

第2回気象レーダー作業班（平成29年12月21日）資料 抜粋

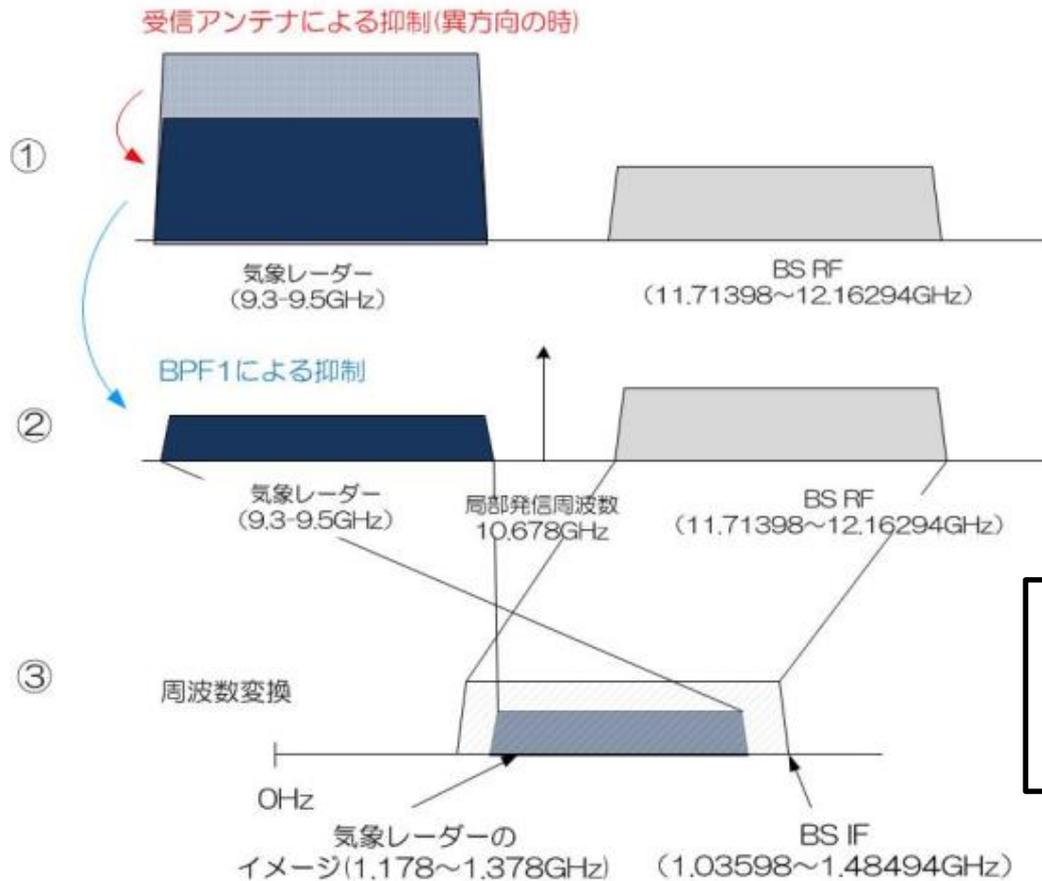
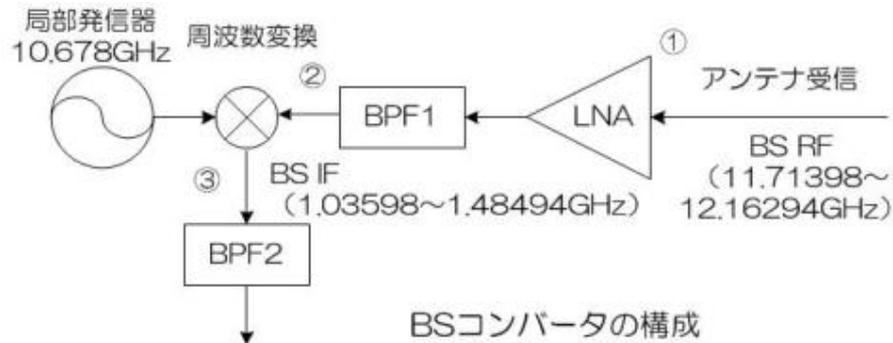
気象レーダーとBS/CS受信共用検討資料

