

VHF帯デジタルSTL/TTLの技術的条件の検討

平成27年1月27日
STL/TTL作業班

検討のための前提条件

(1) 占有周波数帯幅に関する条件

高能率なデジタル伝送方式(64QAM等)を用いることで、現行の60MHz・160MHz帯STL/TTLの占有周波数帯幅である100kHz以内で伝送することができるものとする。

(2) 伝送品質に関する条件

マイクロ波帯音声STL/TTLで利用されている音声圧縮方式(サブバンドADPCM)等を用いて、ステレオ／モノラル(1CH、2CH)音声等を伝送することができるものとする。

(3) 伝送モデルに関する条件

伝送を行う目的や地理的条件等を鑑み、短距離／長距離の伝送モデル、単一ルート／多段ルートの伝送モデルを想定した回線設計を行うものとする。



前提条件に基づく検討事項

前頁の前提条件に基づき検討を行うにあたっては、以下の事項を確認することが必要。

(1) 伝送容量に関する検討事項

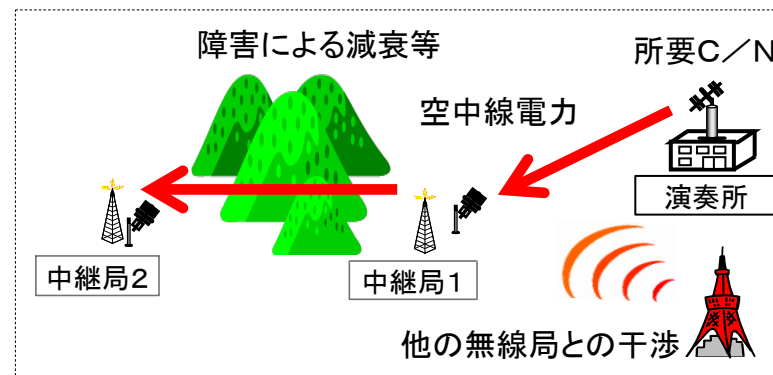
音声圧縮方式、変調方式と伝送する音声の組合せは表のとおり。これらが占有周波数帯幅100kHz以内で伝送可能かについて検討する必要がある。

変調方式	サブバンドADPCM		MPEG2-AAC	
	ステレオ	モノラル	ステレオ	モノラル
64QAM	ケース1	ケース4	ケース7	ケース10
16QAM	ケース2	ケース5	ケース8	ケース11
QPSK	ケース3	ケース6	ケース9	ケース12
備考	信号処理遅延が少ない		信号処理遅延が大きい	

(注) 変調方式には、他に32QAMも考えられるが、ここでは代表的なものについて検討。

(2) 回線設計に関する検討事項

伝送ルート上の障害(フェージング等)を考慮し、所要C/N、空中線電力等を検討する必要がある。



回線設計における基本モデル

回線設計を行うにあたって、以下のような基本モデルを設定し、空中線電力等の要件を検討。

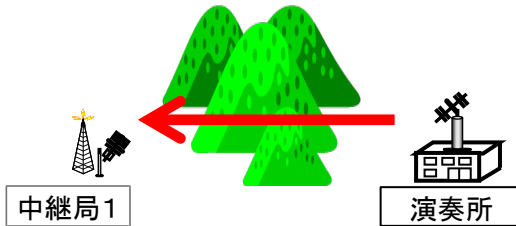
<考え方>

伝送が小規模な場合、大規模な場合に応じて、短距離／長距離、単ルート／多段ルートを組み合わせ、四つのケースについて検討を行う。(参考1「既存のAM/FMにおけるSTL/TTLの利用状況」参照。)

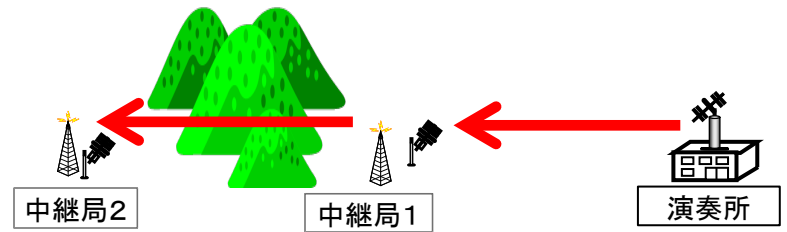
(1) 小規模な場合のケース

コミュニティFM事業者、FM事業者等によるステレオ音声の伝送を想定

基本モデル① 単ルート／短距離



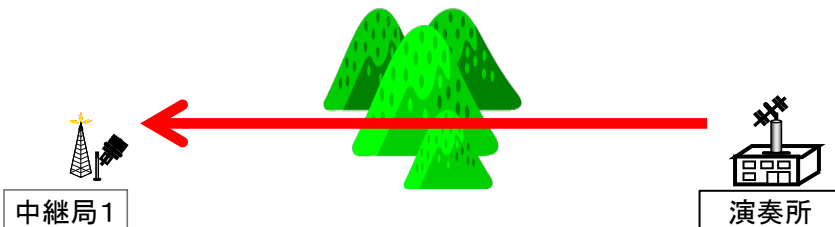
基本モデル② 多段ルート／短距離×2段～3段



(2) 大規模な場合のケース

AM事業者等によるモノラル音声の伝送を想定

基本モデル③ 単ルート／長距離



基本モデル④ 多段ルート／短距離×3段～5段

(あるいは短距離＋長距離)



