

情報通信審議会 情報通信技術分科会
放送システム委員会 1.2/2.3GHz 帯 FPU 高度化作業班

報告

平成31年4月25日

I 審議事項

放送システム委員会では、情報通信審議会諮問第2023号「放送システムに関する技術的条件」における「放送事業用無線局の高度化のための技術的条件」のうち「超高精細度テレビジョン放送のための1.2GHz帯及び2.3GHz帯を使用する放送事業用無線局（FPU）の技術的条件について」、検討を行った。

II 委員会及び作業班の構成

別紙1のとおり。

なお、検討の促進を図るため、放送システム委員会の下に1.2/2.3GHz帯FPU高度化作業班を設置した。（別紙2）

III 審議経過

(1) 放送システム委員会での検討

ア 第63回（平成30年4月22日）

1.2/2.3GHz帯FPUの4K・8K対応に係る高度化検討について、委員会の運営方法、審議方針、検討項目及び審議スケジュール等について検討を行った。検討開始の報告及び審議の促進を図るための「1.2/2.3GHz帯FPU高度化作業班」の設置について承認がなされ、作業班主任として高田専門委員が指名された（作業班構成員については、別紙3）。

また、1.2/2.3GHz帯FPUの4K・8K対応に係る技術的条件について、放送システム委員会において広く一般から意見陳述の機会を設けるため、平成30年6月25日から同年7月25日までの間、募集を行った（募集の結果、意見陳述の希望はなかった。）

イ 第66回（平成31年4月25日（予定））

1.2/2.3GHz帯FPU高度化作業班報告書を審議（予定）。

(2) 1.2/2.3GHz帯FPU高度化作業班での検討

ア 第1回作業班（平成30年7月18日）

作業班の調査・検討の進め方、1.2/2.3GHz帯FPUの運用状況、高度化に関する提案とその要求条件について検討を行った。また、今後の検討スケジュールを確認した。

イ 第2回作業班（平成30年10月4日）

基本的な技術的条件並びに共用検討の考え方の整理及び対象となる無線システム現状等について確認、検討を行った。

ウ 第3回作業班（平成30年12月18日）

共用検討、電波防護指針への適合性及び第3回までの検討を踏まえ、作業班報告書骨子（案）について検討を行った。

エ 第4回作業班（平成31年4月3日）

総合試験の結果について、確認を行った。また、超高精細度テレビジョン

放送のための 1.2GHz 帯及び 2.3GHz 帯を使用する放送事業用無線局（FPU）の技術的条件について、作業班報告のとりまとめを行った。

IV 検討概要（別添 1）

(別紙1)

情報通信技術分科会 放送システム委員会 構成員

(敬称略)

氏名	主要現職
主査委員 伊丹 誠	東京理科大学 基礎工学部 電子応用工学科 教授
主査代理 専門委員 都竹 愛一郎	名城大学 理工学部 教授
委員 村山 優子	津田塾大学 数学・計算機科学研究所 特任研究員
専門委員 井家上 哲史	明治大学 理工学部 教授
〃 上園 一知	一般社団法人日本ケーブルラボ 実用化開発部 主任研究員
〃 大矢 浩	一般社団法人日本CATV技術協会 副理事長
〃 甲藤 二郎	早稲田大学 基幹理工学部 教授
〃 門脇 直人	国立研究開発法人情報通信研究機構 理事
〃 後藤 薫	国立研究開発法人情報通信研究機構 電磁波研究所 電磁環境研究室 研究マネージャー
〃 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 副学長(国際連携担当)、環境・社会理工学院 教授
〃 丹 康雄	北陸先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科 教授
〃 野田 勉	スターキャット・ケーブルネットワーク(株) 上席主任研究員
〃 松井 房樹	一般社団法人電波産業会 代表理事・専務理事・事務局長
〃 山田 孝子	関西学院大学 総合政策学部 教授

1. 2/2. 3GHz 帯 FPU 高度化作業班の設置要綱について

放送システム委員会における「放送システムに関する技術的条件」のうち「放送事業用無線局の高度化のための技術的条件」に関し、1. 2GHz帯及び2. 3GHz帯を使用する放送事業用無線局（FPU）の高度化のための技術の導入の検討に必要な情報を収集し、技術的条件の検討を促進させるために、「1. 2/2. 3GHz帯FPU高度化作業班」を設置することとする。

1 作業班の運営等

- (1) 作業班の会議は、主任が招集する。
- (2) 作業班に主任代理を置くことができ、主任が指名する者がこれに当たる。
- (3) 主任代理は、主任が不在のとき、その職務を代行する。
- (4) 主任は、作業班の調査及び議事を掌握する。
- (5) 主任は、会議を招集する時は、構成員にあらかじめ日時、場所及び議題を通知する。
- (6) 特に迅速な調査を必要とする場合であって、会議の招集が困難な場合、主任は電子メールによる調査を行い、これを会議に代えることができる。
- (7) 主任は、必要があるときは、会議に必要と認める者の出席を求め、意見を述べさせ、又は説明させることができる。
- (8) 主任は、必要と認める者からなるアドホックグループを設置することができる。
- (9) 作業班において調査された事項は、主任がとりまとめ、これを委員会に報告する。
- (10) その他、作業班の運営については、主任の定めるところによる。

2 会議の公開

会議は、次の場合を除き、公開する。

- (1) 会議を公開することにより当事者又は第三者の権利、利益や公共の利益を害するおそれがある場合。
- (2) その他、主任が非公開とすることを必要と認めた場合。

3 事務局

作業班の事務局は、情報流通行政局放送技術課が行う。

(別紙3)

情報通信審議会 情報通信技術分科会
放送システム委員会 1.2/2.3GHz帯FPU高度化作業班 構成員

(敬称略)

氏名	所属・役職
高田 潤一 (主任)	東京工業大学 副学長(国際連携担当)、環境・社会理工学院 教授
居相 直彦	一般社団法人電波産業会 素材伝送開発部会 地上無線素材伝送作業班 主任
井上 貴史	株式会社テレビ朝日 技術局 運用統括センター インターネット運用技術 担当部長
大槻 知明 (主任代理)	慶應義塾大学 理工学部 情報工学科 教授
岡田 寛正	株式会社TBSテレビ 技術局 放送設備計画部
川村 和也	国土交通省 航空局 交通管制部 管制技術課 航行支援技術高度化企画室 管制技術調査官
甲田 乃次	一般社団法人特定ラジオマイク運用調整機構 テクニカルチーフ
成澤 慶	内閣府 宇宙開発戦略推進事務局 準天頂衛星システム戦略室 参事官補佐
斉藤 一	株式会社テレビ東京 技術局 技術開発部 副部長
佐藤 誠	日本テレビ放送網株式会社 技術統括局 技術開発部 専任部次長
鈴木 健児	日本放送協会 技術局 計画部 副部長
高井 正興	一般社団法人日本アマチュア無線連盟 電磁環境委員会 委員長
高田 仁	一般社団法人日本民間放送連盟 企画部 専任部長
仲田 樹広	株式会社日立国際電気 事業企画本部 次世代技術開発部 副技師長
平沢 修	池上通信機株式会社 システムセンター 伝送システム部 通信機課 課長
福田 立基	株式会社フジテレビジョン 技術局 制作技術センター 映像部 中継担当部長
光山 和彦	日本放送協会 放送技術研究所 伝送システム研究部 上級研究員
安江 信一	NECプラットフォームズ株式会社 ワイヤレスシステム事業部RF開発グループ 主任

(別添 1)

IV 検討概要

第1章 審議の背景

超高精細度テレビジョン放送については、「4K・8Kロードマップに関するフォローアップ会合」（座長：伊東晋 東京理科大学理工学部教授）において、そのロードマップの具体化に、「2020年東京オリンピック・パラリンピック競技大会の数多くの中継が4K・8Kで放送されている」ことなどが目標となされた。

このような状況の中、放送番組素材中継に必要な無線システムであるFPU（Field Pickup Unit）についても、4K・8Kに対応できる伝送技術の導入が求められており、固定的利用に適したマイクロ波帯（5.9～13GHz帯）FPUについては、平成29年7月に4K・8Kに対応する制度整備が行われた。

そこで、今般、マラソン等ロードレースにおける移動中継に適した1.2/2.3GHz帯周波数を使用するFPUについて、現行の2Kに加えて、4K・8Kでの伝送が可能とする高度化を図るため、必要な技術的条件の検討を行ったものである。

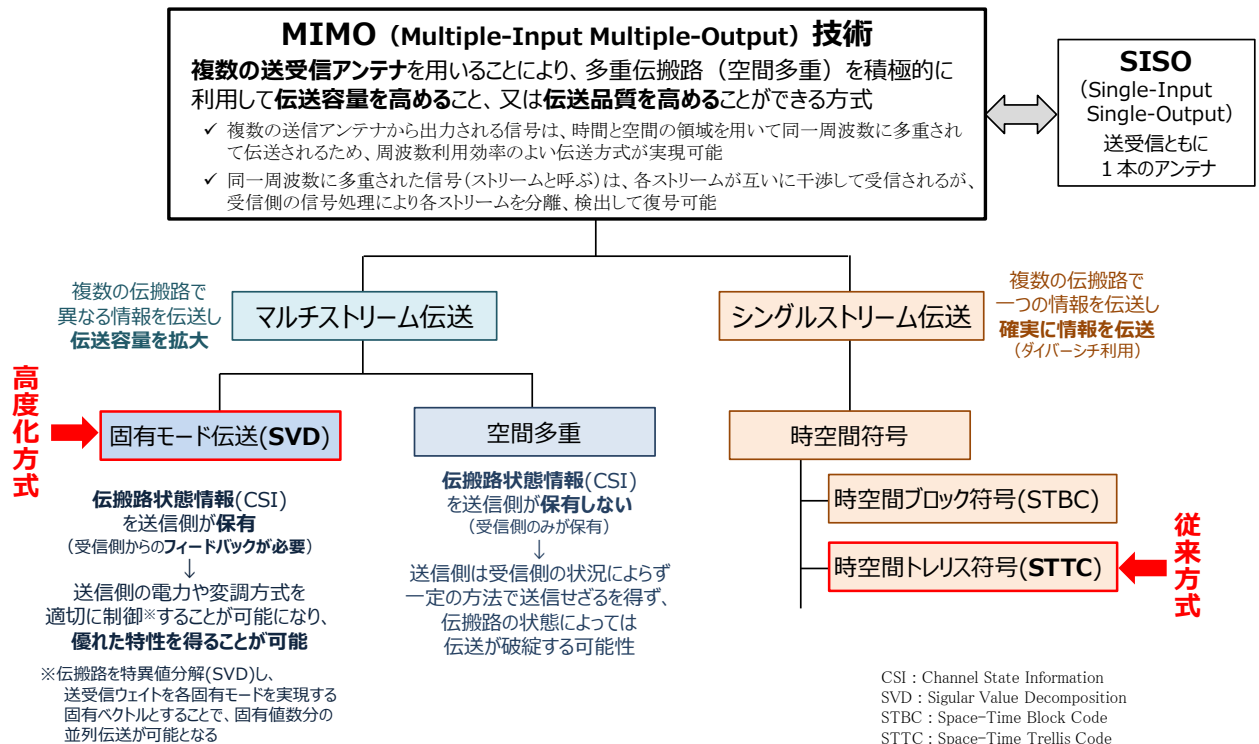
第2章 審議に当たったの考え方

2. 1 1.2/2.3GHz帯におけるFPUの高度化に関する技術

4K・8K映像の伝送には、従来以上の伝送ビットレートが必要であり、高い伝送効率、高い信頼性を同時に満足する伝送方式の開発が求められる。また、周波数共用の観点からは、他の無線システムと共用できることも必要になる。

このような伝送方式の実現に向けて、総務省では、平成26～29年度にかけて、「次世代映像素材伝送の実現に向けた高効率周波数利用技術に関する研究開発」を実施し、SVD(Singular Value Decomposition)-MIMO方式による4K・8K用の1.2/2.3GHz帯FPUの開発が進められてきた。

図1 MIMO技術の技術動向



一方、その導入においては、既存FPUとの周波数共用が必要であり、占有周波数帯幅及び空中線電力を既存システムと同等のものとしなければならない。そのため、今回は、①適応送信制御を可能とするSVD-MIMO方式、②伝送路に応じて誤り訂正符号の符号化率を適応制御するレートマッチング技術により伝搬環境の変動に応じて動的に伝送パラメータを変更する仕組みを導入し、OFDMのサブキャリアの変調多値数を最大4096QAMとすることも合わせ、伝送容量を確保する検討を行ったものである。

① SVD-MIMO 方式

SVD-MIMO方式では、マルチパスを活用して複数の伝搬経路を形成し、情報量の大きな信号を分割して伝送することで伝送容量の拡大を図っている。複数の伝搬経路を形成するために、受信側で伝搬特性を解析し、送信側にフィードバックすることにより、移動中継での伝搬特性の変動に追従し最適な伝搬経路を形成する。

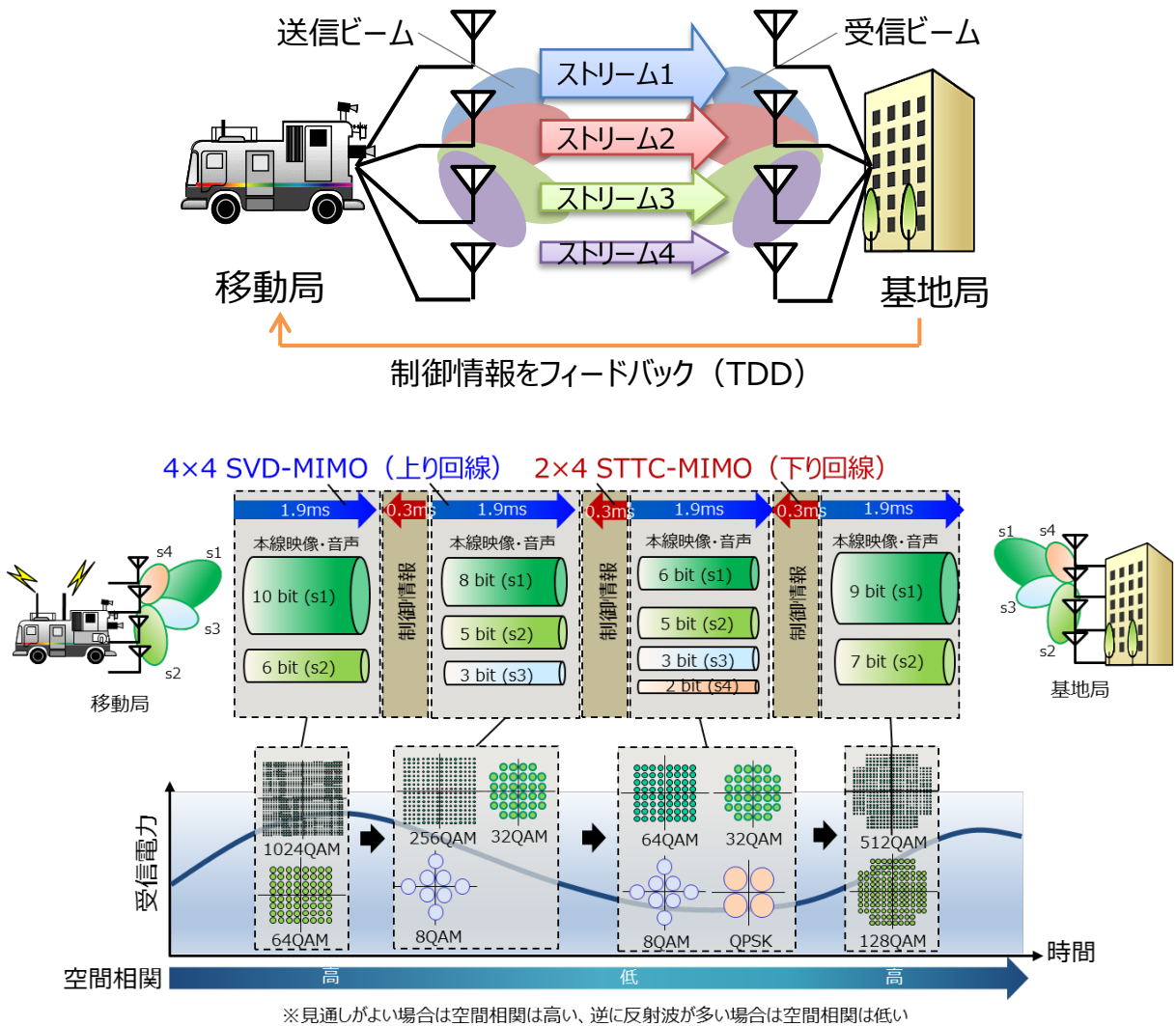


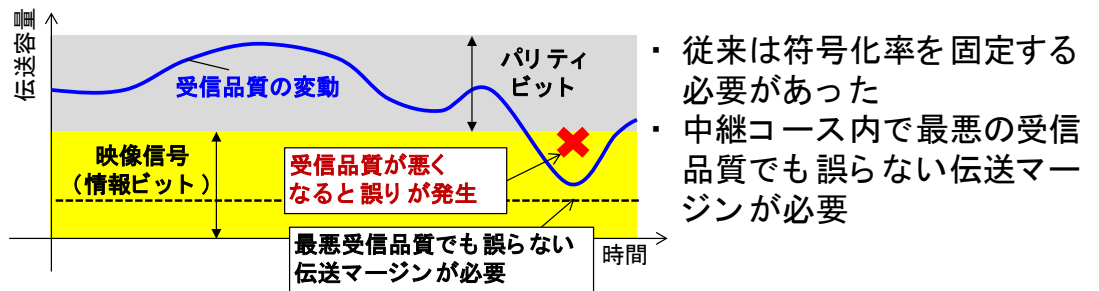
図2 SVD-MIMO 技術のイメージ

変動する伝搬路に応じて MIMO ストリーム数や変調多値数等の伝送パラメータを適応的に変更することで、伝送路を無駄なく効率的に使用することで大容量伝送を実現するものである。

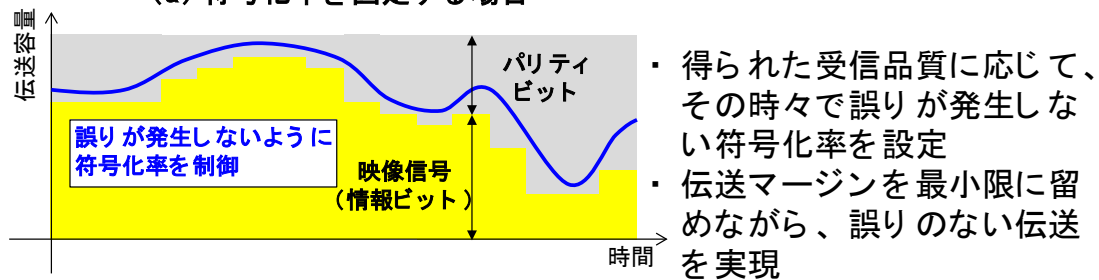
② レートマッチング技術

レートマッチングは、ビットパンクチャ（間引き）により、伝搬環境に応じて誤り訂正符号の可変符号化率を実現する技術である。

従来の単向通信方式の FPU のように、符号化率を固定する場合、伝送レートは一定となる。



(a) 符号化率を固定する場合



(b) レートマッチングで符号化率を制御する場合

図3 レートマッチングのイメージ

しかし、移動伝送のように受信品質が変動する伝搬路の場合、受信品質の劣化により誤りが発生する可能性がある（図3 (a)）。誤りを発生させないためには、十分に伝送マージンを持った符号化率を設定する必要があった。

これに対して、複信方式によるフィードバック回線を用いることで、レートマッチングで符号化率を制御することができる。この場合、受信品質に応じてその時点で誤りが発生しない最大の符号化率を選択することで、伝送マージンを最小限に留め、伝送レートも向上させることができる（図3 (b)）ものである。

2. 2 1.2/2.3GHz 帯 FPU の高度化に求める要件と運用モデル

2. 2. 1 1.2/2.3GHz 帯 FPU の高度化に求める要件

1.2/2.3GHz 帯 FPU は、主にロードレース中継等の移動伝送用途として用いられており、4K・8K対応するに当たっても同じ役割を果せることが求められ、以下の要件を満足することが求められる。

① 伝送

- ・見通し外の移動中継が可能であること。
- ・送信アンテナが正確に受信アンテナ方向に向かない場合でも、的確な素材伝送が可能なこと。
- ・都市部などマルチパス環境下でも的確な素材伝送が可能なこと。

② 伝送距離

- ・固定中継において0.1km～50kmの伝送距離を確保できること。
- ・移動中継において0.1km～10kmの伝送距離を確保できること。

③ 画質

- ・高品質な4K・8K映像の伝送が可能なこと。

④ その他

- ・2020年を目途として商用実現可能なものであること。
- ・従来の1.2/2.3GHz帯FPUの技術基準との整合を可能な限り図ること。

2. 2. 2 1.2/2.3GHz 帯 FPU の運用モデル

1.2GHz/2.3GHz帯の現行FPUは、ロードレースにおける中継車による移動中継、バイクに搭載したカメラによる映像中継伝送などで利用されている。また、ゴルフ中継やイベント番組などカメラが移動しながら、選手を追いかけて中継するためのワイヤレスカメラとして使用されることも多い。

4K・8K用FPUの技術的条件の検討においても同様の運用形態を想定し、現行FPUと同じ6つの運用モデルを用いて検討を行った。

運用モデルの内容を表1に示す。

表1 運用モデル

運用モデル	利用用途	送信／受信空中線	伝搬距離	見通し外通信の有無	利用番組
モデル1	固定中継 (緊急報道で取材現場や中継車から受信基地局へ)	八木アンテナ	～50km	無	・情報系番組 ・緊急報道を含む報道番組
		電磁ホーン 八木アンテナ			
モデル2	移動中継 (ロードレース中継で中継車から受信基地局へ)	コーリニア ホイップ	10km	有	・ロードレースを含むスポーツ中継
		八木アンテナ			
モデル3	移動中継 (市街地の比較的近距离の区間で中継車から受信基地局へ)	コーリニア ホイップ	3km	有	・ロードレースを含むスポーツ中継、 イベント中継
		八木アンテナ			
モデル4	移動中継 (ロードレース中継で中継車からヘリコプターへ)	コーリニア ホイップ	～2km	有	・ロードレースを含むスポーツ中継
		電磁ホーン 平面アンテナ			
モデル5	移動中継 (FPU等の機材をカメラマン等の人が背負い、最寄りの中継車へ)	コーリニア ホイップ	～1km	有	・情報系番組 ・緊急報道を含む報道番組 ・サッカー等を含むスポーツ中継
		電磁ホーン 平面アンテナ 八木アンテナ コーリニア			
モデル6	移動中継 (ロードレース中継でバイクから中継車へ)	コーリニア ホイップ	～1km	無	・ロードレースを含むスポーツ中継
		電磁ホーン 平面アンテナ コーリニア			

2. 4 1.2/2.3GHz帯FPUの高度化に係る検討事項

1.2/2.3GHz帯FPUの高度化に際して、現行の技術的条件の改定を要する項目は下表のとおりであり、占有周波数帯域幅や送信電力、スペクトル特性等の電波の質を変えずにビットレートを上げるための検討を行っている。

表2 現行の技術的条件の改定を要する項目

	技術的条件	現行1.2/2.3GHz帯FPU	高度化用FPU
1	無線周波数帯	1.2GHz帯及び2.3GHz帯	変更なし
2	通信方式	単向通信方式	複信方式(時分割複信)を追加
3	電波の型式	X7W	変更なし
4	最大伝送容量	105Mbps(フルモード) 51Mbps(ハーフモード)	412Mbps(フルモード) 203Mbps(ハーフモード)

			超高精細度テレビジョン放送用途 (高品質伝送)での利用を可能とするため、最大値を以上に規定
5	空間多重方式	SISO/STTC-MIMO	SVD-MIMOの追加(上り回線に導入。 下り回線は現行方式)
6	キャリア変調方式	64QAM、32QAM、16QAM、8PSK、 QPSK、BPSK	4096QAM、2048QAM、1024QAM、 512QAM、256QAM、128QAM、8QAMを追加
7	周波数の許容偏差	7×10^{-6} 以下	変更なし
8	占有周波数帯幅	17.5MHz以下(フルモード)、 8.5MHz以下(ハーフモード)	変更なし
9	誤り訂正	・内符号 畳み込み符号(R=1/2、2/3、 3/4、5/6) 時空間トレリス符号(R=1/2) ・外符号 リードソロモン符号 (204, 188) または(204, 166)	・内符号 ターボ符号を追加 (符号化率はレートマッチングによ り適応的に選択) ・外符号 変更なし。
10	C/N及びC/N配分	・2K固定/移動中継 (映像ビットレート35Mbps) フルモード・STTC・16QAM 所要C/N: 11.8dB ・2K移動中継 (映像ビットレート21Mbps) フルモード・STTC・8PSK 所要C/N: 9.8dB ハーフモード・偏波MIMO・ 32QAM・R=1/2 所要C/N: 15.8dB ※映像符号化方式がH264 (AVC)の場合。	(上り回線) ・8K移動中継 (映像ビットレート140Mbps) フルモード・16bit変調・R=0.92 所要C/N: 21.0dB ・4K固定中継 (映像ビットレート135Mbps) フルモード・16bit変調・R=0.92 所要C/N: 21.0dB ・4K移動中継 (映像ビットレート72Mbps) フルモード・10bit変調・R=0.76 所要C/N: 12.0dB ハーフモード・18bit変調・R=0.87 所要C/N: 21.5dB ※映像符号化方式がH265(HEVC) の場合 (下り回線) フルモード/ハーフモード・STTC・ 16QAM 所要C/N: 9.8dB
11	瞬断率規格、 不稼働率規格	年間回線瞬断率0.5%	変更なし
12	回線設計と 空中線電力	1.2GHz帯: 25W(フルモード) 12.5W(ハーフモード) 2.3GHz帯: 40W(フルモード) 20W(ハーフモード) 各送信機の高周波増幅部出力の総和	変更なし
13	空中線電力の 許容値	上限: 50%以内 下限: 50%以内	変更なし
14	送信スペクトル マスク	送信スペクトルマスクのブレー クポイント等を規定	変更なし

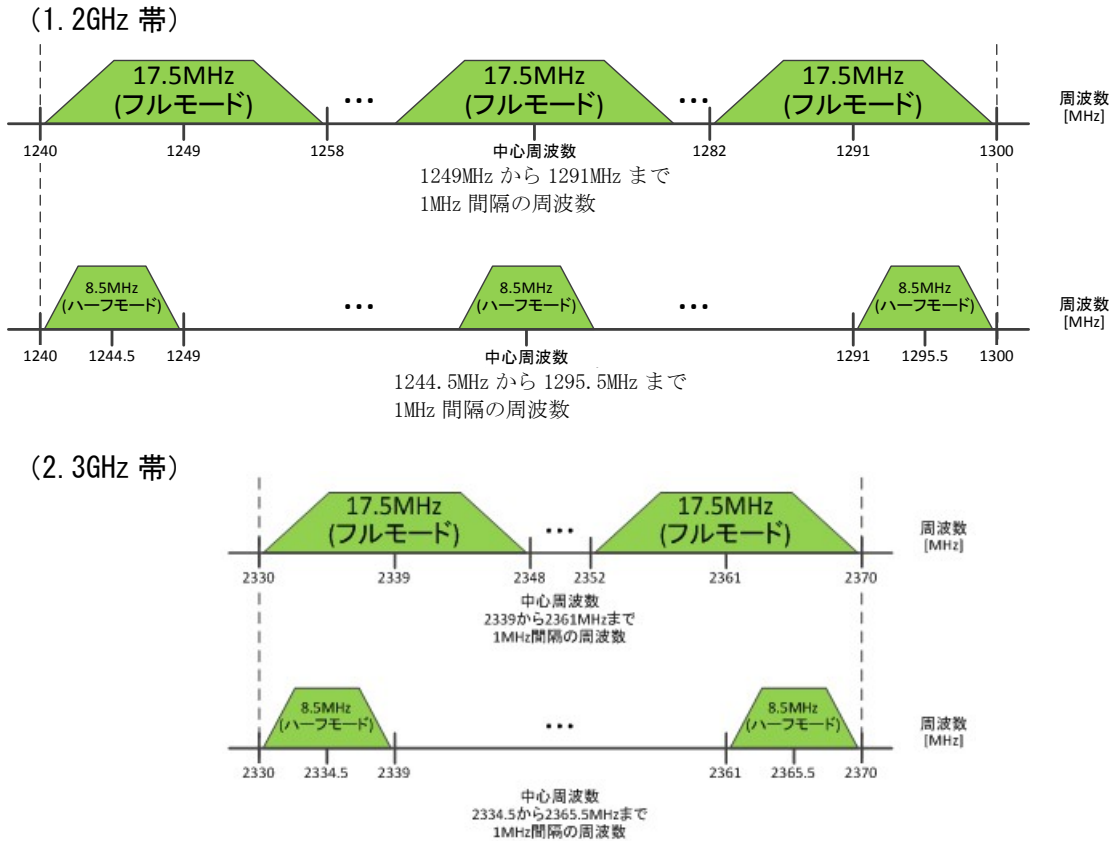
15	スプリアス及び不要発射		変更なし
16	偏波	水平、垂直、円偏波	変更なし
17	測定法	周波数、占有周波数帯幅、空中線電力の許容偏差、スプリアス発射の強度の許容値及び不要発射の強度の許容値、スペクトルマスク	変更なし

第3章 技術的条件の検討

3. 1 無線周波数帯

本技術的条件は、現行 FPU と同じ 1240-1300MHz 及び 2330-2370MHz の周波数帯を用いる番組素材用の FPU に適用する。

チャンネル配置については、以下のとおりである。



3. 2 通信方式

今回の高度化検討においては、SVD (Singular Value Decomposition、特異値分解) -MIMO 方式を採用する。同方式は、情報量の大きな信号を分割し複数の伝搬経路で同時に伝送するが、最適な伝搬経路を形成するため受信側の基地局で電波特性を解析し、送信側の移動局に制御情報としてフィードバックさせる仕組みが必要である。そのため、今回の高度化方式については、移動局と基地局が同一チャンネルにより映像信号や制御情報などを相互にやりとりできる、時分割複信 (TDD: Time Division Duplex) 方式による複信方式とする。

通信路については、移動局から基地局へ伝送する回線を上り回線、基地局から移動局へ伝送する回線を下り回線とし、移動局と基地局は一体となって動作する。サブフレーム長の組み合わせの例は次の通りである。

- ・ 1. 9ms(上り) / 0. 3ms(下り)
- ・ 2. 1ms(上り) / 0. 3ms(下り)
- ・ 3. 8ms(上り) / 0. 4ms(下り)

3. 3 電波の型式

今回の高度化方式は、現行 FPU と同じ直交周波数分割多重 (OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 方式を使用し、伝送情報も同一であることから、X7Wとする。

3. 4 伝送容量

4K・8Kの番組素材伝送に必要な映像ビットレートについては、ARIB デジタル放送システム開発部会映像符号化方式作業班と素材伝送開発部会地上無線素材伝送作業班に設置された、素材伝送用 HEVC コーデック評価 JTG で検討され、ITU-R 勧告 BT. 500-13 (01/2012) に規定された二重刺激連続品質尺度 (DSCQS) 法による画質評価が行われている。

また、「超高精細度テレビジョン放送のためのマイクロ波帯を使用する放送事業用無線局 (FPU) の技術的条件」(平成 29 年 3 月 31 日答申) で示された所要映像ビットレートを基本として、以下のとおりとする。

- (1) 8K映像信号の移動中継 (フルモード)
映像ビットレート 140Mbps、TS ビットレートは 145Mbps
- (2) 4K映像信号の固定中継 (高品質・フルモード)
映像ビットレート 135Mbps、TS ビットレートは 145Mbps
- (3) 4K映像信号の移動中継 (フルモード/ハーフモード)
映像ビットレート 72Mbps、TS ビットレートは 75Mbps
- (4) 8K映像信号の移動中継 (標準品質・フルモード)
映像ビットレート 188Mbps、TS ビットレートは 220Mbps
- (5) 4K映像信号の移動中継 (標準品質・ハーフモード)
映像ビットレート 87Mbps、TS ビットレートは 100Mbps

なお、実際の映像伝送においては、キャリア変調後にパイロットシンボル区間、ガードインターバル区間に加え、プリアンブル区間、下り回線区間を含めて付加されるため、4K・8K用 FPU に必要な最大伝送容量は、高品質伝送を想定して、フルモードの場合は 412Mbps、ハーフモードの場合は 203Mbps とする。

3. 5 変調方式

3. 5. 1 多重化方式

高ビットレートの映像データを安定的に伝送することが求められるため、現在の 4K・8K対応マイクロ波帯 FPU と同じ、直交周波数分割多重方式 (OFDM) とする。

OFDM 方式はマルチパスフェージングに対する耐性が強いといった方式の特徴があることから、マラソン中継のように従来ではビルの反射等により回線を構成するのが困難であった状況においても中継が可能となるほか、選手とともに移動しながらでも超高精細度中継が可能である。

3. 5. 2 空間多重方式

4K・8K用FPUでは、情報量の大きな信号を分割し複数の伝搬経路で同時に伝送することができるSVD-MIMO方式を用いる。想定される回線伝送能力を考慮して、上り回線にSVD-MIMO方式、下り回線にSTTC-MIMO方式（STTC: Space Time Trellis Coded、時空間トレリス符号化。現行方式）を使用するものとする。

3. 5. 3 キャリア変調方式

OFDMの各キャリアの変調方式は、以下の変調方式を使用する。括弧内は対応するビット数を表す。

- ・ 4096QAM (12bit) ※
- ・ 2048QAM (11bit) ※
- ・ 1024QAM (10bit) ※
- ・ 512QAM (9bit) ※
- ・ 256QAM (8bit) ※
- ・ 128QAM (7bit) ※
- ・ 64QAM (6bit)
- ・ 32QAM (5bit)
- ・ 16QAM (4bit)
- ・ 8PSK (3bit)
- ・ 8QAM (3bit) ※
- ・ QPSK、DQPSK (2bit)
- ・ BPSK、DBPSK (1bit)

※ 印は今回の高度化方式において新たに追加したキャリア変調方式である。

キャリア変調方式は、伝送路の状況に応じて各MIMOストリーム(最大4ストリーム)に対して適応的に割り当てる。割り当てビット数の合計は最大24bitとする。

なお、下り回線は、主に制御信号をフィードバックするための回線であり、所要伝送能力を考慮して、2×4 MIMOの構成、キャリア変調方式をQPSKまたは16QAMとする。

3. 6 周波数の許容偏差

OFDM方式デジタルFPUでは周波数偏差をガードバンド内に抑える必要がある。送信周波数の許容偏差は、現行FPUと同じ、 7×10^{-6} 以下とする。

3. 7 占有周波数帯域幅の許容値

超高精細度テレビジョン信号の伝送ができる伝送ビットレートを確保し、マイクロ波帯FPUと互換性を保つため、占有周波数帯幅は、情報通信審議会諮問第110号（番組中継用デジタル回線の技術的条件）と同じ値とし、フルモードを17.5MHz以

下、ハーフモードを 8.5MHz 以下とする。

3. 8 回線品質

3. 8. 1 誤り訂正

現行の FPU では単向通信方式であり、生中継における映像素材伝送において、伝送エラーが発生した場合でも受信側において誤り訂正処理が可能となるよう、送信側で強力な誤り訂正符号機能を付与している。具体的には、現行方式である SISO 方式 (Single-Input Single-Output: 1 対 1 の送受信構成) では外符号として短縮化リードソロモン符号、内符号として畳み込み符号が用いられ、また、MIMO 方式では、外符号として短縮化リードソロモン符号、内符号として時空間トレリス符号 (STTC) が用いられており、いずれも、誤り訂正の符号化を二重に行うことで訂正性能の向上を図っている。

今回の移動中継向けの 4 K・8 K用 FPU では、上り回線において内符号としてターボ符号を用いる。ターボ符号は、シャノン限界に近い優れた性能をもち、畳み込み符号と同様に符号ビットを間引くパンクチャーと呼ばれる手法によって符号化率を容易に変えることができる特長があり、伝搬路の状況に応じて伝送エラーが生じないように符号化率を適応的に制御するレートマッチング技術を用いることができるものとする。一方、下り回線は、現行 FPU (MIMO 方式) と同様、外符号として短縮化リードソロモン符号、内符号として時空間トレリス符号 (STTC) を用いる。

3. 8. 2 所要 C/N 及び瞬断率

8 K映像信号の移動中継、または 4 K映像信号の固定中継 (高品質伝送) の場合、16 ビット変調時の内符号復号後のビット誤り率 2×10^{-4} を満足する (誤り訂正: ターボ符号 $R=0.92$) 所要の C/N 比の理論値は 17.0dB である。これに送受信装置の固定劣化 4dB を加え 21.0dB とした。

また、4 K映像信号の移動中継の場合、10 ビット変調時の内符号復号後のビット誤り率 2×10^{-4} を満足する (誤り訂正: ターボ符号 $R=0.76$) 所要の C/N 比の理論値は 8dB である。これに送受信装置の固定劣化 4dB を加え 12.0dB とした。

さらに、年間回線瞬断率については、10GHz 以下ではフェージングが支配的となることから、運用環境が同一である現行 FPU と同一の 0.5% とした。

表 3 に 4 K・8 K用 FPU の所要 C/N を示すとともに、比較のために表 4 に現行 FPU の所要 C/N を示す。

詳細については、参考資料 2、参考資料 3 において説明する。

表3 4K・8K用FPUの所要C/N

回線・利用用途		パラメータ	所要C/N
上り回線	8K移動中継 (映像ビットレート140Mbps※1)	フルモード、16bit変調 R=0.92	21.0dB
	4K固定中継 (映像ビットレート135Mbps※1)	フルモード、16bit変調 R=0.92	21.0dB
	4K移動中継 (映像ビットレート72Mbps※1)	フルモード、10bit変調 R=0.76	12.0dB ※2
		ハーフモード、18bit変調 R=0.87	21.5dB
下り回線		フル/ハーフモード STTC-MIMO、16QAM	9.8dB (4受信)

※1 放送システム委員会報告(平成29年3月31日)を参照。映像符号化方式がH.265(HEVC)の場合

※2 現行FPUと同等

表4 現行FPUの所要C/N

回線・利用用途		パラメータ	所要C/N
上り回線	2K固定/移動中継 (映像ビットレート35Mbps※3)	フルモード、STTC-MIMO 16QAM	11.8dB
	2K移動中継 (映像ビットレート21Mbps※3)	フルモード、STTC-MIMO 8PSK	9.8dB
		ハーフモード、偏波MIMO 32QAM、R=1/2	15.8dB

※3 映像符号化方式がH.264の場合。

3.9 空中線電力

3.9.1 回線設計と空中線電力

回線設計については、表1に示した運用モデルを用いて検討した。それぞれ、参考資料5に4K・8K用FPUの回線設計の例を示す。

空中線電力については現行FPUと同一として、各送信機の高周波増幅部出力の総和を以下の通りとする。

表5 送信空中線電力許容値

周波数帯	フルモード	ハーフモード
1.2GHz帯	25W	12.5W
2.3GHz帯	40W	20W

3.9.2 空中線電力の許容偏差

送信空中線電力の許容偏差は、無線設備規則第14条第1項表中6の項を適用し、「上限50%、下限50%の範囲内」とする。

3. 9. 3 送信スペクトルマスク

送信電力のスペクトル特性については、現行FPUと同一の特性とする。隣接チャンネルへの干渉を考慮してフルモードについては $f_0 \pm 9\text{MHz}$ 、ハーフモードについては $f_0 \pm 4.5\text{MHz}$ において規定することとし、サイドローブ特性の減衰量は -37dB とした。また、既存の無線システム等との共用条件や運用に関する注意事項を明確化するための送信スペクトルマスクについても、同一の特性とした。

フルモード（占有周波数帯幅 17.5MHz ）の送信スペクトルマスクを図5にハーフモード（占有周波数帯幅 8.5MHz ）の送信スペクトルマスクを図6に示す。また、送信スペクトルのブレイクポイントを表6及び表7に示す。

一方、FPUはロードレースではバイクに搭載し、ゴルフやイベント等ではワイヤレスカメラとして運用することが想定される。そうした場合に使用される機器を想定して、送信空中線電力が最大値の $1/10$ となる場合、スペクトルマスクを 10dB 緩和し、機器の小型化、低消費電力化に対応した送信スペクトルマスクも付記した。

なお、送信空中線電力が最大値の $1/10$ で減衰量を 10dB 緩和しても不要輻射の絶対レベルは変わらない。

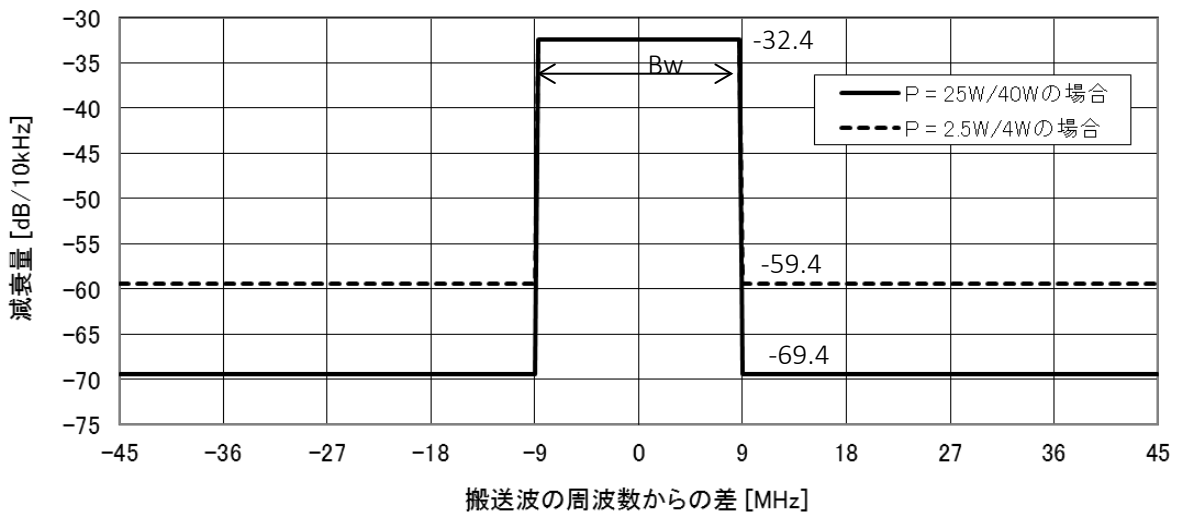


図5 送信スペクトルマスク（フルモード）

表6 送信スペクトルマスクのブレイクポイント（フルモード）

搬送波の周波数 からの差 [MHz]	平均電力 P からの減衰量 [dB/10kHz]		相対レベル [dB]
	P=25W/40W の場合	P=2.5W/4W の場合	
± 8.75	-32.4	-32.4	0
± 9	-69.4	-59.4	-37/-27

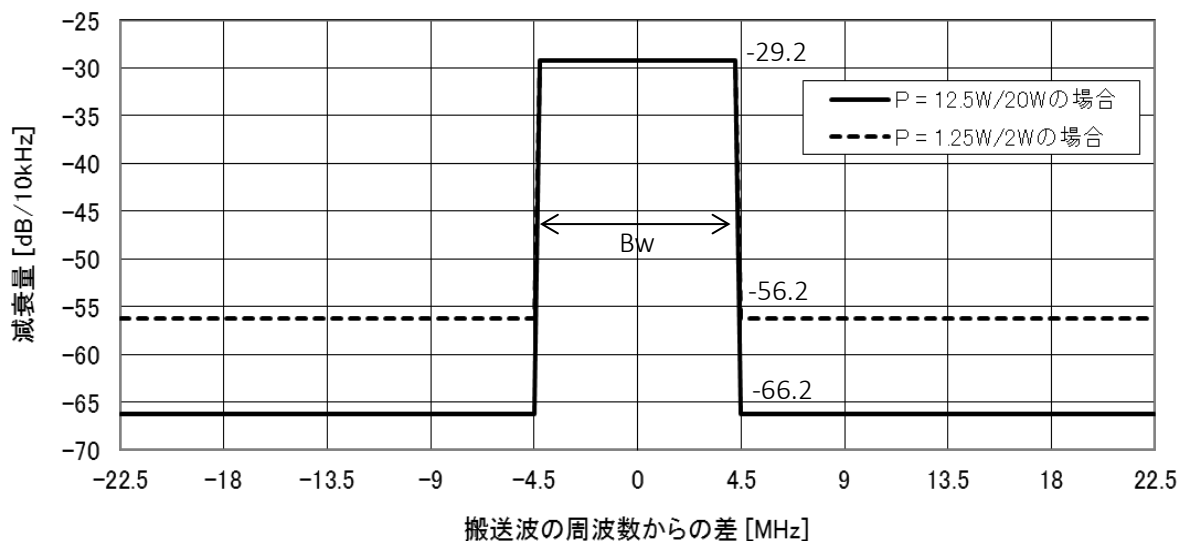


図6 送信スペクトルマスク（ハーフモード）

表7 送信スペクトルマスクのブレイクポイント（ハーフモード）

搬送波の周波数 からの差[MHz]	平均電力 P からの減衰量[dB/10kHz]		相対レベル[dB]
	P=12.5W/20W の場合	P=1.25W/2W の場合	
±4.25	-29.2	-29.2	0
±4.5	-66.2	-56.2	-37/-27

スペクトルマスクの縦軸は、FPU の送信信号の平均電力を 0dB としたときの、送信周波数の搬送波周波数 f_0 からの差に応じた周波数分解能帯域幅 10kHz の際の減衰量を表す。周波数分解能帯域幅 10kHz は無線設備規則別表第 3 号による。

3. 9. 4 隣接チャンネル干渉（FPU 同士の干渉）

FPU システムは、近接した距離で複数のチャンネルを使用することが一般的に行われている。このため、隣接チャンネル、隣々接チャンネルを同時に使用しても所望の品質が保てる受信システムが必要であり、加えて混信保護比を満足するための運用も必要である。4K・8K用 FPU による干渉試験の結果、離隔距離は伝送の方向（上り回線、下り回線、）伝搬路の伝送特性、周波数帯(1.2GHz、2.3GHz)により左右され、1.5km~3.5km 程度となった。FPU 間の干渉については、これまでも放送事業者間の協力による運用調整を行ってきており、4K・8K用 FPU についても同様の運用調整の枠組みの中で、共用が可能と考えられる。

検討の結果、ロードレース中継などでは、隣接チャンネル、隣々接チャンネルも含めて複数のチャンネルの使用は問題なく、また、従来の FPU と同等の送信スペクトルマスクで規定される-37dB の減衰量は妥当であると考えられる。

また、FPU 受信部システムについては、隣接、隣々接チャンネルを同時運用した場合においても所望の品質が保てる受信フィルター特性を備える必要がある。

3. 9. 5 帯域外領域におけるスプリアス発射の強度の許容値及びスプリアス領域における不要発射の強度の許容値

スプリアス及び不要発射の強度は、現行 FPU と同様に無線設備規則第 7 条（別表第 3 号 2(1)）を適用する。

スプリアス発射又は不要発射の強度の許容値は、各空中線端子における電力の値の総和とする。表 8 に帯域外領域におけるスプリアス発射の強度の許容値、およびスプリアス領域における不要発射の強度の許容値を示す。

表 8 スプリアス発射又は不要発射の強度の許容値

周波数	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
1. 2GHz 帯 (25W)	100mW 以下であり、かつ、基本周波数の平均電力より 50dB 低い値 (250 μ W)	50 μ W 以下又は基本周波数の搬送波電力より 70dB 低い値 (50 μ W)
2. 3GHz 帯 (40W)	100mW 以下であり、かつ、基本周波数の平均電力より 50dB 低い値 (400 μ W)	50 μ W 以下又は基本周波数の搬送波電力より 70dB 低い値 (50 μ W)
1. 2GHz/2. 3GHz 帯 (10W 以下)	100 μ W 以下	50 μ W 以下

3. 9. 6 空中線の偏波及び空中線指向性

(1) 偏波

空中線の偏波は、現行 FPU と同様に、水平偏波、垂直偏波、円偏波とする。

ロードレースなどの移動中継では、中継車から無指向性アンテナで基地局に送信することが多く、主に垂直偏波が用いられる。現行 FPU の MIMO 方式で運用する場合は、移動車上の設置スペースの制約から垂直偏波と水平偏波を組み合わせた偏波共用アンテナを用いることもある。

SVD-MIMO 方式の伝送特性はアンテナ間の相関が低いほど良好となり、見通し環境のような相関が高くなる環境では直交する 2 つの偏波で相関を下げて伝送特性を向上させることが可能である。基地局側では、例 1 のように移動局側と同じ偏波面をもつアンテナの組合せの使用を基本とするが、偏波面に起因する伝搬特性の違いによる影響が顕著になる場合も考慮し、例 2 に示す円偏波（右旋円偏波及び左旋円偏波）の組合せも利用できることが適当である。

例 1 :

移動局アンテナ：垂直偏波アンテナ×2 本、水平偏波アンテナ×2 本
基地局アンテナ：垂直偏波アンテナ×2 本、水平偏波アンテナ×2 本

例 2:

移動局アンテナ：垂直偏波アンテナ×2 本、水平偏波アンテナ×2 本
基地局アンテナ：左旋円偏波アンテナ×2 本、右旋円偏波アンテナ×2 本

(2) 空中線指向特性

現行 FPU と同様に、送受信空中線指向特性は特段定めないこととする。

ロードレースなどの移動中継では、移動局の進行方向が変化するため無指向性のコーリニアアンテナを使用することが多い。一方、基地局側では伝送距離に合わせて 8 素子、12 素子、26 素子の八木アンテナや電磁ホーンを使い、ビルの屋上などの受信点で中継車が移動する方向にアンテナを追尾して使用する。ヘリコプターを使った伝送ではヘリコプターの位置が常に変化するため、送信側は無指向性のコーリニアアンテナを、受信側のヘリコプターは設置条件の制約から垂直方向に指向性がある平面アンテナや電磁ホーンが使用されている。固定中継では送受信共に伝送距離に応じて 8 素子、12 素子、26 素子の八木アンテナや電磁ホーンが使用される。

このように多様な運用形態があり、移動しながら送受信するということを踏まえ、現行 FPU と同様に、送受信空中線指向特性は特段定めないこととする。

3. 10 電波防護指針への適合性

3. 10. 1 電磁界強度指針による検討

1.2GHz 帯及び 2.3GHz 帯 FPU は主にロードレース中継等で運用されるが、4K・8K 用 FPU では双方向機能のために基地局送信が加えられており、これが検討対象となる。また、電波法施行規則第 21 条の 3(電波の強度に対する安全施設)においては、「移動する無線局の無線設備」は対象外となっているが、ゴルフ中継等のスポーツ中継や緊急対応を含む報道中継で使用されることにおいて、取材中は固定的に利用される場合があることを考慮し、検討を行った(参考資料 8)

(1) 電磁界強度指針の基準等について

電波法施行規則第 21 条の 3 別表 2 号の 3 の 2 において、電波の強度が以下の基準値を超える場所には、取扱者のほか容易に立ち入りすることができないように施設をしなければならないとされている。

表 9 電磁界強度／電力束密度(平均時間 6 分間)の基準値 抜粋

(電波法施行規則別表第 2 号の 3 の 2)

周波数	電界強度実効値 [V/m]	磁界強度実効値 [A/m]	電力束密度 [mW/cm ²]
300MHz - 1.5GHz	$1.585\sqrt{f}$	$\sqrt{f} / 237.8$	$f/1500$
1.5GHz - 300GHz	61.4	0.163	1

注：本表は一般環境における基準である。管理環境では、*1 は $f/300$ 、*2 は 5 である。

(2) 電磁界強度指針に対する距離について

平成 11 年郵政省告示第 300 号における基本算出式を用いて逆算し、4K・8K 用 FPU が電波防護指針を満たす空中線からの距離を送信空中線の主輻射

方向に対し求めた。

なお、送信アンテナ利得は運用モデルごとの回線設計例から引用し、送信給電線損失は1.5dB、ビームフォーミング利得が最も強くなる場合を想定し、上り回線の送信電力に6dBを加算した。また、TDDフレーム長は、それぞれ最大値となる条件である上り回線に3.8ms/0.4msの組み合わせ、下り回線に1.9ms/0.3msの組み合わせとし、電力束密度は時間平均を取るものとして時分割送信による電力配分の補正を行った。計算では、一般環境（人体が電磁界にさらされている状況の認識や適正管理等が期待できず、不確定な要因があるケース）とした基準値を用いた。

表 10 各回線設計モデルが電波防護指針を満たす距離

モデル	周波数	回線	送信アンテナ利得[dBi]	送信機出力[W]	電磁界強度指針を満たす距離[m]	
					(反射考慮)	(反射なし)
モデル 1 中継車から受信基地局へ固定中継	1.2GHz	上り	12.0	25.0	4.9	3.1
		下り	18.1	25.0	1.9	1.2
	2.3GHz	上り	12.0	40.0	5.7	3.6
		下り	21.1	40.0	3.2	2.0
モデル 2 中継車から受信基地局へ移動中継	1.2GHz	上り	7.2	25.0	2.8	1.8
		下り	14.0	25.0	1.2	0.8
	2.3GHz	上り	7.2	40.0	3.3	2.1
		下り	18.1	40.0	2.3	1.4
モデル 3 市街地中継車から受信基地局へ移動中継	1.2GHz	上り	5.2	25.0	2.3	1.4
		下り	12.0	25.0	1.0	0.6
	2.3GHz	上り	5.2	40.0	2.6	1.6
		下り	14.0	40.0	1.4	0.9
モデル 4 中継車からヘリコプターへ移動中継	1.2GHz	上り	0.0	25.0	1.2	0.8
		下り	7.2	25.0	0.6	0.3
	2.3GHz	上り	0.0	40.0	1.4	0.9
		下り	7.2	40.0	0.6	0.4
モデル 5 背負子から中継車へ移動中継	1.2GHz	上り	5.2	0.50	0.3	0.2
		下り	14.0	0.50	0.2	0.1
	2.3GHz	上り	5.2	0.50	0.3	0.2
		下り	18.1	0.50	0.3	0.2
モデル 6 バイクから中継車へ移動中継	1.2GHz	上り	5.2	0.50	0.3	0.2
		下り	12.0	0.50	0.1	0.1
	2.3GHz	上り	7.2	0.50	0.4	0.2
		下り	14.0	0.50	0.2	0.1

(3) まとめ

主輻射方向に人が立ち入るためには、表 10 に示す距離が必要になる。しかし、実際の運用モデル（モデル 1～4 の中継車への設置では送信高 3.5m）における送信アンテナの高さや指向性を考慮すると、指針による距離は確保できるものと考えられる。

放送事業用としての運用形態を考慮すると、移動局が中継車の場合は、送信アンテナを移動車屋上に設置するため主輻射方向は地上 2m 以上の場所となる。ランナーや一般の通行者等が主輻射方向に入ることはなく、通常の作業においても指針による距離を確保することは十分可能である。また、報道等の固定伝送においても、送信アンテナ等機材を中継車屋上やビル屋上等見通しの良い場所に設置するため、一般の通行者等が主輻射方向に入るような環境にはなることはない。しかし、設置環境によっては、防護柵等を設置することも運用者は考慮すべきである。

また、移動局が背負子（モデル 5 は送信高 2.0m）もしくはバイク（モデル 6 は送信高 2.5m）の場合は、カメラマン等による持ち運びを前提とする機材となり送信機出力が低いものとなることから、電磁界強度指針を満たす距離は 0.4m 以下と短くなる。一方で、送信アンテナ高が低くなることが予想されるため、人がこの距離以内に立ち入らないように配慮して、運用を行う必要がある。

基地局については、ビルや仮設やぐら等高所から遠方の移動局に向けて使用するという運用が想定されるため、人が主輻射方向かつ表 10 に示す距離以内に入るような環境になることは想定されず、電磁界強度指針に適合するものと考えられる。

なお、設置環境によっては、指針を満たす距離を念頭に防護柵等を設置することも考慮すべきである。

3. 10. 2 局所吸収指針による検討

(1) 局所吸収指針の基準等について

電波防護指針の局所吸収指針においては、人体局所の任意の組織 10g にわたり平均した 10g 局所平均 SAR（計算方法は IEEE C95.3 で定義）および全身にわたり平均した全身平均 SAR の指針値が示されている。

放送機器の運用は、無線従事者が管理する環境で行われることから、管理環境（人体が電磁界にさらされている状況が認識され、電波の放射源を特定できるとともに、これに応じた適切な管理が行える条件）の基準とした。管理環境では、10g 平均局所 SAR が 10[W/kg] 以下（四肢では 20[W/kg] 以下）、全身平均 SAR が 0.4 [W/kg] 以下となっている。

(2) 局所吸収指針に対する距離について

現行 FPU の検討で電磁界シミュレーションにより算出された SAR の値を基

に比例換算を行い、ビームフォーミングと TDD の効果（TDD フレーム長は、それぞれ最大値となる条件である上り回線に 3.8ms/0.4ms の組み合わせ、下り回線に 1.9ms/0.3ms の組み合わせ）を考慮して求め 4 K・8 K 用 FPU の SAR を、表 11 に示す。

なお、4 K・8 K 用 FPU では、現行 FPU の算出条件に加えてビームフォーミング利得の最大値 6dB が加わった場合を想定した。また、送信電力は 1.2GHz 帯で 25[W] 及び 5[W]、2.3GHz 帯で 40[W] 及び 5[W] として計算したところ、以下のとおりである。

表11 4 K・8 K 用 FPU の 10g 平均局所 SAR と全身平均 SAR

周波数帯	距離 [mm]	上り回線		下り回線	
		10g 平均局所 SAR [W/kg]	全身平均 SAR [W/kg]	10g 平均局所 SAR [W/kg]	全身平均 SAR [W/kg]
1.2GHz 帯 (出力 25W、中心周波数 1270MHz)	200	10.49	0.13	1.89	0.02
	400	4.34	0.08	0.78	0.02
	1000	1.08	0.03	0.20	0.01
1.2GHz 帯 (出力 5W、中心周波数 1270MHz)	200	2.09	0.03	0.38	0.005
	400	0.86	0.02	0.16	0.003
	1000	0.21	0.01	0.04	0.001
2.3GHz 帯 (出力 40W、中心周波数 2350MHz)	200	14.83	0.15	2.68	0.03
	400	7.23	0.09	1.31	0.02
	1000	2.53	0.04	0.46	0.01
2.3GHz 帯 (出力 5W、中心周波数 2350MHz)	200	1.85	0.02	0.33	0.004
	400	0.90	0.01	0.16	0.002
	1000	0.31	0.005	0.06	0.001

(3) まとめ

10g 平均 SAR については、距離 200 [mm] 以内において指針値の 10 [W/kg] を上回るため、アンテナと人の距離は 400 [mm] 以上を保つべきである。全身平均 SAR については、アンテナに最も近い条件においても指針値の 0.4 [W/kg] を下回ることを確認した。これらの結果は最悪の条件として、アンテナ近傍で作業する場合について解析したが、それよりもアンテナから離れた位置にいるドライバー、アナウンサー、ランナー、観客などが基準内の影響をうけることはない。

また、ロードレース中継において主要な運用モデルとなる運用モデル 5 の背負子や運用モデル 6 のオートバイからの伝送では、人と送信アンテナの距離が近くなるが、カメラマン等が持ち運びできることを前提とする機材となり、通常、送信電力が 0.5W の機材が使われる。その場合、SAR の値は表 11

に比べて 1.2GHz 帯では 1/50 に、2.3GHz 帯では 1/80 となり、距離 200mm においても基準値を大きく下回る。また、実際のロードレース中継では、最大 5W で送信する場合もあるが、基準値内となっている。従って、運用モデル 5、6 においては、4K・8K 用 FPU を安全に運用することができる。

3. 1.1 他の無線システムとの干渉検討の概要

(1) 干渉検討の対象について

他の無線システムとの干渉検討については、同一又は隣接周波数を使用する既存の無線システム等との干渉を回避するための周波数共用条件に関して検討を行った。また、周波数を共用する他の無線システムについては、それぞれの諸元が明らかになっており、かつ、概ね、運用形態も把握できていることから、D/U 比を基本的な基準として検討を行った。

1.2GHz 帯 (1240~1300MHz) 及び 2.3GHz 帯 (2330~2370MHz) の周波数割当ての状況について、図 7 に示す。

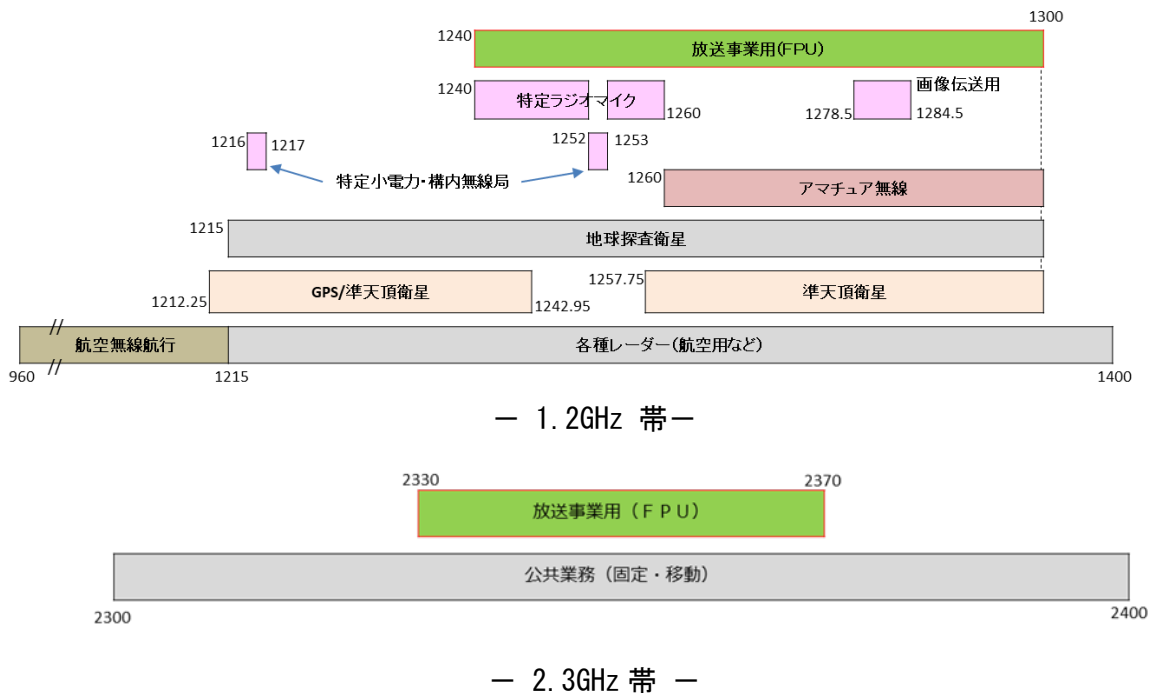


図 7 1240~1300MHz、2330~2370MHz 周波数帯の割当て状況

他の無線システムとの干渉検討については、1.2GHz 帯の特定ラジオマイク、特定小電力・構内無線局、画像伝送用携帯局、アマチュア無線局、準天頂衛星システム、航空路監視レーダーを対象として検討を行った。なお、2.33GHz-2.37GHz については、干渉検討の対象となる無線システムはなかった。

干渉検討は、一次業務の局に対しては FPU との被干渉・与干渉を、二次業務の局に対しては被干渉のみ、検討を行った。

また、実験条件については、放送システム委員会報告(平成 25 年 1 月 25 日)「1.2GHz 帯及び 2.3GHz 帯を使用する放送事業用無線局 (FPU) の技術的条件に