B-SAT、NHK、スカパーJSAT

平成29年11月30日

(3) 干渉発生メカニズム(帯域内、帯域外、IF等)及び具体的な干渉例

気象レーダーからBS-IFへの干渉メカニズム



CS放送への干渉メカニズムも同様に、9.7GHz帯域の気象レーダーが12.25-12.75GHzのCS放送に対しLO:11.2GHzの受信アンテナにてイメージによる干渉が発生する

(4) 気象レーダーとの共用検討モデル(机上検討に必要な緒元、離隔距離、実証実験の有無・方法等)

船舶レーダーからBS-IFへの干渉検討手順の例

(i) 室内実験

(a) 実験の目的

9GHz帯船舶レーダー信号に対するBS放送受信機の許容干渉電力を決めるための基礎資料として、各種レーダー信号の電力(C_{ave} (放送波の平均電力)/ I_{peak} (レーダー波のピーク電力))と放送受信の遮断、エラーフリーの関係を明らかにする。パルス幅1~100 μ s、周波数掃引帯域幅は1~34.5 MHzとして、実際のレーダー波がBS受信に与える干渉影響を明らかにする。

(b) 実験の方法

測定法 図1の系統図で、IF段でノイズとレーダー干渉波(各種パルス幅)を入力して、BSエア(ISDB-S)受信については映像破綻、および、高度BS、ISDB-S送信機についてはエラーフリー(入力ビット数 10^{10})となる C_{ave}/I_{peak} を測定し、両者の C_{ave}/I_{peak} が一致するかを確認する。周波数はBS-IF ch15 (中心周波数 1318MHz、帯域幅 34.5MHz)。

レーダー信号

パラメータ	値
IF周波数 (RF周波数)	1318MHz (9.36 GHz)
帯域幅	1~34.5 MHz
パルス幅	1 μ s~100 μ s
パルス繰り返し周波数、周期	500Hz~3,000Hz、2ms~333 μ s

