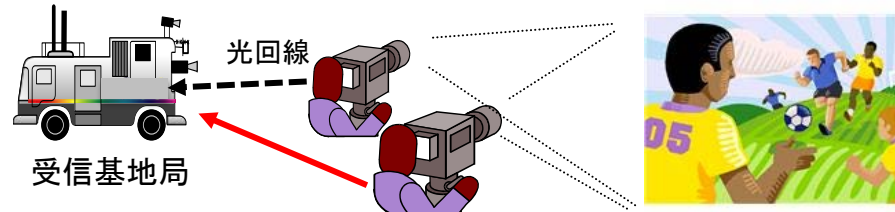


120GHz帯放送事業用無線局 検討作業班 報告

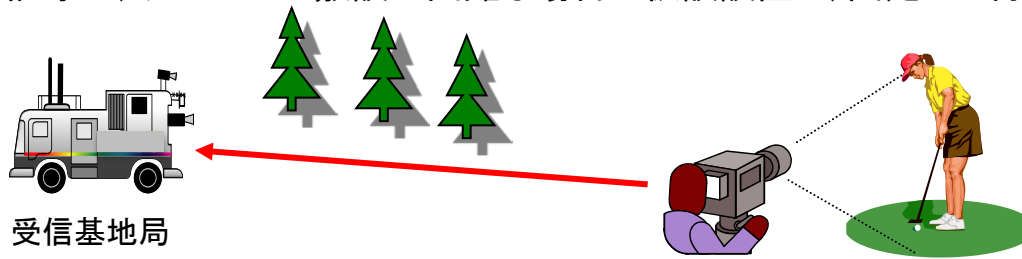
平成25年6月11日

想定される利用イメージ

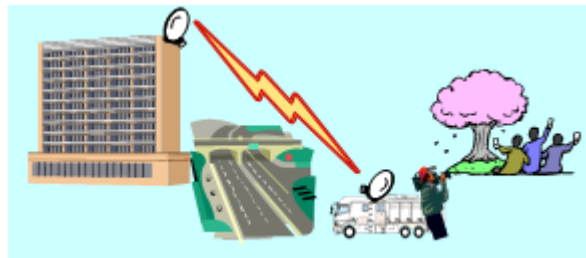
- 1 競技場やホール等で、ケーブルの敷設が困難な場合に仮設設置し、固定して利用(伝送距離:250m程度)



- 2 ゴルフ中継等で、ケーブルの敷設が困難な場合に仮設設置し、固定して利用(伝送距離:1km程度)



- 3 道路、川などのケーブルの敷設が困難な場合に仮設設置し、固定して利用(伝送距離:4km程度)



1 検討条件

ITU-R勧告 BT.2020などを参考に、下記の4条件を選定した。

	条件1 (4:2:2、60i)	条件2 (4:2:2、60p)	条件3 (フルスペック)	条件4 (Dual Green)
サンプリング構造	4:2:2	4:2:2	4:4:4	G1,G2,B,R
フレーム周波数	60i	60p	120p	60p
階調	10bit	10bit	12bit	10bit

2 映像情報量と検討対象

注：現実の使用が想定されていないケースは、()で示した。

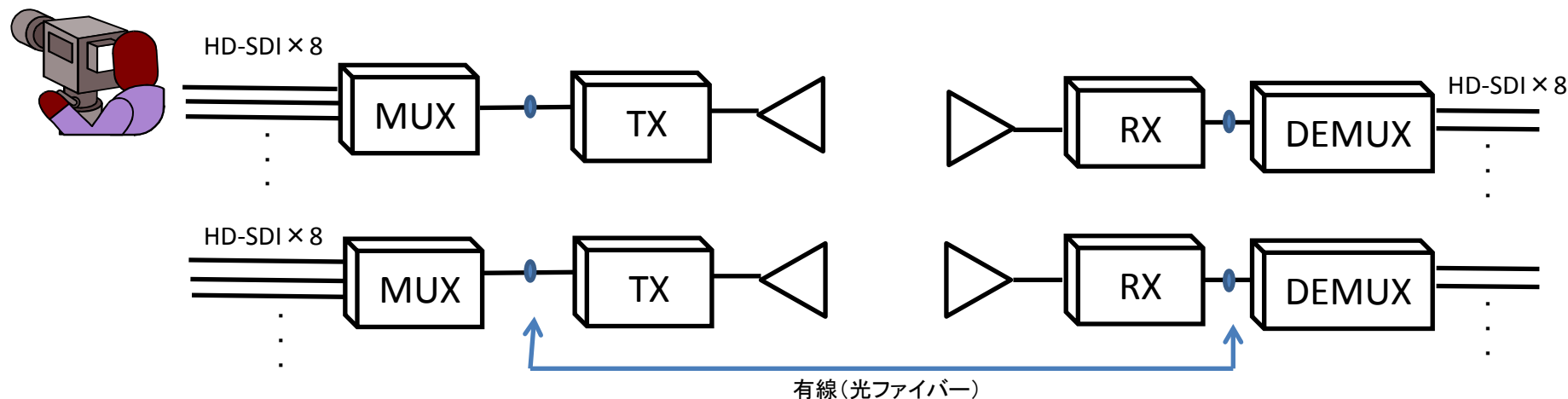
画素数	条件1	条件2	条件3	条件4
1920×1080	1.24 Gbps	2.49 Gbps	(8.96 Gbps)	(1.24 Gbps)
3840×2160 (4K)	(4.98 Gbps)	9.95 Gbps	35.8 Gbps 圧縮技術等により、条件2 の際の帯域で伝送が可能	(4.98 Gbps)
7680×4320 (8K)	(19.9 Gbps)	39.8 Gbps	143.3 Gbps	19.9 Gbps
		圧縮技術等により、条件4の際の帯域で伝送が可能		

※ FPUでは、映像情報の他に音声データや制御信号が付加される。

8Kのスーパーハイビジョンの伝送速度及び伝送方式

3

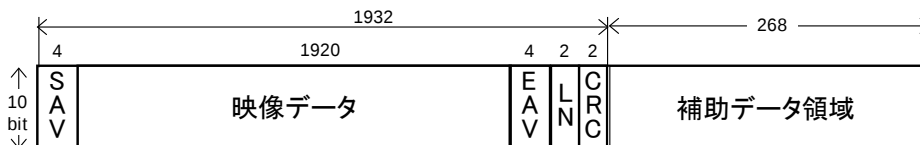
HD-SDI信号は、8本ずつ多重化され、送信機に入力され、1つの送信機で少なくとも12Gbpsの情報を伝送し、複数の電波伝送路を確保するなどすることにより24Gbpsの8Kのスーパーハイビジョン信号を伝送しようとするものである。



【参考情報】

スーパーハイビジョン伝送では、有線(光ファイバー)伝送が多く用いられていることから、有線系との親和性の確保も重要となっている。このため、上図のMUXとTX、RXとDEMUX、あるいは MUX出力とDEMUX入力を光ファイバーで接続する場合が考えられる。その場合、10ギガビット・イーサネットなどの規格品に対応するため、1系統の入力信号を10Gbps程度に制限する場合もある。

