

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

目次

BS/CS受信システムへの許容干渉電力を決めるための要望

- (1) 被干渉システムの概要
- (2) 保護の根拠
- (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
- (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)
- (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)
- (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な条件(気象レーダー側に求める干渉防止策やルール等)

科学的根拠(学術的に認めれた方程式等)や参考文献(例えば、ITU等国际ルールやARIB等国内ルール等)を明示

BS/CS受信システムへの許容干渉電力を決めるための要望

- (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。

(1) 被干渉システムの概要

12GHz帯衛星放送の概要

B-SATについて

株式会社放送衛星システム (Broadcasting Satellite System Corporation、略称 B-SAT) は日本で唯一のBS放送の衛星調達・運用会社です。

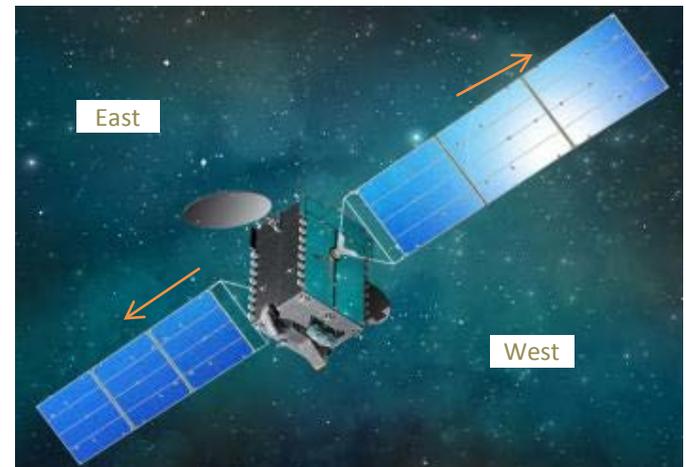
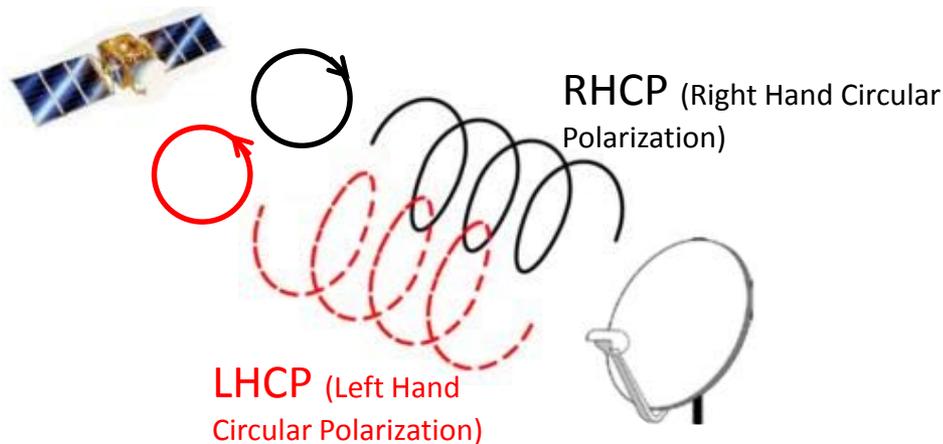
B-SATは現在、BSAT-3シリーズの3機の衛星を東経110度の軌道位置で運用し、BS放送をお届けしています。万一衛星が故障したような場合でも、直ちに他の衛星の中継器に切り替えて放送を継続する冗長構成となっています。

そして今年は今世代放送(4K・8K)の送信が可能な次期放送衛星(BSAT-4a)を打ち上げました。

	 BSAT-3a イラスト提供/ロッキード・マーチン社	 BSAT-3b イラスト提供/ロッキード・マーチン社	 BSAT-3c イラスト提供/ロッキード・マーチン社
形式	米国ロッキード・マーチン社の三軸姿勢安定型(A2100Aバス)		
全長	14.65m		18.9m
チャンネル	8 (わが国に割り当てられているプラン12chから選択可能)		12 (わが国に割り当てられているプラン12ch全てを同時運用可能)
周波数	上り:17GHz 帯/下り:12GHz 帯(右旋円偏波)		
送信出力	寿命末期120W以上(食期間中も放送可能)		
送信機構成	14本(予備6本含む)で冗長系スイッチネットワークを構成		16本(予備4本含む)で冗長系スイッチネットワークを構成
重量	打ち上げ時:約1980kg	打ち上げ時:約2060kg	打ち上げ時:約2906kg
設計寿命	13年以上		15年以上
打ち上げ	ロケット:アリアン-5 平成19年8月15日	ロケット:アリアン-5 平成22年10月29日	ロケット:アリアン-5 平成23年8月7日
運用開始	平成19年11月1日		平成23年9月21日

BSAT-4a の概要

ミッション	衛星放送、HDTV、4K/8K UHD TV (high definition、4K/8K ultra-high definition television service)
寿命	15年以上
静止軌道	東経110°
衛星バス	1300 (Space Systems/Loral) , 3.5 トン, 10kW
中継器	24 トラポン (11.7-12.2GHz, 34.5MHz帯域幅, RHCP (右旋円偏波) & LHCP(左旋円偏波))
打ち上げ	2017年9月30日 (JST)
ロケット	アリアン 5 ECA



