

VHF帯デジタルSTL/TTLの技術的条件(案)

平成27年3月17日
STL/TTL作業班

技術的条件の検討項目

前回までの作業班の議論を踏まえ、VHF帯デジタルSTL/TTLの技術的条件(案)を以下のとおりとする。

主な検討項目	技術的条件(案)		
使用周波数	VHF帯アナログSTL/TTL(60MHz帯・160MHz帯)と同一とする。		
変調方式	64QAM (32QAM、16QAM、QPSKも可とする。)		
電波の型式	D7W又はG7W		
空中線電力	5W以下		
空中線電力の許容偏差	上限20%、下限50%		
占有周波数帯幅の許容値	100kHz		
中継方式	検波再生中継方式		
受信入力電力	標準受信入力:精査中、最大受信入力:精査中		
偏波	水平偏波又は垂直偏波	回線瞬断率	99.9%
伝送容量	500kbps以下	クロック周波数	83.33kHz以下
混信保護値	10ページ参照	等価雑音帯域幅／雑音指数	83.33kHz以下／5dB以下
所要C/N	28.3dB (64QAM時)	総合伝送特性	15ページ参照
周波数の許容偏差	14ページ参照	所要フェージングマージン	精査中
送信電力スペクトル特性 及び送受信ろ波特性	16ページ参照	スプリアス発射又は 不要発射の強度の許容値	14ページ参照
その他	自動等化器、交差偏波干渉補償器、無給電中継装置、スペースダイバーシチは使用しない。また、等価等方輻射電力の制限値、送受信空中線特性、交差偏波識別度は規定しない。		

(1) 回線設計の再検討

回線設計における損失量の再検討

VHF帯デジタルSTL/TTLの回線設計を行う場合に見積もることができる伝搬上の損失量として、回折・遮蔽損失等(注1)を見積もることが適当である。

回折・遮蔽損失等の考え方は以下のとおり。

指標1 前回作業班からの変更(注2)	指標2 (前回作業班)資料STL/TTL作3-2
<u>電波法関係審査基準別紙1(無線局の局種別審査基準)別図第23号、別図第24号、別図第25号</u>	昭和35年郵政省告示第640号「放送区域等を計算による電界強度に基づいて定める場合における当該電界強度の算出の方法」(超短波放送等の回線設計において用いられているもの)

(注1) マルチパスによる影響やスプラディックE層による影響については、C/N配分において見積もることとする。

(注2) VHF帯アナログSTL/TTLと他の無線局(干渉波)等との干渉検討においては、干渉波に回折損失がある場合に別図第23号、別図第24号を参照することを踏まえ、VHF帯デジタルSTL/TTLについても同様に別図第23号、別図第24号、別図第25号に基づくこととする。

