋円偏波) 9.505GHz(左旋円偏波)	10.678GHz(右旋円偏波) 9.505GHz(左旋円偏波)
局部発振周波数安定度	±1.5MHz 以内	-0.3~+0.3MHz
使用温度範囲	⊖30~⊕50℃	⊖30~⊕50℃
電源	DC15V 3W 以下	2.63W
外観寸法	140(H)×65(W)×90(D)mm 以下	約 130×60×85 mm
質量 (重量)	約 0.3 kg以下	約 0.24kg

イメージ帯域を阻止する B P F (バンドパスフィルター)

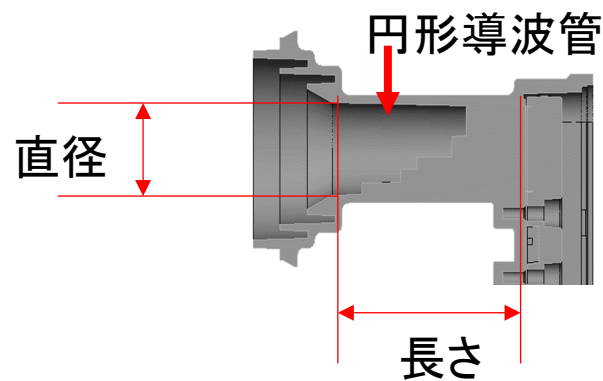


③ 一次放射器の円形導波管の設計変更により対策モデル 試作結果

項目	規格	測定値
受信周波数	11.7~12.75GHz	11.7~12.75GHz
受信偏波	右左旋円偏波	右左旋円偏波
出力周波数	1032~3224MHz	1032~3224MHz
コンバーター利得	48~58dB	50.8~55.8dB
受信帯域内利得偏差	右旋 BS、右旋広帯域 CS 各受信帯域内で 4dB(p-p)以下 左旋 BS、左旋広帯域 CS 各受信帯域内で 4dB(p-p)以下	3.9dB
	右旋 BS、広帯域 CS 受信帯域内で 6dB(p-p)以下 左旋 BS、広帯域 CS 受信帯域内で 6dB(p-p)以下	4.9dB
受信チャンネル内利得偏差	受信チャンネル帯域内で 1dB(p-p)以内	0.71dB
出力 VSWR	受信帯域内で 2.5 以下	1.81
局部発振位相雑音	⊖55dBc/Hz 以下 (1kHz オフセット)	-68.9dBc/Hz
	⊖73dBc/Hz 以下 (5kHz オフセット)	-83.4dBc/Hz
	⊖83dBc/Hz 以下 (10kHz オフセット)	-90.9dBc/Hz

雑音指数 (NF)	1.2dB 以下 ※各社の雑音指数のカタログ値は、0.5dB(標準)	0.93dB
イメージ妨害抑圧比	100dB 以上	95.50dB
局部発振信号漏洩電力	-55dBm 以下	-116.5dBm
相互変調レベル	-70dBm 入力 2 信号において-55dB 以下	-55.12dB
出力インピーダンス	75Ω (F 型コネクタ)	75Ω(F 型コネクタ)
局部発振周波数	10.678GHz(右旋円偏波) 9.505GHz(左旋円偏波)	10.678GHz(右旋円偏波) 9.505GHz(左旋円偏波)
局部発振周波数安定度	±1.5MHz 以内	-0.4~+0.4MHz
使用温度範囲	⊖30~⊕50°C	⊖30~⊕50°C
電源	DC15V 3W 以下	2.67W
外観寸法	140(H)×65(W)×90(D)mm 以下	約 110×60×85 mm
質量 (重量)	約 0.3 kg以下	約 0.19kg

一次放射器の設計変更イメージ図



2. 4 実証実験の流れ

今年度は、昨年度に行われた屋外実証実験と同様の評価を行い、MP-PAWRとBS受信設備との共用条件(所要離隔距離)の整理を行った。評価の流れを図2.4-1に示す。

評価の流れの図を貼り付け

埼玉大学に設置されているMP-PAWRの周波数は9,425 MHzであるが、将来の次世代高機能レーダーの稠密配置を考慮し、気象レーダーに割り当てられた周波数帯で評価を行う必要がある。また昨年度までの検討結果により、所要離隔距離はイメージ妨害抑圧比S+アンテナ識別度Dの値に大きく依存し、その値が大きくなれば所要離隔距離は急激に小さくなることがわかっている。このことから、BS受信設備に影響を与えるBS-7からBS-19でのBS受信アンテナのイメージ妨害抑圧比S+アンテナ識別度Dの特性を電波暗室にて測定した。

屋外試験はMP-PAWRが設置されている埼玉大学で行った。ここでの試験はMP-PAWRによる干渉波によりBS受信画像が破綻するCave/Ipeak※値を測定した。また電波暗室で測定したイメージ妨害抑圧比S+アンテナ識別度Dの値とMP-PAWRから放射される電力から計算されるCave/Ipeak計算値と、BS受信設備でのCave/Ipeak実測値の一致性を確認することで、干渉計算式がMP-PAWRにおいても適用できるかを確認した。

これらの測定結果を受け共用条件の整理では、MP-PAWRとBS受信設備との所要離隔距離を算出した。

※ Cave：BS受信信号の平均電力 Ipeak：気象レーダー信号のピーク電力

2. 5 電波暗室BS受信アンテナの特性測定

2. 5. 1 概要

2. 5. 2 測定方法

2. 5. 3 測定結果

2. 6 埼玉大学屋外実験

2. 6. 1 概要

2. 6. 2 測定機材の諸元

2. 6. 3 位置関係

2. 6. 4 画像破綻 Cave/Ipeak 測定

2. 6. 5 干渉試験による Cave/Ipeak 測定

2. 7 共用条件の整理

2. 7. 1 所要離隔距離の計算方針

2. 7. 2 所要離隔距離の計算

2. 7. 3 所要離隔距離の計算結果

2. 7. 4 対策案と課題

2. 8 まとめ

第3章 まとめ