BS放送(右旋)のテレビ番組のチャンネル配列図

1ch (11.72748GHz)			3ch (11.76584GHz)			13ch (11.95764GHz)			15ch (11.99600GHz)		
BS朝日	BS-TBS	BS Japan	WOWOW プライム	NHK BSプレミアム	ディズ ニー チャンネル 総合編成 [SD]	BS日テレ	BSフジ	BSアニマッ クス	NHK BS1	スターチャ ンネル 2	スターチャ ンネル 3
総合編成	総合編成	総合編成	総合娯楽			総合編成	総合編成	アニメ		映画	映画
(16)	(16)	(16)	(24)	(18)	(6)	(16)	(16)	(16)	(20)	(13)	(13)
5ch (11.80420GHz)		7ch (11.84256GHz)			9ch (11.88092GHz)			11ch (11.91928GHz)			
WOWOW ライブ	WOWOW シネマ	BS朝日	BSジャパン	BS日テレ ^{※1}	BS11	スターチャ ンネル 1	TwelV	FOXスポーツ &エンターテ イメント	BS スカパー!	放送大学	
総合娯楽	総合娯楽	総合編成	総合編成	総合編成	総合編成	映画	総合編成	総合娯楽	総合娯楽	大学教育放送	
(24)	(24)	(40)	(40)	(40)	(18)	(15)	(15)	(16)	(16)	(16)	
17ch (12.03436GHz)			19ch (12.07272GHz)			21ch (12.11108GHz)			23ch (12.14944GHz)		
NHK SHV 4K	BS-TBS 4K	BSフジ	グリーンチャンネル	J SPORTS 1	J SPORTS 2	イマジカ BS・映画	J SPORTS 4	J SPORTS 3	BS釣りビジョン	BS日本映画 専門チャンネル	Dlife
	総合編成	総合編成	農林水産情報・ 中央競馬	スポーツ	スポーツ	映画	スポーツ	スポーツ	娯楽・趣味	映画	総合編成
(40)	(40)	(40)	(16)	(16)	(16)	(16)	(16)	(16)	(16)	(16)	(16)

注: 斜体表示のテレビ番組(7ch、17ch)は4K。

※1 BS日テレは平成31年12月1日より、それ以外は平成30年12月1日より放送開始予定。

4K番組 HD28番組 SD1番組

合計35番組^{※2}

※2 データ放送(1番組)、音声放送(1番組)を除く。

2018年12月1日以降

2017年4月14日、4K・8K放送推進連絡協議会(第1回)資料より

2ch (11.74666GHz)	4ch (11.78502GHz)		6ch (11.82338GHz)		8ch (11.86174GHz)		
未使用	未使用		未使用		SCサテライト 放送	QVC サテライト	東北新社
					ショッピング チャンネル	※ QVC	映画エンタ テインメント チャンネル
					ショッピング	ショッピング	映画
(スロット数) (120)	(120)		(120)		(40)	(40)	(40)
10ch (11.90010GHz)	12ch (11.93846GHz)			14ch (11.97682GHz)		16ch (12.01518GHz)	
未使用	WOWOW			日本放送協会		未使用	
	※ WOWOW			NHK SHV 8K			
	総合娯楽						
(スロット数) (120)	(40)	(40)	(40)	(120)		(120)	
18ch (12.05354GHz)	20ch (12.09190GHz)			22ch (12.13026GHz)			
未使用	未使用			未使用			
(スロット数) (120)	(120)			(120)			

注: BS放送(左旋)のテレビ番組は4K(NHKは8K)。

※ QVCは平成30年12月31日より、WOWOWは平成32年12月1日より、
それ以外は平成30年12月1日より放送開始予定。

8K1番組 4K4番組	合計5番組
-------------	-------

2018年12月1日以降

2017年4月14日、4K・8K放送推進連絡協議会(第1回)資料より

CS放送概要

日本の衛星放送は、用いられる人工衛星によって、放送衛星(BS : Broadcasting Satellite)を使用するBS放送と、通信衛星(CS : Communication Satellite)を使用するCS放送の2つに分けることができます。

スカパーJSATが自社所有の通信衛星を使用して行っている有料多チャンネル放送サービス「スカパー！」は、日本で唯一のCS放送です。スカパーJSATでは、「スカパー！」の放送に、BS放送の放送衛星と同じ東経110度上にある通信衛星を使用。また「スカパー！プレミアムサービス」では、東経124度と128度上の2つの通信衛星を使用しています。



スカパー！ プレミアムサービス

スカパー！を包含した、フルラインナップサービスです。

- キレイな画質 全チャンネルハイビジョン
- 圧倒的なチャンネル数 全259ch (デジタルラジオ100ch含む)

東経124度、128度のCS



軌道位置
東経124度

打ち上げ日 (日本時間)
2012年 5月16日

打ち上げロケット
アリアン-5ECA

衛星バス
Lockeed A2100AX

周波数帯
Kuバンド

増幅器出力
150W

東経124度 JCSAT-4B



軌道位置
東経128度

打ち上げ日 (日本時間)
2006年 8月12日

打ち上げロケット
アリアン 5

衛星バス
Lockeed A2100AX

周波数帯
Kuバンド Cバンド

増幅器出力
Ku: 127W C: 48W

形状及び寸法
3軸姿勢制御型 南北: 26.9m 東西: 8.6m

東経128度 JCSAT-3A

12GHz帯衛星放送の周波数(RF、IF)

