

X帯沿岸監視用レーダーの高度化のための技術的条件 に関する検討課題（案）

令和6年5月29日
航空・海上無線通信委員会
X帯沿岸監視用レーダー作業班
事務局

a. サイドローブ相当に減衰するビーム幅

干渉時間率を計算する際のメインローブは3dBビーム幅でなく、サイドローブレベル相当に減衰するビーム幅と定義するため、ビームの形状を推定することが必要である。

複数の代表的な窓関数をフーリエ変換し、サイドローブレベルを算出した。それらの周波数特性を図 3-11に示す。この結果より各窓関数のサイドローブレベルは次の通りであった。

- ・ 矩形窓 : -13.3dB
- ・ ガウス窓 : -43.3dB
- ・ 2乗余弦窓 : -31.5dB
- ・ ハミング窓 : -42.7dB
- ・ ブラックマン窓 : -58.8dB

レーダー製造業者がどの窓関数を採用しているかは不明であるが、2乗余弦窓もしくは各社これを若干変形(調整)させた窓関数を用いているものと推定する。2乗余弦窓を想定した場合、メインローブのレベルがサイドローブ相当に低下する幅は3dB幅に対して約2.44倍広がる。干渉時間率の計算ではビーム幅を「メインローブのレベルがサイドローブ相当に低下する幅」を用いる。

【報告書 P29】

各メーカーから窓関数等の設計値を公表可能か？
(意見No.2)

表 3-7 干渉レベル計算諸元 与干渉局

与干渉局 レーダー名	項目	諸元		
		9,800MHz帯	9,740MHz帯	9,400MHz帯
沿岸監視 レーダー (固体化)	無線周波数	PON: 9,835[MHz]	PON: 9,725[MHz]	PON: 9,410[MHz]
		QON: 9,865[MHz]	QON: 9,755[MHz]	QON: 9,440[MHz]
	送信電力	700[W]	200[W]	700[W]
	アンテナ利得 (ピーク点)	35[dBi]	同左	29.5[dBi]
	EIRP計算値	93.5[dBm]	88.0[dBm]	88.0[dBm]
	アンテナ水平面 サイドローブレベル	-27[dB]	同左	-29[dB]
	アンテナ水平面 ビーム幅	0.5[°]	同左	0.8[°]
	パルス幅	PON: 0.07[μs]	PON: 0.16[μs]	PON: 0.07[μs]
		QON: 30.0[μs]	QON: 18.3[μs]	QON: 7.85[μs]
	/22[MHz]	/22[MHz]	/8[MHz]	

送信出力に
差異がある
理由を明記
可能か？
(意見No.3)

【報告書 P42】



- 9,740MHz帯については、既に実用化されている沿岸監視用レーダーの空中線電力に併せて200Wとした。
- 9,800MHz帯については、IALAスタンダードに沿える空中線電力として700Wとした。(報告書P132~133参照)
- 9,400MHz帯については、電波法関係審査基準における最大値とした。

③ 与干渉局の送信電力を明記可能か？
(意見No.6)

表 3-10 **被局**:9,700MHz帯の干渉シミュレーション結果 所定離隔距離における干渉レベル

与局電波型式 PON/QON	与局周波数 [MHz]	被局周波数 [MHz]	離調周波数 [MHz]	離隔距離 [NM]	フィルタ特性ごとの干渉レベル[dBm]			
					None	-60dB	-80dB	-150dB
PON	9,835	9,795	40	7	-1.7	-33.1	-33.1	-33.1
	9,725	9,720	5	7	-7.3	-7.1	-7.1	-7.1
	9,410		310	7	-7.2	-67.2	-87.2	-157.2
QON	9,865	9,795	70	7	-2.1	-61.5	-64.8	-64.9
	9,755	9,720	35	7	-7.5	-41.3	-41.3	-41.3
	9,440		280	7	-7.6	-67.6	-87.6	-157.6

【報告書 P44】

② 各フィルタは同一のものか？(フィルタ特性のデータを明記可能か？)
(意見No.5)

