

気象レーダー間の共用条件

汎用型レーダーの高性能型レーダーとの共用検討

気象レーダー間の干渉の有無やその程度を考慮し、その情報を基に将来的なチャネルプランを検討するため、以下のレーダーの干渉保護基準（案）を検討した。

- ・高性能型レーダー
- ・汎用型レーダー

また、現時点での汎用型レーダーの展開計画に基づき、汎用型レーダーの展開が計画通りに実施されることを仮定して、以下について試算を行った。

- ・XRAINのような既存の高性能型レーダーに対して、どの程度干渉を起こす可能性があるか
- ・汎用型レーダーがどの程度干渉を受け、どの程度利用可能か

検討項目	
1.	電波干渉発生モデルと共用条件
2.	電波干渉計算に必要な諸元
3.	レーダー諸元モデル
4.	レーダー間の電波干渉計算モデル
5.	想定設置場所での干渉シミュレーション

1. 電波干渉発生モデルと共用条件

(1) 電波干渉発生モデル

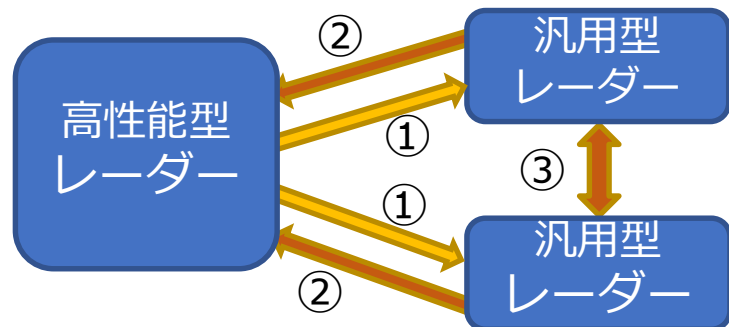
アンテナビーム会合パターン(*1)		干渉レベル	発生頻度
与干渉局	被干渉局		
メイン	メイン	干渉レベルは最も高い	時間的・確率的に極度に低い
メイン	サイド	干渉レベルは高い	時間的には限定的
サイド	サイド	干渉レベルは低い	時間的には常時
サイド	メイン	メインーサイド同等	

メインーメインは発生頻度から、また、サイドーメインはメインーサイドと同等なため、**メインーサイド、サイドーサイド**の2つの条件で共用検討を行う。

(*1) 送受利得が同一のアンテナの場合 (パラボラアンテナ等)
メイン/サイド：空中線のメインローブ/サイドローブ、を意味する

1. 電波干渉発生モデルと共用条件

(2) 干渉保護基準 (共用条件案)



レーダータイプ	記号	干渉保護基準案
高性能型	①	汎用型に与える干渉に対しては制限しない。
汎用型	②	高性能型に対してはメインーサイド及びサイドーサイドの干渉は与えない。
	③	汎用型間ではメインーサイド干渉を許容し、サイドーサイド干渉を2台まで許容する。(*2)

(*2) ・ 汎用型レーダーは設置可能台数が増えるように考慮した干渉保護基準。
 ・ これは送信パルスのデューティー比を10%以下とした場合、70%以上の受信時間を確保できることを意味する。

(3) 干渉許容レベル (共用条件)

	高性能型レーダー	汎用型レーダー
干渉許容レベル	メインーサイドの干渉で I/N -10dB 以下	サイドーサイドの干渉で I/N 0dB 以下

2.電波干渉計算に必要な諸元

与干渉側	備考
設置場所	緯度・経度・標高
送信周波数	f_0
送信電力	送信給電損失及び空中線利得と併せEIRP表現も可
送信給電損失	送信機—空中線間
空中線利得	メイン及びサイド
送信スペクトラム	中心から±80MHz 0.5MHz刻み以下
パルス変調方式	P0NまたはQ0N (Q0Nの場合変調周波数幅も示す)

被干渉側	備考
設置場所	緯度・経度・標高
受信周波数	f_1
空中線利得	メイン及びサイド
受信給電損失	空中線—受信機入力間
受信フィルタ特性	中心から±80MHz 0.5MHz刻み以下
最小受信感度	S_{min}
干渉許容レベル	決められた I/N 以下
干渉除去機能及びその条件	干渉パルスの幅、送信繰り返し電力等