(1) 伝送容量に関する検討

最大伝送容量の算出

シンボル周波数を80kHz程度、ロールオフ率を0.2とする場合、占有周波数帯幅100kHz以内とすることができる。64QAMの場合、正味伝送容量は400kbps程度となり、これに誤り訂正符号としてのRS(リードソロモン)符号(8.5%)やヘッダ情報(5.3%)を付与し、最大伝送容量は460kbps～520kbps程度。

スペクトル 帯域幅 (kHz)	ロール オフ率	変調方式	64QAM	16QAM	QPSK	64QAM	16QAM	QPSK
		ビット数	6	4	2	6	4	2
		シンボル 周波数 (kHz)	正味伝送容量 (kbps)			RS符号等を含む最大伝送容量 (kbps)		
100	0.2	83.33	439.37	292.91	146.46	500.00	333.33	166.67
100	0.15	86.96	458.47	305.65	152.82	521.74	347.83	173.91
95	0.2	79.17	417.40	278.27	139.13	475.00	316.67	158.33
95	0.15	82.61	435.55	290.36	145.18	495.65	330.43	165.22
92	0.2	76.67	404.22	269.48	134.74	460.00	306.67	153.33
92	0.15	80.00	421.79	281.20	140.60	480.00	320.00	160.00

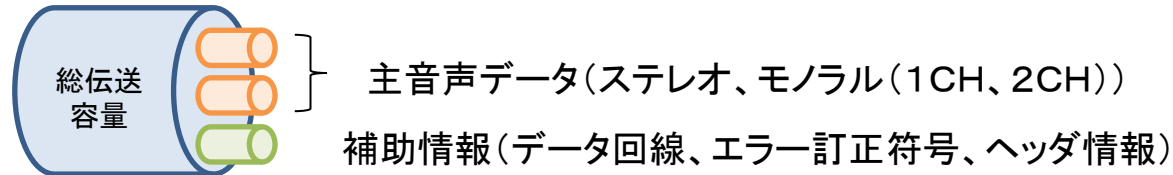
スペクトル帯域幅 = シンボル周波数 × (1 + ロールオフ率)

最大伝送容量 = シンボル周波数 × ビット数

最大伝送容量 = 正味伝送容量 × (1 + 0.085(RS符号) + 0.053(ヘッダ情報))

伝送されるデータの種類

本回線で伝送されるデータとして、主に次のようなものが想定される。



① 主音声データ

音声圧縮方式によって、表のような伝送容量が算出される。

	サブバンドADPCM (kbps)	MPEG2-AAC (kbps)				
		144	128	96	72	64
モノラル(1CH)	192	144	128	96	72	64
ステレオ、モノラル(2CH)	384	288	256	192	144	128
コーデック単体遅延	10ms以内	約200ms以内				

<サブバンドADPCM>

音声周波数(～20kHz)を
16bit×48kHzでサンプリングした
もの(768kbps)を1/4圧縮し、
192kbps(=768kbps/4)

<MPEG2-AAC>

右に行くほど高圧縮

② データ回線

同期信号用、監視・制御用等に使用するもの。

ここでは、20kbps程度を見積もることとする。ただし、主音声データ量に応じて増減可能。(正味伝送容量から主音声データ量を引いた差分量まで使用可能。)

③ 誤り訂正符号

伝送路でのエラーを訂正するために付与するもの。

④ ヘッダ情報

復号を容易にする情報を、一定周期毎に付与するもの。

ステレオ音声の伝送容量

5頁、6頁に基づき、ステレオ音声について、変調方式に応じて占有周波数帯幅100kHz以内で伝送可能かについて判定を行った結果は以下のとおり。

<判定基準>

ここでは、マージンをみて、占有周波数帯幅92kHz(シンボル周波数76.67kHz、ロールオフ率0.2)の場合の最大伝送容量を基準として判定(データ回線の容量は、例えば同期信号の伝送に必要な20kbpsと設定)。

総伝送容量が最大伝送容量以下の場合は○とする。

		サブバンドADPCM (kbps)		MPEG2-AAC (kbps)			
伝送 容量	ステレオ、モノラル(2CH)	384	288	256	192	144	128
	データ回線(20kbps)	20	20	20	20	20	20
	正味伝送容量	404	308	276	212	164	148
	誤り訂正符号(8.5%)	34	26	23	18	14	13
	ヘッダ情報(5.3%)	21	16	15	11	9	8
	総伝送容量	460	350	314	241	187	169
判定	64QAM(460kbps)	○	○	○	○	○	○
	16QAM(306.67kbps)	—	—	—	○	○	○
	QPSK(153.33kbps)	—	—	—	—	—	—

ケース1~ケース3(2頁)

ケース7~ケース9(2頁)

モノラル音声の伝送容量

5頁、6頁に基づき、モノラル音声について、変調方式に応じて占有周波数帯幅100kHz以内で伝送可能かについて判定を行った結果は以下のとおり。

<判定基準>

ここでは、マージンをみて、占有周波数帯幅92kHz(シンボル周波数76.67kHz、ロールオフ率0.2)の場合の最大伝送容量を基準として判定(データ回線の容量は、例えば同期信号の伝送に必要な20kbpsと設定)。

総伝送容量が最大伝送容量以下の場合は○とする。

		サブバンドADPCM (kbps)		MPEG2-AAC (kbps)			
伝送 容量	モノラル(1CH)	192	144	128	96	72	64
	データ回線(20kbps)	20	20	20	20	20	20
	正味伝送容量	212	164	148	116	92	84
	誤り訂正符号(8.5%)	18	14	13	10	8	7
	ヘッダ情報(5.3%)	11	9	8	6	5	4
	総伝送容量	241	187	169	132	105	95
判定	64QAM(460kbps)	○	○	○	○	○	○
	16QAM(306.67kbps)	○	○	○	○	○	○
	QPSK(153.33kbps)	—	—	—	○	○	○