※HD-SDI信号：下図のとおり1ライン22kbitで構成され、一画面当たり1125ライン、輝度信号(Y)と色差信号(CB/CR)を60iで伝送。伝送ビットレートは、1.485Gbps。



- 1 競技場やホール等からの中継を想定し、短距離仮設型として運用する。
- 2 伝搬距離は、
 - ①競技場などで使用される場合については、雨の中での競技もあり、競技中止とされる1時間雨量60mmにおいて250m程度とすることを目標
 - ②ゴルフ中継などで使用される場合については、1km程度とすることを目標
 - ③河川横断等で使用される場合には、4km程度とすることを目標とする。
- 3 伝送にあたっては、最大HD-SDI信号16本分を伝送可能とする。

1 通信方式

取材等で得た映像情報を一方向に伝送するもので、既存のFPUと同様の使用方法が想定されることから、既存のFPUと同様に「単向通信方式」とすることが適当である。

2 変調方式

想定される伝送容量が大きく、また、使用する周波数が120GHzと高いため、変調方式は比較的簡易な方式から選択すべきで、本件では、ASK方式、BPSK方式、QPSK方式で検討を行った。

3 伝送容量

現在の8Kスーパーハイビジョンのカメラは、非圧縮でも情報量が限られるDual Green方式で撮影され、16本のHD-SDI信号に変換される。

HD-SDI信号はシリアルデジタル信号であり、伝送ビットレートは1.485Gbpsであり、8Kスーパーハイビジョンが16本のHD-SDI信号で構成されていることから、24Gbpsの伝送容量が必要となる。

占有周波数帯幅の許容値

8Kスーパーハイビジョン(24Gbps)を伝送するには、以下の周波数帯幅等が必要となる。

変調方式	周波数帯域幅		備考
	変調速度(24Gbps)	変調速度(12Gbps)	
ASK	48GHz	24GHz	2系統の電波回線が必要
BPSK	48GHz	24GHz	
QPSK	24GHz	12GHz	1系統の電波回線が必要

占有周波数帯幅の許容値は、上記、24GHzの周波数帯幅をフィルタにより帯域制限を行った場合において、所要C/Nの劣化が2dB程度となる、以下の値とした。

変調方式	最大伝送容量	占有周波数帯幅
ASK方式	12Gbps	17.5GHz
BPSK方式	12Gbps	17.5GHz
QPSK方式	24Gbps	17.5GHz

所要C/N、大気吸収損、降雨減衰量、所要マージンなどの変動要素を考慮し、利用シーンや晴天時、降雨時の回線状況を計算したところ、必要となる空中線電力は以下のとおりであり、最大空中線電力は、1Wとする。

変調方式	必要な空中線電力(mW)			
	降雨時		晴天時	
	伝送距離 (250m)	伝送距離(1km)	伝送距離 (450m)	伝送距離 (4.4km)
ASK方式	17.5	1000	17.5	1000
BPSK方式	4.4	250	4.4	250
QPSK方式	13.6	770	13.6	770

回線設計は、参考資料 P17～P22を参照

他の無線システムとの干渉検討(1)

8

120GHz帯周波数の利用状況

周波数 関係	無線システム	使用周波数 帯 (GHz)	FPUから見て検討 する干渉関係	無線局等の開設状況		干渉検討の要 否
				国内の状況	外国の状況 (衛星)	
同一	地球探査衛星 (受動) 宇宙研究 (受動)	116-122.25	与干渉	無線局の開設無し	AURA (非静止、米国)	衛星網と要検 討
	衛星間	116-122.25	与干渉/被干渉		衛星網無し	
	固定 移動 衛星間 アマチュア無線	122.25-123	与干渉/被干渉			
	固定衛星 (宇宙から地球) 移動衛星 (宇宙から地球) 無線航行 無線航行衛星	123-130	与干渉/被干渉			
	地球探査衛星 (能動) 固定 衛星間 移動	130-134	与干渉/被干渉			
	電波天文	123-130 130-134	与干渉	受信設備の指定無し		
隣接	電波天文	105-116	与干渉	指定受信設備: 2 (長野、鹿児島) 114.25-116GHz帯: 全て の電波の発射を禁止	—	電波天文につ いて要検討
	アマチュア無線	134-136	与干渉/被干渉	約150局	—	アマチュア局と 要検討

他の無線システムとの干渉検討(2)

同一／隣接周波数帯において、実際に使用されている無線システムとの干渉検討を行った結果は、以下のとおり。

無線システム	使用周波数帯 (GHz)	FPUから見て検 討する干渉関係	離隔距離	共用条件
電波天文	123-130 130-134	与干渉	見通し内: 60km以上 見通し外: 20km以上	離隔距離内で使用する場合には、事前に運用調整
	105-116	与干渉	見通し内: 10km以上 見通し外: 500m以上	
アマチュア無線	134-136	与干渉/被干渉	20m/50m	共用可能
地球探査衛星(受動)	116-122.25	与干渉	—	共用可能

120GHz帯FPUの防護指針による電力束密度（一般環境）を満足する離隔距離は、以下のとおり。

全ての反射を考慮しない場合 ($K=1$)	28.2m
大地面の反射を考慮する場合 ($K=2.56$)	45.1m
水面等大地面以外の反射を考慮する場合 ($K=4$)	56.4m

空中線の正面の数十m範囲内に立ち入った場合には、電力束密度が基準値を超える可能性がある。しかし、

- ①本システムは、放送素材伝送用途に使用されるため、伝送路が遮蔽されないように、送信装置は設置されるため、人の立ち入る可能性が極めて少ないこと
- ②空中線の指向性が極めて鋭い（半値角約0.4度）ため、主ビーム幅は数十m離れた距離でも1m以下であり、6分間の連続した照射とはなりにくいこと
- ③伝送路が遮蔽された場合には、伝送に支障が生じ、FPUの運用者が認識できること