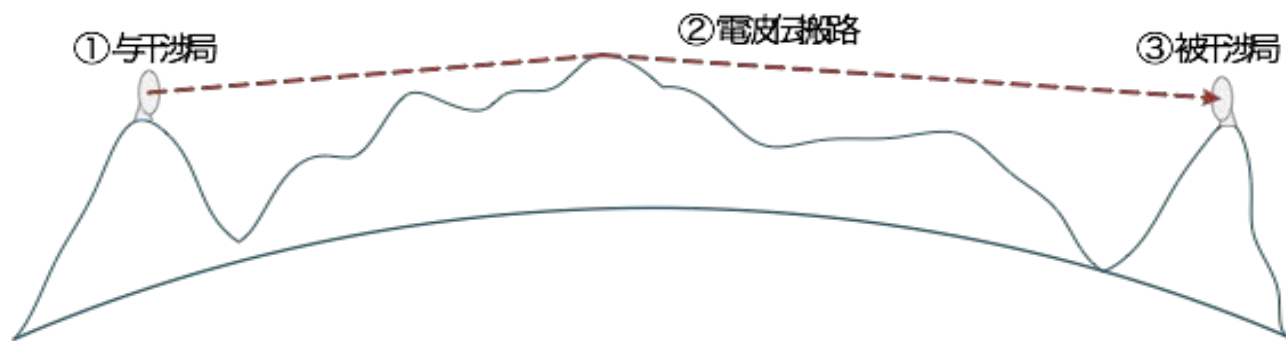
3.レーダー諸元モデル

項目	高性能型レーダー	汎用型レーダー
空中線電力(H/V合計値)	10 kW	400 W
送信給電損失	2 dB	2 dB
空中線利得	42 dB	38 dB
サイドローブ減衰量(*3)	-30 dB	-27 dB
送信周波数離隔減衰量 5MHz 以上	50 dB	50 dB
送信周波数離隔減衰量 10MHz 以上	60 dB	60 dB
受信フィルタ周波数特性 5MHz離隔 以上	50 dB	50 dB
受信フィルタ周波数特性 10MHz離隔 以上	60 dB	60 dB
受信給電損失	2 dB	2 dB
最小受信電力	-110 dB	-110 dB
干渉許容受信電力 I/N	-10 dB	0 dB

(*3) 主指示方向から15°以上

4.レーダー間の電波干渉計算モデル

(1)電波干渉概念図



①与干渉局情報			②電波伝搬損失情報			③被干渉局情報		
空中線	空中線利得	G_t	自由空間 伝搬損失	両局間離隔距離	r	空中線	空中線利得	G_r
	給電損失	L_t		送信周波数	f_t		給電損失	L_r
送信機	送信電力	P_t	電波の屈折	大気による屈折を考慮した等価地球半径係数	4/3	受信機	受信周波数	f_r
	送信周波数	f_t					最小受信感度	S_{min}
	送信電力スペクトラム	$T(f)$					受信フィルタ特性	$R(f)$
位置情報	緯度・経度		リッジ回折 損失	山岳等の電波伝搬経路における障害物（地球高度マップ情報）	L_p	位置情報	緯度・経度	
	標高						標高	
	空中線高						空中線高	
			大気減衰	電波の大気による減衰	K_r			

