

STL/TTL作業班報告概要

平成27年5月28日
STL/TTL作業班

STL/TTLの概要

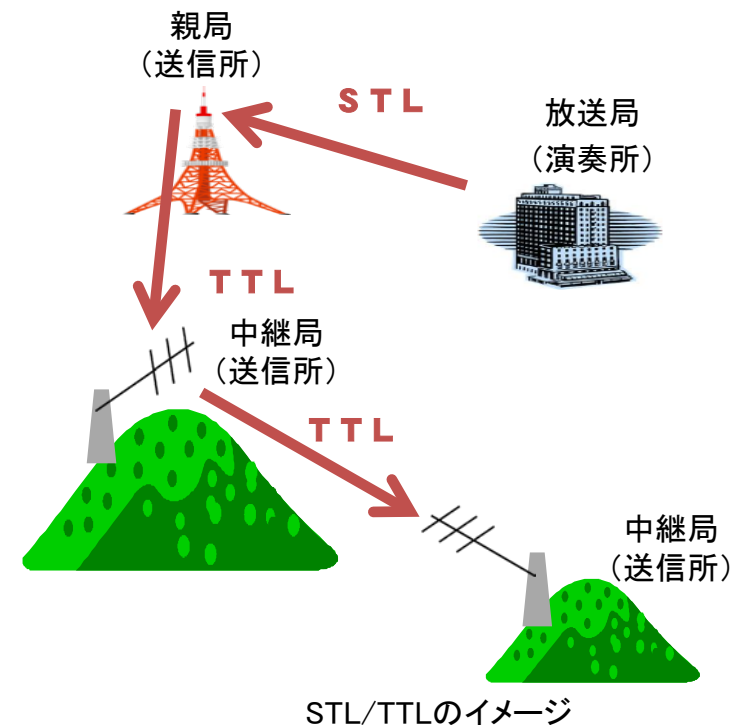
- STLとは、放送局(演奏所)と親局(送信所)を結ぶ番組中継回線のことをいい、TTLとは、親局(送信所)又は中継局(送信所)と中継局(送信所)を結ぶ番組中継回線のことをいう。
- 音声STL/TTLには、M/N帯(M帯又はN帯)のほか、60MHz/160MHz帯(60MHz帯又は160MHz帯)等が用いられている。

(参考) STL/TTLの周波数利用状況

| 周波数帯 | 周波数 | 用途 |
|--------------|----------------|--------|
| 60MHz帯 | 54-68MHz | 音声中継用 |
| 160MHz帯 | 162.5-169MHz | 音声中継用 |
| 960MHz帯 (注1) | 958-960MHz | 音声中継用 |
| AF帯 (注2) | 3,400-3,456MHz | 音声中継用 |
| B帯 | 5,850-5,925MHz | テレビ中継用 |
| C帯 | 6,534-6,570MHz | テレビ中継用 |
| M帯 | 6,570-6,870MHz | テレビ中継用 |
| | 6,700-6,720MHz | 音声中継用 |
| | 6,860-6,868MHz | 音声中継用 |
| D帯 | 6,870-7,125MHz | テレビ中継用 |
| N帯 | 7,425-7,750MHz | テレビ中継用 |
| | 7,571-7,595MHz | 音声中継用 |
| | 7,731-7,743MHz | 音声中継用 |
| G帯 | 12.95-13.25GHz | テレビ中継用 |

注1 平成27年11月30日までにM/N帯へ移行(M/N帯への移行が困難な場合は60MHz/160MHz帯)

注2 最長で平成34年11月30日までにM/N帯へ移行



STL: Studio to Transmitter Link
TTL: Transmitter to Transmitter Link

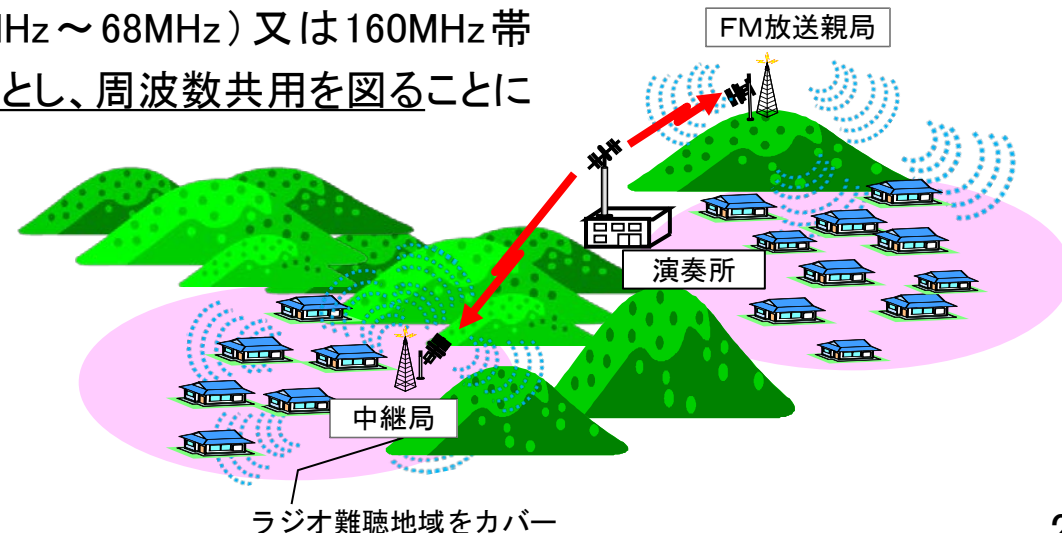
VHF帯デジタルSTL/TTLの考え方

VHF帯デジタルSTL/TTLの目的

- M/N帯デジタル音声STL/TTLの無線設備等を設置するためには強靱なアンテナ鉄塔等が必要となることから、放送事業者が、小規模な送信所向けの番組中継回線として、より容易に音声STL/TTLの無線設備等を設置することができるよう、VHF帯におけるデジタルSTL/TTLを導入。
- 放送局の中継局間の距離が遠い場合や、国立公園や国定公園などをまたぐような場合等、マイクロ波帯を使用する音声STL/TTLを中継局間の中間地点に設置できず番組中継を行うことができない際に、VHF帯におけるデジタルSTL/TTLを利用。

VHF帯デジタルSTL/TTLの要求条件

- 現行のアナログ方式による60MHz帯(54MHz～68MHz)又は160MHz帯(162.5MHz～169MHz)の音声STL/TTLと同一とし、周波数共用を図ることにより、周波数有効利用に資すること。
- サブバンドADPCMによる伝送を基本とし、高品質な音声番組等を低遅延で伝送すること。



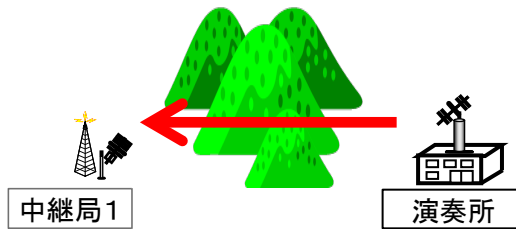
伝送モデルのイメージ

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、四つのケースが考えられる。(一区間当たり20kmを前提とする。)

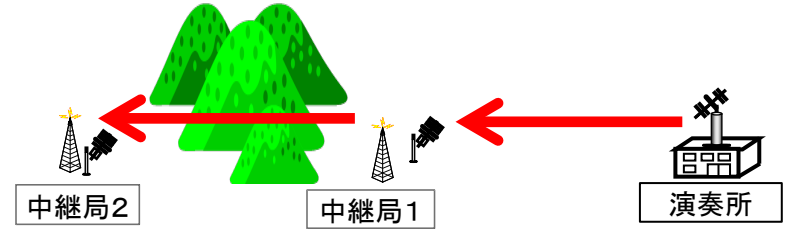
(1) 小規模なケース

コミュニティ放送事業者、FM放送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



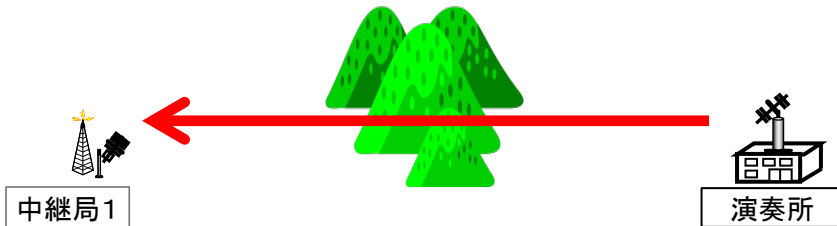
基本モデル② 多段ルート／短距離×2段～3段



(2) 大規模なケース

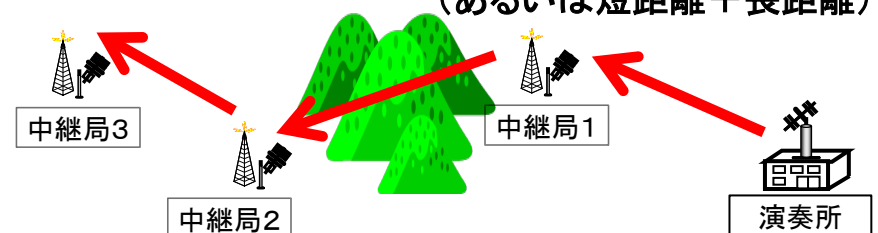
AM放送事業者等によるモノラル音声の伝送を想定

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)