ケース4～ケース6(2頁)

ケース10～ケース12(2頁)

伝送容量に関する検討結果

伝送遅延が少ないサブバンドADPCM方式を用いる場合、ステレオ音声は64QAM、モノラル音声は16QAM(又は64QAM)の変調方式を用いることで、占有周波数帯幅100kHz以下で伝送可能。

変調方式	サブバンドADPCM		MPEG2-AAC	
	ステレオ	モノラル	ステレオ	モノラル
64QAM	○	○	○	○
16QAM	—	○	△(注1)	○
QPSK	—	—	—	△(注2)
備考	信号処理遅延が少ない		信号処理遅延が大きい	

注1 192kbps以下まで圧縮すれば伝送可能。

注2 96kbps以下まで圧縮すれば伝送可能。

伝送条件 (案)

以上の結果より、伝送条件は次のとおりとはどうか。

- (1) 占有周波数帯幅は、100kHzとする。
- (2) 変調方式は、64QAMを基本とし、その他の方式(例えば16QAM、QPSK)も可。
- (3) 音声圧縮方式は、サブバンドADPCM方式を基本とし、その他の方式(例えばMPEG2-AAC)も可。

(2) 回線設計に関する検討

単一ルート of 回線設計の諸元 (短距離 / 長距離)

単一ルート(3頁の基本モデル①及び③)の回線設計を行うにあたっては、以下の諸元を想定する。

置局条件

- ・ 周波数は160MHz帯(代表値として167.93MHz)、60MHz帯(代表値として60.305MHz)を想定。
- ・ 短距離は5km, 10km, 20kmの陸上传搬を想定、長距離は50km, 100kmを陸上传搬 / 海上伝搬を想定。

送信系・受信系特性

- ・ 空中線利得は、短距離では160MHz帯では5素子八木(10dBi)、60MHz帯では3素子八木(8dBi)を想定。長距離では多素子を想定(例えば、160MHz帯では20素子八木(16dBi)、60MHz帯では8素子八木(13dBi)を想定)。
- ・ 給電線損失は、送信系・受信系ともに2dBとし、その他の損失(フィルタ損、共用器損等)は、送信系1dB、受信系4dBを想定。

伝搬特性

- ・ 自由空間伝搬損のほか、位相損失(送信高100m, 受信高150mを想定)、フェージングマージンを考慮。
- ・ フェージングマージンは、陸上传搬では(0.2 × 距離+6)dB、海上伝搬では(0.3 × 距離+6)dBを想定。

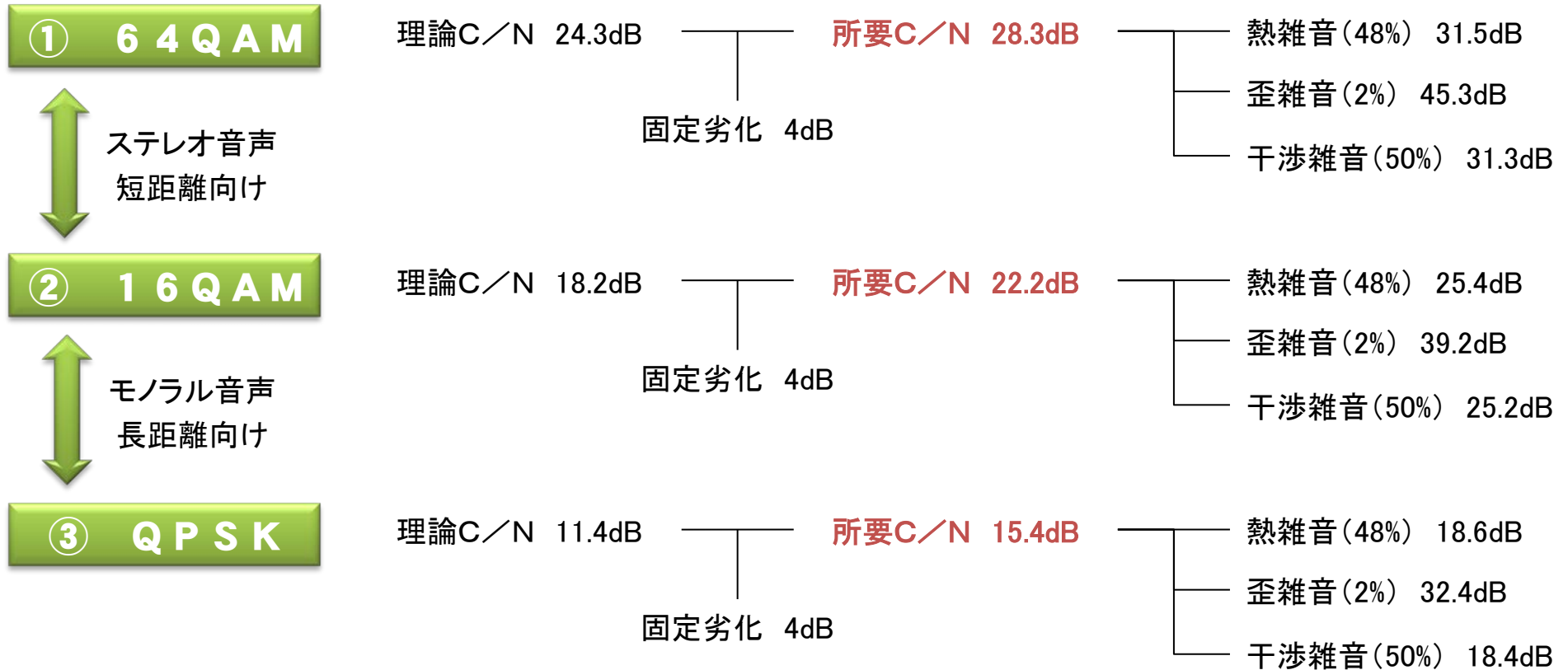
評価

- ・ 雑音合計及びC/N(次頁参照)から標準受信入力電力を算出し、計算した受信入力電力を評価。
- ・ 雑音合計(-113.3dBm)は、熱雑音(-118.9dBm: 等価受信帯幅100kHz及び雑音指数5dBより算出)及び外部雑音(-114.7dBm: ITU-R P.372-11に基づき算出)より算出。