4.レーダー間の電波干渉計算モデル

(2)干渉電波強度計算

- 被干渉局における受信機入力端での**干渉電力強度(P_i)**は以下の式で計算される。

$$P_i = EIRP - L_p + G_r - L_r - A(\Delta f) \quad (\text{dBm})$$

ここで

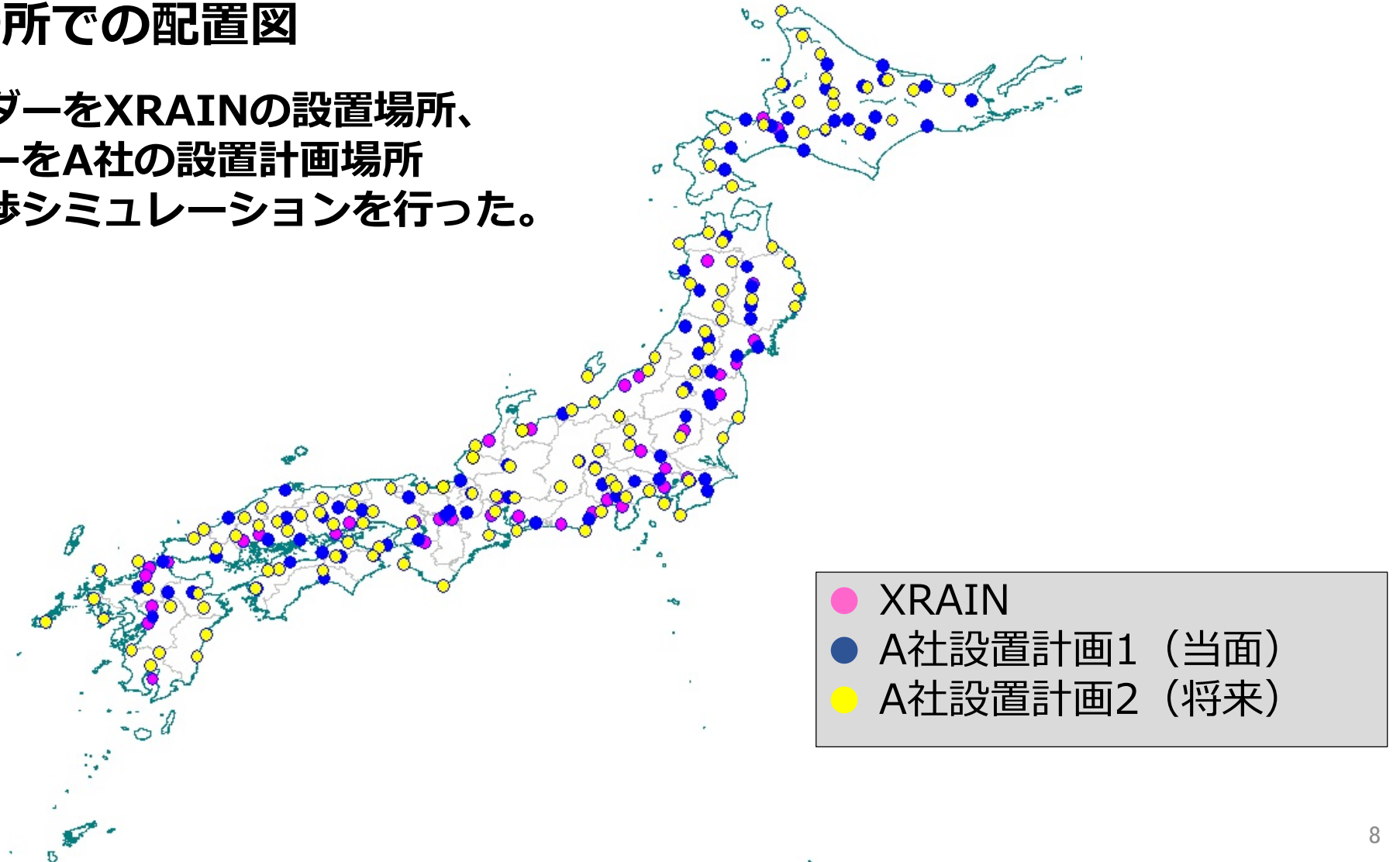
- $EIRP$: 与干渉局放射電波強度(dBm) . . . (送信電力-給電損失+空中線利得)
- L_p : 電波伝搬損失(dB) (*4)
- G_r : 被干渉局空中線利得(dBi) . . . (干渉条件によりメイン/サイド)
- L_r : 被干渉局受信給電損失(dB)
- $A(\Delta f)$: 被干渉局と与干渉局の周波数差($\Delta f = f_r - f_t$)から生ずる離調減衰量 (dB)

(*4) L_{p0} : 自由空間伝搬損失, L_d : リッジ回折損失, K_r : 大気減衰 の合計値

5. 想定設置場所での干渉シミュレーション

(1) 想定設置場所での配置図

高性能型レーダーをXRAINの設置場所、
汎用型レーダーをA社の設置計画場所
として電波干渉シミュレーションを行った。



5. 想定設置場所での干渉シミュレーション

(2) 干渉計算結果 (XRAINの割当てが無い9705MHzで実施)

A社の設置計画レーダーがXRAINに干渉を与える件数、A社レーダー間で干渉を生ずる件数およびXRAINがA社レーダーに干渉を与える件数を表にまとめた。

(A) メインーサイド干渉

		被干渉 (*4、*5)		
		高性能型 (レーダーの台数)	A社(レーダーの台数)	
レーダーグループ		既設(39台)	設置計画1(113台)	設置計画2(120台)
与 干 渉	高性能型(39台)	-	90[49台]	50[29台]
	A社 設置計画1(113台)	76 [42台]	294[84台]	225[87台]
	A社 設置計画2(120台)	44[22台]	224[82台]	144[65台]