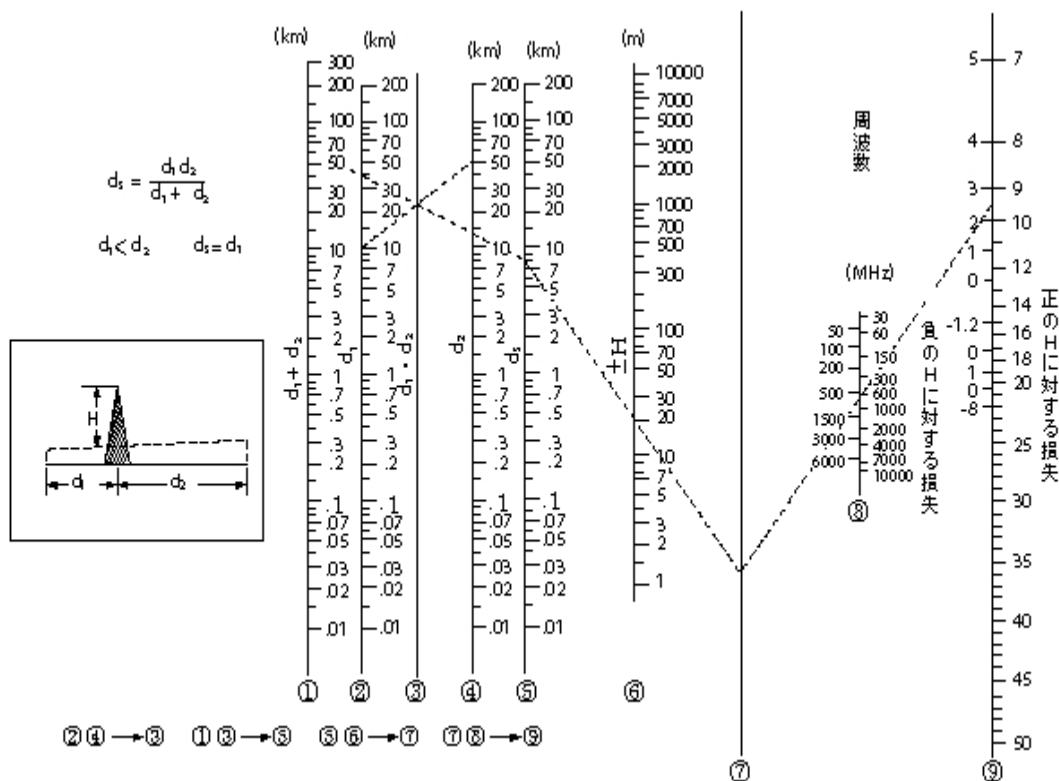
(参考) 電波法関係審査基準別紙1 (無線局の局種別審査基準) 別図第23号

1ナイフエッジによる回折の場合において自由空間損失に加わる損失(dB)を求めるもの

(変数)

d1 : 送信点-ナイフエッジ間の水平距離[km] d2 : ナイフエッジ-受信点間の水平距離[km]

H : ナイフエッジ頂点の海拔高と送受信点を結ぶ直線がナイフエッジ地点を通るときの海拔高の差[m]

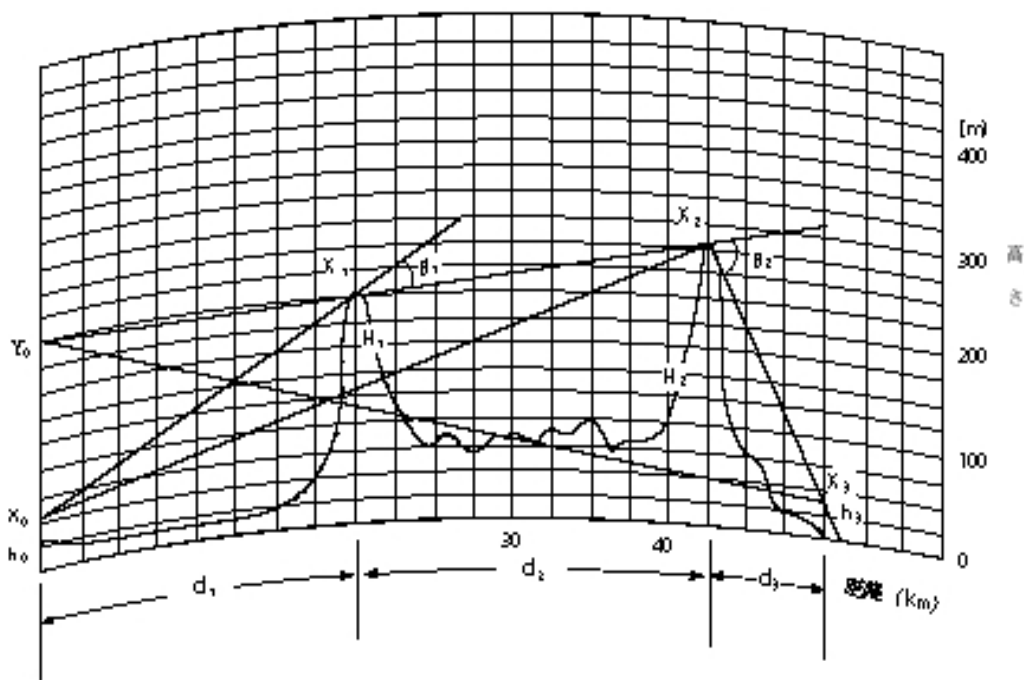


手順

- (1) ②軸上にd1、④軸上にd2を取り、それらを通る直線を引き、③軸上でd1d2を求める。
- (2) ①軸上に取ったd1+d2と③軸上のd1d2を通る直線を引き、⑤軸上でd1d2/(d1+d2)を求める。
- (3) ⑤軸上のd1d2/(d1+d2)と⑥軸上に取ったHを通る直線を引き、⑦軸との交点を求める。
- (4) ⑦軸上の交点と⑧軸上に取った周波数を通る直線を引き、⑨軸上で損失を求める。