① 干渉レベル算出の計算過程を明記可能か？
(意見No.4)



- ① 「3.2.2章 干渉シミュレーション(P26～)」以降に干渉シミュレーションの条件を記載。
- ② 「b. 送信パルス波形への受信フィルタの適用」の項(p37)に矩形フィルタを使う旨を記載。なお、各社ごとのフィルタ特性については情報が入手できなかった。
- ③ 与干渉局の送信電力は表3-7に記載のとおり。

表3-12 被局:9,700MHz帯_気象レーダーの干渉シミュレーション結果
ADC飽和基準の最小離隔距離(メイン-メイン)離隔距離(小さい順)

与局電波型式 PON/QON	与局周 波数 [MHz]	被局周 波数 [MHz]	離調周 波数 [MHz]	フィルタ特性ごとの離隔距離[NM]			
				None	-60dB	-80dB	-150dB
QON	9,440	9,720	280	76.4	0.1	0.0	0.0
PON	9,410	9,720	310	79.3	0.1	0.0	0.0
QON	9,865	9,795	70	100NM以上	0.2	0.1	0.1
QON	9,755	9,720	35	76.8	1.9	1.9	1.9
PON	9,835	9,795	40	100NM以上	4.8	4.8	4.8
PON	9,725	9,720	5	77.9	79.3	79.3	79.3

受信レベルも
明記可能か？
(意見No.7)

表3-13 与局:9,800MHz帯/被局:9,700MHz帯_気象レーダーの干渉シミュレーション結果
ADC飽和基準の最小離隔距離(ローブ組み合わせ)

与局電波型式 PON/QON	与局周 波数 [MHz]	被局周 波数 [MHz]	離調周 波数 [MHz]	ローブ 組み合わせ	フィルタ特性ごとの離隔距離[NM]			
					None	-60dB	-80dB	-150dB
PON	9,835	9,795	40	メイン-メイン	100NM以上	4.8	4.8	4.8
PON	9,835	9,795	40	サイド-メイン	3.2	0.1	0.1	0.1
PON	9,835	9,795	40	メイン-サイド	7.9	0.2	0.2	0.2
PON	9,835	9,795	40	サイド-サイド	0.1	0.0	0.0	0.0
QON	9,865	9,795	70	メイン-メイン	100NM以上	0.2	0.1	0.1
QON	9,865	9,795	70	サイド-メイン	3.1	0.0	0.0	0.0
QON	9,865	9,795	70	メイン-サイド	7.6	0.0	0.0	0.0
QON	9,865	9,795	70	サイド-サイド	0.1	0.0	0.0	0.0

表3-14 与局:9,740MHz帯／被局:9,700MHz帯_気象レーダーの干渉シミュレーション結果
ADC飽和基準の最小離隔距離(ローブ組み合わせ)

与局電波型式 PON/QON	与局周波数 [MHz]	被局周波数 [MHz]	離調周波数 [MHz]	ローブ 組み合わせ	フィルタ特性ごとの離隔距離[NM]			
					None	-60dB	-80dB	-150dB
PON	9,725	9,720	5	メイン-メイン	77.9	79.3	79.3	79.3
PON	9,725	9,720	5	サイド-メイン	1.6	1.7	1.7	1.7
PON	9,725	9,720	5	メイン-サイド	4.1	4.2	4.2	4.2
PON	9,725	9,720	5	サイド-サイド	0.1	0.1	0.1	0.1
QON	9,755	9,720	35	メイン-メイン	76.8	1.9	1.9	1.9
QON	9,755	9,720	35	サイド-メイン	1.7	0.0	0.0	0.0
QON	9,755	9,720	35	メイン-サイド	4.2	0.0	0.0	0.0
QON	9,755	9,720	35	サイド-サイド	0.1	0.0	0.0	0.0

表3-15 与局:9,400MHz帯／被局:9,700MHz帯_気象レーダーの干渉シミュレーション結果
ADC飽和基準の最小離隔距離(ローブ組み合わせ)