等の状況から、問題は生じないものと考えられる。

また、空中線の指向性が鋭いために、正面以外については十分な減衰が見込まれることから、周囲の安全を確保することは十分に可能である。

なお、設置環境によっては、防護柵などを設置することも考慮すべきである。

以下の項目における測定法を検討した。

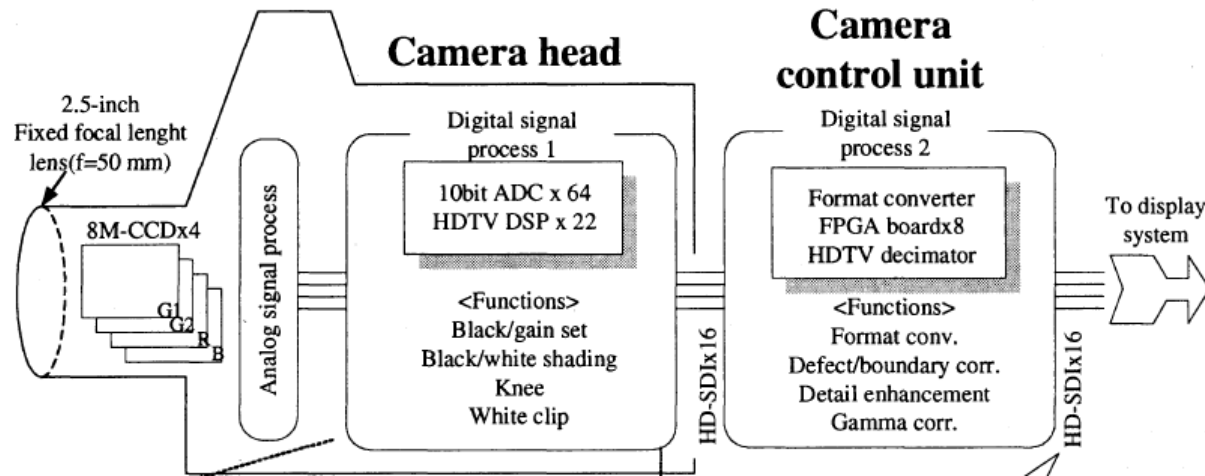
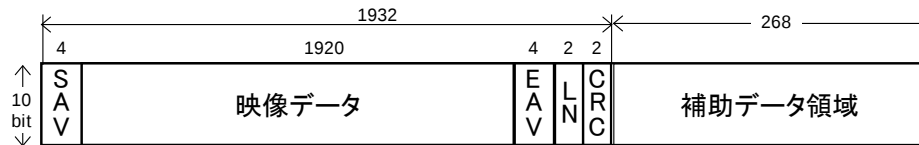
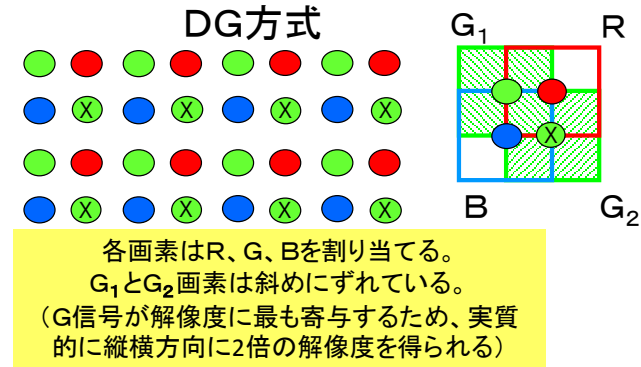
- 1 空中線電力
- 2 周波数の偏差
- 3 スプリアス領域における不要発射の強度
- 4 帯域外領域における不要発射の強度
- 5 占有周波数帯幅
- 6 副次的に発する電波等の強度

参 考 資 料

800万画素の撮像・表示素子を緑信号に2枚、赤・青信号にそれぞれ1枚ずつ用いるスーパーハイビジョンの方式。各素子の画素位置をずらし、視覚の解像度に大きく寄与する緑信号のサンプル点を2倍にすることで等価的に解像度を確保している。

SHVの番組制作には、現状、カメラをはじめ、記録装置、編集装置、表示装置などDG方式の機器が用いられている。

Dual Green方式のカメラでは、各色素信号1枚の画像を、さらに画面を4分割し、HD-SDI信号として16系統に分けて出力される。この際、映像データは、HD-SDIの映像データ領域に格納される。

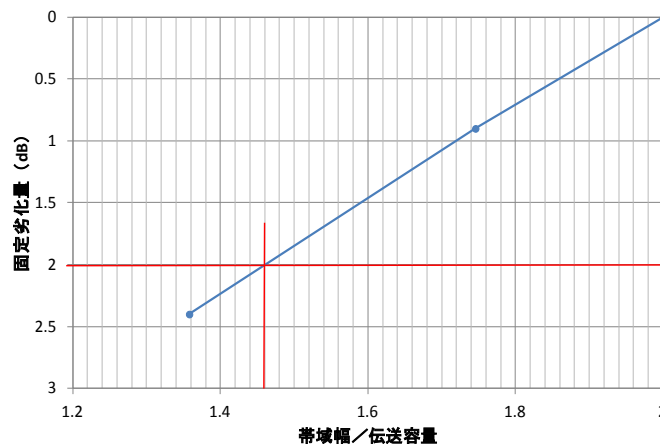


【適切な占有周波数帯幅となるようフィルタを挿入】

デジタル信号伝送では、通常、ロールオフフィルタ等を用いて、使用する周波数帯域幅を制限するが、10Gbps級の高速デジタルベースバンド信号のロールオフフィルタを製作することは困難なため、高周波フィルタを用いて、実機による実験で帯域幅を検討した。

フィルタによる帯域制限を行った場合、ASK方式、BPSK方式、QPSK方式のうち、所要C/Nを他の方式より多く必要なASK方式が最も影響を受けることから、帯域制限による所要C/Nの劣化を実験的に確認したところ、グラフのとおりとなった。120GHz帯で使用可能な帯域幅18GHzで伝送可能とすることを考えたところ、帯域幅／伝送容量を1.46倍となる固定劣化量2dBを最大の劣化量として考慮することとし、他の変調方式についても同様とした。

このことから、占有周波数帯幅の許容値は、表の値とすることが適当である。



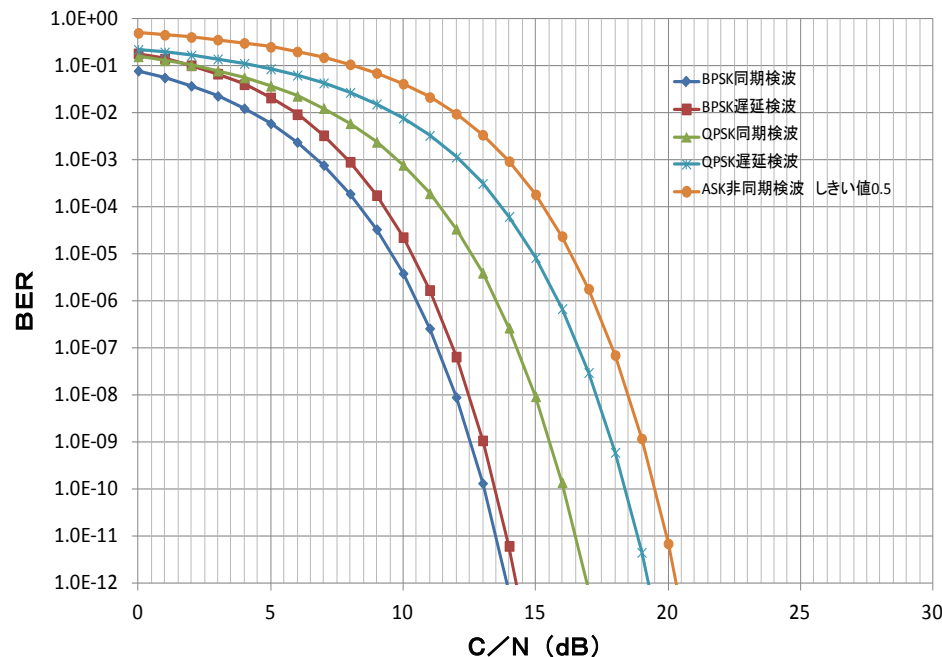
変調方式	最大伝送容量	占有周波数帯幅
ASK方式	12Gbps	17.5GHz
BPSK方式	12Gbps	17.5GHz
QPSK方式	24Gbps	17.5GHz