(参考) 電波法関係審査基準別紙1 (無線局の局種別審査基準) 別図第24号

2ナイフエッジによる回折の場合において自由空間損失に加わる損失(dB)を求めるもの
 (各エッジでの回折損失 Γ_1 、 Γ_2 をそれぞれ別図第23号で求め、 $\Gamma_1 + \Gamma_2$ を全体の回折損失とするもの。)

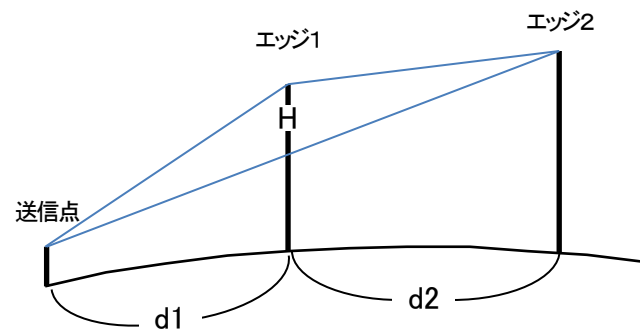


- 注 2回回折の場合は、次により行う。
- 1 空中線高をそれぞれ h_0 、 h_3 、全体の区間距離を $(d_1 + d_2 + d_3)$ とする。
 X_1, X_2 の点に空中線があると考え、 X_1 による回折損失 Γ_1 dB を別図第23号によって求める。
 この場合において、 H_1 をリッジの高さと考える(距離は d_1 と d_2)。
 - 2 X_1 と X_2 の延長線上で X_1 の垂直上方にある Y_1 の点を仮想し、 Y_1, X_2 の点に空中線があると
 考えて X_2 による回折損失 Γ_2 dB を別図第23号によって求める。この場合において H_2
 をリッジの高さと考える。(距離は $(d_1 + d_2)$ と d_3)。
 - 3 自由空間損失に加えるべき損失は $\Gamma_1 + \Gamma_2$ である。
 - 4 3回回折の場合は同様な方法を3回、4回回折の場合は4回(以下同様とする。)行う。