所要C/Nの算出

変調方式ごとの所要C/Nは以下のとおり。

なお、C/N配分量(48%, 2%, 50%)は、「デジタル方式のSTL/TTLの技術的条件」(平成14年1月28日: 情報通信審議会答申)報告書の参考資料8において、「デジタル方式では熱雑音、歪雑音及び干渉雑音について固定的な割合で配分」とされていることに基づいている。



(注) ここでは、回線瞬断率を99.9%、リードソロモン復号前のビット誤り率を 10^{-4} としている。

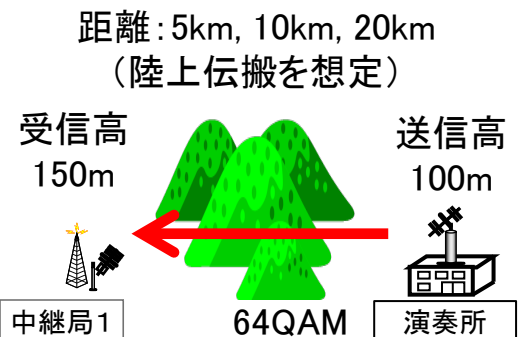
単ルート回線のイメージ (短距離/長距離)

回線設計のイメージは、図のとおり。160MHz帯、60MHz帯のそれぞれについて回線設計を行う。

基本モデル① 短距離

<受信系>

- ・空中線利得:
8dBi(60MHz帯)、10dBi(160MHz帯)
- ・給電線損失: 2dB
- ・その他の損失: 4dB



<送信系>

- ・空中線利得:
8dBi(60MHz帯)、10dBi(160MHz帯)
- ・給電線損失: 2dB
- ・その他の損失: 1dB

<伝搬損失>

- ・自由空間伝搬損、位相損失
- ・フェージングマージン: $(0.2 \times \text{距離} + 6)$ dB (陸上)

基本モデル③ 長距離

<受信系>

- ・空中線利得: 13dBi(60MHz帯)
16dBi(160MHz帯)
- ・給電線損失: 2dB
- ・その他の損失: 4dB



<送信系>

- ・空中線利得: 13dBi(60MHz帯)
16dBi(160MHz帯)
- ・給電線損失: 2dB
- ・その他の損失: 1dB

<伝搬損失>

- ・自由空間伝搬損、位相損失
- ・フェージングマージン: $(0.2 \times \text{距離} + 6)$ dB (陸上)、 $(0.3 \times \text{距離} + 6)$ dB (海上)

単一ルート／短距離（基本モデル①）の回線設計

5km, 10km, 20kmのそれぞれの場合の回線設計は、以下のとおり(64QAM, 見通しを想定)。

10dB程度のマージンを見込めば、空中線電力は0.1W程度を上限とすることが適当と考えられる。

置局条件	周波数	MHz	160MHz帯(167.93MHz)			60MHz帯(60.305MHz)			備考(計算式)
	距離	km	5 陸上	10 陸上	20 陸上	5 陸上	10 陸上	20 陸上	11頁参照
	送信高	m	100			100			11頁参照
	受信高	m	150			150			11頁参照
送信系特性	(1) 送信出力	W	0.01	0.05	0.1	0.01	0.1	0.1	
		dBm	10	17	20	10	20	20	
	(2) 空中線利得	dBi	10			8			11頁参照
	(3) 給電線損失	dB	2			2			11頁参照
	(4) その他の損失	dB	1			1			11頁参照
	(5) 等価等方輻射電力	dBm	17	24	27	15	25	25	(5)=(1)+(2)-(3)-(4)
受信系特性	(6) 空中線利得	dBi	10			8			11頁参照
	(7) 給電線損失	dB	2			2			11頁参照
	(8) その他の損失	dB	4			4			11頁参照
	(9) 受信系総合利得	dB	4			2			(9)=(6)-(7)-(8)
伝搬特性	(10) 自由空間伝搬損失	dB	90.9	96.9	102.9	82.0	88.0	94.0	
	(11) 回折損失・遮蔽損失	dB	0			0			
	(12) 位相損失	dB	-3.8	-5.1	-4.6	0.7	6.5	-6.0	
	(13) フェージングマージン	dB	7	8	10	7	8	10	11頁参照
	(14) 合計伝搬損失	dB	94.1	99.8	108.3	89.7	102.5	98.0	(14)=(10)+(11)+(12)+(13)
評価	(15) 受信入力電力	dBm	-73.1	-71.8	-77.4	-72.7	-75.5	-71.1	
	(16) 雑音合計	dBm	-113.3			-113.3			11頁参照
	(17) 所要C/N	dB	28.3			28.3			64QAM
	(18) 標準受信入力電力	dBm	-85.0			-85.0			(18)=(16)+(17)
	(19) マージン含受信入力電力	dBm	-81.5	-81.0	-80.0	-81.5	-81.0	-80.0	(19)=(18)+(13)/2