BW	34.5	MHz							
LO	10.678	GHz							
ch	RF Center (GHz)	f low (GHz)	f up (GHz)	IF Center (MHz)	IF low (MHz)	IF up (MHz)	Image center (GHz)	Image low (GHz)	Image up (GHz)
1	11.72748	11.71023	11.74473	1049.48	1032.23	1066.73	9.62852	9.61127	9.64577
3	11.76584	11.74859	11.78309	1087.84	1070.59	1105.09	9.59016	9.57291	9.60741
5	11.80420	11.78695	11.82145	1126.20	1108.95	1143.45	9.55180	9.53455	9.56905
7	11.84256	11.82531	11.85981	1164.56	1147.31	1181.81	9.51344	9.49619	9.53069
9	11.88092	11.86367	11.89817	1202.92	1185.67	1220.17	9.47508	9.45783	9.49233
11	11.91928	11.90203	11.93653	1241.28	1224.03	1258.53	9.43672	9.41947	9.45397
13	11.95764	11.94039	11.97489	1279.64	1262.39	1296.89	9.39836	9.38111	9.41561
15	11.99600	11.97875	12.01325	1318.00	1300.75	1335.25	9.36000	9.34275	9.37725
17	12.03436	12.01711	12.05161	1356.36	1339.11	1373.61	9.32164	9.30439	9.33889
19	12.07272	12.05547	12.08997	1394.72	1377.47	1411.97	9.28328	9.26603	9.30053
21	12.11108	12.09383	12.12833	1433.08	1415.83	1450.33	9.24492	9.22767	9.26217
23	12.14944	12.13219	12.16669	1471.44	1454.19	1488.69	9.20656	9.18931	9.22381
BW	34.5	MHz							
LO	9.505	GHz							
ch	RF Center (GHz)	f low (GHz)	f up (GHz)	IF Center (MHz)	IF low (MHz)	IF up (MHz)	Image center (GHz)	Image low (GHz)	Image up (GHz)
2	11.74666	11.72941	11.76391	2241.66	2224.41	2258.91	7.26334	7.24609	7.28059
4	11.78502	11.76777	11.80227	2280.02	2262.77	2297.27	7.22498	7.20773	7.24223
6	11.82338	11.80613	11.84063	2318.38	2301.13	2335.63	7.18662	7.16937	7.20387
8	11.86174	11.84449	11.87899	2356.74	2339.49	2373.99	7.14826	7.13101	7.16551
10	11.90010	11.88285	11.91735	2395.10	2377.85	2412.35	7.10990	7.09265	7.12715
12	11.93846	11.92121	11.95571	2433.46	2416.21	2450.71	7.07154	7.05429	7.08879
14	11.97682	11.95957	11.99407	2471.82	2454.57	2489.07	7.03318	7.01593	7.05043
16	12.01518	11.99793	12.03243	2510.18	2492.93	2527.43	6.99482	6.97757	7.01207
18	12.05354	12.03629	12.07079	2548.54	2531.29	2565.79	6.95646	6.93921	6.97371
20	12.09190	12.07465	12.10915	2586.90	2569.65	2604.15	6.91810	6.90085	6.93535
22	12.13026	12.11301	12.14751	2625.26	2608.01	2642.51	6.87974	6.86249	6.89699
24	12.16862	12.15137	12.18587	2663.62	2646.37	2680.87	6.84138	6.82413	6.85863

東経124度、128度CSの周波数(RF、IF)