ついて」及び衛星通信システム委員会報告（平成 28 年 6 月 30 日）「2GHz 帯等を用いた移動衛星通信システム等の在り方及び技術的条件」のうち「実用準天頂衛星システムの技術的条件」を参照して行っている。

(2) 干渉検討の組み合わせについて

4K・8K用FPUについては、最大で4つのSISO(Single-Input Single-Output)伝送路を仮想的に構成することから、基地局及び移動局は4本の送受信アンテナを用いる。

今回、現行FPUに対して基地局から移動局に送り返す仕組みが加わることから、干渉については、以下の組み合わせとなる。

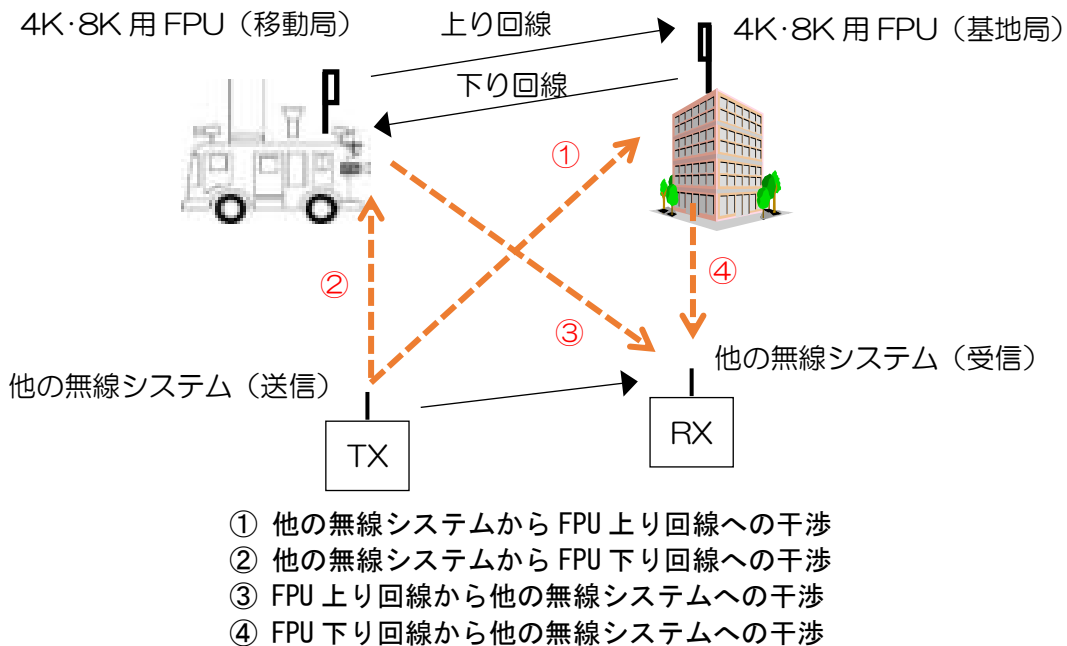


図8 干渉の組合せ

検討対象の無線システムに対しては、これら干渉の組み合わせにおいて、室内試験により所要D/U比を測定し、共用条件としての離隔距離を求めた。無線システムとの干渉モデルについては、4K・8K用FPUの運用モデル（運用モデル1～6）において、他の無線システムの送受信機を加えることで、当該システムごとにモデルを設定する。

(3) 離隔距離の考え方について

4x4 SVD-MIMO方式では、同一周波数で4本のアンテナから信号を送信し、マルチパス伝搬路を経由して4本のアンテナによって受信される。フェージングシミュレータは、遅延プロファイルを設定することにより、移動伝送における伝搬路の状況を模擬する装置であり、室内実験は、マルチパス伝搬路を再現して行っている。実験においては、4つのシミュレーションモデル、「郊外A/低相関」、「郊外A/典型相関」、「都市部A/低相関」、「都市部A/典型相関」が設定された。

郊外 A 及び都市部 A はマルチパス遅延プロファイルである。相関は、送信アンテナ間の相関（チャンネル行列の列同士の相関）と受信アンテナ間の相関（チャンネル行列の行同士の相関）である。

SVD-MIMO 方式ではマルチパス伝搬路に対して最適なビット数を各 SISO 伝搬路に配分して送信する。例えば、ビット配分は (7, 5, 4, 0) の場合には、128QAM、32QAM、16QAM の 3 つの SISO 伝搬路を形成するが、この配分はフェージングの状況により刻々変化するため、室内試験の実施においては、事前にビット配分の分布を調べ、最頻出のビット配分となるポイントを決めて測定を行っている。

従来の FPU の干渉検討で用いた所要 D/U は、理想的な伝搬路で測定しており、測定できる所要 D/U としては最も小さい値である。そのため、各伝搬モデルで測定した所要 D/U の実験結果の中から、最も小さいものを理想的な伝搬路として、離隔距離算出に用いる所要 D/U とした。干渉検討の検証結果では、郊外 A 低相関の離隔距離が最も小さく、これを最終的な離隔距離として用いることとした。

また、離隔距離の算出においては、以下の点を考慮して行っている。

① 受信電力

D/U 比の計測における標準的な受信電力については、ロードレースの標準的な運用モデルである運用モデル 3（移動中継 3km）において、送信アンテナを 4 段コーリニア、受信アンテナを 1 2 素子八木とした場合の受信電力、-57dBm とした。

② 時分割複信（TDD）方式における信号電力の補正

4 K・8 K 用 FPU では、上り回線と下り回線の送信時間はそれぞれ 1.9ms、0.3ms として行っており、この比率で、間欠的に伝送されるため、その割合で、上り回線／下り回線の送信電力は小さくなる。実験における計測では、間欠伝送により低下した電力が測定されるため、間欠伝送が無い場合の電力に換算する場合には、測定値から補正を行った。

③ ビームフォーミング

一般的に、複数の送信アンテナから互いに相関の無い信号を送信すると、受信電力は各送信信号を個別に受信した場合の電力の和となる（電力加算）。一方、各アンテナからの送信信号波形が同一の場合、受信信号は各送信アンテナから受信した信号の電圧波形の和（電圧加算）となるため、これらの信号波形が同相となる場合（ビームフォーミング）、電力加算の場合に比べて合成電力はアンテナ数倍に大きくなる。4x4SVD-MIMO 方式では、1 つのストリームに電力が集中した場合にビームフォーミングによる利得が最大となることがわかっている。そこで、他システムとの共用検討を行う場合、最悪ケースとして、ビームフォーミング利得を最大 6dB として検討を行うこととした。

3. 1. 1. 1 特定ラジオマイク (1.2GHz 帯)

(1) 特定ラジオマイク (1.2GHz 帯) 概要

ア 特定ラジオマイクの技術的条件について

特定ラジオマイクは、高音質型のワイヤレスマイクとして、放送番組制作やコンサート、舞台芸術、イベント展示会等で用いられており、1.2GHz 帯 (1240~1260MHz)、UHF 帯 (470~714MHz) の周波数を使用している。

イ 周波数配置

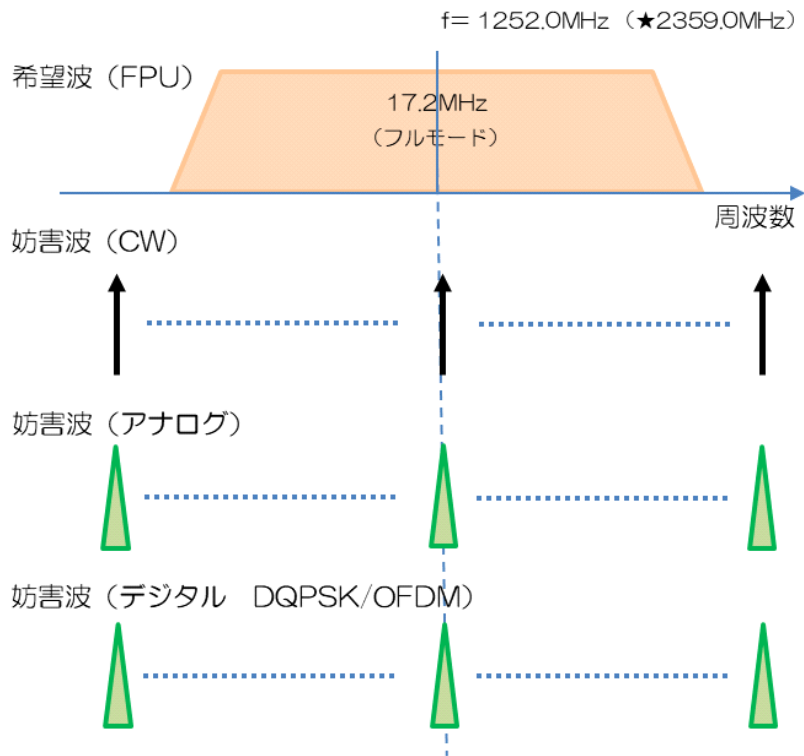


図9 妨害波1波と希望波の周波数配置

(2) 離隔距離の検討

1.2GHz 帯での特定ラジオマイクと FPU の共用のための技術的条件を検討するため、1.2GHz 帯における FPU と特定ラジオマイクとの干渉試験を行い、所要 D/U の測定と離隔距離の算出を行った。結果を以下に示す。

また、干渉検討の検証結果では、郊外 A 低相関の離隔距離が最も小さく、これを最終的な離隔距離として用いることとした。

ア 4 K・8 K用 FPU に対する干渉 (上り回線)

① 特定ラジオマイク (アナログ、デジタル (DQPSK、OFDM)) が 1 波の場合

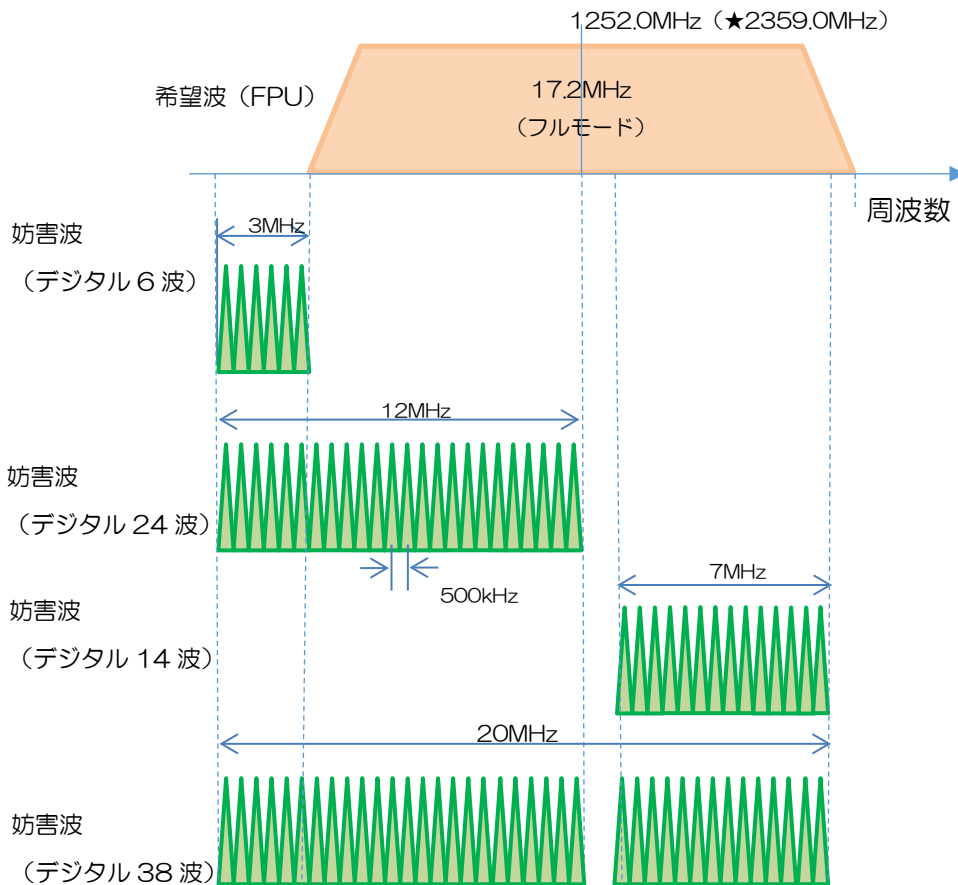
表 12 特定ラジオマイク (アナログ・1 波) から 4 K・8 K用 FPU (上り回線) への干渉

妨害波	伝搬モデル	所要 D/U [dB] BPFon	離隔距離 [km]					
			運用モデル 1	運用モデル 2	運用モデル 3	運用モデル 4	運用モデル 5	運用モデル 6
アナログ 1 波	郊外 A 低相関	17.95	0.10	0.11	0.04	0.09	0.09	0.09

表 13 特定ラジオマイク（デジタル・1波）から4K・8K用FPU(上り回線)への干渉

妨害波	伝搬モデル	所要 D/U[dB] BPFon	離隔距離[km]					
			運用モデル 1	運用モデル 2	運用モデル 3	運用モデル 4	運用モデル 5	運用モデル 6
デジタル (DQPSK) 1波	郊外 A 低相関	17.48	0.21	0.23	0.09	0.19	0.18	0.20
デジタル (OFDM) 1波	郊外 A 低相関	22.99	0.39	0.42	0.16	0.35	0.38	0.38

②特定ラジオマイク（デジタル(DQPSK)）が複数波の場合の被干渉
妨害波である特定ラジオマイクは6波、14波、24波、36波として、周波数間隔は500kHzとした。妨害波の配置は次のとおりである。



- デジタル 6 波 : 1240MHz~1243MHz に 6 本を配置し、下隣接干渉を調査
- デジタル 24 波 : 1240MHz~1252MHz に 24 本を配置し、下側帯域の干渉を調査
- デジタル 14 波 : 1253MHz~1260MHz に 14 本を配置し、上側帯域の干渉を調査
- デジタル 38 波 : 1240MHz~1260MHz に 38 本を配置し、全帯域の干渉を調査

図 10 複数の妨害波と希望波の周波数配置

表 14 特定ラジオマイク（デジタル(DQPSK)）が複数波の場合の被干渉

妨害波	伝搬モデル	所要 D/U[dB] BPFon	離隔距離[km]					
			運用モデル 1	運用モデル 2	運用モデル 3	運用モデル 4	運用モデル 5	運用モデル 6
デジタル (DQPSK) 6波 (帯域外)	郊外 A 低相関	-10.3	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02
デジタル (DQPSK) 14波	郊外 A 低相関	29.8	3.18	1.66	1.02	2.86	0.92	0.92
デジタル (DQPSK) 24波	郊外 A 低相関	27.4	3.17	1.65	1.02	2.84	0.92	0.92
デジタル (DQPSK) 38波	郊外 A 低相関	27.5	<u>3.58</u>	<u>1.86</u>	<u>1.15</u>	<u>3.64</u>	<u>1.04</u>	<u>1.04</u>

(下り回線)

妨害波として、アナログラジオマイクが 12 波、6 波 (帯域外)、デジタル (DQPSK) ラジオマイクが 36 波、6 波 (帯域外) の場合について離隔距離を計算した。

表 15 複数の特定ラジオマイクから 4 K・8 K用 FPU(下り回線)への干渉

妨害波	帯域内/ 帯域外	所要 D/U[dB]	離隔距離[km]					
			運用モデル 1	運用モデル 2	運用モデル 3	運用モデル 4	運用モデル 5	運用モデル 6
アナログ 12 波	FPU 帯域内	8	0.05	0.17	0.06	0.04	0.12	0.15
デジタル 36 波		10	<u>0.26</u>	<u>0.48</u>	<u>0.29</u>	<u>0.21</u>	<u>0.30</u>	<u>0.38</u>
アナログ 6 波	FPU 帯域外	2	0.02	0.06	0.02	0.02	0.04	0.05
デジタル 6 波	(下隣接)	-20	0.003	0.011	0.004	0.003	0.008	0.01

イ 特定ラジオマイクに対する4K・8K用FPUからの干渉
(上り回線)

表16 特定ラジオマイクに対する4K・8K用FPU(上り回線の場合)からの干渉

方式	帯域内 /帯域端	所要 D/U [dB]	離隔距離 [km]					
			運用 モデル 1	運用 モデル 2	運用 モデル 3	運用 モデル 4	運用 モデル 5	運用 モデル 6
アナログ	FPU 帯域内	13.6	3.14	4.24	3.78	2.80	1.07	1.20
DQPSK		-6	0.88	1.18	1.06	0.78	0.21	0.21
OFDM(16QAM)		1	<u>1.31</u>	<u>1.77</u>	<u>1.58</u>	<u>1.17</u>	<u>0.45</u>	<u>0.48</u>
OFDM(QPSK)		-5	0.93	1.25	1.12	0.83	0.24	0.24
アナログ	FPU 帯域端	-26	0.14	0.25	0.20	0.11	0.03	0.03
DQPSK		-34	0.04	0.08	0.06	0.03	0.01	0.01
OFDM(16QAM)		-35	0.04	0.07	0.05	0.03	0.01	0.01
OFDM(QPSK)		-41	0.02	0.03	0.03	0.01	0.004	0.004

(下り回線)

表17 特定ラジオマイクに対する4K・8K用FPU(下り回線の場合)からの干渉

方式	帯域内 /端	所要 D/U [dB]	離隔距離 [km]					
			運用 モデル 1	運用 モデル 2	運用 モデル 3	運用 モデル 4	運用 モデル 5	運用 モデル 6
アナログ	FPU 帯域内	13.6	10.68	4.22	3.76	12.29	0.94	0.84
DQPSK		-6	1.06	0.66	0.53	0.96	0.09	0.07
OFDM(16QAM)		1	<u>2.38</u>	<u>1.49</u>	<u>1.18</u>	<u>2.15</u>	<u>0.21</u>	<u>0.17</u>
OFDM(QPSK)		-5	1.19	0.74	0.59	1.08	0.11	0.08
アナログ	FPU 帯域端	-26	0.14	0.09	0.07	0.13	0.01	0.01
DQPSK		-34	0.04	0.03	0.02	0.04	0.004	0.003
OFDM(16QAM)		-35	0.04	0.02	0.02	0.03	0.003	0.003
OFDM(QPSK)		-41	0.02	0.01	0.01	0.02	0.002	0.001

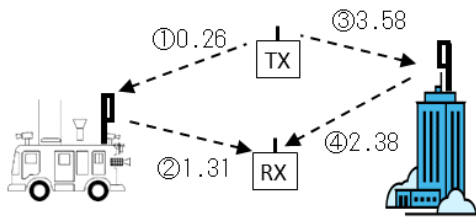
(3) まとめ

ア 検討結果まとめ

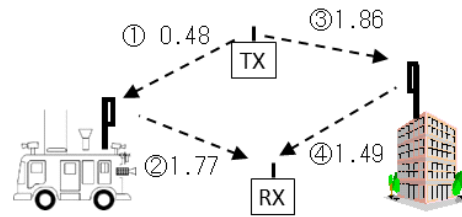
離隔距離の検討では、特定ラジオマイクの実用化動向を考慮して、デジタル方式に着目して検討することとした。デジタル方式については、変調方式や運用本数など多くの条件で離隔距離を算出しているが、最も大きな離隔距離となった条件を最悪ケースとしてまとめた。

その上で、離隔距離が最大となった条件について、図11にまとめる。図中の離隔距離は、表14～表17のアンダーラインで示した数値に対応する。また、現行FPUにおける結果について、図12に合わせて示す。

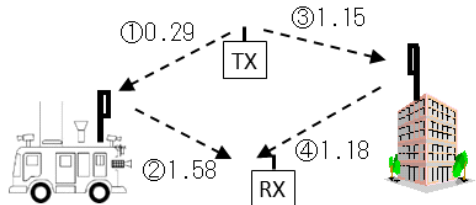
運用モデル1 [固定中継]



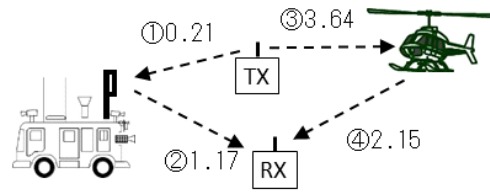
運用モデル2 [移動中継]



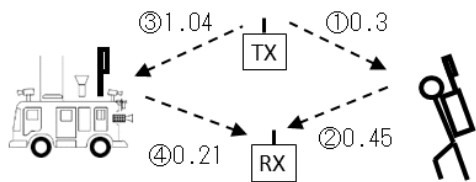
運用モデル3 [移動中継]



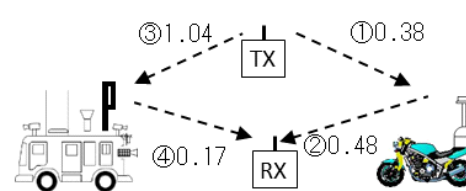
運用モデル4 [移動中継]



運用モデル5 [移動中継]



運用モデル6 [移動中継]



図中の①～④は下記の条件である。

- ① 4 K・8 K用 FPU (下り回線) 被干渉：デジタル(DQPSK) 36 波
- ② 4 K・8 K用 FPU (上り回線) 与干渉：デジタル(OFDM 16QAM)
- ③ 4 K・8 K用 FPU (上り回線) 被干渉：デジタル(DQPSK) 38 波
- ④ 4 K・8 K用 FPU (下り回線) 与干渉：デジタル(OFDM 16QAM)

図 1 1 4 K・8 K用 FPU と特定ラジオマイク (デジタル方式) との離隔距離 (km)

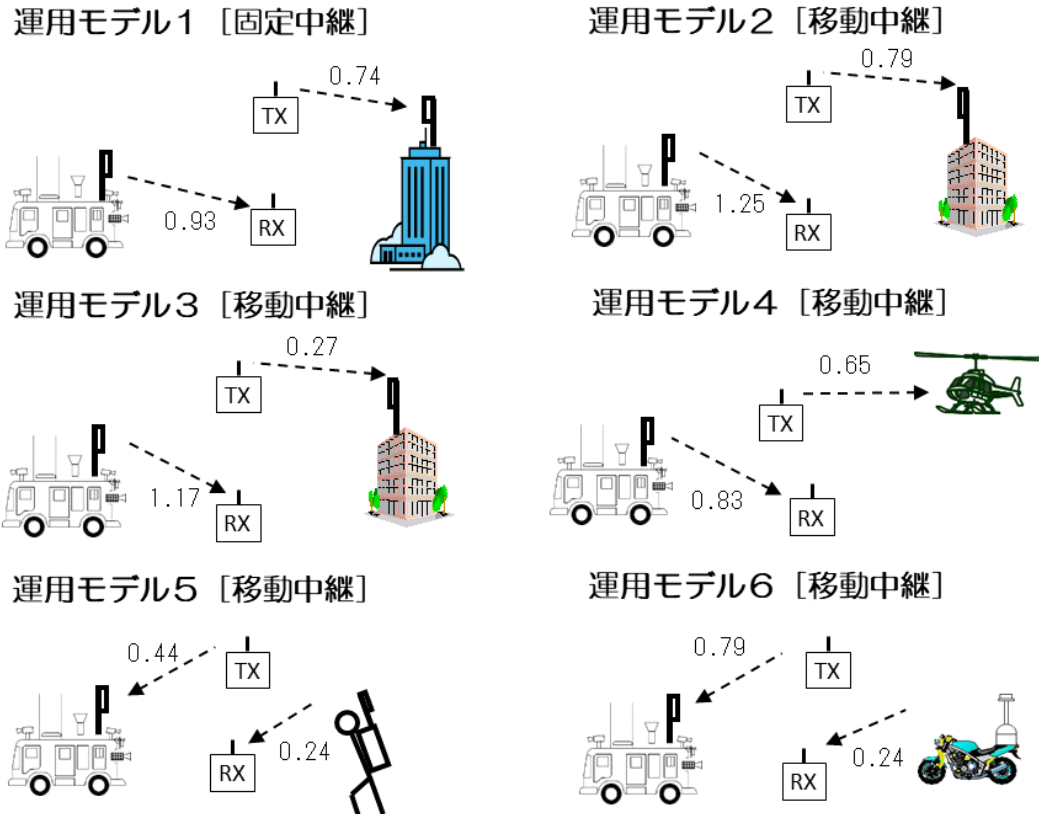


図 1 2 (参考) 現行 FPU と特定ラジオマイクとの離隔距離 (km)

イ まとめ

デジタル方式の特定ラジオマイクとの干渉について、運用モデル1から運用モデル6まで検討を行い、現行 FPU と比べて、全般的に離隔距離が拡大する結果となった。拡大した要因の一つであるビームフォーミングについては、最悪ケースとして妨害波レベルが 6dB 上昇することを考慮したが、実際の伝搬環境では 6dB 上昇するケースはかなり少ないものと考えられる。

FPU 基地局へ与干渉／被干渉については、多素子八木アンテナにより方向調整により影響を軽減すること期待できる。また、運用モデル4～6の実現には、今後、4 K・8 K用 FPU の小型化を進める必要がある。その開発の中で、今回の干渉検討結果を踏まえた干渉対策技術を盛り込むことが期待される。

アナログ方式については表 17 の中で離隔距離の計算を行った結果、4 K・8 K用 FPU (下り回線) から特定ラジオマイクへの干渉において、最大 12km (運用モデル4) の離隔距離が算出された。アナログ方式の特定ラジオマイクが実用化された場合には運用調整が必要になると考えられる。

現在、1.2GHz/2.3GHz帯FPUについては、TVホワイトスペース等利用システム運用調整協議会、(一社)特定ラジオマイク調整運用機構による運用調整が実施されており、今後も同様な調整を今後も行っていくことで、4K・8K用FPUも従来のFPUと同様な運用が可能と考えられる。

3. 1. 1. 2 特定小電力無線局・構内無線局

(1) 特定小電力無線局・構内無線局の概要

1,252MHz～1,253MHz帯でビル内や工場の敷地等、比較的狭い範囲におけるテレメーター・テレコントロール及びデータ伝送用のために使用されているシステムである。無線局免許を要しない無線局である特定小電力無線局、比較的広いエリアをカバー可能な構内無線局がある。

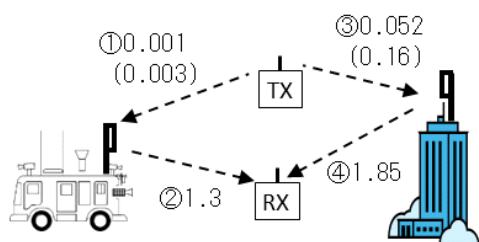
特定小電力無線局にはシステム相互間の混信の回避を図るためキャリアセンス機能が付加されている。これは使用予定のチャンネルをモニターし、使用されていると別のチャンネルに変更して送信を行い周波数の有効利用を図るものである。

特定小電力無線局は技術基準適合表示(技適マーク)が表示された無線設備であり、無線従事者の配置や無線局免許の取得が不要であるため、広く使用されている。また、構内無線局については、空中線電力の以外は特定小電力無線局の諸元とほぼ同じであるが、現在までに、1免許人(38局)の実績(平成28年度電波利用状況調査の結果から参照)に止まっている。

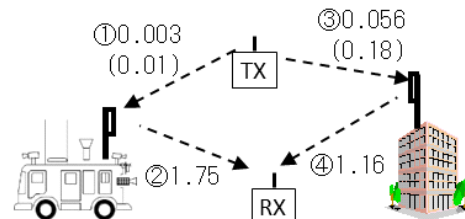
(2) 離隔距離の検討

離隔距離について、以下のとおり、まとめた。

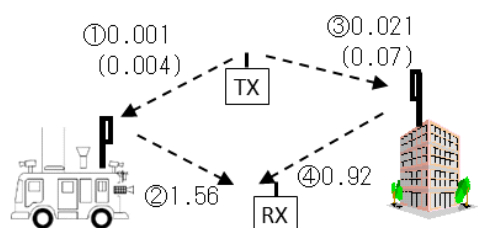
運用モデル1 [固定中継]



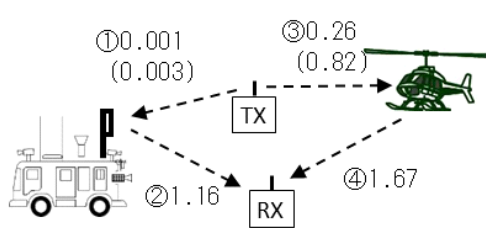
運用モデル2 [移動中継]



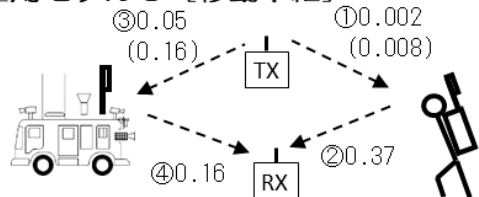
運用モデル3 [移動中継]



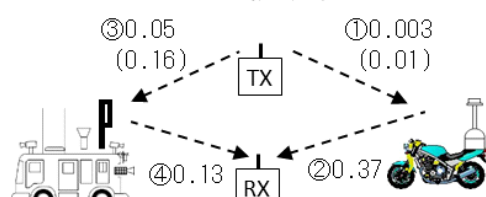
運用モデル4 [移動中継]



運用モデル5 [移動中継]



運用モデル6 [移動中継]



- ① 4 K・8 K用 FPU (下り回線) 被干渉
- ② 4 K・8 K用 FPU (上り回線) 与干渉
- ③ 4 K・8 K用 FPU (上り回線) 被干渉
- ④ 4 K・8 K用 FPU (下り回線) 与干渉

※ ②と④については、特定小電力・構内無線局の離隔距離がキャリアセンスのよりも大きいので、特定小電力・構内無線の離隔距離を記載している。

図 13 4 K・8 K用 FPU と特定小電力・構内無線局との離隔距離 (km)
() 内の数字は構内無線局の離隔距離)

ア 移動局と特定小電力無線局との干渉

4 K・8 K用 FPU (下り回線) の被干渉については、特定小電力無線の送信電力が小さいため、離隔距離は 0.001~0.003km と小さい。また、4 K・8 K用 FPU (上り回線) からの与干渉では 0.37~1.75km であり、現行 FPU 与干渉の離隔距離 0.19~1.24km より拡大している。上り回線 (移動局) と特定小電力無線局との離隔距離としては、与干渉が支配的になる。

イ 基地局と特定小電力無線局との干渉

現行 FPU 被干渉の離隔距離は 0.001~0.015km に対して、4 K・8 K 用 FPU（上り回線）被干渉では、離隔距離が 0.05~0.26km に拡大しているものの、離隔距離そのものは小さい結果となっている。また、4 K・8 K 用 FPU（下り回線）与干渉については、運用モデル 1~4 の離隔距離が 0.92~1.85km と大きく、運用調整が必要な場合もあると考えられる。運用モデル 5、6 の離隔距離は 0.13~0.16km である。

ウ 構内無線局

特定小電力無線局の送信電力は 10mW に対して、構内無線局は 100mw である。送信電力が 10 倍になり、自由空間伝搬モデルによる離隔距離が 3.2 倍程度に拡大する結果となった。

(3) まとめ

ア 特定小電力無線局

特定小電力無線局がロードレースのコースに面した 1.75km 以内の地域、および基地局から 1.85km 以内の地域で運用している場合、地形や建造物等の状況によっては放送事業者と特定小電力無線局ユーザーとの間で運用調整が必要となる場合がある。このような場合においては、従来と同じように、販売機器メーカーなどを通じて特定小電力無線局ユーザーとの間で運用調整の仕組みを整えておくことは有効な手段となりうる。

また、運用調整が十分に行えなかった場合の対策として、例えば、FPU の送信電力を特定小電力無線局で使用しているチャンネル(16kHz または 32kHz) 当たりの電力と同等以下のレベルまで低減して運用すること、FPU の送信周波数の調整や周波数帯の変更などの対策についても、検討しておく必要がある。

以上のような対策を施すことにより、FPU と特定小電力無線局で周波数の共用は可能であると考えられる。

イ 構内無線局

構内無線局については、4 K・8 K 用 FPU 被干渉の離隔距離が特定小電力無線局の 3 倍程度であるが、4 K・8 K 用 FPU（上り回線）与干渉による離隔距離が支配的であり、移動局との離隔距離は変わらない。

構内無線局は現在、免許人が少数に止まる（1 免許人）状況となっている。今後、免許取得者が増加してく場合は放送事業者と構内無線局の免許人との間で、共用条件について協議する必要がある。

また、FPU の送信電力を構内無線局で使用しているチャンネル(16kHz または 32kHz) 当たりの電力と同等以下のレベルで運用することにより干渉を低減することが可能であり、FPU の送信周波数の調整や周波数帯の変更などの対策についても検討しておくことにより、FPU と構内無線局での周波数の共用は可能であると考えられる。

3. 1 1. 3 画像伝送用携帯局

(1) 画像伝送用携帯局の概要

ア 無線システムの概要

画像伝送用携帯局は1.2GHz帯の周波数を用いて、ラジコンヘリコプター等に搭載したカメラから映像を伝送するシステムである。主に、航空写真撮影時のビデオモニタリング（ファインダー機能）や上空からの状況確認等のための映像伝送に使用されている。

イ 周波数配置

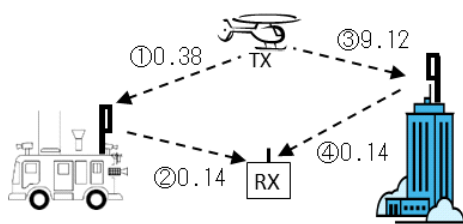
表 18 画像伝送用携帯局と1.2GHz帯FPUの周波数関係

無線システム	使用周波数 (MHz)	周波数関係
画像伝送用携帯局	1,281.5 (中心周波数)	周波数共有 与干渉／被干渉
1.2GHz帯FPU	1,240 - 1,300	

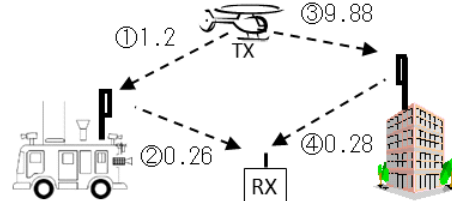
(2) 離隔距離の検討

ア 離隔距離について、以下のとおりまとめた。

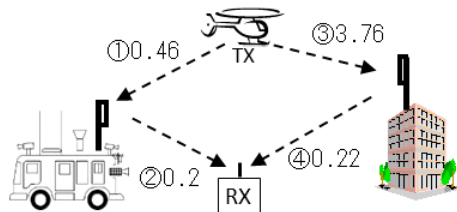
運用モデル1 [固定中継]



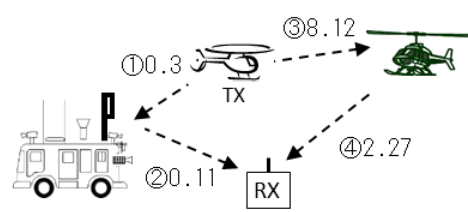
運用モデル2 [移動中継]



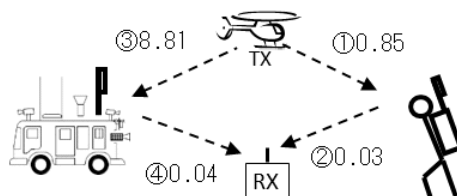
運用モデル3 [移動中継]



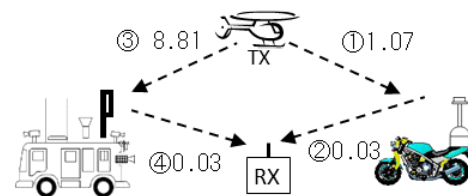
運用モデル4 [移動中継]



運用モデル5 [移動中継]



運用モデル6 [移動中継]



- ① 4 K・8 K用FPU (下り回線) 被干渉
- ② 4 K・8 K用FPU (上り回線) 与干渉
- ③ 4 K・8 K用FPU (上り回線) 被干渉
- ④ 4 K・8 K用FPU (下り回線) 与干渉

※ ③ については、6. 1. 2 (4) で述べた理由により郊外A低相関の離隔距離を図に示した。

図 14 4 K・8 K用FPUと画像伝送携帯局との離隔距離(km)

イ 4K・8K用FPU移動局と画像伝送用携帯局との干渉
 4K・8K用FPU（下り回線）被干渉の離隔距離は0.3～1.2kmである。4K・8K用FPU（上り回線）与干渉では0.03～0.26kmであり、現行FPU与干渉の離隔距離0.01～0.13kmの2倍程度となった。

ウ 4K・8K用FPU基地局と画像伝送用携帯局との干渉
 4K・8K用FPU（上り回線）被干渉では、離隔距離が3.76～9.88Kmであり、4K・8K用FPUの運用にあたっては運用調整が必要になると考えられる。現行FPU被干渉の離隔距離は0.4～3.27kmとなっている。

4K・8K用FPU（下り回線）与干渉については、運用モデル4の離隔距離が2.27kmであり、運用調整が必要な場合もあると考えられる。その他の運用モデルの離隔距離は0.03～0.38Kmであった。

(3) まとめ

FPUが画像伝送用携帯局の免許人と周波数を共用して運用していくためには、双方の運用状況にあわせて、運用の調整が必要となる場合が生じる。その際には、従来と同じく、無人ヘリテレ推進協議会等関係団体などを通して、画像伝送用携帯局の免許人との間で、使用時間帯、運用場所などの運用調整を行う仕組みを整えておくことは有効な手段となる。

また、運用調整が十分行えなかった場合の対応策として、FPUの送信電力や送信周波数の調整、送信周波数帯の変更についても検討しておく必要があると考えられる。

なお、画像伝送用携帯局は、マラソンや駅伝の開催時にコース近傍で運用することはまれと考えられ、上記対応によりFPUと画像伝送用携帯局で周波数の共用は可能であると考えられる。

3. 1. 1. 4 アマチュア無線局

(1) アマチュア無線の概要

ア 無線システムの概要

アマチュア無線局は1.2GHz帯では1,260～1,300MHzが割り当てられており、このうちレピータ局、移動局、月面反射通信の運用形態がある。

なお、アマチュア無線局は二次業務であることから、FPUの被干渉のみ検討を行った。

イ 周波数配置

表 19 アマチュア無線レピータ局と4K・8K用FPUとの周波数関係

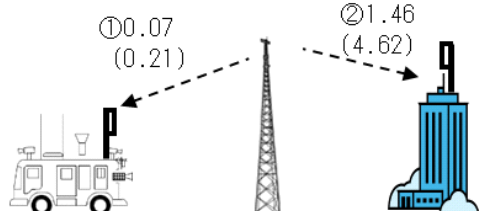
無線システム	使用周波数(MHz)	周波数関係
レピータ局 アップリンク	1,270～1,273	二次利用周波数共用 被干渉
ダウンリンク	1,290～1,293	
1.2GHz帯FPU	1,240～1,300	

(2) 離隔距離の検討

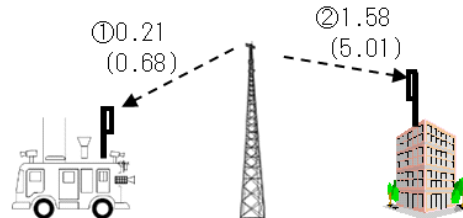
ア 離隔距離について、以下のとおりまとめた。

①レピータ局

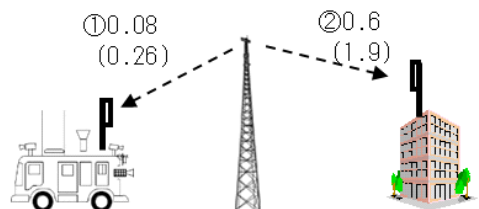
運用モデル1 [固定中継]



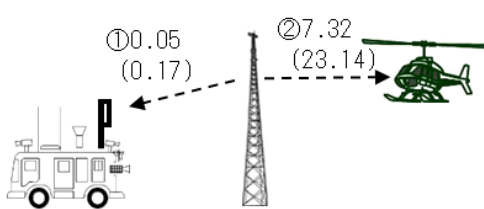
運用モデル2 [移動中継]



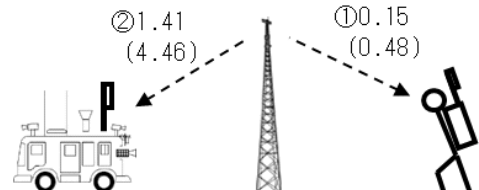
運用モデル3 [移動中継]



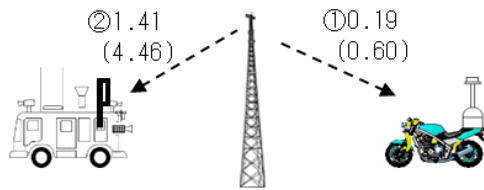
運用モデル4 [移動中継]



運用モデル5 [移動中継]



運用モデル6 [移動中継]



図中の①と②は、

① 4 K・8 K用 FPU (下り回線) 被干渉

② 4 K・8 K用 FPU (上り回線) 被干渉

また、上記の②については、郊外 A 低相関の離隔距離を記載している。

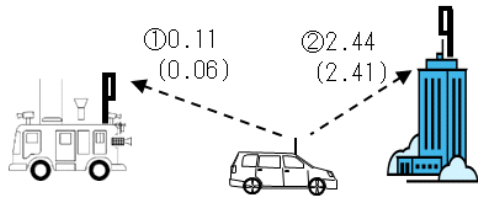
図 15 4 K・8 K用 FPU とアマチュア無線レピータ局との離隔距離 (km)
(2つの数字: デジタル 1W(デジタル 10W))

①下り回線への干渉において、離隔距離はデジタル 1W の場合で 0.05～0.21km である。アナログ 10W の離隔距離はデジタル 10W とほぼ同じであり、0.21～0.68 Km 程度である。

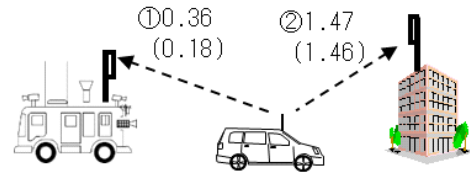
②上り回線では、デジタル 10W の場合と運用モデル 4 の場合に離隔距離が 7.32km と大きくなっている。デジタルについては、送信出力が 10W から 1W への移行が完了すれば、干渉の範囲も小さくなるのが期待できる。また、運用モデル 4 は移動局からヘリコプターへの伝送であり、建物等による遮蔽や受信アンテナの指向性が考慮されておらず離隔距離が大きくなっている。

② 移動局

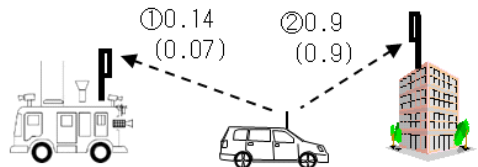
運用モデル1 [固定中継]



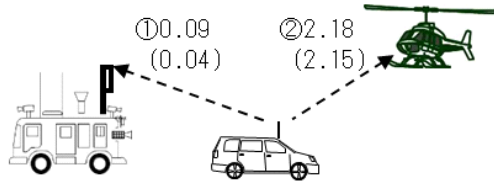
運用モデル2 [移動中継]



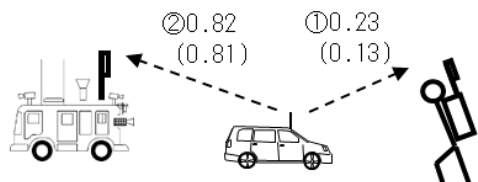
運用モデル3 [移動中継]



運用モデル4 [移動中継]



運用モデル5 [移動中継]



運用モデル6 [移動中継]

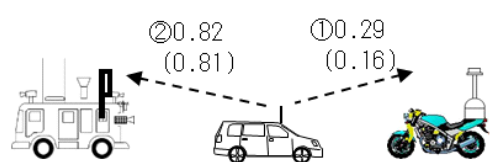


図 16 4 K・8 K用 FPU とアマチュア無線移動局との離隔距離 (km)
(2 つの数字 : デジタル 1W(アナログ 1W))

①下り回線への干渉において、離隔距離はデジタル 1W の場合で 0.09～0.36km であり、現行 FPU と同程度である。

②上り回線の離隔距離については、デジタル 1W の場合で 0.82～2.44km である。現行 FPU と比べると 2 倍程度に離隔距離が拡大している。

③ 月面反射局

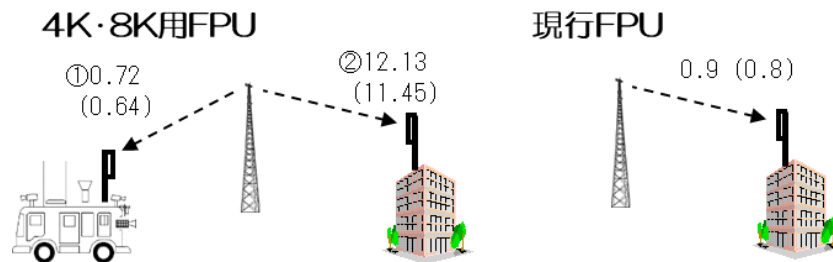


図 17 4 K・8 K用 FPU とアマチュア無線月面地球局との離隔距離 (km)
(2 つの数字 : 26 素子八木×4(4mφ パラボラ))

上り回線は所要 D/U が大きく、離隔距離も拡大している。

(3) まとめ

ア アマチュア無線・レピータ局

アマチュア無線のレピータ局は、予めその設置場所を特定することが可能

である。ロードレース中継コース近傍などにレピータ局が存在し影響が予想される場合は、FPU への干渉を避けるため、従来と同じように、一般社団法人日本アマチュア無線連盟などを通じて、レピータ局の運用担当者に影響時間帯の運用調整の要請を行う。

運用調整が十分行えなかった場合には放送事業者は受信アンテナ操作などにより干渉を軽減する対策を行うことができる。

このように干渉を軽減する措置が可能であることから、FPU とアマチュア無線レピータ局との共用は、引き続き、可能と考えられる。

イ アマチュア無線・移動局

FPU 移動中継局への干渉は現行 FPU と同程度である。これに対しては、基地局の空中線の指向方向の管理を徹底することにより干渉を防ぐことが可能である。また、FPU 受信基地局の近傍でのアマチュア移動局の使用を回避するよう対策を行うことで干渉を軽減することが可能であり、無線局の運用を事前に防ぐため、運用情報を周知することが望ましいと考えられる。

ウ 月面反射通信

月面反射通信はレピータ局と同様に予めその設置場所を特定することが可能である。ロードレース中継コース近傍などに存在し、影響が予想される場合は、一般社団法人日本アマチュア無線連盟などを通じて、EME の運用担当者に影響時間帯の運用調整を要請する。運用調整が十分行えなかった場合は、月面反射通信が非常に指向性の高いアンテナが使用されていることから、放送事業者はその方向を避けて受信アンテナ操作などを行うことで干渉を軽減する対策が十分可能である。従って、FPU と月面反射通信で周波数を共用することは、引き続き、可能と考えられる。

3. 1 1. 5 ARSR (Air Route Surveillance Radar: 航空路監視レーダー)

(1) ARSR の概要について

1. 2GHz 帯 FPU の隣接周波数帯の ARSR (Air Route Surveillance Radar: 航空路監視レーダー) について FPU との隣接干渉の検討を行った。

無線システムの概要

ARSR は航空路管制に用いられる長距離レーダーで、レーダーサイトから約 200nm (370. 4km; nm: nautical mile 海里 1, 852m/nm) の覆域内の航空機を捕捉し、管制画面へ表示する無線システムである。

(2) 離隔距離の検討

ARSR のレーダーサイトに対し、FPU 与干渉については、運用モデル 1 の場合は 6. 6km 以内、運用モデル 3 では 3. 3km 以内で FPU を運用しなければ ARSR への影響を与えることはない。一方、FPU 被干渉の離隔距離は上り回線及び下り回線ともに 8. 15km となっている。

(3) まとめ

市街地から離れた場所にある ARSR 近辺においては、ロードレースなどのイベントは少なく、日常的な運用においては特段支障がないと考えられる。

ARSR 近辺においてイベントがあった場合においても、ARSR 近辺での FPU の被干渉については、放送事業者が受信基地局の配置やアンテナ操作により干渉を軽減するなどの対策を行うことができる。

3. 1 1. 6 準天頂衛星受信機

(1) 準天頂衛星システムの概要

ア 電波システムの概要

準天頂衛星システムは、準天頂軌道の衛星が主体となって構成されている日本の衛星測位システム（英語では QZSS (Quasi-Zenith Satellite System)）である。

イ 周波数関係

準天頂衛星システム及び 4 K・8 K 用 FPU の周波数配置関係を示す。4 K・8 K 用 FPU に対して、準天頂衛星側の L6 及び L2 二つの信号が重複しているが、L2 信号は周波数帯域の重複が小さく、L6 信号が干渉影響を受けない条件では L2 信号も干渉を受けないと考えられる。試験検証においては、L6 信号を検討対象とした。

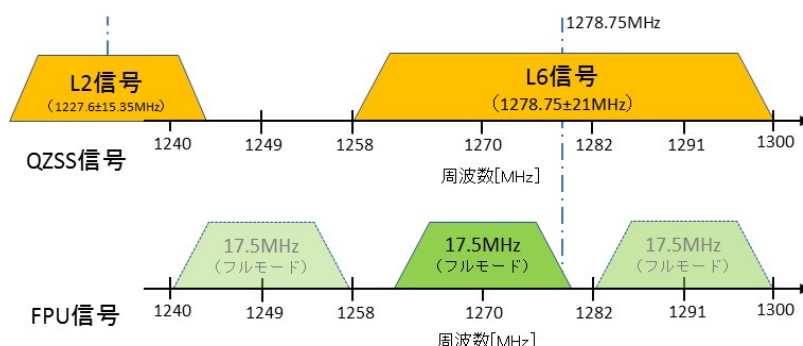


図 18 周波数配置関係

(2) 離隔距離の検討

ア 4 K・8 K 用 FPU の被干渉

4 K・8 K 用 FPU 側での干渉は発生しないことが確認されている。

衛星通信システム委員会報告（平成 28 年 6 月 30 日）において、FPU 被干渉については、机上検討により D/U が 42.2dB 程度となる結果が得られている。また、FPU 受信機の熱雑音に対して、衛星信号の電力密度はノイズフロア以下であり、4 K・8 K 用 FPU 側での干渉は発生しない。

イ 4 K・8 K 用 FPU からの与干渉

・室内試験

準天頂衛星システムの信号シミュレータを用いて、4 K・8 K用 FPU の上り回線及び下り回線が受信に干渉を与える場合の所要 D/U を求め、上り回線（移動局）及び下り回線（基地局）における離隔距離を算出したところ、平面大地モデルにおいて移動局局側で約 3000m、基地局側で約 430m との結果が得られている。

なお、受信限界となるアンテナ入力端の FPU 電力が既存 FPU（連続波）に対して、上り回線で-3dB、下り回線で-37dB と計測されているが、これは、今回試験に提供された受信機によるものであり、干渉軽減効果そのものは、受信機毎に異なる可能性があることにも留意する必要がある。

・野外試験

4 K・8 K用 FPU 送信機を搭載した中継車を用いて屋外実測を実施し、実態に則した離隔距離を算出したところ、移動局送信においては、都市環境においては 800~900m、郊外環境では 1500~1900m との結果が得られている。また、基地局送信においては衛星電波の受信に干渉を受けることはなかった。ただし、今回の試験コースにおける結果としてのものである。

なお、送信条件としては、上り回線（移動局）が 25W、下り回線（基地局）が 12.5W で行っている。

ウ 影響度の評価

これら計測の結果をもとに、4 K・8 K用 FPU から L6 信号への干渉について、衛星通信システム委員会報告（平成 28 年 6 月 30 日）に基づく次の計算を行い、具体的な影響度について検討を行った。

$$[\text{FPU による準天頂衛星システムへの影響度}] = [\text{離隔面積}] / [\text{携帯電話のカバーエリア面積}] \times [\text{FPU の使用時間}] / [365 (\text{日}) \times 24 (\text{時間})]$$

その結果、FPU から実用準天頂衛星システムへの影響度総和は 0.0073% であった。なお、現行 FPU では 0.0052% である。

(3) まとめ

ア 離隔距離

離隔距離については、移動局に関しては、約 1900m（郊外）及び約 900m（都市部）であり、基地局に関しては、約 40m（郊外・室内試験の結果による理論値）及び約 30m（都市部・郊外と同様の理論値）となった。

イ 影響度

衛星通信システム委員会報告（平成 28 年 6 月 30 日）に基づく影響度総和の計算結果は、0.0073% であり、現行 FPU による影響度総和の 0.0052% と比べ

て、影響度の大きな増加は認められないことから、引き続き、許容範囲内であると考えられる。

ウ まとめ

FPUについては、スポーツ中継や情報・報道番組中継等に利用されており、基本的には最大出力を出さなければならない報道番組中継等を除き、4K・8K用FPUについても省電力機器の導入等が期待でき、その影響度合いは更に小さくなることが見込まれる。

なお、高度化方式による双方向化により基地局からの送信が追加されたことに関して、基地局送信に対して固定運用される準天頂衛星システム地上系設備に対しては、その設置形態も考慮して、干渉が予想される場合は4K・8K用FPU運用者と運用調整等について協議を行うことで共用可能であると考えられる。

3. 1.1. 7 BS/CS受信機中間周波数

1.2/2.3GHz帯は、BS/CSの中間周波数に利用されており、工事不良等により到来電波を受信しやすい増幅器、混合器等を使用しているものについては、FPUが接近して運用した際に受信に影響がでる場合が想定される。対策としては、F型コネクタなど到来電波を受信しにくい機器に交換することなどが考えられる。

また、現行FPUでは運用されていない形態である基地局から送信した場合については、周囲の放送受信システムの設置状況を考慮した上で、基地局送信アンテナの位置や方向を選定する等、FPUを運用する放送局側で管理することで干渉電力を緩和することが期待できる。また、これらの運用による緩和が困難な場合の対策としては、より遮蔽性能が高い機器への交換や地上デジタル放送受信設備に帯域外であるBS/CS-IF帯域への不要成分を抑圧するフィルターの挿入など等の対応が考えられる。

3. 1.2 測定法

1.2GHz帯及び2.3GHz帯4K・8K用FPUにおける技術的条件を確認するための測定法は、以下のとおりとする。

(1) 周波数の偏差

各送信機から無変調波を出力し、周波数計を用いて送信周波数を測定し、それぞれの測定値のうち、周波数の偏差が最大であるものを周波数の偏差とする。ただし、無変調にできない場合は、変調状態とし、波形解析器等を用いて測定することができる。

(2) 占有周波数帯幅

各送信機で変調信号を出力したときに得られるスペクトル分布の全電力を、スペクトルアナライザ等を用いて測定し、スペクトル分布の上限及び下限部分

における電力の和が、それぞれ全電力の0.5%となる周波数幅を測定する。各送信機での測定値の最大値を占有周波数帯域幅とする。なお、誤り訂正等を使用している場合には、そのための信号を付加した状態で測定すること。また、変調信号はランダム性が確保できるものとする。

(3) スプリアス発射の強度及び不要発射の強度

ア 帯域外領域におけるスプリアス発射の強度の許容値

各送信機から無変調搬送波を出力した状態で、送信出力を最大に設定し、スペクトルアナライザを用いて平均電力を測定し、周波数毎に各測定値の和を求めスプリアスの強度とする。

なお、適合性を判断するために用いる基準値は、各送信機の空中線電力の総和に基づき設定すること。

イ スプリアス領域における不要発射の強度

各送信機から変調信号を出力した状態で、送信出力を最大に設定し、スペクトルアナライザを用いて平均電力を測定し、周波数毎に各測定値の和を求め不要発射の強度とする。

なお、適合性を判断するために用いる基準値は、各送信機の空中線電力の総和に基づき設定すること。

(4) 空中線電力

送信機から変調信号を出力した状態で送信出力を最大に設定し、高周波電力計を用いて平均電力を測定し、各測定値の和を空中線電力とする。

(5) 送信電力スペクトル特性

各送信機から変調信号を出力した状態で送信出力を最大に設定し、スペクトルアナライザを用いて測定し、周波数毎に各測定値の和を求め不要発射の強度とする。

なお、適合性を判断するために用いる基準値は、各送信機の空中線電力の総和に基づき設定すること。

(参考資料)

- 参考資料 1 伝送容量について
- 参考資料 2 伝送パラメータ一覧について
- 参考資料 3 所要 C/N について
- 参考資料 4 FPU 運用のモデルについて
- 参考資料 5 回線設計の例について
- 参考資料 6 レートマッチングについて
- 参考資料 7 所要フェージングマージンの算出方法について
- 参考資料 8 電波防護指針について
- 参考資料 9 現行 FPU を含む他の無線システムとの干渉検討の考え方について
- 参考資料 10 FPU システム同士の干渉検討
- 参考資料 11 特定ラジオマイクとの干渉検討
- 参考資料 12 特定小電力無線局・構内無線局との干渉検討
- 参考資料 13 画像伝送用携帯局との干渉検討
- 参考資料 14 アマチュア無線との干渉検討
- 参考資料 15 準天頂衛星システムとの干渉検討

伝送容量について

1 8 K映像信号の移動中継（フルモード）

(1) 必要な映像ビットレート：140Mbps 以上

放送システム委員会報告（平成 29 年 3 月 31 日）参考資料 5 で報告された、8 K の移動中継の所要映像ビットレートである 140Mbps 以上を用いることとした。

(2) 必要な TS ビットレート：145Mbps 以上

映像信号に音声・制御信号を加えて TS ビットレートを得る。

- ・映像信号 140Mbps
- ・音声・制御信号 5Mbps

(3) 必要な TS ビットレートを伝送できる変調パラメータ：

フルモード 合計 16bit 変調 符号化率 0.92 FFT ポイント数 1024

- ・FFT クロック：20.45074 MHz
- ・総キャリア数：860 本
- ・データキャリア数：844 本
- ・ガードインターバル比：1/8
- ・TDD フレーム構成：上り 1.9 ms 下り 0.3 ms

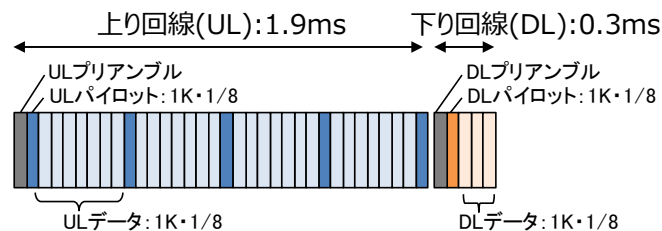


図 1-1 TDD フレーム構成

2 4 K映像信号の固定中継（高品質・フルモード）

(1) 必要な映像ビットレート：135Mbps 以上

放送システム委員会報告（平成 29 年 3 月 31 日）参考資料 5 で報告された、4 K の固定中継（高品質）の所要映像ビットレートである 135Mbps 以上を用いることとした。

(2) 必要な TS ビットレート：145Mbps 以上

映像信号に音声・制御信号を加えて TS ビットレートを得る。

- ・映像信号 135Mbps
- ・音声・制御信号 10Mbps

- (3) 必要な TS ビットレートを伝送できる変調パラメータ：
- フルモード 合計 16 bit 変調 符号化率 0.92 FFT ポイント数 1024
- ・ FFT クロック：20.45074 MHz
 - ・ 総キャリア数：860 本
 - ・ データキャリア数：844 本
 - ・ ガードインターバル比：1/8
 - ・ TDD フレーム構成：上り 1.9 ms 下り 0.3 ms

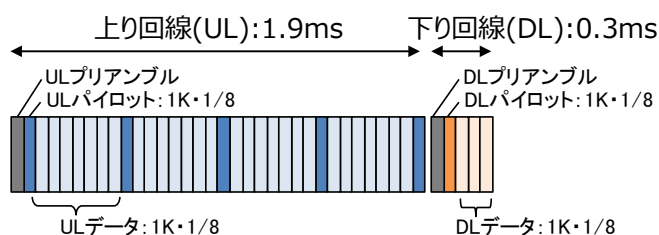


図 1-2 TDD フレーム構成

3 4 K映像信号の移動中継（フルモード）

- (1) 必要な映像ビットレート：72Mbps 以上

放送システム委員会報告（平成 29 年 3 月 31 日）参考資料 5 で報告された、4 K の移動中継の所要映像ビットレートである 72Mbps 以上を用いることとした。

- (2) 必要な TS ビットレート：75Mbps 以上

映像信号に音声・制御信号を加えて TS ビットレートを得る。

- ・ 映像信号 72Mbps
- ・ 音声・制御信号 3Mbps

- (3) 必要な TS ビットレートを伝送できる変調パラメータ：

ハーフモード 合計 10bit 変調 符号化率 0.76 FFT ポイント数 1024

- ・ FFT クロック：20.45074MHz
- ・ 総キャリア数：860 本
- ・ データキャリア数：844 本
- ・ ガードインターバル比：1/8
- ・ TDD フレーム構成：上り 1.9ms 下り 0.3ms

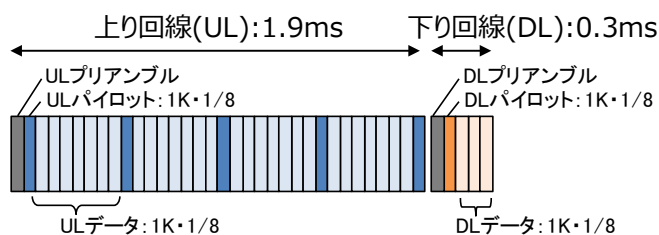


図 1-3 TDD フレーム構成

4 4 K映像信号の移動中継（ハーフモード）

(1) 必要な映像ビットレート：72Mbps 以上

放送システム委員会報告（平成 29 年 3 月 31 日）参考資料 5 で報告された、4 K の移動中継の所要映像ビットレートである 72Mbps 以上を用いることとした。

(2) 必要な TS ビットレート：75Mbps 以上

映像信号に音声・制御信号を加えて TS ビットレートを得る。

- ・映像信号 72Mbps
- ・音声・制御信号 3Mbps

(3) 必要な TS ビットレートを伝送できる変調パラメータ：

ハーフモード 合計 18bit 変調 符号化率 0.87 FFT ポイント数 1024

- ・FFT クロック：20.45074MHz
- ・総キャリア数：424 本
- ・データキャリア数：408 本
- ・ガードインターバル比：1/8
- ・TDD フレーム構成：上り 1.9 ms 下り 0.3 ms

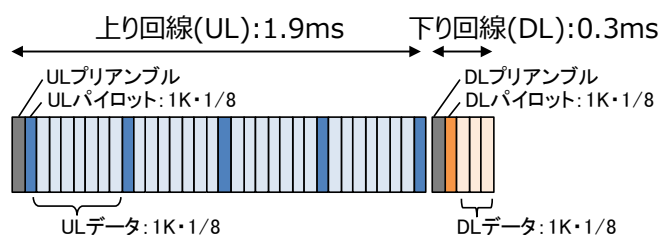


図 1-4 TDD フレーム構成

5 8 K映像信号の移動中継（標準品質・フルモード）

(1) 必要な映像ビットレート：188Mbps 以上

放送システム委員会報告（平成 29 年 3 月 31 日）参考資料 5 で報告された、8 K（標準品質）の所要映像ビットレートである 188Mbps 以上を用いることとした。

(2) 必要な TS ビットレート：220Mbps 以上

映像信号に音声・制御信号を加えて TS ビットレートを得る。

- ・映像信号 188Mbps
- ・音声・制御信号 32Mbps

(3) 必要な TS ビットレートを伝送できる変調パラメータ：

フルモード 合計 24bit 変調 符号化率 0.92 FFT ポイント数 1024

- ・FFT クロック：20.45074 MHz

- ・ 総キャリア数 : 860 本
- ・ データキャリア数 : 844 本
- ・ ガードインターバル比 : 1/8
- ・ TDD フレーム構成 : 上り 1.9 ms 下り 0.3 ms