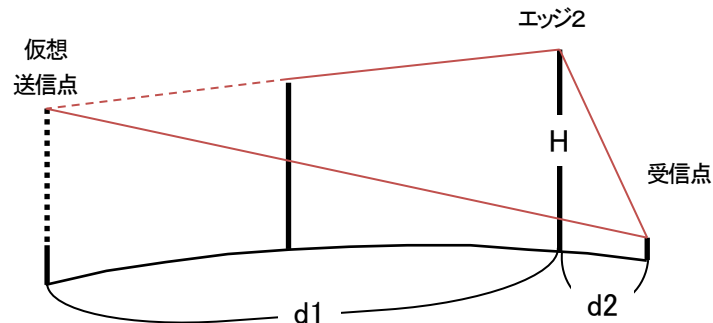
手順

(1) 別図第24号は、 Γ_1 及び Γ_2 を求める際に、
 別図第23号で用いるパラメータの求め方を
 示す。

Γ_1 について別図第23号で用いるパラメータ d_1 、 d_2 、 H



Γ_2 について別図第23号で用いるパラメータ d_1 、 d_2 、 H



(参考) 電波法関係審査基準別紙1 (無線局の局種別審査基準) 別図第25号

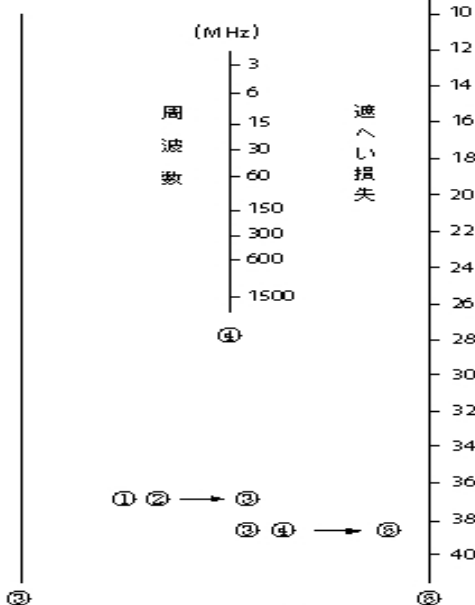
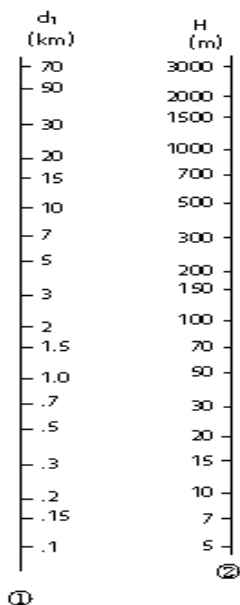
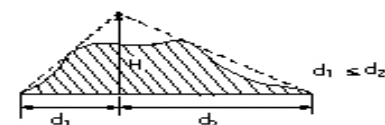
球面大地に対する遮へい損失を求めるもの

(ナイフエッジによる回折とみなすことができない場合に回折損失を求める際に使用するもの)

送受信点から見通し下限となる直線を引き、その交点について、以下の値を求める。

d_1 : 送信点-交点間、交点-受信点間のうち、短くなる方の水平距離[km]

H : 交点の海拔高と送受信点を結ぶ直線が交点地点を通るときの海拔高の差[m]



手順

- (1) ①軸上に d_1 、②軸上に H を取り、それらを通る直線を引き、③軸との交点を求める。
- (2) ③軸上の交点と④軸上にとった周波数を通る直線を引き、⑤軸上で損失を求める。

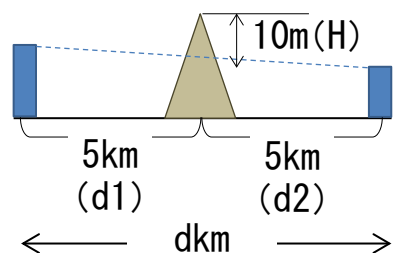
回折損失等の算出モデル

回折損失等を算出するモデルとして、伝搬路上に遮蔽物があることを想定し、下図のように

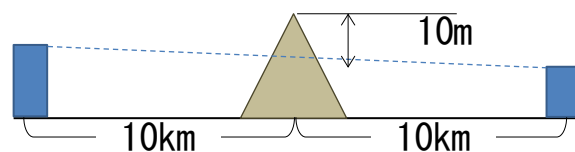
- ・ 送受信点間を結ぶ直線とナイフエッジ先端の高低差(H)が10m/100mの場合
- ・ 送信点からナイフエッジまでの水平距離(d1)とナイフエッジから受信点までの水平距離(d2)の和(d)が、20kmの場合(VHF帯デジタルSTL/TTLの標準的な伝送距離)(モデル2/モデル5)のほか、参考として10km及び50kmの場合(モデル1/モデル3/モデル4/モデル6)