チャンネル番号	衛星/中継器		RF Center(GHz)	IF Center (MHz)	Image Center (GHz)	Image Low (GHz)	Image High (GHz)	Pol.
JD17	JCSAT-3A/K1		12.268	1068	10.132	10.1185	10.1455	V
JD18	JCSAT-3A/K2		12.288	1088	10.112	10.0985	10.1255	H
JD19	JCSAT-3A/K3		12.308	1108	10.092	10.0785	10.1055	V
JD20	JCSAT-3A/K4		12.328	1128	10.072	10.0585	10.0855	H
JD21	JCSAT-3A/K5		12.348	1148	10.052	10.0385	10.0655	V
JD22	JCSAT-3A/K6		12.368	1168	10.032	10.0185	10.0455	H
JD23	JCSAT-3A/K7		12.388	1188	10.012	9.9985	10.0255	V
JD24	JCSAT-3A/K8		12.408	1208	9.992	9.9785	10.0055	H
JD25	JCSAT-3A/K9		12.428	1228	9.972	9.9585	9.9855	V
JD26	JCSAT-3A/K10		12.448	1248	9.952	9.9385	9.9655	H
JD27	JCSAT-3A/K11		12.468	1268	9.932	9.9185	9.9455	V
JD28	JCSAT-3A/K12		12.488	1288	9.912	9.8985	9.9255	H
JD17		JCSAT-4B/K1	12.268	1068	10.132	10.1185	10.1455	V
JD18		JCSAT-4B/K2	12.283	1083	10.117	10.1035	10.1305	H
JD19		JCSAT-4B/K3	12.298	1098	10.102	10.0885	10.1155	V
JD20		JCSAT-4B/K4	12.313	1113	10.087	10.0735	10.1005	H
JD21		JCSAT-4B/K5	12.328	1128	10.072	10.0585	10.0855	V
JD22		JCSAT-4B/K6	12.343	1143	10.057	10.0435	10.0705	H
JD23		JCSAT-4B/K7	12.358	1158	10.042	10.0285	10.0555	V
JD24		JCSAT-4B/K8	12.373	1173	10.027	10.0135	10.0405	H
JD25		JCSAT-4B/K9	12.388	1188	10.012	9.9985	10.0255	V
JD26		JCSAT-4B/K10	12.403	1203	9.997	9.9835	10.0105	H
JD27		JCSAT-4B/K11	12.418	1218	9.982	9.9685	9.9955	V
JD28		JCSAT-4B/K12	12.433	1233	9.967	9.9535	9.9805	H
JD29		JCSAT-4B/K13	12.448	1248	9.952	9.9385	9.9655	V
JD30		JCSAT-4B/K14	12.463	1263	9.937	9.9235	9.9505	H
JD31		JCSAT-4B/K15	12.478	1278	9.922	9.9085	9.9355	V
JD32		JCSAT-4B/K16	12.493	1293	9.907	9.8935	9.9205	H
JD1	JCSAT-3A/K13	JCSAT-4B/K17	12.508	1308	9.892	9.8785	9.9055	V
JD2	JCSAT-3A/K14	JCSAT-4B/K18	12.523	1323	9.877	9.8635	9.8905	H
JD3	JCSAT-3A/K15	JCSAT-4B/K19	12.538	1338	9.862	9.8485	9.8755	V
JD4	JCSAT-3A/K16	JCSAT-4B/K20	12.553	1353	9.847	9.8335	9.8605	H
JD5	JCSAT-3A/K17	JCSAT-4B/K21	12.568	1368	9.832	9.8185	9.8455	V
JD6	JCSAT-3A/K18	JCSAT-4B/K22	12.583	1383	9.817	9.8035	9.8305	H
JD7	JCSAT-3A/K19	JCSAT-4B/K23	12.598	1398	9.802	9.7885	9.8155	V
JD8	JCSAT-3A/K20	JCSAT-4B/K24	12.613	1413	9.787	9.7735	9.8005	H
JD9	JCSAT-3A/K21	JCSAT-4B/K25	12.628	1428	9.772	9.7585	9.7855	V
JD10	JCSAT-3A/K22	JCSAT-4B/K26	12.643	1443	9.757	9.7435	9.7705	H
JD11	JCSAT-3A/K23	JCSAT-4B/K27	12.658	1458	9.742	9.7285	9.7555	V
JD12	JCSAT-3A/K24	JCSAT-4B/K28	12.673	1473	9.727	9.7135	9.7405	H
JD13	JCSAT-3A/K25	JCSAT-4B/K29	12.688	1488	9.712	9.6985	9.7255	V
JD14	JCSAT-3A/K26	JCSAT-4B/K30	12.703	1503	9.697	9.6835	9.7105	H
JD15	JCSAT-3A/K27	JCSAT-4B/K31	12.718	1518	9.682	9.6685	9.6955	V
JD16	JCSAT-3A/K28	JCSAT-4B/K32	12.733	1533	9.667	9.6535	9.6805	H

BW : 27MHz
LO : 11.2GHz

(2) 保護の根拠

放送衛星同士の干渉計算と回避法

C: Carrier
 I_{agg} : Interference aggregate (干渉総量)

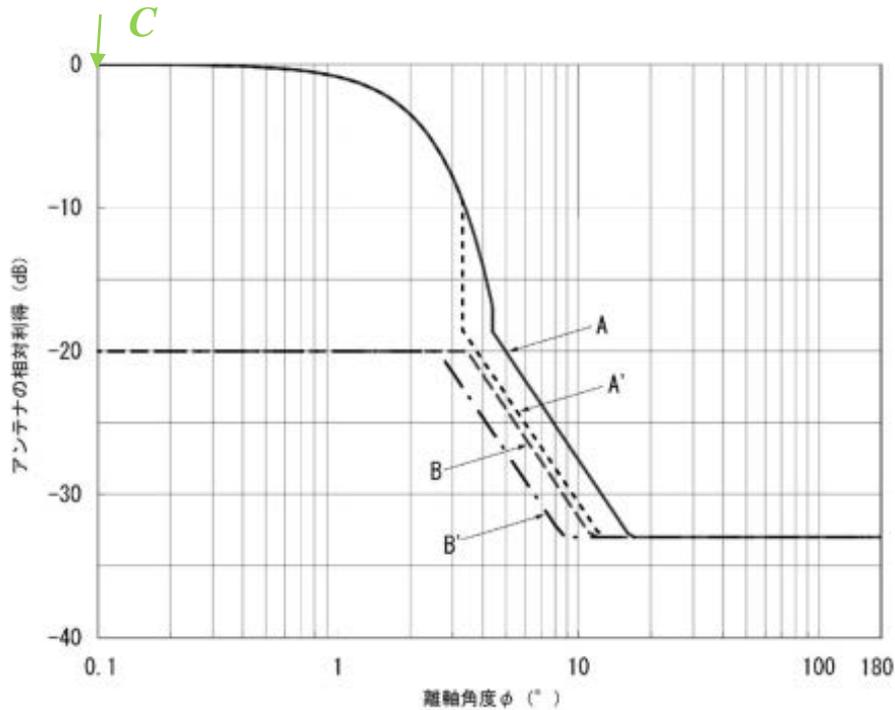
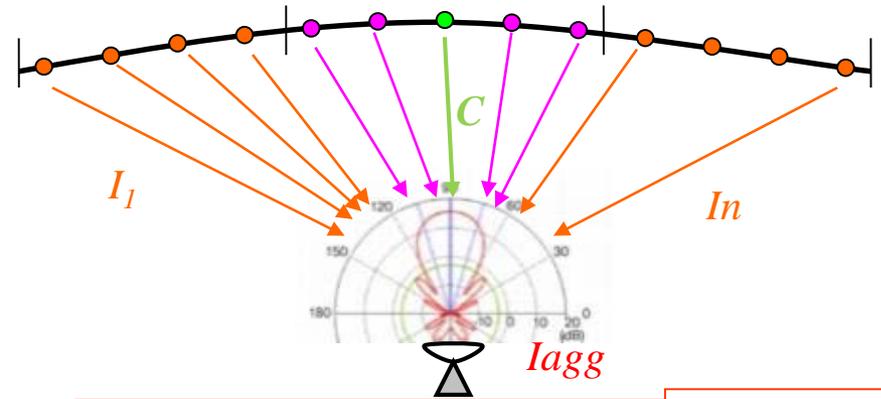