実験系統図

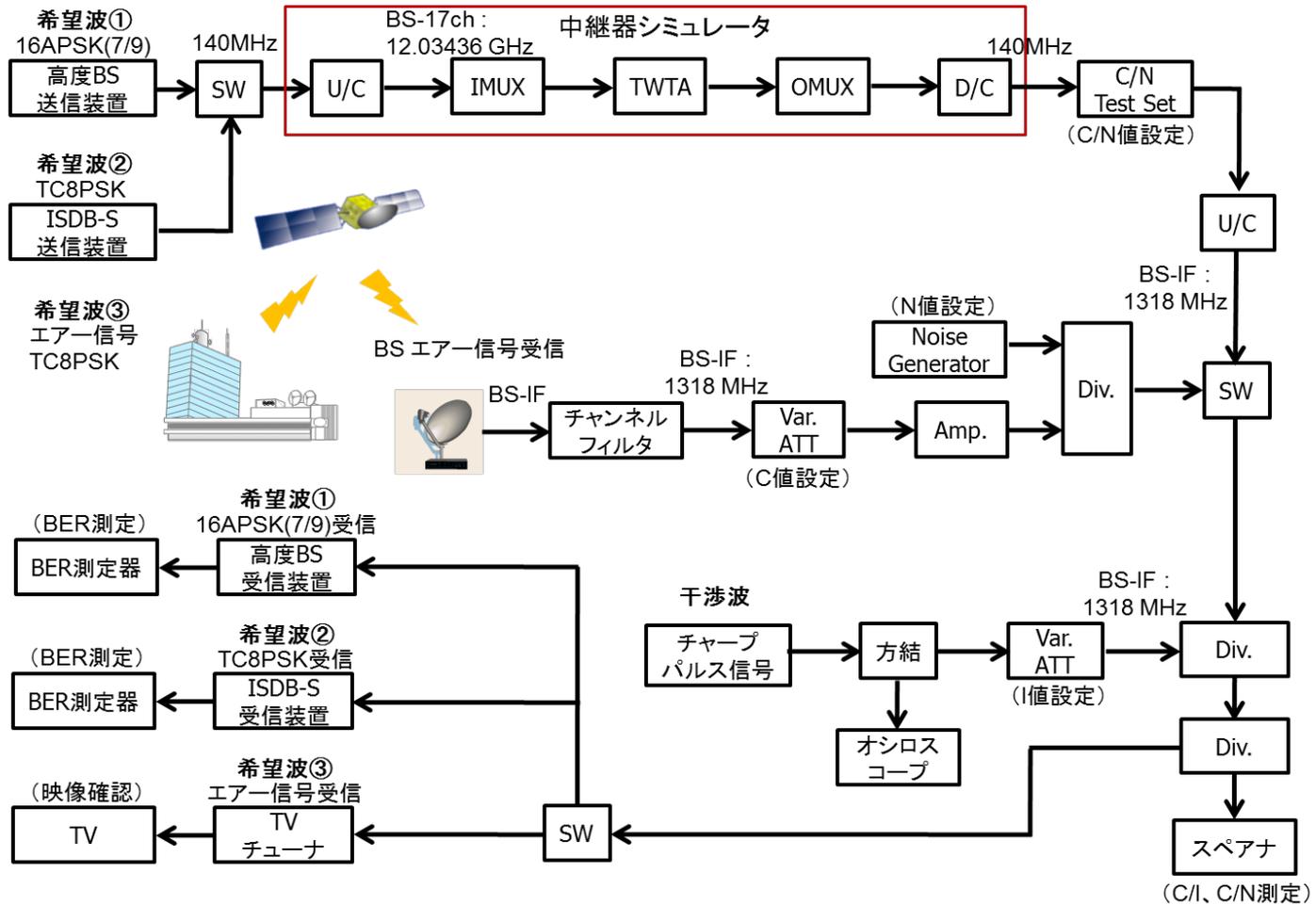


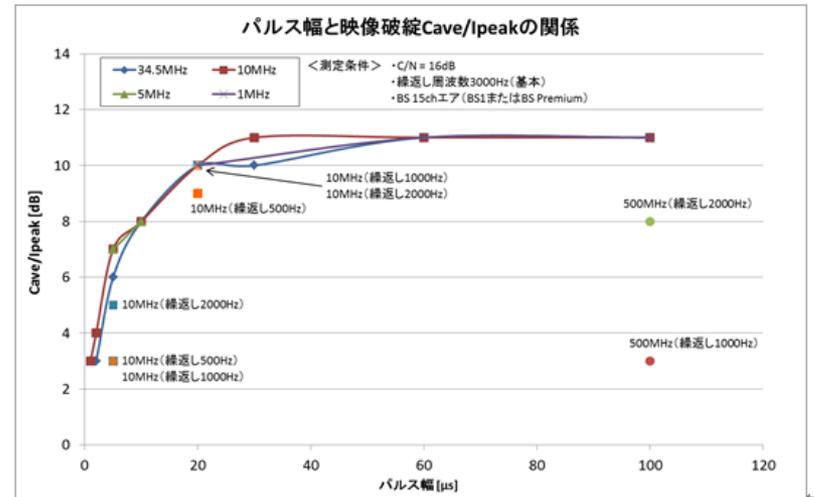
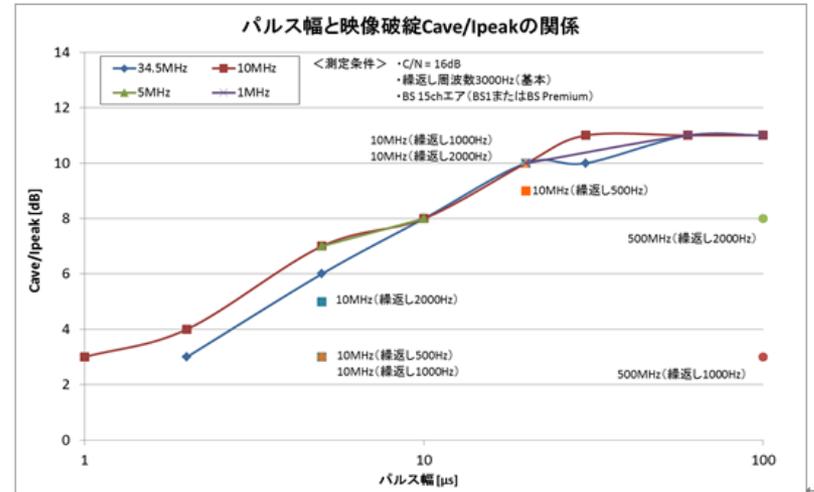
図1 干渉測定系統図