VHF帯デジタルSTL/TTLの主な技術的条件(案)は以下のとおり。

| 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でも使用されている60MHz帯又は160MHz帯とする | | |
| 変調方式 | 64QAM(32QAM、16QAM、QPSKも可とする。) | | |
| 伝送容量 | 480kbps以下 | クロック周波数 | 80kHz以下 |
| 空中線電力 | 5W以下 | 偏波 | 垂直偏波又は水平偏波 |
| 占有周波数帯幅の許容値 | 96kHz | | |
| 中継方式 | 検波再生中継方式(非再生中継方式も可とする。) | | |
| 受信入力 | 60MHz帯 | 標準受信入力:-60dBm、最大受信入力:-50dBm | |
| | 160MHz帯 | 標準受信入力:-67dBm、最大受信入力:-57dBm | |
| 等価雑音帯域幅/雑音指数 | 80kHz以下/5dB以下 | 所要フェージングマージン | $0.1 \times d$ (d: 距離(km)) |
| 電波の型式 | D1E、D7E、D7W、G1E、G7E、G7W | | |
| 空中線電力の許容偏差 | 上限20%、下限50% | | |

伝送容量・占有周波数帯幅の許容値

伝送容量

音声信号(ステレオ)の音声圧縮方式の一つであるサブバンドADPCMにより圧縮した上で、データ信号(同期信号又は制御信号等)を付加し、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%)を付与した場合、伝送容量は最大480kbpsを上限とすることが適当。

| | 同期信号を付加(kbps) | 制御信号等を付加(kbps) |
|--------------|---------------|----------------|
| 音声信号(ステレオ) | 384 | 384 |
| データ信号 | 20 | 36 |
| 正味伝送容量 | 404 | 420 |
| 誤り訂正符号(8.5%) | 34 | 36 |
| ヘッダ情報(5.3%) | 21 | 22 |
| 総伝送容量 | 460 | 478 |

占有周波数帯幅の許容値

スペクトル帯域幅は96kHz、ロールオフ率は0.2を上限とした場合、64QAMの場合、最大480kbpsを伝送することが可能となることを踏まえ、占有周波数帯幅の許容値は96kHzとすることが適当。

| スペクトル帯域幅 (kHz) | ロール オフ率 | 変調方式 | 64QAM | 32QAM | 16QAM | QPSK |
|-------------------|------------|--------------|--------------|-------|-------|------|
| | | ビット数 | 6 | 5 | 4 | 2 |
| | | クロック周波数(kHz) | 最大伝送容量(kbps) | | | |
| 96 | 0.2 | 80 | 480 | 400 | 320 | 160 |

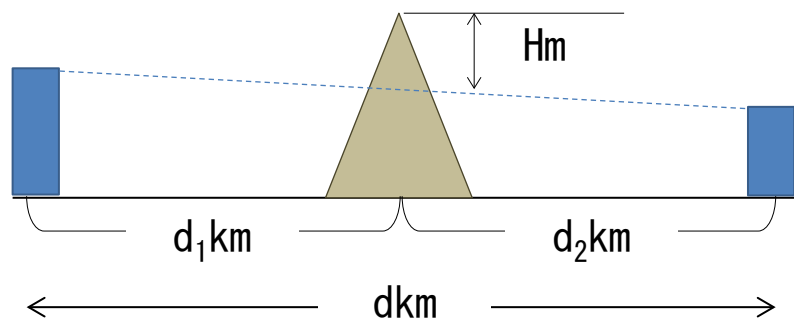
VHF帯デジタルSTL/TTLの回線設計を行う場合に見積もることができる伝搬上の損失量として、フェージングマージンや回折・遮へい損失が適当である。

フェージングマージン

VHF帯における伝搬であることを鑑みて、フェージング損失は1km当たり0.1dBとして算出した値を所要フェージングマージンとすることが適当である。(VHF帯アナログSTL/TTLと同様とする。)

回折・遮へい損失

回折損失等については、電波法関係審査基準に基づき、20dB程度まで見積もることができる。(VHF帯アナログSTL/TTLと同様とする。)



$d_1=d_2(=d/2)$ とした場合の計算結果は右表のとおり。

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 |

回線設計例

60MHz帯及び160MHz帯(64QAM)の場合、標準区間(20km)の回線設計は以下のとおり。
 空中線電力は、回折・遮へい損失がない場合は0.05W、回折・遮へい損失がある場合は5Wが適当である。

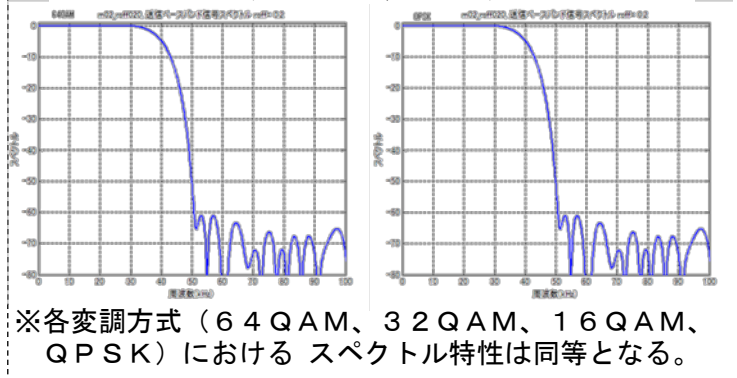
| 距離 | | | 20km | 20km | 20km | 20km | |
|--------|------|-------------|--------|--------------|-------------|--------------|--------------|
| 周波数 | | MHz | 60.305 | 60.305 | 167.93 | 167.93 | |
| 送信系の特性 | (1) | 空中線電力 | W | <u>5</u> | <u>0.05</u> | <u>5</u> | <u>0.05</u> |
| | | | dBm | <u>37.0</u> | <u>17.0</u> | <u>37.0</u> | <u>17.0</u> |
| | (2) | 空中線利得 | dBi | 13 | 13 | 13 | 13 |
| | (3) | 給電線損失 | dB | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | (4) | その他の損失 | dB | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 受信系の特性 | (5) | 等価等方輻射電力 | dBm | 47 | 27 | 47 | 27 |
| | (6) | 空中線利得 | dBi | 13 | 13 | 13 | 13 |
| | (7) | 給電線損失 | dB | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | (8) | その他の損失 | dB | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 伝搬特性 | (9) | 受信系総合利得 | dB | 7 | 7 | 7 | 7 |
| | (10) | 自由空間伝搬損失 | dB | 94.0 | 94.0 | 102.9 | 102.9 |
| | (11) | 回折・遮へい損失等 | dB | <u>20</u> | <u>0</u> | <u>20</u> | <u>0</u> |
| 評価 | (12) | 合計伝搬損失 | dB | <u>114.0</u> | <u>94.0</u> | <u>122.9</u> | <u>102.9</u> |
| | (13) | 受信入力電力 | dBm | -60.0 | -60.0 | -68.9 | -68.9 |
| | (14) | 雑音合計 | dBm | -107.5 | -107.5 | -114.3 | -114.3 |
| | (15) | スレッシホールドC/N | dB | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 |
| | (16) | 所要受信入力電力 | dBm | -76.0 | -76.0 | -82.8 | -82.8 |
| | (17) | 伝送マージン | dB | 16.0 | 16.0 | 13.9 | 13.9 |

干渉軽減係数 (IRF)