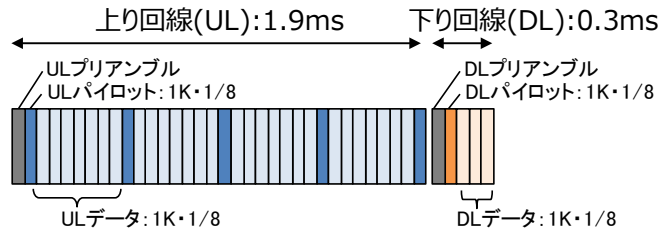


図 1-5 TDD フレーム構成

(4) 最大伝送容量 : 412Mbps

全てのサブキャリアをデータキャリアとし、パイロットシンボル区間やガードインターバル区間、プリアンブル区間、下り回線区間もデータシンボルを連続して伝送するとして最大伝送容量を得る。

- ・ データシンボル長 : 50.07 μ sec
 - ・ データキャリア数 : 860 本
 - ・ 合計変調ビット数 : 24bit
- $(1/50.07 \mu \text{ sec}) \times 860 \text{ 本} \times 24\text{bit} = 412.210\text{Mbps}$

所要 C/N : 27.2 dB

(内符号後に BER= 2×10^{-4} を達成する理論値 23.2 dB + 固定劣化 4dB)

6 4 K映像信号の移動中継 (標準品質・ハーフモード)

(1) 必要な映像ビットレート : 87Mbps 以上

放送システム委員会報告 (平成 29 年 3 月 31 日) 参考資料 5 で報告された、8 K (標準品質) の所要映像ビットレートである 188Mbps 以上を用いることとした。

(2) 必要な TS ビットレート : 100Mbps 以上

映像信号に音声・制御信号を加えて TS ビットレートを得る。

- ・ 映像信号 87Mbps
- ・ 音声・制御信号 13Mbps

(3) 必要な TS ビットレートを伝送できる変調パラメータ :

フルモード 合計 24 bit 変調 符号化率 0.87 FFT ポイント数 1024

- ・ FFT クロック : 20.45074 MHz
- ・ 総キャリア数 : 424 本
- ・ データキャリア数 : 408 本

- ・ガードインターバル比：1/8
- ・TDD フレーム構成：上り 1.9 ms 下り 0.3 ms

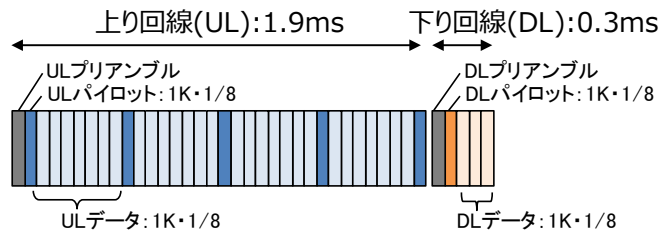


図 1-6 TDD フレーム構成

(4) 最大伝送容量：203Mbps

全てのサブキャリアをデータキャリアとし、パイロットシンボル区間やガードインターバル区間、プリアンブル区間、下り回線区間もデータシンボルを連続して伝送するとして最大伝送容量を得る。

- ・データシンボル長：50.07 μ sec
- ・データキャリア数：424 本
- ・合計変調ビット数：24bit

$$(1/50.07 \mu \text{ sec}) \times 424 \text{ 本} \times 24\text{bit} = 203.229\text{Mbps}$$

所要 C/N： 25.7 dB

(内符号後に BER=2×10⁻⁴ を達成する理論値 21.7 dB+固定劣化 4dB)

7 TDD フレーム構造

1Kモード (FFT ポイント数：1024) の TDD フレーム構成を図 1-7 に示す。TDD フレームは、同期検出用のプリアンブル、チャネル推定用のパイロットシンボル、データシンボルを含む上りと下りの 2つのサブフレームで構成される。

上り回線 (UL) のサブフレームにはパイロットシンボルの間に 7つのデータシンボルが挿入され、下り回線 (DL) のサブフレームには 3つのデータシンボルが挿入される。また、パイロットシンボルには、4つの送信アンテナそれぞれに対応する 215 本のパイロットキャリアが 4本おきに等間隔で配置され、データシンボルには、844 本のデータキャリアと両端各 8 本のヌルキャリアが配置される。

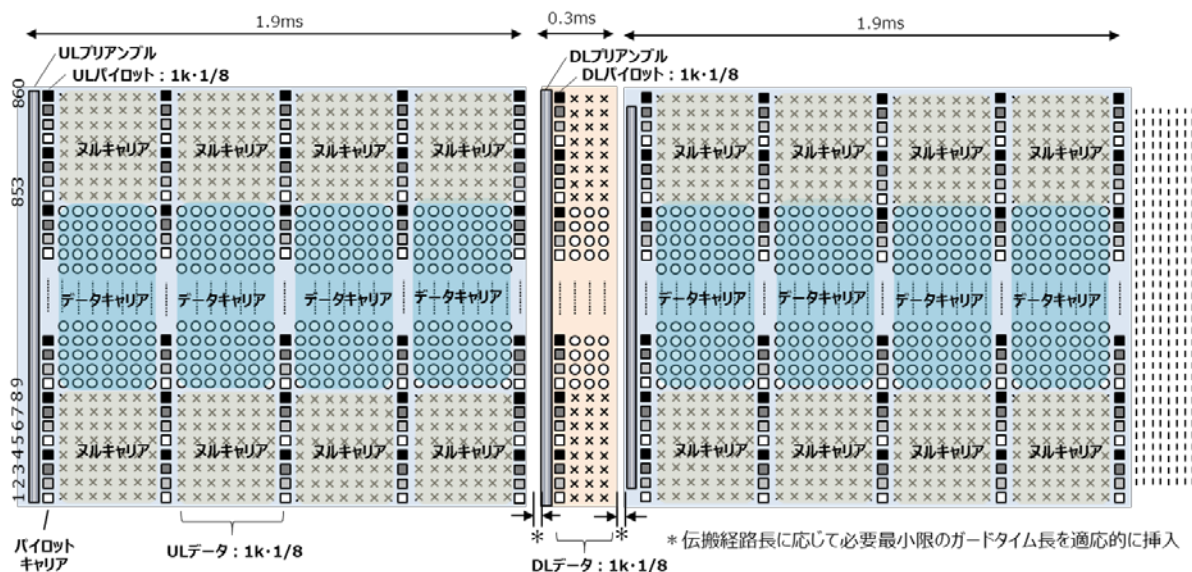


図 1-7 1 Kモード (FFT ポイント数 : 1024) の TDD フレーム構成

1 Kモードの場合の UL、DL の信号フォーマットを図 1-8 に示す。

上り回線(UL)							下り回線(DL)						TDD			
Type	FFT	GI比	GI長 [μs]	シンボル 長 [μs]	シンボル 数	UL長 [ms]	パイロット 間隔 [μs]	Type	FFT	GI比	GI長 [μs]	シンボル 長 [μs]	シンボル 数	DL長 [ms]	TDD フレーム長 [ms]	UL16bit時 最大レート (理論値) [Mbps]
Pilot	1K	1/4	12.52	62.59	5	2.12	500.72	Pilot	1K	1/4	12.52	62.59	1	0.30	2.42	132.69
Data	1K	1/4	12.52	62.59	28 (111%)	(111%)	(111%)	Data	1K	1/4	12.52	62.59	3 (109%)	(109%)	(111%)	(90%)

【フレーム概略図】

図 1-8 1 Kモード (GI 比 1/4) の UL と DL の信号フォーマット

2 Kモード (GI 比 3/16) は全サブキャリア数が 1720 であり、データシンボルには、両端各 14 サブキャリア分のヌルキャリアを除いた 1692 サブキャリアが配置される。一方パイロットシンボルには、各送信アンテナのパイロットキャリアが、4 サブキャリア間隔で交互に挿入されるものとする。

各送信アンテナの 1 シンボルあたりのパイロットキャリア数は 430 本となる。UL ではパイロットシンボルは 4 シンボル毎に挿入されるものとする。UL の TDD サブフレームは、先頭のプリアンブルに続き、連続する 4 データシンボルを 1 つのブロックとして、パイロットシンボルで挟む形が繰り返されるものとなる。一方、DL の TDD サブフレームは、先頭のプリアンブルに続き、パイロットシンボル、連続する 2 データシンボルで構成されるものとする。2 Kモードの場合の UL、DL の信号フォーマットを図 1-9 に示す。

上り回線(UL)								下り回線(DL)						TDD		
Type	FFT	GI比	GI長 [μs]	シンボル 長 [μs]	シンボル 数	UL長 [ms]	パイロット 間隔 [μs]	Type	FFT	GI比	GI長 [μs]	シンボル 長 [μs]	シンボル 数	DL長 [ms]	TDD フレーム長 [ms]	UL16bit時 最大レート (理論値) [Mbps]
Pilot	2K	3/16	18.78	118.92	5	2.55	594.60	Pilot	2K	3/16	18.78	118.92	1	0.41	2.95	124.02
Data	2K	3/16	18.78	118.92	16	(133%)	(132%)	Data	2K	3/16	18.78	118.92	2	(148%)	(135%)	(85%)

【フレーム構成図】

図 1-9 2Kモード (GI比 3/16) の UL と DL の信号フォーマット

伝送パラメータ一覧について

各サブキャリアに割り当てる合計変調ビット数毎に、ユーザー要求条件の伝送容量を検討した。

表の評価（○×）にあたっては、伝搬路の条件は考慮せず、伝送容量のみ着目して評価した。伝送レートの算出で用いた代表的な TDD フレーム構成と映像信号を主に伝送する上り回線の伝送パラメータを図 2-1 と表 2-1、表 2-2 に示す。

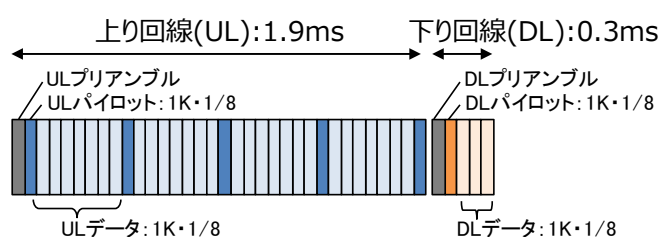


図 2-1 TDD フレーム構成

表 2-1 上り回線（1Kモード）の伝送パラメータ

モード	フルモード	ハーフモード
FFT ポイント数	1024	
占有帯域幅 [MHz]	17.18	8.47
サブキャリア総数	860	424
データキャリア数	844	408
FFT クロック [MHz]	20.45074	
キャリア間隔 [kHz]	19.97	
有効シンボル長 [μ s]	50.07	
ガードインターバル比	1/8	
ガードインターバル長 [μ s]	6.26	
シンボル長 [μ s]	56.33	

表 2-2 上り回線（2Kモード）の伝送パラメータ

モード	フルモード	ハーフモード
FFT ポイント数	2048	
占有帯域幅 [MHz]	17.18	8.47
サブキャリア総数	1720	848
データキャリア数	1688	816
FFT クロック [MHz]	20.45074	
キャリア間隔 [kHz]	9.99	
有効シンボル長 [μ s]	100.14	
ガードインターバル比	1/8	
ガードインターバル長 [μ s]	12.52	
シンボル長 [μ s]	112.66	

表 2.3～表 2.10 に、変調ビット数 10bit～24bit についてビットレートを計算した。所要 TS レート（4 K：75Mbps 8 K：145Mbps）を満たすものには「○」を、満たさないものには「×」を記した。

表 2-3 合計 10 ビット変調で 4 K・8 Kの所要伝送レートを満たす符号化率

	内符号 符号化率	外符号 符号化率 RS(204,188)	所要C/N (固定劣化 4dBを含む) [dB]	フルモード			ハーフモード		
				TSレート (188Byte) [Mbps]	4K	8K	TSレート (188Byte) [Mbps]	4K	8K
合計10bit	0.33	0.92	5.0	32.9	×	×	15.9	×	×
	0.44	0.92	7.2	43.9	×	×	21.2	×	×
	0.49	0.92	8.1	48.9	×	×	23.6	×	×
	0.54	0.92	8.9	53.8	×	×	26.0	×	×
	0.60	0.92	9.7	59.8	×	×	28.9	×	×
	0.65	0.92	10.5	64.8	×	×	31.3	×	×
	0.71	0.92	11.3	70.8	×	×	34.2	×	×
	0.76	0.92	12.0	75.8	○	×	36.6	×	×
	0.81	0.92	12.8	80.8	○	×	39.0	×	×
	0.87	0.92	14.0	86.7	○	×	41.9	×	×
	0.89	0.92	14.3	88.7	○	×	42.9	×	×
	0.92	0.92	14.9	91.7	○	×	44.3	×	×
1.00	0.92	18.3	99.7	○	×	48.2	×	×	

表 2-4 合計 12 ビット変調で 4 K・8 Kの所要伝送レートを満たす符号化率

	内符号 符号化率	外符号 符号化率 RS(204,188)	所要C/N (固定劣化 4dBを含む) [dB]	フルモード			ハーフモード		
				TSレート (188Byte) [Mbps]	4K	8K	TSレート (188Byte) [Mbps]	4K	8K
合計12bit	0.33	0.92	6.5	39.5	×	×	19.1	×	×
	0.44	0.92	9.0	52.6	×	×	25.4	×	×
	0.49	0.92	9.8	58.6	×	×	28.3	×	×
	0.54	0.92	10.6	64.6	×	×	31.2	×	×
	0.60	0.92	11.5	71.8	×	×	34.7	×	×
	0.65	0.92	12.5	77.8	○	×	37.6	×	×
	0.71	0.92	13.3	84.9	○	×	41.1	×	×
	0.76	0.92	14.1	90.9	○	×	44.0	×	×
	0.81	0.92	15.1	96.9	○	×	46.8	×	×
	0.87	0.92	16.1	104.1	○	×	50.3	×	×
	0.89	0.92	16.5	106.5	○	×	51.5	×	×
	0.92	0.92	17.2	110.1	○	×	53.2	×	×
1.00	0.92	20.5	119.6	○	×	57.8	×	×	

表 2-5 合計 14 ビット変調で 4 K・8 Kの所要伝送レートを満たす符号化率

合計14bit	内符号 符号化率	外符号 符号化率 RS(204,188)	所要C/N (固定劣化 4dBを含む) [dB]	フルモード			ハーフモード		
				TSレート (188Byte) [Mbps]	4K	8K	TSレート (188Byte) [Mbps]	4K	8K
				0.33	0.92	8.2	46.1	×	×
0.44	0.92	10.3	61.4	×	×	29.7	×	×	
0.49	0.92	11.3	68.4	×	×	33.1	×	×	
0.54	0.92	12.1	75.4	○	×	36.4	×	×	
0.60	0.92	13.3	83.8	○	×	40.5	×	×	
0.65	0.92	14.2	90.7	○	×	43.9	×	×	
0.71	0.92	15.2	99.1	○	×	47.9	×	×	
0.76	0.92	16.0	106.1	○	×	51.3	×	×	
0.81	0.92	17.0	113.1	○	×	54.7	×	×	
0.87	0.92	18.1	121.4	○	×	58.7	×	×	
0.89	0.92	18.5	124.2	○	×	60.1	×	×	
0.92	0.92	19.2	128.4	○	×	62.1	×	×	
1.00	0.92	22.5	139.6	○	×	67.5	×	×	

表 2-6 合計 16 ビット変調で 4 K・8 Kの所要伝送レートを満たす符号化率

合計16bit	内符号 符号化率	外符号 符号化率 RS(204,188)	所要C/N (固定劣化 4dBを含む) [dB]	フルモード			ハーフモード		
				TSレート (188Byte) [Mbps]	4K	8K	TSレート (188Byte) [Mbps]	4K	8K
				0.33	0.92	9.4	52.6	×	×
0.44	0.92	11.9	70.2	×	×	33.9	×	×	
0.49	0.92	12.9	78.2	○	×	37.8	×	×	
0.54	0.92	13.6	86.1	○	×	41.6	×	×	
0.60	0.92	14.7	95.7	○	×	46.3	×	×	
0.65	0.92	15.7	103.7	○	×	50.1	×	×	
0.71	0.92	16.6	113.3	○	×	54.8	×	×	
0.76	0.92	17.5	121.2	○	×	58.6	×	×	
0.81	0.92	18.5	129.2	○	×	62.5	×	×	
0.87	0.92	19.8	138.8	○	×	67.1	×	×	
0.89	0.92	20.2	142.0	○	×	68.6	×	×	
0.92	0.92	21.0	146.8	○	○	70.9	×	×	
1.00	0.92	24.5	159.5	○	○	77.1	○	×	

表 2-7 合計 18 ビット変調で 4 K・8 Kの所要伝送レートを満たす符号化率

合計18bit	内符号 符号化率	外符号 符号化率 RS(204,188)	所要C/N (固定劣化 4dBを含む) [dB]	フルモード			ハーフモード		
				TSレート (188Byte) [Mbps]	4K	8K	TSレート (188Byte) [Mbps]	4K	8K
				0.33	0.92	10.6	59.2	×	×
0.44	0.92	13.4	79.0	○	×	38.2	×	×	
0.49	0.92	14.5	87.9	○	×	42.5	×	×	
0.54	0.92	15.1	96.9	○	×	46.8	×	×	
0.60	0.92	16.5	107.7	○	×	52.1	×	×	
0.65	0.92	17.6	116.7	○	×	56.4	×	×	
0.71	0.92	18.6	127.4	○	×	61.6	×	×	
0.76	0.92	19.4	136.4	○	×	65.9	×	×	
0.81	0.92	20.3	145.4	○	○	70.3	×	×	
0.87	0.92	21.5	156.1	○	○	75.5	○	×	
0.89	0.92	21.9	159.7	○	○	77.2	○	×	
0.92	0.92	22.6	165.1	○	○	79.8	○	×	
1.00	0.92	26.1	179.5	○	○	86.8	○	×	

表 2-8 合計 20 ビット変調で 4 K・8 Kの所要伝送レートを満たす符号化率

	内符号 符号化率	外符号 符号化率 RS(204,188)	所要C/N (固定劣化 4dBを含む) [dB]	フルモード			ハーフモード		
				TSレート (188Byte) [Mbps]	4K	8K	TSレート (188Byte) [Mbps]	4K	8K
合計20bit	0.33	0.92	11.9	65.8	×	×	31.8	×	×
	0.44	0.92	14.6	87.7	○	×	42.4	×	×
	0.49	0.92	15.8	97.7	○	×	47.2	×	×
	0.54	0.92	16.7	107.7	○	×	52.1	×	×
	0.60	0.92	18.0	119.6	○	×	57.8	×	×
	0.65	0.92	19.0	129.6	○	×	62.7	×	×
	0.71	0.92	19.9	141.6	○	×	68.4	×	×
	0.76	0.92	20.8	151.5	○	○	73.3	×	×
	0.81	0.92	21.7	161.5	○	○	78.1	○	×
	0.87	0.92	22.9	173.5	○	○	83.9	○	×
	0.89	0.92	23.3	177.5	○	○	85.8	○	×
	0.92	0.92	24.0	183.5	○	○	88.7	○	×
1.00	0.92	27.6	199.4	○	○	96.4	○	×	

表 2-9 合計 22 ビット変調で 4 K・8 Kの所要伝送レートを満たす符号化率

	内符号 符号化率	外符号 符号化率 RS(204,188)	所要C/N (固定劣化 4dBを含む) [dB]	フルモード			ハーフモード		
				TSレート (188Byte) [Mbps]	4K	8K	TSレート (188Byte) [Mbps]	4K	8K
合計22bit	0.33	0.92	13.2	72.4	×	×	35.0	×	×
	0.44	0.92	15.9	96.5	○	×	46.7	×	×
	0.49	0.92	17.1	107.5	○	×	52.0	×	×
	0.54	0.92	18.0	118.4	○	×	57.3	×	×
	0.60	0.92	19.2	131.6	○	×	63.6	×	×
	0.65	0.92	20.2	142.6	○	×	68.9	×	×
	0.71	0.92	21.1	155.7	○	○	75.3	○	×
	0.76	0.92	22.0	166.7	○	○	80.6	○	×
	0.81	0.92	23.0	177.7	○	○	85.9	○	×
	0.87	0.92	24.2	190.8	○	○	92.3	○	×
	0.89	0.92	24.7	195.2	○	○	94.4	○	×
	0.92	0.92	25.5	201.8	○	○	97.6	○	×
1.00	0.92	29.1	219.3	○	○	106.0	○	×	

表 2-10 合計 24 ビット変調で 4 K・8 Kの所要伝送レートを満たす符号化率

	内符号 符号化率	外符号 符号化率 RS(204,188)	所要C/N (固定劣化 4dBを含む) [dB]	フルモード			ハーフモード		
				TSレート (188Byte) [Mbps]	4K	8K	TSレート (188Byte) [Mbps]	4K	8K
合計24bit	0.33	0.92	14.3	79.0	○	×	38.2	×	×
	0.44	0.92	17.1	105.3	○	×	50.9	×	×
	0.49	0.92	18.2	117.3	○	×	56.7	×	×
	0.54	0.92	19.2	129.2	○	×	62.5	×	×
	0.60	0.92	20.5	143.6	○	×	69.4	×	×
	0.65	0.92	21.6	155.5	○	○	75.2	○	×
	0.71	0.92	22.6	169.9	○	○	82.1	○	×
	0.76	0.92	23.5	181.9	○	○	87.9	○	×
	0.81	0.92	24.6	193.8	○	○	93.7	○	×
	0.87	0.92	25.7	208.2	○	○	100.6	○	×
	0.89	0.92	26.4	213.0	○	○	103.0	○	×
	0.92	0.92	27.2	220.1	○	○	106.4	○	×
1.00	0.92	30.7	239.3	○	○	115.7	○	×	

所要C/Nの考え方について

1 はじめに

従来、FPUの回線設計に用いられる所要C/Nは、図3-1に示すような直結状態のSISO-AWGNにおいて理想的な所要C/Nを規定し、装置化に伴う固定劣化を加算して、回線設計に用いる所要C/Nとしている。

回線設計においては、この所要C/Nに対して、フェージングによる受信電力の低下をフェージングマージンとして積算する。また、MIMO方式については、フェージングマージンに加えて、チャンネルの空間相関によって所要C/Nの劣化が見込まれる分を相関マージンとして積算している。

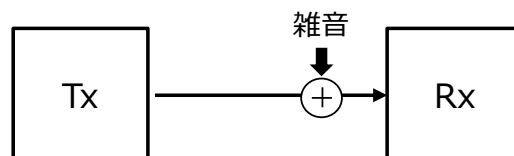


図3-1 従来のFPUにおける理想的な所要C/Nを規定するモデル(SISO-AWGN)

高度化方式の4×4 SVD-MIMO方式は、図3-2に示すように4×4のMIMOチャンネルを4つのSISOチャンネルに変換する技術である。従って、理想的な所要C/NをSISO-AWGNで規定し、固定劣化やフェージングマージン、相関マージンを回線設計で積算するという、従来の考え方を踏襲できる。

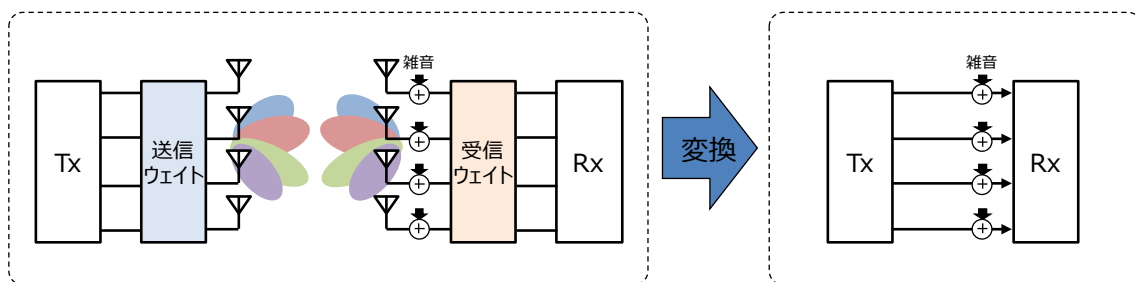


図3-2 高度化方式における理想的な所要C/Nを規定するモデル(SISO-AWGN×4)

2 i. i. d. 固有値モデルの導入

一方、高度化方式では従来FPUに無い制御として、適応送信制御を行っている点を考慮すべきである。適応送信制御は、SVD-MIMOによって得られる4つのSISOチャンネル(以下、ストリームと呼ぶ)の品質が、チャンネル行列の固有値 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ に比例することを踏まえて、各ストリームの品質に応じてビット配分(変調方式)と電力配分を変更する制御である。

適応送信制御を行う場合の理想的な所要C/Nは、AWGNに相当するような理想的

な MIMO チャンネルの固有値を使用し、全てのビット配分について求めた所要 C/N の中から最小の値を使用すれば良い。そこで、高度化方式の理想的な所要 C/N の算出では、図 3-3 に示す i. i. d. (independent and identically distribution: 独立同一分布) 固有値モデルを導入した。

i. i. d. 固有値モデルは、図 3-2 と同じ SISO-AWGN×4 であるが、4×4 の i. i. d. MIMO チャンネルにおいて、空間相関が 0 とした場合の固有値に従って、各ストリームの品質に差があるモデルである。i. i. d. MIMO チャンネルは、チャンネル行列の各要素が独立かつ同一のレイリー分布に従う理想的なチャンネルであり、MIMO の検討において基本モデルとして用いられる。

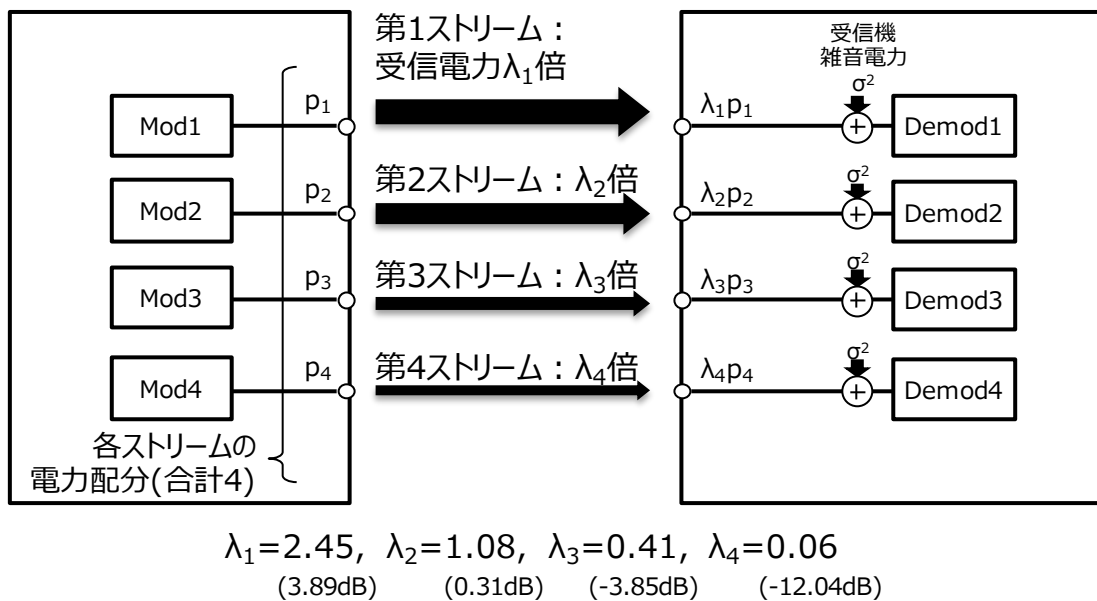


図 3-3 i. i. d. 固有値モデル

ここで、i. i. d. MIMO チャンネルの固有値は、下記参考文献に記載の次式の値を使用した。

ただし、第 2 式に示すとおり、この後の説明を分かりやすくするため、送信電力の和と受信電力の和が一致するよう固有値の総和が 4 となるよう正規化を行っている。なお、正規化を行わない場合でも理想的な所要 C/N の算出結果は変わらない。

[参考文献] Y. Karasawa, "MIMO Propagation Channel Modeling," IEICE Trans. Commun., Vol. E88-B, No. 5, pp. 1829-1842, 2005.

$$\begin{cases} \lambda_1 = 2.45, \lambda_2 = 1.08, \lambda_3 = 0.41, \lambda_4 = 0.06 \\ \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 = 4 \end{cases}$$

3 i. i. d. 固有値モデルにおける所要 C/N 算出の例

ここでは、i. i. d. 固有値モデルにおいて、合計 10bit 変調の場合の所要 C/N 算出を例示する。

まず、事前準備として、高度化方式の内符号として用いるターボ符号の BER が、SISO- AWGN チャネルにおいて 2×10^{-4} となる C/N を各変調方式において計算機シミュレーションによって求め、これを単体所要 C/N とする。BER= 2×10^{-4} は、高度化方式の外符号として用いるリードソロモン符号で擬似エラーフリーとなる BER である。

例として、符号化率 R=0.92 の場合の計算機シミュレーション結果と、結果から読み取った BER= 2×10^{-4} を満たす単体所要 C/N を図 3-4 に示す。

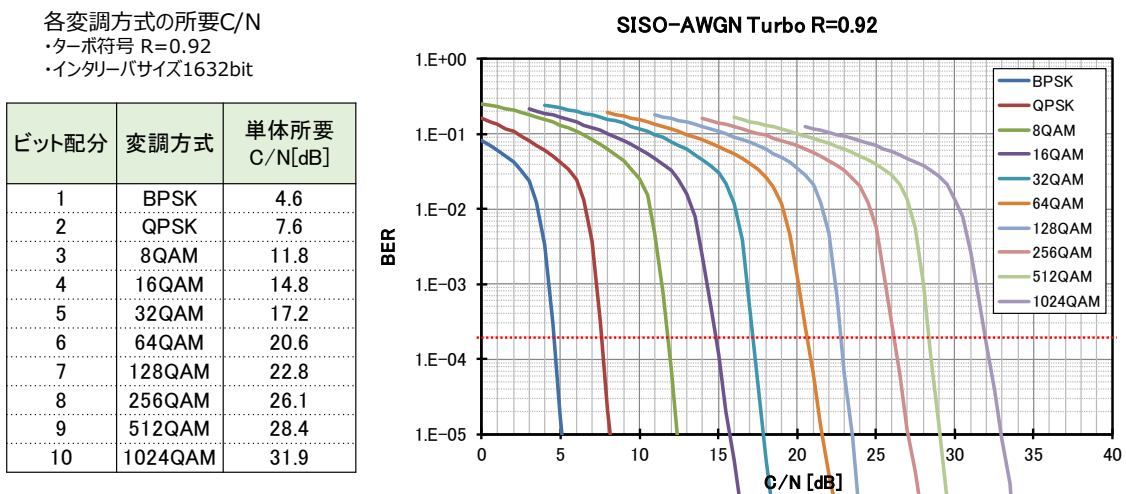


図 3-4 単体所要 C/N (R=0.92 の場合)

他の符号化率における単体所要 C/N を表 3-1 に示す。以降、符号化率 R=0.92 の場合の所要 C/N について述べるが、他の符号化率についても同様である。

表 3-1 単体所要 C/N

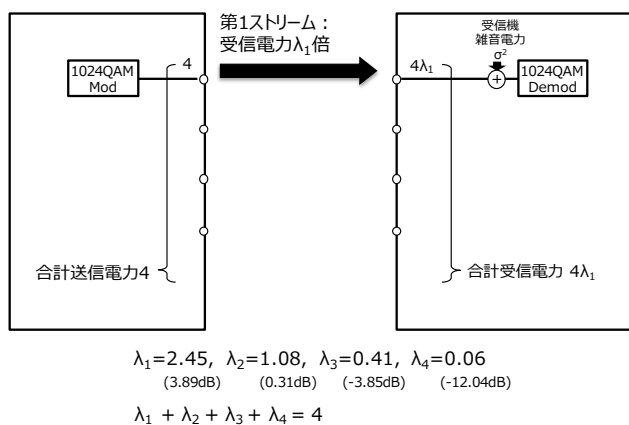
ビット配分	変調方式	R=0.33	R=0.44	R=0.49	R=0.54	R=0.60	R=0.65	R=0.71	R=0.76	R=0.81	R=0.87	R=0.89	R=0.92	Turbo無し
		2×10^{-4}	2×10^{-4}	2×10^{-4}	2×10^{-4}	2×10^{-4}	2×10^{-4}	2×10^{-4}	2×10^{-4}	2×10^{-4}	2×10^{-4}	2×10^{-4}	2×10^{-4}	
1	BPSK	-3.8	-2.2	-1.5	-0.8	-0.2	0.6	1.2	1.9	2.6	3.5	4.0	4.6	8.0
2	QPSK	-0.8	0.8	1.5	2.2	2.8	3.6	4.2	4.9	5.6	6.5	7.0	7.6	11.0
3	8QAM	2.6	4.6	5.4	6.2	6.9	7.7	8.4	9.1	9.8	10.7	11.2	11.8	14.9
4	16QAM	4.2	6.2	7.1	7.9	8.8	9.7	10.6	11.4	12.3	13.5	14.0	14.8	17.8
5	32QAM	6.5	8.6	9.6	10.5	11.4	12.3	13.2	14.0	15.0	16.5	16.5	17.2	20.8
6	64QAM	8.0	11.6	12.3	13.2	14.2	15.3	16.2	17.1	18.1	19.2	19.8	20.6	23.8
7	128QAM	10.2	12.7	13.8	14.4	16.0	17.1	18.1	19.1	20.2	21.4	22.1	22.8	26.7
8	256QAM	11.7	15.5	16.5	17.6	18.7	19.9	21.0	22.1	23.2	24.5	25.2	26.1	29.7
9	512QAM	13.3	16.5	18.0	19.2	20.8	21.8	23.1	24.3	25.6	26.8	27.6	28.4	32.6
10	1024QAM	15.2	18.2	19.7	21.2	23.1	24.2	25.8	27.1	28.6	30.1	30.4	31.9	35.6

① 1 ストリーム伝送の場合

ビット配分が[10 0 0 0]の場合、これは第1ストリームのみを使用する1ストリーム伝送である。この場合の所要 C/N の考え方を図 3-5 に示す。1ストリーム伝送では、第1ストリームに全ての電力を配分する。すなわち、第1ストリームの受信側では、各ストリームで均等に電力1を送る場合に比べて4倍(6.02 dB)のゲインが得られる。また、第1ストリームを通ることによって、固有値 $\lambda_1=2.45$ 倍(3.89dB)のゲインも得られる。この結果、10bit 伝送(1024QAM)の単体所要 C/N=31.9dB は、上記のゲインによって改善する分を見込んで 21.99 dB となる。

上記の結果は、「SVD-MIMO や電力配分無しの際の受信 C/N が 21.99dB あれば、SVD-MIMO で得られる固有値 λ_1 のゲインによって 3.89dB、電力配分によって 6.02dB 改善して受信 C/N が 31.9dB となり、単体所要 C/N を満たす」と言い換えることができる。この SVD-MIMO や電力配分無しの際の受信 C/N は「正規化 C/N」と呼ばれ、従来の回線設計で計算される受信 C/N そのものである。従って、回線設計では、従来どおり SVD-MIMO や電力配分を考慮せずに受信 C/N を算出し、本資料で算出する所要 C/N との比較を行えばよいことになる。

例) ビット配分[10 0 0 0]



- 電力配分：
第1ストリームに全電力を配分
- 電力配分後の受信C/Nは $4\lambda_1/\sigma^2$ となり $4\lambda_1$ 倍アップ
⇒ 第1ストリームを通ることによって λ_1 、電力配分によって4倍(6dB)のゲインが得られる。
- 各ストリームの固有値によるゲインと、電力配分によって得られるゲインを、単体所要C/Nに減算して「ビット・電力配分後の所要C/N」とする。
- 1024QAMの単体所要C/Nを31.9dBとすると、
 $31.9-3.89-6.02=21.99$ dB

ストリーム	ビット配分	変調方式	単体所要C/N[dB]	固有値によるゲイン[dB]	固有値によるゲインを考慮した単体所要C/N[dB]	電力配分ゲイン[真値]	電力配分ゲイン[dB]	ビット・電力配分後の所要C/N[dB]
1	10	1024QAM	31.9	3.89	28.01	4	6.02	21.99
2	-	-	-	0.31	-	-	-	-
3	-	-	-	-3.85	-	-	-	-
4	-	-	-	-12.04	-	-	-	-

図 3-5 ビット配分[10 0 0 0]の場合の所要 C/N の算出

② 2 ストリーム伝送の場合

2 ストリーム伝送の例として、ビット配分[9 1 0 0]の場合の所要 C/N の考え方を図 3-6 に示す。2 ストリーム伝送以上の場合、合計送信電力は 4 で一定という条件のもと、各ストリームの BER が等しくなるよう電力配分を行う。各ストリームの BER を等しくするためには、電力配分後の C/N から各ストリーム

の所要 C/N までのマージンが等しくなるように電力配分すればよく、その結果、電力配分比は各ストリームの所要 C/N(真値)の比と等しくなる。例えば、第 1 ストリームの所要 C/N が第 2 ストリームの所要 C/N より 3 倍大きい場合、電力配分を 3 : 1 として所要 C/N が大きい方に電力を多く配分する。

各ストリームの所要 C/N は、単体所要 C/N に各ストリームの固有値のゲインによる改善を見込んだ値となる。図 3-6 の例では以下の通りである。

- ・ 第 1 ストリームの所要 C/N は、9 bit (512QAM) の単体所要 C/N = 28.4 dB が固有値 λ_1 のゲインによって 3.89 dB 改善するので 24.51 dB
- ・ 第 2 ストリームの所要 C/N は、1 bit (BPSK) の単体所要 C/N = 4.6 dB が固有値 λ_2 のゲインによって 0.31 dB 改善するので 4.29 dB

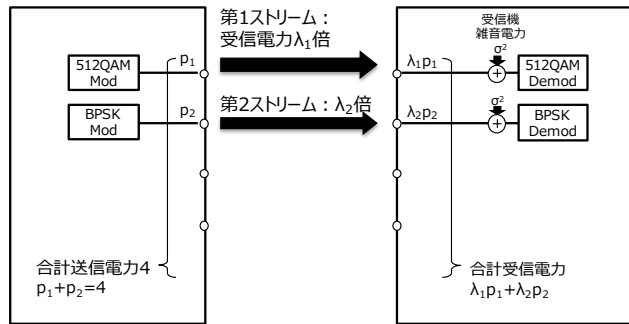
得られた各ストリームの所要 C/N(真値)の比で電力配分をした結果、電力配分比は 3.96 : 0.04 となる。すなわち、第 1 ストリームでは各ストリームで均等に電力 1 を送る場合に比べて 3.96 倍 (5.98 dB) のゲインが、第 2 ストリームでは 0.04 倍 (-14.24 dB) の減衰が、電力配分によって見込まれる。この例では、第 1 ストリームの変調多値数が大きいため、多くの電力が第 1 ストリームに配分され、第 2 ストリームの電力は下がってしまう電力配分となる。電力配分の結果、ビット・電力配分後の所要 C/N は 18.53 dB で同じとなり、この値がこのビット配分における所要 C/N である。

この結果は、第 1 ストリームの時と同様、SVD-MIMO や電力配分無しの際の受信 C/N が 18.53 dB あれば、

- ・ 第 1 ストリームは固有値 λ_1 のゲインによって 3.89 dB、電力配分によって 5.98 dB 改善して受信 C/N が 28.4 dB となり、単体所要 C/N を満たす。
- ・ 第 2 ストリームは固有値 λ_2 のゲインによって 0.31 dB 改善、電力配分によって -14.24 dB 劣化して受信 C/N が 4.6 dB となり、単体所要 C/N を満たす。

と言い換えることができる。

例) ビット配分[9 1 0 0]



$$\lambda_1 = 2.45, \lambda_2 = 1.08, \lambda_3 = 0.41, \lambda_4 = 0.06$$

(3.89dB) (0.31dB) (-3.85dB) (-12.04dB)

$$\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 = 4$$

- 電力配分：各ストリームのBERが等しくなるよう電力配分する。
- 各ストリームの固有値によって得られるゲインを単体所要C/Nに反映させておく。
- 電力配分後のC/Nと、固有値ゲイン反映後の単体所要C/Nまでのマージンが等しくなるよう電力配分する。その場合、所要C/Nの比(真値)で合計電力を分けた結果に等しい。
- 各ストリームの固有値によるゲインと、電力配分によって得られるゲインを、単体所要C/Nに反映して「ビット・電力配分後の所要C/N」とする。

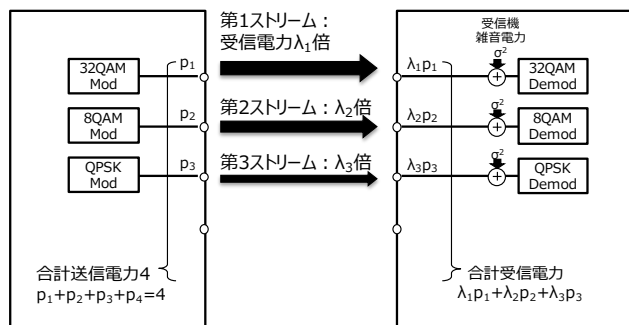
ストリーム	ビット配分	変調方式	単体所要C/N[dB]	固有値によるゲイン[dB]	固有値によるゲインを考慮した単体所要C/N[dB]	電力配分ゲイン[真値]	電力配分ゲイン[dB]	ビット・電力配分後の所要C/N[dB]
1	9	512QAM	28.4	3.89	24.51	3.96	5.98	18.53
2	1	BPSK	4.6	0.31	4.29	0.04	-14.24	-
3	-	-	-	-3.85	-	-	-	-
4	-	-	-	-12.04	-	-	-	-

図 3-6 ビット配分[9 1 0 0]の場合の所要 C/N の算出

③ 3 ストリーム伝送の場合

3 ストリーム伝送の例として、ビット配分[5 3 2 0]の場合の所要 C/N の考え方を図 3-7 に示す。3 ストリーム伝送の場合の電力配分についても、各ストリームの固有値によるゲインを考慮した単体所要 C/N の比(真値)で電力配分を行う。以降の導出は 2 ストリーム伝送の時と同様である。

例) ビット配分[5 3 2 0]



$$\lambda_1 = 2.45, \lambda_2 = 1.08, \lambda_3 = 0.41, \lambda_4 = 0.06$$

(3.89dB) (0.31dB) (-3.85dB) (-12.04dB)

$$\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 = 4$$

- 電力配分：各ストリームのBERが等しくなるよう電力配分する。
- 各ストリームの固有値によって得られるゲインを単体所要C/Nに反映させておく。
- 電力配分後のC/Nと、固有値ゲイン反映後の単体所要C/Nまでのマージンが等しくなるよう電力配分する。その場合、所要C/Nの比(真値)で合計電力を分けた結果に等しい。
- 各ストリームの固有値によるゲインと、電力配分によって得られるゲインを、単体所要C/Nに反映して「ビット・電力配分後の所要C/N」とする。

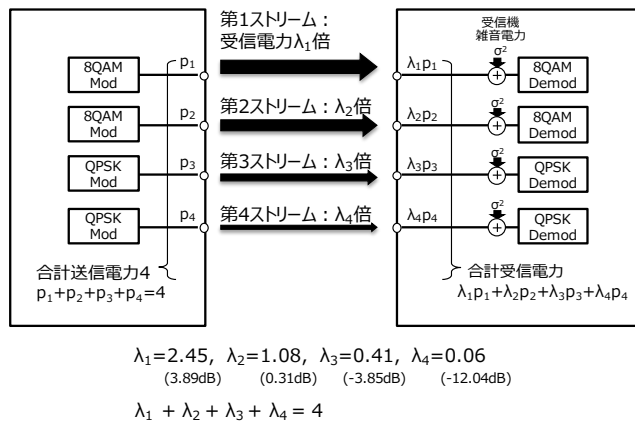
ストリーム	ビット配分	変調方式	単体所要C/N[dB]	固有値によるゲイン[dB]	固有値によるゲインを考慮した単体所要C/N[dB]	電力配分ゲイン[真値]	電力配分ゲイン[dB]	ビット・電力配分後の所要C/N[dB]
1	5	32QAM	17.2	3.89	13.31	1.73	2.39	10.92
2	3	8QAM	11.8	0.31	11.49	1.14	0.56	-
3	2	QPSK	7.6	-3.85	11.45	1.13	0.52	-
4	-	-	-	-12.04	-	-	-	-

図 3-7 ビット配分[5 3 2 0]の場合の所要 C/N の算出

④ 4 ストリーム伝送の場合

4 ストリーム伝送の例として、ビット配分[3 3 2 2]の場合の所要 C/N の考え方を図 3-8 に示す。4 ストリーム伝送の場合の電力配分についても、各ストリームの固有値によるゲインを考慮した単体所要 C/N の比(真値)で電力配分を行う。以降の導出は同様である。

例) ビット配分[3 3 2 2]



- 電力配分：各ストリームのBERが等しくなるよう電力配分する。
- 各ストリームの固有値によって得られるゲインを単体所要C/Nに反映させておく。
- 電力配分後のC/Nと、固有値ゲイン反映後の単体所要C/Nまでのマージンが等しくなるよう電力配分する。その場合、所要C/Nの比(真値)で合計電力を分けた結果に等しい。
- 各ストリームの固有値によるゲインと、電力配分によって得られるゲインを、単体所要C/Nに反映して「ビット・電力配分後の所要C/N」とする。

ストリーム	ビット配分	変調方式	単体所要C/N[dB]	固有値によるゲイン[dB]	固有値によるゲインを考慮した単体所要C/N[dB]	電力配分ゲイン[真値]	電力配分ゲイン[dB]	ビット・電力配分後の所要C/N[dB]
1	3	8QAM	11.8	3.89	7.91	0.20	-7.08	14.99
2	3	8QAM	11.8	0.31	11.49	0.45	-3.51	
3	2	QPSK	7.6	-3.85	11.45	0.44	-3.55	
4	2	QPSK	7.6	-12.04	19.64	2.92	4.65	

図 3-8 ビット配分[3 3 2 2]の場合の所要 C/N の算出

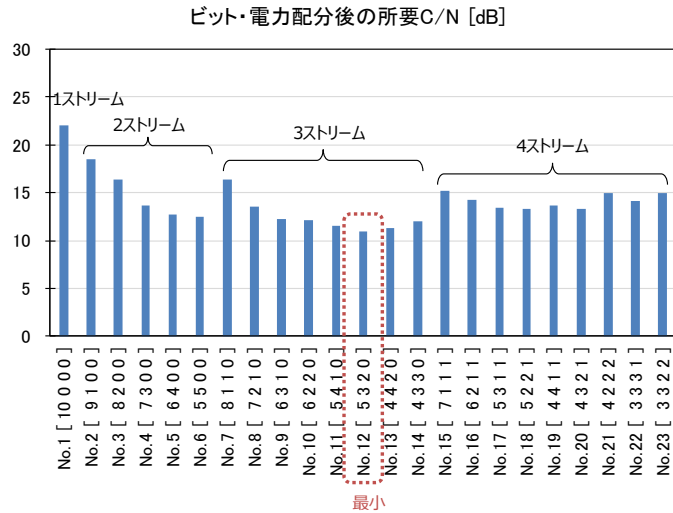
・ 所要 C/N 算出結果

合計変調ビット数が 10 bit の場合、ビット配分は 23 通り存在する。その全てについて、所要 C/N を算出した結果を図 3-9 に示す。23 通りの中で、ビット・電力配分後の所要 C/N が最も小さいのはビット配分[5 3 2 0]であり、その値は 10.92 dB である。この値が合計 10 bit 変調のシステムにおける理想的な所要 C/N であると考えることができる。

理想的には、適応送信制御により i. i. d. 固有値モデルにおいてこの値を得ることが可能である。しかし、実際のシステムでは、アルゴリズムの不完全性やチャネル推定誤差などにより、最適な適応送信制御からの乖離による劣化が見込まれる。これらは装置化に伴う固定劣化とみなし、従来の FPU における検討と同様、4dB 程度を見込むことが望ましい。

パターンNo	ストリーム数	ビット配分	ビット・電力配分後の 所要C/N[dB]
1	1	[10 0 0 0]	21.99
2	2	[9 1 0 0]	18.53
3	2	[8 2 0 0]	16.33
4	2	[7 3 0 0]	13.61
5	2	[6 4 0 0]	12.73
6	2	[5 5 0 0]	12.45
7	3	[8 1 1 0]	16.43
8	3	[7 2 1 0]	13.53
9	3	[6 3 1 0]	12.30
10	3	[6 2 2 0]	12.19
11	3	[5 4 1 0]	11.50
12	3	[5 3 2 0]	10.92
13	3	[4 4 2 0]	11.33
14	3	[4 3 3 0]	11.98
15	4	[7 1 1 1]	15.24
16	4	[6 2 1 1]	14.21
17	4	[5 3 1 1]	13.46
18	4	[5 2 2 1]	13.37
19	4	[4 4 1 1]	13.69
20	4	[4 3 2 1]	13.35
21	4	[4 2 2 2]	14.90
22	4	[3 3 3 1]	14.11
23	4	[3 3 2 2]	14.99

最小値	10.92
最小パターン No.	No.12 [5 3 2 0]



所要C/N=10.92 dB (10ビット@i.i.d.固有値モデル)

図 3-9 合計 10bit 変調のシステムにおける所要 C/N の算出結果

・ 所要 C/N 算出のフローチャート

前項までの導出を整理し、フローチャートとしたものを図 3-10 に示す。他の合計変調ビット数の場合についても、このフローチャートに沿って所要 C/N を規定することが可能である。

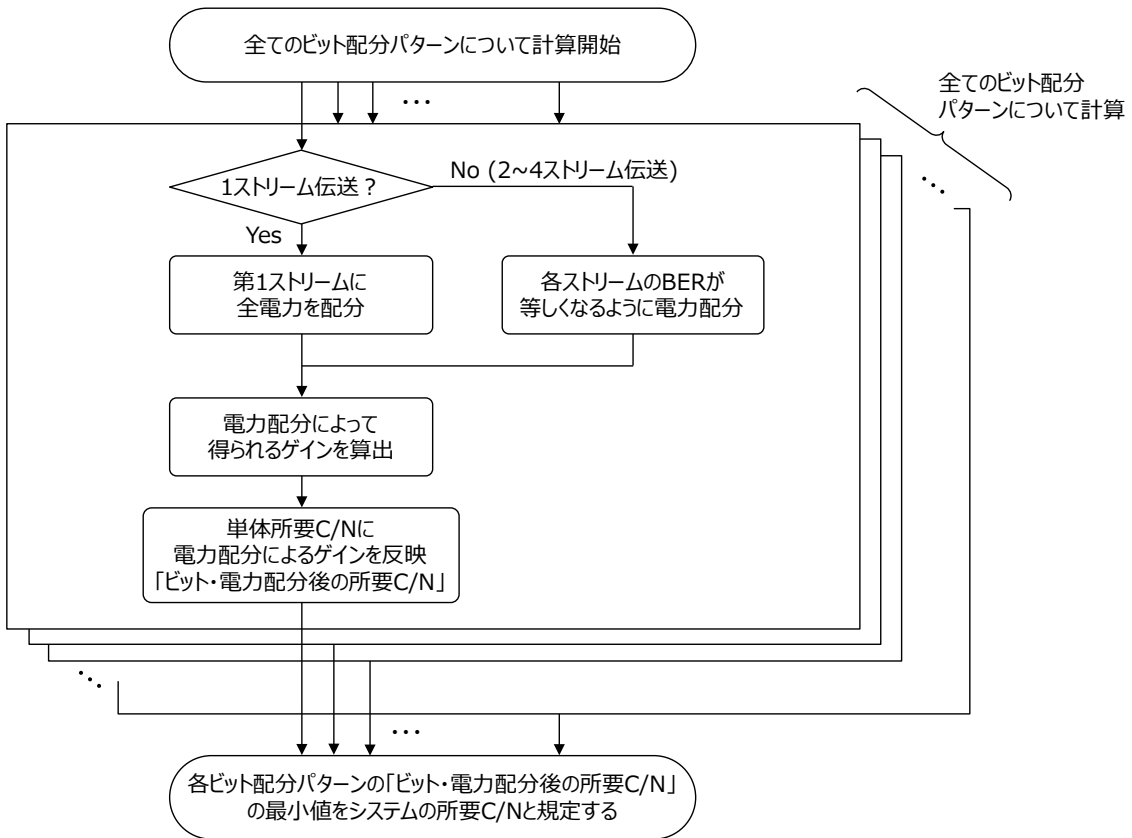
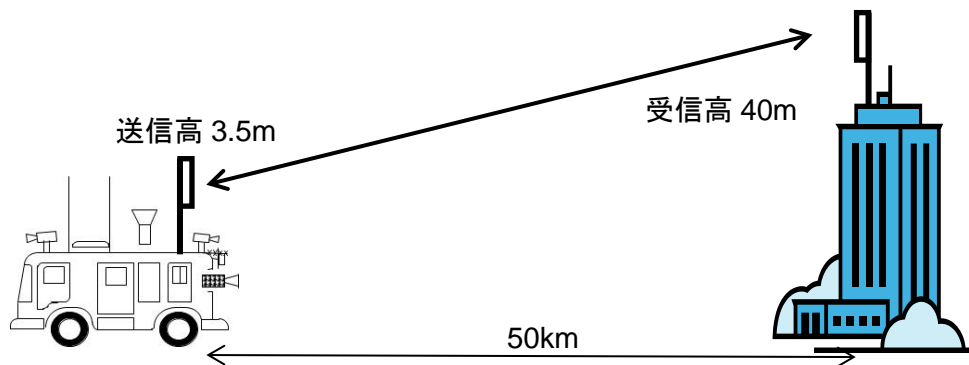


図 3-10 所要 C/N 算出のフローチャート

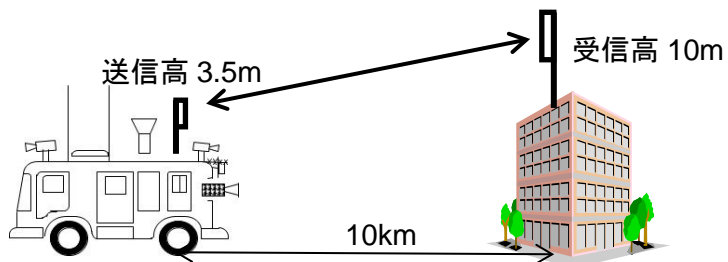
F P U運用のモデルについて

運用モデル	利用用途	送信/受信 空中線	伝搬 距離	見通し外 の有無	利用番組
モデル1	固定中継 (緊急報道で取材現場や 中継車から受信基地局へ)	八木アンテナ	～50km	無	・情報系番組 ・緊急報道を含む 報道番組
		電磁ホーン 八木アンテナ			
モデル2	移動中継 (ロードレース中継で中 継車から受信基地局へ)	コリニアアンテナ ホイップアンテナ	10km	有	・ロードレースを 含むスポーツ中継
		八木アンテナ			
モデル3	移動中継 (市街地の比較的近距離 の区間で中継車から受信 基地局へ)	コリニアアンテナ ホイップアンテナ	3km	有	・ロードレースを 含むスポーツ中 継、イベント中継
		八木アンテナ			
モデル4	移動中継 (ロードレース中継で中 継車からヘリコプターへ)	コリニアアンテナ ホイップアンテナ	～2km	有	・ロードレースを 含むスポーツ中継
		電磁ホーン 平面アンテナ			
モデル5	移動中継 (FPU等の機材をカメラ マン等の人が背負い、最寄 りの中継車へ)	コリニアアンテナ ホイップアンテナ	～1km	有	・情報系番組 ・緊急報道を含む 報道番組 ・サッカー等を含 むスポーツ中継
		電磁ホーン 平面アンテナ			
		八木アンテナ			
		コリニアアンテナ			
モデル6	移動中継 (ロードレース中継でパ イクから中継車へ)	コリニアアンテナ ホイップアンテナ	～1km	無	・ロードレースを 含むスポーツ中継
		電磁ホーン 平面アンテナ			
		コリニアアンテナ			
		コリニアアンテナ			

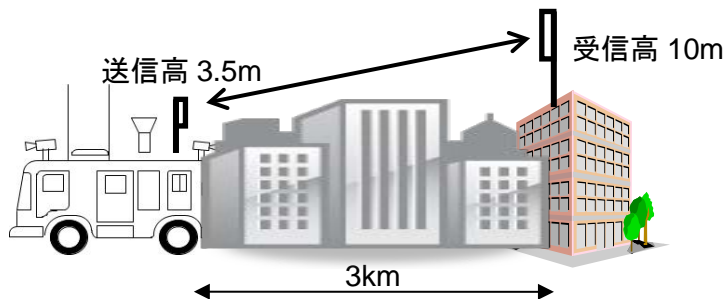
モデル1 [固定中継] 中継車から受信基地局まで伝搬距離 50km までの伝送



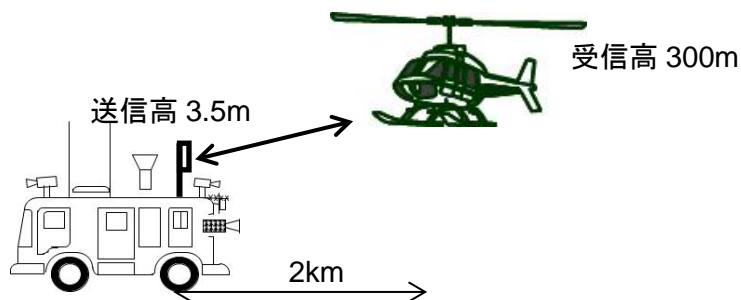
モデル2 [移動中継] 中継車から受信基地局まで伝搬距離 10km 程度の伝送



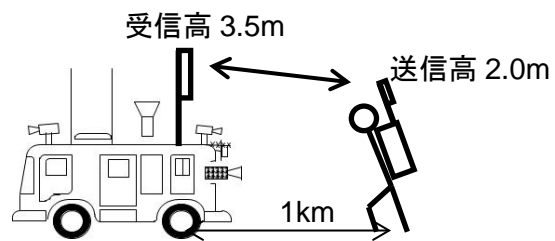
モデル3 [移動中継] 市街地で中継車から受信基地局まで伝搬距離 3km 程度の伝送



モデル4 [移動中継] 中継車からヘリコプターに向け伝搬距離約 2km の伝送



モデル5 [移動中継] 機材を背負い最寄りの中継車に1kmまでの伝送



モデル6 [移動中継] バイクから中継車に1kmまでの伝送

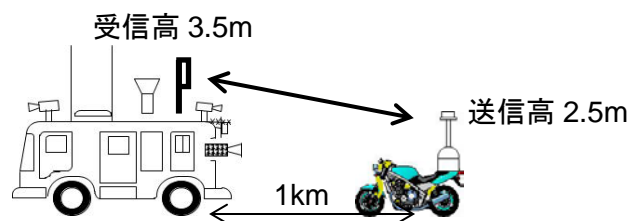


図4.1 1.2GHz帯・2.3GHz帯 4 K・8 K用FPUの運用モデル

回線設計の例について

(回線設計例一覧)

● (フルモード) 4 K映像信号の固定中継 (高品質伝送)

表 5-1 モデル 1 中継車から受信基地局へ固定中継 : 50km 1.2/2.3GHz 帯

● (フルモード) 8 K映像信号の移動中継

表 5-2 モデル 2 中継車から受信基地局へ移動中継 : 10km 1.2/2.3GHz 帯

表 5-3 モデル 3 市街地中継車から受信基地局へ移動中継 : 3km 1.2/2.3GHz 帯

表 5-4 モデル 4 中継車からヘリコプターへ移動中継 : 2km 1.2/2.3GHz 帯

表 5-5 モデル 5 ワイヤレスカメラから中継車へ移動中継 : 1km 1.2/2.3GHz 帯

表 5-6 モデル 6 バイクから中継車へ移動中継 : 1km 1.2/2.3GHz 帯

● (フルモード) 4 K映像信号の移動中継

表 5-7 モデル 2 中継車から受信基地局へ移動中継 : 10km 1.2/2.3GHz 帯

表 5-8 モデル 3 市街地中継車から受信基地局へ移動中継 : 3km 1.2/2.3GHz 帯

表 5-9 モデル 4 中継車からヘリコプターへ移動中継 : 2km 1.2/2.3GHz 帯

表 5-10 モデル 5 ワイヤレスカメラから中継車へ移動中継 : 1km 1.2/2.3GHz 帯

表 5-11 モデル 6 バイクから中継車へ移動中継 : 1km 1.2/2.3GHz 帯

● (ハーフモード) 4 K映像信号の移動中継

表 5-12 モデル 2 中継車から受信基地局へ移動中継 : 10km 1.2/2.3GHz 帯

表 5-13 モデル 3 市街地中継車から受信基地局へ移動中継 : 3km 1.2/2.3GHz 帯

表 5-14 モデル 4 中継車からヘリコプターへ移動中継 : 2km 1.2/2.3GHz 帯

表 5-15 モデル 5 ワイヤレスカメラから中継車へ移動中継 : 1km 1.2/2.3GHz 帯

表 5-16 モデル 6 バイクから中継車へ移動中継 : 1km 1.2/2.3GHz 帯

表 5-1 回線設計例（フルモード） 4 K映像信号の固定中継（高品質伝送）

モデル 1 中継車から受信基地局へ固定中継：50km 1.2/2.3GHz 帯

周波数帯	1.2GHz帯		2.3GHz帯	
	上り回線 4×4 SVD-MIMO 合計16bit変調 R=0.92 TSレート※ 146.8[Mbps]	下り回線 2×4 STTC-MIMO 16QAM RS(211,195) TSレート※ 4.3[Mbps]	上り回線 4×4 SVD-MIMO 合計16bit変調 R=0.92 TSレート※ 146.8[Mbps]	下り回線 2×4 STTC-MIMO 16QAM RS(211,195) TSレート※ 4.3[Mbps]
送信周波数 f [GHz]	1.27	1.27	2.35	2.35
送信出力 W [W]	25.00	25.00	40.00	40.00
送信出力 W [dBm]	44.0	44.0	46.0	46.0
送信アンテナ	8素子八木	26素子八木	8素子八木	26素子八木スタック
送信アンテナ利得 Gt [dBi]	12.0	18.1	12.0	21.1
送信給電線損失 Lt [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5
実効放射電力(WGt/Lt) [dBm]	54.5	60.6	56.5	65.6
伝送距離 d [km]	50.0	50.0	50.0	50.0
自由空間伝搬損失 $(\lambda/4\pi d)^2$ [dB]	128.5	128.5	133.8	133.8
障害物透過損マージン [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0
一区間瞬断時間率 [%]	0.5	0.5	0.5	0.5
所要フェージングマージン Fmr [dB]	5.1	5.1	5.1	5.1
受信アンテナ	26素子八木	8素子八木	26素子八木スタック	8素子八木
受信アンテナ利得 Gr [dBi]	18.1	12.0	21.1	12.0
受信給電線損失 Lr [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5
受信電力 Ci [dBm]	-62.5	-62.5	-62.8	-62.8
ボルツマン定数 k [W/(Hz・K)]	1.38E-23	1.38E-23	1.38E-23	1.38E-23
ボルツマン定数 k [dBm/(Hz・K)]	-198.6	-198.6	-198.6	-198.6
標準温度 T ₀ [dBK]	24.8	24.8	24.8	24.8
信号帯域幅 B [MHz]	17.2	17.2	17.2	17.2
信号帯域幅 B [dBHz]	72.4	72.4	72.4	72.4
受信機雑音指数 F [dB]	4.0	4.0	4.0	4.0
受信機熱雑音 Ni = kT ₀ BF [dBm]	-97.5	-97.5	-97.5	-97.5
受信機熱雑音 C/N [dB]	35.0	35.0	34.7	34.7
所要 C/N [dB]	21.0	9.8	21.0	9.8
相関マージン [dB]	10.0	6.0	10.0	6.0
相関マージンを考慮した所要C/N [dB]	31.0	15.8	31.0	15.8
伝送マージン [dB]	4.0	19.2	3.7	18.9