単一ルート／長距離（基本モデル③）の回線設計

50km, 100kmのそれぞれの場合の回線設計は、以下のとおり(16QAM/QPSK, 見通し(陸上／海上を想定))。
10dB～15dB程度のマージンを見込めば、空中線電力は1W～10W程度が適当と考えられる。

置局条件	周波数	MHz	160MHz帯(167.93MHz)				60MHz帯(60.305MHz)				備考(計算式)
	距離	km	50 陸上	50 海上	100 陸上	100 海上	50 陸上	50 海上	100 陸上	100 海上	11頁参照
	送信高	m	100				100				11頁参照
	受信高	m	150				150				11頁参照
送信系特性	(1) 送信出力	W	1	5	10	10	1	5	10	10	
		dBm	30	37	40	40	30	37	40	40	
	(2) 空中線利得	dB	16				13				11頁参照
	(3) 給電線損失	dB	2				2				11頁参照
	(4) その他の損失	dB	1				1				11頁参照
	(5) 等価等方輻射電力	dBm	43	50	53	53	40	47	50	50	(5)=(1)+(2)-(3)-(4)
受信系特性	(6) 空中線利得	dB	16				13				11頁参照
	(7) 給電線損失	dB	2				2				11頁参照
	(8) その他の損失	dB	4				4				11頁参照
	(9) 受信系総合利得	dB	10				7				(9)=(6)-(7)-(8)
伝搬特性	(10) 自由空間伝搬損失	dB	110.9	110.9	116.9	116.9	102.0	102.0	108.0	108.0	
	(11) 回折損失・遮蔽損失	dB	0				0				
	(12) 位相損失	dB	7.0	7.0	3.0	3.0	6.0	6.0	3.0	3.0	
	(13) フェージングマージン	dB	16	21	26	36	16	21	26	36	11頁参照
	(14) 合計伝搬損失	dB	133.9	138.9	138.9	140.9	122.0	129.0	127.0	132.0	(14)=(10)+(11)+(12)+(13)
評価	(15) 受信入力電力	dBm	-80.9	-78.9	-82.9	-92.9	-77.0	-75.0	-80.0	-90.0	
	(16) 雑音合計	dBm	-113.3				-113.3				11頁参照
	(17) 所要C/N	dB	22.2		15.4		22.2		15.4		16QAM/QPSK
	(18) 標準受信入力電力	dBm	-91.1		-97.9		-91.1		-97.9		(18)=(16)+(17)
	(19) マージン含受信入力電力	dBm	-83.1	-80.6	-84.9	-79.9	-83.1	-80.6	-84.9	-79.9	(19)=(18)+(13)/2

多段ルートの回線設計の諸元（短距離／長距離）

多段ルート(3頁の基本モデル②及び④)の回線設計を行うにあたっては、単ルートの回線設計の諸元(11頁)に加えて、次の事項を考慮。

TTL特性

- 多段ルートの中継において、デジタル復調を行う場合とデジタル復調を行わない場合等を想定。

多段接続方式	遅延時間	前段からのC/Nの考慮	エラー(回線劣化)の影響
デジタル復調なし	数十 μ s	必要	あり
デジタル復調あり	数ms	不要	なし

- デジタル復調を行わない場合について、前段からのC/Nを考慮した回線設計を行うことが必要。

評価

- TTL機器雑音及び前段からのC/Nから「TTL特性C/N」を算出し、所要C/Nに基づき評価。
- フェージングマージンを考慮した「マージン含TTL特性C/N」も算出し、所要C/Nに基づき評価。
- TTL機器雑音(41.7dB)は、送信IM雑音(48dB)、局発位相雑音(47dB)、TTL干渉雑音(45dB)より算出。

多段ルート of 回線設計のイメージ (短距離/長距離)

回線設計のイメージは、図のとおり。160MHz帯、60MHz帯のそれぞれについて回線設計を行う。(送信系、受信系、伝搬損失の諸元は、単一ルートと同じ。13頁参照。)

基本モデル② 短距離



<送信系>

単一ルートの場合と同じ(13頁参照)

<受信系>

単一ルートの場合と同じ(13頁参照)

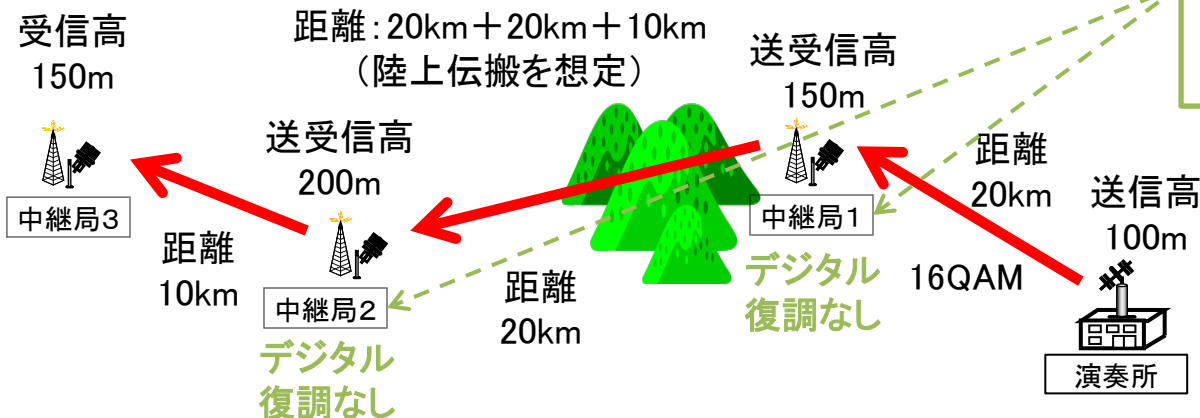
<伝搬損失>

単一ルートの場合と同じ(13頁参照)