本システムは、光ファイバーが設置困難な場合の代替手段として用いられることを想定しており、HD-SDI信号を光ファイバーで伝送した場合と同様のビット誤り率が求められており、光ファイバー伝送では、ビット誤り率が 10^{-10} 以下となっている。

ASK変調、BPSK変調及びQPSK変調のC/Nの理論値(BER= 10^{-10} の場合)は、別表のとおりである。

また、送受信機の固定劣化分5.5dBを加えた値を所要C/Nとした。

なお、固定劣化5.5dBにはフィルタの帯域制限による2dBの劣化を含む。



変調方式	所要C/N (理論値)(dB)	所要C/N (固定劣化考慮後) (dB)
ASK	19.5	25.0
BPSK	13.5	19.0
QPSK	18.4	23.9

図 各変調方式のCN-BER特性

C/N配分については、高い周波数帯であるため伝搬損失が大きいこと、干渉対象局が多くないことから、熱雑音に多く割り振ることとし、熱雑音に70%、干渉雑音に30%とする。

所要C/N

○ASK

25.0dB	熱雑音 (70%)	26.5dB
	干渉雑音 (30%)	30.2dB

○BPSK

19.0dB	熱雑音 (70%)	20.5dB
	干渉雑音 (30%)	24.2dB

○QPSK

23.9dB	熱雑音 (70%)	25.4dB
	干渉雑音 (30%)	29.1dB

ASK

1 競技場などで使用される場合(晴天時)

項目	記号	単位	数値	備考
送信周波数	f	GHz	125	
波長	λ	mm	2.40	
帯域幅	B	GHz	17.5	
送信電力	w	mW	17.5	
送信電力	W	dBm	12.4	
送信給電損	Lt	dB	1.0	
送信アンテナ利得	Gt	dBi	44.0	
送信EIPR	WGt/Lt	dBm	55.4	W-Lt+Gt
伝送距離	d	km	0.45	
大気吸収損	Lo	dB	1.4	3dB/km
降雨損	Lra	dB	0.0	1分間降雨強度=0mm/h
自由空間伝搬損	Ld	dB	127.4	
受信アンテナ利得	Gr	dBi	44.0	
受信給電損	Lr	dB	1.0	
受信電力	Ci	dBm	-30.4	(WGt/Lt)-(Lo+Lra+Ld)+Gr-Lr
雑音指数	F	dB	10.0	
ボルツマン定数	k	dBm/(Hz・K)	-198.6	k=1.38E-23
標準温度	T ₀	dBK	24.8	T ₀ =300
帯域幅	B	dBHz	102.4	
雑音電力	Ni	dBm	-61.4	Ni=kT ₀ BF
受信C/N	C/N	dB	31.0	
所要C/N		dB	25.0	
伝送マージン		dB	6.0	

2 河川横断などで使用される場合(晴天時)

項目	記号	単位	数値	備考
送信周波数	f	GHz	125	
波長	λ	mm	2.40	
帯域幅	B	GHz	17.5	
送信電力	w	mW	1000.0	
送信電力	W	dBm	30.0	
送信給電損	Lt	dB	1.0	
送信アンテナ利得	Gt	dBi	51.0	
送信EIPR	WGt/Lt	dBm	80.0	W-Lt+Gt
伝送距離	d	km	4.4	
大気吸収損	Lo	dB	13.1	3dB/km
降雨損	Lra	dB	0.0	1分間降雨強度=0mm/h
自由空間伝搬損	Ld	dB	147.2	
受信アンテナ利得	Gr	dBi	51.0	
受信給電損	Lr	dB	1.0	
受信電力	Ci	dBm	-30.3	(WGt/Lt)-(Lo+Lra+Ld)+Gr-Lr
雑音指数	F	dB	10.0	
ボルツマン定数	k	dBm/(Hz・K)	-198.6	k=1.38E-23
標準温度	T ₀	dBK	24.8	T ₀ =300
帯域幅	B	dBHz	102.4	
雑音電力	Ni	dBm	-61.4	Ni=kT ₀ BF
受信C/N	C/N	dB	31.1	
所要C/N		dB	25.0	
伝送マージン		dB	6.1	

晴天時

短距離用

長距離用

空中線電力

17.5mW

1W

伝搬距離

450m

4.4km

BPSK

1 競技場などで使用される場合(晴天時)

項目	記号	単位	数値	備考
送信周波数	f	GHz	125	
波長	λ	mm	2.40	
帯域幅	B	GHz	17.5	
送信電力	w	mW	4.4	
送信電力	W	dBm	6.4	
送信給電損	Lt	dB	1.0	
送信アンテナ利得	Gt	dBi	44.0	
送信EIPR	WGt/Lt	dBm	49.4	W-Lt+Gt
伝送距離	d	km	0.45	
大気吸収損	Lo	dB	1.4	3dB/km
降雨損	Lra	dB	0.0	1分間降雨強度=0mm/h
自由空間伝搬損	Ld	dB	127.4	
受信アンテナ利得	Gr	dBi	44.0	
受信給電損	Lr	dB	1.0	
受信電力	Ci	dBm	-36.4	(WGt/Lt)-(Lo+Lra+Ld)+Gr-Lr
雑音指数	F	dB	10.0	
ボルツマン定数	k	dBm/(Hz・K)	-198.6	k=1.38E-23
標準温度	T ₀	dBK	24.8	T ₀ =300
帯域幅	B	dBHz	102.4	
雑音電力	Ni	dBm	-61.4	Ni=kT ₀ BF
受信C/N	C/N	dB	25.0	
所要C/N		dB	19.0	
伝送マージン		dB	6.0	

2 河川横断などで使用される場合(晴天時)

項目	記号	単位	数値	備考
送信周波数	f	GHz	125	
波長	λ	mm	2.40	
帯域幅	B	GHz	17.5	
送信電力	w	mW	250.0	
送信電力	W	dBm	24.0	
送信給電損	Lt	dB	1.0	
送信アンテナ利得	Gt	dBi	51.0	
送信EIPR	WGt/Lt	dBm	74.0	W-Lt+Gt
伝送距離	d	km	4.4	
大気吸収損	Lo	dB	13.1	3dB/km
降雨損	Lra	dB	0.0	1分間降雨強度=0mm/h
自由空間伝搬損	Ld	dB	147.2	
受信アンテナ利得	Gr	dBi	51.0	
受信給電損	Lr	dB	1.0	
受信電力	Ci	dBm	-36.4	(WGt/Lt)-(Lo+Lra+Ld)+Gr-Lr
雑音指数	F	dB	10.0	
ボルツマン定数	k	dBm/(Hz・K)	-198.6	k=1.38E-23
標準温度	T ₀	dBK	24.8	T ₀ =300
帯域幅	B	dBHz	102.4	
雑音電力	Ni	dBm	-61.4	Ni=kT ₀ BF
受信C/N	C/N	dB	25.0	
所要C/N		dB	19.0	
伝送マージン		dB	6.0	