※ TS レート : TS188Byte のレート

表 5-2 回線設計例（フルモード） 8 K映像信号の移動中継
 モデル 2 中継車から受信基地局へ移動中継：10km 1.2/2.3GHz 帯

周波数帯	1.2GHz帯		2.3GHz帯	
	上り回線 4×4 SVD-MIMO 合計16bit変調 R=0.92 TSレート※ 146.8[Mbps]	下り回線 2×4 STTC-MIMO 16QAM RS(211,195) TSレート※ 4.3[Mbps]	上り回線 4×4 SVD-MIMO 合計16bit変調 R=0.92 TSレート※ 146.8[Mbps]	下り回線 2×4 STTC-MIMO 16QAM RS(211,195) TSレート※ 4.3[Mbps]
送信周波数 f [GHz]	1.27	1.27	2.35	2.35
送信出力 W [W]	25.00	25.00	40.00	40.00
送信出力 W [dBm]	44.0	44.0	46.0	46.0
送信アンテナ	4段コーリニア	12素子八木	4段コーリニア	26素子八木
送信アンテナ利得 Gt [dBi]	7.2	14.0	7.2	18.1
送信給電線損失 Lt [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5
実効放射電力(WGt/Lt) [dBm]	49.7	56.5	51.7	62.6
伝送距離 d [km]	10.0	10.0	10.0	10.0
自由空間伝搬損失 $(\lambda/4\pi d)^2$ [dB]	114.5	114.5	119.9	119.9
障害物透過損マージン [dB]	5.0	5.0	5.0	5.0
一区間瞬断時間率 [%]	0.5	0.5	0.5	0.5
所要フェージングマージン Fmr [dB]	10.0	10.0	10.0	10.0
受信アンテナ	12素子八木	4段コーリニア	26素子八木	4段コーリニア
受信アンテナ利得 Gr [dBi]	14.0	7.2	18.1	7.2
受信給電線損失 Lr [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5
受信電力 Ci [dBm]	-67.3	-67.3	-66.5	-66.5
ボルツマン定数 k [W/(Hz・K)]	1.38E-23	1.38E-23	1.38E-23	1.38E-23
ボルツマン定数 k [dBm/(Hz・K)]	-198.6	-198.6	-198.6	-198.6
標準温度 T ₀ [dBK]	24.8	24.8	24.8	24.8
信号帯域幅 B [MHz]	17.2	17.2	17.2	17.2
信号帯域幅 B [dBHz]	72.4	72.4	72.4	72.4
受信機雑音指数 F [dB]	4.0	4.0	4.0	4.0
受信機熱雑音 Ni = kT ₀ BF [dBm]	-97.5	-97.5	-97.5	-97.5
受信機熱雑音 C/N [dB]	30.1	30.1	30.9	30.9
所要 C/N [dB]	21.0	9.8	21.0	9.8
相関マージン [dB]	4.0	3.0	4.0	3.0
相関マージンを考慮した所要C/N [dB]	25.0	12.8	25.0	12.8
伝送マージン [dB]	5.1	17.3	5.9	18.1

※ TS レート：TS188Byte のレート

表 5-3 回線設計例（フルモード） 8 K映像信号の移動中継
 モデル 3 市街地中継車から受信基地局へ移動中継：3km 1.2/2.3GHz 帯

周波数帯	1.2GHz帯		2.3GHz帯	
	上り回線 4×4 SVD-MIMO 合計16bit変調 R=0.92 TSレート※ 146.8[Mbps]	下り回線 2×4 STTC-MIMO 16QAM RS(211,195) TSレート※ 4.3[Mbps]	上り回線 4×4 SVD-MIMO 合計16bit変調 R=0.92 TSレート※ 146.8[Mbps]	下り回線 2×4 STTC-MIMO 16QAM RS(211,195) TSレート※ 4.3[Mbps]
送信周波数 f [GHz]	1.27	1.27	2.35	2.35
送信出力 W [W]	25.00	25.00	40.00	40.00
送信出力 W [dBm]	44.0	44.0	46.0	46.0
送信アンテナ	2段コーリニア	8素子八木	2段コーリニア	12素子八木
送信アンテナ利得 Gt [dBi]	5.2	12.0	5.2	14.0
送信給電線損失 Lt [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5
実効放射電力(WG/Lt) [dBm]	47.7	54.5	49.7	58.5
伝送距離 d [km]	3.0	3.0	3.0	3.0
自由空間伝搬損失 ($\lambda/4\pi d$) ² [dB]	104.1	104.1	109.4	109.4
障害物透過損マージン [dB]	5.0	5.0	5.0	5.0
一区間瞬断時間率 [%]	0.5	0.5	0.5	0.5
所要フェージングマージン Fmr [dB]	10.0	10.0	10.0	10.0
受信アンテナ	8素子八木	2段コーリニア	12素子八木	2段コーリニア
受信アンテナ利得 Gr [dBi]	12.0	5.2	14.0	5.2
受信給電線損失 Lr [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5
受信電力 Ci [dBm]	-60.9	-60.9	-62.2	-62.2
ボルツマン定数 k [W/(Hz・K)]	1.38E-23	1.38E-23	1.38E-23	1.38E-23
ボルツマン定数 k [dBm/(Hz・K)]	-198.6	-198.6	-198.6	-198.6
標準温度 T ₀ [dBK]	24.8	24.8	24.8	24.8
信号帯域幅 B [MHz]	17.2	17.2	17.2	17.2
信号帯域幅 B [dBHz]	72.4	72.4	72.4	72.4
受信機雑音指数 F [dB]	4.0	4.0	4.0	4.0
受信機熱雑音 Ni = kT ₀ BF [dBm]	-97.5	-97.5	-97.5	-97.5
受信機熱雑音 C/N [dB]	36.6	36.6	35.3	35.3
所要 C/N [dB]	21.0	9.8	21.0	9.8
相関マージン [dB]	4.0	3.0	4.0	3.0
相関マージンを考慮した所要C/N [dB]	25.0	12.8	25.0	12.8
伝送マージン [dB]	11.6	23.8	10.3	22.5

※ TS レート : TS188Byte のレート

表 5-4 回線設計例（フルモード） 8 K映像信号の移動中継
 モデル 4 中継車からヘリコプターへ移動中継：2km 1.2/2.3GHz 帯

周波数帯	1.2GHz帯		2.3GHz帯	
	上り回線 4×4 SVD-MIMO 合計16bit変調 R=0.92 TSレート※ 146.8[Mbps]	下り回線 2×4 STTC-MIMO 16QAM RS(211,195) TSレート※ 4.3[Mbps]	上り回線 4×4 SVD-MIMO 合計16bit変調 R=0.92 TSレート※ 146.8[Mbps]	下り回線 2×4 STTC-MIMO 16QAM RS(211,195) TSレート※ 4.3[Mbps]
送信周波数 f [GHz]	1.27	1.27	2.35	2.35
送信出力 W [W]	25.00	25.00	40.00	40.00
送信出力 W [dBm]	44.0	44.0	46.0	46.0
送信アンテナ	2段コーリニア・垂直	平面アンテナ	2段コーリニア・垂直	平面アンテナ
送信アンテナ利得 Gt [dBi]	0.0	7.2	0.0	7.2
送信給電線損失 Lt [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5
実効放射電力(WG/Lt) [dBm]	42.5	49.7	44.5	51.7
伝送距離 d [km]	2.0	2.0	2.0	2.0
自由空間伝搬損失 $(\lambda/4\pi d)^2$ [dB]	100.5	100.5	105.9	105.9
障害物透過損マージン [dB]	5.0	5.0	5.0	5.0
一区間瞬断時間率 [%]	0.5	0.5	0.5	0.5
所要フェージングマージン Fmr [dB]	5.0	5.0	5.0	5.0
受信アンテナ	平面アンテナ	2段コーリニア・垂直	平面アンテナ	2段コーリニア・垂直
受信アンテナ利得 Gr [dBi]	7.2	0.0	7.2	0.0
受信給電線損失 Lr [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5
受信電力 Ci [dBm]	-62.4	-62.4	-65.7	-65.7
ボルツマン定数 k [W/(Hz・K)]	1.38E-23	1.38E-23	1.38E-23	1.38E-23
ボルツマン定数 k [dBm/(Hz・K)]	-198.6	-198.6	-198.6	-198.6
標準温度 T ₀ [dBK]	24.8	24.8	24.8	24.8
信号帯域幅 B [MHz]	17.2	17.2	17.2	17.2
信号帯域幅 B [dBHz]	72.4	72.4	72.4	72.4
受信機雑音指数 F [dB]	4.0	4.0	4.0	4.0
受信機熱雑音 Ni = kT ₀ BF [dBm]	-97.5	-97.5	-97.5	-97.5
受信機熱雑音 C/N [dB]	35.1	35.1	31.8	31.8
所要 C/N [dB]	21.0	9.8	21.0	9.8
相関マージン [dB]	4.0	3.0	4.0	3.0
相関マージンを考慮した所要C/N [dB]	25.0	12.8	25.0	12.8
伝送マージン [dB]	10.1	22.3	6.8	19.0

※ TS レート：TS188Byte のレート

表 5-5 回線設計例（フルモード） 8 K映像信号の移動中継
 モデル 5 ワイヤレスカメラから中継車へ移動中継：1km 1.2/2.3GHz 帯

周波数帯	1.2GHz帯		2.3GHz帯	
	上り回線 4×4 SVD-MIMO 合計16bit変調 R=0.92 TSレート※ 146.8[Mbps]	下り回線 2×4 STTC-MIMO 16QAM RS(211,195) TSレート※ 4.3[Mbps]	上り回線 4×4 SVD-MIMO 合計16bit変調 R=0.92 TSレート※ 146.8[Mbps]	下り回線 2×4 STTC-MIMO 16QAM RS(211,195) TSレート※ 4.3[Mbps]
送信周波数 f [GHz]	1.27	1.27	2.35	2.35
送信出力 W [W]	0.50	0.50	0.50	0.50
送信出力 W [dBm]	27.0	27.0	27.0	27.0
送信アンテナ	2段コーリニア	12素子八木	2段コーリニア	26素子八木
送信アンテナ利得 Gt [dBi]	5.2	14.0	5.2	18.1
送信給電線損失 Lt [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5
実効放射電力(WGt/Lt) [dBm]	30.7	39.5	30.7	43.6
伝送距離 d [km]	1.0	1.0	1.0	1.0
自由空間伝搬損失 $(\lambda/4\pi d)^2$ [dB]	94.5	94.5	99.9	99.9
障害物透過損マージン [dB]	5.0	5.0	5.0	5.0
一区間瞬断時間率 [%]	0.5	0.5	0.5	0.5
所要フェージングマージン Fmr [dB]	10.0	10.0	10.0	10.0
受信アンテナ	12素子八木	2段コーリニア	26素子八木	2段コーリニア
受信アンテナ利得 Gr [dBi]	14.0	5.2	18.1	5.2
受信給電線損失 Lr [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5
受信電力 Ci [dBm]	-66.3	-66.3	-67.6	-67.6
ボルツマン定数 k [W/(Hz・K)]	1.38E-23	1.38E-23	1.38E-23	1.38E-23
ボルツマン定数 k [dBm/(Hz・K)]	-198.6	-198.6	-198.6	-198.6
標準温度 T ₀ [dBK]	24.8	24.8	24.8	24.8
信号帯域幅 B [MHz]	17.2	17.2	17.2	17.2
信号帯域幅 B [dBHz]	72.4	72.4	72.4	72.4
受信機雑音指数 F [dB]	4.0	4.0	4.0	4.0
受信機熱雑音 Ni = kT ₀ BF [dBm]	-97.5	-97.5	-97.5	-97.5
受信機熱雑音 C/N [dB]	31.1	31.1	29.9	29.9
所要 C/N [dB]	21.0	9.8	21.0	9.8
相関マージン [dB]	4.0	3.0	4.0	3.0
相関マージンを考慮した所要C/N [dB]	25.0	12.8	25.0	12.8
伝送マージン [dB]	6.1	18.3	4.9	17.1

※ TS レート：TS188Byteのレート

表 5-6 回線設計例（フルモード） 8 K映像信号の移動中継

モデル 6 バイクから中継車へ移動中継：1km 1.2/2.3GHz 帯

周波数帯	1.2GHz帯		2.3GHz帯	
	上り回線 4×4 SVD-MIMO 合計16bit変調 R=0.92 TSレート※ 146.8[Mbps]	下り回線 2×4 STTC-MIMO 16QAM RS(211,195) TSレート※ 4.3[Mbps]	上り回線 4×4 SVD-MIMO 合計16bit変調 R=0.92 TSレート※ 146.8[Mbps]	下り回線 2×4 STTC-MIMO 16QAM RS(211,195) TSレート※ 4.3[Mbps]
送信周波数 f [GHz]	1.27	1.27	2.35	2.35
送信出力 W [W]	0.50	0.50	0.50	0.50
送信出力 W [dBm]	27.0	27.0	27.0	27.0
送信アンテナ	2段コーリニア	8素子八木	4段コーリニア	12素子八木
送信アンテナ利得 Gt [dBi]	5.2	12.0	7.2	14.0
送信給電線損失 Lt [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5
実効放射電力(WGt/Lt) [dBm]	30.7	37.5	32.7	39.5
伝送距離 d [km]	1.0	1.0	1.0	1.0
自由空間伝搬損失 $(\lambda/4\pi d)^2$ [dB]	94.5	94.5	99.9	99.9
障害物透過損マージン [dB]	5.0	5.0	5.0	5.0
一区間瞬断時間率 [%]	0.5	0.5	0.5	0.5
所要フェージングマージン Fmr [dB]	10.0	10.0	10.0	10.0
受信アンテナ	8素子八木	2段コーリニア	12素子八木	4段コーリニア
受信アンテナ利得 Gr [dBi]	12.0	5.2	14.0	7.2
受信給電線損失 Lr [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5
受信電力 Ci [dBm]	-68.3	-68.3	-69.7	-69.7
ボルツマン定数 k [W/(Hz・K)]	1.38E-23	1.38E-23	1.38E-23	1.38E-23
ボルツマン定数 k [dBm/(Hz・K)]	-198.6	-198.6	-198.6	-198.6
標準温度 T ₀ [dBK]	24.8	24.8	24.8	24.8
信号帯域幅 B [MHz]	17.2	17.2	17.2	17.2
信号帯域幅 B [dBHz]	72.4	72.4	72.4	72.4
受信機雑音指数 F [dB]	4.0	4.0	4.0	4.0
受信機熱雑音 Ni = kT ₀ BF [dBm]	-97.5	-97.5	-97.5	-97.5
受信機熱雑音 C/N [dB]	29.1	29.1	27.8	27.8
所要 C/N [dB]	21.0	9.8	21.0	9.8
相関マージン [dB]	4.0	3.0	4.0	3.0
相関マージンを考慮した所要C/N [dB]	25.0	12.8	25.0	12.8
伝送マージン [dB]	4.1	16.3	2.8	15.0

※ TS レート：TS188Byteのレート

表 5-7 回線設計例（フルモード） 4 K映像信号の移動中継
 モデル 2 中継車から受信基地局へ移動中継：10km 1.2/2.3GHz 帯

周波数帯	1.2GHz帯		2.3GHz帯	
	上り回線 4×4 SVD-MIMO 合計10bit変調 R=0.76 TSレート※ 75.8[Mbps]	下り回線 2×4 STTC-MIMO 16QAM RS(211,195) TSレート※ 4.3[Mbps]	上り回線 4×4 SVD-MIMO 合計10bit変調 R=0.76 TSレート※ 75.8[Mbps]	下り回線 2×4 STTC-MIMO 16QAM RS(211,195) TSレート※ 4.3[Mbps]
送信周波数 f [GHz]	1.27	1.27	2.35	2.35
送信出力 W [W]	25.00	25.00	40.00	40.00
送信出力 W [dBm]	44.0	44.0	46.0	46.0
送信アンテナ	4段コーリニア	12素子八木	4段コーリニア	26素子八木
送信アンテナ利得 Gt [dBi]	7.2	14.0	7.2	18.1
送信給電線損失 Li [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5
実効放射電力(WGt/Lt) [dBm]	49.7	56.5	51.7	62.6
伝送距離 d [km]	10.0	10.0	10.0	10.0
自由空間伝搬損失 $(\lambda/4\pi d)^2$ [dB]	114.5	114.5	119.9	119.9
障害物透過損マージン [dB]	5.0	5.0	5.0	5.0
一区間瞬断時間率 [%]	0.5	0.5	0.5	0.5
所要フェージングマージン Fmr [dB]	10.0	10.0	10.0	10.0
受信アンテナ	12素子八木	4段コーリニア	26素子八木	4段コーリニア
受信アンテナ利得 Gr [dBi]	14.0	7.2	18.1	7.2
受信給電線損失 Lr [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5
受信電力 Ci [dBm]	-67.3	-67.3	-66.5	-66.5
ボルツマン定数 k [W/(Hz·K)]	1.38E-23	1.38E-23	1.38E-23	1.38E-23
ボルツマン定数 k [dBm/(Hz·K)]	-198.6	-198.6	-198.6	-198.6
標準温度 T ₀ [dBK]	24.8	24.8	24.8	24.8
信号帯域幅 B [MHz]	17.2	17.2	17.2	17.2
信号帯域幅 B [dBHz]	72.4	72.4	72.4	72.4
受信機雑音指数 F [dB]	4.0	4.0	4.0	4.0
受信機熱雑音 Ni = kT ₀ BF [dBm]	-97.5	-97.5	-97.5	-97.5
受信機熱雑音 C/N [dB]	30.1	30.1	30.9	30.9
所要 C/N [dB]	12.0	9.8	12.0	9.8
相関マージン [dB]	4.0	3.0	4.0	3.0
相関マージンを考慮した所要C/N [dB]	16.0	12.8	16.0	12.8
伝送マージン [dB]	14.1	17.3	14.9	18.1

※ TS レート：TS188Byte のレート

表 5-8 回線設計例（フルモード） 4 K映像信号の移動中継
 モデル 3 市街地中継車から受信基地局へ移動中継：3km 1.2/2.3GHz 帯

周波数帯	1.2GHz帯		2.3GHz帯	
	上り回線 4×4 SVD-MIMO 合計10bit変調 R=0.76 TSレート※ 75.8[Mbps]	下り回線 2×4 STTC-MIMO 16QAM RS(211,195) TSレート※ 4.3[Mbps]	上り回線 4×4 SVD-MIMO 合計10bit変調 R=0.76 TSレート※ 75.8[Mbps]	下り回線 2×4 STTC-MIMO 16QAM RS(211,195) TSレート※ 4.3[Mbps]
送信周波数 f [GHz]	1.27	1.27	2.35	2.35
送信出力 W [W]	25.00	25.00	40.00	40.00
送信出力 W [dBm]	44.0	44.0	46.0	46.0
送信アンテナ	2段コーリニア	8素子八木	2段コーリニア	12素子八木
送信アンテナ利得 Gt [dBi]	5.2	12.0	5.2	14.0
送信給電線損失 Li [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5
実効放射電力(WGt/Lt) [dBm]	47.7	54.5	49.7	58.5
伝送距離 d [km]	3.0	3.0	3.0	3.0
自由空間伝搬損失 $(\lambda/4\pi d)^2$ [dB]	104.1	104.1	109.4	109.4
障害物透過損マージン [dB]	5.0	5.0	5.0	5.0
一区間瞬断時間率 [%]	0.5	0.5	0.5	0.5
所要フェージングマージン Fmr [dB]	10.0	10.0	10.0	10.0
受信アンテナ	8素子八木	2段コーリニア	12素子八木	2段コーリニア
受信アンテナ利得 Gr [dBi]	12.0	5.2	14.0	5.2
受信給電線損失 Lr [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5
受信電力 Ci [dBm]	-60.9	-60.9	-62.2	-62.2
ボルツマン定数 k [W/(Hz・K)]	1.38E-23	1.38E-23	1.38E-23	1.38E-23
ボルツマン定数 k [dBm/(Hz・K)]	-198.6	-198.6	-198.6	-198.6
標準温度 T ₀ [dBK]	24.8	24.8	24.8	24.8
信号帯域幅 B [MHz]	17.2	17.2	17.2	17.2
信号帯域幅 B [dBHz]	72.4	72.4	72.4	72.4
受信機雑音指数 F [dB]	4.0	4.0	4.0	4.0
受信機熱雑音 Ni = kT ₀ BF [dBm]	-97.5	-97.5	-97.5	-97.5
受信機熱雑音 C/N [dB]	36.6	36.6	35.3	35.3
所要 C/N [dB]	12.0	9.8	12.0	9.8
相関マージン [dB]	4.0	3.0	4.0	3.0
相関マージンを考慮した所要C/N [dB]	16.0	12.8	16.0	12.8
伝送マージン [dB]	20.6	23.8	19.3	22.5

※ TS レート：TS188Byte のレート

表 5-9 回線設計例（フルモード） 4 K映像信号の移動中継
 モデル 4 中継車からヘリコプターへ移動中継：2km 1.2/2.3GHz 帯

周波数帯	1.2GHz帯		2.3GHz帯	
	上り回線 4×4 SVD-MIMO 合計10bit変調 R=0.76 TSレート※ 75.8[Mbps]	下り回線 2×4 STTC-MIMO 16QAM RS(211,195) TSレート※ 4.3[Mbps]	上り回線 4×4 SVD-MIMO 合計10bit変調 R=0.76 TSレート※ 75.8[Mbps]	下り回線 2×4 STTC-MIMO 16QAM RS(211,195) TSレート※ 4.3[Mbps]
送信周波数 f [GHz]	1.27	1.27	2.35	2.35
送信出力 W [W]	6.25	6.25	20.00	20.00
送信出力 W [dBm]	38.0	38.0	43.0	43.0
送信アンテナ	2段コーリニア・垂直	平面アンテナ	2段コーリニア・垂直	平面アンテナ
送信アンテナ利得 Gt [dBi]	0.0	7.2	0.0	7.2
送信給電線損失 Li [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5
実効放射電力(WGt/Lt) [dBm]	36.5	43.7	41.5	48.7
伝送距離 d [km]	2.0	2.0	2.0	2.0
自由空間伝搬損失 $(\lambda/4\pi d)^2$ [dB]	100.5	100.5	105.9	105.9
障害物透過損マージン [dB]	5.0	5.0	5.0	5.0
一区間瞬断時間率 [%]	0.5	0.5	0.5	0.5
所要フェージングマージン Fmr [dB]	5.0	5.0	5.0	5.0
受信アンテナ	平面アンテナ	2段コーリニア・垂直	平面アンテナ	2段コーリニア・垂直
受信アンテナ利得 Gr [dBi]	7.2	0.0	7.2	0.0
受信給電線損失 Lr [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5
受信電力 Ci [dBm]	-68.4	-68.4	-68.7	-68.7
ボルツマン定数 k [W/(Hz・K)]	1.38E-23	1.38E-23	1.38E-23	1.38E-23
ボルツマン定数 k [dBm/(Hz・K)]	-198.6	-198.6	-198.6	-198.6
標準温度 T ₀ [dBK]	24.8	24.8	24.8	24.8
信号帯域幅 B [MHz]	17.2	17.2	17.2	17.2
信号帯域幅 B [dBHz]	72.4	72.4	72.4	72.4
受信機雑音指数 F [dB]	4.0	4.0	4.0	4.0
受信機熱雑音 Ni = kT ₀ BF [dBm]	-97.5	-97.5	-97.5	-97.5
受信機熱雑音 C/N [dB]	29.1	29.1	28.8	28.8
所要 C/N [dB]	12.0	9.8	12.0	9.8
相関マージン [dB]	4.0	3.0	4.0	3.0
相関マージンを考慮した所要C/N [dB]	16.0	12.8	16.0	12.8
伝送マージン [dB]	13.1	16.3	12.8	16.0

※ TS レート：TS188Byte のレート

表 5-10 回線設計例（フルモード） 4 K映像信号の移動中継
 モデル 5 ワイヤレスカメラから中継車へ移動中継：1km 1.2/2.3GHz 帯

周波数帯	1.2GHz帯		2.3GHz帯	
	上り回線 4×4 SVD-MIMO 合計10bit変調 R=0.76 TSレート※ 75.8[Mbps]	下り回線 2×4 STTC-MIMO 16QAM RS(211,195) TSレート※ 4.3[Mbps]	上り回線 4×4 SVD-MIMO 合計10bit変調 R=0.76 TSレート※ 75.8[Mbps]	下り回線 2×4 STTC-MIMO 16QAM RS(211,195) TSレート※ 4.3[Mbps]
送信周波数 f [GHz]	1.27	1.27	2.35	2.35
送信出力 W [W]	0.50	0.50	0.50	0.50
送信出力 W [dBm]	27.0	27.0	27.0	27.0
送信アンテナ	2段コーリニア	12素子八木	2段コーリニア	26素子八木
送信アンテナ利得 Gt [dBi]	5.2	14.0	5.2	18.1
送信給電線損失 Li [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5
実効放射電力(WGt/Lt) [dBm]	30.7	39.5	30.7	43.6
伝送距離 d [km]	1.0	1.0	1.0	1.0
自由空間伝搬損失 $(\lambda/4\pi d)^2$ [dB]	94.5	94.5	99.9	99.9
障害物透過損マージン [dB]	5.0	5.0	5.0	5.0
一区間瞬断時間率 [%]	0.5	0.5	0.5	0.5
所要フェージングマージン Fmr [dB]	10.0	10.0	10.0	10.0
受信アンテナ	12素子八木	2段コーリニア	26素子八木	2段コーリニア
受信アンテナ利得 Gr [dBi]	14.0	5.2	18.1	5.2
受信給電線損失 Lr [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5
受信電力 Ci [dBm]	-66.3	-66.3	-67.6	-67.6
ボルツマン定数 k [W/(Hz·K)]	1.38E-23	1.38E-23	1.38E-23	1.38E-23
ボルツマン定数 k [dBm/(Hz·K)]	-198.6	-198.6	-198.6	-198.6
標準温度 T ₀ [dBK]	24.8	24.8	24.8	24.8
信号帯域幅 B [MHz]	17.2	17.2	17.2	17.2
信号帯域幅 B [dBHz]	72.4	72.4	72.4	72.4
受信機雑音指数 F [dB]	4.0	4.0	4.0	4.0
受信機熱雑音 Ni = kT ₀ BF [dBm]	-97.5	-97.5	-97.5	-97.5
受信機熱雑音 C/N [dB]	31.1	31.1	29.9	29.9
所要 C/N [dB]	12.0	9.8	12.0	9.8
相関マージン [dB]	4.0	3.0	4.0	3.0
相関マージンを考慮した所要C/N [dB]	16.0	12.8	16.0	12.8
伝送マージン [dB]	15.1	18.3	13.9	17.1

※ TS レート：TS188Byte のレート

表 5-11 回線設計例（フルモード） 4 K映像信号の移動中継
 モデル 6 バイクから中継車へ移動中継：1km 1.2/2.3GHz 帯

周波数帯	1.2GHz帯		2.3GHz帯	
	上り回線 4×4 SVD-MIMO 合計10bit変調 R=0.76 TSレート※ 75.8[Mbps]	下り回線 2×4 STTC-MIMO 16QAM RS(211,195) TSレート※ 4.3[Mbps]	上り回線 4×4 SVD-MIMO 合計10bit変調 R=0.76 TSレート※ 75.8[Mbps]	下り回線 2×4 STTC-MIMO 16QAM RS(211,195) TSレート※ 4.3[Mbps]
送信周波数 f [GHz]	1.27	1.27	2.35	2.35
送信出力 W [W]	0.50	0.50	0.50	0.50
送信出力 W [dBm]	27.0	27.0	27.0	27.0
送信アンテナ	2段コーリニア	8素子八木	4段コーリニア	12素子八木
送信アンテナ利得 Gt [dBi]	5.2	12.0	7.2	14.0
送信給電線損失 Li [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5
実効放射電力(WGt/Lt) [dBm]	30.7	37.5	32.7	39.5
伝送距離 d [km]	1.0	1.0	1.0	1.0
自由空間伝搬損失 $(\lambda/4\pi d)^2$ [dB]	94.5	94.5	99.9	99.9
障害物透過損マージン [dB]	5.0	5.0	5.0	5.0
一区間瞬断時間率 [%]	0.5	0.5	0.5	0.5
所要フェージングマージン Fmr [dB]	10.0	10.0	10.0	10.0
受信アンテナ	8素子八木	2段コーリニア	12素子八木	4段コーリニア
受信アンテナ利得 Gr [dBi]	12.0	5.2	14.0	7.2
受信給電線損失 Lr [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5
受信電力 Ci [dBm]	-68.3	-68.3	-69.7	-69.7
ボルツマン定数 k [W/(Hz・K)]	1.38E-23	1.38E-23	1.38E-23	1.38E-23
ボルツマン定数 k [dBm/(Hz・K)]	-198.6	-198.6	-198.6	-198.6
標準温度 T ₀ [dBK]	24.8	24.8	24.8	24.8
信号帯域幅 B [MHz]	17.2	17.2	17.2	17.2
信号帯域幅 B [dBHz]	72.4	72.4	72.4	72.4
受信機雑音指数 F [dB]	4.0	4.0	4.0	4.0
受信機熱雑音 Ni = kT ₀ BF [dBm]	-97.5	-97.5	-97.5	-97.5
受信機熱雑音 C/N [dB]	29.1	29.1	27.8	27.8
所要 C/N [dB]	12.0	9.8	12.0	9.8
相関マージン [dB]	4.0	3.0	4.0	3.0
相関マージンを考慮した所要C/N [dB]	16.0	12.8	16.0	12.8
伝送マージン [dB]	13.1	16.3	11.8	15.0

※ TS レート：TS188Byte のレート

表 5-12 回線設計例（ハーフモード） 4 K映像信号の移動中継
 モデル 2 中継車から受信基地局へ移動中継：10km 1.2/2.3GHz 帯

周波数帯	1.2GHz帯		2.3GHz帯	
	上り回線 4×4 SVD-MIMO 合計18bit変調 R=0.87 TSレート※ 75.5[Mbps]	下り回線 2×4 STTC-MIMO 16QAM RS(211,195) TSレート※ 2.1[Mbps]	上り回線 4×4 SVD-MIMO 合計18bit変調 R=0.87 TSレート※ 75.5[Mbps]	下り回線 2×4 STTC-MIMO 16QAM RS(211,195) TSレート※ 2.1[Mbps]
送信周波数 f [GHz]	1.27	1.27	2.35	2.35
送信出力 W [W]	12.50	12.50	20.00	20.00
送信出力 W [dBm]	41.0	41.0	43.0	43.0
送信アンテナ	4段コーリニア	12素子八木	4段コーリニア	26素子八木
送信アンテナ利得 Gt [dBi]	7.2	14.0	7.2	18.1
送信給電線損失 Li [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5
実効放射電力(WGt/Lt) [dBm]	46.7	53.5	48.7	59.6
伝送距離 d [km]	10.0	10.0	10.0	10.0
自由空間伝搬損失 $(\lambda/4\pi d)^2$ [dB]	114.5	114.5	119.9	119.9
障害物透過損マージン [dB]	5.0	5.0	5.0	5.0
一区間瞬断時間率 [%]	0.5	0.5	0.5	0.5
所要フェージングマージン Fmr [dB]	10.0	10.0	10.0	10.0
受信アンテナ	12素子八木	4段コーリニア	26素子八木	4段コーリニア
受信アンテナ利得 Gr [dBi]	14.0	7.2	18.1	7.2
受信給電線損失 Lr [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5
受信電力 Ci [dBm]	-70.3	-70.3	-69.6	-69.6
ボルツマン定数 k [W/(Hz・K)]	1.38E-23	1.38E-23	1.38E-23	1.38E-23
ボルツマン定数 k [dBm/(Hz・K)]	-198.6	-198.6	-198.6	-198.6
標準温度 T ₀ [dBK]	24.8	24.8	24.8	24.8
信号帯域幅 B [MHz]	8.5	8.5	8.5	8.5
信号帯域幅 B [dBHz]	69.3	69.3	69.3	69.3
受信機雑音指数 F [dB]	4.0	4.0	4.0	4.0
受信機熱雑音 Ni = kT ₀ BF [dBm]	-100.5	-100.5	-100.5	-100.5
受信機熱雑音 C/N [dB]	30.2	30.2	31.0	31.0
所要 C/N [dB]	21.5	9.8	21.5	9.8
相関マージン [dB]	4.0	3.0	4.0	3.0
相関マージンを考慮した所要C/N [dB]	25.5	12.8	25.5	12.8
伝送マージン [dB]	4.7	17.4	5.5	18.2

※ TS レート：TS188Byte のレート

表 5-13 回線設計例（ハーフモード） 4 K映像信号の移動中継
 モデル 3 市街地中継車から受信基地局へ移動中継：3km 1.2/2.3GHz 帯

周波数帯	1.2GHz帯		2.3GHz帯	
	上り回線 4×4 SVD-MIMO 合計18bit変調 R=0.87 TSレート※ 75.5[Mbps]	下り回線 2×4 STTC-MIMO 16QAM RS(211,195) TSレート※ 2.1[Mbps]	上り回線 4×4 SVD-MIMO 合計18bit変調 R=0.87 TSレート※ 75.5[Mbps]	下り回線 2×4 STTC-MIMO 16QAM RS(211,195) TSレート※ 2.1[Mbps]
送信周波数 f [GHz]	1.27	1.27	2.35	2.35
送信出力 W [W]	12.50	12.50	20.00	20.00
送信出力 W [dBm]	41.0	41.0	43.0	43.0
送信アンテナ	2段コーリニア	8素子八木	2段コーリニア	12素子八木
送信アンテナ利得 Gt [dBi]	5.2	12.0	5.2	14.0
送信給電線損失 Li [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5
実効放射電力(WGt/Lt) [dBm]	44.7	51.5	46.7	55.5
伝送距離 d [km]	3.0	3.0	3.0	3.0
自由空間伝搬損失 $(\lambda/4\pi d)^2$ [dB]	104.1	104.1	109.4	109.4
障害物透過損マージン [dB]	5.0	5.0	5.0	5.0
一区間瞬断時間率 [%]	0.5	0.5	0.5	0.5
所要フェージングマージン Fmr [dB]	10.0	10.0	10.0	10.0
受信アンテナ	8素子八木	2段コーリニア	12素子八木	2段コーリニア
受信アンテナ利得 Gr [dBi]	12.0	5.2	14.0	5.2
受信給電線損失 Lr [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5
受信電力 Ci [dBm]	-63.9	-63.9	-65.2	-65.2
ボルツマン定数 k [W/(Hz・K)]	1.38E-23	1.38E-23	1.38E-23	1.38E-23
ボルツマン定数 k [dBm/(Hz・K)]	-198.6	-198.6	-198.6	-198.6
標準温度 T ₀ [dBK]	24.8	24.8	24.8	24.8
信号帯域幅 B [MHz]	8.5	8.5	8.5	8.5
信号帯域幅 B [dBHz]	69.3	69.3	69.3	69.3
受信機雑音指数 F [dB]	4.0	4.0	4.0	4.0
受信機熱雑音 Ni = kT ₀ BF [dBm]	-100.5	-100.5	-100.5	-100.5
受信機熱雑音 C/N [dB]	36.6	36.6	35.3	35.3
所要 C/N [dB]	21.5	9.8	21.5	9.8
相関マージン [dB]	4.0	3.0	4.0	3.0
相関マージンを考慮した所要C/N [dB]	25.5	12.8	25.5	12.8
伝送マージン [dB]	11.1	23.8	9.8	22.5

※ TS レート：TS188Byte のレート

表 5-14 回線設計例（ハーフモード）4K映像信号の移動中継
 モデル 4 中継車からヘリコプターへ移動中継：2km 1.2/2.3GHz 帯

周波数帯	1.2GHz帯		2.3GHz帯	
	上り回線 4×4 SVD-MIMO 合計18bit変調 R=0.87 TSレート※ 75.5[Mbps]	下り回線 2×4 STTC-MIMO 16QAM RS(211,195) TSレート※ 2.1[Mbps]	上り回線 4×4 SVD-MIMO 合計18bit変調 R=0.87 TSレート※ 75.5[Mbps]	下り回線 2×4 STTC-MIMO 16QAM RS(211,195) TSレート※ 2.1[Mbps]
送信周波数 f [GHz]	1.27	1.27	2.35	2.35
送信出力 W [W]	6.25	6.25	20.00	20.00
送信出力 W [dBm]	38.0	38.0	43.0	43.0
送信アンテナ	2段コーリニア・垂直	平面アンテナ	2段コーリニア・垂直	平面アンテナ
送信アンテナ利得 Gt [dBi]	0.0	7.2	0.0	7.2
送信給電線損失 Li [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5
実効放射電力(WGt/Lt) [dBm]	36.5	43.7	41.5	48.7
伝送距離 d [km]	2.0	2.0	2.0	2.0
自由空間伝搬損失 $(\lambda/4\pi d)^2$ [dB]	100.5	100.5	105.9	105.9
障害物透過損マージン [dB]	5.0	5.0	5.0	5.0
一区間瞬断時間率 [%]	0.5	0.5	0.5	0.5
所要フェージングマージン Fmr [dB]	5.0	5.0	5.0	5.0
受信アンテナ	平面アンテナ	2段コーリニア・垂直	平面アンテナ	2段コーリニア・垂直
受信アンテナ利得 Gr [dBi]	7.2	0.0	7.2	0.0
受信給電線損失 Lr [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5
受信電力 Ci [dBm]	-68.4	-68.4	-68.7	-68.7
ボルツマン定数 k [W/(Hz・K)]	1.38E-23	1.38E-23	1.38E-23	1.38E-23
ボルツマン定数 k [dBm/(Hz・K)]	-198.6	-198.6	-198.6	-198.6
標準温度 T ₀ [dBK]	24.8	24.8	24.8	24.8
信号帯域幅 B [MHz]	8.5	8.5	8.5	8.5
信号帯域幅 B [dBHz]	69.3	69.3	69.3	69.3
受信機雑音指数 F [dB]	4.0	4.0	4.0	4.0
受信機熱雑音 Ni = kT ₀ BF [dBm]	-100.5	-100.5	-100.5	-100.5
受信機熱雑音 C/N [dB]	32.2	32.2	31.9	31.9
所要 C/N [dB]	21.5	9.8	21.5	9.8
相関マージン [dB]	4.0	3.0	4.0	3.0
相関マージンを考慮した所要C/N [dB]	25.5	12.8	25.5	12.8
伝送マージン [dB]	6.7	19.4	6.4	19.1

※ TS レート：TS188Byte のレート

表 5-15 回線設計例（ハーフモード） 4 K映像信号の移動中継
 モデル5 ワイヤレスカメラから中継車へ移動中継：1km 1.2/2.3GHz 帯

周波数帯	1.2GHz帯		2.3GHz帯	
	上り回線 4×4 SVD-MIMO 合計18bit変調 R=0.87 TSレート※ 75.5[Mbps]	下り回線 2×4 STTC-MIMO 16QAM RS(211,195) TSレート※ 2.1[Mbps]	上り回線 4×4 SVD-MIMO 合計18bit変調 R=0.87 TSレート※ 75.5[Mbps]	下り回線 2×4 STTC-MIMO 16QAM RS(211,195) TSレート※ 2.1[Mbps]
送信周波数 f [GHz]	1.27	1.27	2.35	2.35
送信出力 W [W]	0.50	0.50	0.50	0.50
送信出力 W [dBm]	27.0	27.0	27.0	27.0
送信アンテナ	2段コーリニア	12素子八木	2段コーリニア	26素子八木
送信アンテナ利得 Gt [dBi]	5.2	14.0	5.2	18.1
送信給電線損失 Li [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5
実効放射電力(WGt/Lt) [dBm]	30.7	39.5	30.7	43.6
伝送距離 d [km]	1.0	1.0	1.0	1.0
自由空間伝搬損失 $(\lambda/4\pi d)^2$ [dB]	94.5	94.5	99.9	99.9
障害物透過損マージン [dB]	5.0	5.0	5.0	5.0
一区間瞬断時間率 [%]	0.5	0.5	0.5	0.5
所要フェージングマージン Fmr [dB]	10.0	10.0	10.0	10.0
受信アンテナ	12素子八木	2段コーリニア	26素子八木	2段コーリニア
受信アンテナ利得 Gr [dBi]	14.0	5.2	18.1	5.2
受信給電線損失 Lr [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5
受信電力 Ci [dBm]	-66.3	-66.3	-67.6	-67.6
ボルツマン定数 k [W/(Hz・K)]	1.38E-23	1.38E-23	1.38E-23	1.38E-23
ボルツマン定数 k [dBm/(Hz・K)]	-198.6	-198.6	-198.6	-198.6
標準温度 T ₀ [dBK]	24.8	24.8	24.8	24.8
信号帯域幅 B [MHz]	8.5	8.5	8.5	8.5
信号帯域幅 B [dBHz]	69.3	69.3	69.3	69.3
受信機雑音指数 F [dB]	4.0	4.0	4.0	4.0
受信機熱雑音 Ni = kT ₀ BF [dBm]	-100.5	-100.5	-100.5	-100.5
受信機熱雑音 C/N [dB]	34.2	34.2	33.0	33.0
所要 C/N [dB]	21.5	9.8	21.5	9.8
相関マージン [dB]	4.0	3.0	4.0	3.0
相関マージンを考慮した所要C/N [dB]	25.5	12.8	25.5	12.8
伝送マージン [dB]	8.7	21.4	7.5	20.2

※ TS レート：TS188Byte のレート

表 5-16 回線設計例（ハーフモード） 4 K映像信号の移動中継
 モデル 6 バイクから中継車へ移動中継：1km 1.2/2.3GHz 帯

周波数帯	1.2GHz帯		2.3GHz帯	
	上り回線 4×4 SVD-MIMO 合計18bit変調 R=0.87 TSレート※ 75.5[Mbps]	下り回線 2×4 STTC-MIMO 16QAM RS(211,195) TSレート※ 2.1[Mbps]	上り回線 4×4 SVD-MIMO 合計18bit変調 R=0.87 TSレート※ 75.5[Mbps]	下り回線 2×4 STTC-MIMO 16QAM RS(211,195) TSレート※ 2.1[Mbps]
送信周波数 f [GHz]	1.27	1.27	2.35	2.35
送信出力 W [W]	0.50	0.50	0.50	0.50
送信出力 W [dBm]	27.0	27.0	27.0	27.0
送信アンテナ	2段コーリニア	8素子八木	4段コーリニア	12素子八木
送信アンテナ利得 Gt [dBi]	5.2	12.0	7.2	14.0
送信給電線損失 Li [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5
実効放射電力(WGt/Lt) [dBm]	30.7	37.5	32.7	39.5
伝送距離 d [km]	1.0	1.0	1.0	1.0
自由空間伝搬損失 $(\lambda/4\pi d)^2$ [dB]	94.5	94.5	99.9	99.9
障害物透過損マージン [dB]	5.0	5.0	5.0	5.0
一区間瞬断時間率 [%]	0.5	0.5	0.5	0.5
所要フェージングマージン Fmr [dB]	10.0	10.0	10.0	10.0
受信アンテナ	8素子八木	2段コーリニア	12素子八木	4段コーリニア
受信アンテナ利得 Gr [dBi]	12.0	5.2	14.0	7.2
受信給電線損失 Lr [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5
受信電力 Ci [dBm]	-68.3	-68.3	-69.7	-69.7
ボルツマン定数 k [W/(Hz・K)]	1.38E-23	1.38E-23	1.38E-23	1.38E-23
ボルツマン定数 k [dBm/(Hz・K)]	-198.6	-198.6	-198.6	-198.6
標準温度 T ₀ [dBK]	24.8	24.8	24.8	24.8
信号帯域幅 B [MHz]	8.5	8.5	8.5	8.5
信号帯域幅 B [dBHz]	69.3	69.3	69.3	69.3
受信機雑音指数 F [dB]	4.0	4.0	4.0	4.0
受信機熱雑音 Ni = kT ₀ BF [dBm]	-100.5	-100.5	-100.5	-100.5
受信機熱雑音 C/N [dB]	32.2	32.2	30.9	30.9
所要 C/N [dB]	21.5	9.8	21.5	9.8
相関マージン [dB]	4.0	3.0	4.0	3.0
相関マージンを考慮した所要C/N [dB]	25.5	12.8	25.5	12.8
伝送マージン [dB]	6.7	19.4	5.4	18.1

※ TS レート : TS188Byte のレート

レートマッチングについて

レートマッチングは、ビットパンクチャ（間引き）により、伝搬環境に応じて誤り訂正符号の可変符号化率を実現する技術である。レートマッチングのイメージを図6-1に示す。

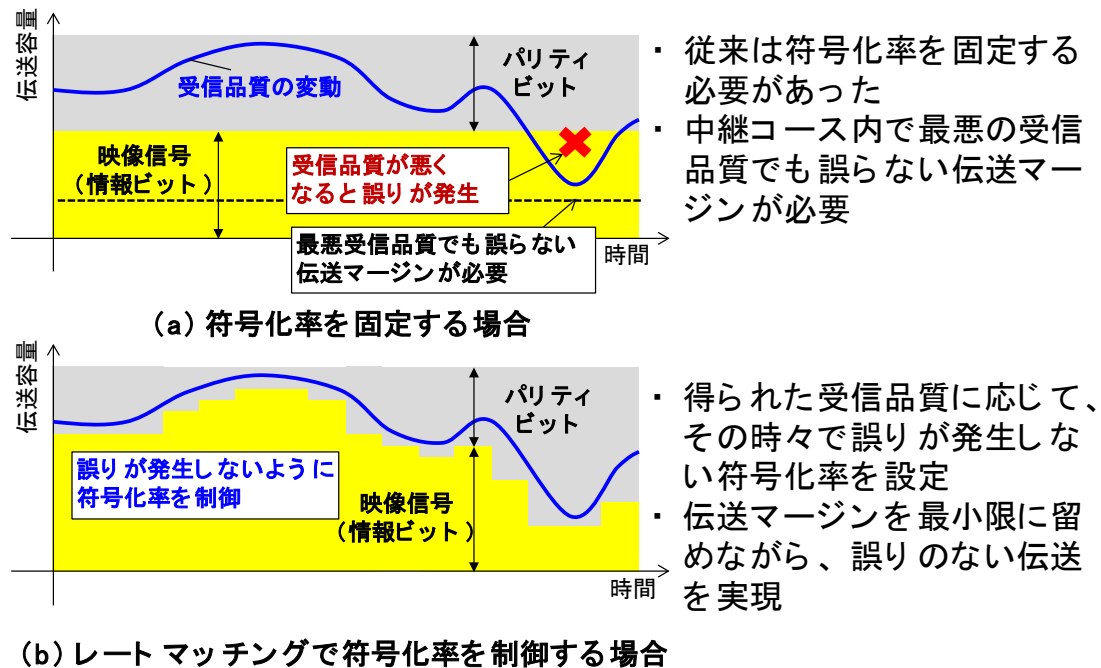


図6-1 レートマッチングの概要

従来の単方向通信方式のFPUのようにフィードバック回線がなく符号化率を固定する場合、伝送レートは一定となる。しかし、移動伝送のように受信品質が変動する伝搬路の場合、受信品質が劣化すると誤りが発生する可能性がある（図6-1(a)）。誤りを発生させないためには、想定される最悪の受信品質でも誤りが発生しないよう十分に伝送マージンを持った符号化率を設定する必要がある。

これに対して、複信方式の導入によるフィードバック回線を用いることで、レートマッチングで符号化率を制御することができる。この場合、受信品質に応じてその時点で誤りが発生しない最大の符号化率を選択することで、伝送マージンを最小限に留め、伝送レートを向上させることができる（図6-1(b)）。選択される符号化率はシステムのS/Nに相当するMIMO復調後のMER（Modulation Error Ratio）などを指標とし符号化率を制御することができる。

所要フェージングマージンの算出方法について

回線設計を行う上で必要となる所要フェージングマージンの算出方法は、以下のとおりである。

1 所要フェージングマージンの算出

(1) 固定伝送の場合

目標回線品質を満足するための所要フェージングマージン F_{mr} は、次式により求める。

$$F_{mr} = 10 \log [k \cdot P_R / \{P_{is} (d/D) \cdot A\}]$$

ただし、 $F_{mr} < 5\text{dB}$ の場合は、 $F_{mr} = 5\text{dB}$ とする。

k : 年変動による増加係数 2

P_R : レーレーフェージング発生確率

P_{is} : 回線瞬断率規格 5×10^{-3}

d : 区間距離 (km)

D : 伝送区間の距離 (km)

FPUにおいては一区間伝送であり、 $d=D$

A : スペースダイバーシチ方式による改善率。単一受信時は 1

P_R は次式により求める。

$$P_R = (f/4)^{1.2} \cdot d^{3.5} \cdot Q$$

f : 周波数 (GHz)

d : 伝搬路長 (km)

Q : 伝搬路の状態によって決まる係数 (次表)

表 7-1 伝搬路の状態によって決まる係数

分類	伝搬路	平均伝搬路高 h (m)	伝搬路係数 Q
山岳	山岳地帯が大部分を占めている場合	—	2.1×10^{-9}
平野	1 平野が大部分を占めている場合	$h \geq 100$	5.1×10^{-9}
	2 山岳地帯であるが、湾や入江があって海岸 (水際より 10km 程度までを含む) あるいは海上が含まれる場合	$h < 100$	$2.35 \times 10^{-8} \times h^{-1/3}$
海	1 海上	$h \geq 100$	$3.7 \times 10^{-7} \times h^{-1/2}$
	2 海岸 (水際より 10km 程度までを含む。) で平野	$h < 100$	$3.7 \times 10^{-6} \times h^{-1}$

表中の平均伝搬路高 (h) は、次式により求める。

$$h = (h_1 + h_2) / 2 - h_m$$

h_1, h_2 : 両局の空中線の海拔高 (m)

h_m : 平均地表高 (m) ただし、伝搬路が海上の場合には 0 とする。

また、反射がある場合で、実効反射減衰量 (D/U_r) が、 $D/U_r \leq 20\text{dB}$ のときは、 P_R の代わりに下図に示す等価レーレーフェージング発生確率 P_{Re} を用いる。なお、 D/U_r (実効反射減衰量 [dB]) は、下表に示す反射減衰量に送受アンテナの指向減衰量及び反射リッジ損失を加えた値とする。ただし、リッジ損失が 6dB 以上の場合は、反射波がないものとし、 $D/U_r = \infty$ とする。

表 7-2 反射減衰量

反射点	水面	水田	畑、乾田	都市、森林、山岳
反射減衰量	0dB	2dB	6dB	14dB

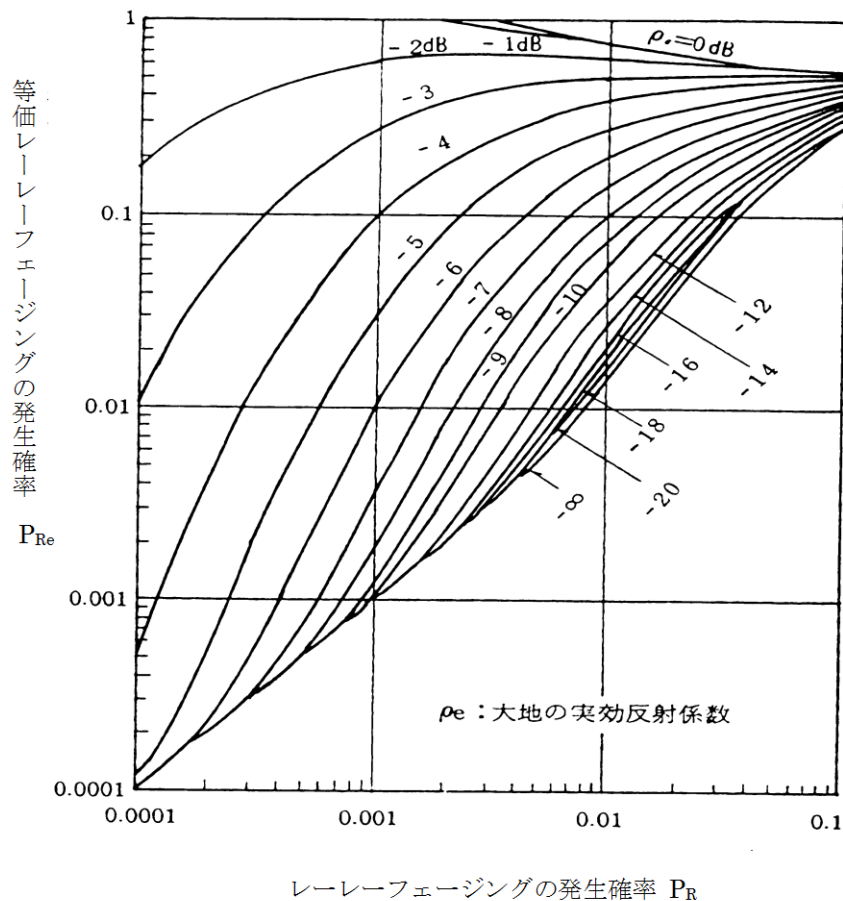


図 7-1 反射波がある場合の等価レーレーフェージング発生確率

(2) 移動伝送の場合

フェージングマージンを算出するための標準回線モデルには、仲上ーライ

スフェーシングモデルを用いる。上記モデルの受信電界（縦軸）と縦軸の値以上となる確率（横軸）の関係を下図に示す。パラメータは直接波と反射波（フェーシング波）のCMR (Carrier to Multipath Ratio) である。このパラメータは都市構造など伝搬環境によって定まる値である。ここでは、ある程度の見通しが得られる場合の一般的な値として、CMR を 0.125~0.15 (8dB~9dB) とする。

下図より、回線瞬断率が 0.5%以下（下図では横軸の値が 99.5%）となる受信電界値は -10dB である。これより、所要フェーシングマージンは 10dB となる。移動伝送を行う場合の所要フェーシングマージン F_{mr_rice} は、10dB を標準値とする。

FIGURE 4
Nakagami-Rice distribution for a constant total power (with the fraction of power carried by the random vector as parameter)

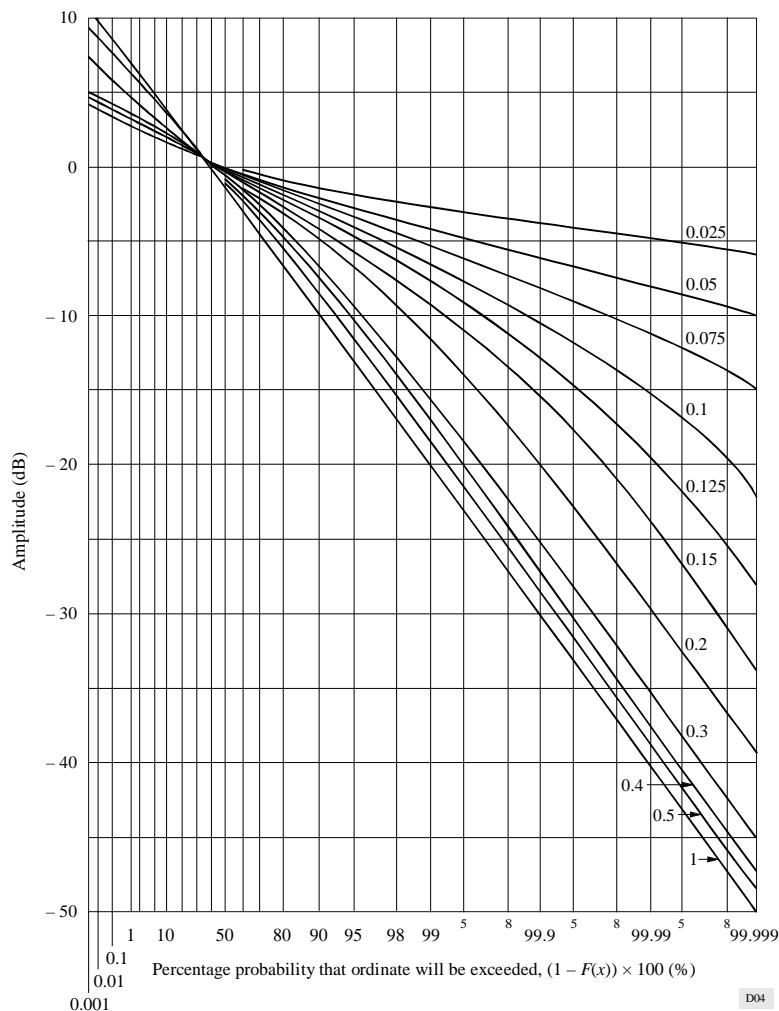


図 7-2 仲上-ライス累積確率分布（平均電力一定）

引用文献 : Rec. ITU-R P. 1057 “Probability distributions relevant to radio-wave propagation modelling” , 1994

[根拠]

固定伝送においては、デジタル（シングルキャリア）方式 FPU と同じ所要フェージングマージンの計算法を用いるのが適当である。

移動伝送の場合の標準回線モデルには、仲上ーライスフェージングモデルを用いた。これは、電波の直進性が強いマイクロ波帯の場合には、ある程度の見通しが得られることが前提条件となるためである。CMR は 8~9dB であるが、この値はこれまでの野外実験結果から概ね妥当な値である⁽¹⁾。このとき、所要フェージングマージンは 10dB となる⁽²⁾。

2 参考文献

- (1) 平ほか：“マイクロ波帯を用いた低基地局アンテナ高マイクロセル伝搬損失特性”，信学技報 A・P95-137, EMCJ95-111, NW95-188 (1996-02)
- (2) 池田ほか：“マイクロ波帯 QAM-OFDM デジタル FPU の移動伝送特性”，2000 年映情メ学会冬季大会, 6-5, p. 91

電波防護指針について

1 電波防護指針について

各種無線設備から発射される電波が人体に与える影響については、電波防護指針（電気通信技術審議会平成2年諮問第38号及び平成9年諮問第89号答申）に基づき、電波法施行規則第21条の3及び無線設備規則第14条の2において規制されている。

諮問第89号において、管理指針として電磁界強度指針、局所吸収指針が示されている。「電磁界強度指針」とは対象とする空間における電界強度、磁界強度、電力密度によって、当該区間の安全性を評価するための指針である。「局所吸収指針」は、主に身体に極めて近接して使用される無線機器等から発射される電磁波により、身体の一部が集中的に電磁界にさらされる場合において、基礎指針に従った詳細評価を行うために使用する指針をいう。ここで、基礎指針とは人体が電磁界にさらされるとき人体に生じる各種の生体作用（体温上昇に伴う熱ストレス、電流刺激、高周波熱傷等）にもとづいて、人体の安全を評価するための指針をいう。

FPUの電波防護指針については、移動局や基地局アンテナからの電波に対する電磁界強度指針を検討するとともに、FPUアンテナの近傍で作業する場合を想定して局所吸収指針による検討も行った。

電波法施行規則第21条の3においては「移動する無線局の無線設備」は電波の強度に対する安全施設の対象外となっているが、移動中継においても基地局は固定されたまま送信を行うこと、また移動局がゴルフ中継や緊急報道中継において固定的に利用される場合があることを考慮し、平成11年郵政省告示第300号に示す計算方法に基づき検討を行った。

2 指針に対する適合性の評価について

(1) 電磁界強度指針による検討

ア 電磁界強度指針の基準等について

電波法施行規則第21条の3別表2号の3の2において、電波の強度が以下の基準値を超える場所には、取扱者のほか容易に立ち入りすることができないように施設をしなければならないとされている。

表 8 - 1 電磁界強度／電力束密度（平均時間 6 分間）の基準値 抜粋
（電波法施行規則別表第 2 号の 3 の 2）

周波数	電界強度実効値 [V/m]	磁界強度実効値 [A/m]	電力束密度 [mW/cm ²]
300MHz - 1.5GHz	1.585√f	√f /237.8	f/1500
1.5GHz - 300GHz	61.4	0.163	1

注：本表は一般環境における基準である。管理環境では、*1 は f/300、*2 は 5 である。

なお、この場合の電波の強度については、平成11年度郵政省告示第300号に示す計算方法及び測定方法に基づいて、電波防護のための基準への適合性確認を実施することとされている。

イ 電磁界強度指針に対する距離について

平成11年郵政省告示第300号における基本算出式を用いて逆算し、4 K・8 K用FPUが電波防護指針を満たす空中線からの距離を送信空中線の主輻射方向に対し求めた。

$$S_0 = \frac{P \cdot G}{40\pi R^2} \cdot K [mW/cm^2]$$

S[mW]は電力束密度、P[W]は空中線電力、R[m]は空中線からの距離、G[倍]は主輻射方向の利得を表す。なお、Kは反射係数であり、ここでは大地面反射を考慮することとし送信周波数が76MHz以上の場合の定数として、K=2.56とした。

計算には各回線設計モデルで用いた値とし、各モデルにおける送信空中線の主輻射方向において空中線と人体との電波防護指針を満たす距離を計算した。

なお、送信アンテナ利得は運用モデルごとの回線設計例から引用し、送信給電線損失は1.5dB、ビームフォーミング利得が最も強くなる場合を想定し、上り回線の送信電力に6dBを加算した。またTDDフレーム長は、それぞれ最大値となる条件である上り回線に3.8ms/0.4msの組み合わせ、下り回線に1.9ms/0.3msの組み合わせとし、電力束密度は時間平均を取るものとして時分割送信による電力配分の補正を行った。計算では、一般環境（人体が電磁界にさらされている状況の認識や適正管理等が期待できず、不確定な要因があるケース）とした基準値を用いた。

計算の結果は、表 8 - 2 のとおりである。

表 8-2 各回線設計モデルが電波防護指針を満たす距離

モデル	周波数	回線	送信アンテナ 利得[dBi]	送信機 出力 [W]	電磁界強度指針を満たす距離[m]	
					(反射考慮)	(反射なし)
モデル 1 中継車から受信 基地局へ固定中 継	1. 2GHz	上り	12.0	25.0	4.9	3.1
		下り	18.1	25.0	1.9	1.2
	2. 3GHz	上り	12.0	40.0	5.7	3.6
		下り	21.1	40.0	3.2	2.0
モデル 2 中継車から受信 基地局へ移動中 継	1. 2GHz	上り	7.2	25.0	2.8	1.8
		下り	14.0	25.0	1.2	0.8
	2. 3GHz	上り	7.2	40.0	3.3	2.1
		下り	18.1	40.0	2.3	1.4
モデル 3 市街地中継車か ら受信基地局へ 移動中継	1. 2GHz	上り	5.2	25.0	2.3	1.4
		下り	12.0	25.0	1.0	0.6
	2. 3GHz	上り	5.2	40.0	2.6	1.6
		下り	14.0	40.0	1.4	0.9
モデル 4 中継車からヘリ コプターへ移動 中継	1. 2GHz	上り	0.0	25.0	1.2	0.8
		下り	7.2	25.0	0.6	0.3
	2. 3GHz	上り	0.0	40.0	1.4	0.9
		下り	7.2	40.0	0.6	0.4
モデル 5 背負子から中継 車へ移動中継	1. 2GHz	上り	5.2	0.50	0.3	0.2
		下り	14.0	0.50	0.2	0.1
	2. 3GHz	上り	5.2	0.50	0.3	0.2
		下り	18.1	0.50	0.3	0.2
モデル 6 バイクから中継 車へ移動中継	1. 2GHz	上り	5.2	0.50	0.3	0.2
		下り	12.0	0.50	0.1	0.1
	2. 3GHz	上り	7.2	0.50	0.4	0.2
		下り	14.0	0.50	0.2	0.1