与局電波型式 PON/QON	与局周波数 [MHz]	被局周波数 [MHz]	離調周波数 [MHz]	ローブ 組み合わせ	フィルタ特性ごとの離隔距離[NM]			
					None	-60dB	-80dB	-150dB
PON	9,410	9,720	310	メイン-メイン	79.3	0.1	0.0	0.0
PON	9,410	9,720	310	サイド-メイン	1.7	0.0	0.0	0.0
PON	9,410	9,720	310	メイン-サイド	4.3	0.0	0.0	0.0
PON	9,410	9,720	310	サイド-サイド	0.1	0.0	0.0	0.0
QON	9,440	9,720	280	メイン-メイン	76.4	0.1	0.0	0.0
QON	9,440	9,720	280	サイド-メイン	1.6	0.0	0.0	0.0
QON	9,440	9,720	280	メイン-サイド	4.1	0.0	0.0	0.0
QON	9,440	9,720	280	サイド-サイド	0.1	0.0	0.0	0.0

【報告書 P46～47】

受信レベルも
明記可能か？
(意見No.7)

表3-10にフィルタ減衰量ごとの受信レベルを記載した。

この受信レベルに対して与局レーダと被局レーダの干渉を避けるために、どの程度離隔する必要があるかという目安を表3-12に記載した。

このように30m離隔での実証試験では、与干渉信号となるレーダー送信信号は干渉を発生させるレベルであったが、CSアンテナの指向方位とレーダー装置の位置関係からアンテナ選択性が良好な状況となったため、この環境で干渉は確認されなかった。

そこで、レーダー実験試験局を用いて干渉が生じる場所を探し、レーダー空中線から約2mの位置にCSアンテナを設置した場合に干渉が確認され、その場所で再度試験を実施した。

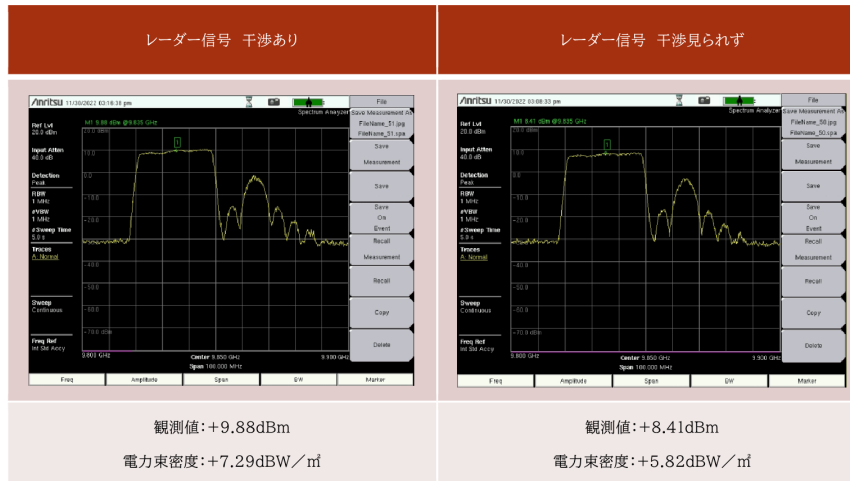


図 3-38 2m離隔位置での干渉試験結果

図 3-38より、 $+7.29[\text{dBW}/\text{m}^2]$ と $+5.82[\text{dBW}/\text{m}^2]$ の間に干渉閾値が存在する結果となった。これは想定した $+2.2[\text{dBW}/\text{m}^2]$ より大きい値であるが、偏差内として考える。

計算) 測定 $+9.88[\text{dBm}]$ +ケーブル損 $6.1[\text{dB}]$ -アンテナ利得 $20[\text{dBi}]$ - 開口 $-41.31[\text{dB}/\text{m}^2]$ = $7.29[\text{dBW}/\text{m}^2]$
 測定 $+8.41[\text{dBm}]$ +ケーブル損 $6.1[\text{dB}]$ -アンテナ利得 $20[\text{dBi}]$ - 開口 $-41.31[\text{dB}/\text{m}^2]$ = $5.82[\text{dBW}/\text{m}^2]$
 以上の結果も踏まえて、CS衛星放送との共用条件案を検討した。