図1—指向性及び交差偏波特性のカーブ
 12GHz帯受信アンテナ規格



EPM(等価混信保護マージン)
 = C/I_{agg} - 混信保護比

$$I_{agg} = I_1 + \dots + I_n$$

混信保護比 31dB (1977年)

21dB (2000年) (1/10)

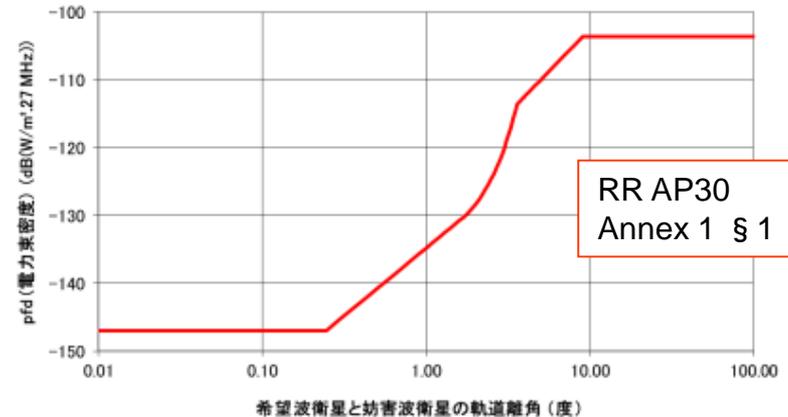
RR AP30
 Annex 5 § 3.4

(1) EPM 基準: RR AP30, Annex 1, § 1
 (0.45dB基準)