ウ まとめ

主輻射方向に人が立ち入るためには、表 8-2 に示す距離が必要になる。しかし、実際の運用モデル（中継車への設置モデルでは送信高 3.5m）における送信アンテナの高さや指向性を考慮すると、指針による距離は確保できるものと考えられる。

放送事業用としての運用形態を考慮すると、移動局が中継車の場合は、送信アンテナを移動車屋上に設置するため主輻射方向は地上 2m 以上の場所となる。ランナーや一般の通行者等が主輻射方向に入ることはなく、通常

の作業においても指針による距離を確保することは十分可能である。また、報道等の固定伝送においても、送信アンテナ等機材を中継車屋上やビル屋上等見通しの良い場所に設置するため、一般の通行者等が主輻射方向に入るような環境にはなることはない。しかし、設置環境によっては、防護柵等を設置することも運用者は考慮すべきである。

なお、移動局が背負子もしくはバイクの場合は、カメラマン等による持ち運びを前提とする機材となり送信機出力が低いものとなることから、電磁界強度指針を満たす距離は0.4m以下と短くなる。一方で、送信アンテナ高が低くなることが予想されるため、人がこの距離以内に立ち入らないように配慮して、運用を行う必要がある。

基地局については、ビルや仮設やぐら等所から遠方の移動局に向けて使用するという運用が想定されるため、人が主輻射方向かつ表8-2に示す距離以内に入るような環境になることは想定されず、電磁界強度指針に適合するものと考えられる。

なお、設置環境によっては、指針を満たす距離を念頭に防護柵等を設置することも考慮すべきである。

(2) 局所吸収指針による検討

局所吸収指針に関しては、ワイヤレスカメラや送信アンテナ近傍の作業等FPUの運用において人体が送信部に近接する可能性が否定できないことから、その適合を検討した。

ア 局所吸収指針の基準等について

現行FPUにおける最悪の電磁波暴露の形態として検討された移動局車両屋上、送信用2段コーリニアアンテナ(利得約5dBi)において、その近傍で作業する場合を想定した。

また、生体が電磁界にさらされることによって単位質量の組織に単位時間に吸収されるエネルギー量は、SAR(Specific Absorption Rate: 比吸収率。IEEE C95.1)として、次式で定義される。

$$SAR = \frac{\sigma}{\rho} E^2 [W/kg]$$

σ [S/m]は生体組織の導電率、 ρ [kg/m³]は生体組織の密度、 E [V/m]は電界強度の実効値である。

電波防護指針の局所吸収指針においては、人体局所の任意の組織10gにわたり平均した10g局所平均SAR(計算方法はIEEE C95.3で定義)および全身にわたり平均した全身平均SARの指針値が示されている。放送機器の運用は、無線従事者が管理する環境で行われることから、管理環境(人体が電磁界にさらされている状況が認識され、電波の放射源を特定できるとも

に、これに応じた適切な管理が行える条件)の基準とした。管理環境では、10g平均局所SARが10[W/kg]以下(四肢では20[W/kg]以下)、全身平均SARが0.4[W/kg]以下となっている。

イ 局所吸収指針に対する距離について

現行FPUにおける最悪の電磁波暴露の形態(中継車屋上に送信アンテナを設置しその近傍で作業する場合)の検討において、10g平均局所SARと全身平均SARの解析結果が示されており、現行FPUでは人とアンテナの間の距離が200[mm]の場合においても指針値を満たし局所吸収指針に適合していることが確認されている。

現行FPUの検討で電磁界シミュレーションにより算出されたSARの値を基に比例換算を行い、ビームフォーミングとTDDの効果(TDDフレーム長は、それぞれ最大値となる条件である上り回線に3.8ms/0.4msの組み合わせ、下り回線に1.9ms/0.3msの組み合わせ)を考慮して求めた4K・8K用FPUのSARを、表8-3に示す。4K・8K用FPUでは、現行FPUのものに加えてビームフォーミング利得の最大値6dBが加わった場合を想定した。また、送信電力は1.2GHz帯で25[W]及び5[W]、2.3GHz帯で40[W]及び5[W]として計算したところ、以下のとおりである。

表8-3 4K・8K用FPUの10g平均局所SARと全身平均SAR

周波数帯	距離[mm]	上り回線		下り回線	
		10g平均局所SAR[W/kg]	全身平均SAR[W/kg]	10g平均局所SAR[W/kg]	全身平均SAR[W/kg]
1.2GHz帯 (出力25W、中心周波数1270MHz)	200	10.49	0.13	1.89	0.02
	400	4.34	0.08	0.78	0.02
	1000	1.08	0.03	0.20	0.01
1.2GHz帯 (出力5W、中心周波数1270MHz)	200	2.09	0.03	0.38	0.005
	400	0.86	0.02	0.16	0.003
	1000	0.21	0.01	0.04	0.001
2.3GHz帯 (出力40W、中心周波数2350MHz)	200	14.83	0.15	2.68	0.03
	400	7.23	0.09	1.31	0.02
	1000	2.53	0.04	0.46	0.01
2.3GHz帯 (出力5W、中心周波数2350MHz)	200	1.85	0.02	0.33	0.004
	400	0.90	0.01	0.16	0.002
	1000	0.31	0.005	0.06	0.001

10g平均SARについては、距離200[mm]以内において指針値の10[W/kg]を上回るため、アンテナと人の距離は400[mm]以上を保つべきである。全身

平均SARについては、アンテナに最も近い条件においても指針値の0.4[W/kg]を下回ることを確認した。これらの結果は最悪の条件として、アンテナ近傍で作業する場合について解析したが、それよりもアンテナから離れた位置にいるドライバー、アナウンサー、ランナー、観客などが基準内の影響をうけることはない。

なお、ロードレース中継において主要な運用モデルとなる運用モデル5の背負子や運用モデル6のオートバイからの伝送では、人と送信アンテナの距離が近くなるが、カメラマン等が持ち運びできることを前提とする機材となり、通常、送信電力が0.5Wの機材が使われる。その場合、SARの値は表8-3に比べて1.2GHz帯では1/50に、2.3GHz帯では1/80となり、距離200mmにおいても基準値を大きく下回る。また、実際のロードレース中継では、最大5Wで送信する場合もあるが、基準値内となっている。従って、運用モデル5、6においては、4K・8K用FPUを安全に運用することができる。

現行 FPU を含む他の無線システムとの干渉検討の考え方

1 干渉検討の対象について

他の無線システムとの干渉検討については、同一又は隣接周波数を使用する既存の無線システム等との干渉を回避するための周波数共用条件に関して検討を行った。また、周波数を共用する他の無線システムについては、それぞれの諸元が明らかになっており、かつ、概ね、運用形態も把握できていることから、D/U比を基本的な基準として検討を行った。

1. 2GHz 帯 (1240~1300MHz) 及び 2. 3GHz 帯 (2330~2370MHz) の周波数割当ての状況について、図 9-1 に示す。

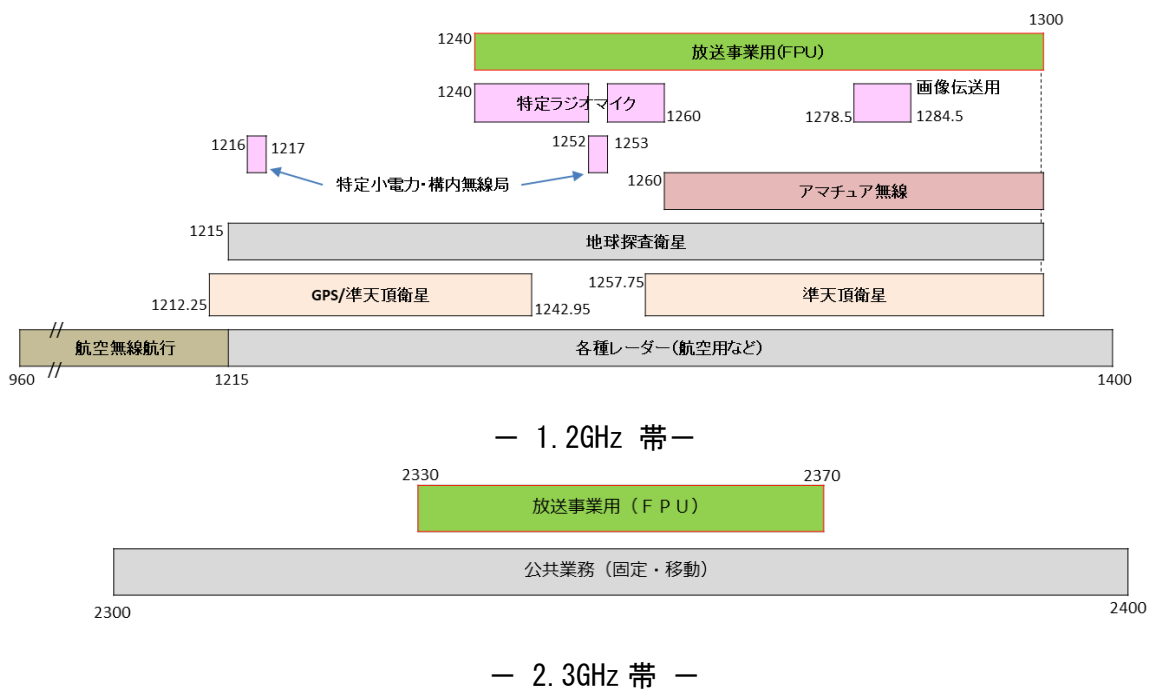


図 9-1 1240~1300MHz、2330~2370MHz 周波数帯の割当状況

他の無線システムとの干渉検討については、1.2GHz 帯の特定ラジオマイク、特定小電力・構内無線局、画像伝送用携帯局、アマチュア無線局、準天頂衛星システム、航空路監視レーダーを対象として検討を行った。なお、2.3GHz 帯については、干渉検討の対象となる無線システムはなかった。

干渉検討は、一次業務の局に対しては FPU との被干渉・与干渉を、二次業務の局に対しては被干渉のみ、検討を行った。

また、実験条件については、放送システム委員会報告（平成 25 年 1 月 25 日）「1.2GHz 帯及び 2.3GHz 帯を使用する放送事業用無線局（FPU）の技術的条件につ

いて」及び衛星通信システム委員会報告（平成 28 年 6 月 30 日）「2GHz 帯等を用いた移動衛星通信システム等の在り方及び技術的条件」のうち「実用準天頂衛星システムの技術的条件」を参照して、行っている。

2 干渉検討の組み合わせについて

4 K・8 K 用 FPU については、4×4 SVD(Singular Multiple-Output)-MIMO(Multiple -Input Multiple-Output)方式を採用する。本方式は、最大で4つのSISO(Single -Input Single-Output)伝送路を仮想的に構成することから、基地局及び移動局は4本の送受信アンテナを用いる。基地局は移動局からの映像信号を受信するとともに、受信された信号を解析して最適な伝送パラメータを算出し、移動局に送り返す仕組みとなっている。

干渉検討の組み合わせについては、今回、現行 FPU に対して基地局から移動局に送り返す仕組みが加わることから、以下の組み合わせが想定される。

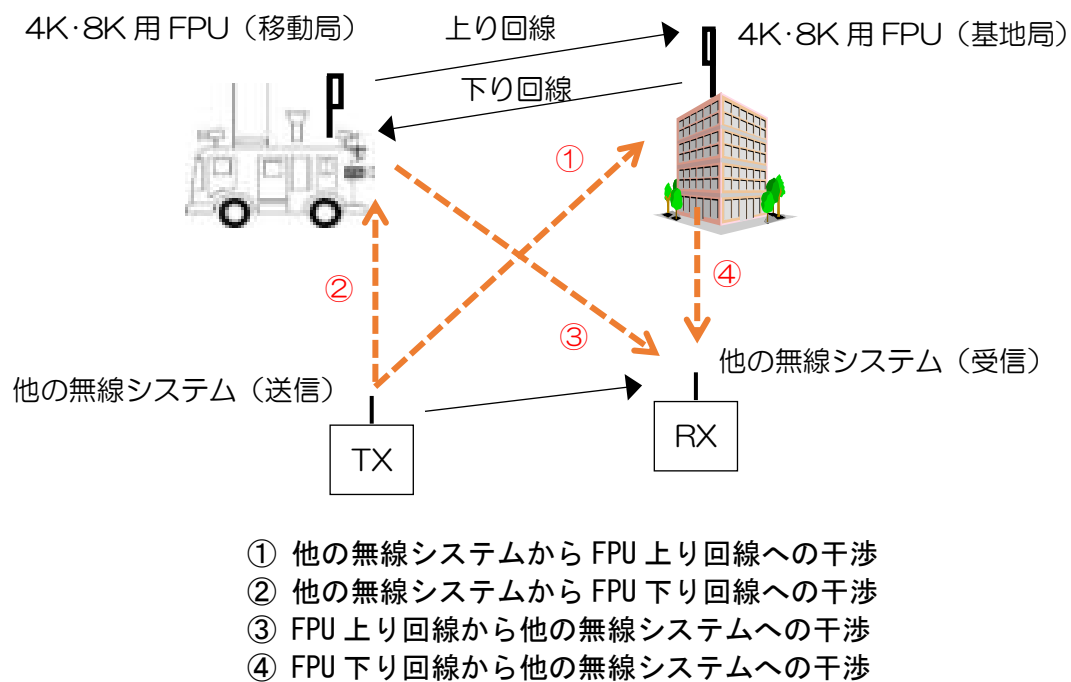


図 9-2 干渉の組合せ

検討対象の電波システムに対しては、これら干渉の組み合わせにおいて、室内試験により所要 D/U 比を測定し、共用条件としての離隔距離を求めた。

3 受信電力について

標準的な受信電力については、ロードレースの標準的な運用モデルである運用モデル 3（移動中継 3km）において、送信アンテナを 4 段コーリニア、受信アンテナを 12 素子八木とした場合の受信電力、 -57dBm とした。

また、4 K・8 K 用 FPU は上下対称な回線であり、上り回線と下り回線の受信

電力は同じであることから、下り回線の標準的な受信電力も-57dBmとした。

表 9-1 標準的な受信電力における回線設計例

	項目	備考	値
①	送信中心周波数 [MHz]		1270.0
②	送信波長 [m]		0.24
③	送信出力 [W]		25.0
④	送信出力 [dBm]		44.0
⑤	送信アンテナ高 d[m]		3.5
⑥	送信アンテナ利得 [dBi]	4段コーリニア	7.2
⑦	送信給電線損失[dB]		1.5
⑧	実効放射電力[dBm]	④+⑥-⑦	49.7
⑨	送受間距離 [km]		3.0
⑩	自由空間損失[dB]	$20 \log((2)/(4\pi ⑨))$	-104.1
⑪	障害物透過損マージン[dB]		5.0
⑫	一区間瞬断時間率[%]		0.5
⑬	所要フェージングマージン[dB]		10.0
⑭	受信アンテナ高 [m]		10.0
⑮	受信アンテナ利得 [dBi]	12素子八木	14.0
⑯	受信給電線損失[dB]		1.5
⑰	受信点電力[dBm]	⑧+⑩-⑪-⑬+⑮-⑯	-56.9
⑱	ボルツマン定数 k [W/(Hz·K)]		$1.38E-23$
⑲	ボルツマン定数 k [dBm/(Hz·K)]		-198.6
⑳	標準温度 T0 [dBK]		24.8
㉑	信号帯域幅 B [MHz]		17.2
㉒	信号帯域幅 B [dBHz]		72.4
㉓	受信機雑音指数 F [dB]		4.0
㉔	受信機熱雑音 $N_i = k T_0 B F$ [dBm]	⑲+⑳+㉒+㉓	-97.4
㉕	受信機熱雑音 C/N [dB]	⑰-㉔	40.6
㉖	所要 C/N [dB]		21.0
㉗	相関マージン [dB]		4.0
㉘	相関マージンを考慮した所要	㉖+㉗	25.0
㉙	伝送マージン [dB]	㉕-㉘	15.6

4 時分割複信 (TDD : Time Division Duplex) 方式における信号電力の補正

4 K・8 K用 FPU は時分割複信 (TDD) 方式により、同じ送信周波数で、上り回線と下り回線を時分割に切り替えているため、送信信号の電力は上り/下り回線の時間比率で小さくなる。

今回の技術試験では、上り回線と下り回線の送信時間はそれぞれ 1.9ms、0.3ms として行っており、この比率で、間欠的に伝送されるため、その割合で、上り回線/下り回線の送信電力は小さくなる。実験における計測では、間欠伝送により低下した電力が測定されるため、間欠伝送が無い場合の電力に換算する場合には、測定値から以下の補正值を差し引いた上で評価を行う。

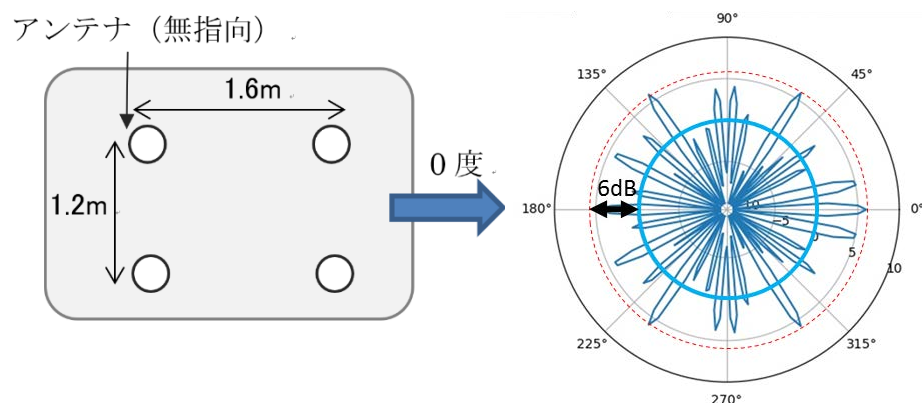
・上り回線の補正值 : $10\log\left(\frac{1.9}{2.2}\right) = -0.64(\text{dB})$

・下り回線の補正值 : $10\log\left(\frac{0.3}{2.2}\right) = -8.65(\text{dB})$

5 ビームフォーミング

一般的に、複数の送信アンテナから互いに相関の無い信号を送信すると、受信電力は各送信信号を個別に受信した場合の電力の和となる (電力加算)。一方、各アンテナからの送信信号波形が同一の場合、受信信号は各送信アンテナから受信した信号の電圧波形の和 (電圧加算) となるため、これらの信号波形が同相となる場合 (ビームフォーミング)、電力加算の場合に比べて合成電力はアンテナ数倍に大きくなる。4x4SVD-MIMO 方式では、1つのストリームに電力が集中した場合にビームフォーミングによる利得が最大となることがわかっている。

他システムとの共用検討を行う場合、最悪ケースとして、ビームフォーミング利得を最大 6dB として検討を行うこととした。しかし、実際の伝搬環境で1つのストリームに送信信号が集中することは稀であることにも考慮する必要がある。



(a) 送信アンテナの配置例

(b) 放射パターンの例

※ 内側の青い円 : 電力加算による利得 (ビームフォーミングなし)、
赤い円 : 電圧加算による最大利得 (ビームフォーミングあり)

図 9-3 ビームフォーミングのパターンイメージ

6 I/NとD/U

新たに混信が発生する可能性がある無線システムとの干渉検討では、相手側システムの運用などが明確になっていない場合が多く、一般的に I/N (干渉電力対雑音電力比) で干渉検討が行われる。一方、今回、4K・8K用 FPU の検討では、共用する現行 FPU や他の無線システムの諸元やその運用形態が明確となっていることから、D/U (混信保護比) を基準として検討を行った。

7 干渉試験について

(1) 室内試験の実験条件

- ・ 2.3GHz 帯 FPU を検証機とするため、希望波と妨害波の周波数配置が同じなるよう妨害波側の周波数を設定した。妨害波には RF 信号発生器を用いた。
- ・ FPU 受信機入力レベルは基準レベル (-57dBm) に固定とした。
- ・ 所要 D/U 比は、4K・8K用 FPU の BER 値 = 2×10^{-4} となる計測値とした。
- ・ 伝送路モデルと空間相関を組合せて 4 種類の実験条件をフェージングシミュレータにおいて設定し、それぞれについて所要 D/U 比を測定した。
- ・ BER は受信 BPF=on とした。

(2) 室内実験の構成図について

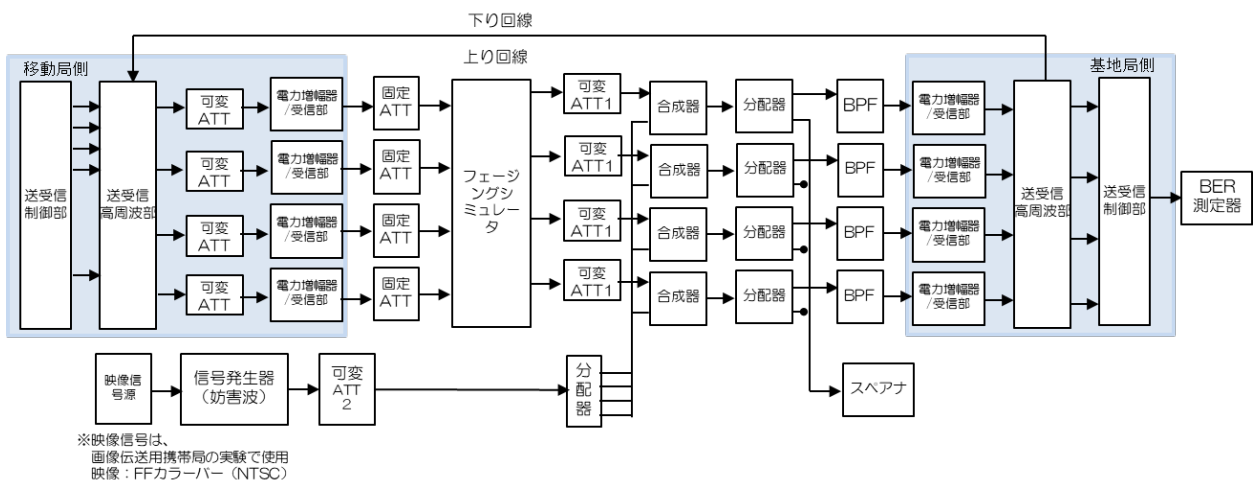


図 9-4 室内実験の構成図

(3) フェージングシミュレータについて

4x4 SVD-MIMO 方式では、同一周波数で 4 本のアンテナから信号を送信し、マルチパス伝搬路を経由して 4 本のアンテナによって受信される。フェージングシミュレータは、遅延プロファイルを設定することにより、移動伝送における伝搬路の状況を模擬する装置であり、室内実験は、マルチパス伝搬路を再現して行った。また、実験では、以下の 4 つのモデルにより行っている。

- ・ 郊外 A/低相関

- ・ 郊外 A/典型相関
- ・ 都市部 A/低相関
- ・ 都市部 A/典型相関

伝送路モデルにおける遅延プロファイルは、総務省委託研究「次世代映像素材伝送の実現に向けた高効率周波数利用技術に関する研究開発」（平成 26-29 年）で実施した野外伝送実験で得られたモデル（表 9-2）を使用した。

表 9-2 遅延プロファイルのパラメータ

モデル名	パス数	平均遅延 [us]	最大遅延 [us]	遅延スプレッド [us]	伝搬環境
郊外モデル A	11	0.121	1.009	0.198	LOS (K=6 dB)
都市モデル A	13	0.106	4.151	0.411	LOS (K=3 dB)

K：主波のライスファクタ

空間相関は、送信アンテナ間の相関（チャンネル行列の列同士の相関）と受信アンテナ間の相関（チャンネル行列の行同士の相関）である。

4x4SVD-MIMO 方式では最大 4 つの仮想的な SISO 伝搬路を形成するが、相関が強いと独立した伝搬路を形成しにくくなり、伝搬路の数が減少する場合がある。低相関は（送信相関、受信相関）= (0.0, 0.0) であり、良好な伝搬路条件となっている。一方、典型相関は（送信相関、受信相関）= (0.7, 0.3) であり、SVD-MIMO 方式には厳しい伝搬条件となっている。フェージングシミュレータはこれらの相関値を平均値としてフェージングを発生させる。

また、SVD-MIMO 方式ではマルチパス伝搬路に対して最適なビット数を各 SISO 伝搬路に配分して送信する。例えば、ビット配分は (7, 5, 4, 0) の場合には、128QAM、32QAM、16QAM の 3 つの SISO 伝搬路を形成する。このビット配分はフェージングの状況により刻々変化するためシミュレータを静止させて所要 D/U の測定を行った。静止する時系列ポイントを決めるために、事前にビット配分の分布を調べ、最頻出のビット配分となるポイントで静止させて実験を行っている。計測したビット配分の出現頻度を図 9-5 に示す。

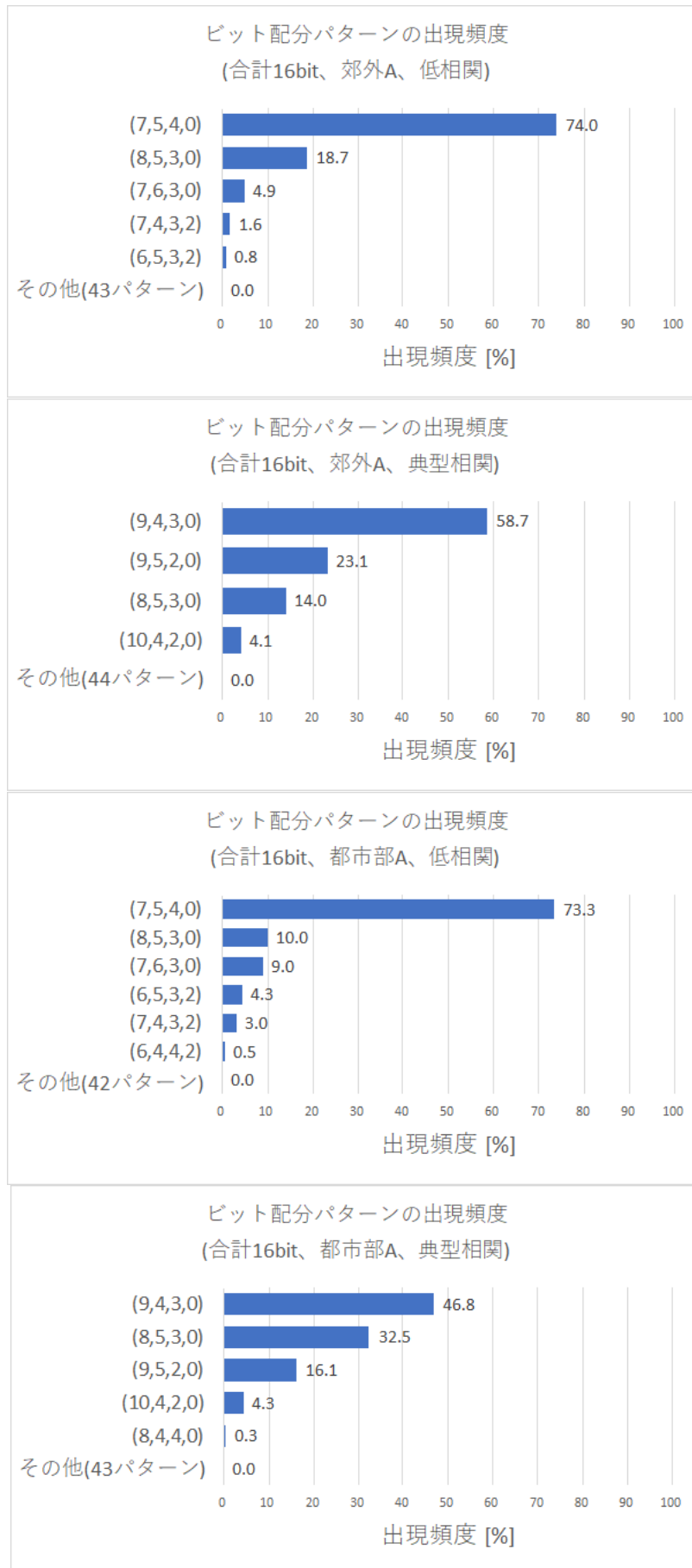


図 9-5 ビット配分の出現頻度

ビット配分は相関の種類により特徴づけられることが見て取れる。低相関の場合、郊外 A、都市部 A とともに 70%以上のビットが(7, 5, 4, 0)で伝送されている。典型相関では、半分程度のビットが(9, 4, 3, 0)で伝送されている。

(4) 離隔距離について

ア 離隔距離の考え方について

従来、FPU の干渉検討では、送信信号間の干渉による影響のみを検証するために送信機と受信機を直結した外乱要素のない理想的な伝搬路を前提に所要 D/U や離隔距離が検討されている。一方、送信信号を空間で多重し、受信側で分離する SVD-MIMO 方式では、送受信機を直結した状態で運用状態を模擬することができない。そのため、伝送品質に関与する伝送路モデルや空間相関などが設定でき、実際の伝搬路状況を模擬できるフェージングシミュレータを用いて所要 D/U を測定する実験を行った。

従来の FPU の干渉検討で用いた所要 D/U は、理想的な伝搬路で測定しており、測定できる所要 D/U としては最も小さい値である。そのため、各伝搬モデルで測定した所要 D/U の実験結果の中から、最も小さいものを離隔距離算出に用いる所要 D/U とした。干渉検討の検証結果では、郊外 A 低相関の離隔距離が最も小さく、これを最終的な離隔距離として用いることとした。

なお、その他の伝搬モデルの検証結果は伝搬環境に応じた参考データとした。

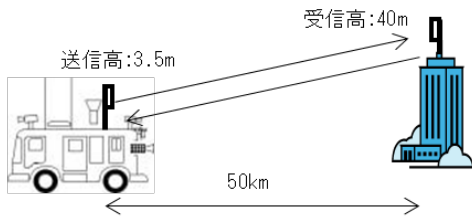
イ 計算手法について

室内実験において計測された所要 D/U に基づき離隔距離の検討を行う。検討する①基本干渉モデル、②各干渉モデルにおける FPU の送信諸元、③離隔距離の計算式を整理する。

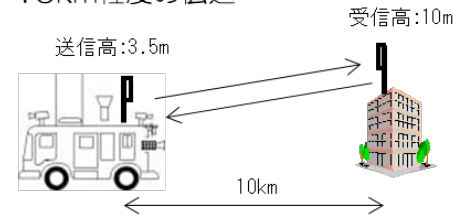
① 基本干渉モデル

干渉モデルについては、4 K・8 K用 FPU の運用モデル(図 9-6)において、他の無線システムの送受信機を加えることで、当該システムごとにモデルを設定する。

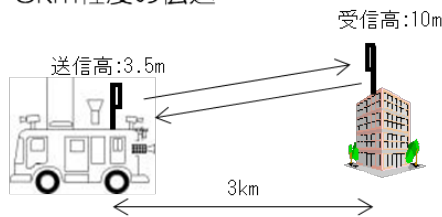
①モデル1 [固定中継]
中継車から受信基地局まで伝搬距離
50km (仮) までの伝送



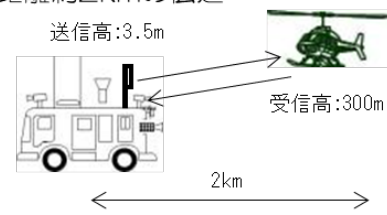
②モデル2 [移動中継]
中継車から受信基地局まで伝搬距離
10km程度の伝送



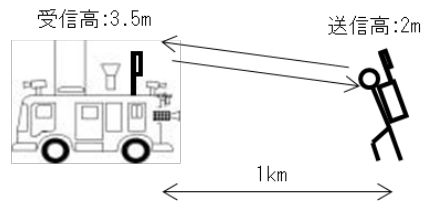
③モデル3 [移動中継]
市街地で中継車から受信基地局まで
3km程度の伝送



④モデル4 [移動中継]
中継車からヘリコプターに向け伝搬
距離約2kmの伝送



⑤モデル5 [移動中継]
機材を背負い最寄りの中継車に1km
までの伝送



⑥モデル6 [移動中継]
バイクから中継車に1kmまでの伝送

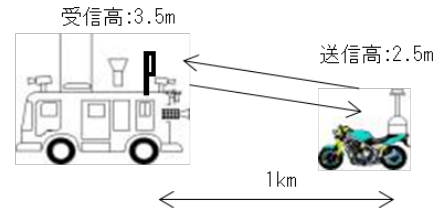


図 9-6 4 K・8 K用 FPU の運用モデル

② 4 K・8 K用 FPU の送信諸元について

4 K・8 K用 FPU の運用モデルごとの送信諸元を表 9-3 に示す。それぞれの送信諸元は、回線設計例から引用した。

なお、運用モデル 5、6 (背負子、オートバイ) については、既存 FPU において送信電力 0.5W の小型 FPU が製品化されており、4 K・8 K用 FPU においても、その運用においてカメラマン等が持ち運び可能な小型 FPU 形態が前提となることから、送信出力を 0.5W として計算することとした。

表 9-3 1.2GHz 帯 4 K・8 K用 FPU の送信諸元

運用モデル		モデル 1	モデル 2	モデル 3	モデル 4	モデル 5	モデル 6
上り 回線	送信周波数 [GHz]	1.270	1.270	1.270	1.270	1.270	1.270
	送信出力 [W]	25.0	25.0	25.0	25.0	0.5	0.5
	送信出力 [dBm]	44.0	44.0	44.0	44.0	27.0	27.0
	送信アンテナ	8 素子八木	4 段コーリニア	2 段コーリニア	2 段コーリニア・垂直	2 段コーリニア	2 段コーリニア
	送信アンテナ利得 [dBi]	12.0	7.2	5.2	0.0	5.2	5.2
	送信アンテナ高 [m]	3.5	3.5	3.5	3.5	2.0	2.5
	送信給電線損失 [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
下り 回線	送信周波数 [GHz]	1.2490	1.2490	1.2490	1.2490	1.2490	1.2490
	送信出力 [W]	25.0	25.0	25.0	25.0	0.5	0.5
	送信出力 [dBm]	44.0	44.0	44.0	44.0	27.0	27.0
	送信アンテナ	26 素子八木	12 素子八木	8 素子八木	平面	12 素子八木	8 素子八木
	送信アンテナ利得 [dBi]	18.1	14.0	12.0	7.2	14.0	12.0
	送信アンテナ高 [m]	40.0	10.0	10.0	300.0	3.5	3.5
	送信給電線損失 [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

表 9-4 2.3GHz 帯 4 K・8 K用 FPU の送信諸元

運用モデル		モデル 1	モデル 2	モデル 3	モデル 4	モデル 5	モデル 6
上り 回線	送信周波数 [GHz]	2.350	2.350	2.350	2.350	2.350	2.350
	送信出力 [W]	40.0	40.0	40.0	40.0	0.5	0.5
	送信出力 [dBm]	46.0	46.0	46.0	46.0	27.0	27.0
	送信アンテナ	8 素子八木	4 段コーリニア	2 段コーリニア	2 段コーリニア・垂直	2 段コーリニア	4 段コーリニア
	送信アンテナ利得 [dBi]	12.0	7.2	5.2	0.0	5.2	7.2
	送信アンテナ高 [m]	3.5	3.5	3.5	3.5	2.0	2.5
	送信給電線損失 [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
下り 回線	送信周波数 [GHz]	2.350	2.350	2.350	2.350	2.350	2.350
	送信出力 [W]	40.0	40.0	40.0	40.0	0.5	0.5
	送信出力 [dBm]	46.0	46.0	46.0	46.0	27.0	27.0
	送信アンテナ	26 素子八木・スタック	26 素子八木	12 素子八木	平面	26 素子八木	12 素子八木
	送信アンテナ利得 [dBi]	21.1	18.1	14.0	7.2	18.1	14.0
	送信アンテナ高 [m]	40.0	10.0	10.0	300.0	3.5	3.5
	送信給電線損失 [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

また、現行 FPU の運用モデルごとの送信諸元を表 9-5、9-6 に示す。それぞれの送信諸元は、放送システム委員会報告（平成 25 年 1 月 25 日）の回線設計例から引用している。また、送信出力は技術的条件に定める最大値とし、また、運用モデル 5、6（背負子、オートバイ）については、前表と同じく、運用実態に合わせた送信電力 0.5W として計算する。

表 9-5 1.2GHz 帯 現行 FPU の送信諸元

運用モデル	モデル 1	モデル 2	モデル 3	モデル 4	モデル 5	モデル 6
送信周波数 [GHz]	1.270	1.270	1.270	1.270	1.270	1.270
送信出力 [W]	25.0	25.0	25.0	25.0	0.5	0.5
送信出力 [dBm]	44.0	44.0	44.0	44.0	27.0	27.0
送信アンテナ	8 素子八木	4 段コーリニア	3 段コーリニア	2 段コーリニア・垂直	2 段コーリニア	2 段コーリニア
送信アンテナ利得 [dBi]	12.0	7.2	6.0	0.0	5.2	5.2
送信アンテナ高 [m]	3.5	3.5	3.5	3.5	2.0	2.5
送信給電線損失 [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

表 9-6 2.3GHz 帯 現行 FPU の送信諸元

運用モデル	モデル 1	モデル 2	モデル 3	モデル 4	モデル 5	モデル 6
送信周波数 [GHz]	2.350	2.350	2.350	2.350	2.350	2.350
送信出力 [W]	40.0	40.0	40.0	40.0	0.5	0.5
送信出力 [dBm]	46.0	46.0	46.0	46.0	27.0	27.0
送信アンテナ	8 素子八木	4 段コーリニア	4 段コーリニア	2 段コーリニア・垂直	2 段コーリニア	2 段コーリニア
送信アンテナ利得 [dBi]	12.0	7.2	7.2	0.0	5.2	5.2
送信アンテナ高 [m]	3.5	3.5	3.5	3.5	2.0	2.5
送信給電線損失 [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

③ 離隔距離の計算式

自由空間モデル及び平面大地モデルにおける離隔距離の計算式について、以下に示す。

○自由空間モデル

自由空間モデルにより、得られる受信電力を式(1)に示す。

$$P_r = L_f G_r G_t P_t \quad (1)$$

P_t : 送信電力 G_t : 送信アンテナ利得

P_r : 受信電力 G_r : 受信アンテナ利得

L_f は自由空間伝搬損失であり、式(2)で表される。

$$L_f = \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2 \quad (2)$$

所要 DU 比 α を希望波受信電力 P_{rd} と妨害波受信電力 P_{ru} の比とする。

$$\alpha = \frac{P_{rd}}{P_{ru}} \quad (3)$$

自由空間モデルによる離隔距離を D_s とした時の妨害波受信電力 P_{ru} とする。

$$P_{ru} = \left(\frac{\lambda}{4\pi D_s} \right)^2 G_{rd} G_{tu} P_{tu} \quad (4)$$

これを解くと、自由空間モデルによる離隔距離 D_s を得る。

$$D_s = \frac{\lambda}{4\pi} \sqrt{\frac{G_{rd} G_{tu} P_{tu}}{P_{ru}}} = \frac{\lambda}{4\pi} \sqrt{\frac{G_{rd} G_{tu} P_{tu}}{P_{rd}/\alpha}} \quad (5)$$

○平面大地モデル

平面大地モデルにより、得られる受信電力 P_{re} を式(6)に示す。

$$P_{re} = G_e \cdot P_r \quad (6)$$

G_e は平面大地モデルによる利得であり、式(7)で表される。

$$G_e = \left(\frac{4\pi h_1 h_2}{\lambda D} \right)^2 \quad (7)$$

離隔距離を D'_s とし、式(6)、(7)、(3)から平面大地モデルに当てはめる。

$$P_{rue} = \left(\frac{4\pi h_1 h_2}{\lambda D'_s} \right)^2 \left(\frac{\lambda}{4\pi D'_s} \right)^2 G_{rd} G_{tu} P_u \quad (8)$$

式(4)から D'_s と D_s との関係式を得る。

$$P_{rue} = \left(\frac{4\pi h_1 h_2}{\lambda D'_s} \right)^2 P_{ru} \left(\frac{D_s}{D'_s} \right)^2 \quad (9)$$

離隔距離の位置では自由空間モデルでも平面大地モデルでも同じになる。すなわち $P_{rue} = P_{ru}$ なので、平面大地モデルの離隔距離の計算式(10)を得る。

$$D'_s = \sqrt{\frac{4\pi D_s h_1 h_2}{\lambda}} \quad (10)$$

FPU システム同士の干渉検討

1 干渉試験の考え方

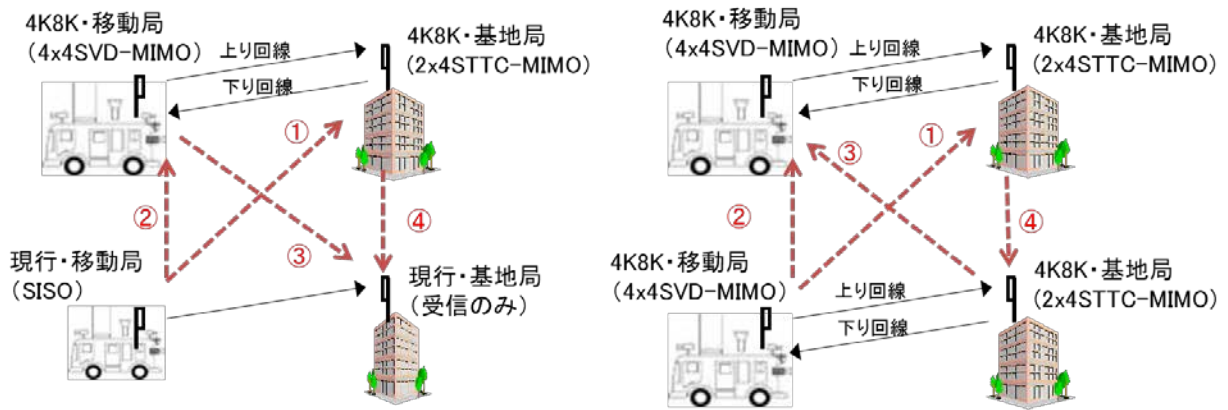
FPU システムでは、同じ中継現場において同一または隣接周波数により運用される場合がある。そのため、室内実験により、同一、隣接、隣隣接、および両隣接チャンネルの所要 D/U（希望波対妨害波電力比）を求めるため、試験機を用いた干渉試験を行うとともに、その所要 D/U から離隔距離の計算を行った。

(1) 干渉の検討の進め方

干渉検討の進め方については、以下のとおりである。

- ① 室内実験で所要 D/U を測定し、離隔距離を求める。
- ② 上り回線と下り回線の所要 C/N の違いから、上り回線と下り回線の共用条件を比較検討する。
- ③ 4 K・8 K用 FPU と現行 FPU の占有帯域幅が同じであることから、参考資料 9（他無線システムとの干渉検討）に記載されている離隔距離の計算式を用いる。

検討に用いる干渉の組み合わせを図 10-1 に示す。これらの組合せにおける所要 D/U を計測し、離隔距離の計算を行う。



※ 点線矢印は妨害波の伝搬方向を示す。

(a) 4 K・8 K用 FPU と現行 FPU との干渉

(b) 4 K・8 K用 FPU 同士の干渉

図 10-1 干渉の組合せ

4 K・8 K用 FPU と現行 FPU で採用されている OFDM 方式の変調パラメータは同じであり、占有帯域幅も同様である。その所要 D/U は、以下の①～③の中で共通となる。

- ① 4 K・8 K用 FPU 上り回線への干渉： (a)-①、(b)-①、(b)-④で共通
- ② 4 K・8 K用 FPU 下り回線への干渉： (a)-②、(b)-②、(b)-③で共通
- ③ 現行 FPU への干渉： (a)-③、(a)-④

(2) 干渉試験におけるフェージングシミュレータの利用

室内実験では、送信機と受信機に対してフェージングシミュレータを介してケーブル接続するシステムを構成し、所要 D/U の測定を行う。

フェージングシミュレータでは、以下の 4 つのモデルを設定した。設定条件については、参考資料 9 7 (3) フェージングシミュレータについて、と共通である。

郊外 A/低相関

郊外 A/典型相関

都市部 A/低相関

都市部 A/典型相関

(3) 受信電力その他の試験条件について

所要 D/U の測定において、受信電力を標準受信電力 -57dBm に設定した。標準受信電力は、ロードレース中継における実運用に近い運用モデル 3 (伝送距離 3km) において、従来と同じ 15dB の伝送マージンを確保して、 8K 映像 (映像ビットレート 140Mbps) を安定伝送できる受信電力として設定したものである。

図 10-2 は $4\text{K} \cdot 8\text{K}$ 用 FPU の受信電力に対する誤り率の測定値である。BER の 2×10^{-4} は所要 C/N であり、外符号の RS 符号に訂正可能な BER とした。所要の受信電力は低相関の場合が約 -71dBm 、典型相関で約 -63dBm となっている。

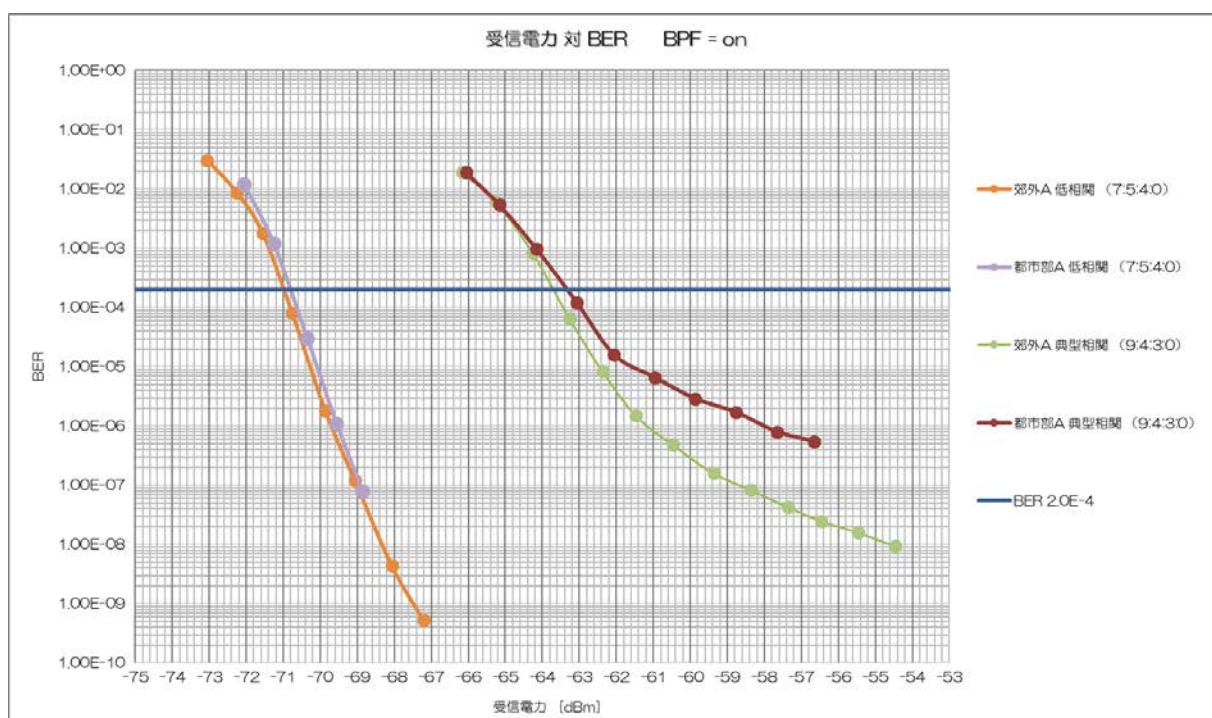


図 10-2 4 K ・ 8 K 用 FPU の受信電力に対する誤り率特性

受信電力を -57dBm とすれば、低相関の所要受信電力に対しては十分なマージンがあり、典型相関についても 6dB のマージンを確保できる。このことから、実験装置の性能の面からも、受信電力を -57dBm とすることが妥当であると考えられる。

なお、TDD 方式による信号電力の補正、ビームフォーミングについては、参考資料 9 他の無線システムとの干渉検討の考え方、と共通の条件とした。

2 干渉試験

(1) 干渉試験の組合せ

チャンネル間の混信保護比を求めるために必要な干渉試験の組み合わせを表 10-1 に示す。なお、試験は、2.3GHz 帯 FPU 試験機を使用して行った。

表 10-1 チャンネル干渉の組み合わせ

	周波数関係	希望波	妨害波 1	妨害波 2
試験 A	同一	4 K・8 K用 FPU	現行 FPU	なし
試験 B	上隣接	4 K・8 K用 FPU	信号発生器	なし
試験 C	下隣接	4 K・8 K用 FPU	現行 FPU	なし
試験 D	上隣隣接	4 K・8 K用 FPU	信号発生器	なし
試験 E	下隣隣接	4 K・8 K用 FPU	信号発生器	なし
試験 F	両隣接	4 K・8 K用 FPU	現行 FPU	信号発生器

(2) 4 K・8 K用 FPU、現行 FPU、信号発生器他の諸元を示す。

① 4 K・8 K用 FPU：希望波

表 10-2 4 K・8 K用 FPU の諸元

項目	上り回線（映像情報）	下り回線（制御情報）
無線周波数	2.3GHz 帯（2330-2370MHz）	
通信方式	複信方式：時分割複信（TDD）	
サブフレーム長	<1 Kモード> 1.5ms/1.9ms	<1 Kモード>0.3ms/0.5ms
電波形式	X7W	
多重化方式	直交周波数分割多重（OFDM）方式	
FFTポイント数	<1 Kモード> 1024	
FFTクロック周波数	20.45074MHz	
サブキャリア数	<1 Kモード>860（両端7本はヌルキャリア）	
キャリア変調方式	BPSK/QPSK/8QAM/16QAM/32QAM/64QAM/128QAM/256QAM/512QAM/1024QAM	QPSK/16QAM
空間多重方式	4×4 SVD-MIMO	2×4 STTC-MIMO
占有帯域幅	17.5MHz 以下	
誤り訂正：外符号	RS(204, 188)	RS(211, 195)
誤り訂正：内符号	ターボ符号 (1632bit, R=0.33~0.92 の 12種類でレートマッチング)	STTC(R=0.5)
空中線電力	<1.2GHz 帯>25W/<2.3GHz 帯>40W（送信部出力の総和）	
実用伝送速度	最大 145Mbps	10Mbps

※ ターボ符号によるレートマッチングは、試験時、OFF とした。

① 現行 FPU : 妨害波 1

表 10-3 現行 FPU の諸元

項目	内容
FPU モード	SISO
送信周波数	2336.5MHz~2363.5MHz
FFT ポイント	1024
占有帯域幅	17.12MHz
変調方式	16QAM
内符号率	畳み込み符号 (2/3)

③ 信号発生器 (妨害波 2)

表 10-4 信号発生器の諸元

項目	内容
FPU モード	SISO
送信周波数	1.2GHz 帯、2.3GHz 帯で設定可能
FFT ポイント	1024
占有帯域幅	17.12MHz
変調方式	16QAM

④ 受信 BPF

干渉試験では、受信フィルターとして図 10-3 に示す特性の RF 帯の外部フィルターを用いた。中心周波数は 2359MHz であり、通過帯域幅は約 18MHz となっている。

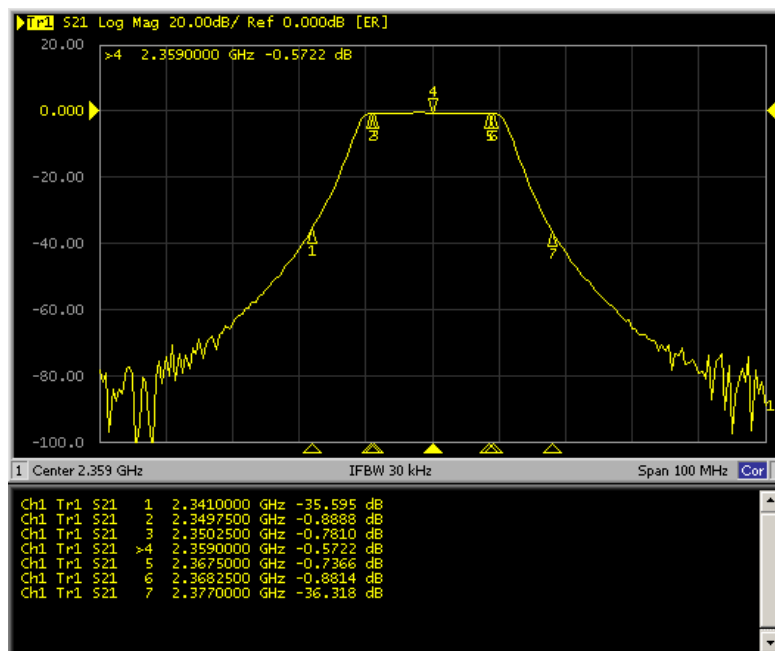


図 10-3 FPU 受信フィルター特性の例

また、4 K・8 K用 FPU の受信部に内蔵されている BPF の特性を下図に示す。2.3GHz 帯 FPU の周波数帯域（2330MHz～2370MHz）を通過帯域として包含する特性となっている。

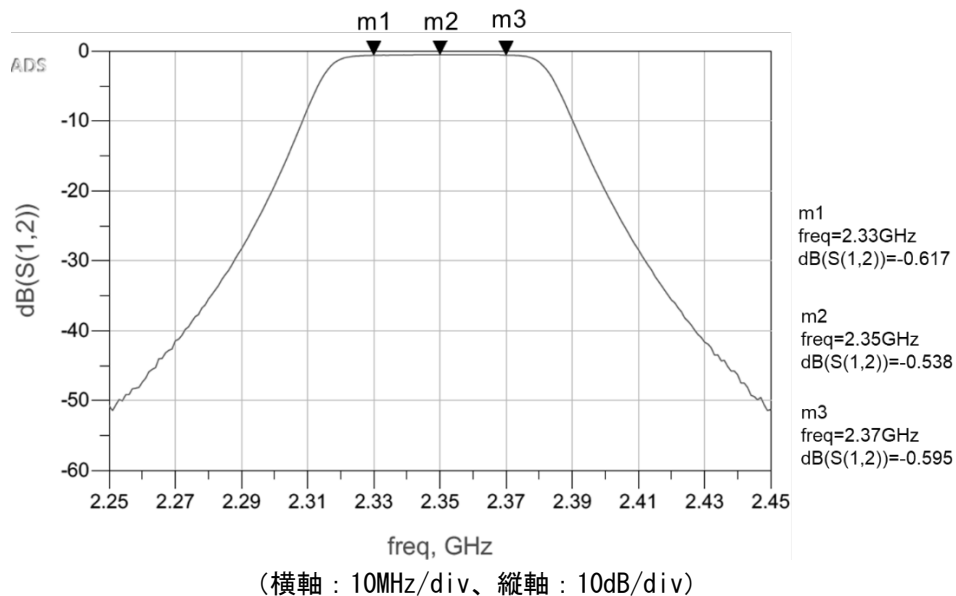


図 10-4 受信部内蔵 BPF 特性

RF 帯の外部フィルターと内蔵 BPU はカスケードに接続される。干渉試験における隣接チャンネル、隣接チャンネルの妨害波に対しては、RF 帯の外部フィルターの受信 BPU による抑圧効果が支配的になると考えられる。

⑤ 受信装置の主な諸元

表 10-5 受信装置の主な諸元

入力信号	RF	受信電力	-20dBm～-90dBm
出力信号	IF	中心周波数	130MHz
		信号電力	0dBm

(3) 試験系統図

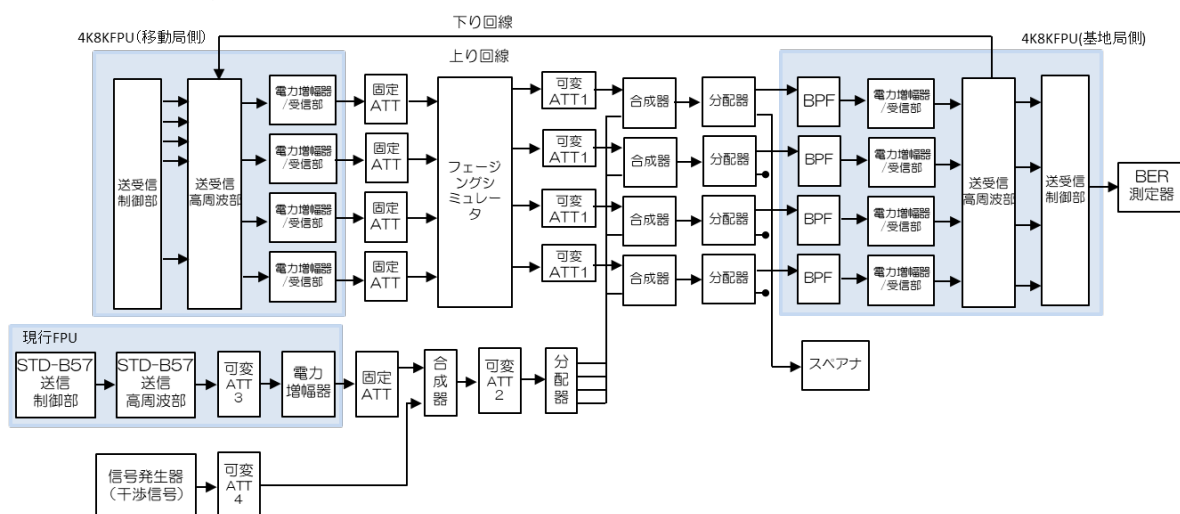


図 10-5 試験系統図

3 試験結果 (D/U のみ)

希望波と妨害波の変調パラメータを試験諸元に設定し、受信入力レベルを-57dBm、受信機入力 BPF に関しては隣接条件では on/off の双方、BER は外符号 RS の訂正前に対して測定した結果について、D/U 対 BER 特性及び BER が 2×10^{-4} となる所要 D/U をそれぞれ示す。

(1) 試験 A (同一チャンネル干渉)

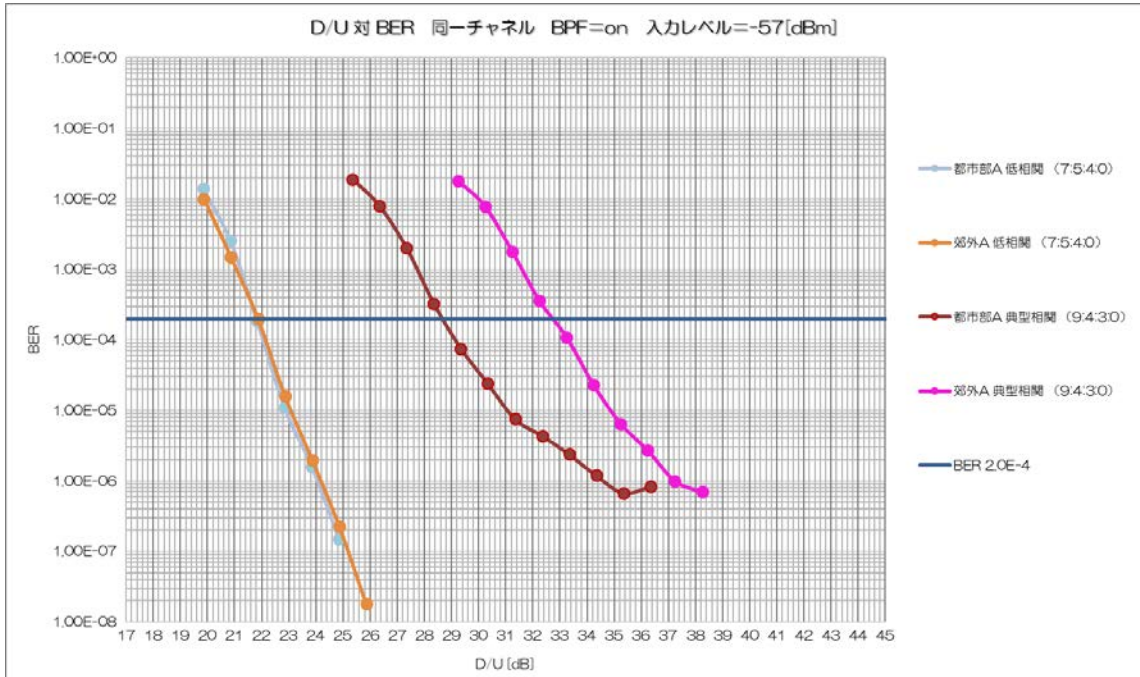


図 10-6 同一チャンネル干渉の誤り率特性

表 10-6 同一チャンネル干渉の所要 D/U

伝搬モデル	所要 D/U[dB] BPFon
郊外 A 低相関	-21.8
郊外 A 典型相関	-32.6
都市部 A 低相関	-21.8
都市部 A 典型相関	-28.6

(2) 試験 B (上隣接チャンネル干渉)

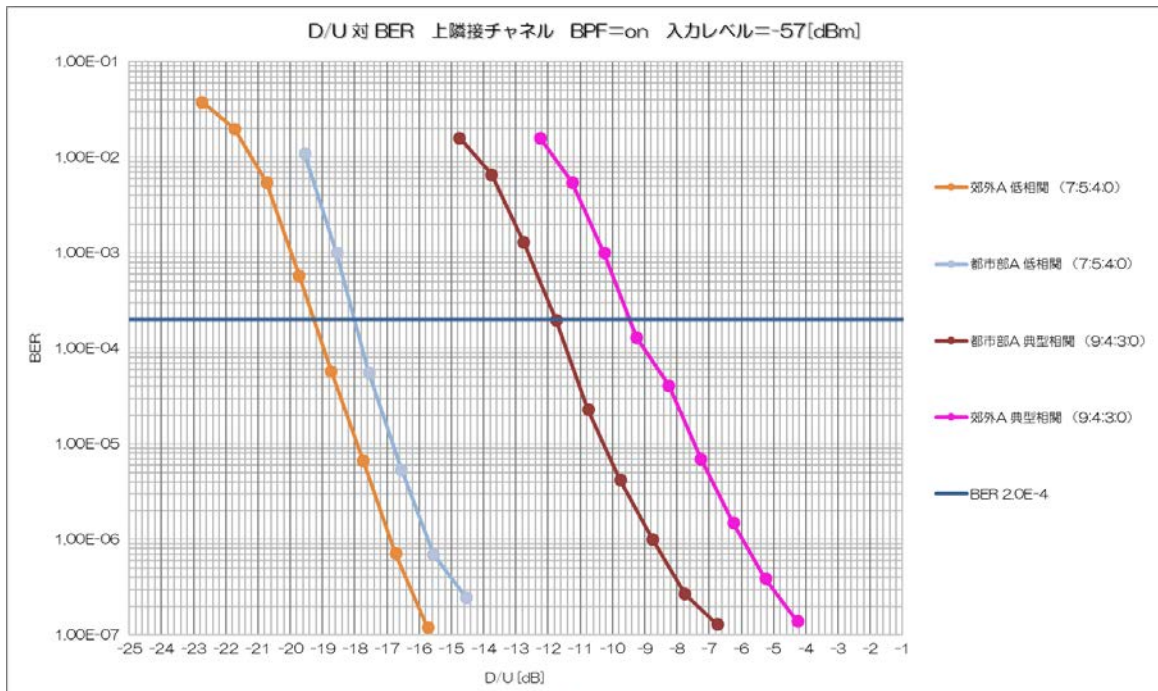


図 10-7 上隣接チャンネル干渉の誤り率特性

表 10-7 上隣接チャンネル干渉の所要 D/U

伝搬モデル	受信入力 レベル[dBm]	BPFon 所要 D/U[dB]	BPFoff 所要 D/U[dB]
郊外 A 低相関	-57	-19.2	-12.6
郊外 A 典型相関	-57	-9.5	-3.9
都市部 A 低相関	-57	-18.0	-10.6
都市部 A 典型相関	-57	-11.8	-7.4

(3) 試験 C (下隣接チャンネル干渉)