【報告書 P97】

当該部分
を概要版
資料にも
記載
(意見No.8)

作業班報告書案に当該部分を踏まえた記載をするとともに、併せて作成する概要版資料に反映予定。

3.6.1 陸上設置気象レーダー装置との共用

陸上設置気象レーダー装置との共用条件案として、以下を提案する。

(1) 沿岸監視用レーダー(マグネトロン方式)

- ・ 現行と同様、帯域外領域の不要輻射不要発射の強度に許容値の現行基準を超えないこと。

(2) 沿岸監視用レーダー(固体化方式)

- ・ 9,740MHz帯: 現行と同様、帯域外領域の不要輻射に従うこと。
- ・ 9,800MHz帯: **送信スペクトラムが9,800MHz以下で40dB抑圧**していること。

さらに、帯域内干渉のため送信スペクトラムの抑圧を考慮した離隔距離及び見通し環境などを元に、運用者協議において合意されること。

【報告書 P125】

算出根拠を明記可能か？
(意見No.9)



「4.3.2章 技術的条件(案)」の(9)以降に記載する条件にて送信スペクトラム案を検討した。

<一般的条件>

項目	技術的条件(案)	考え方
適用範囲	9,740MHz帯及び9,800MHz帯沿岸監視用レーダーに対して適用	
周波数帯	<ul style="list-style-type: none"> ・マグネトロン方式 9,740MHz ・固体化方式 9,740MHz ± 15MHz 9,850MHz ± 15MHz 	

<受信装置の条件>

項目	技術的条件(案)	考え方
副次的に発する電波等の強度	受信機から副次的に発する電波の限度は、4nW以下	・現行無線設備規則第24条の規定の通り

<送信装置の条件>

項目	技術的条件(案)	考え方
空中線電力と許容偏差	(1)9740MHz帯 ・マグネトロン方式 50kW ・固体化方式 700W (2)9800MHz帯 ・固体化方式 700W (3)許容偏差(9740MHz帯 / 9800MHz帯) ・+50%、-50%	<ul style="list-style-type: none"> ・9740MHz帯のマグネトロン方式は電波法関係審査基準に沿う。 ・9740MHz帯の固体化方式は9400MHz帯の電波法関係審査基準を参考とする。 ・9800MHz帯ではIALAスタンダードのガイドラインに沿える電力とする。 ・電力は給電線の損失を含めたEIRPの規定を併設する。 ・電力の許容偏差は無線設備規則第14条6(3)とするが、許容偏差を含めて別途定めるEIRPを超えないこと。
E.I.R.P.	(1)9740MHz帯 ・マグネトロン方式 82dBW以下 ・固体化方式 58dBW以下 (2)9800MHz帯 ・固体化方式 62dBW以下	<ul style="list-style-type: none"> ・9740MHz帯マグネトロン方式は既設状況から 送信電力77dBm(50kW)+アンテナ利得: 35dBi=112dBm⇒82dBW ・9740MHz帯固体化方式は9400MHzの電波法関係審査基準を参考とし現運用局とも整合する58dBWとする。 ・9800MHz帯ではIALAスタンダードに沿う電力計算とする。また電力の許容偏差を、+20%を含めて規定する。

<送信装置の条件> (続き)