<TTL特性> デジタル復調なしの場合

- ・ 機器雑音 C/N 41.7dB
- ・ 前段からのC/Nと機器雑音C/Nを加味して所要C/Nとの比較

基本モデル④ 長距離



多段ルート／短距離（基本モデル②）の回線設計：前段からのC/Nを考慮

10km+10km(2段)の場合の回線設計は、以下のとおり。

各区間の空中線電力は、単ルートの場合と同等レベルでよいと考えられる。

置局条件		周波数	MHz	160MHz帯		60MHz帯		備考(計算式)
				163.09	167.93	55.07	60.305	
置局条件		距離	km	1段目 10km	2段目 10km	1段目 10km	2段目 10km	11頁参照
		送信高	m	100m	150m	100m	150m	11頁参照
		受信高	m	150m	200m	150m	200m	11頁参照
送信系特性	(1)	送信出力	W	0.05	0.05	0.05	0.05	
			dBm	17	17	17	17	
	(2)	空中線利得	dBi	10		8		11頁参照
	(3)	給電線損失	dB	2		2		11頁参照
	(4)	その他の損失	dB	1		1		11頁参照
	(5)	等価等方輻射電力	dBm	24	24	22	22	(5)=(1)+(2)-(3)-(4)
受信系特性	(6)	空中線利得	dBi	10		8		11頁参照
	(7)	給電線損失	dB	2		2		11頁参照
	(8)	その他の損失	dB	4		4		11頁参照
	(9)	受信系総合利得	dB	4		2		(9)=(6)-(7)-(8)
伝搬特性	(10)	自由空間伝搬損失	dB	96.6	96.9	87.2	88.0	
	(11)	回折損失・遮蔽損失	dB	0		0		
	(12)	位相損失	dB	-6.0	-3.6	-4.9	0.7	
	(13)	フェージングマージン	dB	8	8	8	8	11頁参照
	(14)	合計伝搬損失	dB	98.6	101.3	90.3	96.8	(14)=(10)+(11)+(12)+(13)
評価	(15)	受信入力電力	dBm	-70.66	-73.28	-66.32	-72.77	
	(16)	雑音合計	dBm	-113.3		-113.3		11頁参照
	(17)	標準時熱雑音C/N	dB	42.6	40.0	47.0	40.5	(17)=(15)-(16)
	(18)	マージン含熱雑音C/N	dB	34.6	32.0	39.0	32.5	(18)=(17)-(13)
	(19)	TTL機器雑音C/N	dB	41.7		41.7		16頁参照
	(20)	前段からのC/N	dB	-	39.1	-	40.6	(21)=(20)の前段
	(21)	TTL特性C/N	dB	39.1	35.4	40.6	36.1	(21)=(17)+(19)+(20)
	(22)	マージン含TTL特性C/N	dB	33.9	31.0	37.1	31.5	(22)=(18)+(19)+(20)

多段ルート／長距離（基本モデル④）の回線設計：前段からのC/Nを考慮

20km+20km+10km(3段)の場合の回線設計は、以下のとおり。

各区間の空中線電力は、単ルートの場合と同等レベルでよいと考えられる。

置局条件		周波数	MHz	160MHz帯			60MHz帯			備考(計算式)
				167.83	163.09	168.23	60.305	55.07	67.55	
置局条件	距離	km	1段目 20km	2段目 20km	3段目 10km	1段目 20km	2段目 20km	3段目 10km	11頁参照	
	送信高	m	100m	150m	200m	100m	150m	200m	11頁参照	
	受信高	m	150m	200m	150m	150m	200m	150m	11頁参照	
送信系特性	(1)	送信出力	W	0.1	0.1	0.05	0.1	0.1	0.05	
			dBm	20	20	17	20	20	17	
	(2)	空中線利得	dBi	10			8			11頁参照
	(3)	給電線損失	dB	2			2			11頁参照
	(4)	その他の損失	dB	1			1			11頁参照
	(5)	等価等方輻射電力	dBm	27	27	24	25	25	22	(5)=(1)+(2)-(3)-(4)
受信系特性	(6)	空中線利得	dBi	10			8			11頁参照
	(7)	給電線損失	dB	2			2			11頁参照
	(8)	その他の損失	dB	4			4			11頁参照
	(9)	受信系総合利得	dB	4			2			(9)=(6)-(7)-(8)
伝搬特性	(10)	自由空間伝搬損失	dB	102.9	102.7	96.9	94.0	93.2	89.0	
	(11)	回折損失・遮蔽損失	dB	0			0			
	(12)	位相損失	dB	-4.6	-6.0	-4.2	-6.0	-4.9	-5.1	
	(13)	フェージングマージン	dB	10	10	8	10	10	8	11頁参照
	(14)	合計伝搬損失	dB	108.4	106.7	100.7	98.1	98.3	91.9	(14)=(10)+(11)+(12)+(13)
評価	(15)	受信入力電力	dBm	-77.38	-75.67	-72.75	-71.08	-71.33	-67.95	
	(16)	雑音合計	dBm	-113.3			-113.3			11頁参照
	(17)	標準時熱雑音C/N	dB	35.9	37.6	40.5	42.2	42.0	45.3	(17)=(15)-(16)
	(18)	マージン含熱雑音C/N	dB	25.9	27.6	32.5	32.2	32.0	37.3	(18)=(17)-(13)
	(19)	TTL機器雑音C/N	dB	41.7			41.7			16頁参照
	(20)	前段からのC/N	dB	—	34.9	32.5	—	38.9	35.9	(21)=(20)の前段
	(21)	TTL特性C/N	dB	34.9	32.5	31.4	38.9	35.9	34.5	(21)=(17)+(19)+(20)
	(22)	マージン含TTL特性C/N	dB	25.8	26.7	29.2	31.7	30.8	32.9	(22)=(18)+(19)+(20)