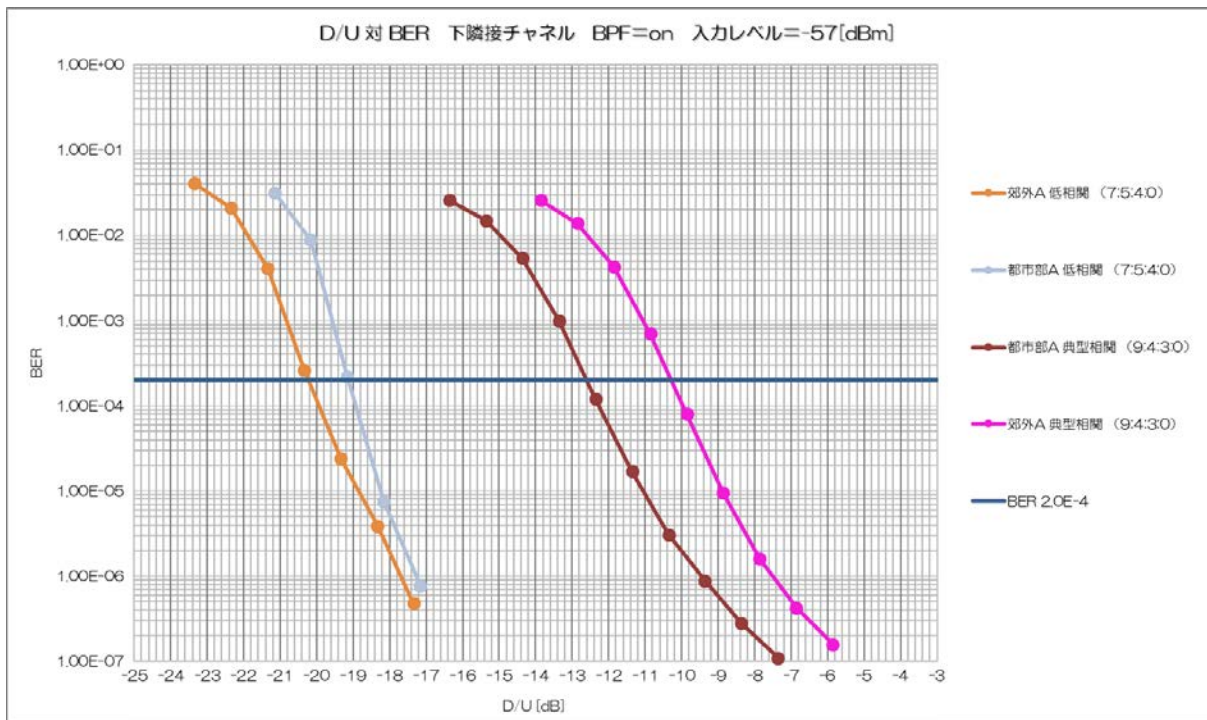


図 10-8 下隣接チャンネル干渉の誤り率特性

表 10-8 下隣接チャンネル干渉の所要 D/U

伝搬モデル	受信入力 レベル [dBm]	BPFon 所要 D/U [dB]	BPFoff 所要 D/U [dB]
郊外 A 低相関	-57	-20.2	-12.7
郊外 A 典型相関	-57	-10.3	-6.9
都市部 A 低相関	-57	-19.1	-10.4
都市部 A 典型相関	-57	-12.6	-7.7

(4) 試験 D (上隣隣接チャンネル干渉)

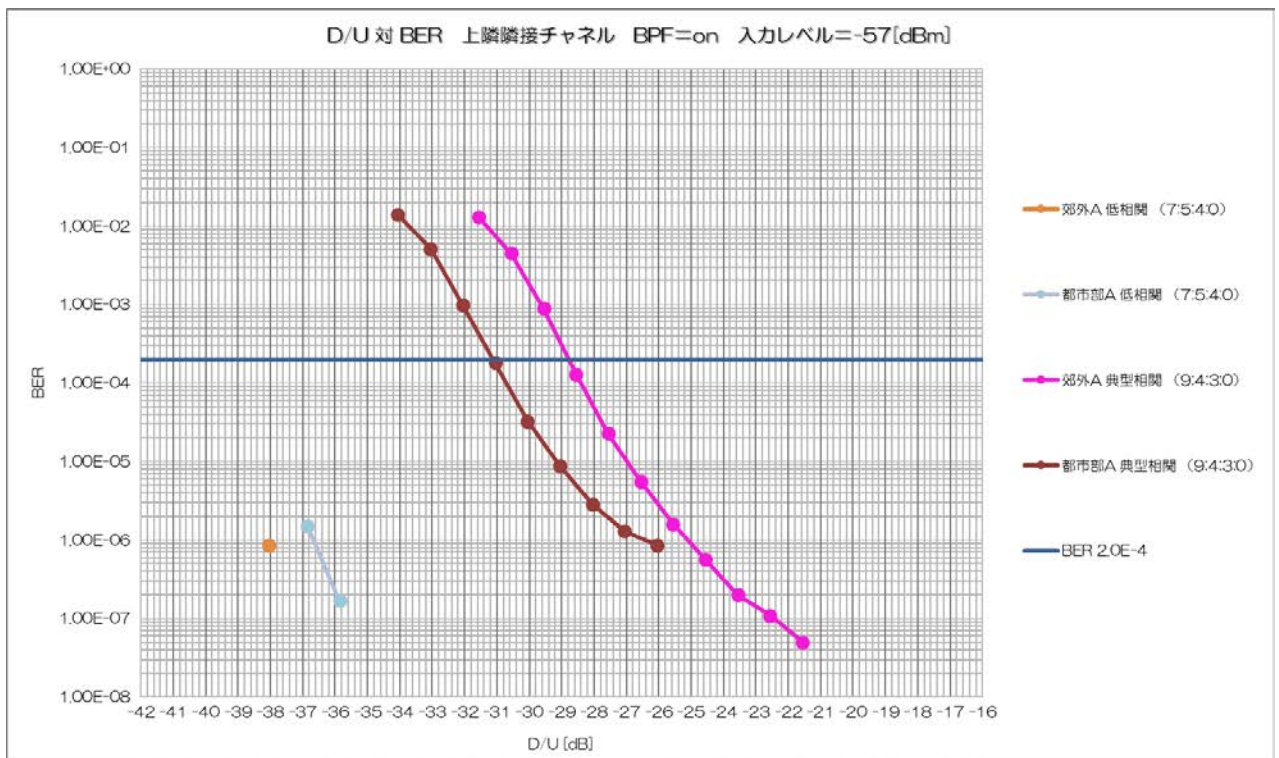


図 10-9 上隣隣接チャンネル干渉の誤り率特性 (受信電力: -57dBm)

表 10-9 上隣隣接チャンネル干渉の所要 D/U

伝搬モデル	受信入力 レベル [dBm]	BPFon 所要 D/U [dB]	BPFoff 所要 D/U [dB]
郊外 A 低相関	-57	-38dB 以下	-33.1
郊外 A 典型相関	-57	-28.7	-26.3
都市部 A 低相関	-57	-38dB 以下	-31.2
都市部 A 典型相関	-57	-31.0	-26.9

(5) 試験 E (下隣隣接チャンネル干渉)

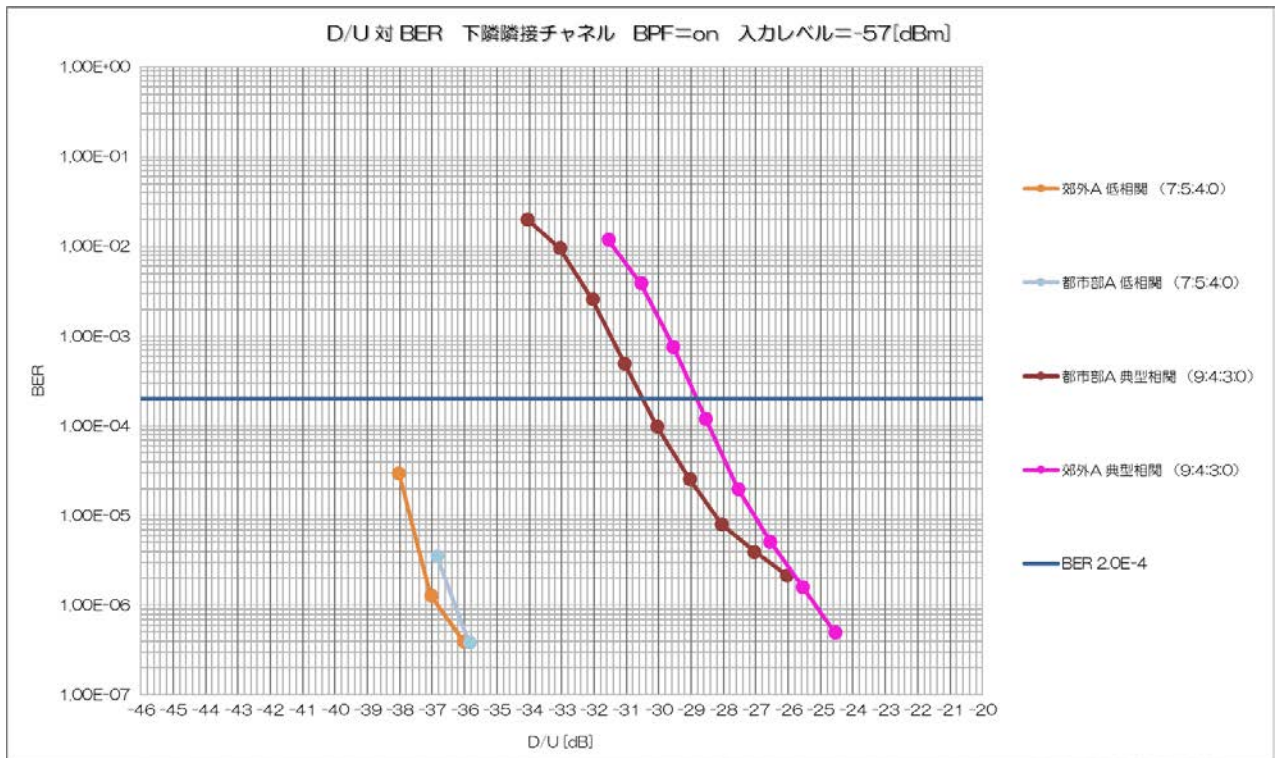


図 10-10 下隣隣接チャンネル干渉の誤り率特性 (受信電力: -57dBm)

表 10-10 下隣隣接チャンネル干渉の所要 D/U

伝搬モデル	受信入力 レベル [dBm]	BPFon 所要 D/U [dB]	BPFoff 所要 D/U [dB]
郊外 A 低相関	-57	-38dB 以下	-26.1
郊外 A 典型相関	-57	-28.8	-18.1
都市部 A 低相関	-57	-38dB 以下	-23.8
都市部 A 典型相関	-57	-30.5	-19.4

(6) 試験 F (両隣接チャンネル干渉)

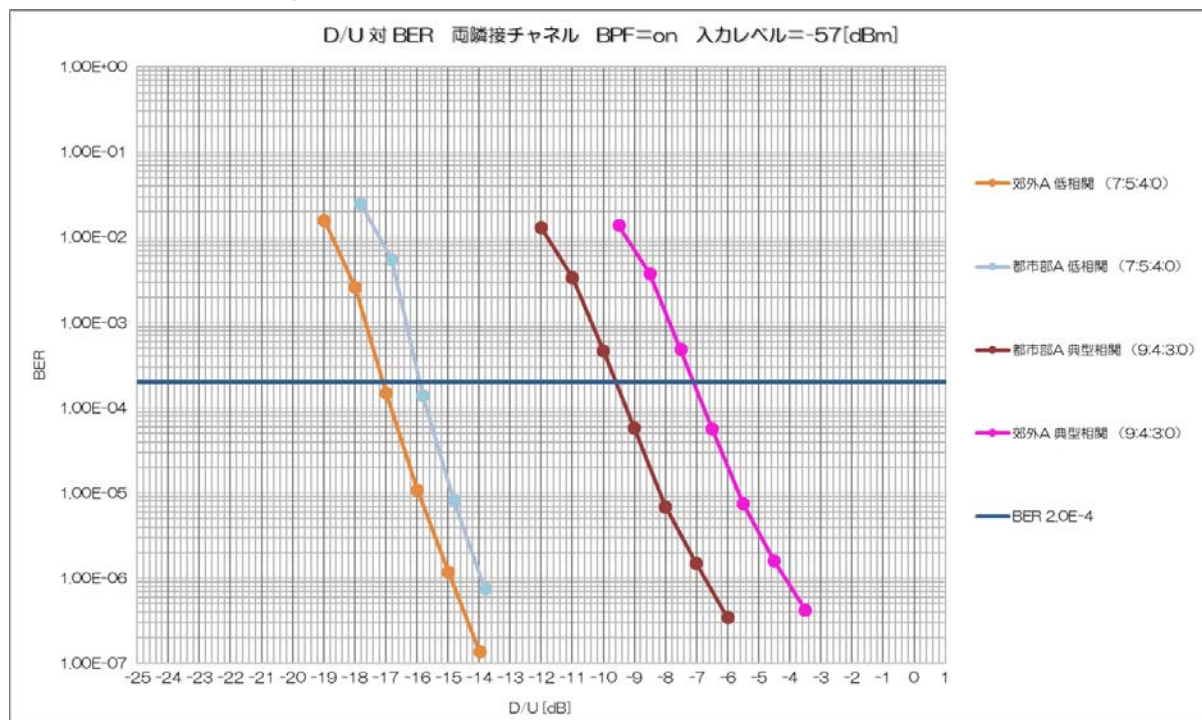


図 10-11 両隣接チャンネル干渉の誤り率特性

表 10-11 両隣接チャンネル干渉の所要 D/U

伝搬モデル	受信入力 レベル[dBm]	BPFon 所要 D/U[dB]	BPFoff 所要 D/U[dB]
郊外 A 低相関	-57	-17.1	-9.5
郊外 A 典型相関	-57	-7.0	-3.2
都市部 A 低相関	-57	-15.9	-7.3
都市部 A 典型相関	-57	-9.6	-4.2

4 離隔距離の検討

(1) 離隔距離の計算に用いる所要 D/U

4つの伝搬モデルについて所要 D/U が得られた。伝搬モデルによる所要 D/U の違いについては、郊外 A 低相関と都市部 A 低相関の所要 D/U はほぼ同程度の値になっている。また、郊外 A 典型相関と都市部 A 典型相関の所要 D/U も同程度となっている。計算に用いる所要 D/U は、郊外 A と都市部 A のうち、数値の大きい方を採用する。

表 10-12 4 K・8 K用 FPU 上り回線の離隔距離の計算に用いる所要 D/U

相関	チャンネル干渉	受信入力レベル	所要 D/U (dB) BPF on
低相関	同一	-57dBm	21.8
	上隣接	-57dBm	-18.0
	下隣接	-57dBm	-19.1
	上隣隣接	-57dBm	-38 以下
	下隣隣接	-57dBm	-38 以下
	両隣隣接	-57dBm	-15.9
典型相関	同一	-57dBm	32.6
	上隣接	-57dBm	-9.5
	下隣接	-57dBm	-10.3
	上隣隣接	-57dBm	-28.7
	下隣隣接	-57dBm	-28.8
	両隣隣接	-57dBm	-7.0

現行 FPU の所要 D/U は、放送システム委員会報告（平成 25 年 1 月 25 日）に記載の値を引用して、離隔距離の計算に用いる。この報告書には、3 つの受信電力（-80dBm、-61dBm、-40dBm）、4 種類の変調方式（16QAM (2/3)、16QAM (1/2)、QPSK (2/3)、QPSK (1/2)）について記載されている。今回の計算では、受信電力は中間値の-61dBm とし、変調方式は妨害波に最も弱い 16QAM (2/3) とした場合の所要 D/U を用いることとする。

離隔距離の計算に用いる現行 FPU の所要 D/U を表 10-13 に示す。

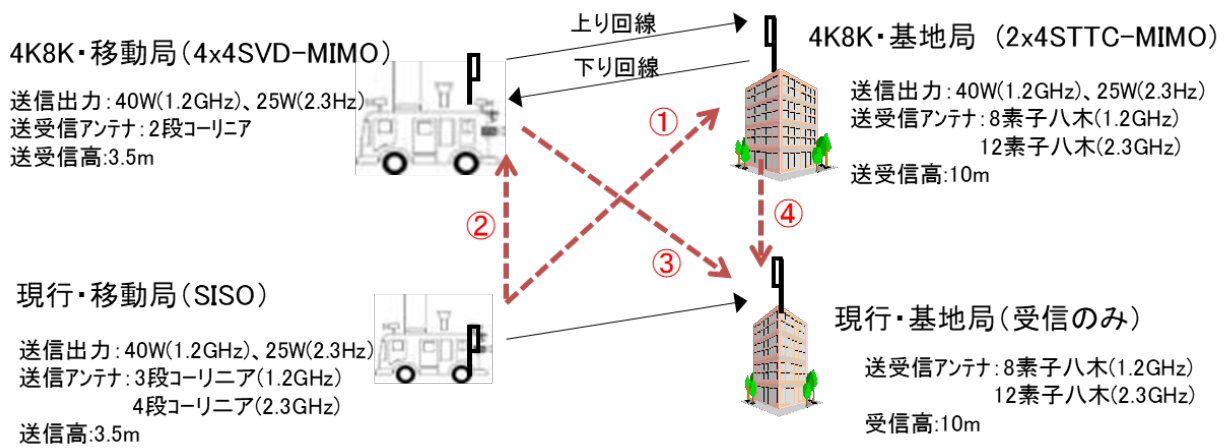
表 10-13 離隔距離の計算に用いる所要 D/U

チャンネル干渉	変調方式	受信入力レベル	所要 D/U (dB) BPF on
同一	16QAM (2/3)	-61dBm	13.3
上隣接	16QAM (2/3)	-61dBm	-27.0
下隣接	16QAM (2/3)	-61dBm	-27.4
上隣隣接	16QAM (2/3)	-61dBm	-41.2
下隣隣接	16QAM (2/3)	-61dBm	-40.4
両隣接	16QAM (2/3)	-61dBm	-26.0

(2) 離隔距離の計算

離隔距離は、FPU の複数台同時使用が強く想定されるロードレースの中継モデル（運用モデル 3）における FPU 間の干渉ケースについて、検討する。

検討した干渉モデルを図 10-12 に示す。送信出力アンテナ種別などは、4 K・8 K用 FPU の運用モデル 3 の回線設計例から引用した。



- ① 現行 FPU から 4 K ・ 8 K 用 FPU (上り回線) への干渉
- ② 現行 FPU から 4 K ・ 8 K 用 FPU (下り回線) への干渉
- ③ 4 K ・ 8 K 用 FPU (上り回線) から 現行 FPU への干渉
- ④ 4 K ・ 8 K 用 FPU (下り回線) から 現行 FPU への干渉

図 10-12 4 K ・ 8 K 用 FPU と 現行 FPU と の 干 渉 (運 用 モ デ ル 3)

また、離隔距離の計算では、自由空間モデルと平面大地モデルに基づいて計算し、小さい方を最終的な離隔距離とする。

(3) 計算結果

ア 1.2GHz 帯での離隔距離

① 現行 FPU から 4 K ・ 8 K 用 FPU (上り) への干渉

表 10-14 現行 FPU から 4 K ・ 8 K 用 FPU (上り) への干渉 (運用モデル 3)

干渉の組合せ	関連	受信電力 (dBm)	所要DU比(dB) BPF on	離隔距離 (km)			
				自由空間モデル (F)	平面大地モデル (P)	最終離隔距離 min(F,P)	
干渉① 希望波: 4K8KFPU(上り) 妨害波: 現行FPU 1.2GHz帯	同一	低相関	-57	21.8	146.27	16.50	16.50
	上隣接		-57	-18	1.50	1.67	1.50
	下隣接		-57	-19.1	1.32	1.57	1.32
	上隣隣接		-57	-38以下	0.15	0.53	0.15
	下隣隣接		-57	-38以下	0.15	0.53	0.15
	両隣隣接		-57	-15.9	1.91	1.88	1.88
	同一	典型相関	-57	32.6	507.18	30.73	30.73
	上隣接		-57	-9.5	3.98	2.72	2.72
	下隣接		-57	-10.3	3.63	2.60	2.60
	上隣隣接		-57	-28.7	0.44	0.90	0.44
	下隣隣接		-57	-28.8	0.43	0.90	0.43
	両隣接		-57	-7	5.31	3.14	3.14

② 4 K・8 K用 FPU（上り）から現行 FPU への干渉

所要 DU 比から計算した離隔距離を示す。妨害波が 4 K・8 K用 FPU(上り回線)の計算には、ビームフォーミングによる利得 (6dB) を取り入れた。

表 10-15 4 K・8 K用 FPU から現行 FPU への干渉 (1.2GHz 帯、運用モデル 3)

干渉の組合せ	変調方式	受信電力 (dBm)	所要DU比 (dB) BPF on	離隔距離 (km)			
				自由空間モデル (F)	平面大地モデル (P)	最終離隔距離 min(F,P)	
干渉③ 希望波: 現行FPU 妨害波: 4K8KFPU(上り) 1.2GHz帯	同一	16QAM(2/3)	-61	13.3	158.55	17.18	17.18
	上隣接	16QAM(2/3)	-61	-27.0	1.53	1.69	1.53
	下隣接	16QAM(2/3)	-61	-27.4	1.46	1.65	1.46
	上隣隣接	16QAM(2/3)	-61	-41.2	0.30	0.75	0.30
	下隣隣接	16QAM(2/3)	-61	-40.4	0.33	0.78	0.33
	両隣接	16QAM(2/3)	-61	-26.0	1.72	1.79	1.72
干渉④ 希望波: 現行FPU 妨害波: 4K8KFPU(下り) 1.2GHz帯	同一	16QAM(2/3)	-61	13.3	173.85	30.41	30.41
	上隣接	16QAM(2/3)	-61	-27.0	1.68	2.99	1.68
	下隣接	16QAM(2/3)	-61	-27.4	1.60	2.92	1.60
	上隣隣接	16QAM(2/3)	-61	-41.2	0.33	1.32	0.33
	下隣隣接	16QAM(2/3)	-61	-40.4	0.36	1.38	0.36
	両隣接	16QAM(2/3)	-61	-26.0	1.88	3.17	1.88

③ 現行 FPU 同士の干渉

放送システム委員会報告 (平成 25 年 1 月 25 日) に記載の所要 DU 比から運用モデル 3 の条件で計算した。

表 10-16 現行 FPU 同士の離隔距離 (1.2GHz 帯、運用モデル 3)

干渉の組合せ	変調方式	受信電力 (dBm)	所要DU比 (dB) BPF on	離隔距離 (km)		
				自由空間モデル (F)	平面大地モデル (P)	最終離隔距離 min(F,P)
1.2GHz帯	同一	-61	13.3	82.26	7.32	7.32
	上隣接	-61	-27	0.79	0.72	0.72
	下隣接	-61	-27.4	0.76	0.70	0.70
	上隣隣接	-61	-41.2	0.15	0.32	0.15
	下隣隣接	-61	-40.4	0.17	0.33	0.17
	両隣接	-61	-26	0.89	0.76	0.76

イ 1.2GHz 帯の離隔距離に係るまとめ

① 現行 FPU から 4 K・8 K用 FPU (上り回線) への干渉

- ・ 4 K・8 K用 FPU 基地局が現行 FPU 移動局からの干渉を受ける場合である。
- ・ 低相関の場合、隣接チャンネル干渉の離隔距離は 1.5km である。
- ・ 典型相関の場合、隣接チャンネル干渉の離隔距離は 2.7km に拡大する。

② 現行 FPU から 4 K・8 K 用 FPU（下り回線）への干渉

- ・ 上り回線に係る離隔距離（低相関 1.5km、典型相関 2.7km）の範囲内として評価できる。

つまり、所要 C/N が上り回線の 21dB に対して、下り回線は 9.8dB であり、下り回線には上り回線よりも 11dB のマージンがある。上り回線の共用条件が満たされていれば、下り回線も共用条件を満している。

③ 4 K・8 K 用 FPU（上り回線）から現行 FPU への干渉

- ・ 現行 FPU 基地局が 4 K・8 K 用 FPU 移動局から干渉を受ける場合である。
- ・ 現行 FPU 同士と比べて、離隔距離は約 2 倍となっている。
- ・ 離隔距離の計算にビームフォーミング利得（6dB）を取り入れた。

④ 4 K・8 K 用 FPU（下り回線）から現行 FPU への干渉

- ・ 基地局間の離隔距離に相当する。
- ・ 隣接チャンネルの場合、離隔距離は約 1.7km である。

ウ 2.3GHz 帯での離隔距離

① 現行 FPU から 4 K・8 K 用 FPU（上り）への干渉

所要 D/U から計算した離隔距離を表 10-17 に示す。低相関では、ほぼ理想的な伝搬路での計算結果となる。また、典型相関では、マルチパスの影響を受けた場合の計算結果である。

表 10-17 現行 FPU から 4 K・8 K 用 FPU への干渉（2.3GHz 帯、運用モデル 3）

干渉の組合せ		低相関 / 典型相関	受信電力 (dBm)	所要 DU 比(dB) BPF on	離隔距離 (km)		
					自由空間モデル (F)	平面大地モデル (P)	最終離隔距離 min(F,P)
干渉① 希望波: 4K8KFPU(上り) 妨害波: 現行FPU 2.3GHz帯	同一	低相関	-57	21.8	144.53	22.31	22.31
	上隣接		-57	-18	1.48	2.26	1.48
	下隣接		-57	-19.1	1.30	2.12	1.30
	上隣隣接		-57	-38以下	0.15	0.71	0.15
	下隣隣接		-57	-38以下	0.15	0.71	0.15
	両隣隣接		-57	-15.9	1.88	2.55	1.88
	同一	典型相関	-57	32.6	501.14	41.55	41.55
	上隣接		-57	-9.5	3.94	3.68	3.68
	下隣接		-57	-10.3	3.59	3.52	3.52
	上隣隣接		-57	-28.7	0.43	1.22	0.43
	下隣隣接		-57	-28.8	0.43	1.21	0.43
	両隣隣接		-57	-7	5.25	4.25	4.25

② 4 K・8 K用 FPU（上り）から現行 FPU への干渉

所要 DU 比から計算した離隔距離を示す。妨害波が 4 K・8 K用 FPU(上り回線)の計算には、ビームフォーミングによる利得(6dB)を取り入れた。

表 10-18 4 K・8 K用 FPU から現行 FPU への干渉 (2.3GHz 帯、運用モデル 3)

干渉の組合せ	変調方式	受信電力 (dBm)	所要DU比 (dB) BPF on	離隔距離 (km)			
				自由空間モデル (F)	平面大地モデル (P)	最終離隔距離 min(F,P)	
干渉③ 希望波: 現行FPU 妨害波: 4K8KFPU(上り) 2.3GHz帯	同一	16QAM(2/3)	-61	13.3	136.45	21.68	21.68
	上隣接	16QAM(2/3)	-61	-27	1.32	2.13	1.32
	下隣接	16QAM(2/3)	-61	-27.4	1.26	2.08	1.26
	上隣隣接	16QAM(2/3)	-61	-41.2	0.26	0.94	0.26
	下隣隣接	16QAM(2/3)	-61	-40.4	0.28	0.94	0.28
	両隣接	16QAM(2/3)	-61	-26	1.48	2.26	1.48
干渉④ 希望波: 現行FPU 妨害波: 4K8KFPU(下り) 2.3GHz帯	同一	16QAM(2/3)	-61	13.3	188.35	43.06	43.06
	上隣接	16QAM(2/3)	-61	-27	1.82	4.23	1.82
	下隣接	16QAM(2/3)	-61	-27.4	1.74	4.14	1.74
	上隣隣接	16QAM(2/3)	-61	-41.2	0.35	1.87	0.35
	下隣隣接	16QAM(2/3)	-61	-40.4	0.39	1.96	0.39
	両隣接	16QAM(2/3)	-61	-26	2.04	4.48	2.04

③現行 FPU 同士

放送システム委員会報告(平成 25 年 1 月 25 日)に記載の所要 DU 比から運用モデル 3 の条件で計算した。

表 10-19 現行 FPU 同士の離隔距離 (2.3GHz 帯、運用モデル 3)

干渉の組合せ	変調方式	受信電力 (dBm)	所要DU比 (dB) BPF on	離隔距離 (km)		
				自由空間モデル (F)	平面大地モデル (P)	最終離隔距離 min(F,P)
2.3GHz帯	同一	-61	13.3	81.28	9.90	9.90
	上隣接	-61	-27	0.79	0.97	0.79
	下隣接	-61	-27.4	0.75	0.95	0.75
	上隣隣接	-61	-41.2	0.15	0.43	0.15
	下隣隣接	-61	-40.4	0.17	0.45	0.17
	両隣接	-61	-26	0.88	1.03	0.88

エ 2.3GHz 帯の離隔距離に係るまとめ

①現行 FPU から 4 K・8 K用 FPU (上り回線) への干渉

- ・ 4 K・8 K用 FPU 基地局が現行 FPU 移動局からの干渉を受ける場合である。
- ・ 低相関の場合、隣接チャンネル干渉の離隔距離は 1.3km である。
- ・ 典型相関の場合、隣接チャンネル干渉の離隔距離は 3.5km に拡大する。

②現行 FPU から 4 K・8 K用 FPU (下り回線) への干渉

- ・ 上り回線に係る離隔距離(低相関 1.3km、典型相関 3.5km)の範囲内として

評価できる。

- ・つまり、所要 C/N が上り回線の 21dB に対して、下り回線は 9.8dB であり、下り回線には上り回線よりも 11dB のマージンがある。上り回線の共用条件が満たされていれば、下り回線も共用条件を満たしている。

③ 4 K・8 K用 FPU（上り回線）から現行 FPU への干渉

- ・現行 FPU 基地局が 4 K・8 K用 FPU 移動局から干渉を受ける場合である。
- ・現行 FPU 同士と比べて、離隔距離は約 2 倍となっている。
- ・離隔距離の計算にビームフォーミング利得（6dB）を取り入れた。

④ 4 K・8 K用 FPU（下り回線）から現行 FPU への干渉

- ・基地局間の離隔距離に相当する。
- ・隣接チャネルの場合、離隔距離は約 1.7km である。

5 参考

離隔距離の計算内容を示す。

○ 現行 FPU から 4 K・8 K用 FPU（1.2GHz 帯, 上り回線）への干渉（低相関）

	希望波：4K・8K FPU（上り回線） 妨害波：現行 FPU	低相関	同一 チャンネル	上隣接 チャンネル	下隣接 チャンネル	上隣接 チャンネル	下隣接 チャンネル	両隣接 チャンネル
①	送信周波数 f [GHz]		1.2700	1.2700	1.2700	1.2700	1.2700	1.2700
②	送信出力 W [W] / アンテナ		25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
③	送信出力 W [dBm/17.5MHz]		44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0
④	送信アンテナ利得 Gt [dBi] (3段コリニア)		6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
⑤	水平面指向特性		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑥	垂直面指向特性		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
B	ビームフォーミング利得		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑦	送信アンテナ高 [m]		3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
⑧	送信給電線損失 Lt [dB]		1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
⑨	実効放射電力 (WGt/Lt) [dBm/チャンネル]	③+④+⑤+⑥-⑧+B	48.5	48.5	48.5	48.5	48.5	48.5
⑩	建物等による遮蔽損 [dB]		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑪	壁等による減衰 [dB]		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑫	受信アンテナ利得 Gr [dBi] (8素子八木)		12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
⑬	水平面指向特性		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑭	垂直面指向特性		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑮	受信アンテナ高 [m]		10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
⑯	受信給電線損失 Lr [dB]		1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
⑰	与干渉量 [dBm/チャンネル]	⑨-⑩-⑪+⑫+⑬+⑭-⑯	59.0	59.0	59.0	59.0	59.0	59.0
⑱	通常運用受信電力		-57	-57	-57	-57	-57	-57
⑲	DU比		21.8	-18.0	-19.1	-38.0	-38.0	-15.9
⑳	許容干渉電力 [dBm/17.5MHz]	⑱-⑲	-78.8	-39.0	-37.9	-19.0	-19.0	-41.1
㉑	所要結合損 [dB]	⑳-⑱	137.8	98.0	96.9	78.0	78.0	100.1
㉒	離隔距離 [km] (自由空間)		146.27	1.50	1.32	0.15	0.15	1.91
離隔距離	自由空間伝搬損失による離隔距離 (F)		146.27	1.50	1.32	0.15	0.15	1.91
	平面大地伝搬損失による離隔距離 (P)		16.50	1.67	1.57	0.53	0.53	1.88
	最終離隔距離	F<閾値の場合、離隔距離=F F>閾値の場合、離隔距離=P	16.50	1.50	1.32	0.15	0.15	1.88
	閾値	$4\pi \times \text{⑰} / 300$	1.86	1.86	1.86	1.86	1.86	1.86

○ 現行 FPU から 4K・8K 用 FPU (1.2GHz 帯, 上り回線) への干渉 (典型相関)

	希望波: 4K・8K FPU (上り回線) 妨害波: 現行 FPU	典型相関					
		同一 チャンネル	上隣接 チャンネル	下隣接 チャンネル	上隣隣接 チャンネル	下隣隣接 チャンネル	両隣接 チャンネル
① 送信周波数 f [GHz]		1.2700	1.2700	1.2700	1.2700	1.2700	1.2700
② 送信出力 W [W] / アンテナ		25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
③ 送信出力 W [dBm/17.5MHz]		44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0
④ 送信アンテナ利得 Gt [dBi] (3段コリニア)		6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
⑤ 水平面指向特性		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑥ 垂直面指向特性		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
B ビームフォーミング利得		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑦ 送信アンテナ高 [m]		3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
⑧ 送信給電線損失 Lt [dB]		1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
⑨ 実効放射電力 (W Gt / Lt) [dBm/チャンネル]	③+④+⑤+⑥-⑧+B	48.5	48.5	48.5	48.5	48.5	48.5
⑩ 建物等による遮蔽損 [dB]		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑪ 壁等による減衰 [dB]		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑫ 受信アンテナ利得 Gr [dBi] (8素子八木)		12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
⑬ 水平面指向特性		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑭ 垂直面指向特性		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑮ 受信アンテナ高 [m]		10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
⑯ 受信給電線損失 Lr [dB]		1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
⑰ 与干渉量 [dBm/チャンネル]	⑨-⑩-⑪+⑫+⑬+⑭-⑯	59.0	59.0	59.0	59.0	59.0	59.0
⑱ 通常運用受信電力		-57	-57	-57	-57	-57	-57
⑲ DU比		32.6	-9.5	-10.3	-28.7	-28.8	-7.0
⑳ 許容干渉電力 [dBm/17.5MHz]	⑱-⑲	-89.6	-47.5	-46.7	-28.3	-28.2	-50.0
㉑ 所要結合損 [dB]	⑳-⑲	148.6	106.5	105.7	87.3	87.2	109.0
㉒ 離隔距離 [km] (自由空間)		507.18	3.98	3.63	0.44	0.43	5.31
自由空間伝搬損失による離隔距離 (F)		507.18	3.98	3.63	0.44	0.43	5.31
平面大地伝搬損失による離隔距離 (P)		30.73	2.72	2.60	0.90	0.90	3.14
最終離隔距離	F<閾値の場合、離隔距離=F F>閾値の場合、離隔距離=P	30.73	2.72	2.60	0.44	0.43	3.14
閾値	4π(⑦)⑮①/300	1.86	1.86	1.86	1.86	1.86	1.86

○ 4K・8K 用 FPU (1.2GHz 帯, 上り回線) から現行 FPU への干渉

	希望波: 現行 FPU 16QAM (2/3) 妨害波: 4K・8K FPU (上り回線)	典型相関					
		同一 チャンネル	上隣接 チャンネル	下隣接 チャンネル	上隣隣接 チャンネル	下隣隣接 チャンネル	両隣接 チャンネル
① 送信周波数 f [GHz]		1.2700	1.2700	1.2700	1.2700	1.2700	1.2700
② 送信出力 W [W] / アンテナ		25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
③ 送信出力 W [dBm/17.5MHz]		44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0
④ 送信アンテナ利得 Gt [dBi] (2段コリニア)		5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2
⑤ 水平面指向特性		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑥ 垂直面指向特性		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
B ビームフォーミング利得		6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
⑦ 送信アンテナ高 [m]		3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
⑧ 送信給電線損失 Lt [dB]		1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
⑨ 実効放射電力 (W Gt / Lt) [dBm/チャンネル]	③+④+⑤+⑥-⑧+B	53.7	53.7	53.7	53.7	53.7	53.7
⑩ 建物等による遮蔽損 [dB]		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑪ 壁等による減衰 [dB]		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑫ 受信アンテナ利得 Gr [dBi] (8素子八木)		12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
⑬ 水平面指向特性		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑭ 垂直面指向特性		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑮ 受信アンテナ高 [m]		10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
⑯ 受信給電線損失 Lr [dB]		1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
⑰ 与干渉量 [dBm/チャンネル]	⑨-⑩-⑪+⑫+⑬+⑭-⑯	64.2	64.2	64.2	64.2	64.2	64.2
⑱ 通常運用受信電力		-61	-61	-61	-61	-61	-61
⑲ DU比		13.3	-27.0	-27.4	-41.2	-40.4	-26.0
⑳ 許容干渉電力 [dBm/17.5MHz]	⑱-⑲	-74.3	-34.0	-33.6	-19.8	-20.6	-35.0
㉑ 所要結合損 [dB]	⑳-⑲	138.5	98.2	97.8	84.0	84.8	99.2
㉒ 離隔距離 [km] (自由空間)		158.55	1.53	1.46	0.30	0.33	1.72
自由空間伝搬損失による離隔距離 (F)		158.55	1.53	1.46	0.30	0.33	1.72
平面大地伝搬損失による離隔距離 (P)		17.18	1.69	1.65	0.75	0.78	1.79
最終離隔距離	F<閾値の場合、離隔距離=F F>閾値の場合、離隔距離=P	17.18	1.53	1.46	0.30	0.33	1.72
閾値	4π(⑦)⑮①/300	1.86	1.86	1.86	1.86	1.86	1.86

○ 4K・8K用FPU (1.2GHz帯, 下り回線) から現行FPUへの干渉

	希望波：現行FPU 16QAM(2/3) 妨害波：4K・8K用FPU 下り回線	同一 チャンネル	上隣接 チャンネル	下隣接 チャンネル	上隣接 チャンネル	下隣接 チャンネル	両隣接 チャンネル
①	送信周波数f[GHz]	1.270	1.270	1.270	1.270	1.270	1.270
②	送信出力W[W]／アンテナ	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
③	送信出力W[dBm/17.5MHz]	43.98	43.98	43.98	43.98	43.98	43.98
④	送信アンテナ利得Gt[dBi](8素子八木)	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
⑤	水平面指向特性	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
⑥	垂直面指向特性	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
B	ビームフォーミング利得	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
⑦	送信アンテナ高[m]	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
⑧	送信給電線損失Lt[dB]	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
⑨	実効放射電力(WGt/Lt)[dBm/チャンネル]	③+④+⑤+⑥-⑧+B	54.48	54.48	54.48	54.48	54.48
⑩	建物等による遮蔽損[dB]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
⑪	壁等による減衰[dB]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
⑫	受信アンテナ利得Gr[dBi](8素子八木)	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
⑬	水平面指向特性	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
⑭	垂直面指向特性	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
⑮	受信アンテナ高[m]	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
⑯	受信給電線損失Lr[dB]	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
⑰	与干渉量[dBm/チャンネル]	⑨-⑩-⑪+⑫+⑬+⑭-⑯	64.98	64.98	64.98	64.98	64.98
⑱	通常運用受信電力		-61.00	-61.00	-61.00	-61.00	-61.00
⑲	DU比		13.30	-27.00	-27.40	-41.20	-40.40
⑳	許容干渉電力[dBm/17.5MHz]	⑱-⑲	-74.30	-34.00	-33.60	-19.80	-20.60
㉑	所要結合損[dB]	⑳-⑰	139.28	98.98	98.58	84.78	85.58
㉒	離隔距離[km](自由空間)		173.85	1.68	1.60	0.33	0.36
離隔距離	自由空間伝搬損失による離隔距離(F)		173.85	1.68	1.60	0.33	0.36
	平面大地伝搬損失による離隔距離(P)		30.41	2.99	2.92	1.32	1.38
	最終離隔距離	F<閾値の場合、離隔距離=F F>閾値の場合、離隔距離=P	30.41	1.68	1.60	0.33	0.36
閾値		4π(⑦)⑮①/300	5.32	5.32	5.32	5.32	

○ 現行FPUから4K・8K用FPU (2.3GHz帯, 上り回線) への干渉 (低相関)

	希望波：4K・8K用FPU (上り回線) 低相関 妨害波：現行FPU	同一 チャンネル	上隣接 チャンネル	下隣接 チャンネル	上隣接 チャンネル	下隣接 チャンネル	両隣接 チャンネル
①	送信周波数f[GHz]	2.3500	2.3500	2.3500	2.3500	2.3500	2.3500
②	送信出力W[W]／アンテナ	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
③	送信出力W[dBm/17.5MHz]	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0
④	送信アンテナ利得Gt[dBi](4段コリニア)	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2
⑤	水平面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑥	垂直面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
B	ビームフォーミング利得	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑦	送信アンテナ高[m]	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
⑧	送信給電線損失Lt[dB]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
⑨	実効放射電力(WGt/Lt)[dBm/チャンネル]	③+④+⑤+⑥-⑧+B	51.7	51.7	51.7	51.7	51.7
⑩	建物等による遮蔽損[dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑪	壁等による減衰[dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑫	受信アンテナ利得Gr[dBi](12素子八木)	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0
⑬	水平面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑭	垂直面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑮	受信アンテナ高[m]	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
⑯	受信給電線損失Lr[dB]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
⑰	与干渉量[dBm/チャンネル]	⑨-⑩-⑪+⑫+⑬+⑭-⑯	64.2	64.2	64.2	64.2	64.2
⑱	通常運用受信電力		-57	-57	-57	-57	-57
⑲	DU比		21.8	-18.0	-19.1	-38.0	-38.0
⑳	許容干渉電力[dBm/17.5MHz]	⑱-⑲	-78.8	-39.0	-37.9	-19.0	-19.0
㉑	所要結合損[dB]	⑳-⑰	143.0	103.2	102.1	83.2	83.2
㉒	離隔距離[km](自由空間)		144.53	1.48	1.30	0.15	0.15
離隔距離	自由空間伝搬損失による離隔距離(F)		144.53	1.48	1.30	0.15	0.15
	平面大地伝搬損失による離隔距離(P)		22.31	2.26	2.12	0.71	0.71
	最終離隔距離	F<閾値の場合、離隔距離=F F>閾値の場合、離隔距離=P	22.31	1.48	1.30	0.15	0.15
閾値		4π(⑦)⑮①/300	3.45	3.45	3.45	3.45	

○ 現行FPUから4K・8K用FPU(2.3GHz帯,上り回線)への干渉(典型相関)

	希望波:4K・8KFPU(上り回線) 妨害波:現行FPU	同一 チャンネル	上隣接 チャンネル	下隣接 チャンネル	上隣接 チャンネル	下隣接 チャンネル	両隣接 チャンネル
① 送信周波数f[GHz]		2.3500	2.3500	2.3500	2.3500	2.3500	2.3500
② 送信出力W[W]／アンテナ		40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
③ 送信出力W[dBm/17.5MHz]		46.0	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0
④ 送信アンテナ利得Gt[dBi](4段コーリニア)		7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2
⑤ 水平面指向特性		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑥ 垂直面指向特性		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
B ビームフォーミング利得		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑦ 送信アンテナ高[m]		3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
⑧ 送信給電線損失Lt[dB]		1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
⑨ 実効放射電力(WGt/Lt)[dBm/チャンネル]	③+④+⑤+⑥-⑧+B	51.7	51.7	51.7	51.7	51.7	51.7
⑩ 建物等による遮蔽損[dB]		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑪ 壁等による減衰[dB]		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑫ 受信アンテナ利得Gr[dBi](12素子八木)		14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0
⑬ 水平面指向特性		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑭ 垂直面指向特性		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑮ 受信アンテナ高[m]		10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
⑯ 受信給電線損失Lr[dB]		1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
⑰ 与干渉量[dBm/チャンネル]	⑨-⑩-⑪+⑫+⑬+⑭-⑯	64.2	64.2	64.2	64.2	64.2	64.2
⑱ 通常運用受信電力		-57	-57	-57	-57	-57	-57
⑲ DU比		32.6	-9.5	-10.3	-28.7	-28.8	-7.0
⑳ 許容干渉電力[dBm/17.5MHz]	⑱-⑲	-89.6	-47.5	-46.7	-28.3	-28.2	-50.0
㉑ 所要結合損[dB]	⑳-⑲	153.8	111.7	110.9	92.5	92.4	114.2
㉒ 離隔距離[km](自由空間)		501.14	3.94	3.59	0.43	0.43	5.25
自由空間伝搬損失による離隔距離		501.14	3.94	3.59	0.43	0.43	5.25
平面大地伝搬損失による離隔距離		41.55	3.68	3.52	1.22	1.21	4.25
最終離隔距離	F<閾値の場合、離隔距離=F F>閾値の場合、離隔距離=P	41.55	3.68	3.52	0.43	0.43	4.25
閾値	$4\pi \frac{⑦ \times ⑮}{⑰} / 300$	3.45	3.45	3.45	3.45	3.45	3.45

○ 4K・8K用FPU(2.3GHz帯,上り回線)から現行FPUへの干渉

	希望波:現行FPU 16QAM(2/3) 妨害波:4K・8KFPU(上り回線)	同一 チャンネル	上隣接 チャンネル	下隣接 チャンネル	上隣接 チャンネル	下隣接 チャンネル	両隣接 チャンネル
① 送信周波数f[GHz]		2.3500	2.3500	2.3500	2.3500	2.3500	2.3500
② 送信出力W[W]／アンテナ		40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
③ 送信出力W[dBm/17.5MHz]		46.0	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0
④ 送信アンテナ利得Gt[dBi](2段コーリニア)		5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2
⑤ 水平面指向特性		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑥ 垂直面指向特性		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
B ビームフォーミング利得		6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
⑦ 送信アンテナ高[m]		3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
⑧ 送信給電線損失Lt[dB]		1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
⑨ 実効放射電力(WGt/Lt)[dBm/チャンネル]	③+④+⑤+⑥-⑧+B	55.7	55.7	55.7	55.7	55.7	55.7
⑩ 建物等による遮蔽損[dB]		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑪ 壁等による減衰[dB]		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑫ 受信アンテナ利得Gr[dBi](12素子八木)		14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0
⑬ 水平面指向特性		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑭ 垂直面指向特性		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑮ 受信アンテナ高[m]		10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
⑯ 受信給電線損失Lr[dB]		1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
⑰ 与干渉量[dBm/チャンネル]	⑨-⑩-⑪+⑫+⑬+⑭-⑯	68.2	68.2	68.2	68.2	68.2	68.2
⑱ 通常運用受信電力		-61	-61	-61	-61	-61	-61
⑲ DU比		13.3	-27.0	-27.4	-41.2	-40.4	-26.0
⑳ 許容干渉電力[dBm/17.5MHz]	⑱-⑲	-74.3	-34.0	-33.6	-19.8	-20.6	-35.0
㉑ 所要結合損[dB]	⑳-⑲	142.5	102.2	101.8	88.0	88.8	103.2
㉒ 離隔距離[km](自由空間)		136.45	1.32	1.26	0.26	0.28	1.48
自由空間伝搬損失による離隔距離(F)		136.45	1.32	1.26	0.26	0.28	1.48
平面大地伝搬損失による離隔距離(P)		21.68	2.13	2.08	0.94	0.99	2.26
最終離隔距離	F<閾値の場合、離隔距離=F F>閾値の場合、離隔距離=P	21.68	1.32	1.26	0.26	0.28	1.48
閾値	$4\pi \frac{⑦ \times ⑮}{⑰} / 300$	3.45	3.45	3.45	3.45	3.45	3.45

○ 4 K・8 K用 FPU (2.3GHz 帯, 下り回線) から現行 FPU への干渉

希望波: 現行 FPU 16QAM(2/3) 妨害波: 4K・8K FPU (下り回線)		同一 チャンネル	上隣接 チャンネル	下隣接 チャンネル	上隣接 チャンネル	下隣接 チャンネル	両隣接 チャンネル
①	送信周波数 f [GHz]	2.3500	2.3500	2.3500	2.3500	2.3500	2.3500
②	送信出力 W [W] / アンテナ	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
③	送信出力 W [dBm/17.5MHz]	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0
④	送信アンテナ利得 Gt [dBi] (12素子八木)	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0
⑤	水平面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑥	垂直面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
B	ビームフォーミング利得	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑦	送信アンテナ高 [m]	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
⑧	送信給電線損失 Lt [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
⑨	実効放射電力 (W _{Gt} / Lt) [dBm/チャンネル]	③+④+⑤+⑥-⑧)+B	58.5	58.5	58.5	58.5	58.5
⑩	建物等による遮蔽損 [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑪	壁等による減衰 [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑫	送信アンテナ利得 Gt [dBi] (12素子八木)	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0
⑬	水平面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑭	垂直面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑮	受信アンテナ高 [m]	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
⑯	受信給電線損失 Lr [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
⑰	与干渉量 [dBm/チャンネル]	⑨-⑩-⑪+⑫+⑬+⑭-⑯	71.0	71.0	71.0	71.0	71.0
⑱	通常運用受信電力		-61.0	-61.0	-61.0	-61.0	-61.0
⑲	DU比		13.3	-27.0	-27.4	-41.2	-40.4
⑳	許容干渉電力 [dBm/17.5MHz]	⑱-⑲	-74.3	-34.0	-33.6	-19.8	-20.6
㉑	所要結合損 [dB]	㉑-⑳	145.3	105.0	104.6	90.8	91.6
㉒	離隔距離 [km] (自由空間)		188.3	1.8	1.7	0.4	0.4
離隔距離	自由空間伝搬損失による離隔距離 (F)		188.3	1.8	1.7	0.4	0.4
	平面大地伝搬損失による離隔距離 (P)		43.1	4.2	4.1	1.9	2.0
	最終離隔距離	F<閾値の場合、離隔距離=F F>閾値の場合、離隔距離=P	43.06	1.82	1.74	0.35	0.39
	閾値	$4\pi(7)(15)(1)/300$	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8

特定ラジオマイクとの干渉試験

1 特定ラジオマイク (1.2GHz 帯) 概要

特定ラジオマイクは、高音質型のワイヤレスマイクとして、放送番組制作やコンサート、舞台・芸術、イベント展示会等で用いられている。1.2GHz 帯 (1240～1260MHz)、UHF 帯 (470～714MHz) の周波数を使用している。

1.2GHz 帯特定ラジオマイクの技術的条件について、デジタル方式 (DQPSK) とアナログ方式の概要を表 11-1 (放送システム委員会報告 (平成 25 年 1 月 25 日) から引用)、およびデジタル方式 (OFDM) の概要を表 11-2 (移動通信システム委員会報告 (平成 25 年 5 月 17 日) から引用) に示す。

表 11-1 特定ラジオマイク (アナログ、デジタル (DQPSK)) の技術的条件

項目	内容
使用周波数	1240～1260MHz (1252～1253MHz を除く)
空中線電力	アナログ方式 : 50mW デジタル方式 : 50mW
空中線電力の許容偏差	上限 50%、下限 50%
スプリアス発射又は不要発射の強度の許容値	2.5 μ W
変調周波数 (アナログ)	20kHz 以内
占有周波数帯幅	[アナログ方式] ・周波数編移が以下のもの (\pm)40kHz 以内 : 110kHz (\pm)40kHz～60kHz : 160kHz (\pm)60kHz～150kHz : 330kHz ・ステレオ伝送のもの : 250kHz [デジタル方式] 28.8 kHz
空中線	絶対利得 2.14dBi 以下、アナログ方式のイヤーマニターは絶対利得 7dBi 以下
筐体	空中線を一の筐体に収めることを要しない装置に追加

表 11-2 特定ラジオマイク（デジタル(OFDM)）の技術的条件

項目	内容
使用周波数	1240~1260MHz (1252~1253MHz を除く)
空中線電力	50mW 以下
空中線電力の許容偏差	上限 50%、下限 50%
スプリアス発射又は不要発射の強度の許容値	2.5 μ W
変調方式	直交周波数分割多重 (OFDM)
キャリア変調方式	16QAM、QPSK
占有周波数帯幅	288 KHz および 600kHz
空中線	絶対利得 2.14dBi 以下、アナログ方式のイヤーマニターは絶対利得 7dBi 以下
特徴	低遅延、リニア、ステレオ、高耐干渉

1. 2GHz 帯 4 K・8 K用 FPU は特定ラジオマイクの周波数帯と重なっており、周波数を共用することから、1. 2GHz 帯 4 K・8 K用 FPU と特定ラジオマイクとの干渉試験を行い、それぞれの所要 D/U 比により離隔距離を算出し、干渉の検討を行った。

2 4 K・8 K用 FPU の干渉検討

特定ラジオマイクから 4 K・8 K用 FPU 上り回線への干渉については室内実験を実施して所要 D/U を求めた。また、特定ラジオマイクから 4 K・8 K用 FPU 下り回線への干渉、および 4 K・8 K用 FPU 上り回線・下り回線から特定ラジオマイクへの干渉については放送システム委員会報告（平成 25 年 1 月 25 日）、（移動通信システム委員会報告（平成 25 年 5 月 17 日）の所要 D/U を引用した。

(1) 特定ラジオマイクから 4 K・8 K用 FPU（上り回線）への干渉

4 K・8 K用 FPU（上り回線）を希望波と特定ラジオマイクを妨害波とし、所要 D/U の測定を行った。特定ラジオマイクは、アナログ方式、デジタル(DQPSK)方式、デジタル(OFDM)方式および CW(無変調キャリア)とし、特定ラジオマイクが 1 波の場合の所要 D/U の測定を行った。

また、デジタル(DQPSK)方式の特定ラジオマイクが複数(6 波、14 波、24 波、38 波)の場合について、所要 D/U を測定した。測定は FPU 占有周波数帯域の帯域内、帯域外で行った。

計測においては、FPU 受信機入力レベルを標準受信電力(-57dBm)となるよう FPU 送信機の送信出力を調整し、特定ラジオマイクの送信レベルを可変して、4 K・8 K用 FPU のビット誤り率(BER)が 2×10^{-4} となる D/U を測定した。

①特定ラジオマイク（アナログ、デジタル(DQPSK、OFDM)、CW）が1波の場合以下の条件で、所要 D/U vs BER の測定を行った。

- ・測定諸元を表 11-3 に、希望波と妨害波の周波数配置を図 11-1 に示す。希望波は周波数を 1252MHz に固定し、妨害波は 1240～1260MHz の中で 1MHz あるいは 2MHz の間隔で周波数を変えて所要 D/U を測定した。

表 11-3 測定諸元

項目	アナログ方式	デジタル方式	
変調方式	FM(モノラル)	$\pi/4$ シフト DQPSK	OFDM、キャリア変調:16QAM
周波数偏移	$\pm 40\text{kHz}$	—	—
シンボルレート	—	128 Ksps	—
ロールオフフィルタ	—	ルートナイキスト(係数 0.5)	—
キャリア間隔	—	—	12.75kHz
変調内容	1kHz	PN	PN
占有周波数帯幅	110kHz	288 KHz	600kHz

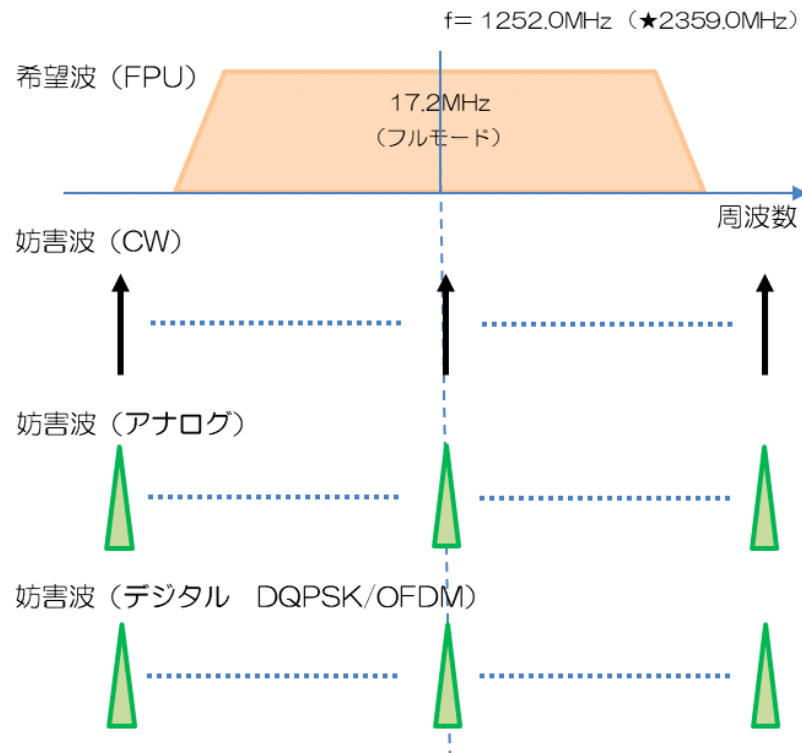


図 11-1 妨害波 1 波と希望波の周波数配置
(★実際の計測では 2.3GHz 帯周波数による)

- ・計測は 2.3GHz 帯の装置を用いて実施したため、装置の周波数を 2359MHz とし、妨害波の周波数は 1.2GHz 帯周波数に 1107MHz を加算して設定した。
- ・妨害波は、アナログ、デジタル (DQPSK)、デジタル (OFDM)、CW とし、信号発生器で生成した。
- ・計測結果を以下に示す。

○ CW 1 波の場合

特定ラジオマイク (CW 1 波) の周波数が FPU と同じ 1252MHz の場合の D/U 対 BER の測定結果を図 11-2 に示す。BER が 2×10^{-4} となる D/U は 25.94dB である。伝搬モデルは郊外 A 低相関で測定した。

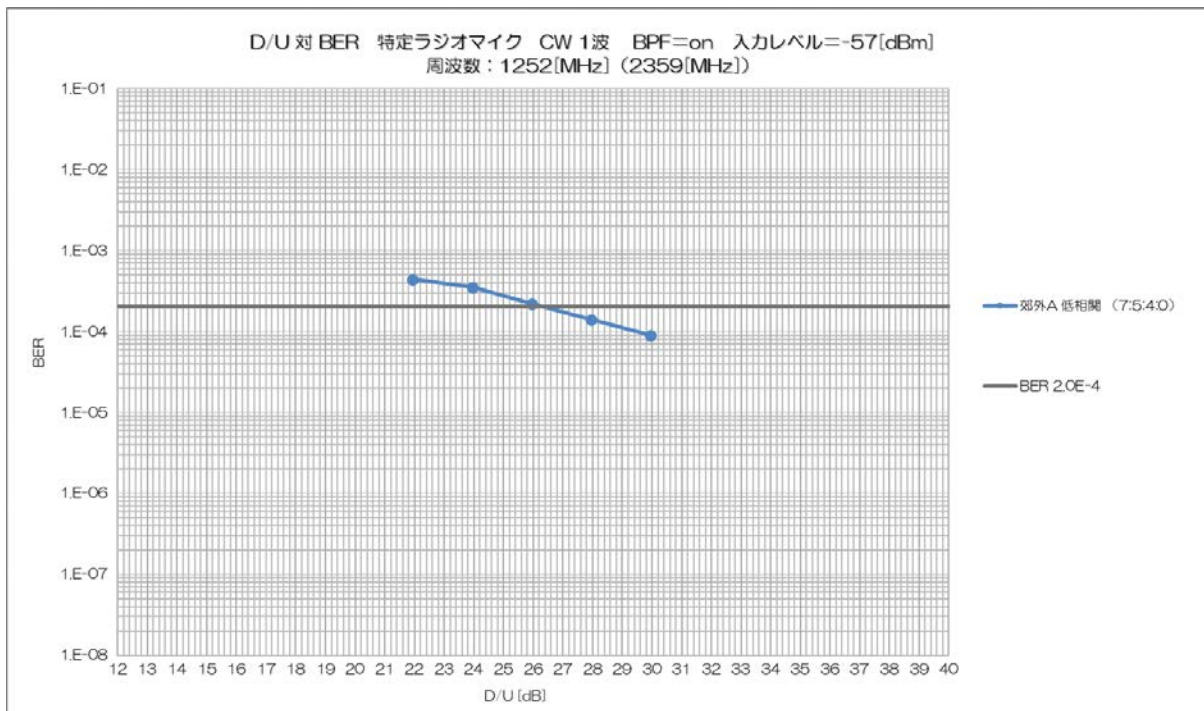


図 11-2 特定ラジオマイク (CW 1 波) からの被干渉における D/U 対 BER

特定ラジオマイク (CW 1 波) の周波数を 2MHz 間隔で動かした場合の所要 D/U を図 11-3 に示す。CW の周波数が FPU の中心周波数 (1252MHz) と一致した時に、所要 D/U が大きくなっている。また、表 11-4 は所要 D/U の数値と帯域内の平均値であり、離隔距離の計算に適用する。

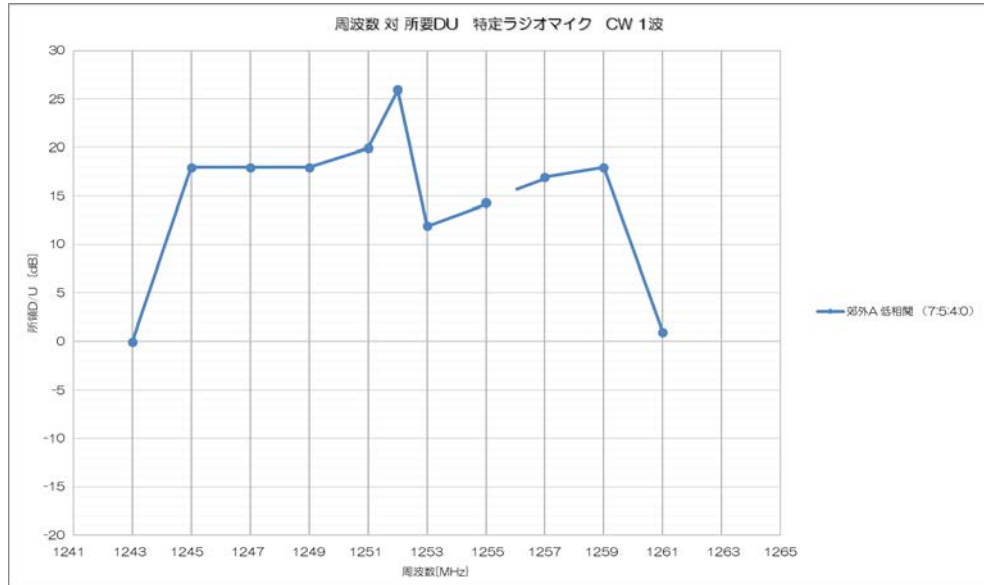


図 11-3 CW 1 波の場合の所要 D/U

表 11-4 CW 1 波の場合の所要 D/U

妨害波	周波数 [MHz]	所要 D/U [dB] BPFon	
		郊外 A 低相関	帯域内の平均値
特定ラジオマイク CW 1 波	1243 [MHz] (2350 [MHz])	-0.06	19.68
	1245 [MHz] (2352 [MHz])	17.94	
	1247 [MHz] (2354 [MHz])	17.94	
	1249 [MHz] (2356 [MHz])	17.94	
	1251 [MHz] (2358 [MHz])	19.94	
	1252 [MHz] (2359 [MHz])	25.94	
	1253 [MHz] (2360 [MHz])	11.94	
	1255 [MHz] (2362 [MHz])	14.94	
	1257 [MHz] (2364 [MHz])	16.94	
	1259 [MHz] (2366 [MHz])	17.94	
	1261 [MHz] (2368 [MHz])	0.94	