晴天時

短距離用

長距離用

空中線電力

4.4mW

250mW

伝搬距離

450m

4.4km

QPSK

1 競技場などで使用される場合(晴天時)

項目	記号	単位	数値	備考
送信周波数	f	GHz	125	
波長	λ	mm	2.40	
帯域幅	B	GHz	17.5	
送信電力	w	mW	13.6	
送信電力	W	dBm	11.3	
送信給電損	Lt	dB	1.0	
送信アンテナ利得	Gt	dBi	44.0	
送信EIPR	WGt/Lt	dBm	54.3	W-Lt+Gt
伝送距離	d	km	0.45	
大気吸収損	Lo	dB	1.4	3dB/km
降雨損	Lra	dB	0.0	1分間降雨強度=0mm/h
自由空間伝搬損	Ld	dB	127.4	
受信アンテナ利得	Gr	dBi	44.0	
受信給電損	Lr	dB	1.0	
受信電力	Ci	dBm	-31.5	(WGt/Lt)-(Lo+Lra+Ld)+Gr-Lr
雑音指数	F	dB	10.0	
ボルツマン定数	k	dBm/(Hz・K)	-198.6	k=1.38E-23
標準温度	T ₀	dBK	24.8	T ₀ =300
帯域幅	B	dBHz	102.4	
雑音電力	Ni	dBm	-61.4	Ni=kT ₀ BF
受信C/N	C/N	dB	29.9	
所要C/N		dB	23.9	
伝送マージン		dB	6.0	

2 河川横断などで使用される場合(晴天時)

項目	記号	単位	数値	備考
送信周波数	f	GHz	125	
波長	λ	mm	2.40	
帯域幅	B	GHz	17.5	
送信電力	w	mW	770.0	
送信電力	W	dBm	28.9	
送信給電損	Lt	dB	1.0	
送信アンテナ利得	Gt	dBi	51.0	
送信EIPR	WGt/Lt	dBm	78.9	W-Lt+Gt
伝送距離	d	km	4.4	
大気吸収損	Lo	dB	13.1	3dB/km
降雨損	Lra	dB	0.0	1分間降雨強度=0mm/h
自由空間伝搬損	Ld	dB	147.2	
受信アンテナ利得	Gr	dBi	51.0	
受信給電損	Lr	dB	1.0	
受信電力	Ci	dBm	-31.5	(WGt/Lt)-(Lo+Lra+Ld)+Gr-Lr
雑音指数	F	dB	10.0	
ボルツマン定数	k	dBm/(Hz・K)	-198.6	k=1.38E-23
標準温度	T ₀	dBK	24.8	T ₀ =300
帯域幅	B	dBHz	102.4	
雑音電力	Ni	dBm	-61.4	Ni=kT ₀ BF
受信C/N	C/N	dB	29.9	
所要C/N		dB	23.9	
伝送マージン		dB	6.0	

晴天時

短距離用

長距離用

空中線電力

13.6mW

770mW

伝搬距離

450m

4.4km

ASK

1 競技場などで使用される場合(雨天時)					2 河川横断などで使用される場合(雨天時)				
項目	記号	単位	数値	備考	項目	記号	単位	数値	備考
送信周波数	f	GHz	125		送信周波数	f	GHz	125	
波長	λ	mm	2.40		波長	λ	mm	2.40	
帯域幅	B	GHz	17.5		帯域幅	B	GHz	17.5	
送信電力	w	mW	17.5		送信電力	w	mW	1000.0	
送信電力	W	dBm	12.4		送信電力	W	dBm	30.0	
送信給電損	Lt	dB	1.0		送信給電損	Lt	dB	1.0	
送信アンテナ利得	Gt	dBi	44.0		送信アンテナ利得	Gt	dBi	51.0	
送信EIPR	WGt/Lt	dBm	55.4	W-Lt+Gt	送信EIPR	WGt/Lt	dBm	80.0	W-Lt+Gt
伝送距離	d	km	0.25		伝送距離	d	km	1.0	
大気吸収損	Lo	dB	0.8	3dB/km	大気吸収損	Lo	dB	3.0	3dB/km
降雨損	Lra	dB	5.8	1分間降雨強度=60mm/h	降雨損	Lra	dB	23.0	1分間降雨強度=60mm/h
自由空間伝搬損	Ld	dB	122.3		自由空間伝搬損	Ld	dB	134.4	
受信アンテナ利得	Gr	dBi	44.0		受信アンテナ利得	Gr	dBi	51.0	
受信給電損	Lr	dB	1.0		受信給電損	Lr	dB	1.0	
受信電力	Ci	dBm	-30.4	(WGt/Lt)-(Lo+Lra+Ld)+Gr-Lr	受信電力	Ci	dBm	-30.4	(WGt/Lt)-(Lo+Lra+Ld)+Gr-Lr
雑音指数	F	dB	10.0		雑音指数	F	dB	10.0	
ボルツマン定数	k	dBm/(Hz・K)	-198.6	k=1.38E-23	ボルツマン定数	k	dBm/(Hz・K)	-198.6	k=1.38E-23
標準温度	T ₀	dBK	24.8	T ₀ =300	標準温度	T ₀	dBK	24.8	T ₀ =300
帯域幅	B	dBHz	102.4		帯域幅	B	dBHz	102.4	
雑音電力	Ni	dBm	-61.4	Ni=kT ₀ BF	雑音電力	Ni	dBm	-61.4	Ni=kT ₀ BF
受信C/N	C/N	dB	31.0		受信C/N	C/N	dB	31.0	
所要C/N		dB	25.0		所要C/N		dB	25.0	
伝送マージン		dB	6.0		伝送マージン		dB	6.0	

雨天時	短距離用	長距離用
空中線電力	17.5mW	1W
伝搬距離	250m	1km

BPSK

1 競技場などで使用される場合(雨天時)

項目	記号	単位	数値	備考
送信周波数	f	GHz	125	
波長	λ	mm	2.40	
帯域幅	B	GHz	17.5	
送信電力	w	mW	4.4	
送信電力	W	dBm	6.4	
送信給電損	Lt	dB	1.0	
送信アンテナ利得	Gt	dBi	44.0	
送信EIPR	WGt/Lt	dBm	49.4	W-Lt+Gt
伝送距離	d	km	0.25	
大気吸収損	Lo	dB	0.8	3dB/km
降雨損	Lra	dB	5.8	1分間降雨強度=60mm/h
自由空間伝搬損	Ld	dB	122.3	
受信アンテナ利得	Gr	dBi	44.0	
受信給電損	Lr	dB	1.0	
受信電力	Ci	dBm	-36.4	(WGt/Lt)-(Lo+Lra+Ld)+Gr-Lr
雑音指数	F	dB	10.0	
ボルツマン定数	k	dBm/(Hz・K)	-198.6	k=1.38E-23
標準温度	T ₀	dBK	24.8	T ₀ =300
帯域幅	B	dBHz	102.4	
雑音電力	Ni	dBm	-61.4	Ni=kT ₀ BF
受信C/N	C/N	dB	25.0	
所要C/N		dB	19.0	
伝送マージン		dB	6.0	