回線設計に関する検討結果

回線設計を行った結果、短距離／長距離、単ルート／多段ルートごとの空中線電力は、表のとおり。周波数の有効利用を図る観点から、周波数を極力繰り返し利用し必要最小限の空中線電力とするべく、ステレオ音声では、単ルート(基本モデル①)又は多段ルート(基本モデル②)により空中線電力を0.1W以下とすることが適当と考えられる。また、モノラル音声では、可能な限り多段ルート(基本モデル④)が望ましいが、多段ルートを構築することが難しい場合は、単ルート(基本モデル③)により空中線電力を1W～10W程度とすることが適当と考えられる。

単ルート		多段ルート	
短距離 (基本モデル①)	長距離 (基本モデル③)	短距離 (基本モデル②)	長距離 (基本モデル④)
5km～20km 陸上 0.01W～0.1W	50km～100km 陸上／海上 1W～10W	10km＋10km＝20km 陸上 0.05W程度	20km×2＋10km＝50km 陸上 0.05W～0.1W程度
ステレオ／64QAMを 想定して検討	モノラル／16QAM等を 想定して検討	ステレオ／64QAMを 想定して検討	モノラル／16QAMを 想定して検討

今後の検討事項

以上の結果を踏まえ、干渉検討等を行うことが必要。

- ・ 同一／隣接チャンネルのSTL/TTLとの干渉検討
- ・ その他の無線局との干渉検討 等

參考資料

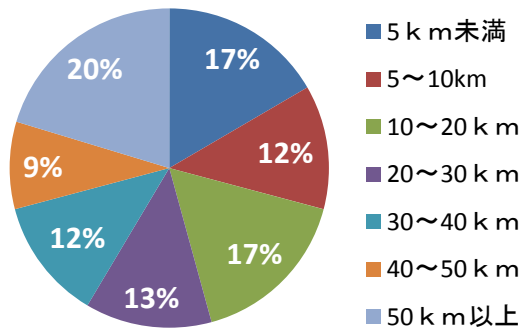
(参考1) 既存のAM/FMにおけるSTL/TTLの利用状況

AM放送のSTL/TTLの約5割、FM放送のSTL/TTLの約7割が短距離(20km以内)であり、AM放送のSTL/TTLでは3段まで、FM放送のSTL/TTLでは2段までの多段ルートが大半を占めている。

(利用状況は、一部の事業者のもの)

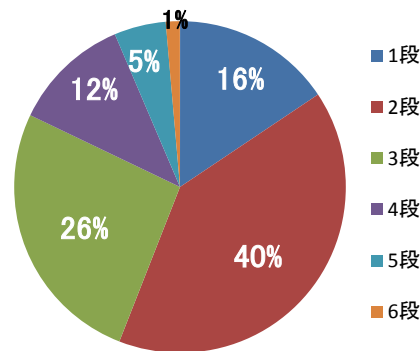
		1区間 平均距離	最短 伝搬距離	最長 伝搬距離	多段中継の 最頻段数	多段中継の 最多段数	無線区間数
1	AM放送	28.0km	0.7km	136.0km	2段	6段	374区間
2	FM放送	16.6km	0.1km	65.4km	1段	2段	139区間

AM放送 中継距離



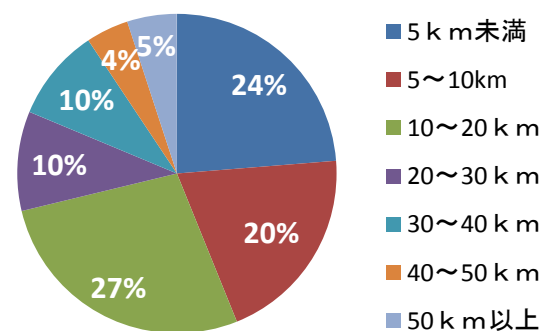
AM放送	
距離	区間数
5km未満	62区間
5~10km	47区間
10~20km	62区間
20~30km	48区間
30~40km	46区間
40~50km	33区間
50km以上	76区間

AM放送 中継段数



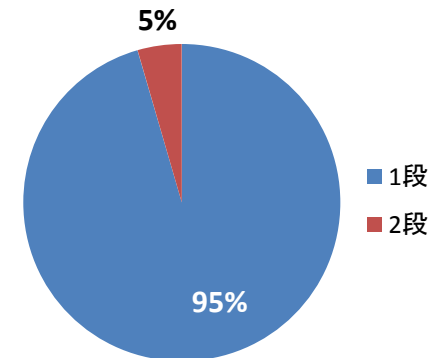
AM放送	
段数	ルート数
1段	34
2段	88
3段	57
4段	25
5段	11
6段	3
7段	0

FM放送 中継距離



FM放送	
距離	区間数
5km未満	33区間
5~10km	28区間
10~20km	38区間
20~30km	14区間
30~40km	13区間
40~50km	6区間
50km以上	7区間