○ アナログラジオマイク 1 波の場合

特定ラジオマイク (アナログ 1 波) の周波数が FPU と同じ 1252MHz の場合の D/U 対 BER の測定結果を、図 11-4 に示す。ここでは、すべての伝搬モデルについて測定した。

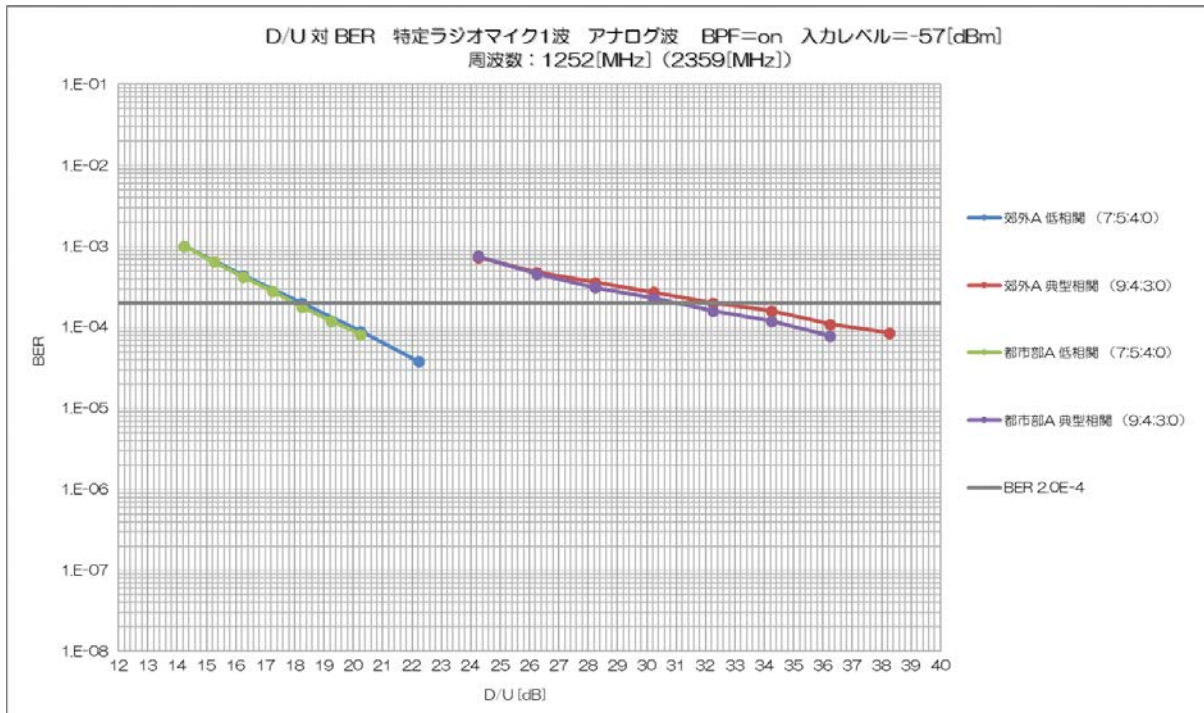


図 11-4 アナログラジオマイク 1 波の場合の D/U 対 BER

アナログラジオマイクの周波数を 2MHz 間隔で動かした場合の所要 D/U を図 11-5 に示す。4つの伝搬モデルでは、郊外 A と都市部 A のそれぞれ低相関および典型相関同士の所要 D/U が同じような傾向となっている。

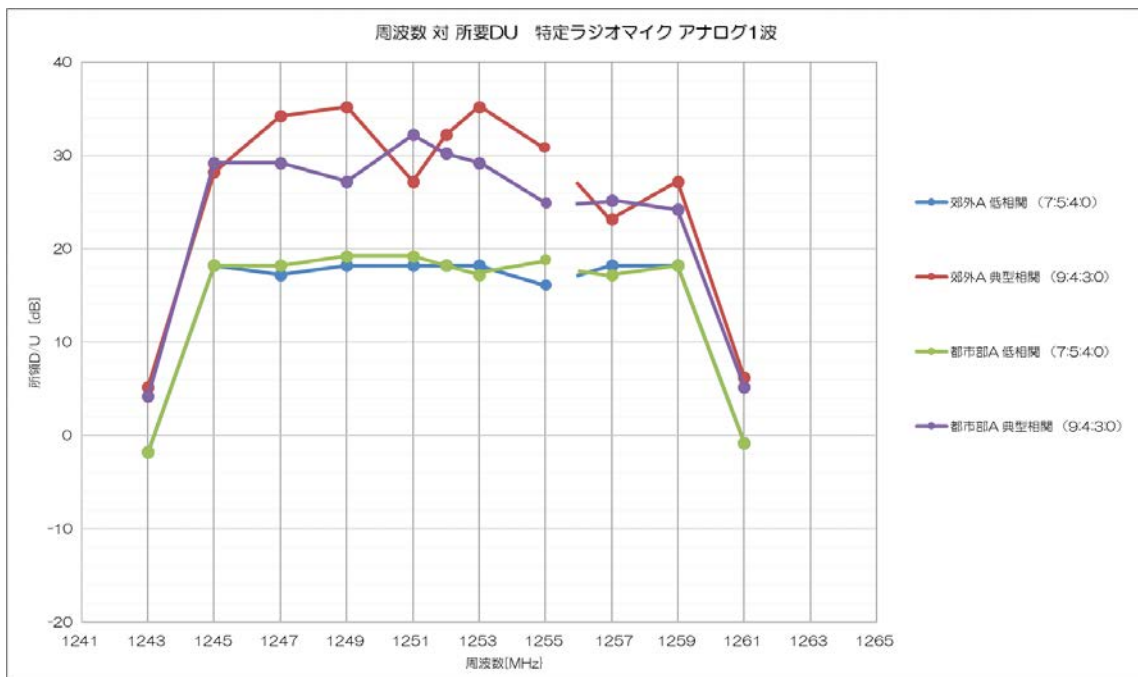


図 11-5 アナログラジオマイク 1 波の場合の周波数 対 所要 D/U

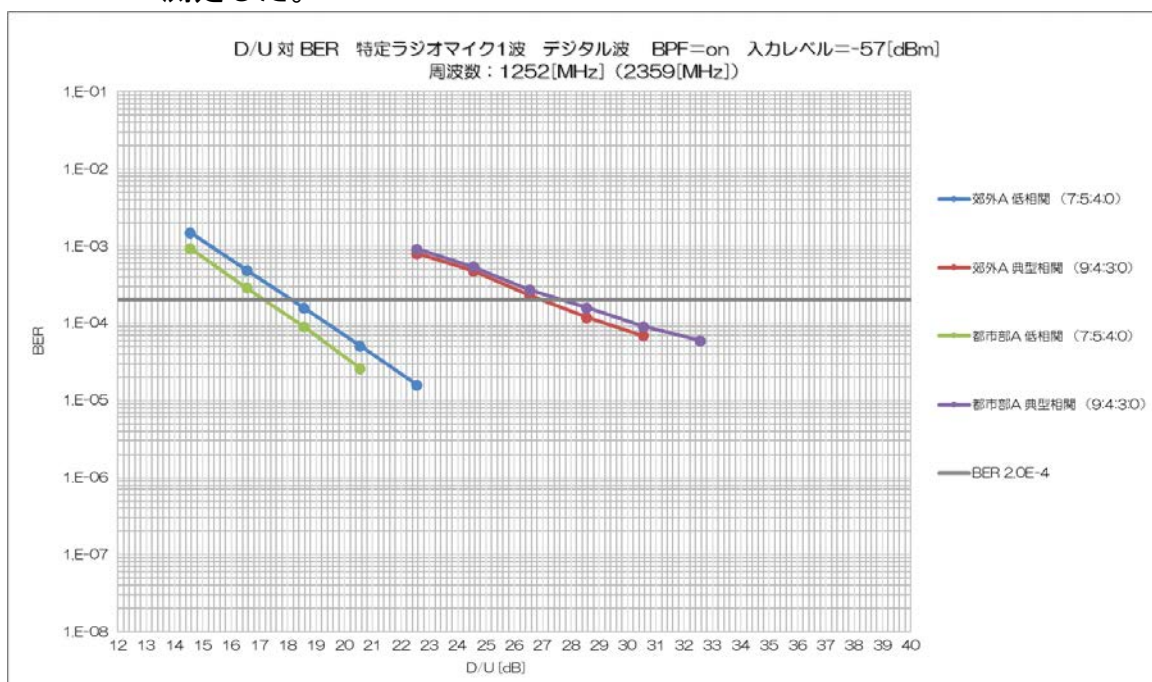
各伝搬モデルの所要 D/U の測定値、および帯域内の所要 D/U の平均値を表 11-5 に示す。離隔距離の計算の際にはこの平均値を適用する。

表 11-5 アナログラジオマイク 1 波の所要 D/U

妨害波	周波数 [MHz]	所要 D/U [dB] BPFon			
		郊外 A 低相関	郊外 A 典型相関	都市部 A 低相関	都市部 A 典型相関
特定ラジオマイク・アナログ 1 波	1243 [MHz] (2350 [MHz])	-1.76	5.24	-1.76	4.24
	1245 [MHz] (2352 [MHz])	18.24	28.24	18.24	29.24
	1247 [MHz] (2354 [MHz])	17.24	34.24	18.24	29.24
	1249 [MHz] (2356 [MHz])	18.24	35.24	19.24	27.24
	1251 [MHz] (2358 [MHz])	18.24	27.24	19.24	32.24
	1252 [MHz] (2359 [MHz])	18.24	32.24	18.24	30.24
	1253 [MHz] (2360 [MHz])	18.24	35.24	17.24	29.24
	1255 [MHz] (2362 [MHz])	16.24	31.24	19.24	25.24
	1257 [MHz] (2364 [MHz])	18.24	23.24	17.24	25.24
	1259 [MHz] (2366 [MHz])	18.24	27.24	18.24	24.24
	1261 [MHz] (2368 [MHz])	-0.76	6.24	-0.76	5.24
	帯域内 (1245~1259MHz) の平均値		17.95	32.01	18.41

○ デジタル (DQPSK) ラジオマイク 1 波の場合

デジタル (DQPSK) の周波数が FPU と同じ 1252MHz の場合の D/U 対 BER の測定結果を図 11-6 に示す。ここでも、すべての伝搬モデルについて測定した。



11-6 デジタル (DQPSK) ラジオマイク 1 波の場合の D/U 対 BER

デジタルラジオマイクの周波数を 1 MHz 間隔で動かした場合の所要 D/U を図 11-7 に示す。伝搬モデルについては、アナログの場合と同様に、郊外 A と都市部 A のそれぞれ低相関および典型相関同士の所要 D/U が同じような傾向となっている。

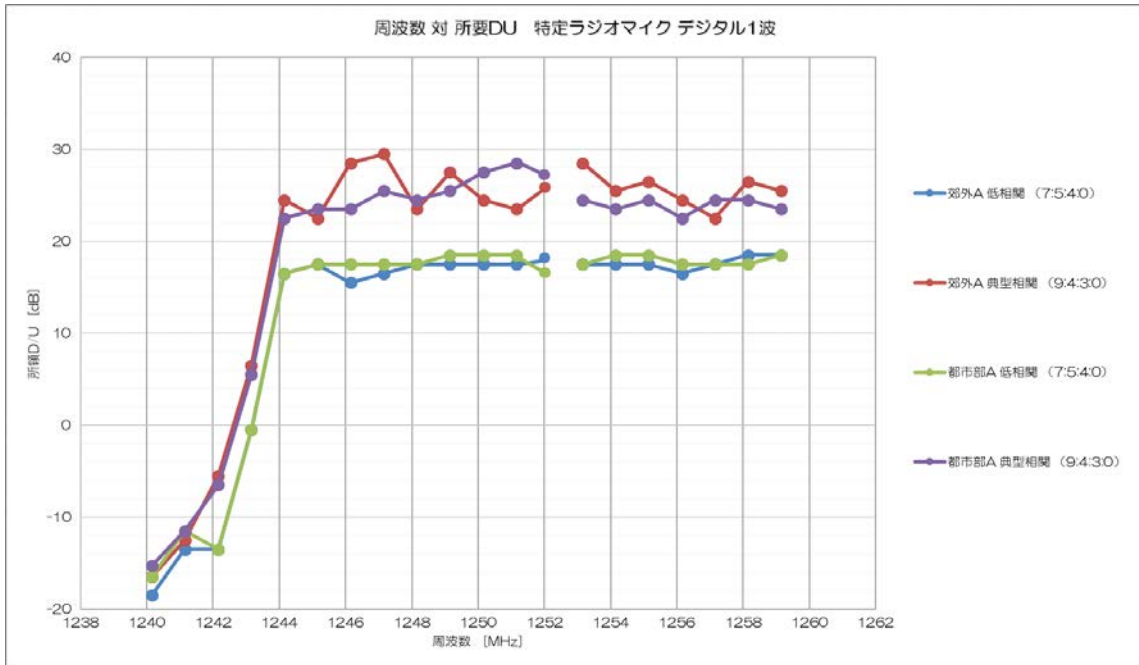


図 11-7 デジタル (DQPSK) ラジオマイク 1 波の場合の周波数 対 所要 D/U

各伝搬モデルの所要 D/U の測定値、および帯域内の所要 D/U の平均値を表 11-6 に示す。離隔距離の計算の際にはこの平均値を適用する。

表 11-6 デジタル (DQPSK) ラジオマイク 1 波の所要 D/U

妨害波	周波数 [MHz]	所要 D/U [dB] BPFon			
		郊外 A 低相関	郊外 A 典型相関	都市部 A 低相関	都市部 A 典型相関
特定ラジオマイクデジタル (DQPSK) 1 波	1240. 15 [MHz] (2347. 15 [MHz])	-18. 46	-16. 46	-18. 46	-15. 26
	1241. 15 [MHz] (2348. 15 [MHz])	-13. 46	-12. 46	-13. 46	-11. 46
	1242. 15 [MHz] (2349. 15 [MHz])	-13. 46	-5. 46	-13. 46	-6. 46
	1243. 15 [MHz] (2350. 15 [MHz])	-0. 46	6. 54	-0. 46	5. 54
	1244. 15 [MHz] (2351. 15 [MHz])	16. 54	24. 54	16. 54	22. 54
	1245. 15 [MHz] (2352. 15 [MHz])	17. 54	22. 54	17. 54	23. 54
	1246. 15 [MHz] (2353. 15 [MHz])	15. 54	28. 54	15. 54	23. 54
	1247. 15 [MHz] (2354. 15 [MHz])	16. 54	29. 54	16. 54	25. 54
	1248. 15 [MHz] (2355. 15 [MHz])	17. 54	23. 54	17. 54	24. 54
	1249. 15 [MHz] (2356. 15 [MHz])	17. 54	27. 54	17. 54	25. 54
1250. 15 [MHz] (2357. 15 [MHz])	17. 54	24. 54	17. 54	27. 54	

1251.15 [MHz] (2358.15 [MHz])	17.54	23.54	17.54	28.54
1252.00 [MHz] (2359.00 [MHz])	18.54	26.54	18.54	27.54
1253.15 [MHz] (2360.15 [MHz])	17.54	28.54	17.54	24.54
1254.15 [MHz] (2361.15 [MHz])	17.54	25.54	17.54	23.54
1255.15 [MHz] (2362.15 [MHz])	17.54	26.54	17.54	24.54
1256.15 [MHz] (2363.15 [MHz])	16.54	24.54	16.54	22.54
1257.15 [MHz] (2364.15 [MHz])	17.54	22.54	17.54	24.54
1258.15 [MHz] (2365.15 [MHz])	18.54	26.54	18.54	24.54
1259.15 [MHz] (2366.15 [MHz])	18.54	25.54	18.54	23.54
帯域内(1244.15~1259.15MHz)の 平均値	17.48	26.17	17.89	25.16

○ デジタル (OFDM) ラジオマイク 1 波の場合

デジタル (OFDM) の周波数が FPU と同じ 1252MHz の場合の D/U 対 BER の測定結果を図 11-8 に示す。

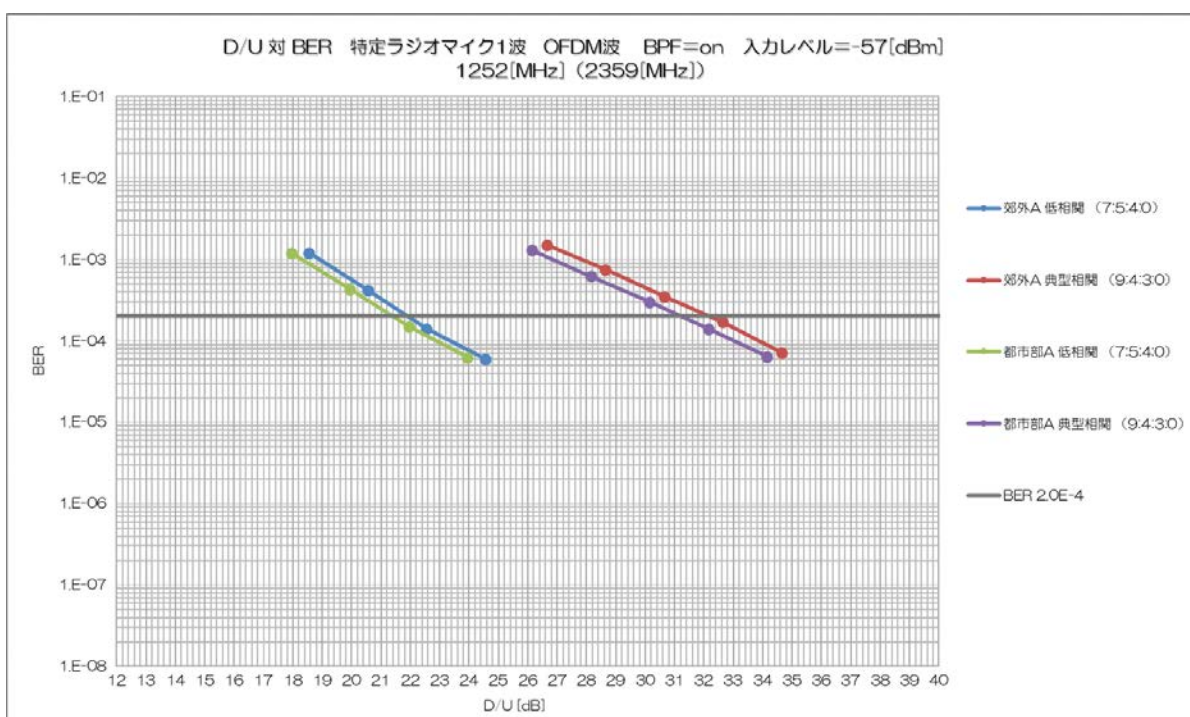


図 11-8 デジタル (OFDM) ラジオマイク 1 波の場合の D/U 対 BER

デジタルラジオマイクの周波数を 1 MHz 間隔で動かした場合の所要 D/U を図 11-9 に示す。伝搬モデルについては、アナログの場合と同様に、郊外 A と都市部 A のそれぞれ低相関同士、および典型相関同士の所要 D/U が同じような傾向となっている。デジタル (DQPSK) の場合と比べると、所要 D/U が 5dB 程度高くなっている。

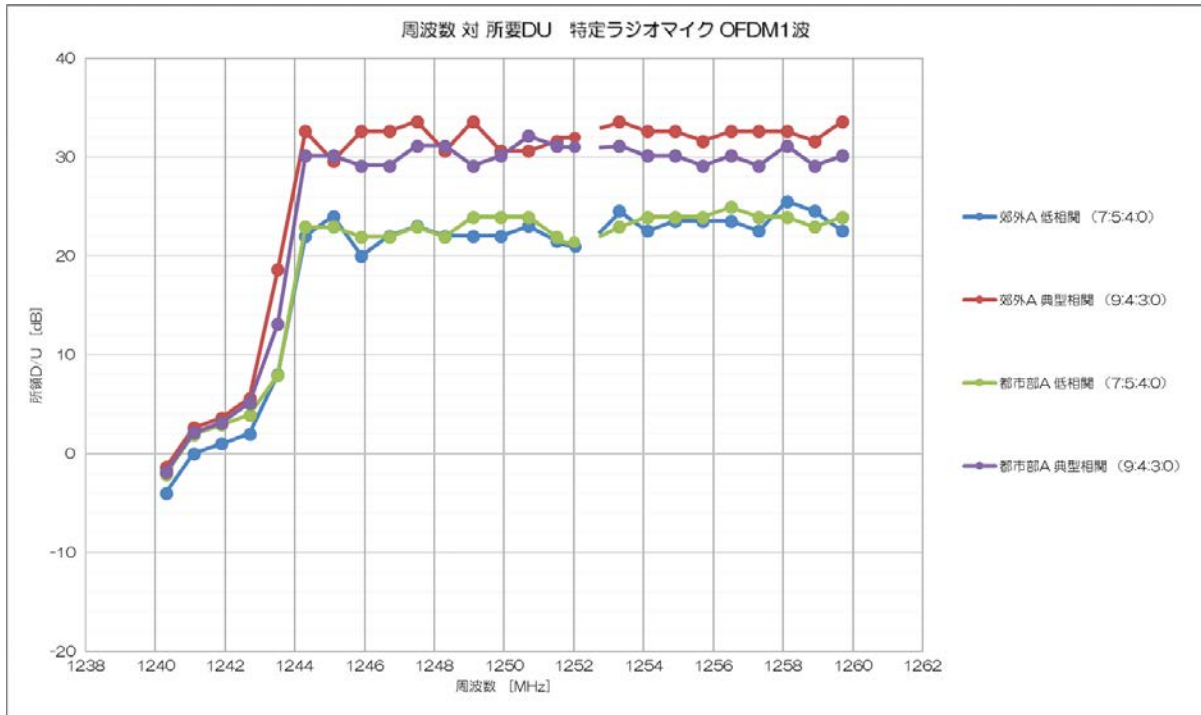


図 11-9 デジタル (OFDM) ラジオマイク 1 波の場合の周波数 対 所要 D/U

各伝搬モデルの所要 D/U の測定値、および帯域内の所要 D/U の平均値を表 11-7 に示す。離隔距離の計算の際にはこの平均値を適用する。

表 11-7 デジタル (OFDM) ラジオマイク 1 波の所要 D/U

妨害波	周波数 [MHz]	所要 D/U [dB] BPFon			
		郊外 A 低相関	郊外 A 典型相関	都市部 A 低相関	都市部 A 典型相関
特定ラジオ マイクデジ タル (OFDM) 1 波	1240. 15 [MHz] (2347. 15 [MHz])	-3. 96	-1. 36	-2. 06	-1. 86
	1241. 15 [MHz] (2348. 15 [MHz])	0. 04	2. 64	1. 94	2. 14
	1242. 15 [MHz] (2349. 15 [MHz])	1. 04	3. 64	2. 94	3. 14
	1243. 15 [MHz] (2350. 15 [MHz])	2. 04	5. 64	3. 94	5. 14
	1244. 15 [MHz] (2351. 15 [MHz])	8. 04	18. 64	7. 94	13. 14
	1245. 15 [MHz] (2352. 15 [MHz])	22. 04	32. 64	22. 94	30. 14
	1246. 15 [MHz] (2353. 15 [MHz])	24. 04	29. 64	22. 94	30. 14
	1247. 15 [MHz] (2354. 15 [MHz])	20. 04	32. 64	21. 94	29. 14
	1248. 15 [MHz] (2355. 15 [MHz])	22. 04	32. 64	21. 94	29. 14
	1249. 15 [MHz] (2356. 15 [MHz])	23. 04	33. 64	22. 94	31. 14
	1250. 15 [MHz] (2357. 15 [MHz])	22. 04	30. 64	21. 94	31. 14
	1251. 15 [MHz] (2358. 15 [MHz])	22. 04	33. 64	23. 94	29. 14
	1252. 00 [MHz] (2359. 00 [MHz])	22. 04	30. 64	23. 94	30. 14
	1253. 15 [MHz] (2360. 15 [MHz])	23. 04	30. 64	23. 94	32. 14
1254. 15 [MHz] (2361. 15 [MHz])	21. 54	31. 64	21. 94	31. 14	

1255.15 [MHz] (2362.15 [MHz])	21.54	32.64	21.94	31.14
1256.15 [MHz] (2363.15 [MHz])	24.54	33.64	22.94	31.14
1257.15 [MHz] (2364.15 [MHz])	22.54	32.64	23.94	30.14
1258.15 [MHz] (2365.15 [MHz])	23.54	32.64	23.94	30.14
1259.15 [MHz] (2366.15 [MHz])	23.54	31.64	23.94	29.14
帯域内(1244.15~1259.15MHz)の 平均値	22.99	32.37	23.33	30.33

② 複数の特定ラジオマイク（デジタル(DQPSK)）からの被干渉

以下の条件で、所要 D/U と BER の測定を行った。

- ・ 希望波と妨害波の周波数配置を図 11-10 に示す。妨害波である特定ラジオマイクは 6 波、14 波、24 波、36 波として、周波数間隔は 500kHz とした。
- ・ 妨害波の配置は次のとおりである。
 - デジタル 6 波
1240MHz~1243MHz にラジオマイク 6 本を配置し、下隣接干渉を調査
 - デジタル 24 波
1240MHz~1252Hz にラジオマイク 24 本を配置し、下側帯域の干渉を調査
 - デジタル 14 波
1253MHz~1260MHz にラジオマイク 14 本を配置し、上側帯域の干渉を調査
 - デジタル 38 波
1240MHz~1260MHz に 38 本のラジオマイクを配置し、全帯域の干渉を調査
- ・ 実験は 2.3GHz 帯の装置を用いて実施するため、FPU の中心周波数を 2359MHz とした。妨害波は 1.2GHz 帯での周波数に 1107MHz を加算して設定した。
- ・ 妨害波のデジタル(DQPSK)は信号発生器で生成した。
- ・ 妨害波の電力は全てのラジオマイクの合計電力として、D/U を定義した。

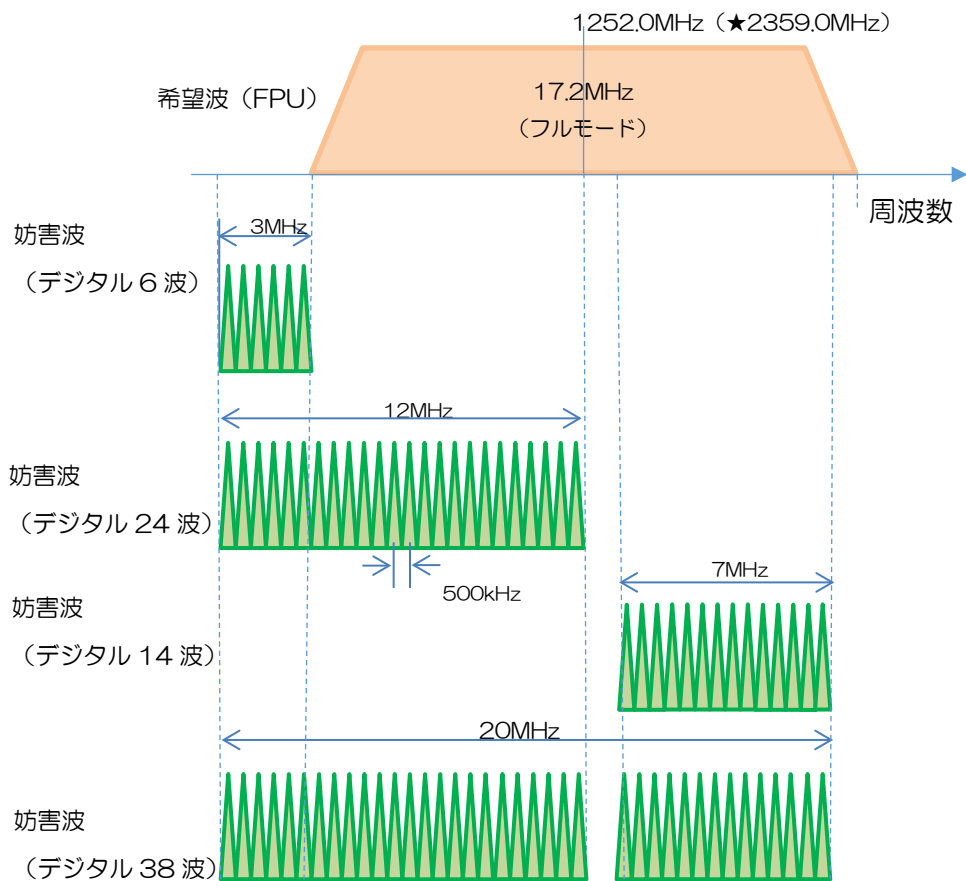


図 11-10 複数の妨害波と希望波の周波数配置
(★実際の実験での 2.3GHz 帯周波数)

デジタル (DQPSK) ラジオマイクが 6 波、14 波、24 波、38 波の場合の D/U 対 BER を図 11-11～図 11-14 に示す。6 波は下隣接の帯域外に妨害波が位置するため、D/U は小さくなっている。14 波、24 波、38 波は、各伝搬モデルともに同じような測定結果になっている。

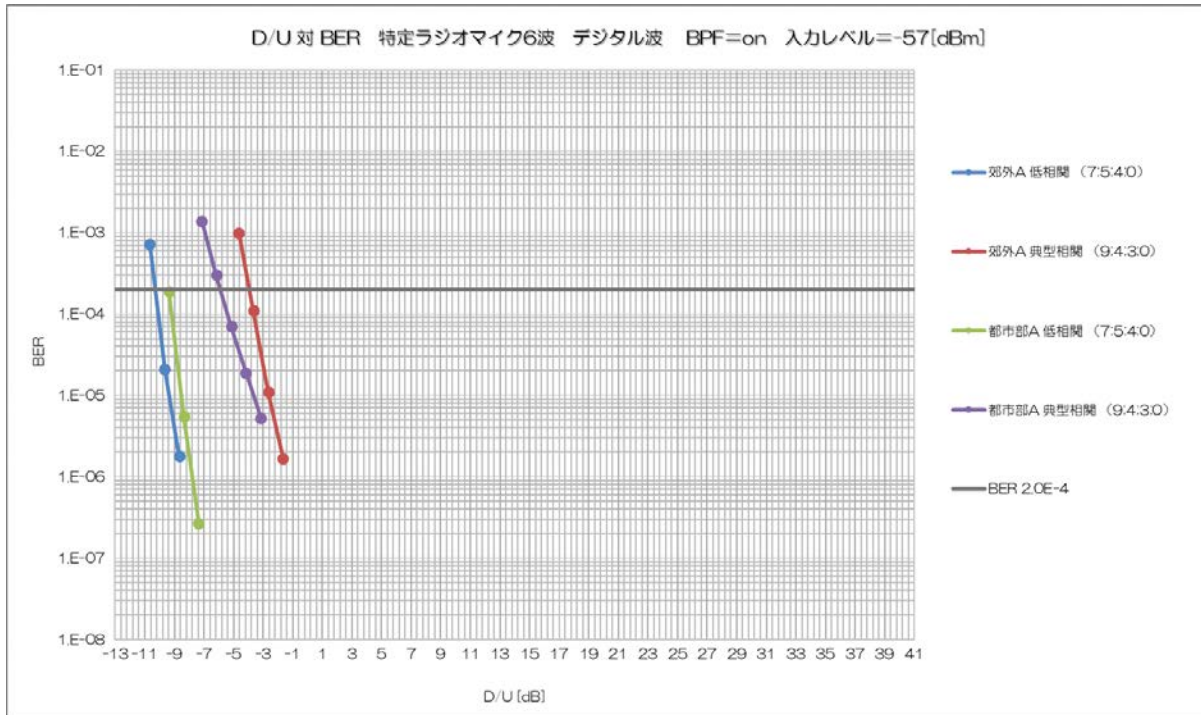


図 11-11 デジタル(DQPSK)6波の場合の D/U 対 BER

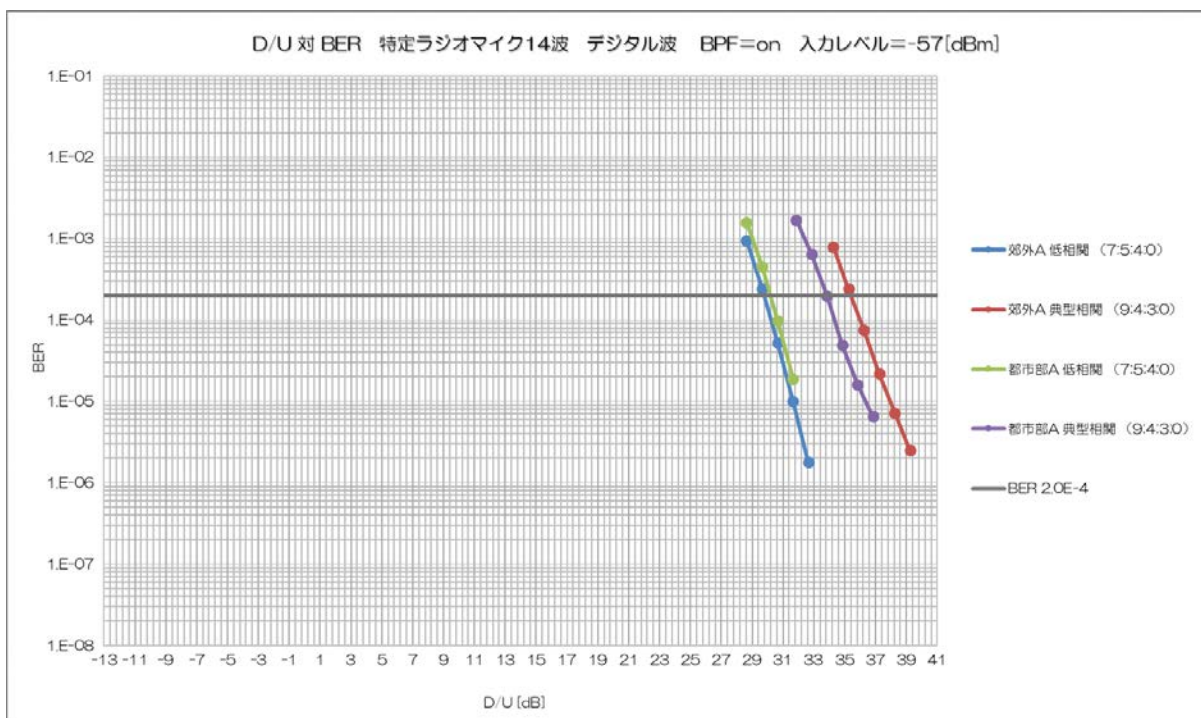


図 11-12 デジタル(DQPSK)14波の場合の D/U 対 BER

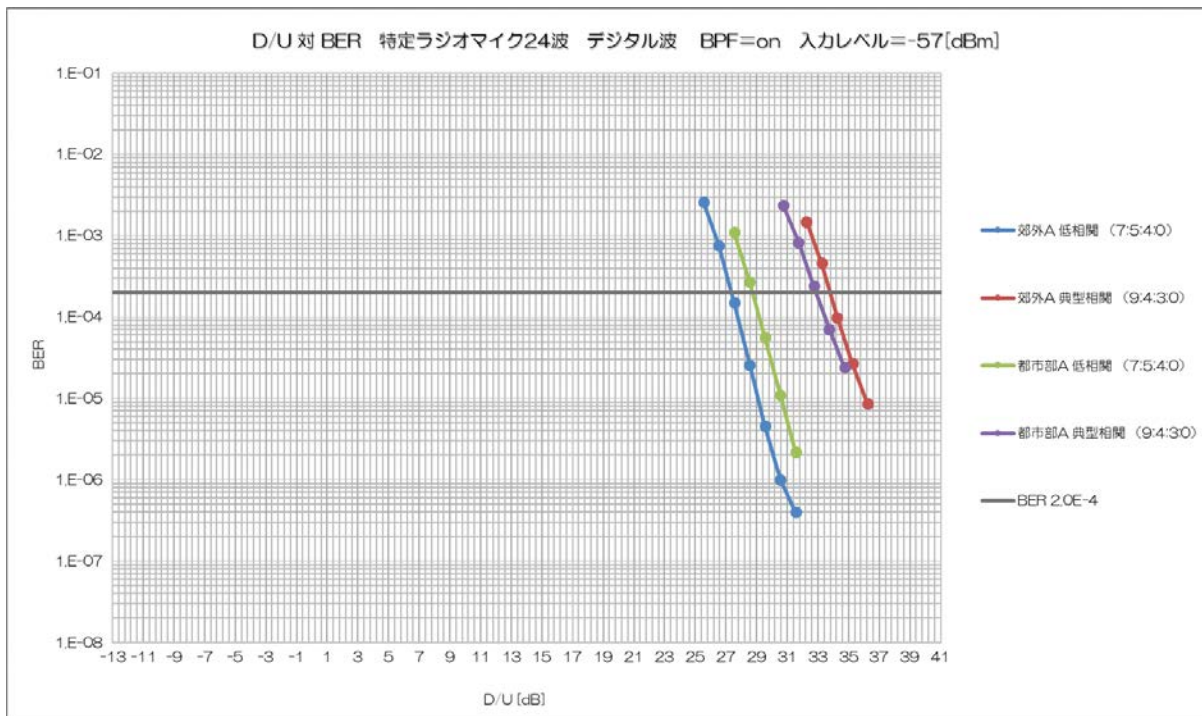


図 11-13 デジタル(DQPSK) 24 波の場合の D/U 対 BER

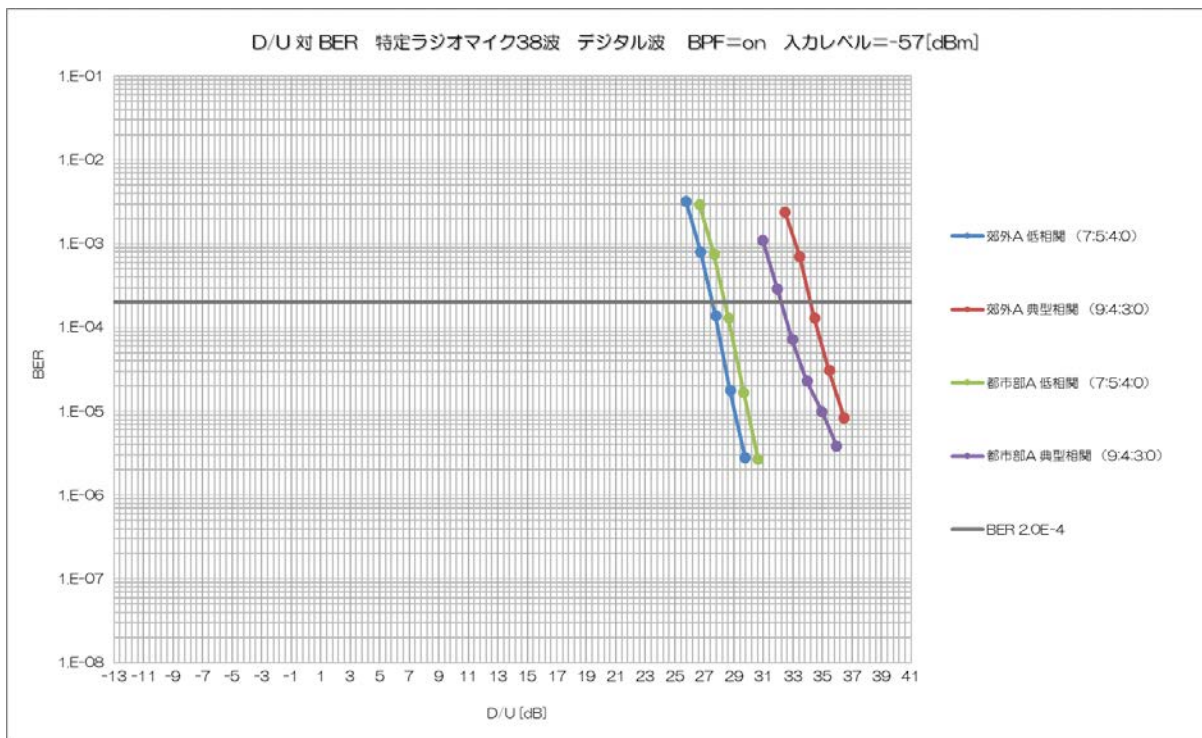


図 11-14 デジタル(DQPSK) 38 波の場合の D/U 対 BER

複数の特定ラジオマイクを妨害波とした場合の所要 D/U をまとめて表 11-8 に示す。

表 11-8 複数のデジタル(DQPSK)ラジオマイクを妨害波とした場合の所要 D/U

伝搬モデル	所要 D/U[dB] BPFon			
	デジタル 6 波	デジタル 14 波	デジタル 24 波	デジタル 38 波
郊外 A 低相関	-10.3	29.8	27.4	27.5
郊外 A 典型相関	-3.9	35.4	33.8	34.2
都市部 A 低相関	-9.4	30.2	28.7	28.4
都市部 A 典型相関	-5.9	33.8	32.9	32.2

(2) 特定ラジオマイクから 4 K・8 K用 FPU（下り回線）への干渉

4 K・8 K用 FPU（下り回線）では、放送システム委員会報告（平成 25 年 1 月 25 日）に記載されている所要 D/U を引用する。ただし、現行 FPU に対して、4K・8 K FPU では受信アンテナが 2 本から 4 本に増えたことによるブランチ合成利得の増分 3dB を勘案した補正值を所要 D/U とした。

所要 D/U を表 11-9 に示す。

表 11-9 所要 D/U

方式	妨害波数	所要 DU 比 [dB]	
		放送システム委員会報告（平成 25 年 1 月 25 日）の値	補正後の値
アナログ	12 波	11	8
	6 波（下隣接）	5	2
DQPSK	36 波	13	10
	6 波（下隣接）	-17	-20

(3) 4 K・8 K用 FPU（上り回線／下り回線）から特定ラジオマイクへの干渉

4 K・8 K用 FPU（上り回線／下り回線）の送信信号の占有帯域幅や周波数スペクトルの形状が現行の FPU と同じであり、放送システム委員会報告（平成 25 年 1 月 25 日）、移動通信システム委員会報告（平成 25 年 5 月 17 日）の所要 D/U を引用した。所要 D/U を表 11-10 に示す。

なお、帯域内とは FPU の帯域内に特定ラジオマイクが位置する場合である。帯域端は FPU 帯域の端に特定ラジオマイクが位置する場合であり、アナログと DQPSK は FPU の中心周波数 (fc) から下側に 9MHz に、OFDM では 9.7MHz に位置している。

表 11-10 所要 D/U

方式	測定感度	帯域内／帯域端	所要 D/U 比
アナログ	SINAD=50 (dB) *2	帯域内	13.6dB
		fc-9MHz	-26dB
DQPSK	BER=1X10 ⁻⁵ *3	帯域内	-6dB
		fc-9MHz	-34dB
OFDM (16QAM)	BER=1X10 ⁻² *4	帯域内	1dB
		fc±9.7、11MHz	-35dB
OFDM (QPSK)	BER=1X10 ⁻² *4	帯域内	-5dB
		fc±9.7、11MHz	-41dB

*1 アナログ及び DQPSK については、移動通信システム委員会報告（平成 25 年 5 月 17 日）から引用した。

*2 SINAD(A) は、A-Weighting をかけた値であり、SINAD(A) = 49dB が許容限

*3 検知限となるビット誤り率

*4 検知限となるビット誤り率（ビタビ復号前）

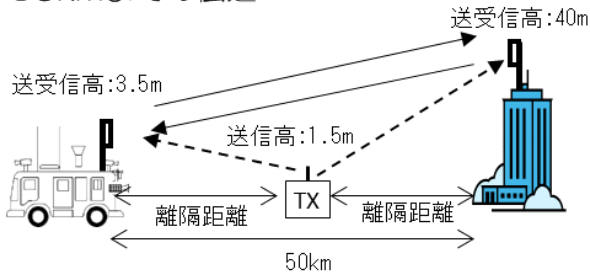
3 特定ラジオマイクとの干渉検討

4 K・8 K 用 FPU の運用モデルにもとづいて、干渉モデルを設定した。FPU 被干渉モデルを図 11-15 に、FPU 与干渉モデルを図 11-16 に示す。それぞれ、4 K・8 K 用 FPU の上り回線と下り回線との干渉について、離隔距離を計算する。

また、放送システム委員会報告（平成 25 年 1 月 25 日）の検討条件にしたがって特定ラジオマイクの送信アンテナ高は 1.5m、受信アンテナ高は 4m とした。離隔距離の計算は、運用モデル（6 種類）、伝搬モデル（4 種類）の組合せについて実施した。

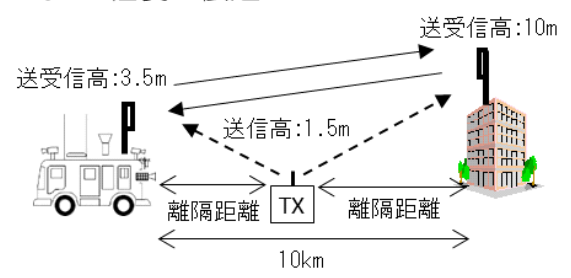
①モデル1 [固定中継]

中継車から受信基地局まで伝搬距離
50kmまでの伝送



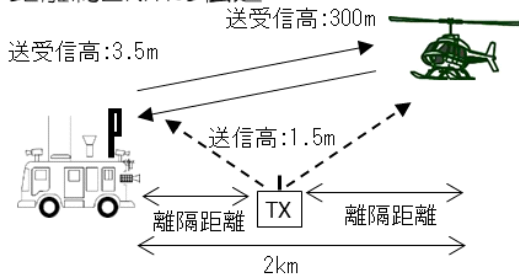
②モデル2 [移動中継]

中継車から受信基地局まで伝搬距離
10km程度の伝送



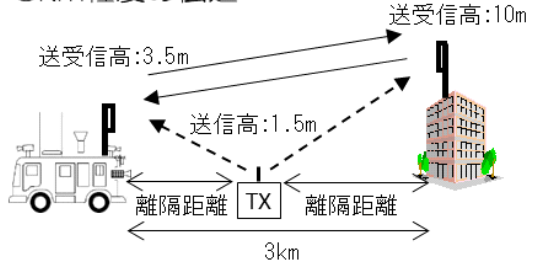
④モデル4 [移動中継]

中継車からヘリコプターに向け伝搬
距離約2kmの伝送



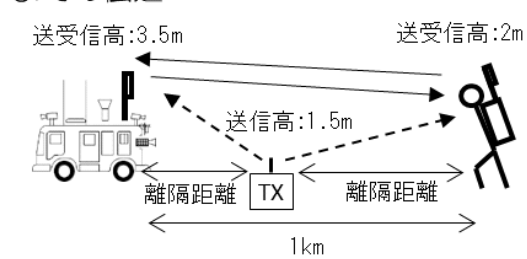
③モデル3 [移動中継]

市街地で中継車から受信基地局まで
3km程度の伝送



⑤モデル5 [移動中継]

機材を背負い最寄りの中継車に1km
までの伝送



⑥モデル6 [移動中継]

バイクから中継車に1kmまでの伝送

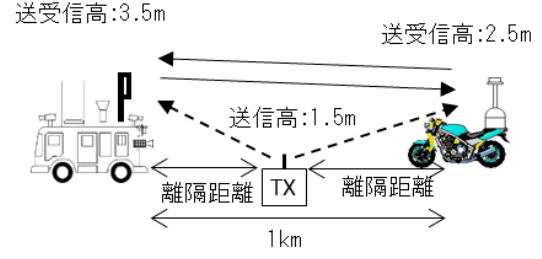
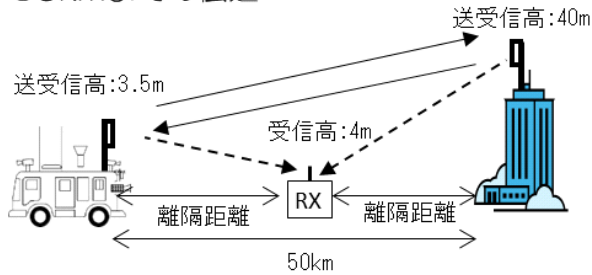


図 11-15 特定ラジオマイクから4K・8K用FPUへの干渉モデル

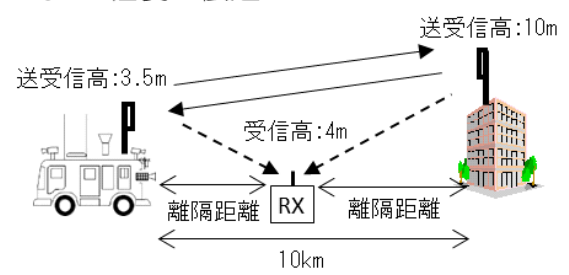
①モデル1 [固定中継]

中継車から受信基地局まで伝搬距離
50kmまでの伝送



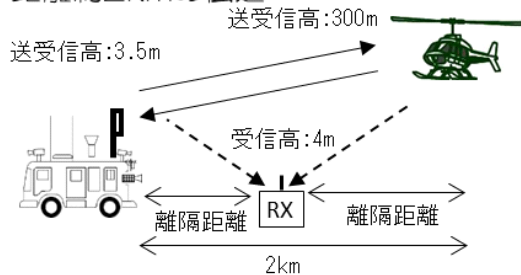
②モデル2 [移動中継]

中継車から受信基地局まで伝搬距離
10km程度の伝送



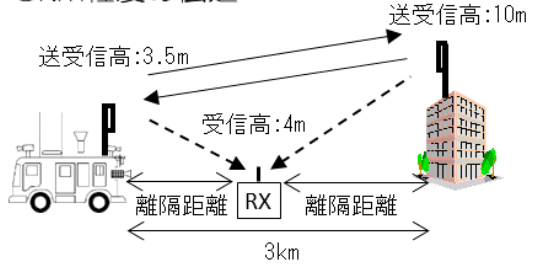
④モデル4 [移動中継]

中継車からヘリコプターに向け伝搬
距離約2kmの伝送



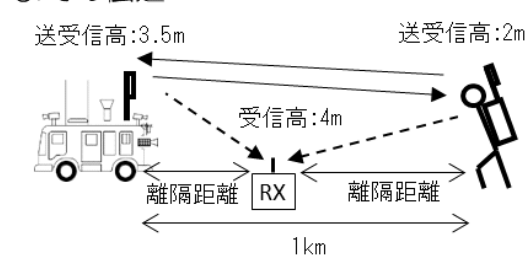
③モデル3 [移動中継]

市街地で中継車から受信基地局まで
3km程度の伝送



⑤モデル5 [移動中継]

機材を背負い最寄りの中継車に1km
までの伝送



⑥モデル6 [移動中継]

バイクから中継車に1kmまでの伝送

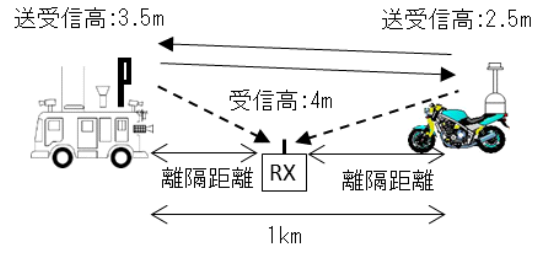


図 11-16 4 K・8 K用 FPU から特定ラジオマイクへの干渉モデル

(1) 特定ラジオマイクから4 K・8 K用 FPU (上り回線) への干渉

離隔距離の計算にあたって下記の事項を考慮した。

- ・4 K・8 K用 FPU (上り回線) のアンテナ利得などの諸元は回線設計例に従い、受信電力に所要 D/U を加味して干渉許容電力とした。
- ・特定ラジオマイクの送信アンテナ利得については、放送システム委員会報告 (平成 25 年 1 月 25 日) から、 -10dBd (-7.86dBi) として計算した。
- ・壁等による妨害波の減衰を 15dB とした。
- ・特定ラジオマイクの送信出力は CW とアナログが 10mW 、デジタル (DQPSK、OFDM) が 50mW とし、これに送信・受信アンテナの利得とそれぞれの給電線損失を加え、建物等の遮蔽損を考慮したものを特定ラジオマイクの与干渉

電力とした。

- ・ 4 K・8 K用 FPU（上り回線）の受信アンテナに多素子八木を用いている運用モデル 1, 2, 3, 5, 6 では、水平指向性による妨害波の減衰-10dB を加味する。
- ・ この与干渉電力が FPU の D/U 基準による干渉許容電力を下回るための所要結合損を出し、離隔距離を算出した。

① 特定ラジオマイク（CW、アナログ、デジタル(DQPSK、OFDM)）が 1 波の場合
○ CW 1 波の場合

妨害波が CW 1 波の場合の離隔距離の計算結果を表 11-11 に示す。伝搬モデルは郊外 A 低相関であり、離隔距離は 30~120m 程度となっている。

表 11-11 所要 D/U と離隔距離

妨害波	伝搬モデル	所要 D/U[dB] BPFon	離隔距離[km]					
			運用モデル 1	運用モデル 2	運用モデル 3	運用モデル 4	運用モデル 5	運用モデル 6
CW1 波	郊外 A 低相関	19.68	0.12	0.04	0.03	0.11	0.12	0.12

○ アナログラジオマイク 1 波の場合

妨害波がアナログラジオマイクの場合の離隔距離の計算結果を表 11-12 に示す。伝搬モデルが低相関の場合は、CW と同程度の離隔距離となっている。典型相関では、離隔距離は低相関の 3~5 倍程度となっている。

表 11-12 所要 D/U と離隔距離

(アナログラジオマイク 1 波から 4 K・8 K用 FPU(上り回線)への干渉)

妨害波	伝搬モデル	所要 D/U[dB] BPFon	離隔距離[km]					
			運用モデル 1	運用モデル 2	運用モデル 3	運用モデル 4	運用モデル 5	運用モデル 6
アナログ 1 波	郊外 A 低相関	17.95	0.10	0.11	0.04	0.09	0.09	0.09
	郊外 A 典型相関	32.01	0.50	0.54	0.20	0.44	0.27	0.31
	都市部 A 低相関	18.41	0.10	0.11	0.04	0.09	0.10	0.10
	都市部 A 典型相関	28.73	0.34	0.37	0.14	0.30	0.23	0.25

○ デジタルラジオマイク 1 波の場合

妨害波がデジタルラジオマイクの場合の離隔距離の計算結果を表 11-13 に示す。伝搬モデルが低相関の場合は、離隔距離は CW やアナログラジオマイクの場合の 2 倍程度となっている。DQPSK と OFDM を比較すると、OFDM の

所要 D/U は DQPSK よりも 6dB ほど高く、離隔距離も約 2 倍に拡大している。
また、典型相関では、離隔距離は低相関の 2～3 倍程度となっている。

表 11-13 所要 D/U と離隔距離

妨害波	伝搬モデル	所要 D/U [dB] BPFon	離隔距離 [km]					
			運用モデル 1	運用モデル 2	運用モデル 3	運用モデル 4	運用モデル 5	運用モデル 6
デジタル (DQPSK) 1 波	郊外 A 低相関	17.48	0.21	0.23	0.09	0.19	0.18	0.20
	郊外 A 典型相関	26.17	0.57	0.61	0.23	0.50	0.29	0.33
	都市部 A 低相関	17.89	0.22	0.24	0.09	0.19	0.18	0.20
	都市部 A 典型相関	25.16	0.50	0.55	0.21	0.45	0.28	0.31
デジタル (OFDM) 1 波	郊外 A 典型相関	22.99	0.39	0.42	0.16	0.35	0.38	0.38
	都市部 A 低相関	32.37	1.15	0.99	0.48	1.03	0.94	0.94
	都市部 A 典型相関	23.33	0.41	0.44	0.17	0.36	0.39	0.39
	郊外 A 典型相関	30.33	0.91	0.88	0.38	0.81	0.83	0.83

②複数の特定ラジオマイク（デジタル(DQPSK)）からの被干渉

妨害波が複数のデジタル(DQPSK)ラジオマイクの場合の離隔距離を表 11-14 に示す。希望波と妨害波の周波数配置は図 11-10 のとおりである。

デジタル(DQPSK)6 波は FPU の下隣接の帯域外であり、所要 D/U も小さく、離隔距離も小さい。14 波、24 波、38 波は帯域内の干渉となり、所要 D/U が大きく、離隔距離も拡大している。

なお、複数波の場合、D/U における妨害波電力は複数波の総電力で定義されている。離隔距離は 1 波あたりの電力で計算しているため、同じ所要 D/U であっても、波の数が多い方が離隔距離は大きくなる。例えば、デジタル 24 波の郊外 A 低相関・運用モデル 1 の所要 D/U が 27.4dB で離隔距離は 3.17km、38 波では所要 D/U が 27.5dB と 0.1dB しか違わないが、波の数が多いため離隔距離は 3.58km に拡大している。

表 11-14 所要 D/U と離隔距離

妨害波	伝搬モデル	所要 D/U[dB] BPFon	離隔距離[km]					
			運用モデル 1	運用モデル 2	運用モデル 3	運用モデル 4	運用モデル 5	運用モデル 6
デジタル (DQPSK) 6波 (帯域外)	郊外 A 低相関	-10.3	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02
	郊外 A 典型相関	-3.9	0.04	0.05	0.02	0.04	0.04	0.04
	都市部 A 低相関	-9.4	0.02	0.03	0.01	0.02	0.02	0.02
	都市部 A 典型相関	-5.9	0.03	0.04	0.01	0.03	0.03	0.03
デジタル (DQPSK) 14波	郊外 A 典型相関	29.8	3.18	1.66	1.02	2.86	0.92	0.92
	都市部 A 低相関	35.4	4.39	2.28	1.41	5.46	1.28	1.28
	都市部 A 典型相関	30.2	3.25	1.69	1.04	3.00	0.95	0.95
	郊外 A 典型相関	33.8	4.00	2.08	1.28	4.54	1.16	1.16
デジタル (DQPSK) 24波	郊外 A 低相関	27.4	3.17	1.65	1.02	2.84	0.92	0.92
	郊外 A 典型相関	33.8	4.58	2.38	1.47	5.94	1.33	1.33
	都市部 A 低相関	28.7	3.42	1.78	1.10	3.30	0.99	0.99
	都市部 A 典型相関	32.9	4.35	2.26	1.40	5.36	1.26	1.26
デジタル (DQPSK) 38波	郊外 A 典型相関	27.5	3.58	1.86	1.15	3.64	1.04	1.04
	都市部 A 低相関	34.2	5.26	2.74	1.69	7.87	1.53	1.53
	都市部 A 典型相関	28.4	3.77	1.96	1.21	4.04	1.09	1.09
	郊外 A 典型相関	32.2	4.69	2.44	1.50	6.25	1.36	1.36

③郊外 A 低相関の場合の離隔距離の計算結果について

①、②では全ての伝搬モデルについて離隔距離の検討を行った。3. 1 1 (3) で述べた理由により郊外 A 低相関に注目して検討することとし、郊外 A 低相関の離隔距離を表 11-15 に集約した。

この表から妨害波の種類による離隔距離の違いが分かる。妨害波が 1 波の場合の離隔距離は 30m~400m となっており、デジタル(OFDM)の離隔距離が最も大きくなっている。妨害波が複数になると、所要 D/U が大きくなり離隔距離も拡大している。帯域外を除くと、下線のデジタル(DQPSK)36波が最も離隔

距離が大きい。

なお、デジタル(DQPSK) 6波は帯域外に位置するため、所要 D/U が小さく、離隔距離も 20m 程度と小さい。

表 11-15 所要 D/U と離隔距離（郊外 A 低相関の場合）

妨害波	所要 D/U[dB] BPFon	離隔距離[km]					
		運用 モデル 1	運用 モデル 2	運用 モデル 3	運用 モデル 4	運用 モデル 5	運用 モデル 6
CW1 波	19.68	0.12	0.04	0.03	0.11	0.12	0.12
アナログ 1 波	17.95	0.10	0.11	0.04	0.09	0.09	0.09
デジタル(DQPSK) 1 波	17.48	0.21	0.23	0.09	0.19	0.18	0.20
デジタル(OFDM) 1 波	22.99	0.39	0.42	0.16	0.35	0.38	0.38
デジタル(DQPSK) 14 波	29.8	3.18	1.66	1.02	2.86	0.92	0.92
デジタル(DQPSK) 24 波	27.4	3.17	1.65	1.02	2.84	0.92	0.92
デジタル(DQPSK) 38 波	27.5	<u>3.58</u>	<u>1.86</u>	<u>1.15</u>	<u>3.64</u>	<u>1.04</u>	<u>1.04</u>
デジタル(DQPSK) 6 波（帯域外）	-10.3	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02

④特定ラジオマイクから現行 FPU への干渉の場合

4 K・8 K用 FPU と現行 FPU と比較するため、現行 FPU を希望波とした場合の離隔距離を計算し、表 11-16 にまとめた。

計算に用いた所要 D/U は放送システム委員会報告（平成 25 年 1 月 25 日）から引用した。デジタル 6 波（帯域外）を除くと、デジタル 36 波の離隔距離も大きくなっている。

表 11-15 のデジタル(DQPSK) 36 波と比較すると、現行 FPU よりも 4 K・8 K 用 FPU の離隔距離が拡大している。運用モデル 6 については、4 K・8 K 用 FPU では 8 素子八木アンテナの水平指向性による妨害波の減衰-10dB を考慮しているため、離隔距離が小さくなっている。現行 FPU は 2 段コーリニアであるため、水平指向性は考慮していない。

表 11-16 (参考) 所要 D/U と離隔距離

妨害波	伝搬モデル	所要 D/U [dB] BPFon	離隔距離 [km]					
			運用モデル 1	運用モデル 2	運用モデル 3	運用モデル 4	運用モデル 5	運用モデル 6
CW 1 波	16QAM	-9	0.004	0.12	0.099	0.004	0.004	0.013
デジタル 1 波	16QAM	4	0.04	0.05	0.02	0.04	0.04	0.13
デジタル 11 波	16QAM	15.0	0.58	0.63	0.22	0.51	0.39	0.70
デジタル 36 波	16QAM	13.0	<u>0.74</u>	<u>0.79</u>	<u>0.27</u>	<u>0.65</u>	<u>0.44</u>	<u>0.79</u>
デジタル 6 波 (帯域外)	16QAM	-17.0	0.01	0.01	0.004	0.01	0.01	0.03

(2) 特定ラジオマイクから 4 K・8 K 用 FPU (下り回線) への干渉

離隔距離の計算にあたって下記の事項を考慮した。

- ・ 4 K・8 K 用 FPU (上り回線) のアンテナ利得などの諸元は回線設計例に従い、受信電力に所要 D/U を加味して干渉許容電力とした。
- ・ デジタル方式 (OFDM) の送信アンテナ利得 (人体装着損込み) については、放送システム委員会報告 (平成 25 年 1 月 25 日) に合わせて -10dBd (-7.86dBi) として計算した。
- ・ 建物等による妨害波の減衰を -15dB とする。
- ・ 特定ラジオマイクの送信出力はアナログが 10mW、デジタル (DQPSK) が 50mW とし、これに送信・受信アンテナの利得とそれぞれの給電線損失を加え、建物等の遮蔽損を考慮したものを特定ラジオマイクの与干渉電力とした。
- ・ 4 K・8 K 用 FPU (下り回線) の受信アンテナに 8 素子八木を用いている運用モデル 1 では、水平指向性による妨害波の減衰 -10dB を加味する。
- ・ この与干渉電力が FPU の D/U 基準による干渉許容電力を下回るための所要結合損を出し、離隔距離を算出した。
- ・ 妨害波として、アナログラジオマイクが 12 波、6 波 (帯域外)、デジタル (DQPSK) ラジオマイクが 36 波、6 波 (帯域外) の場合について離隔距離を計算した。その結果を表 11-17 に示す。