項目	技術的条件(案)	考え方
送信パルス幅	(1-1)9740MHz帯 マグネトロン方式 ・PON信号 : 0.1us以上 (1-2)9740MHz帯 固体化方式 ・PON信号 : 0.16us以上 ・QON信号 : 22us以下 (2)9800MHz帯 ・PON信号 : 0.07us以上 ・QON信号 : 30us以下	・9740MHz帯は現用機器との整合をとる. ・9800MHz帯は下記による. PONパルス幅はIALAスタンダードの距離分解能より. $\text{分解能} 20\text{m} \rightarrow 2 \div (20\text{m}/150\text{m/us}) = 66\text{ns} \Rightarrow 70\text{ns}$ QONパルス幅はIALAスタンダード探知性能に必要な電力計算より.
占有周波数帯幅	(1-1)9740MHz帯 マグネトロン方式 ・PON信号 : 40MHz以下 (1-2)9740MHz帯 固体化方式 ・PON信号 : 25MHz以下 ・QON信号 : 24MHz以下 (2)9800MHz帯 ・PON信号 : 58MHz以下 ・QON信号 : 24MHz以下	・9740MHz帯マグネトロン方式 PON信号は現用から最小パルスを 0.1us とし 40MHz 幅とする. ・9740MHz帯固体化方式 PON信号は現用から最小パルスを 0.16us とし 25MHz 幅とする. QON信号は現用のチャープ掃引周波数 22MHz 以下としてパルス変調の拡がりを $\pm 1\text{MHz}$ を付与し 24MHz 幅とする. PONとQONは離調周波数30MHzとすると39.5MHz. マグネトロンと同様. ・9800MHz帯 PON信号はIALAスタンダード対応として 0.07us より58MHz 幅とする. QON信号は 9740MHz帯を参照する.
帯域外領域	(1)帯域外領域 ・ITU-R SM.1541Annex8に従う. B-40帯域幅と30dB/decade降下線で指定 (2)帯域外領域のスプリアス発射の強度 ・占有周波数帯幅からITU-R SM.1541で示されるB-40帯域幅の間. 平均電力から20dBc以下 固体化送信方式においては上記20dBcに加え、送信周波数 $\pm 65\text{MHz}$ 以外の周波数領域は40dBc以下若しくはB-40dB帯域のスロープ以下. ・B-40帯域幅からスプリアス領域との境界の間 平均電力から下記マスクを低減した信号強度以下 マスク)B-40帯域からスプリアス領域との境界まで、40dBcから開始する30dBc/decadeのスロープが示すマスク	・隣接する他の無線システムと共用するためITU-Rに沿う中で、送信方式を問わず帯域外領域でより干渉抑圧を得るための規定を施す. B-40帯域内はITU-R SM.1541Annex8の必要周波数幅を参照し20dBcとする. 帯域外領域を規定するマスクを利用する. ・固体化方式においてはスペクトラム管理から送信周波数 $\pm 65\text{MHz}$ 以外では他の無線システムとの共用のため40dBc以下にする.

陸上設置気象レーダー

- 沿岸監視用レーダー（マグネトロン方式）
 - ・ 現行と同様、スプリアス発射、帯域外発射の強度が現行基準の許容値を超えないこと。
- 沿岸監視用レーダー（固体化方式）
 - ・ 9.74GHz帯：現行と同様、スプリアス発射、帯域外発射の強度が現行基準の許容値を超えないこと。
 - ・ 9.8～10GHz帯：送信スペクトラムが9,800MHz以下で40dB抑圧していること。

さらに、帯域内干渉のため送信スペクトラムの抑圧を考慮した離隔距離及び見通し環境などをもとに、運用者協議において合意されること。

航空機搭載型合成開口レーダー

- 沿岸監視用レーダー（マグネトロン方式・固体化方式）
 - ・ 9GHz帯航空機搭載型合成開口レーダーの技術的条件検討の際に地上試験及びフィールド試験等を行った結果、共用に問題がないことが確認されている。

CS放送受信装置

- 沿岸監視用レーダー（マグネトロン方式・固体化方式）
 - ・ 沿岸監視用レーダーの設置を求める者は、CS受信設備に対する干渉閾値レベル(pfd_{lr})を踏まえた上で、設置場所における見通し条件などを明らかにすること。
 - ・ また、CS受信設備への干渉影響が懸念される場合は、当該環境における共用検討を実施した上でCS放送事業者と運用調整を行い、合意が行われること。

9GHz帯の 周波数利用状況