(2) pfd基準: RR AP30, Annex 5, § 3.4

pfd(電力束密度)マスク

調整閾値は軌道間隔だけの関数



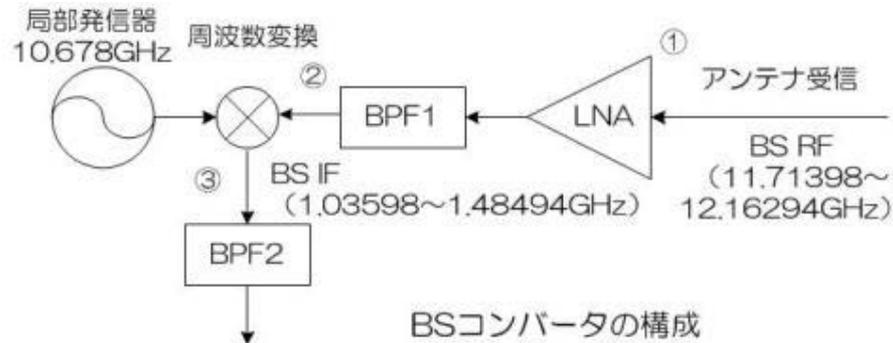
RR AP30
 Annex 1 § 1

保護の根拠

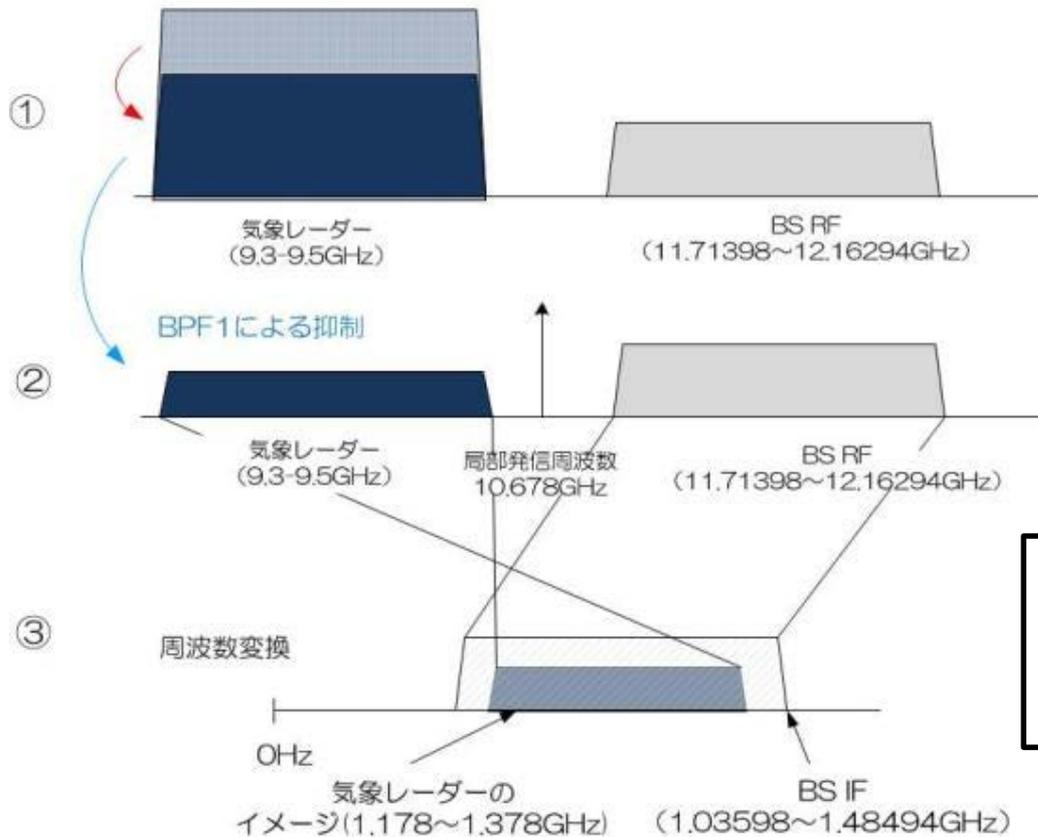
- (i) 勧告ITU-R **BO.1293** : Protection masks and associated calculation methods for interference into broadcast-satellite systems involving digital emissions
- (ii) 勧告ITU-R **BO.1444** Protection of the BSS in the 12 GHz band and associated feeder links in the 17 GHz band from interference caused by non-GSO FSS systems
- (iii) Radio Regulations, Appendix 30
- (iv) 勧告ITU-R **BO.1408** Transmission system for advanced multimedia services provided by integrated services digital broadcasting in a broadcasting-satellite channel
- (v) 勧告ITU-R **BO.2098** Transmission system for UHDTV satellite broadcasting
- (vi) ARIB STD-B21 5.9版 デジタル放送用受信装置 標準規格 (望ましい仕様)
- (vii) ARIB STD-B44 2.1版 高度広帯域衛星デジタル放送の伝送方式 (ISDB-S3) 標準規格
- (viii) ARIB STD-B63 1.6版 高度広帯域衛星デジタル放送用受信装置
- (ix) 周波数割当計画 (11.7-12.2GHz 放送衛星 放送用および12.5-12.75GHz 放送衛星 放送用は一次業務)

(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



受信アンテナによる抑制(異方向の時)