レーダー模擬信号発生器(キーサイト N5193A)

測定結果 1

映像破綻となるCave/Ipeak(dB) (注1)

レーダー波の帯域幅(MHz) ^①	レーダー波のパルス幅 (μs) ^②	繰り返し周波数(kHz) 周期(ms) ^③	BSエアの映像破綻 Cave/Ipeak (dB) ^④
34.5 ^⑤	2 μs ^⑥	3, 0.333 ^⑦	3 ^⑧
	5 μs ^⑥	3, 0.333 ^⑦	6 ^⑧
	10 μs ^⑥	3, 0.333 ^⑦	8 ^⑧
	20 μs ^⑥	3, 0.333 ^⑦	10 ^⑧
	30 μs ^⑥	3, 0.333 ^⑦	10 ^⑧
	60 μs ^⑥	3, 0.333 ^⑦	11 ^⑧
	100 μs ^⑥	3, 0.333 ^⑦	11 ^⑧
	100 μs ^⑥	1, 1 ^⑦	11 ^⑧
10 ^⑤	1 μs ^⑥	3, 0.333 ^⑦	3 ^⑧
	2 μs ^⑥	3, 0.333 ^⑦	4 ^⑧
	5 μs ^⑥	3, 0.333 ^⑦	7 (注2) ^⑧
	5 μs ^⑥	2, 0.5 ^⑦	5 ^⑧
	5 μs ^⑥	1, 1 ^⑦	3 ^⑧
	5 μs ^⑥	0.5, 2 ^⑦	3 ^⑧
	10 μs ^⑥	3, 0.333 ^⑦	8 ^⑧
	20 μs ^⑥	3, 0.333 ^⑦	10 ^⑧
	20 μs ^⑥	2, 0.5 ^⑦	10 ^⑧
	20 μs ^⑥	1, 1 ^⑦	10 ^⑧
	20 μs ^⑥	0.5, 2 ^⑦	9 ^⑧
	30 μs ^⑥	3, 0.333 ^⑦	11 ^⑧
	60 μs ^⑥	3, 0.333 ^⑦	11 ^⑧
100 μs ^⑥	3, 0.333 ^⑦	11 ^⑧	
5 ^⑤	5 μs ^⑥	3, 0.333 ^⑦	7 ^⑧
	10 μs ^⑥	3, 0.333 ^⑦	8 ^⑧
1 ^⑤	20 μs ^⑥	3, 0.333 ^⑦	10 ^⑧
	60 μs ^⑥	3, 0.333 ^⑦	11 ^⑧
	100 μs ^⑥	3, 0.333 ^⑦	11 ^⑧