2 河川横断などで使用される場合(雨天時)

項目	記号	単位	数値	備考
送信周波数	f	GHz	125	
波長	λ	mm	2.40	
帯域幅	B	GHz	17.5	
送信電力	w	mW	250.0	
送信電力	W	dBm	24.0	
送信給電損	Lt	dB	1.0	
送信アンテナ利得	Gt	dBi	51.0	
送信EIPR	WGt/Lt	dBm	74.0	W-Lt+Gt
伝送距離	d	km	1.0	
大気吸収損	Lo	dB	3.0	3dB/km
降雨損	Lra	dB	23.0	1分間降雨強度=60mm/h
自由空間伝搬損	Ld	dB	134.4	
受信アンテナ利得	Gr	dBi	51.0	
受信給電損	Lr	dB	1.0	
受信電力	Ci	dBm	-36.4	(WGt/Lt)-(Lo+Lra+Ld)+Gr-Lr
雑音指数	F	dB	10.0	
ボルツマン定数	k	dBm/(Hz・K)	-198.6	k=1.38E-23
標準温度	T ₀	dBK	24.8	T ₀ =300
帯域幅	B	dBHz	102.4	
雑音電力	Ni	dBm	-61.4	Ni=kT ₀ BF
受信C/N	C/N	dB	25.0	
所要C/N		dB	19.0	
伝送マージン		dB	6.0	

雨天時

短距離用

長距離用

空中線電力

4.4mW

250mW

伝搬距離

250m

1km

QPSK

1 競技場などで使用される場合(雨天時)

項目	記号	単位	数値	備考
送信周波数	f	GHz	125	
波長	λ	mm	2.40	
帯域幅	B	GHz	17.5	
送信電力	w	mW	13.6	
送信電力	W	dBm	11.3	
送信給電損	Lt	dB	1.0	
送信アンテナ利得	Gt	dBi	44.0	
送信EIPR	WGt/Lt	dBm	54.3	W-Lt+Gt
伝送距離	d	km	0.25	
大気吸収損	Lo	dB	0.8	3dB/km
降雨損	Lra	dB	5.8	1分間降雨強度=60mm/h
自由空間伝搬損	Ld	dB	122.3	
受信アンテナ利得	Gr	dBi	44.0	
受信給電損	Lr	dB	1.0	
受信電力	Ci	dBm	-31.5	(WGt/Lt)-(Lo+Lra+Ld)+Gr-Lr
雑音指数	F	dB	10.0	
ボルツマン定数	k	dBm/(Hz・K)	-198.6	k=1.38E-23
標準温度	T ₀	dBK	24.8	T ₀ =300
帯域幅	B	dBHz	102.4	
雑音電力	Ni	dBm	-61.4	Ni=kT ₀ BF
受信C/N	C/N	dB	29.9	
所要C/N		dB	23.9	
伝送マージン		dB	6.0	

2 河川横断などで使用される場合(雨天時)

項目	記号	単位	数値	備考
送信周波数	f	GHz	125	
波長	λ	mm	2.40	
帯域幅	B	GHz	17.5	
送信電力	w	mW	770.0	
送信電力	W	dBm	28.9	
送信給電損	Lt	dB	1.0	
送信アンテナ利得	Gt	dBi	51.0	
送信EIPR	WGt/Lt	dBm	78.9	W-Lt+Gt
伝送距離	d	km	1.0	
大気吸収損	Lo	dB	3.0	3dB/km
降雨損	Lra	dB	23.0	1分間降雨強度=60mm/h
自由空間伝搬損	Ld	dB	134.4	
受信アンテナ利得	Gr	dBi	51.0	
受信給電損	Lr	dB	1.0	
受信電力	Ci	dBm	-31.5	(WGt/Lt)-(Lo+Lra+Ld)+Gr-Lr
雑音指数	F	dB	10.0	
ボルツマン定数	k	dBm/(Hz・K)	-198.6	k=1.38E-23
標準温度	T ₀	dBK	24.8	T ₀ =300
帯域幅	B	dBHz	102.4	
雑音電力	Ni	dBm	-61.4	Ni=kT ₀ BF
受信C/N	C/N	dB	29.9	
所要C/N		dB	23.9	
伝送マージン		dB	6.0	

雨天時

短距離用

長距離用

空中線電力

13.6mW

770mW

伝搬距離

250m

1km

- 同一周波数帯(123-130GHz, 130-134GHz)を使用する電波天文業務
当該周波数帯を使用する、総務省告示にて指定されている電波天文業務の用に供する受信設備は、現状ない。
今後、指定された場合を想定し、離隔距離の検討を行った。

- ・電波天文業務の受信設備の諸元
 - ・アンテナ利得: 0 dBi(仰角0度)
 - ・混信保護値: -189 dBW/8 GHz (ITU-R勧告RA. 769-2の89GHz帯“continuum observations”の基準値を採用)
→ -198 dBm/MHz
- ・120GHz帯FPUの諸元
 - ・空中線電力密度 0.0dBm/MHz(30dBm/1GHzの場合)
 - ・空中線利得 20.0dBi(±10度)

(1) 電波天文が見通し範囲にある場合

伝送距離が 60 km とした場合の受信電力密度は以下のとおり。

受信電力密度 = 妨害波送信電力密度 + 送信空中線利得 + 受信空中線利得 - (自由空間伝搬損失 + 大気減衰)
(大気減衰定数: 0.87 dB/km(勧告ITU-R P.676-9)を適用)

$$\begin{aligned} P &= 0.0 \text{ (dBm/MHz)} + 20.0 \text{ (dBi)} + 0.0 \text{ (dBi)} - (168.9 \text{ (dB)} + 52.2 \text{ (dB)}) \\ &= -202.1 \text{ (dBm/MHz)} \end{aligned}$$

(2) 電波天文が見通し範囲外にある場合

伝送距離が 20km とした場合の受信電力密度は以下のとおり。

受信電力密度 = 妨害波送信電力密度 + 送信空中線利得 + 受信空中線利得 - (自由空間伝搬損失 + 大気減衰)
- 山岳回折損(100mの遮断物を仮定) (大気減衰定数: 0.87 dB/km(勧告ITU-R P.676-9)を適用)

$$\begin{aligned} P &= 0.0 \text{ (dBm/MHz)} + 20.0 \text{ (dBi)} + 0.0 \text{ (dBi)} - (160.4 \text{ (dB)} + 17.4 \text{ (dB)}) - 45.1 \text{ (dB)} \\ &= -202.9 \text{ (dBm/MHz)} \end{aligned}$$