について、検討を行った(注)。それぞれのモデルについての回折損失等の値は次頁のとおり。

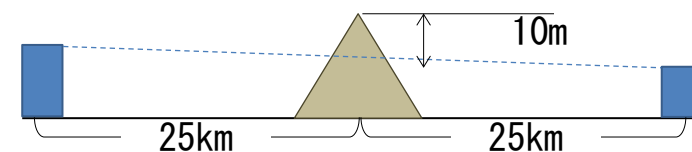
モデル1



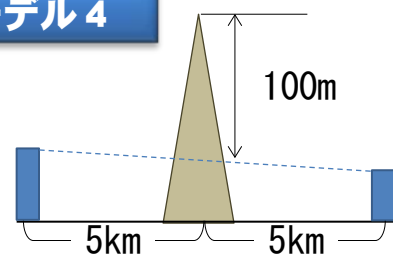
モデル2



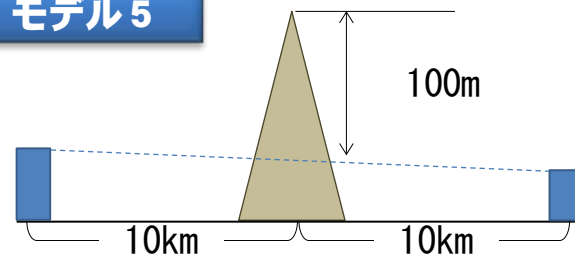
モデル3



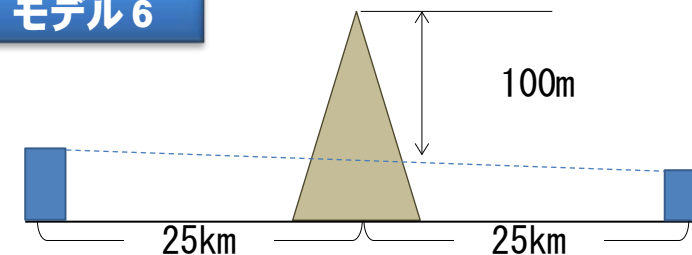
モデル4



モデル5



モデル6



(注) 送受信点とナイフエッジとの距離が回折損失に与える影響を確認するため、 $d_1=d_2$ となる場合(ナイフエッジが送受信点間の中間にある場合)について検討を行っている。

回折損失等の見積もり

モデル1～モデル6について、それぞれ指標1及び指標2に基づく回折損失を算出した結果は以下の表のとおり。指標2の結果は、指標1の60MHz帯の結果と160MHz帯の結果の間にあることが分かる。(指標1において高い周波数帯(160MHz帯)の方が、回折損失の値は大きくなる。)

VHF帯デジタルSTL/TTLについては、指標1を用いて回折損失等を見積もることとし、20dB程度まで回折損失等を見積もることができる。

<指標1の結果>

電波法関係審査基準別紙1(無線局の局種別審査基準)別図第23号

60MHz帯の場合

	d=10km	d=20km	d=50km
H=10m	7未満	7未満	7未満
H=100m	15.9	12.8	11.0

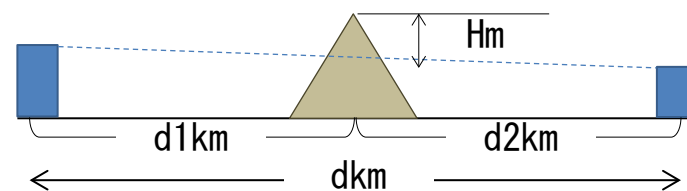
160MHz帯の場合

	d=10km	d=20km	d=50km
H=10m	7.7	7.1	7未満
H=100m	20.6	16.8	13.8

<指標2の結果>

昭和35年郵政省告示第640号「放送区域等を計算による電界強度に基づいて定める場合における当該電界強度の算出の方法」(注)

	d=10km	d=20km	d=50km
H=10m	7.3	6.8	6.4
H=100m	17.3	14.5	11.4



(注) 指標2は周波数に依存しない変数によって定まる値。

(3) 混信保護値等の算出(干渉検討の結果)

VHF帯デジタルSTL/TTLの混信保護値

実証実験等の結果を踏まえ、混信保護値(1波当たりの干渉波電力に対する搬送波電力対干渉波受信電力比又は全干渉波電力の総和に対する搬送波電力対干渉波受信電力比のいずれか)は以下のとおり規定することが適当である。

1波当たりの干渉波電力に対する値(dB)		全干渉波の総和に対する値(dB)
同一経路	異経路	
39.8(平常時)	35.7+Fmr(平常時)	31.3(フェージング時)

(注) Fmrは所要フェージングマージン

表 所要D/U(注)

希望波 デジタル STL/TTL	干渉波 デジタル STL/TTL	同一周波数	100kHz離れ	200kHz離れ	300kHz離れ	400kHz離れ
64QAM	64QAM	25	-7	-16	-16	-17
32QAM	32QAM	21.9	-10.1	-19.1	-19.1	-20.1
16QAM	16QAM	18.9	-13.1	-22.1	-22.1	-23.1
QPSK	QPSK	12.1	-19.9	-28.9	-28.9	-29.9

(注)所要D/Uは、平成26年度「山間部における超短波放送の難聴解消のための周波数有効利用技術に関する調査検討会」(信越総合通信局実施)の調査結果及び机上計算に基づき、160MHz帯について算出されたものであるが、60MHz帯においても同様の規定とすることができる。