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

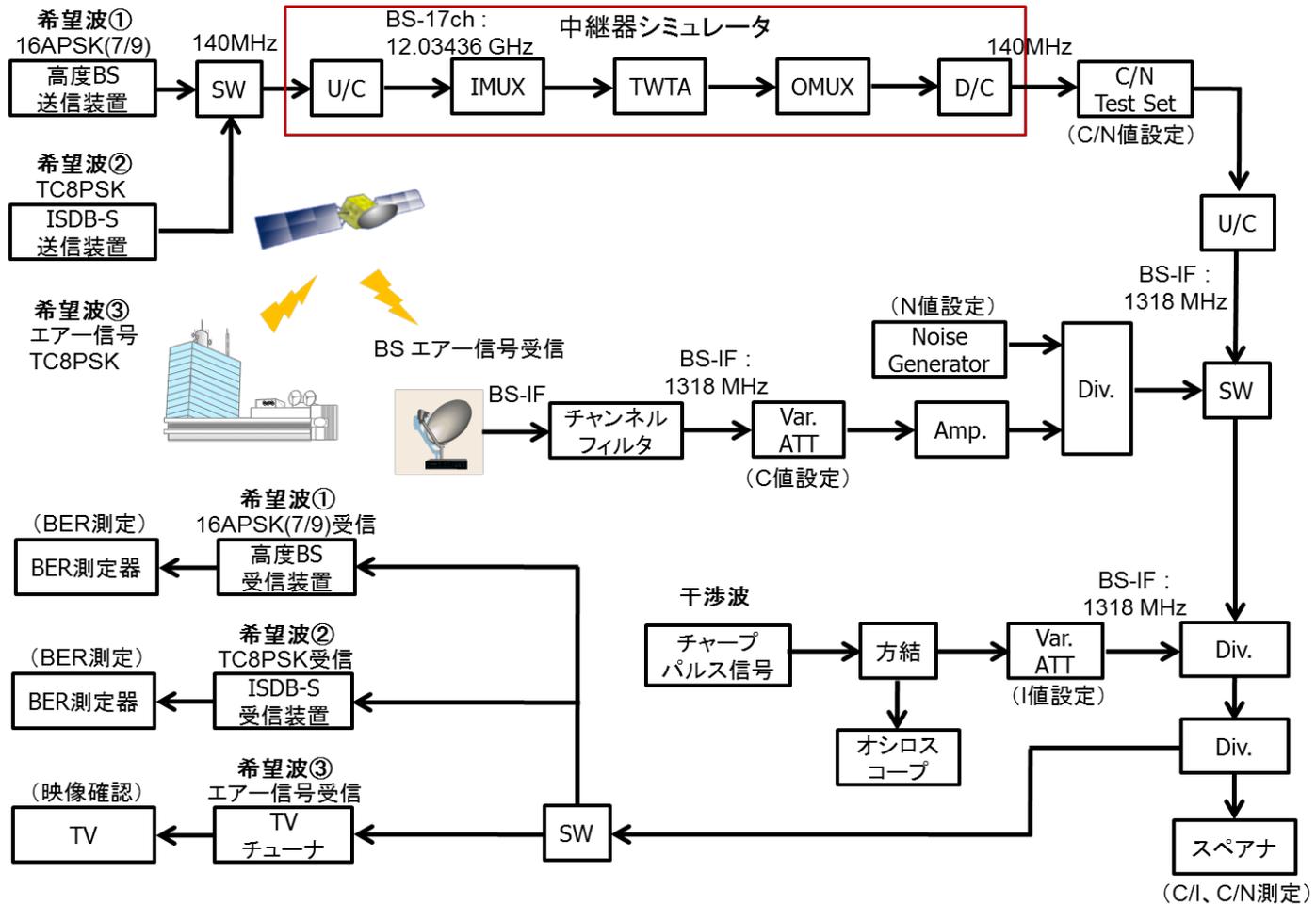


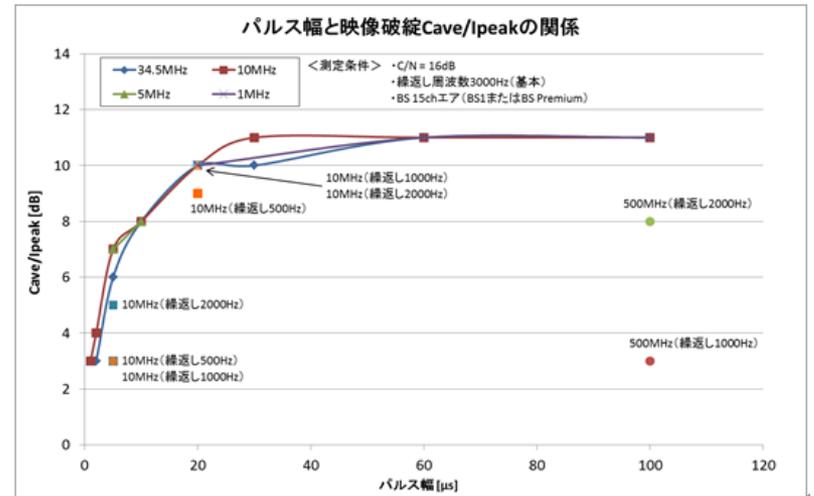
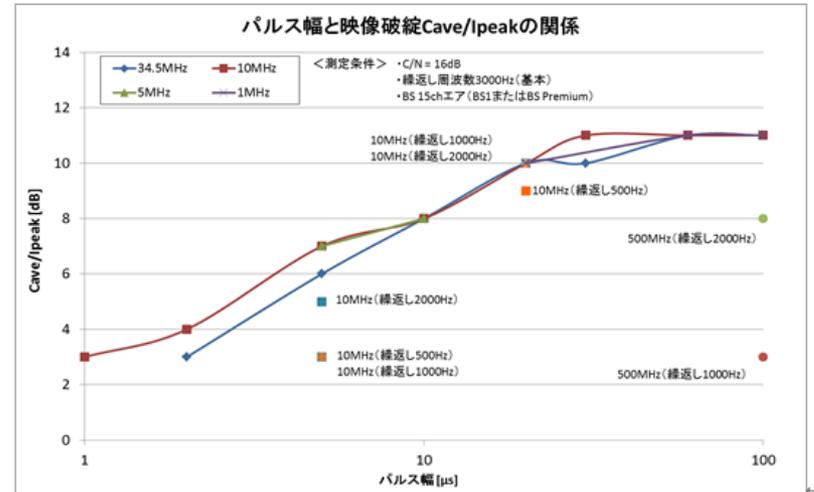
図1 干渉測定系統図

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	2μs ^⑥	3, 0.333 ^⑦	3 ^⑧
	5μs ^⑥	3, 0.333 ^⑦	6 ^⑧
	10μs ^⑥	3, 0.333 ^⑦	8 ^⑧
	20μs ^⑥	3, 0.333 ^⑦	10 ^⑧
	30μs ^⑥	3, 0.333 ^⑦	10 ^⑧
	60μs ^⑥	3, 0.333 ^⑦	11 ^⑧
	100μs ^⑥	3, 0.333 ^⑦	11 ^⑧
	100μs ^⑥	1, 1 ^⑦	11 ^⑧
10 ^⑤	1μs ^⑥	3, 0.333 ^⑦	3 ^⑧
	2μs ^⑥	3, 0.333 ^⑦	4 ^⑧
	5μs ^⑥	3, 0.333 ^⑦	7 (注2) ^⑧
	5μs ^⑥	2, 0.5 ^⑦	5 ^⑧
	5μs ^⑥	1, 1 ^⑦	3 ^⑧
	5μs ^⑥	0.5, 2 ^⑦	3 ^⑧
	10μs ^⑥	3, 0.333 ^⑦	8 ^⑧
	20μs ^⑥	3, 0.333 ^⑦	10 ^⑧
	20μs ^⑥	2, 0.5 ^⑦	10 ^⑧
	20μs ^⑥	1, 1 ^⑦	10 ^⑧
	20μs ^⑥	0.5, 2 ^⑦	9 ^⑧
	30μs ^⑥	3, 0.333 ^⑦	11 ^⑧
	60μs ^⑥	3, 0.333 ^⑦	11 ^⑧
100μs ^⑥	3, 0.333 ^⑦	11 ^⑧	
5 ^⑤	5μs ^⑥	3, 0.333 ^⑦	7 ^⑧
	10μs ^⑥	3, 0.333 ^⑦	8 ^⑧
1 ^⑤	20μs ^⑥	3, 0.333 ^⑦	10 ^⑧
	60μs ^⑥	3, 0.333 ^⑦	11 ^⑧
	100μs ^⑥	3, 0.333 ^⑦	11 ^⑧