*4 表中の数字はレーダーグループ間で干渉を生じる組合せを示す。この数字は、1台のレーダーから複数のレーダーに干渉を与える場合、その干渉数が内数に含まれる。

*5 []内の数字は、干渉に関わるレーダーの台数。

5. 想定設置場所での干渉シミュレーション

(2) 干渉計算結果 (XRAINの割当てが無い9705MHzで実施)

(B) サイドーサイド干渉

		被干渉		
		高性能型 (レーダー数)	A社汎用型(レーダー数)	
レーダーグループ		既設(39台)	設置計画1(113台)	設置計画2(120台)
与干渉	高性能型(39台)	-	24[22台]	10[9台]
	A社 新設計画1(113台)	12[12台]	130[59台]	93[56台]
	A社 新設計画2(120台)	8[8台]	46[52台]	38[21台]

[]内の数字は干渉に関わるレーダーの台数を示す。

5. 想定設置場所での干渉シミュレーション

(2) 干渉計算結果 (XRAINの割当てが無い9705MHzで実施)

(C) 高性能型レーダーに対する干渉計算結果のまとめ

汎用型レーダーが高性能型レーダーに与える干渉と、高性能型から受ける干渉のレーダーの台数のまとめ

表中の数字は関与する汎用型レーダーの台数を示す。

		A社汎用型レーダー（設置計画台数）	
		設置計画1(113)	設置計画2(120)
干渉方向	ビーム会合条件		
高性能型レーダー に与える干渉	メインーサイド	42	22
	サイドーサイド	12	8
高性能型レーダー から受ける干渉	メインーサイド	49	29
	サイドーサイド	22	9
個別レーダー数(*6)		49	29

(*6) すべてのケースにおいて関与するA社レーダーの個別台数

5. 想定設置場所での干渉シミュレーション

(2) 干渉計算結果 (XRAINの割当てが無い9705MHzで実施)