(参考) 全干渉波の総和に対する混信保護値の求め方

既存のSTL/TTLの規定と同じ求め方とすることが適当である。

全干渉波の総和に対する混信保護値[C/Ia]は次式により求める。

$$[C/Ia] = -10 \times \log \left(\sum_{i=1}^m 10^{-(C/Ii)/10} + \sum_{j=1}^n 10^{-(C/Ij)/10} \right)$$

m: 同一経路の妨害波の数

C/Ii: 希望波と同一経路のi番目の妨害波による搬送波電力対干渉波受信電力比[dB]

$C/Ii = D/U_i + IRFi$

D/U_i: 希望波と同一経路のi番目の妨害波による希望波受信電力対妨害波受信電力比[dB]

IRFi: 希望波と同一経路のi番目の妨害波間の干渉軽減係数[dB]

n: 異経路の妨害波の数

C/Ij: 希望波と異経路のj番目の妨害波による搬送波電力対干渉波受信電力比[dB]

$C/Ij = D/U_j + IRFj$

D/U_j: 希望波と異経路のj番目の妨害波による希望波受信電力対妨害波受信電力比に所要フェージングマージンを差し引いた値[dB]

IRFj: 希望波と異経路のj番目の妨害波間の干渉軽減係数[dB]

なお、妨害波の回折損失が認められる場合には、電波法関係審査基準別紙1別図第23号及び別図第24号により求め加算する。

VHF帯デジタルSTL/TTLとアナログ（放送事業用）との干渉検討結果

VHF帯デジタルSTL/TTLの同一周波数帯において、アナログSTL/TTL及びアナログ監視・制御回線が割り当てられている。

160MHz帯デジタルSTL/TTLから、同一周波数帯で割り当てられているアナログSTL/TTL及びアナログ監視・制御回線への干渉検討結果は以下のとおり。

表 所要D/U(注)

希望波 アナログ 放送事業用	干渉波 デジタル STL/TTL	同一周波数	100kHz離れ	200kHz離れ	300kHz離れ	400kHz離れ
アナログ STL/TTL (S/N=55dB)	64QAM	33	-5	-6.5	-10.5	-10.5
監視・制御回線 (S/N=30dB)	64QAM	18	-20	-21.5	-25.5	-25.5

(注)アナログSTL/TTLの所要D/Uは、室内試験の結果に基づき算出。監視・制御回線の所要D/Uは、アナログSTL/TTLとの所要S/N差に基づく机上計算によるもの。

(3) その他の技術的条件

空中線電力の許容偏差等

(1) 空中線電力の許容偏差

無線設備規則第14条18に基づき、上限20%、下限50%とすることが適当である。

(2) 周波数の許容偏差

無線設備規則別表第1号に基づき、右表の値とすることが適当である。

周波数帯	空中線電力	周波数の許容偏差
60MHz帯	1Wを超えるもの	10×10^{-6}
	1W以下	20×10^{-6}
160MHz帯	1Wを超えるもの	10×10^{-6}
	1W以下	15×10^{-6}

(3) スプリアス発射又は不要発射の強度の許容値

無線設備規則別表第3号2(1)に基づき、下表の値とすることが適当である。

周波数帯	空中線電力	帯域外領域におけるスプリアス発射の強度の許容値	スプリアス領域における不要発射の強度の許容値
60MHz帯	1Wを超えるもの	1mW以下であり、かつ、基本周波数の平均電力より80dB低い値	基本周波数の搬送波電力より60dB低い値
	1W以下	100 μ W以下	50 μ W以下
160MHz帯	1Wを超えるもの	1mW以下であり、かつ、基本周波数の平均電力より60dB低い値	基本周波数の搬送波電力より60dB低い値
	1W以下	100 μ W以下	50 μ W以下

総合伝送特性等

(4) ロールオフ率

周波数の有効利用の観点から、ロールオフ率を小さくすることが求められる。現在の実用的な送信機のロールオフ率を鑑みれば、ロールオフ率は0.2以下とすることが適当である。

(5) 総合伝送特性

ロールオフ率 α は、次式を満たすような α を選ぶことが適当である。ここで、 $\Delta f(\alpha)$ はスペクトル帯域幅であり、 f_c (クロック周波数) を用いて、 $\Delta f(\alpha) = f_c (1 + \alpha)$ で定義される。

① 60MHz帯を使用するVHF帯デジタルSTL/TTL

$$\Delta f(\alpha) \leq 96\text{kHz}$$

② 160MHz帯を使用するVHF帯デジタルSTL/TTL

$$\Delta f(\alpha) \leq 94\text{kHz}$$

(考え方)