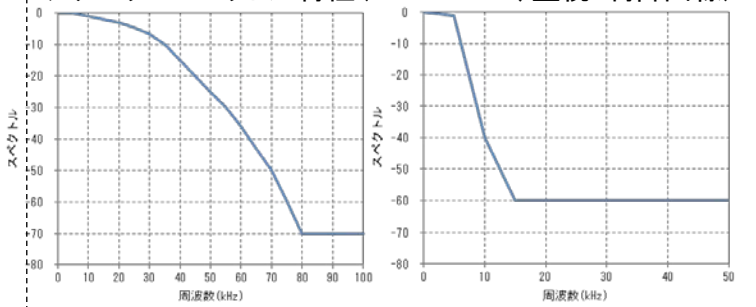
同一周波数または隣接周波数を使用することが想定されるVHF帯デジタルSTL/TTL同士並びにアナログSTL/TTL及びアナログ監視・制御回線との干渉軽減係数(IRF)を規定する。

各方式のスペクトル特性等に基づく計算結果及び実証実験の実測結果を踏まえ、干渉軽減係数は以下のとおり規定することが適当である。

デジタル スペクトル特性(STL/TTL)
(64QAM、QPSK)



アナログ スペクトル特性(STL/TTL、監視・制御回線)



| 希望波 | 干渉波 | 周波数差 (kHz) | | | |
|-----------------|-----------------|--------------|----------------|----------------|-------|
| | | 0以上 100未満 | 100以上 180未満 | 180以上 400未満 | 400以上 |
| デジタル STL/TTL | デジタル STL/TTL | 0dB | 37dB | 47dB | 48dB |

| 希望波 | 干渉波 | 周波数差 (kHz) | | | |
|-----------------|-----------------|--------------|----------------|----------------|-------|
| | | 0以上 100未満 | 100以上 180未満 | 180以上 300未満 | 300以上 |
| デジタル STL/TTL | アナログ STL/TTL | 2dB | 39dB | 49dB | 50dB |
| デジタル STL/TTL | アナログ 監視・制御回線 | 7dB | 44dB | 55dB | 55dB |

| 希望波 | 干渉波 | 周波数差 (kHz) | | | |
|-----------------|-----------------|--------------|----------------|----------------|-------|
| | | 0以上 100未満 | 100以上 180未満 | 180以上 300未満 | 300以上 |
| アナログ STL/TTL | デジタル STL/TTL | 10dB | 42dB | 61dB | 65dB |
| アナログ 監視・制御回線 | デジタル STL/TTL | 13dB | 80dB | 80dB | 80dB |

(参考) 周波数差の設定は、現行の周波数配置(取り得る周波数差: 100kHz、105kHz、180kHz及び360kHz)及び減衰量を踏まえたもの。

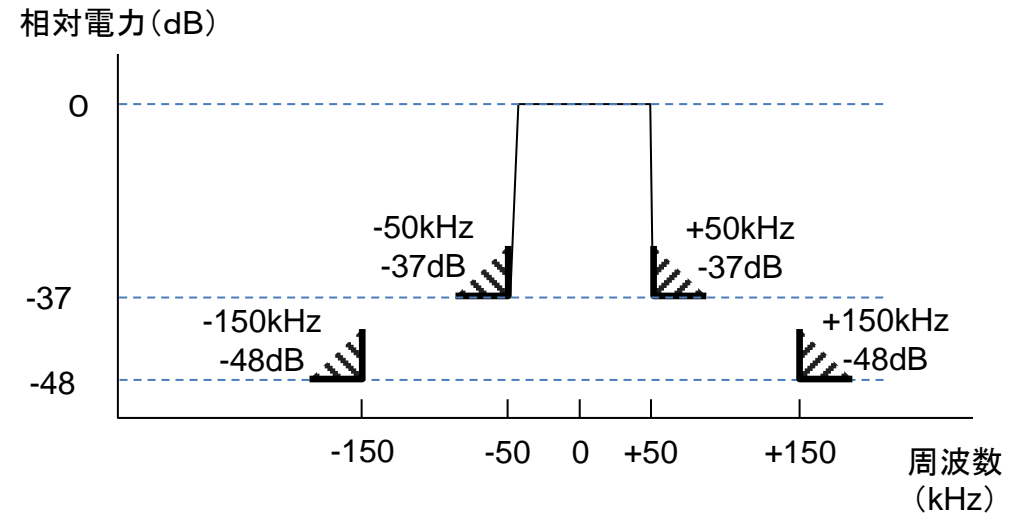
スペクトル特性等

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、スペクトルマスクの許容値を規定することが適当である。

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

(参考) 自チャネル及び隣接チャネルの端における値以下とする規定は、マイクロ帯STL/TTLの規定を踏まえたもの。



送受信ろ波特性

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。(各特性はVHF帯アナログSTL/TTL相当以下。)

| 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 |

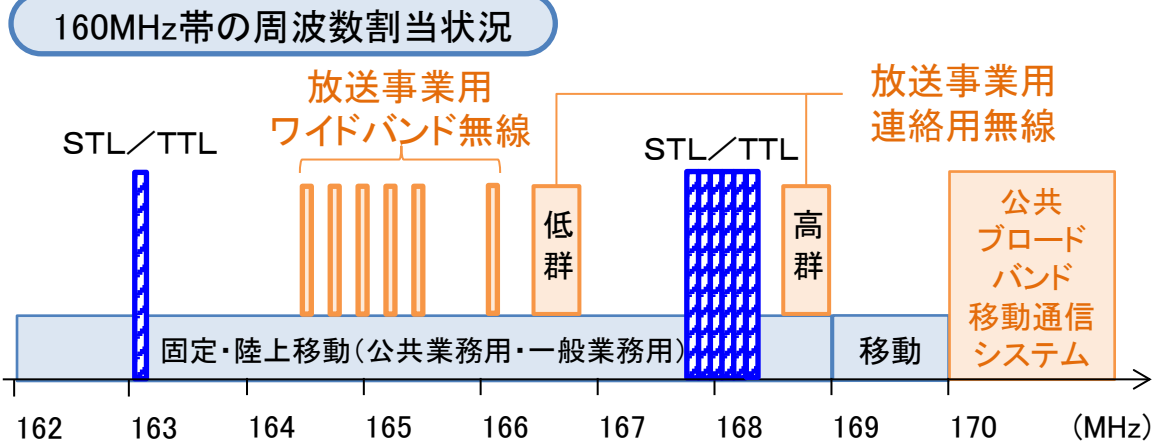
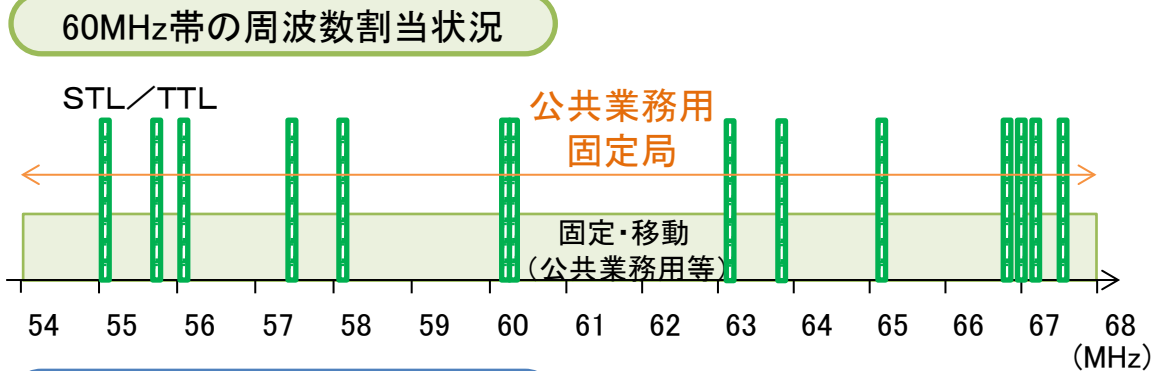
他の無線局との共用検討等

他の無線局との干渉検討

- デジタルSTL/TTLからの与干渉電力は、現行のアナログSTL/TTLからの与干渉電力と同程度となる。
- ただし、デジタルSTL/TTLと近接する周波数及び位置関係での使用が想定される以下の無線システムを干渉検討の対象とし、共用条件の検討を行う。

干渉検討の対象となる無線システム

| | |
|---------|-------------------|
| 60MHz帯 | 公共業務用固定局(同報無線) |
| 160MHz帯 | 放送事業用連絡用無線 |
| | 放送事業用ワイドバンド無線 |
| 200MHz帯 | 公共ブロードバンド移動通信システム |