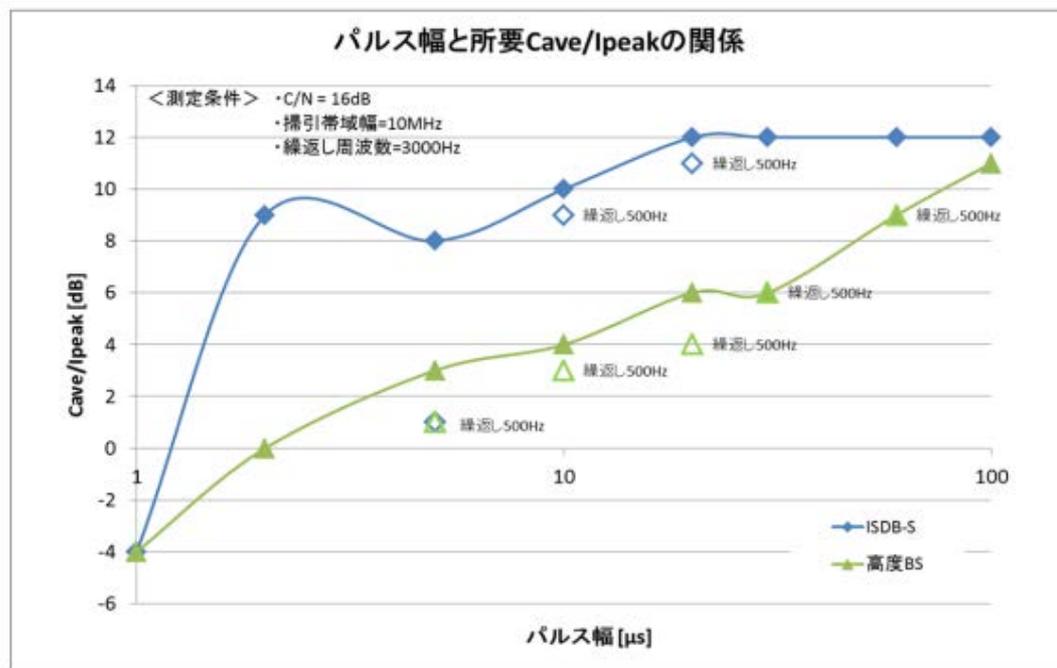


測定結果 2

エラーフリーとなるCave/Ipeak(dB)

レーダー波の帯域幅 10MHz, 繰り返し周波数 3kHz

レーダー波の パルス幅 (μ s)	ISDB-S エラーフリー Cave/Ipeak (dB)	高度BS エラーフリー Cave/Ipeak (dB)
1	-4	-4
2	9	0
5	8	3
10	10	4
20	12	6
30	12	6
60	12	9
100	12	11



(ii) 屋外実験

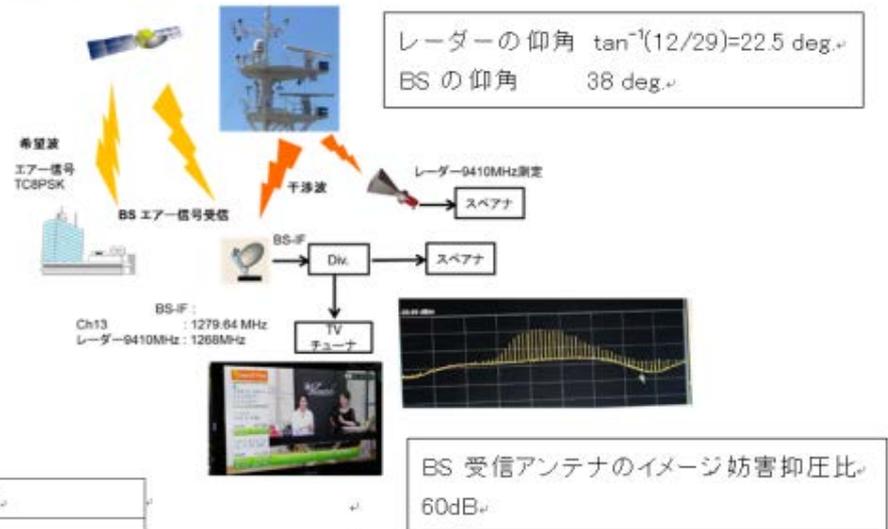
(a) 実験項目

市販の家庭用BS受信アンテナを用いた時、レーダー波の干渉で画像破綻することの確認。 2016年5月27日(金)