VHF帯デジタル音声STL/TTLでは、空中線電力が1W以下のものも存在しうることから、周波数の許容偏差が 20×10^{-6} となる場合において、60MHz帯で中心周波数が最も大きい67.55MHzのときは1351Hz、周波数の許容偏差が 15×10^{-6} となる場合において、160MHz帯で中心周波数が最も大きい168.23MHzのときは2523.45Hzの偏差が生じることになる。

よって、隣接周波数(最小周波数間隔:100kHz)を使用することができるよう、スペクトル帯域幅はそれぞれ
中心周波数が67.55MHzの場合、 $100\text{kHz} - 1351\text{Hz} \times 2 = 96.298\text{kHz}$
中心周波数が168.23MHzの場合、 $100\text{kHz} - 2523.45\text{Hz} \times 2 = 94.9531\text{kHz}$
の範囲内に収まるよう、総合伝送特性を定めることが適当である。

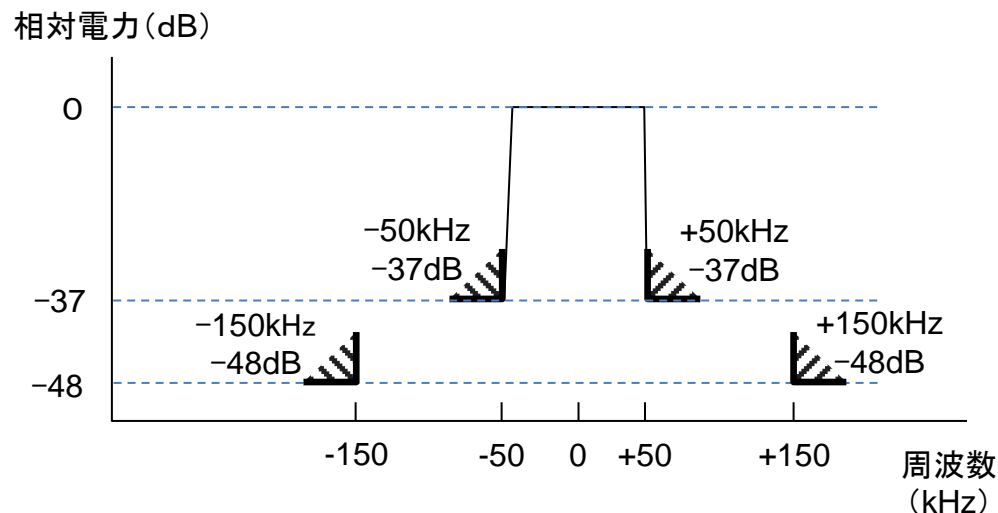
スペクトル特性等

(6) スペクトル特性

周波数有効利用の観点からスペクトルをできるだけ低減するよう、スペクトラムマスクの許容値を規定することが適当である。

- ・ ±50kHz (自チャンネルの端) にて -37dB 以下
- ・ ±150kHz (隣接チャンネルの端) にて -48dB 以下

(参考) 自チャンネルの端にて -37dB 以下、隣接チャンネルの端にて -48dB 以下とする規定は、SHF 帯 STL/TTL の規定を踏まえたもの。



(7) 送受信ろ波特性

VHF帯アナログSTL/TTL相当以下の送受信高周波ろ波特性、等価送受信ろ波特性を右表のとおり規定することが適当である。

送受信高周波ろ波特性		
周波数偏差	3MHz	10MHz
減衰量	10dB 以上	20dB 以上

等価送受信ろ波特性				
周波数偏差	100kHz	250kHz	3MHz	10MHz
減衰量	10dB	15dB	20dB	35dB

等価受信ろ波特性				
周波数偏差	100kHz	250kHz	3MHz	10MHz
減衰量	15dB	25dB	45dB	60dB

參考資料

(参考1) 既存のSTL/TTLの諸元

周波数帯(注1)	映像STL/TTL				音声STL/TTL	映像TTL
	B/C/Dバンド	M/Nバンド	E/Fバンド	Gバンド	M/Nバンド	UHF帯
変調方式	64QAM(TS伝送方式)(注2)				64QAM(注3)	OFDM(IF伝送方式)
クロック周波数	6.7MHz以下				375kHz以下	規定していない
空中線電力の最大値	2W(注4)				2W	100W
占有周波数帯幅	7.6MHz以下				405kHz	5.7MHz
中継方式	検波再生中継方式(注5)					非再生中継方式
標準受信入力(注6)	-58.5dBm+Fmr/2	-54.5dBm+Fmr/2	-49.1dBm+Zr/2	-50.8dBm+Zr/2	-65.5dBm+Fmr/2	-71dBm+Fmr
最大受信入力	-36dBm	-36dBm(注7)	-27dBm		-36dBm(注7)	規定していない
標準的な回線距離	50km		7km		規定していない	
回線瞬断率	5×10^{-7} (1/km)	4×10^{-7} (1/km)	1.25×10^{-6} (1/km)		4×10^{-7} (1/km)	0.1% (信頼度 99.9%)