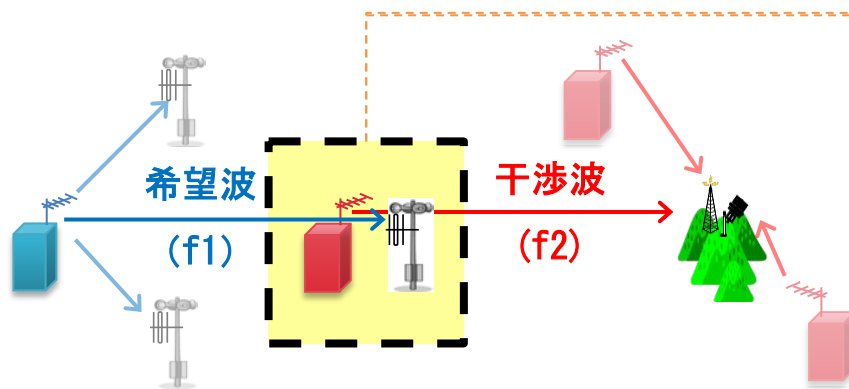
干渉検討の考え方

- 各システムで想定する外来雑音及び受信機熱雑音から許容干渉量を求め、干渉波の受信電力が許容干渉量以下であれば共用可能と判断する。
- 検討条件としては、デジタルSTL/TTLと他の無線システムが近接し、相互の空中線指向特性が正対するという最悪モデルを使用。デジタルSTL/TTL送信高 h 、離調周波数 Δf 、干渉元との水平距離 d のパラメータを順に変化させ、各条件での改善量を確認。

干渉検討のモデル

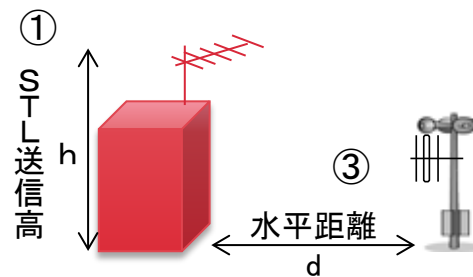
水平距離、STL/TTL送信高及び離調周波数を変化させ、所要改善量を比較。

- ① STL/TTL送信高(h): 20m, 50m
- ② 離調周波数(Δf): 50kHz, 150kHz, 3MHz(又は1MHz), 5MHz, 10MHz
- ③ 水平距離(d): 10m, 50m, 100m, 300m, 500m

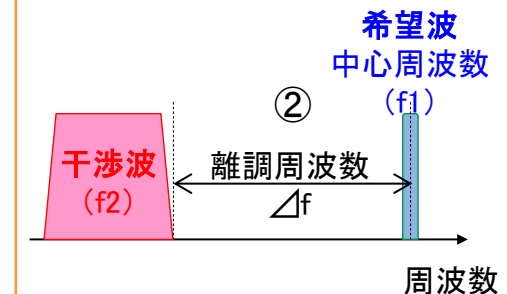


最悪モデル(至近距离・正対)を想定。

距離の変化による
許容改善量の確認



離調周波数による
許容改善量の確認



干渉検討結果

与干渉の結果（STL/TTLから他の無線局へ）

| 被干渉局 | | 所要改善量※1 | 条件変更時※2 | 干渉軽減対策 |
|------|----------------|-------------|------------|---|
| 固定運用 | 公共業務用固定局 | 39.2～44.6dB | -0.9～6.8dB | サイトエンジニアリングにより共用可能。 個別条件から所要改善量を確保することが難しい場合は、STL/TTLの出力側にフィルタ(20～30dB程度)を使用することで共用可能。 |
| | 放送事業用連絡用無線 | 41.6dB | 19.8dB | |
| | 放送事業用ワイドバンド無線 | 43.2dB | 21.5dB | |
| | 公共BB移動通信システム | 41.3dB | -2.7dB | |
| 移動運用 | 公共業務用固定局(戸別受信) | 31.1dB | -7.4dB | 所要改善量が少ないためサイトエンジニアリングにより共用可能。 個別条件から所要改善量を確保することが難しい場合は、STL/TTLの出力側にフィルタを使用することで共用可能。 |
| | 放送事業用連絡用無線 | 36.1～38.1dB | 9.1～10.7dB | |
| | 放送事業用ワイドバンド無線 | 34.0～35.7dB | 6.3～8.3dB | |
| | 公共BB移動通信システム | 34.9～45.4dB | -2.0～6.8dB | |

被干渉の結果（他の無線局からSTL/TTLへ）

| 与干渉局 | | 所要改善量※1 | 条件変更時※2 | 干渉軽減対策 |
|------|---------------|-------------|------------|---------------------------------|
| 固定運用 | 公共業務用固定局 | 43.7～49.1dB | 3.4～11.3dB | 固定設置で運用する設備のためサイトエンジニアリングで共用可能。 |
| | 放送事業用連絡用無線 | 18.9dB | 1.8dB | |
| | 公共BB移動通信システム | 4.2dB | -20.4dB | |
| 移動運用 | 放送事業用連絡用無線 | 15.4～26.7dB | -7.2～5.3dB | 所要改善量が少ないためサイトエンジニアリングで共用可能。 |
| | 放送事業用ワイドバンド無線 | 28.4～40.1dB | -2.5～2.7dB | |
| | 公共BB移動通信システム | 21.2～31.7dB | 4.3～13.1dB | |

※1 離調周波数 $\Delta f=150\text{kHz}$ 、STL/TTL送信高 $h=20\text{m}$ 、水平距離 $d=50\text{m}$ の条件下における所要改善量。

※2 12頁の条件①、②及び③を変更することで、所要改善量を改善した値。

共用条件

与干渉の結果（STL/TTLから他の無線局へ）

- 実際の置局においては、既存無線局の設置状況を十分調査・確認のうえ、周波数選定及びサイトエンジニアリング等を行うことにより改善量が確保でき、共用可能と考えられる。
 - ・ デジタルSTL/TTLの周波数選定では、近接する既存無線局との離調周波数を可能な限り確保。
 - ・ 近接する既存無線局との離隔距離を可能な限り確保する。
 - ・ 指向性ロス確保のため、デジタルSTL/TTLの指向特性を鋭くする、送信高を高くする。
 - ・ 空中線偏波面を近接する既存無線局と異なるものを使用。
- 個別条件から所要改善量を確保することが難しい場合は、デジタルSTL/TTLの出力側にフィルタ(10～30dB)を使用することで共用可能。

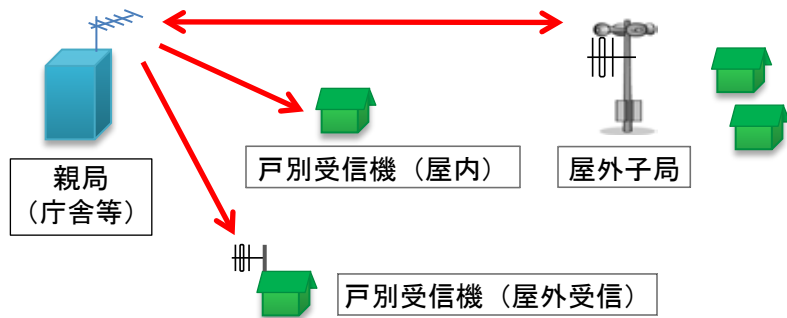
被干渉の結果（他の無線局からSTL/TTLへ）

- 実際の置局においては、既存無線局の設置状況を十分調査・確認のうえ、周波数選定及びサイトエンジニアリング等を行うことにより改善量が確保でき、共用可能と考えられる。
 - ・ デジタルSTL/TTLの周波数選定では、近接する既存無線局との離調周波数を可能な限り確保。
 - ・ 干渉回避のため、新たな機材側の指向特性の変更、高さ方向を調整。
 - ・ 空中線偏波面を干渉源と異なるものを使用。

公共業務用固定局との共用検討

市区町村の庁舎等から一斉送信し、同一市区町村内に配置される子局(屋外子局、戸別受信機)で受信する防災行政無線システムであり、屋外子局からアンサーバック信号等を受信する親局受信も存在する。