(b) 実験系統



実験系統図



レーダーメーカー名	日本無線(株)
レーダー型名	JMA-5320-9
RF 周波数±偏差	9410MHz±30MHz
帯域幅	4MHz
パルス幅	0.07-1.2 μs
パルス繰り返し周波数、周期	2,200-520Hz、0.45-1.92ms
変調	PON (パルス幅の間単一周波数)
ピーク電力	25kW
アンテナ利得、ビーム幅	31.7dBi、水平 0.8 度/垂直 21.9 度
偏波	水平偏波
アンテナ回転速度	約 24rpm (2.5 秒で 1 回転)

(c)実験結果

レーダーの送信電力とBS 受信画像

(1) 下側レーダー (JMA-9253-9CA)

0.25 Nautical Mile(観測距離設定)、パルス幅 $0.07 \mu s$ 、

マグネトロン尖頭出力電力 25kW (最大)

(74dBm)

アンテナ利得(22.5 度方向) 17.5dBi(=30.2-12.7) 、フィーダロス 1.5dB

※水平面ピーク 30.2dBi, 水平 0.8 度/垂直 25 度

EIRP peak 60.0dBW

画像 BS13ch、BS 日テレ、BS フジとも、画像乱れなし



BS 日テレ



BS フジ

(2) 上側レーダー (JMA-5320-9)。

下側レーダーは古いため、より新しい上側レーダーから送信。

120 Nautical Mile(観測距離設定)、パルス幅 $1.2 \mu s$ 、

マグネトロン出力電力 25kW (74dBm)。

アンテナ利得(22.5 度方向) 16.7dBi、フィードロス 1.5dB。

EIRP peak **59.2dBW**。

(参考) ・BS 受信の Cave/lpeak = -27.7dB となる BS 受信アンテナのレーダー方向の
アンテナ利得相対値は、-33.5dB (表 1)。

・NHK 技研 9GHz 帯標準ホーンとスペアナで測定した EIRP は、下側レーダー
より 20dB 上昇し、**61.6dBW**(表 2)。

レーダー波 Off IF

BS ch11 (1241.28MHz) Cave=-51.81dBm/34.5MHz

BS ch13 (1279.64MHz) Cave=-51.21dBm /34.5MHz

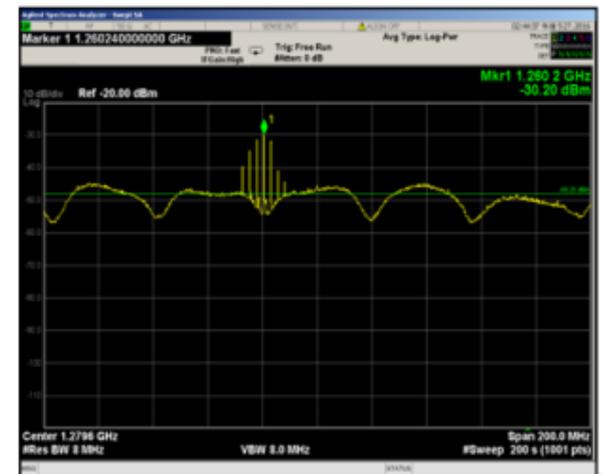
レーダー波 On, BS アンテナ軸外シ(下方向)

I = -23.5dBm (ピークホールド)

C/I = -27.7dB

画像 BS13ch、BS 日テレ、BS フジ、BS11ch 放送大学
とも、画像乱れなし。

C/I 測定



パルス幅 $1.2 \mu s$ 、 $f_0=1267.964\text{MHz}$ 、
Span 200MHz, Sweep 200sec

表 1 干渉計算 (上側レーダー)