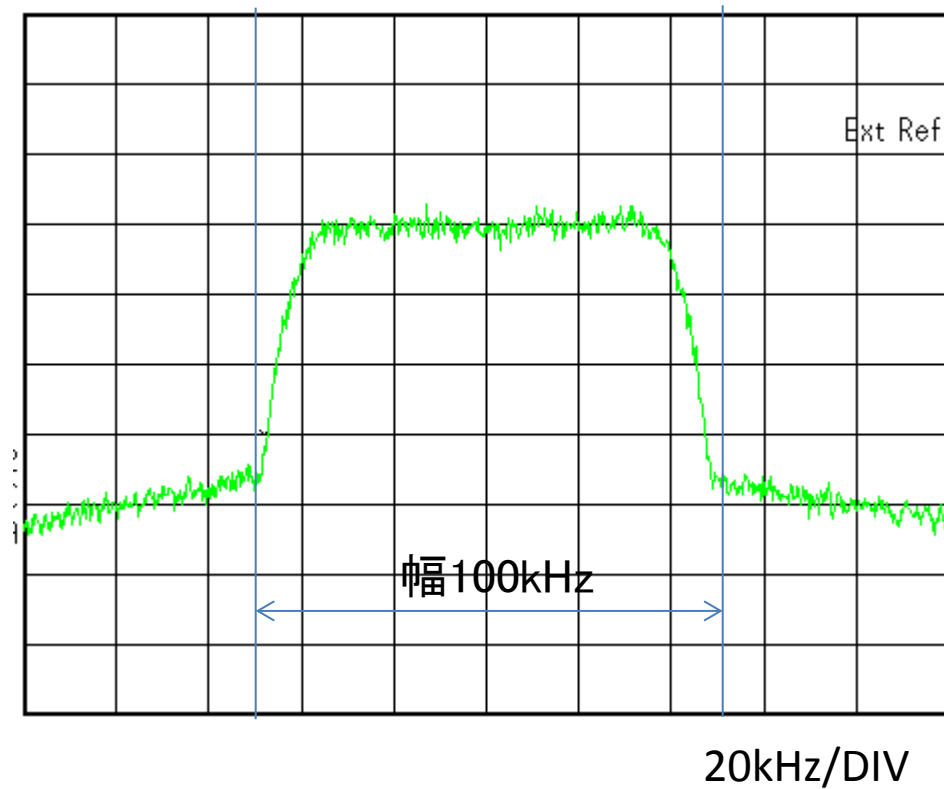
FM放送 中継段数



FM放送	
段数	ルート数
1段	127
2段	6
3段	0
4段	0
5段	0
6段	0
7段	0

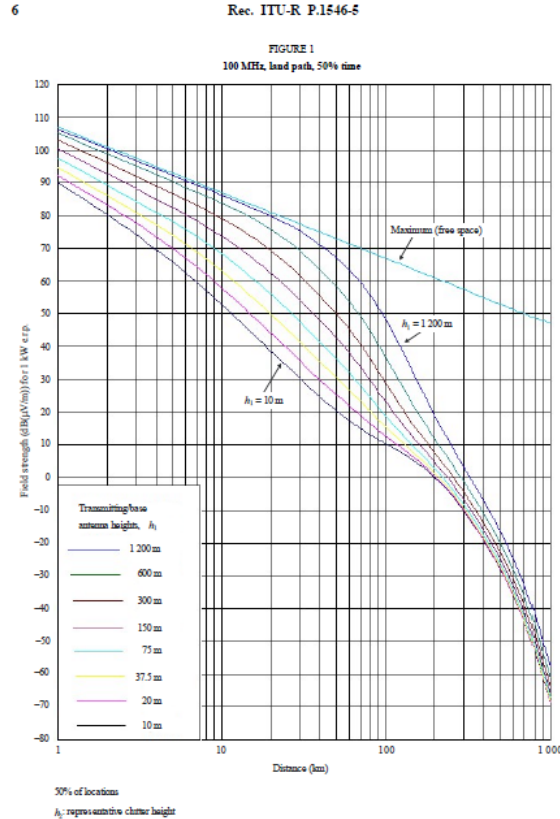
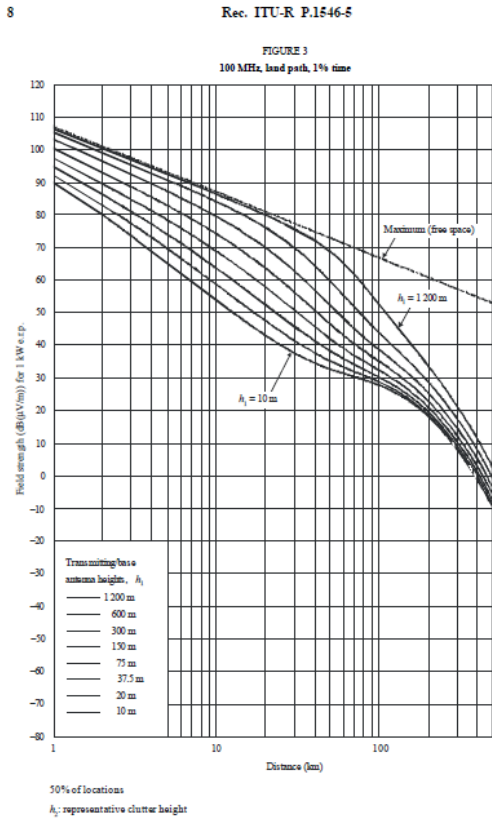
(参考2) 占有周波数帯幅の実測データ

デジタルSTL/TTLのスペクトラム波形は、図のとおり100kHz以内に収まっている。



(参考3) フェージングマージンの考え方

・ フェージングマージンの考え方
ITU-R p. 1546より 100MHz 1%値、50%値による
(陸上)



・ フェージングマージンの考え方
ITU-R p. 1546より 100MHz 50%値による
(海上)