○隣接周波数帯(105-116GHz)を使用する電波天文業務

当該周波数帯を使用する、総務省告示にて指定されている電波天文業務の用に供する受信設備は、以下のとおり。
116GHz以下の周波数帯における電力は、測定機の測定限界である-55dBm/MHzとした(実験機による値)。

120GHz帯FPUで使用する周波数に最も近い116GHzで計算した。

(1) 電波天文が見通し範囲にある場合

伝送距離が 10 km とした場合の受信電力密度は以下のとおり。

受信電力密度 = 妨害波送信電力密度 + 送信空中線利得 + 受信空中線利得 - (自由空間伝搬損失 + 大気減衰)
(大気減衰定数: 1.02 dB/km(勧告ITU-R P.676-9)を適用)

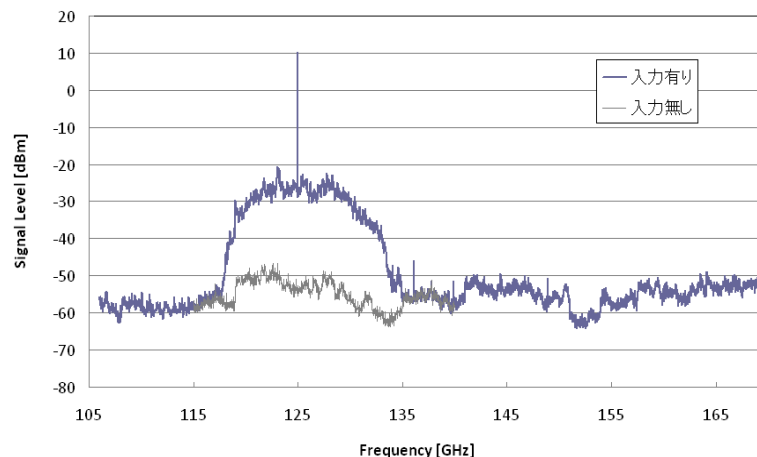
$$\begin{aligned} P &= -55 \text{ (dBm/MHz)} + 20.0 \text{ (dBi)} + 0.0 \text{ (dBi)} - (153.7 \text{ (dB)} + 10.2 \text{ (dB)}) \\ &= -198.9 \text{ (dBm/MHz)} \end{aligned}$$

(2) 電波天文が見通し範囲外にある場合

伝送距離が 500m とした場合の受信電力密度は以下のとおり。

受信電力密度 = 妨害波送信電力密度 + 送信空中線利得 + 受信空中線利得 - (自由空間伝搬損失 + 大気減衰)
- 一回折損(10mの遮断物を仮定) (大気減衰定数: 1.02 dB/km(勧告ITU-R P.676-9)を適用)

$$\begin{aligned} P &= -55 \text{ (dBm/MHz)} + 20.0 \text{ (dBi)} + 0.0 \text{ (dBi)} - (127.7 \text{ (dB)} + 0.5 \text{ (dB)}) - 40.8 \text{ (dB)} \\ &= -204.0 \text{ (dBm/MHz)} \end{aligned}$$



周波数関係	無線システム	使用周波数帯 (GHz)	FPUから見て検討する干渉関係	混信保護値	離隔距離
同一	電波天文	123-130 130-134	与干渉	-198dBm/MHz※ ¹ (妨害電波の強度 0dBm/MHz)	見通し内: 60km以上 見通し外: 20km以上
隣接	電波天文	105-116	与干渉	-198dBm/MHz※ ¹ (隣接への漏洩電波の強度 -55dBm/MHz※ ²)	見通し内: 10km以上 見通し外: 500m以上

※¹ 混信保護値は、ITU-R勧告RA. 769-2の89GHz帯“continuum observations”の基準値(-189 dBW／8 GHz)を採用 → -198 dBm／MHz

※² 実験機による値

【共用条件】

- 1 電波天文業務と周波数を共用するためには、必要な離隔距離を確保すること。
- 2 総務大臣が指定した電波天文業務を行う受信設備との距離が離隔距離の範囲内で使用する場合には、事前に電波天文の管理者と運用調整を行うこと。

○AURA衛星網との検討

ITUの衛星データベース(SNS)によると、国際周波数原簿に登録されている衛星網として、米国のAURAがある。この衛星網の諸元については、以下のとおり。

Type of sensor	Limb sounder
Altitude	705 km
Inclination	98.2°
Repeat period	16 days
Maximum beam gain	60 dBi
Off-nadir pointing angle	Limb
−3 dB beamwidth	0.19° x 0.245°

以下の条件に基づき干渉確率を計算した。

(a)非静止衛星軌道位置を、10秒間隔で16日間(AURAの軌道周期)分計算した。

(b) 非静止衛星センサーのアンテナは、勧告ITU-R RS.1813を用いた。

(c) 120 GHz帯無線システムの運用条件は以下の通りとした。

(ア) 送信機位置は、日本全土で任意。

(日本をカバーする緯度をランダムに選択し、その緯度に重なる日本本土の経度をランダムに選択した。)

(イ) 運用仰角は以下の通り

| 仰角 | ≤ 20度 90%

45度 > | 仰角 | > 20度 9%

80度 > | 仰角 | > 45度 1%

| 仰角 | > 80度 0%

(ウ) 運用方位角は任意。

(エ) アンテナ種類、サイズはパラボラアンテナ(60 cmφ 51 dBi)、(45 cmφ 49 dBi)、(20 cmφ 40 dBi) 及びホーンアンテナ(20 cmφ 24 dBi)の4種類と仮定

(1) 対地観測モード(地球表面を垂直方向に近い角度で観測するモード)

ITU-R勧告 RS.2017に基づく干渉保護値-166dBW/200MHzを超える干渉確率は、以下のとおりであり、許容干渉確率0.01%を下回っている。

表 対地観測モードでの非静止衛星を用いた地球探査衛星(受動)センサーへの干渉確率(±50度のスキャンを各軌道位置で行ったと仮定)

Mobile Station Transmit Power (Watts)	% of time — 166 dBW／200 MHz Exceeded
1	0.000124
0.5	0.000074
0.1	0.000023
0.04	0.000013

(2) 大気観測モード(地球表面から宇宙空間の間の大気を観測するモード)

ITU-R勧告 RS.2017 に基づく干渉保護値-189dBW/10MHzを超える干渉確率は以下のとおりであり、許容干渉確率1%を下回っている。

衛星搭載アンテナが常に進行方向前方の一つの地上局を指向している場合

Mobile Station Transmit Power (Watts)	% of time — 189 dBW／10 MHz Exceeded
1	0.1362
0.5	0.0913
0.1	0.0276
0.04	0.0129