周波数の許容偏差	20×10^{-6}				2×10^{-6}	3kHz

(注1) Bバンド: 5,850MHz-5,925MHz Cバンド: 6,425MHz-6,570MHz Dバンド: 6,870MHz-7,125MHz Eバンド: 10.25GHz-10.45GHz Fバンド: 10.55GHz-10.68GHz Gバンド: 12.95GHz-13.25GHz Mバンド(映像): 6,570MHz-6,700.375MHz 6,719.875MHz-6,860.375MHz 6,867.875MHz-6,870MHz Nバンド(映像): 7,425MHz-7,571.375MHz 7,584.875MHz-7,731.375MHz Mバンド(音声): 6,700.375MHz-6,719.875MHz 6,860.375MHz-6,867.875MHz Nバンド(音声): 7,571.375MHz-7,584.875MHz 7,731.375MHz-7,742.375MHz UHF帯: 470MHz-710MHz

(注2) 中継回線の構築上必要と認められる場合にあっては、他の回線への周波数割当てに影響を与えない範囲でIF伝送方式を使用することができる(M/Nバンドを除く)。

(注3) 伝搬路条件等から、64QAM方式によることが困難な場合は、32QAM、16QAM又はQPSK方式を使用することができる。

(注4) 10.60GHz-10.68GHz帯は0.5Wを上限とし、B/C/D/E/F/Gバンドはやむを得ない場合に限り4Wを上限とすることができる。

(注5) 置局条件等により検波再生中継方式が困難と認められる場合、回線品質の条件を満足するときは、非再生中継方式も可とする(M/Nバンド(映像)を除く)。

(注6) Fmrは所要フェージングマージン、Zrは所要降雨減衰マージン

(注7) 単一受信の場合は-44dBm

(参考2) 既存のSTL/TTLの混信保護の許容値等

混信保護の許容値

周波数帯		B/C/D/M/Nバンド(TS伝送方式)	E/F/Gバンド(TS伝送方式)
干渉波一波 当たりの値	同一経路	39dBm (平常時)	39dBm
	異経路	35+Fmr dBm (平常時) (注)	35dBm
全干渉波の総和に対する値		30.5dBm (フェージング時)	30.5dBm

(注) Fmrは所要フェージングマージン

ろ波特性

B/C/D/E/F/G/M/Nバンド映像STL/TTL(TS伝送方式)

送受信高周波ろ波特性	
周波数偏差	規定していない
減衰量	

送信ろ波特性				
周波数偏差	20MHz	35MHz	40MHz	70MHz
減衰量 (M/Nバンド以外)	15dB	35dB	—	60dB
減衰量 (M/Nバンド)	30dB	—	50dB	—

等価受信ろ波特性				
周波数偏差	4.5MHz	6.7MHz	20MHz	60MHz
減衰量	25dB	50dB	55dB	80dB

M/Nバンド音声STL/TTL

送受信高周波ろ波特性		
周波数偏差	10MHz	15MHz
減衰量	25dB 以上	50dB 以上

等価送信ろ波特性					
周波数偏差	250kHz	750kHz	3MHz	8MHz	10MHz
減衰量	37dB	48dB	48dB	60dB	70dB

等価受信ろ波特性					
周波数偏差	250kHz	750kHz	1.5MHz	10MHz	15MHz
減衰量	40dB	70dB	80dB	80dB	80dB