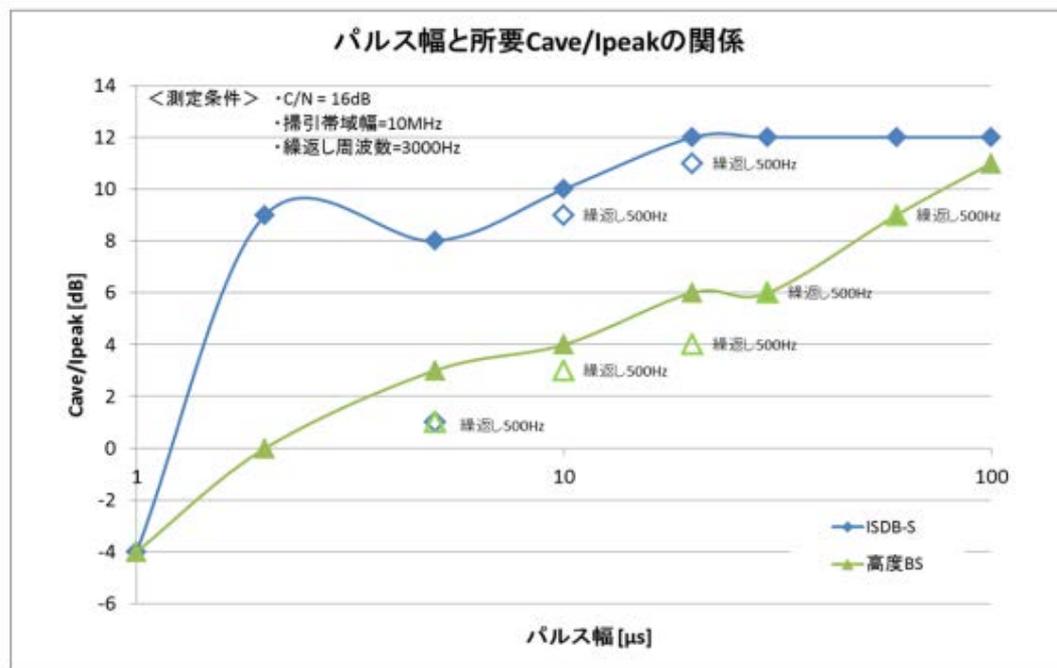


測定結果 2

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

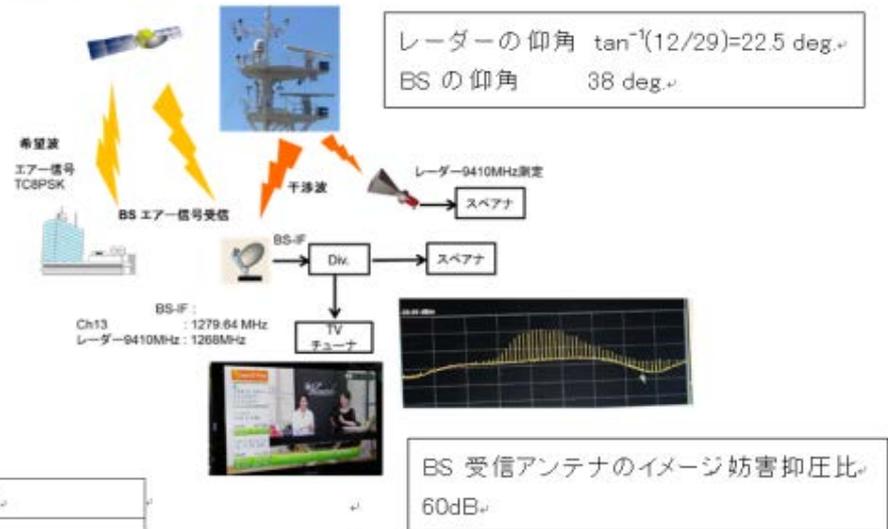
(a) 実験項目

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/Ipeak = -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

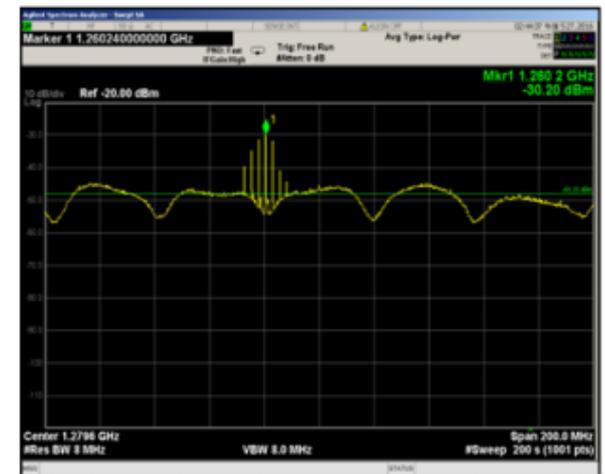
レーダー波 On, BS アンテナ軸外シ(下方向)

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/lpeak=-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/l=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/lpeak = -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。