パラメータを周波数離調150kHz、水平距離50m、STL/TTL送信高20mのケースの所要改善量、また、条件を変更した場合の所要改善量の変化は下表のとおり。



| 検討諸元 | 屋外子局 | 戸別受信機 | 親局 |
|---------|--------------|------------------|--------|
| 中心周波数 | 54~70MHz | | |
| 空中線電力 | 10W | | |
| 占有周波数帯幅 | 15kHz以下 | | |
| 空中線利得 | 8.15dBi | -7.85dBi/8.15dBi | 2.15dB |
| 給電線損失 | 1.5dB | 0dB/1.5dB | 3.5dB |
| 空中線高 | 5m | 2m/3m | 20m |
| 許容干渉量 | -96.3dBm/MHz | | |

| STL/TTL与干渉対象 | 所要改善量 | 条件変更時の所要改善量 |
|--------------|--------|---------------------------------|
| 屋外子局 | 44.6dB | 6.8dB (Δf=5MHz, h=50m, d=500m) |
| 戸別受信機(屋内) | 31.1dB | -7.4dB (Δf=5MHz, h=50m, d=500m) |
| 戸別受信機(屋外受信) | 44.0dB | 6.8dB (Δf=5MHz, h=50m, d=500m) |
| 親局受信 | 39.2dB | -0.9dB (Δf=5MHz, h=50m, d=500m) |

| STL/TTL被干渉元 | 所要改善量 | 条件変更時の所要改善量 |
|-------------|--------|---------------------------------|
| 親局送信 | 43.7dB | 3.4dB (Δf=1MHz, h=50m, d=500m) |
| 屋外子局アンサーバック | 49.1dB | 11.3dB (Δf=1MHz, h=50m, d=500m) |

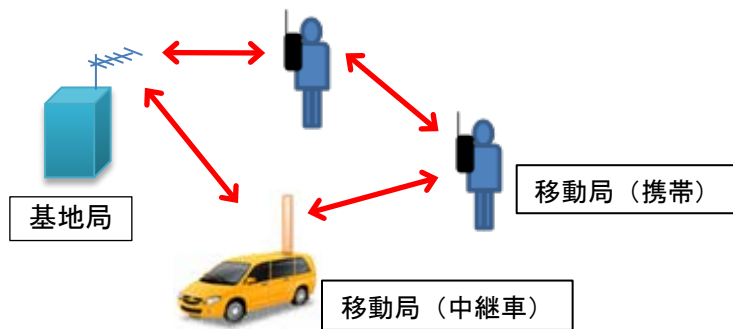
※16QAM方式の値を抜粋

- 相互の周波数離隔及び相互の配置距離を十分確保すること、送信空中線の指向性主方向に正対しない位置関係、建物等による遮へい等の工夫など、主にVHF帯デジタルSTL/TTL側のサイトエンジニアリングにより共用可能。
- 個別条件から所要改善量を確保することが難しい場合は、デジタルSTL/TTLの出力側にフィルタを使用することで共用可能。

放送事業用連絡用無線との共用検討

番組制作や報道取材など放送事業者が事業を行う上で必要となる様々な連絡に用いる無線局で、基地局受信、移動受信(中継車・携帯)など様々な運用がされている。

離調周波数150kHz、水平距離50m、STL/TTL送信高20mのケースの所要改善量、また、条件を変更した場合の所要改善量の変化は下表のとおり。



| 検討諸元 | 基地局 | 移動局(中継車) | 移動局(携帯) |
|---------|---------------|---------------|---------|
| 中心周波数 | 142~170MHz | | |
| 空中線電力 | 50W | 50W | 5W |
| 占有周波数帯幅 | 5.8kHz | | |
| 空中線利得 | 10.2dBi | 4.65dBi | 2.15dBi |
| 給電線損失 | 3dB | 1dB | 0dB |
| フィルタ損失 | 4.5dB | 0dB | 0dB |
| 空中線高 | 50m | 3m | 1.5m |
| 許容干渉量 | -106.1dBm/MHz | -100.7dBm/MHz | |

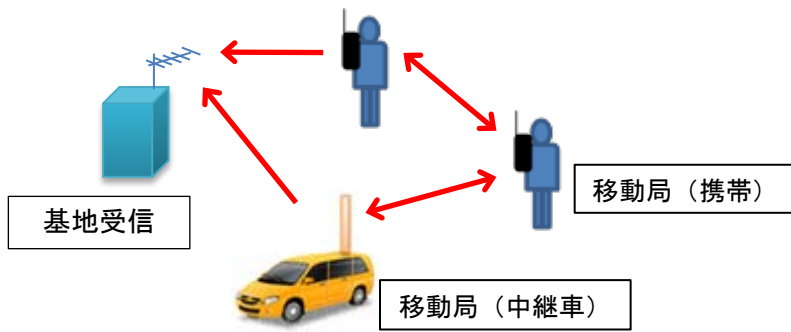
| STL/TTL与干渉先 | 所要改善量 | 条件変更時の所要改善量 |
|-------------|--------|---------------------------------|
| 基地局 | 41.6dB | 19.8dB (Δf=3MHz, h=20m, d=500m) |
| 移動局(中継車) | 38.1dB | 10.7dB (Δf=3MHz, h=50m, d=500m) |
| 移動局(携帯) | 36.1dB | 9.1dB (Δf=3MHz, h=50m, d=500m) |

| STL/TTL被干渉元 | 所要改善量 | 条件変更時の所要改善量 |
|-------------|--------|---------------------------------|
| 基地局 | 18.9dB | 1.8dB (Δf=1MHz, h=50m, d=50m) |
| 移動局(中継車) | 26.7dB | 5.3dB (Δf=1MHz, h=50m, d=500m) |
| 移動局(携帯) | 15.4dB | -7.2dB (Δf=1MHz, h=50m, d=500m) |

- 相互の周波数離隔及び相互の配置距離を十分確保すること、送信空中線の指向性主方向に正対しない位置関係、建物等による遮へい等の工夫など、主にVHF帯デジタルSTL/TTL側のサイトエンジニアリングにより共用可能。
- 個別条件から所要改善量を確保することが難しい場合は、デジタルSTL/TTLの出力側にフィルタを使用することで共用可能。

放送事業用ワイドバンド無線との共用検討

番組制作の音声素材の伝送に用いる無線局で、基地受信、移動受信(中継車・携帯)など様々な運用がされている。離調周波数150kHz、水平距離50m、STL/TTL送信高20mのケースの所要改善量、また、条件を変更した場合の所要改善量の変化は下表のとおり。



| 検討諸元 | 受信基地局 | 移動局(中継車) | 移動局(携帯) |
|---------|---------------|---------------|----------|
| 中心周波数 | 160~170MHz | | |
| 空中線電力 | — | 50W | 5W |
| 占有周波数帯幅 | 100kHz | | |
| 空中線利得 | 10.5dBi | 2.14dBi | -0.85dBi |
| 給電線損失 | 1.7dB | 1dB | 0dB |
| フィルタ損失 | 0dB | 0dB | 0dB |
| 空中線高 | 50m | 3m | 1.5m |
| 許容干渉量 | -106.1dBm/MHz | -100.7dBm/MHz | |

| STL/TTL与干渉先 | 所要改善量 | 条件変更時の所要改善量 |
|-------------|--------|---------------------------------|
| 基地受信 | 43.2dB | 21.5dB (Δf=3MHz, h=20m, d=500m) |
| 移動局(中継車) | 35.7dB | 8.3dB (Δf=3MHz, h=50m, d=500m) |
| 移動局(携帯) | 34.0dB | 6.3dB (Δf=3MHz, h=50m, d=500m) |

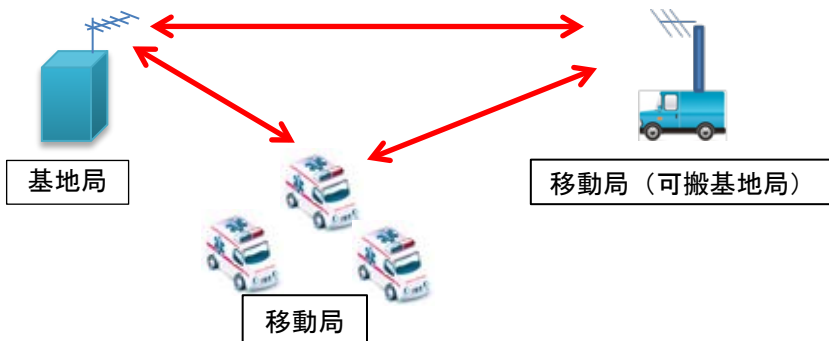
| STL/TTL被干渉元 | 所要改善量 | 条件変更時の所要改善量 |
|-------------|--------|--------------------------------|
| 移動局(中継車) | 40.1dB | 2.7dB (Δf=1MHz, h=50m, d=500m) |
| 移動局(携帯) | 28.4dB | -2.5dB (Δf=1MHz, h=50m, d=50m) |