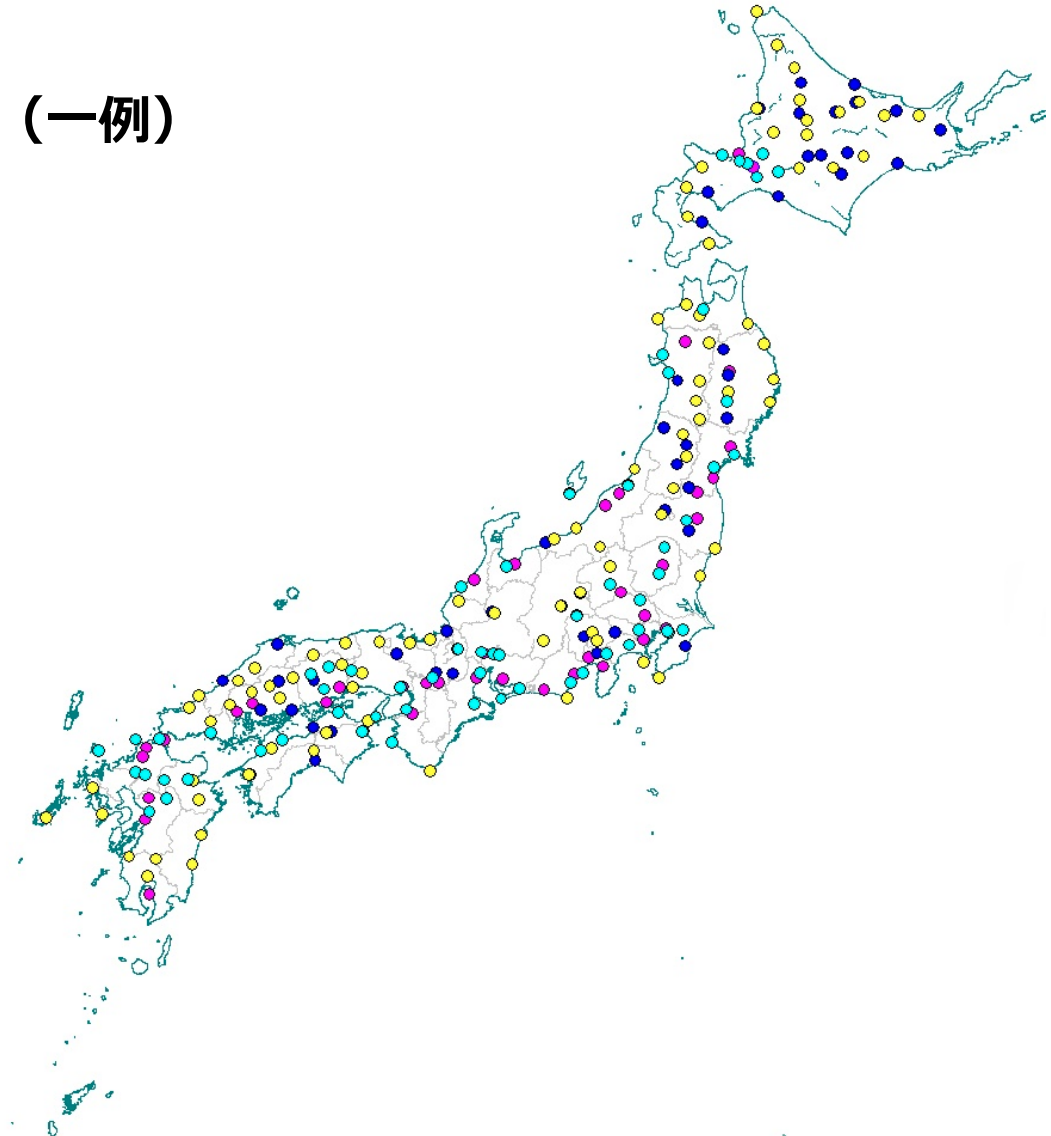
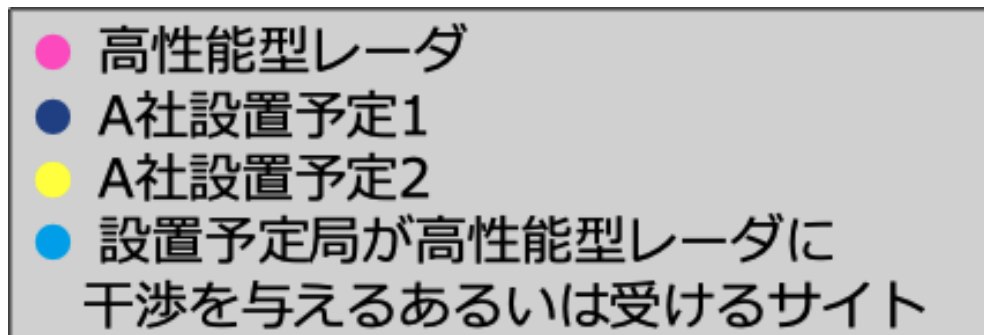
(C) 汎用型レーダー1サイトが干渉を受ける与干渉数

サイドーサイド干渉	干渉を生ずるレーダー台数																2台以上
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	合計
A社計画 (レーダー台数)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	合計
設置計画1 (113台)	34	20	23	9	6	7	6	3	3	0	0	1	1	0	0	0	36
設置計画2 (120台)	64	23	18	1	5	2	3	1	1	1	0	1	0	0	0	0	15

赤字は干渉許容台数 (2台) を超えたサイト数

5. 想定設置場所での干渉シミュレーション

(D) A社新設計画レーダーが高性能型
レーダーに干渉を与えるサイトのマップ（一例）



まとめ

- 汎用型レーダーの中心周波数を9705MHzとしたときの、高性能型レーダーへの干渉、及び汎用型レーダーが他局から受ける干渉の可能性について試算を行った。
- 計画通りに設置した場合、チャンネルとして9705MHzのみを使用したとき、
 1. 高性能型レーダーに対して、汎用型レーダーの64局（全体の27%）が干渉を与える（メインサイドでの干渉条件）
 2. 汎用型レーダーについて、定常的に他の2局以上から干渉を受ける局が51局（全体の22%）ある（サイドサイドでの干渉条件）
- 汎用型レーダーが利用できる局数を増やすためには、例えば、送信スペクトルのマスクをより細かく厳しく設定し、隣接チャンネルへの影響を少なくする等の改良や、局ごとの送信ブランキング等の対策が必要