→干渉確率は十分小さい値となっており、共用は可能と考えられる。

○隣接周波数帯(134-136GHz)を使用するアマチュア無線

アマチュア無線局が、151局開設されている。アマチュア無線であり、詳細な諸元は不明であるが、仮定を元に離隔距離の検討を行った。

□アマチュア無線業務の諸元

- ・空中線電力:200mW (23dBm)
- ・FPU帯域に落ち込む電力:1mW(空中線電力の0.5%と仮定)
- ・アンテナ利得:20dBi(±10度)
- ・受信信号帯域幅:40kHz
- ・受信信号帯域幅における熱雑音量:117.8dBm(40kHz)

□120GHz帯FPUの諸元

- ・アマチュア無線の電力密度 -45dBm/MHz (測定機の測定限界(実験機による))
- ・空中線利得 20.0dBi(±10度)
- ・熱雑音量:-61.4dBm

○アマチュア無線からFPUへの被干渉

- ・50mの見通し範囲にアマチュア無線がある場合

受信電力密度 = 妨害波送信電力 + 送信空中線利得 + 受信空中線利得 - (自由空間伝搬損失 + 大気減衰)
(大気減衰定数:0.93 dB/km(勧告ITU-R P.676-9)を適用)

$$P = -0.0(\text{dBm}) + 20.0(\text{dBi}) + 20.0(\text{dBi}) - (108.9(\text{dB}) + 0.05(\text{dB})) \\ = -68.8(\text{dBm})$$

FPUの熱雑音以下になる。

○FPUからアマチュア無線への与干渉

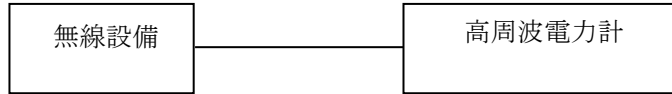
- ・20mの見通し範囲にアマチュア無線がある場合

受信電力密度 = 妨害波送信電力密度 + 送信空中線利得 + 受信空中線利得 - (自由空間伝搬損失 + 大気減衰)
ー帯域換算値(1MHz→40kHz) (大気減衰定数:0.93 dB/km(勧告ITU-R P.676-9)を適用)

$$P = -45.0(\text{dBm/MHz}) + 20.0(\text{dBi}) + 20.0(\text{dBi}) - (101.0(\text{dB}) + 0.021(\text{dB})) - 14.0(\text{dB}) \\ = -120.0(\text{dBm})$$

アマチュア無線の受信信号帯域幅の熱雑音以下になる。

1 空中線電力

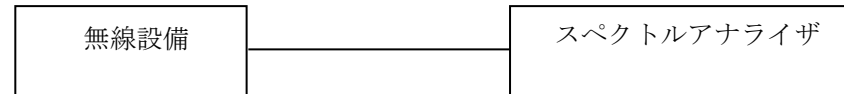


(ア) 空中線電力の測定はアンテナ端子で行う。アンテナ端子がない場合は一時的に測定用端子を設ける。

(イ) 無線設備を通常の変調状態で動作させたときに給電線に供給される電力を測定した値を空中線電力の強度とする。ただし、変調をかけた状態での測定が不可能なものについては、無変調状態において測定した値を送信電力の強度とする。

(ウ) 平均電力で規定される電波型式の場合は、高周波電力計の測定値を測定結果とすることができる。ただし、尖頭電力で規定される電波型式の場合は、平均電力を測定し妥当な換算係数を用い、尖頭電力とすることができる。

2 周波数の偏差

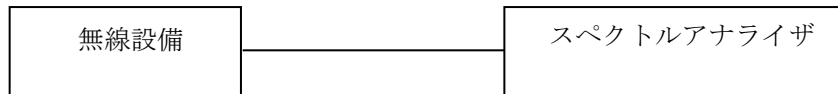


(ア) 送信周波数の測定はアンテナ端子で行う。

(イ) 無線設備を無変調状態において測定した周波数の値とする。

(ウ) 測定はスペクトルアナライザを使用し、スペクトルアナライザの分解能帯域幅は 1 MHz とする。

3 スプリアス領域における不要発射の強度



(ア) スプリアス領域における不要発射の強度の測定はアンテナ端子で行う。

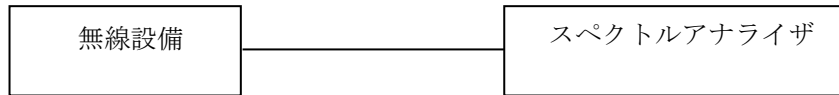
(イ) 無線設備を変調状態で動作させたときのあらゆる周波数ごとの不要発射の平均電力を測定した値又はその値と基本周波数の搬送波電力又は平均電力との差の値を不要発射の強度とする。

(ウ) 測定はスペクトルアナライザを使用し、スペクトルアナライザの参照帯域幅は 1 MHz とする。

(エ) 給電線として導波管を用いる場合はカットオフ周波数の0.7倍とする。なお、導波管が長く十分なカットオフ減衰量が得られる場合は、下限周波数をカットオフ周波数とする。上限周波数は基本波周波数の2倍とするが、フィルタ等の周波数特性により十分な減衰量が得られる周波数帯は、そのデータをもって当該周波数範囲の測定に代えることができる。

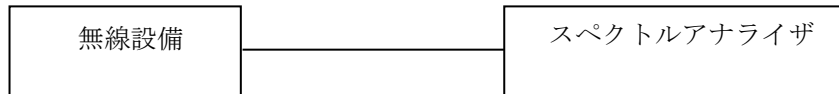
(オ) 必要に応じて搬送波抑圧フィルタを使用することとし、その場合は、帯域外領域における不要発射の強度を補正することとする。

4 「帯域外領域における不要発射の強度」



- (ア) 帯域外領域における不要発射の強度の測定はアンテナ端子で行う。
- (イ) 無線設備を変調状態で動作させたときのあらゆる不要発射が予想される周波数において不要発射を測定した値又はその値と基本周波数における平均電力との差の値を不要発射の強度とする。
- (ウ) 測定はスペクトルアナライザを使用し、スペクトルアナライザの参照帯域幅は1 MHzとする。
- (エ) 必要に応じて搬送波抑圧フィルタを使用することとし、その場合は、不要発射の強度を補正する。

5 占有周波数帯幅



- (ア) 占有周波数帯幅測定はアンテナ端子で行う。
- (イ) 測定は占有周波数帯幅が最大となる信号により変調された状態で行う。
- (ウ) 測定時の掃引周波数幅は設備規則に規定する許容値の2倍以上とする。
- (エ) 変調方式により、キャリア成分が存在するスペクトルに関しては、変調方式等に応じて、キャリア成分を除去して、占有周波数帯幅の計算を行う。
- (オ) 送信スペクトル分布から測定系の雑音レベルまで余裕がなく電力積算に影響を与える場合は、分解能帯域幅を1 MHzとした状態で、キャリアリーク等を除く電力最大点から23dB 減衰する(スペクトルの強度が、最大点の0.5 %相当となる)点の上限周波数と下限周波数の差を用いることができる。なお23 dB 低下した点が複数ある場合は、最も高い周波数と最も低い周波数の幅とする。

6 副次的に発する電波等の強度

3、4の測定方法に同じ