- 離調周波数及び隔離距離を相互に十分確保すること、送信空中線の指向性主方向に正対しない位置関係、建物等による遮へい等の工夫など、主にVHF帯デジタルSTL/TTL側のサイトエンジニアリングにより共用可能。
- 個別条件から所要改善量を確保することが難しい場合は、デジタルSTL/TTLの出力側にフィルタを使用することで共用可能。

公共ブロードバンド移動通信システムとの共用検討

災害現場等における映像伝送を可能とするシステムであり、基地局、移動局及び移動局の1つとして可搬型基地局の間の通信が想定される。

離調周波数150kHz、水平距離50m、STL/TTL送信高20mのケースの所要改善量、また、条件を変更した場合の所要改善量の変化は下表のとおり。



| 検討諸元 | 基地局 | 移動局 (可搬基地局以外) | 移動局 (可搬基地局) | |
|---------|------------------------|------------------|----------------|-------|
| 中心周波数 | 175MHz、200MHz | | | |
| 空中線電力 | 20W | 5W | | |
| 占有周波数帯幅 | 5MHz | | | |
| 空中線利得 | 10dBi | 0dBi | 10dB | |
| 給電線損失 | 2dB | 0dB | 0dB | 1.5dB |
| 空中線高 | 30m | 1.5m | 3m | 10m |
| 許容干渉量 | -101.8dBm/MHz (170MHz) | | | |

| STL/TTL与干渉先 | 所要改善量 | 条件変更時の所要改善量 |
|-----------------|--------|---------------------------------|
| 基地局 | 41.3dB | -2.7dB (Δf=5MHz, h=50m, d=50m) |
| 移動局(可搬型基地局以外) | 34.9dB | -2.0dB (Δf=5MHz, h=50m, d=500m) |
| 移動局(可搬型基地局) | 44.6dB | 6.8dB (Δf=5MHz, h=50m, d=50m) |
| 移動局(可搬型基地局・ポール) | 45.4dB | 6.5dB (Δf=5MHz, h=50m, d=500m) |

| STL/TTL被干渉元 | 所要改善量 | 条件変更時の所要改善量 |
|-----------------|--------|-----------------------------------|
| 基地局 | 4.2dB | -20.4dB (Δf=150kHz, h=50m, d=50m) |
| 移動局(可搬型基地局以外) | 21.2dB | 4.3dB (Δf=150kHz, h=50m, d=500m) |
| 移動局(可搬型基地局) | 30.9dB | 13.1dB (Δf=150kHz, h=50m, d=50m) |
| 移動局(可搬型基地局・ポール) | 31.7dB | 12.7dB (Δf=150kHz, h=50m, d=500m) |

- 離調周波数及び隔離距離を相互に十分確保すること、送信空中線の指向性主方向に正対しない位置関係、建物等による遮へい等の工夫など、主にVHF帯デジタルSTL/TTL側のサイトエンジニアリングにより共用可能。

STL/TTLシステム間等の干渉検討

- デジタルSTL/TTLを導入するにあたり、デジタルSTL/TTL同士並びにアナログSTL/TTL及びアナログ監視・制御回線との干渉検討を行う。

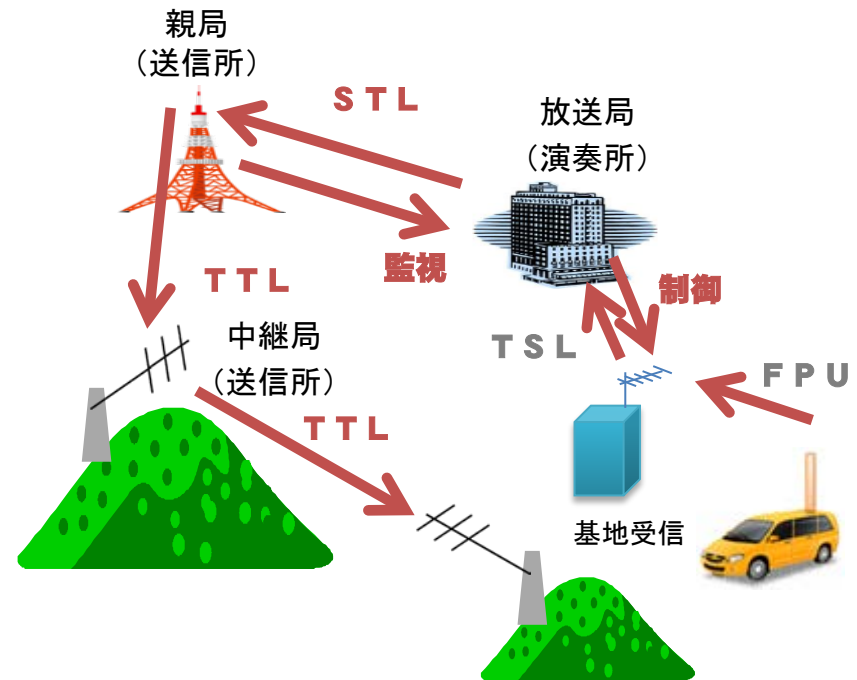
干渉検討の対象となる無線システム

160MHz帯の対象システム

| | 希望波 | 干渉波 |
|---|-------------|-------------|
| ① | デジタルSTL/TTL | デジタルSTL/TTL |
| ② | デジタルSTL/TTL | アナログSTL/TTL |
| ③ | デジタルSTL/TTL | アナログ監視・制御回線 |
| ④ | アナログSTL/TTL | デジタルSTL/TTL |
| ⑤ | アナログ監視・制御回線 | デジタルSTL/TTL |

60MHz帯の対象システム

| | 希望波 | 干渉波 |
|---|-------------|-------------|
| ① | デジタルSTL/TTL | デジタルSTL/TTL |
| ② | デジタルSTL/TTL | アナログSTL/TTL |
| ③ | アナログSTL/TTL | デジタルSTL/TTL |



干渉検討の対象となる無線システムのイメージ

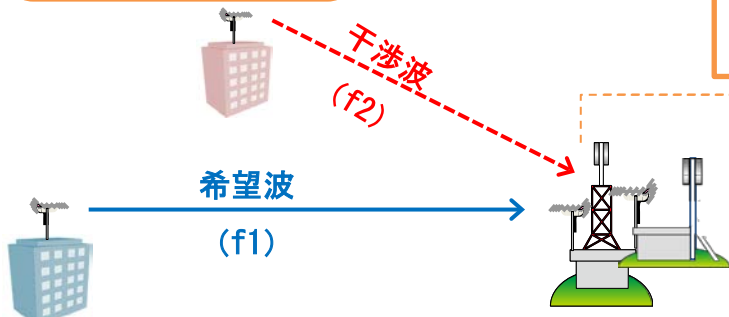
STL: Studio to Transmitter Link
 TTL: Transmitter to Transmitter Link
 TSL: Transmitter to Studio Link
 FPU: Field Pickup Unit

干渉検討の考え方

- 各システムの希望波受信電力及び干渉波受信電力を求め、これらの値から算出したC/I値がフェージングマージンを考慮した混信保護値以上であれば干渉がないと判断する。
- 干渉検討では、各システムの標準モデルに加えて比較モデル(標準モデルから空中線電力又は伝搬距離を変化させたもの)を使用する。受信空中線角度差(指向特性の方位差)及び離調周波数 Δf のパラメータを順に変化させ、各条件でのC/I値と混信保護値を比較する。

干渉検討のモデル

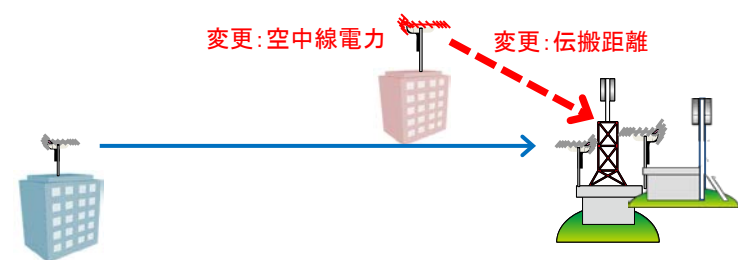
標準モデルを検討



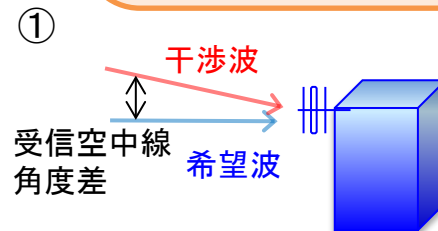
受信空中線角度差及び離調周波数、空中線電力及び伝搬距離を変化させ、C/I値と混信保護値を比較。