	マグネトロン PON(1.2us)25kW
船舶レーダ周波数 (MHz)	9410
BS Receiver [B]	RHCP
BS LO (MHz)	10678
IF (MHz)	1268
帯域幅 (MHz) R_BW	4
送信電力 Pt (kW)	25.0
送信電力 Pt (dBW)	44.0
アンテナ利得 (dBj)	16.7
フィーダロス (dB)	1.5
EIRP max (dBW)	59.2
Distance [A] to [B] (km)	0.03
$4\pi d^2$ (dBm2)	40.53
pfd (dBW/m2/R_BW) max	18.64

BS Receiver [B]	
BS_BW (MHz)	34.5
イメージ妨害抑圧比 (dB)	60
BS 受信アンテナ識別度(dB)	33.5
EIRP (dBW) (東京)	60
Distance [B] to BS receiver (東京) (km)	37990
$4\pi d^2$ (dBm2)	162.6
pfd (dBW/m2/BS_BW)	-102.6
偏波損 (LP vs CP) (dB)	0.0
BS_BW / R_BW (dB)	0.0
Cave/Ipeak (dB)=所要 C/I+ マージン	-27.7
所要 Cave/Ipeak (dB)	3.0

BS受信画像が破たんしない理由の考察

(1) Cave/Ipeak=-27.7dBで画像破綻しない理由

- (i) レーダーアンテナが24rpmで回転するので(2.5秒で1回転)、干渉の遭遇時間は2.5秒に1回に減少。2016年1月の実験では、Q0N(周波数掃引)、パルス幅5 μ sに対し、繰り返し周波数500Hz、1kHzでC/I=3dB、2kHzで5dBという差があったので、干渉との遭遇確率は理由になりうる。
- (ii) BS受信機のインターリーブ処理で、1.2 μ s内の誤りは訂正されて検知されない。2016年1月室内実験時と、BS受信機が異なるにせよ、Cave/Ipeak = -27.7dBまで耐性があるとは考えづらいが、これを確認するには、上記(i)同様、PON変調で、アンテナ回転に対応する、間歇レーダー模擬信号と今回使用のBS受信機を使った室内実験(IF合成)が必要。

(2) 解析において、レーダーの9GHz帯のBS受信アンテナ利得を12GHz帯と同じものを使っているが、9GHz帯のアンテナ利得が異なるかもしれない。このため、RF周波数のレーダーを使った実験が必要。

(5) 干渉有無を判断するための具体的な判定基準(許容値)及び評価方法(規格値又は実力値の取り扱い等)

・BS/CS受信システムへの許容干渉電力を決めるため、以下を要望する。

- (i) 現在運用中の9GHz帯気象レーダーのパラメータ(仕様)、場所を教えてください。
- (ii) 現在運用中の9GHz帯気象レーダーの非運用、あるいは、予備の機械を使って、BS/CS受信干渉実験をさせていただきたい。
- (iii) 新しい気象レーダーのパラメータを教えてください。
- (iv) 新しい気象レーダーを使って、BS/CS受信干渉実験をさせていただきたい。

・許容干渉電力への換算

- (i) 測定の結果得られた、画像破綻になるCave/lpeak(dB)が、許容干渉になるわけではなく、測定で得られたCave/lpeak(dB)にX(dB)を加えた値が許容干渉量を与える。
- (ii) 放送衛星同士の干渉ケースでは、Xは15.3dBであり(無線通信規則 AP30 Annex 1)、この値はほぼ降雨減衰による遮断時間を約10%増加させる値に対応する(勧告ITU-R BO.1444)。

(6) 想定される干渉回避手段及び共用を可能とするための具体的条件(気象レーダー側に求める干渉防止策やルール等)

BS受信障害が発生した場合は、与干渉側で干渉回避のための
所要の対策を講じる。