- ① 受信空中線角度差: 0度、30度、45度、90度、180度
- ② 離調周波数(Δf): 0kHz、100kHz、200kHz、300kHz、400kHz

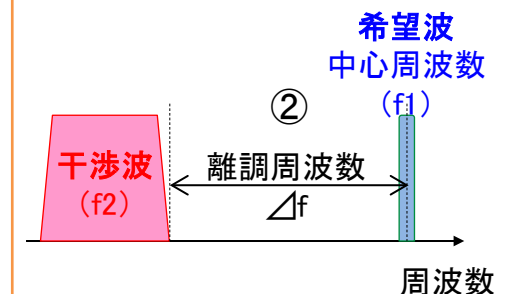
比較モデルとして、より厳しい条件でも検討



受信空中線角度差によるC/I値等の確認



離調周波数によるC/I値等の確認



干渉検討の対象となる無線システムの諸元

○ 干渉検討の対象となる無線システムの諸元は下表のとおり。

| | 項目 | 検討諸元 | | | | |
|-----|-------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------|
| | | デジタルSTL/TTL (60MHz帯及び160MHz帯) | デジタルSTL/TTL (60MHz帯及び160MHz帯) | デジタルSTL/TTL (160MHz帯) | アナログSTL/TTL (60MHz帯及び160MHz帯) | アナログ監視・制御回線 (160MHz帯) |
| 希望波 | 項目(希望波) | デジタルSTL/TTL (60MHz帯及び160MHz帯) | デジタルSTL/TTL (60MHz帯及び160MHz帯) | デジタルSTL/TTL (160MHz帯) | アナログSTL/TTL (60MHz帯及び160MHz帯) | アナログ監視・制御回線 (160MHz帯) |
| | 空中線電力 | 0.05W、0.1W、0.5W、5W | 0.05W、0.1W、5W | 0.05W | 10W、50W | 10W |
| | 送信・受信空中線利得 | 10dBi(距離10km) 13dBi(距離20km) | 10dBi(距離10km) 13dBi(距離20km) | 10dBi(距離10km) 13dBi(距離20km) | 10dBi | 5.15dBi |
| | 送信・受信空中線指向性 | 5素子八木アンテナ及び 8素子八木アンテナ | 5素子八木アンテナ及び 8素子八木アンテナ | 5素子八木アンテナ及び 8素子八木アンテナ | 5素子八木アンテナ | 水平面無指向 |
| | 給電線損失 | 送信:2dB、受信2dB | 送信:2dB、受信2dB | 送信:2dB、受信2dB | 送信:2dB、受信2dB | 送信:2dB、受信2dB |
| | 送信フィルタ損失 | 1dB | 1dB | 1dB | 1dB | 1dB |
| | 受信フィルタ損失 | 4dB | 4dB | 4dB | 4dB | 4dB |
| | 送信高・受信高 | 50m | 50m | 50m | 50m | 50m |
| | 伝搬距離 | 10km、20km | 10km、20km | 10km、20km | 10km、20km、50km | 10km、20km、50km |
| 妨害波 | 項目(妨害波) | デジタルSTL/TTL | アナログSTL/TTL | アナログ監視・制御回線 | デジタルSTL/TTL | デジタルSTL/TTL |
| | 空中線電力 | 0.05W、5W | 10W、50W | 10W | 0.05W、0.1W、5W | 0.05W、0.1W、5W |
| | 送信空中線利得 | 10dBi(距離10km) 13dBi(距離20km) | 60MHz帯:8dBi 160MHz帯:10dBi | 5.15dBi | 10dBi | 10dBi |
| | 送信空中線指向性 | 5素子八木アンテナ及び 8素子八木アンテナ | 3素子八木アンテナ及び 5素子八木アンテナ | 水平面無指向 | 5素子八木アンテナ | 5素子八木アンテナ |
| | 給電線損失 | 2dB | 2dB | 2dB | 2dB | 1dB |
| | 送信フィルタ損失 | 1dB | 1dB | 1dB | 1dB | 2dB |
| | 送信高 | 50m | 50m | 50m | 50m | 50m |
| | 伝搬距離 | 10km、20km | 10km、20km、50km | 10km、20km、50km | 10km、20km | 10km、20km |

160MHz帯における干渉検討結果

○ 離調周波数や受信空中線の指向特性の方位差を確保することで共用可能。

| ケース | 希望波 | 干渉波 | 検討モデル | 判定※1 | 計算C/I値 | 混信保護値 | 干渉波空中線電力※2 | 伝搬距離※2 | 離調周波数 | 角度差 | 共用条件 |
|-----|---------------------|---------------------|-------|------|--------|-------|------------|--------|--------|-----|---|
| ① | デジタル STL/TTL | デジタル STL/TTL | 標準モデル | ○ | 40 | 37 | 0.05W | 20km | 100kHz | 0° | ・離調周波数100kHz以上で共用可能(受信空中線の指向特性の方位差及び伝搬経路の違いにかかわらず)。 ・離調周波数200kHzのときで干渉を起こすこともあり、離調周波数及び受信空中線の指向特性の方位差を確保し、干渉回避が必要。 |
| | | | 比較モデル | ○ | 48 | 45.1 | 0.5W | 10km | 200kHz | 90° | |
| | | | | × | 44 | | | | 400kHz | 45° | |
| ② | デジタル STL/TTL | アナログ STL/TTL | 標準モデル | ○ | 39 | 38.1 | 10W | 50km | 100kHz | 45° | ・アナログとデジタルのSTL/TTL空中線電力の差が大きい場合、デジタルは、アナログの到来電波が強い干渉の可能性があり注意が必要。干渉波の抑制などの干渉回避策を検討し対応。 |
| | | | 比較モデル | × | 35 | 45.1 | 50W | 10km | × | × | |
| ③ | デジタル STL/TTL | アナログ 監視・制御 回線 | 標準モデル | × | 28.8 | 37 | 10W | 20km | 100kHz | 0° | ・標準モデル: 離調周波数200kHz以上、受信空中線の指向特性の方位差が30度以上で共用可能。 |
| | | | | ○ | 36.8 | 35.1 | | | 100kHz | 30° | |
| | | | | × | 39.8 | 48 | | | 200kHz | 0° | |
| | | | 比較モデル | ○ | 44.8 | 38.1 | 10W | 50km | 200kHz | 30° | ・比較モデル: 離調周波数200kHz以上、受信空中線の指向特性の方位差が30度以上で共用可能。 |
| ④ | アナログ STL/TTL | デジタル STL/TTL | 標準モデル | ○ | 64 | 57 | 0.05W | 20km | 100kHz | 0° | ・標準モデル: 離調周波数100kHz以上で共用可能(受信空中線の指向特性の方位差にかかわらず)。 ・比較モデル: 離調周波数200kHz以上、受信空中線の指向特性の方位差が30度以上で共用可能。 |
| | | | 比較モデル | ○ | 60 | 56 | 5W | 10km | 200kHz | 30° | |
| ⑤ | アナログ 監視・制御 回線 | デジタル STL/TTL | 標準モデル | ○ | 98.2 | 32 | 0.05W | 20km | 100kHz | 0° | ・標準モデル: 離調周波数100kHz以上で共用可能(受信空中線の指向特性の方位差にかかわらず)。 ・比較モデル: 同一周波数でも共用可能(標準モデルと比較し、希望波、干渉波の伝搬距離を1/2にした場合)。 |
| | | | 比較モデル | ○ | 31.2 | 31 | 0.05W | 10km | 0kHz | 0° | |

※1 比較値: 計算C/I値と混信保護値を比較した値
干渉波の伝搬距離を変更)

※2 より厳しい条件への変更干渉波の空中線電力及び伝搬距離に変更。(ケース⑤は、希望波及び

60MHz帯における干渉検討結果

- 干渉波が希望波へ与える影響は160MHz帯と同様な傾向であることから、標準モデルによる検討のみ行った。
- 160MHz帯と同様に、離調周波数や受信空中線の指向特性の方位差を確保することで共用可能。

| ケース | 希望波 | 干渉波 | 検討モデル | 判定※ | 計算C/I値 | 混信保護値 | 干渉波空中線電力 | 伝搬距離 | 離調周波数 | 角度差 | 共用条件 |
|-----|-------------|-------------|-------|-----|--------|-------|----------|------|--------|-----|---|
| ① | デジタルSTL/TTL | デジタルSTL/TTL | 標準モデル | ○ | 40 | 37 | 0.05W | 20km | 100kHz | 0° | 離調周波数100kHz以上で共用可能。 なお、離調周波数200kHzのときで干渉を起こすこともあり、離調周波数及び受信空中線の指向特性の方位差により減衰量を確保することで共用可能。 |
| ② | デジタルSTL/TTL | アナログSTL/TTL | 標準モデル | ○ | 40 | 38.1 | 10W | 50km | 100kHz | 30° | 離調周波数100kHz以上で共用可能(受信空中線の指向特性の方位差及び伝搬経路の違いにかかわらず)。 なお、アナログSTL/TTLとデジタルSTL/TTLの空中線電力の差が大きい場合、アナログSTL/TTLの到来電波が強いときはデジタルSTL/TTLに干渉のおそれがあるが、干渉波の抑制などの干渉回避策を検討することで共用可能と考えられる。 |
| ③ | アナログSTL/TTL | デジタルSTL/TTL | 標準モデル | ○ | 64 | 57 | 0.05W | 20km | 100kHz | 0° | デジタルSTL/TTLは、アナログに比べ最大空中線電力が1/10と小さいため、アナログSTL/TTL同士よりも干渉の影響が少なく、共用可能 |

※ 比較値: 計算C/I値と混信保護値を比較した値

共用条件

デジタルSTL/TTL同士

- 離調周波数100kHz以上を確保することで共用可能(受信空中線指向特性の方位差及び伝搬経路の違いにかかわらず共用可能)。
- 干渉条件が厳しい場合については、離調周波数、受信空中線指向特性の方位差により減衰量を確保することで共用可能と考えられる。

デジタルSTL/TTLからアナログSTL/TTL

- 離調周波数100kHz以上を確保することで共用可能(受信空中線指向特性の方位差及び伝搬経路の違いにかかわらず共用可能)。

アナログSTL/TTLからデジタルSTL/TTL

- アナログSTL/TTLとデジタルSTL/TTLの空中線電力の差が大きい場合、アナログSTL/TTLの到来電波が強いときはデジタルSTL/TTLに干渉のおそれがあるが、干渉波の抑制などの干渉回避策を検討することで共用可能と考えられる。

デジタルSTL/TTLとアナログ監視・制御回線

- 離調周波数100kHz以上を確保し、受信空中線の指向特性の方位差を確保することで共用可能。

參考資料

放送システム委員会 構成員

(構成員は五十音順)

| | | |
|------|--------|---|
| 主査 | 伊東 晋 | 東京理科大学 理工学部 教授(平成27年1月26日まで) |
| 主査 | 伊丹 誠 | 東京理科大学 基礎工学部 教授(平成27年1月26日から) |
| 主査代理 | 都竹 愛一郎 | 名城大学 理工学部 教授 |
| 委員 | 相澤 彰子 | 国立情報学研究所 情報学資源研究センター 教授 |
| 専門委員 | 井家上 哲史 | 明治大学 理工学部 教授 |
| 〃 | 甲藤 二郎 | 早稲田大学 理工学術院 教授 |
| 〃 | 喜安 拓 | 一般社団法人日本CATV技術協会 副理事長 |
| 〃 | 関根 かをり | 明治大学 理工学部 教授 |
| 〃 | 高田 潤一 | 東京工業大学大学院 理工学研究科 教授 |
| 〃 | 丹 康雄 | 北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 教授 |
| 〃 | 野田 勉 | 一般社団法人日本ケーブルラボ 実用化開発グループ 主任研究員(平成27年3月31日まで) スターキャット・ケーブルネットワーク株式会社 上席主任研究員(平成27年4月1日から) |
| 〃 | 松井 房樹 | 一般社団法人電波産業会 専務理事 |
| 〃 | 村山 優子 | 岩手県立大学 ソフトウェア情報学部 教授 |
| 〃 | 矢野 博之 | 独立行政法人 情報通信研究機構 ワイヤレスネットワーク研究所 所長 |
| 〃 | 山田 孝子 | 関西学院大学 総合政策学部 教授 |

放送システム委員会 STL/TTL作業班 構成員

(構成員は五十音順)

| | | |
|-----|--------|---|
| 主任 | 甲藤 二郎 | 早稲田大学 理工学術院 教授 |
| 構成員 | 荻野 喜美雄 | 一般社団法人 日本コミュニティ放送協会 理事・相談役 |
| 〃 | 小竹 信幸 | 一般財団法人テレコムエンジニアリングセンター 企画・技術部門 技術グループ 担当部長 |
| 〃 | 甲斐 章 | 株式会社NHKアイテック 放送・通信ネットワーク事業部 ソリューション技術部(企画・開発) チーフエンジニア |
| 〃 | 川島 修 | 株式会社エフエム東京 技術部長 |
| 〃 | 平川 靖紀 | 日本放送協会 技術局 計画部 副部長 |
| 〃 | 丸山 活輝 | 信越放送株式会社 技術局 技術部長 |
| 〃 | 三浦 洋 | 株式会社ニッポン放送 技術局長 |
| 〃 | 宮下 敦 | 株式会社日立国際電気 映像・通信事業部 グローバル統括本部 事業推進本部 主管技師長 |

放送システム委員会 STL/TTL作業班アドホックグループ 構成員

(敬称略、構成員は五十音順)

| | | |
|------|--------|---|
| リーダー | 甲斐 章 | 株式会社NHKアイテック 放送・通信ネットワーク事業部 ソリューション技術部(企画・開発) チーフエンジニア |
| 構成員 | 岩田 昭光 | 株式会社NHKアイテック 営業本部(事業開発) 担当部長 |
| 〃 | 加藤 数衛 | 株式会社日立国際電気 映像・通信事業部 技師長 |
| 〃 | 川瀬 克行 | パナソニックシステムネットワークス株式会社 無線通信システム部 無線システム課 主幹 |
| 〃 | 河野 健一 | 日本無線株式会社 ソリューション事業部 ソリューション技術部情報システムグループ 放送機チーム 課長 |
| 〃 | 櫻井 稔 | アイコム株式会社 ソリューション事業部 参事 |
| 〃 | 嶋 豊 | 株式会社東芝コミュニティーソリューション社 放送ネットワークシステム部 通信システム機器設計担当 参事 |
| 〃 | 竹内 嘉彦 | 日本無線株式会社 研究所 部長 |
| 〃 | 豊島 肇 | 沖電気工業株式会社 社会システム事業本部 交通・防災システム事業部 システム第二部 担当部長 |
| 〃 | 野路 幸男 | 池上通信機株式会社 マーケティング本部 企画部 技監 |
| 〃 | 日高 良 | NECエンジニアリング株式会社 第二システムプラットフォーム事業部 エグゼクティブマネージャー |
| 〃 | 宮下 敦 | 株式会社日立国際電気 映像・通信事業部 グローバル統括本部 事業推進本部 主管技師長 |
| 〃 | 柳内 洋一 | 日本電気株式会社 消防・防災ソリューション事業部 エキスパート |
| 〃 | 山崎 高日子 | 三菱電機株式会社 通信システムエンジニアリングセンター ネットワークシステム部 第三グループ 専任 |

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帯 | M/N帯 | E/F帯 | G帯 | M/N帯 | 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帯: 5,850MHz-5,925MHz C帯: 6,425MHz-6,570MHz D帯: 6,870MHz-7,125MHz E帯: 10.25GHz-10.45GHz F帯: 10.55GHz-10.68GHz G帯: 12.95GHz-13.25GHz M帯(映像): 6,570MHz-6,700.375MHz 6,719.875MHz-6,860.375MHz 6,867.875MHz-6,870MHz N帯(映像): 7,425MHz-7,571.375MHz 7,584.875MHz-7,731.375MHz M帯(音声): 6,700.375MHz-6,719.875MHz 6,860.375MHz-6,867.875MHz N帯(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帯を除く)。

(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帯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帯(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

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帯(TS伝送方式) | E/F/G帯(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帯映像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帯以外) | 15dB | 35dB | — | 60dB |
| 減衰量 (M/N帯) | 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帯音声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 |