表 11-17 所要 D/U と離隔距離の計算結果
(複数の特定ラジオマイクから 4 K・8 K 用 FPU (下り回線) への干渉)

妨害波	帯域内 / 帯域外	所要 D/U [dB]	離隔距離 [km]					
			運用モデル 1	運用モデル 2	運用モデル 3	運用モデル 4	運用モデル 5	運用モデル 6
アナログ 12 波	FPU 帯域内	8	0.05	0.17	0.06	0.04	0.12	0.15
デジタル 36 波		10	0.26	0.48	0.29	0.21	0.30	0.38
アナログ 6 波	FPU 帯域外	2	0.02	0.06	0.02	0.02	0.04	0.05
デジタル 6 波	(下隣接)	-20	0.003	0.011	0.004	0.003	0.008	0.01

- ・ 上り回線の場合と比べると所要 D/U が小さく、例えば、デジタル (DQPSK) 36

波の離隔距離は表 11-15 のデジタル(DQPSK) 38 波の離隔距離の 1/2~1/10 程度になっている。

- (3) 4 K・8 K用 FPU (上り回線/下り回線) から特定ラジオマイクへの干渉離隔距離の計算にあたって下記の事項を考慮した。
- ・4 K・8 K用 FPU (上り回線/下り回線) のアンテナ利得など諸元は、回線設計例に従った。
 - ・特定ラジオマイクの伝送距離は 60m (アナログ)、100m (DQPSK、OFDM) とし、送信アンテナにおいては人体装着損として-10dB を考慮した。回線設計を表 11-18 に示す。

表 11-18 特定ラジオマイクの回線設計

項目		デジタル		アナログ	
		帯域内	帯域外	帯域内	帯域外
①	送信中心周波数 (MHz)	1249.0	1240.0	1249.0	1240.0
②	送信波長 (m)	=光速/①/10 ⁶		0.24	0.24
③	送信出力 (W)	0.05	0.05	0.01	0.01
④	送信出力 (dBm)	17.0	17.0	10.0	10.0
⑤	送信アンテナ高 d(m)	1.5	1.5	1.5	1.5
⑥	送信アンテナ利得 (dBi)	ダイポールアンテナ		2.14	2.14
⑦	人体装着損	10	10	10	10
⑧	送信給電線損失(dB)	0.0	0.0	0.0	0.0
⑨	実効放射電力(dBm)	④+⑥-⑦-⑧		2.1	2.1
⑩	送受間距離 (km)	0.10	0.10	0.06	0.06
⑪	自由空間損失	20log(⑩/(4π⑤②))		-69.9	-69.9
⑫	受信アンテナ高 (m)	4.0	4.0	4.0	4.0
⑬	受信アンテナ利得 (dBi)	2.1	2.1	2.1	2.1
⑭	受信給電線損失(dB)	0.0	0.0	0.0	0.0
⑮	閾値 (km)	4*π*⑤*⑫/②		0.3	0.3
⑯	受信点電力(dBm)_自由空間モデル	⑨+⑪+⑬-⑭		-65.70	-65.64
⑰	受信点電力(dBm)_平面大地モデル	⑯+20log(4π⑤⑫/②/⑩)		-65.70	-65.36

- ・4 K・8 K用 FPU (上り回線) の送信アンテナに 8 素子八木を用いている運用モデル 1、ならびに 4 K・8 K用 FPU (下り回線) で送信アンテナに多素子八木を用いている運用モデル 1、2、3、5、6 では、水平指向性による妨害波の減衰-10dB を加味する。4 K・8 K用 FPU (下り回線) の運用モデル 4 はヘリコプターの送信アンテナが無指向であるため、指向性は考慮しない。
- ・壁等による妨害波の減衰を-15dB とする。
- ・資料 1 の運用モデル 3 では、送信アンテナを 2 段コーリニアで離隔距離の計算を行っているが、ここでは資料 1 の回線設計例に合わせて 3 段で計算した。
- ・資料 2 の運用モデル 3 では、送信アンテナを 4 段コーリニアで離隔距離の計算を行っているが、ここでは資料 1 の回線設計例に合わせて 3 段で計算した。
- ・4 K・8 K用 FPU (上り回線) では、ビームフォーミング利得 (6dB) を見

込んだ。

- ① 4 K・8 K用 FPU（上り回線／下り回線）から特定ラジオマイクへの干渉妨害波が 4 K・8 K用 FPU 上り回線の場合の所要 D/U と離隔距離の計算結果を表 11-19 に示す。なお、「帯域端」は表 11-10 で示したように FPU の周波数帯域の端に位置する場合である。

表 11-19 所要 D/U と離隔距離（上り回線の場合）

特定ラジオマイク方式	帯域内／帯域端	所要 D/U [dB]	離隔距離 [km]					
			運用モデル 1	運用モデル 2	運用モデル 3	運用モデル 4	運用モデル 5	運用モデル 6
アナログ	FPU 帯域内	13.6	3.14	4.24	3.78	2.80	1.07	1.20
DQPSK		-6	0.88	1.18	1.06	0.78	0.21	0.21
OFDM (16QAM)		1	<u>1.31</u>	<u>1.77</u>	<u>1.58</u>	<u>1.17</u>	<u>0.45</u>	<u>0.48</u>
OFDM (QPSK)		-5	0.93	1.25	1.12	0.83	0.24	0.24
アナログ	FPU 帯域端	-26	0.14	0.25	0.20	0.11	0.03	0.03
DQPSK		-34	<u>0.04</u>	<u>0.08</u>	<u>0.06</u>	<u>0.03</u>	<u>0.01</u>	<u>0.01</u>
OFDM (16QAM)		-35	0.04	0.07	0.05	0.03	0.01	0.01
OFDM (QPSK)		-41	0.02	0.03	0.03	0.01	0.004	0.004

帯域内、帯域端ともにアナログラジオマイクの場合の離隔距離が最も大きい。デジタルラジオマイクの中では、下線の OFDM (16QAM) の離隔距離が大きくなっている。

また、妨害波が 4 K・8 K用 FPU 下り回線の場合の所要 D/U と離隔距離を表 11-20 に示す。アナログラジオマイクの場合の離隔距離が最も大きい。デジタルラジオマイクの帯域内の場合では、下線で示す OFDM (16QAM) の離隔距離が大きく、帯域端では OFDM (16QAM) の離隔距離が大きくなっている。

表 11-20 所要 D/U と離隔距離（下り回線の場合）

特定ラジオマイク方式	帯域内／端	所要 D/U [dB]	離隔距離 [km]					
			運用モデル 1	運用モデル 2	運用モデル 3	運用モデル 4	運用モデル 5	運用モデル 6
アナログ	FPU 帯域内	13.6	10.68	4.22	3.76	12.29	0.94	0.84
DQPSK		-6	1.06	0.66	0.53	0.96	0.09	0.07
OFDM (16QAM)		1	<u>2.38</u>	<u>1.49</u>	<u>1.18</u>	<u>2.15</u>	<u>0.21</u>	<u>0.17</u>
OFDM (QPSK)		-5	1.19	0.74	0.59	1.08	0.11	0.08
アナログ	FPU 帯域端	-26	0.14	0.09	0.07	0.13	0.01	0.01
DQPSK		-34	<u>0.04</u>	<u>0.03</u>	<u>0.02</u>	<u>0.04</u>	<u>0.004</u>	<u>0.003</u>
OFDM (16QAM)		-35	0.04	0.02	0.02	0.03	0.003	0.003
OFDM (QPSK)		-41	0.02	0.01	0.01	0.02	0.002	0.001

②現行 FPU から特定ラジオマイクへの干渉

妨害波が現行 FPU の場合の所要 D/U と離隔距離の計算結果を表 11-21 に示す。アナログラジオマイクの場合の離隔距離が最も大きい。デジタルラジオマイクの帯域内では、下線で示す OFDM (16QAM) の離隔距離が大きく、帯域端では OFDM (16QAM) の離隔距離が大きい。

表 11-21 (参考) 所要 D/U と離隔距離

特定ラジオマイク方式	帯域内/外	所要 D/U [dB]	離隔距離 [km]					
			運用モデル 1	運用モデル 2	運用モデル 3	運用モデル 4	運用モデル 5	運用モデル 6
アナログ	FPU 帯域内	13.6	2.22	3.00	2.80	1.98	0.76	0.85
DQPSK		-6	0.53	0.84	0.78	0.42	0.11	0.11
OFDM (16QAM)		1	<u>0.93</u>	<u>1.25</u>	<u>1.17</u>	<u>0.83</u>	<u>0.24</u>	<u>0.24</u>
OFDM (QPSK)		-5	0.59	0.89	0.83	0.47	0.12	0.12
アナログ	FPU 帯域端	-26	0.07	0.13	0.11	0.06	0.01	0.01
DQPSK		-34	0.02	0.04	0.03	0.02	0.004	0.004
OFDM (16QAM)		-35	0.02	0.03	0.03	0.01	0.004	0.004
OFDM (QPSK)		-41	0.01	0.02	0.01	0.01	0.002	0.002

4 K・8 K用 FPU の上り回線/下り回線の離隔距離と比較すると、上り回線の離隔距離は現行 FPU の 1.5 倍程度であり、下り回線では 1~5 倍程度にばらついている。

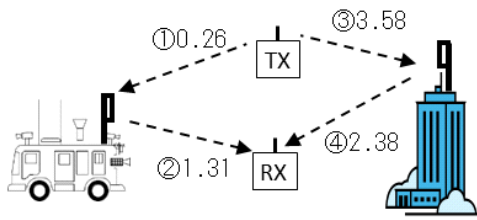
4 特定ラジオマイクと 4K・8 K FPU の共用条件の検討

(1) 離隔距離のまとめについて

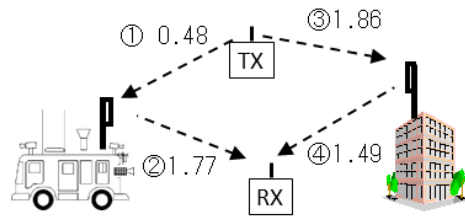
複数の組み合わせにおいて算出を行ったが、共用条件の検討の見通しをよくするために、条件を絞ることとする。アナログ方式については、実用化が進んでいないことからデジタル方式に着目して検討することとした。デジタル方式については、変調方式や運用本数など多くの条件で離隔距離を算出しているが、最も大きな離隔距離となった条件を最悪ケースとして検討した。

その上で、離隔距離が最大となった条件について、図 11-17 にまとめた。

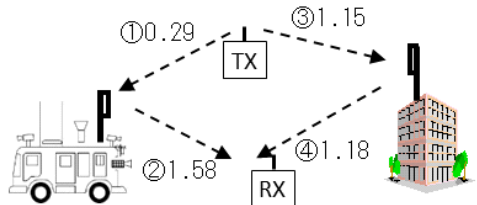
運用モデル1 [固定中継]



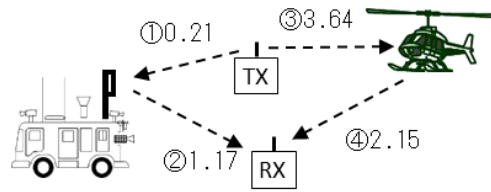
運用モデル2 [移動中継]



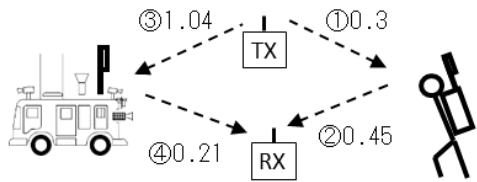
運用モデル3 [移動中継]



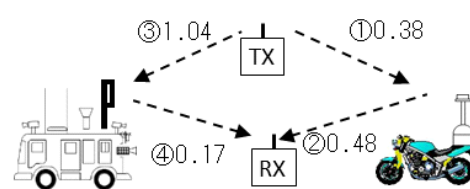
運用モデル4 [移動中継]



運用モデル5 [移動中継]



運用モデル6 [移動中継]



図中の①～④は下記の条件である。

- ① 4 K・8 K用 FPU (下り回線) 被干渉：デジタル (DQPSK) 36 波
- ② 4 K・8 K用 FPU (上り回線) 与干渉：デジタル (OFDM 16QAM)
- ③ 4 K・8 K用 FPU (上り回線) 被干渉：デジタル (DQPSK) 38 波
- ④ 4 K・8 K用 FPU (下り回線) 与干渉：デジタル (OFDM 16QAM)

図 11-17 4 K・8 K用 FPU と特定ラジオマイク (デジタル方式) との離隔距離 (km)

図中の点線矢印は干渉を与える方向であり、合わせて離隔距離 (km) を示している。Tx、Rx の表示は、は特定ラジオマイクの送信機及び受信機である。また、運用モデル 5、6 では、中継車が基地局となっている。

一方、図 11-18 は現行 FPU の離隔距離である。

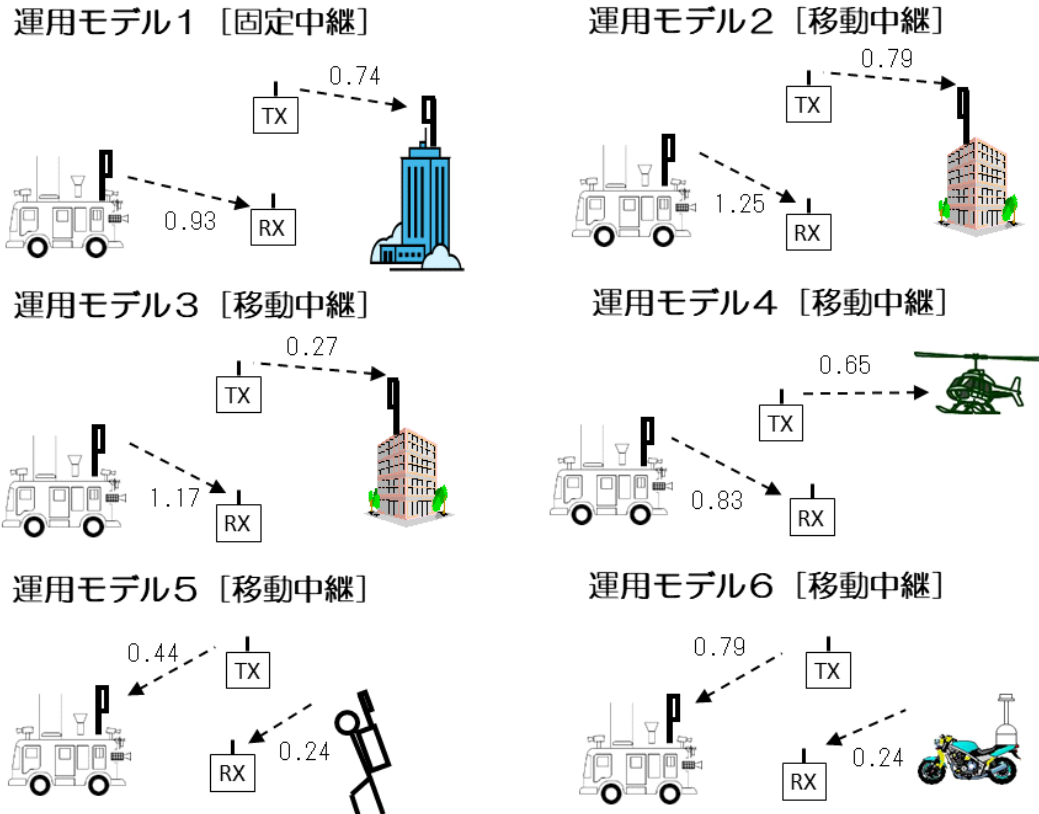


図 11-18 (参考) 現行 FPU と特定ラジオマイクとの離隔距離 (km)

(2) 4 K・8 K用 FPU 移動局と特定ラジオマイクとの干渉

図 11-17 の 4 K・8 K用 FPU 移動局と特定ラジオマイクとの離隔距離を見ると、すべての運用モデルで、①FPU (下り回線) 被干渉よりも②FPU (上り回線) 与干渉の離隔距離が大きいことが分かる。この中で、運用モデル 2 の 1.77km が最も大きい。図 11-18 の現行 FPU の場合も運用モデル 2 の離隔距離 1.25km が最も大きい。しかし、その差は 1.4 倍であり、4 K・8 K用 FPU と現行 FPU に極端な差は無いと言える。

4 K・8 K用 FPU の離隔距離の計算では、ビームフォーミングの最悪ケースとして妨害波レベルが 6dB 上昇することを考慮している。これは希なケースであることも考え併せると、現行 FPU と同じように周波数共用が可能であると考えられる。

図 11-17 の① 4 K・8 K用 FPU (下り回線) 被干渉での離隔距離が小さく、最大でも運用モデル 2 の 0.48 Km となっている。下り回線には現行 FPU と同じ STTC-MIMO 方式が採用されている。STTC-MIMO 方式は伝送レートが低いものの、雑音や干渉には強い。さらに、現行 FPU に対して受信アンテナ数が 2 基から 4 基に増えていることから、離隔距離が小さくなっている。

(3) 4K・8K用FPU基地局と特定ラジオマイクとの干渉

図11-17のFPU基地局と特定ラジオマイクとの干渉では、③FPU（上り回線）被干渉の離隔距離が運用モデル1で3.58Km、運用モデル4で3.64kmと大きくなっている。④FPU（下り回線）与干渉については、運用モデル1で2.38Km、運用モデル4で2.15kmとなっている。双方ともに、図11-18の現行FPUと比較して、4K・8K用FPUの離隔距離は拡大していると言える。

運用モデル1は50kmの固定伝送を想定したモデルである。基地局の送受信アンテナに26素子八木アンテナを用いる。多素子アンテナは利得が高いため妨害波のレベルも上昇しやすいが、指向性が強いいため、アンテナの方向調整などで干渉の程度を調整することができる。

運用モデル4の検討では、ヘリコプターの送受信アンテナは無指向性平面アンテナを想定した。将来、ヘリコプターに搭載できる程度に4K・8K用FPUの小型化が進んだ際には、指向性制御が可能な平面アレイアンテナを導入するなど、干渉を軽減する技術も併せて開発する必要がある。

運用モデル2、3の離隔距離が1.1~1.8Kmであり、従来の運用調整の中で共用が可能と考えられる。運用モデル5、6は離隔距離も小さく共用可能と言える。

(4) 帯域外、帯域端での干渉

帯域外、帯域端に関する検討結果のまとめを示す。最も大きい離隔距離でも80mであり、問題のないレベルである。

表 11-22 帯域外、帯域端での干渉

希望波	妨害波	所要 D/U[dB] BPFon	離隔距離 [km]					
			運用 モデル 1	運用 モデル 2	運用 モデル 3	運用 モデル 4	運用 モデル 5	運用 モデル 6
4K・8K 用 FPU (上り回線)	デジタル (DQPSK) 6 波 (帯域外)	-10.3	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02
4K・8K 用 FPU (下り回線)		-20	0.02	0.06	0.02	0.02	0.04	0.05
デジタル (DQPSK) 1 波 (帯域端)	4K・8K 用 FPU (上り回線)	-34	0.04	0.08	0.06	0.03	0.01	0.01
	4K・8K 用 FPU (下り回線)	-34	0.04	0.03	0.02	0.04	0.004	0.003

5 まとめ

デジタル方式の特定ラジオマイクとの干渉について、運用モデル1から運用モデル6まで検討を行い、現行FPUと比べて、全般的に離隔距離が拡大する結果となった。拡大した要因の一つであるビームフォーミングについては、最悪ケースとして妨害波レベルが6dB上昇することを考慮したが、実際の伝搬環境では6dB上昇するケースはかなり少ないものと考えられる。FPU基地局へ与干渉/被干渉

については、多素子八木アンテナにより方向調整により影響を軽減すること期待できる。

運用モデル4～6の実現には、今後、4K・8K用FPUの小型化を進める必要がある。その開発の中で、今回の干渉検討結果を踏まえた干渉対策技術を盛り込むことが期待される。

アナログ方式については表11-20の中で離隔距離の計算を行った。その結果、4K・8K用FPU（下り回線）から特定ラジオマイクへの干渉において、最大12km（運用モデル4）の離隔距離が算出された。アナログ方式の特定ラジオマイクが実用化された場合には、運用調整が必要になると考えられる。

現在、1.2GHz/2.3GHz帯FPUについては、TVホワイトスペース等利用システム運用調整協議会、（一社）特定ラジオマイク調整運用機構による運用調整が実施されており、今後も同様な調整を今後も行っていくことで、4K・8K用FPUも従来のFPUと同様な運用が可能と考えられる。

6 参考

4K・8K用FPUと特定ラジオマイクとの離隔距離の計算経過について、その一部を参考、掲載する。

○ 特定ラジオマイク（アナログ1波）から4K・8K用FPU(上り)への干渉（郊外A低相関）

希望波:4K・8K用FPU(上り回線) 郊外A低相関 妨害波:特定ラジオマイク1波 アナログ	運用モデル1	運用モデル2	運用モデル3	運用モデル4	運用モデル5	運用モデル6
① 送信周波数 [GHz]	1.2520	1.2520	1.2520	1.2520	1.2520	1.2520
② 送信出力 [W]	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
③ 送信出力 [dBm]	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
④ 送信アンテナ利得 [dBi]	-7.86	-7.86	-7.86	-7.86	-7.86	-7.86
⑤ 水平面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑥ 垂直面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑦ 送信アンテナ高 [m]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
⑧ 送信給電線損失 [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑨ 実効放射電力 [dBm] ③+④+⑤+⑥-⑧	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
⑩ 建物等による遮蔽 [dB]	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
⑪ 壁等による減衰 [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑫ 受信アンテナ利得 [dBi]	18.1	14.0	12.0	7.2	14.0	12.0
⑬ 水平面指向特性	-10.0	-10.0	-10.0	0.0	-10.0	-10.0
⑭ 垂直面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑮ 受信アンテナ高 [m]	40.0	10.0	10.0	300.0	2.0	2.5
⑯ 受信給電線損失 [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
⑰ 与干渉量 [dBm] ⑨-⑩-⑪+⑫+⑬+⑭-⑯	-6.3	-10.4	-12.4	-7.2	-10.4	-12.4
⑱ 送信信号帯域幅 [MHz]	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
⑲ 受信信号帯域幅 [MHz]	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5
⑳ 通常運用受信電力	-62.5	-67.3	-60.9	-62.4	-66.3	-68.3
㉑ DU比	17.95	17.95	17.95	17.95	17.95	17.95
㉒ 許容干渉電力 [dBm] ㉑-⑲	-80.5	-85.3	-78.9	-80.4	-84.3	-86.3
㉓ 所要結合損 [dB] ㉒-⑰	74.2	74.9	66.5	73.2	73.9	73.9
離隔距離 自由空間モデルによる離隔距離 (F) [km]	0.10	0.11	0.04	0.09	0.09	0.09
平面大地モデルによる離隔距離 (P) [km]	0.56	0.29	0.18	1.44	0.12	0.14
最終離隔距離 [km] F<閾値の場合、離隔距離=F F>閾値の場合、離隔距離=P	0.10	0.11	0.04	0.09	0.09	0.09
閾値	3.15	0.79	0.79	23.60	0.16	0.20

○特定ラジオマイク（デジタル1波）から4K・8KFPU(上り)への干渉（郊外A低相関）

希望波: 4K・8K用FPU(上り回線) 郊外A低相関 妨害波: 特定ラジオマイク1波 デジタル	運用モデル1	運用モデル2	運用モデル3	運用モデル4	運用モデル5	運用モデル6
① 送信周波数 [GHz]	1.2520	1.2520	1.2520	1.2520	1.2520	1.2520
② 送信出力 [W]	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
③ 送信出力 [dBm]	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0
④ 送信アンテナ利得 [dBi]	-7.86	-7.86	-7.86	-7.86	-7.86	-7.86
⑤ 水平面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑥ 垂直面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑦ 送信アンテナ高 [m]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
⑧ 送信給電線損失 [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑨ 実効放射電力 [dBm] ③+④+⑤+⑥-⑧	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1
⑩ 建物等による遮蔽損 [dB]	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
⑪ 壁等による減衰 [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑫ 受信アンテナ利得 [dBi]	18.1	14.0	12.0	7.2	14.0	12.0
⑬ 水平面指向特性	-10.0	-10.0	-10.0	0.0	-10.0	-10.0
⑭ 垂直面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑮ 受信アンテナ高 [m]	40.0	10.0	10.0	300.0	2.0	2.5
⑯ 受信給電線損失 [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
⑰ 与干渉量 [dBm] ⑨-⑩-⑪+⑫+⑬+⑭-⑯	0.7	-3.4	-5.4	-0.2	-3.4	-5.4
⑱ 送信信号帯域幅 [MHz]	0.288	0.288	0.288	0.288	0.288	0.288
⑲ 受信信号帯域幅 [MHz]	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5
⑳ 通常運用受信電力	-62.5	-67.3	-60.9	-62.4	-66.3	-68.3
㉑ DU比	17.48	17.48	17.48	17.48	17.48	17.48
㉒ 許容干渉電力 [dBm] ㉑-㉒	-80.0	-84.8	-78.4	-79.9	-83.8	-85.8
㉓ 所要結合損 [dB] ㉑-㉒	80.7	81.4	73.0	79.7	80.4	80.4
離隔距離 自由空間モデルによる離隔距離 (F) [km]	0.21	0.23	0.09	0.19	0.20	0.20
平面大地モデルによる離隔距離 (P) [km]	0.81	0.42	0.26	2.09	0.18	0.20
最終離隔距離 [km] F<閾値の場合、離隔距離=F F>閾値の場合、離隔距離=P	0.21	0.23	0.09	0.19	0.18	0.20
閾値	3.15	0.79	0.79	23.60	0.16	0.20

○特定ラジオマイク（OFDM 1波）から4K・8KFPU(上り)への干渉（郊外A低相関）

希望波: 4K・8K用FPU(上り回線) 郊外A低相関 妨害波: 特定ラジオマイク1波 OFDM	運用モデル1	運用モデル2	運用モデル3	運用モデル4	運用モデル5	運用モデル6
① 送信周波数 [GHz]	1.2520	1.2520	1.2520	1.2520	1.2520	1.2520
② 送信出力 [W]	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
③ 送信出力 [dBm]	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0
④ 送信アンテナ利得 [dBi]	-7.86	-7.86	-7.86	-7.86	-7.86	-7.86
⑤ 水平面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑥ 垂直面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑦ 送信アンテナ高 [m]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
⑧ 送信給電線損失 [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑨ 実効放射電力 [dBm] ③+④+⑤+⑥-⑧	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1
⑩ 建物等による遮蔽損 [dB]	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
⑪ 壁等による減衰 [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑫ 受信アンテナ利得 [dBi]	18.1	14.0	12.0	7.2	14.0	12.0
⑬ 水平面指向特性	-10.0	-10.0	-10.0	0.0	-10.0	-10.0
⑭ 垂直面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑮ 受信アンテナ高 [m]	40.0	10.0	10.0	300.0	2.0	2.5
⑯ 受信給電線損失 [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
⑰ 与干渉量 [dBm] ⑨-⑩-⑪+⑫+⑬+⑭-⑯	0.7	-3.4	-5.4	-0.2	-3.4	-5.4
⑱ 送信信号帯域幅 [MHz]	0.288	0.288	0.288	0.288	0.288	0.288
⑲ 受信信号帯域幅 [MHz]	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5
⑳ 通常運用受信電力	-62.5	-67.3	-60.9	-62.4	-66.3	-68.3
㉑ DU比	22.99	22.99	22.99	22.99	22.99	22.99
㉒ 許容干渉電力 [dBm] ㉑-㉒	-85.5	-90.3	-83.9	-85.4	-89.3	-91.3
㉓ 所要結合損 [dB] ㉑-㉒	86.2	86.9	78.5	85.2	85.9	85.9
離隔距離 自由空間モデルによる離隔距離 (F) [km]	0.39	0.42	0.16	0.35	0.38	0.38
平面大地モデルによる離隔距離 (P) [km]	1.11	0.58	0.36	2.87	0.24	0.27
最終離隔距離 [km] F<閾値の場合、離隔距離=F F>閾値の場合、離隔距離=P	0.39	0.42	0.16	0.35	0.24	0.27
閾値	3.15	0.79	0.79	23.60	0.16	0.20

○特定ラジオマイク（デジタル6波）から4K・8KFPU(上り)への干渉（郊外A低相関）

希望波: 4K・8K用FPU(上り回線) 郊外A低相関 妨害波: 特定ラジオマイク6波・デジタル波	運用モデル1	運用モデル2	運用モデル3	運用モデル4	運用モデル5	運用モデル6
① 送信周波数 [GHz]	1.25200	1.25200	1.25200	1.25200	1.25200	1.25200
② 送信出力 [W]	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
③ 送信出力 [dBm]	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0
④ 送信アンテナ利得 [dBi]	-7.86	-7.86	-7.86	-7.68	-7.86	-7.86
⑤ 水平面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑥ 垂直面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑦ 送信アンテナ高 [m]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
⑧ 送信給電線損失 [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑨ 実効放射電力 [dBm] ③+④+⑤+⑥-⑧	9.1	9.1	9.1	9.3	9.1	9.1
⑩ 建物等による遮蔽損 [dB]	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
⑪ 壁等による減衰 [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑫ 受信アンテナ利得 [dBi]	18.1	14.0	12.0	7.2	14.0	12.0
⑬ 水平面指向特性	-10.0	-10.0	-10.0	0.0	-10.0	-10.0
⑭ 垂直面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑮ 受信アンテナ高 [m]	40.0	10.0	10.0	300.0	3.5	3.5
⑯ 受信給電線損失 [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
⑰ 与干渉量 [dBm] ⑨-⑩-⑪+⑫+⑬+⑭-⑯	0.7	-3.4	-5.4	0.0	-3.4	-5.4
⑱ 受信信号帯域幅 (チャンネル) [MHz]	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5
⑲ 通常運用受信電力	-62.5	-67.3	-60.9	-62.4	-66.3	-68.3
⑳ 送信マイク本数	6	6	6	6	6	6
㉑ 送信マイク本数 [dB]	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8
㉒ DU比	-10.30	-10.30	-10.30	-10.30	-10.30	-10.30
㉓ 許容干渉電力 [dBm] ⑲-㉑-㉒	-60.0	-64.8	-58.4	-59.9	-63.8	-65.8
㉔ 所要結合損 [dB] ⑰-㉓	60.7	61.4	53.0	59.9	60.4	60.4
離隔距離 自由空間モデルによる離隔距離 (F) [km]	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02
平面大地モデルによる離隔距離 (P) [km]	0.26	0.13	0.08	0.67	0.07	0.07
最終離隔距離 [km] F<閾値の場合、離隔距離=F F>閾値の場合、離隔距離=P	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02
閾値	3.15	0.79	0.79	23.60	0.28	0.28

○特定ラジオマイク（デジタル14波）から4K・8KFPU(上り)への干渉（郊外A低相関）

希望波: 4K・8K用FPU(上り回線) 郊外A低相関 妨害波: 特定ラジオマイク14波・デジタル波	運用モデル1	運用モデル2	運用モデル3	運用モデル4	運用モデル5	運用モデル6
① 送信周波数 [GHz]	1.25200	1.25200	1.25200	1.25200	1.25200	1.25200
② 送信出力 [W]	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
③ 送信出力 [dBm]	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0
④ 送信アンテナ利得 [dBi]	-7.86	-7.86	-7.86	-7.68	-7.86	-7.86
⑤ 水平面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑥ 垂直面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑦ 送信アンテナ高 [m]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
⑧ 送信給電線損失 [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑨ 実効放射電力 [dBm] ③+④+⑤+⑥-⑧	9.1	9.1	9.1	9.3	9.1	9.1
⑩ 建物等による遮蔽損 [dB]	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
⑪ 壁等による減衰 [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑫ 受信アンテナ利得 [dBi]	18.1	14.0	12.0	7.2	14.0	12.0
⑬ 水平面指向特性	-10.0	-10.0	-10.0	0.0	-10.0	-10.0
⑭ 垂直面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑮ 受信アンテナ高 [m]	40.0	10.0	10.0	300.0	3.5	3.5
⑯ 受信給電線損失 [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
⑰ 与干渉量 [dBm] ⑨-⑩-⑪+⑫+⑬+⑭-⑯	0.7	-3.4	-5.4	0.0	-3.4	-5.4
⑱ 受信信号帯域幅 (チャンネル) [MHz]	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5
⑲ 通常運用受信電力	-62.5	-67.3	-60.9	-62.4	-66.3	-68.3
⑳ 送信マイク本数	14	14	14	14	14	14
㉑ 送信マイク本数 [dB]	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5
㉒ DU比	29.80	29.80	29.80	29.80	29.80	29.80
㉓ 許容干渉電力 [dBm] ⑲-㉑-㉒	-103.8	-108.6	-102.2	-103.7	-107.6	-109.6
㉔ 所要結合損 [dB] ⑰-㉓	104.5	105.2	96.8	103.7	104.2	104.2
離隔距離 自由空間モデルによる離隔距離 (F) [km]	3.21	3.48	1.32	2.92	3.10	3.10
平面大地モデルによる離隔距離 (P) [km]	3.18	1.66	1.02	8.31	0.92	0.92
最終離隔距離 [km] F<閾値の場合、離隔距離=F F>閾値の場合、離隔距離=P	3.18	1.66	1.02	2.92	0.92	0.92
閾値	3.15	0.79	0.79	23.60	0.28	0.28

○特定ラジオマイク（デジタル24波）から4K・8KFPU(上り)への干渉（郊外A低相関）

希望波: 4K・8K用FPU(上り回線) 郊外A低相関 妨害波: 特定ラジオマイク24波・デジタル波	運用モデル1	運用モデル2	運用モデル3	運用モデル4	運用モデル5	運用モデル6
① 送信周波数 [GHz]	1.25200	1.25200	1.25200	1.25200	1.25200	1.25200
② 送信出力 [W]	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
③ 送信出力 [dBm]	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0
④ 送信アンテナ利得 [dBi]	-7.86	-7.86	-7.86	-7.68	-7.86	-7.86
⑤ 水平面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑥ 垂直面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑦ 送信アンテナ高 [m]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
⑧ 送信給電線損失 [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑨ 実効放射電力 [dBm] ③+④+⑤+⑥-⑧	9.1	9.1	9.1	9.3	9.1	9.1
⑩ 建物等による遮蔽損 [dB]	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
⑪ 壁等による減衰 [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑫ 受信アンテナ利得 [dBi]	18.1	14.0	12.0	7.2	14.0	12.0
⑬ 水平面指向特性	-10.0	-10.0	-10.0	0.0	-10.0	-10.0
⑭ 垂直面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑮ 受信アンテナ高 [m]	40.0	10.0	10.0	300.0	3.5	3.5
⑯ 受信給電線損失 [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
⑰ 与干渉量 [dBm] ⑨-⑩-⑪+⑫+⑬+⑭-⑯	0.7	-3.4	-5.4	0.0	-3.4	-5.4
⑱ 受信信号帯域幅 (チャンネル) [MHz]	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5
⑲ 通常運用受信電力	-62.5	-67.3	-60.9	-62.4	-66.3	-68.3
⑳ 送信マイク本数	24	24	24	24	24	24
㉑ 送信マイク本数 [dB]	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8
㉒ DU比	27.40	27.40	27.40	27.40	27.40	27.40
㉓ 許容干渉電力 [dBm] ⑲-㉒-㉓	-103.7	-108.5	-102.1	-103.6	-107.5	-109.5
㉔ 所要結合損 [dB] ⑰-㉓	104.4	105.1	96.7	103.6	104.1	104.1
離隔距離 自由空間モデルによる離隔距離 (F) [km]	3.19	3.46	1.32	2.90	3.08	3.08
平面大地モデルによる離隔距離 (P) [km]	3.17	1.65	1.02	8.28	0.92	0.92
最終離隔距離 [km] F<閾値の場合、離隔距離=F F>閾値の場合、離隔距離=P	3.17	1.65	1.02	2.90	0.92	0.92
閾値	3.15	0.79	0.79	23.60	0.28	0.28

○特定ラジオマイク（デジタル38波）から4K・8KFPU(上り)への干渉（郊外A低相関）

希望波: 4K・8K用FPU(上り回線) 郊外A低相関 妨害波: 特定ラジオマイク38波・デジタル波	運用モデル1	運用モデル2	運用モデル3	運用モデル4	運用モデル5	運用モデル6
① 送信周波数 [GHz]	1.25200	1.25200	1.25200	1.25200	1.25200	1.25200
② 送信出力 [W]	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
③ 送信出力 [dBm]	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0
④ 送信アンテナ利得 [dBi]	-7.86	-7.86	-7.86	-7.68	-7.86	-7.86
⑤ 水平面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑥ 垂直面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑦ 送信アンテナ高 [m]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
⑧ 送信給電線損失 [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑨ 実効放射電力 [dBm] ③+④+⑤+⑥-⑧	9.1	9.1	9.1	9.3	9.1	9.1
⑩ 建物等による遮蔽損 [dB]	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
⑪ 壁等による減衰 [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑫ 受信アンテナ利得 [dBi]	18.1	14.0	12.0	7.2	14.0	12.0
⑬ 水平面指向特性	-10.0	-10.0	-10.0	0.0	-10.0	-10.0
⑭ 垂直面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑮ 受信アンテナ高 [m]	40.0	10.0	10.0	300.0	3.5	3.5
⑯ 受信給電線損失 [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
⑰ 与干渉量 [dBm] ⑨-⑩-⑪+⑫+⑬+⑭-⑯	0.7	-3.4	-5.4	0.0	-3.4	-5.4
⑱ 受信信号帯域幅 (チャンネル) [MHz]	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5
⑲ 通常運用受信電力	-62.5	-67.3	-60.9	-62.4	-66.3	-68.3
⑳ 送信マイク本数	38	38	38	38	38	38
㉑ 送信マイク本数 [dB]	15.8	15.8	15.8	15.8	15.8	15.8
㉒ DU比	27.50	27.50	27.50	27.50	27.50	27.50
㉓ 許容干渉電力 [dBm] ⑲-㉒-㉓	-105.8	-110.6	-104.2	-105.7	-109.6	-111.6
㉔ 所要結合損 [dB] ⑰-㉓	106.5	107.2	98.8	105.7	106.2	106.2
離隔距離 自由空間モデルによる離隔距離 (F) [km]	4.06	4.40	1.67	3.70	3.92	3.92
平面大地モデルによる離隔距離 (P) [km]	3.58	1.86	1.15	9.34	1.04	1.04
最終離隔距離 [km] F<閾値の場合、離隔距離=F F>閾値の場合、離隔距離=P	3.58	1.86	1.15	3.70	1.04	1.04
閾値	3.15	0.79	0.79	23.60	0.28	0.28

特定小電力無線局・構内無線局との干渉検討

1 特定小電力無線局・構内無線局の概要

1, 252MHz～1, 253MHz 帯でビル内や工場の敷地等、比較的狭い範囲におけるテレメーター・テレコントロール及びデータ伝送用のために使用されているシステムである。無線局免許を要しない無線局である特定小電力無線局、比較的広いエリアをカバー可能な構内無線局がある。

特定小電力無線局は技術基準適合表示（技適マーク）が表示された無線設備であり、無線従事者の配置や無線局免許の取得が不要であるため、広く使用されている。一方、構内無線局については、空中線電力の以外は特定小電力無線局の諸元とほぼ同じであるが、現在までに、1 免許人（38 局）の実績（平成 28 年度電波利用状況調査の結果から参照）に止まっている。

（1）特定小電力無線局・構内無線局の諸元

1, 252MHz 帯特定小電力無線局の主要な諸元（主要な規格及び周波数・チャンネル数・送信時間制限）を表 12-1、表 12-2 に示す。

多様な用途に対応できるよう、次の電波形式が認められている。

電波形式：F1D, F1F, F2D, F2F, F7D, F7F, G1D, G1F, G2D, G2F, G7D, G7F, D1D, D1F, D2D, D2F, D7D 又は D7F

表 12-1 特定小電力局・構内無線局の主要規格※¹

1 送信装置	
(1) 空中線電力	・ 特定小電力無線局 0.01W 以下、 ・ 構内無線局 0.1W 以下
(2) 空中線電力の許容差	+50%, -50%
(3) 発信方式	周波数シンセサイザ方式
(4) 周波数許容偏差	チャンネル間隔 50kHz (占有周波数帯幅 32kHz): $\pm 4 \times 10^{-6}$ チャンネル間隔 25kHz (占有周波数帯幅 16kHz): $\pm 3 \times 10^{-6}$
(5) 変調方式	電波形式に適合する変調方式
(6) 周波数偏位	規定しない
(7) 変調速度	規定しない
(8) 符号方式	規定しない
(9) 隣接チャンネル漏洩電力	搬送波電力の 40dB 以下
(10) 占有周波数帯幅の許容値	チャンネル間隔 50kHz は、占有周波数帯幅 32kHz チャンネル間隔 25kHz は、占有周波数帯幅 16kHz
(11) スプリアス発射又は不要発射の強度の許容値	平均電力 2.5 μ W 以下。
(12) 送信立ち上がり及び立下り時間	規定しない
2 受信装置	
(1) 符号基準感度	チャンネル間隔 25kHz : 2 μ V 以下 チャンネル間隔 50kHz : 2.8 μ V 以下
(2) 実効選択度におけるスプリアス・レスポンス	40dB 以上
(3) 実効選択度における隣接チャンネル選択度	40dB 以上
(4) 局部発振器の周波数変動	チャンネル間隔 25kHz : $\pm 3 \times 10^{-6}$ 以下 チャンネル間隔 50kHz : $\pm 4 \times 10^{-6}$ 以下
(5) 副次的に発する電波などの限度	4nW 以下
3 制御装置	
(1) キャリアセンス	空き状態の判定は、絶対利得 2.14dB の空中線に誘起する電圧が、1200MHz 帯の場合 4.47 μ V 以下の場合に空き状態と判定し通信路を設定する。応答時間は 20ms 以内。
4 空中線	
(1) 空中線の構造	給電線及び接地装置を有しない。
(2) 空中線の利得	絶対利得 2.14dBi 以下
(3) 空中線の使用区分	送信用と受信用は個別のものとしてよい。ただし、受信用とキャリアセンス用空中線は同一。
5 その他	無線設備は一つの筐体に収められ、容易にあけることができないこと。

表 12-2 チャンネル数、使用周波数及び送信時間制限※1

占有周波数帯幅 32kHz 以下			占有周波数帯幅 16kHz 以下			
チャンネル番号	使用周波数 (MHz)	送信時間制限(最長送信時間、最短休止時間)	チャンネル番号	使用周波数 (MHz)	送信時間制限(最長送信時間、最短休止時間)	
1	1252.0000	0.2 秒送信、2 秒休止	1	1252.0125	0.2 秒送信、2 秒休止	
2	1252.0500		2	1252.0375		
3	1252.1000	連続送信 (間欠通信可能)	3	1252.0625	連続送信 (間欠通信可能)	
4	1252.1500		4	1252.0875		
5	1252.2000		5	1252.1125		
6	1252.2500		6	1252.1375		
7	1252.3000		7	1252.1625		
8	1252.3500		8	1252.1875		
9	1252.4000		9	1252.2125		
10	1252.4500		10	1252.2375		
11	1252.5000	連続送信 (間欠通信可能)	11	1252.2625		
12	1252.5500		12	1252.2875		
13	1252.6000	40 秒送信、 2 秒休止	13	1252.3125		連続送信 (間欠通信可能)
14	1252.6500		14	1252.3375		
15	1252.7000		15	1252.3625		
16	1252.7500		16	1252.3875		
17	1252.8000		17	1252.4125		
18	1252.8500		18	1252.4375		
19	1252.9000		19	1252.4625		
20	1252.9500		20	1252.4875		
21	1253.0000		21	1252.5125	0.2 秒送信、2 秒休止	
				22	1252.5375	
			23	1252.5625		
			24	1252.5875		
			25	1252.6125		
			26	1252.6375		
			27	1252.6625		
			28	1252.6875		
			29	1252.7125		
			30	1252.7375		
			31	1252.7625		
			32	1252.7875		
			33	1252.8125		
			34	1252.8375		
			35	1252.8625		
			36	1252.8875		
			37	1252.9125		
			38	1252.9375		
			39	1252.9625		
			40	1252.9875		

※1 ARIB STD-T67 特定小電力無線局 400MHz 帯及び 1,200MHz 帯テレメータ用、テレコン

トロール用及びデータ伝送用無線設備 標準規格

ARIB PCR STD-5 構内無線局 1,200MHz 帯テレメータ用、テレコントロール用及びデータ伝送用無線設備 標準規格

(2) 使用例

特定小電力無線局の用途は、多岐・多様にわたる。1252MHz 帯特定小電力無線局の使用例を表 12-3 に示す。

表 12-3 テレメータ・テレコントロール・データ伝送の主な使用例

システムの分類・用途		システムの主な使用例
テレメータ・ テレコントロールシステム	業務用	<ul style="list-style-type: none"> ・製鉄所、造船所、自動車工場等での天井走行クレーン、無人車輛・移動台車・ディーゼル機関車、高炉装置、ロボット等のリモコン、データ取得等 ・土木、建設、運輸業等でのブルドーザ・油圧ショベル・ダンプ・コンクリートポンプ車、クレーン、電動扉、鋼矢板圧入機等のリモコン、データ取得等 ・工業用監視計測テレメータ、交通用テレメータ、河川監視計測テレメータ、気象計測テレメータ、上下水道用遠隔監視計測システム、ビルの防犯防災用リモコン、データ伝送等 ・農業、林業、医療等での農業用ハウスのリモコン、芝刈り機、枝打ち機、耕耘機、介護クレーンのリモコン等
	一般用・ 家庭用	<ul style="list-style-type: none"> ・自動車のエンジンスターター、ガレージの開閉、窓・ドア。照明センサー等の家庭用リモコン等 ・レジャーランド、ビル等での電動扉・幕の開閉、セキュリティ、防犯防災用リモコン
データ伝送システム	低速・中速データ伝送用	<ul style="list-style-type: none"> ・外食産業での顧客オーダーのエントリ ・注文伝票の発行等のデータ伝送システム ・鉄鋼金属、自動車、機械などのFA分野での物流管理生産管理、在庫管理等のデータ伝送システム ・スーパー、デパート、量販店での価格表示、注文在庫確認などデータ伝送システム ・倉庫、配送センターでの移動部品、置き場管理等の物流管理データ伝送システム ・PC間、PC-端末装置間の無線LAN等のデータ伝送システム

(3) 特定小電力無線局の周波数関係

表 12-4 特定小電力無線局と干渉関連する設備の周波数関係

無線システム	使用周波数 (MHz)	周波数関係
特定小電力無線局	1,252 ~ 1,253	周波数共用 与干渉／被干渉
1.2GHz 帯 FPU	1,243 ~ 1,297	

(4) キャリアセンス

キャリアセンスは無線通信回線の設定に先立ち、他の無線局の電波を受信した場合、同一周波数の電波の発射を行わない機能である。1,252MHz 帯無線局の場合、絶対利得 2.14dBi の空中線に誘起する電圧が、 $4.47\mu\text{V}$ 以下のとき周波数空き状態と判定する。キャリアセンスが動作中は通信ができない状態になる。

2 FPU 被干渉検討

特定小電力無線局・構内無線局から 4K・8K 用 FPU 上り回線への干渉については、室内実験を実施して所要 D/U を求めた。4K・8K 用 FPU 下り回線への干渉、および 4K・8K 用 FPU 上り/下り回線から特定小電力・構内無線局への干渉については、放送システム委員会報告（平成 25 年 1 月 25 日）の所要 D/U を引用した。

(1) 4K・8K 用 FPU（上り回線）への干渉

4K・8K 用 FPU（上り回線）を希望波と特定小電力・構内無線局を妨害波とし、同一帯域（帯域内）で共用した場合、および下隣接帯域（帯域外）で共用した場合について、所要 D/U の測定を行った。

FPU 受信機入力レベルを標準受信電力（-57dBm）となるよう FPU 送信機の送信出力を調整し、特定小電力無線局・構内無線局の送信レベルを可変して 4K・8K 用 FPU の受信 BER= 2×10^{-4} となる D/U を測定した。

① 同一帯域

- ・測定諸元を表 12-5 に、希望波と妨害波の周波数配置を図 12-1 に示す。

表 12-5 測定諸元

項目	希望波 (FPU)	妨害波 (特定小電力・構内無線局)
周波数	1252MHz	1252.5MHz
送信電力	25W	-
受信電力	-57dBm	-
変調方式	4x4 SVD-MIMO	FSK (9600bps)
占有帯域幅	17.5MHz	32kHz

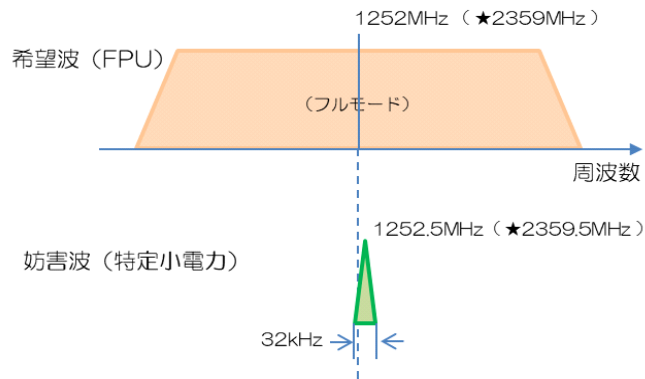


図 12-1 希望波と妨害波の周波数配置

- ・ 2.3GHz 帯の機材を用いて実験したため、FPU の中心周波数は 2359MHz とした。
- ・ 妨害波の周波数については、1075.5MHz を加算して設定した。
- ・ 妨害波 (特定小電力・構内無線局) には、信号発生器で生成した FSK 信号 (9600bps) を使用した。
- ・ D/U と 4 K ・ 8 K 用 FPU の受信 BER の測定結果を図 12-2 に示す。

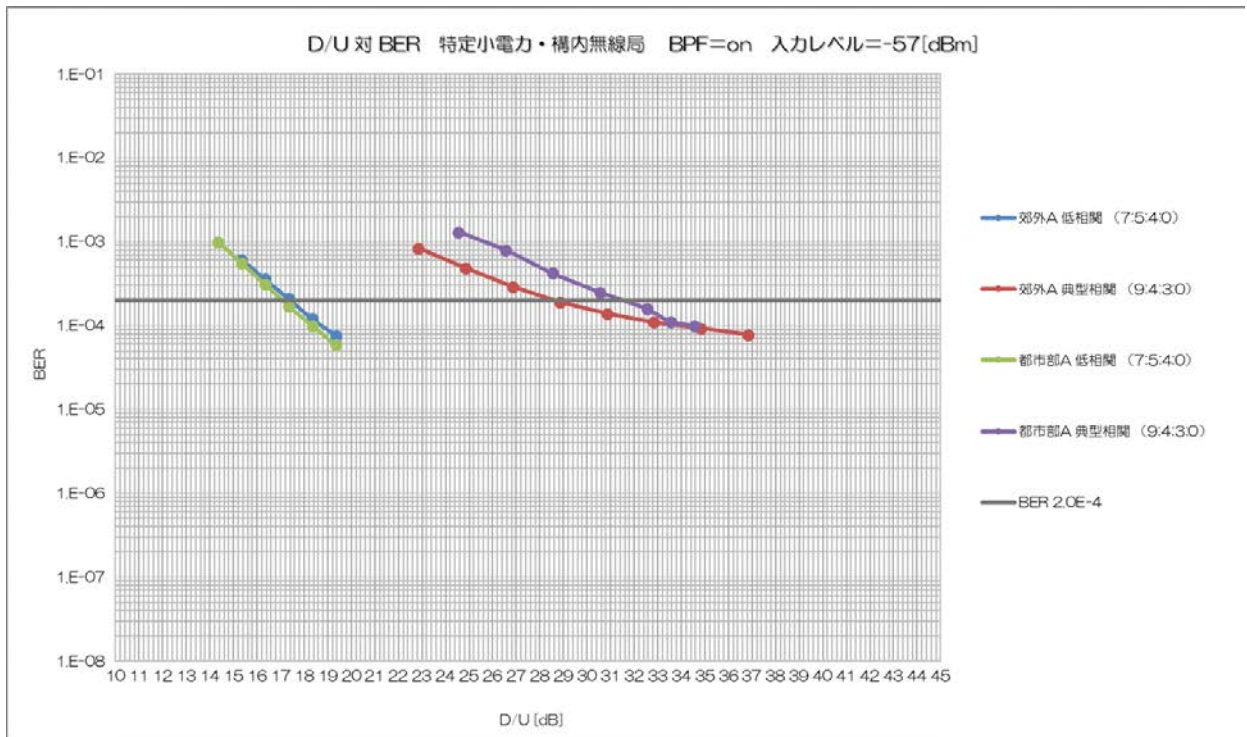


図 12-2 特定小電力・構内無線局からの被干渉における D/U 対 BER

- ・ 測定結果から、各伝搬モデルにおける所要 D/U を表 12-6 に示す。

表 12-6 各モデルにおける所要 D/U (特定小電力無線局)

伝搬モデル	希望波の周波数	妨害波の周波数	所要 D/U BPFon
郊外 A 低相関	1252 MHz	1252.5 MHz	17.4dB
郊外 A 典型相関	1252 MHz	1252.5 MHz	28.6 dB
都市部 A 低相関	1252 MHz	1252.5 MHz	17.0 dB
都市部 A 典型相関	1252 MHz	1252.5 MHz	31.5 dB

② 帯域外 (その1)

- ・ 希望波と妨害波の周波数配置を図 12-3 示す。

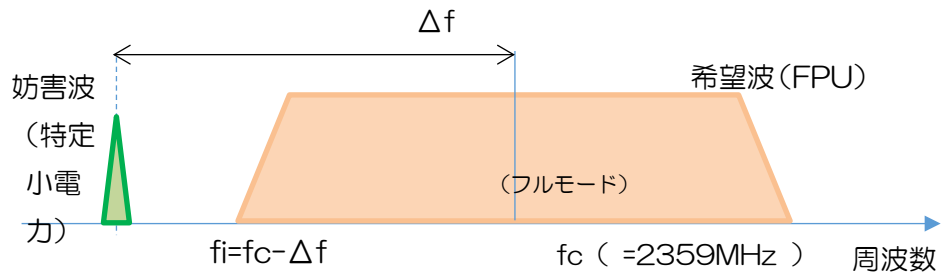


図 12-3 希望波と妨害波の周波数配置

- ・ 希望波と下隣接妨害波との周波数差 (Δf) を設定した上で、所要 D/U を求めた。
- ・ 希望波と妨害波の周波数配置
 希望波 (FPU) 周波数 : f_c MHz
 下隣接妨害波 (特定小電力・構内無線局) 周波数 : $f_i = f_c - \Delta f$ MHz
- ・ $f_c = 2359\text{MHz}$ とし、 $\Delta f = 9、10、12\text{MHz}$ の場合について、 Δf に対する所要 D/U の測定を行った。
- ・ 測定結果から各伝搬モデルにおける所要 D/U を表 12-7 に示す。

表 12-7 各モデルにおける所要 D/U の測定値

伝搬モデル	希望波と上隣接妨害波との周波数差 (Δf)	所要 D/U[dB]BPFon
郊外 A 低相関	9 MHz	11.83
	10 MHz	-16.16
	12 MHz	-20 以下
郊外 A 典型相関	9 MHz	29.43
	10 MHz	-7.56
	12 MHz	-15.56
都市部 A 低相関	9 MHz	11.73
	10 MHz	-16.26
	12 MHz	-17.26
都市部 A 典型相関	9 MHz	19.93
	10 MHz	-9.06
	12 MHz	-17.06

③ 帯域外 (その2)

- ・ 特定小電力・構内無線局の周波数を 1252.5MHz として、FPU の周波数が 1262 ($\Delta f=9.5$)、1264 ($\Delta f=10.5$)、1265 ($\Delta f=11.5$) MHz の場合について干渉検討を行うこととした。

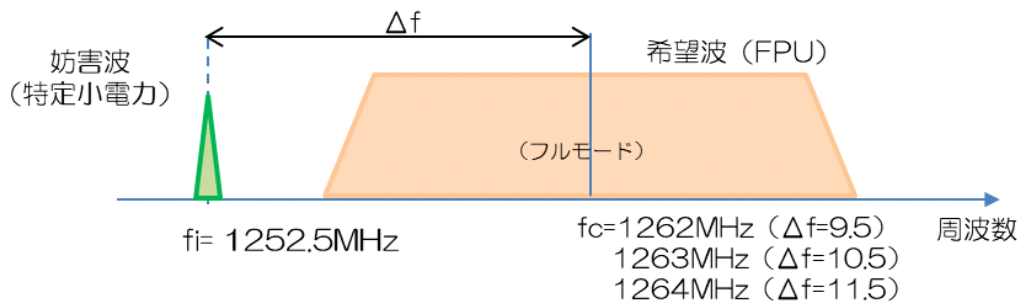


図 12-4 離隔距離の計算における希望波と妨害波の周波数配置

- ・ 干渉検討に必要な所要 D/U の値は表 12-7 の測定結果から線形内挿して求めた。表 12-8 に、線形内挿して得られた所要 D/U を示す。

表 12-8 各モデルにおける所要 D/U の線形内挿の値

伝搬モデル	希望波と上隣接妨害波との周波数差 (Δf)	線形内挿した所要 D/U[dB]
郊外 A 低相関	9.5 MHz	10.59
	10.5 MHz	-16.85
	11.5 MHz	-18.68
郊外 A 典型相関	9.5 MHz	28.18
	10.5 MHz	-8.59
	11.5 MHz	-11.89
都市部 A 低相関	9.5 MHz	10.49
	10.5 MHz	-16.49
	11.5 MHz	-16.99
都市部 A 典型相関	9.5 MHz	18.68
	10.5 MHz	-10.09
	11.5 MHz	-13.39

(2) 4 K・8 K用 FPU (下り回線) への干渉

4 K・8 K用 FPU (下り回線) では、伝送方式として、現行 FPU と同じ STTC-MIMO 方式を用いている。そこで、放送システム委員会報告 (平成 25 年 1 月 25 日) に記載されている所要 D/U を引用する。

ただし、現行 FPU に対して、受信アンテナが 2 本から 4 本に増えたことによるブランチ合成利得の増分 3dB を勘案した補正值を所要 D/U とした。

表 12-9 所要 D/U

妨害波	所要 DU 比[dB]	
	放送システム委員会報告 (平成 25 年 1 月 25 日) の値	補正後の値
特定小電力・構内無線局	-7	-10

3 FPU からの与干渉検討

4 K・8 K用 FPU の送受信信号の占有帯域幅や周波数スペクトルの形状は現行の FPU と同じであり、放送システム委員会報告 (平成 25 年 1 月 25 日) に記載されている所要 D/U を引用した。

表 12-10 所要 D/U

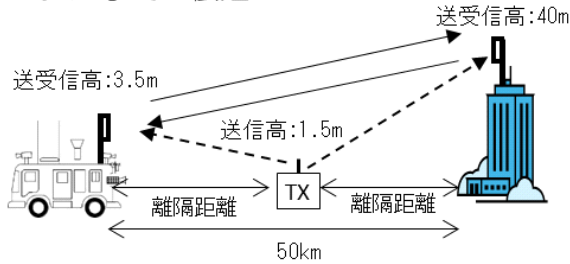
被干渉側	妨害波	所要 DU 比
特定小電力・構内無線局	4 K・8 K用 FPU (上り回線/下り回線)	11dB
キャリアセンス		5dB

4 特定小電力・構内無線局と4K・8K用FPUの共用条件の検討

4K・8K用FPUの運用モデルに基づき設定した被干渉モデルを図12-5に、与干渉モデルを図12-6に示す。それぞれ、4K・8K用FPUの上り回線と下り回線との共用検討に関して、離隔距離を計算する。

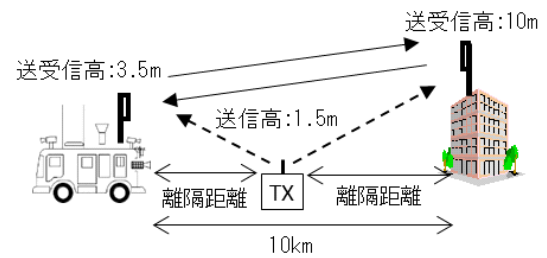
①モデル1 [固定中継]

中継車から受信基地局まで伝搬距離50kmまでの伝送



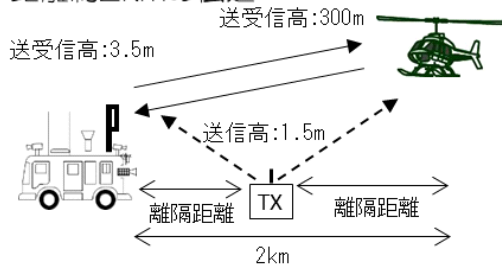
②モデル2 [移動中継]

中継車から受信基地局まで伝搬距離10km程度の伝送



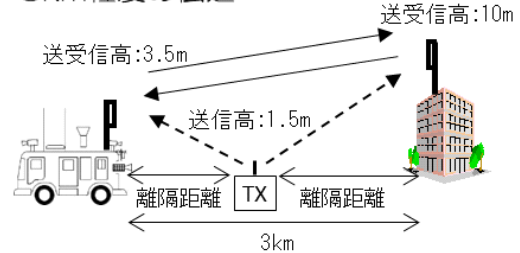
④モデル4 [移動中継]

中継車からヘリコプターに向け伝搬距離約2kmの伝送



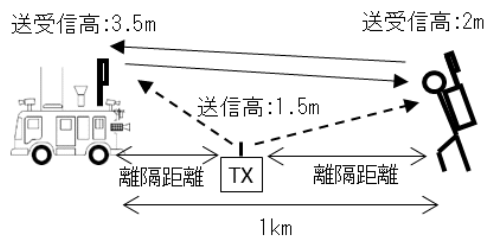
③モデル3 [移動中継]

市街地で中継車から受信基地局まで3km程度の伝送



⑤モデル5 [移動中継]

機材を背負い最寄りの中継車に1kmまでの伝送



⑥モデル6 [移動中継]

バイクから中継車に1kmまでの伝送

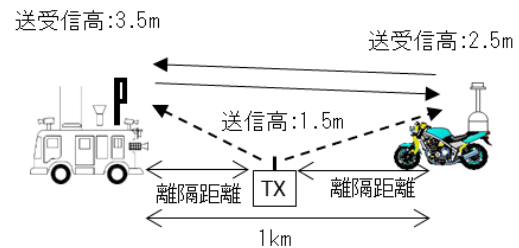
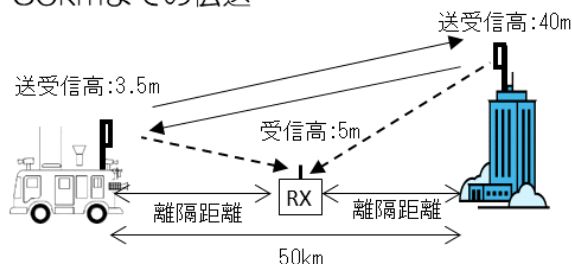


図12-5 特定小電力・構内無線局から4K・8K用FPUへの被干渉モデル

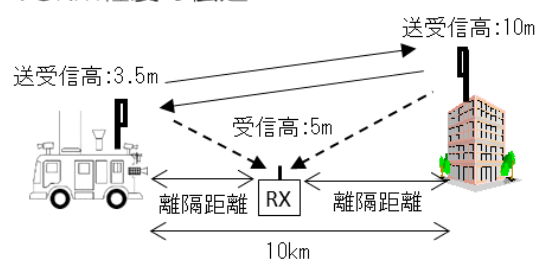
①モデル1 [固定中継]

中継車から受信基地局まで伝搬距離
50kmまでの伝送



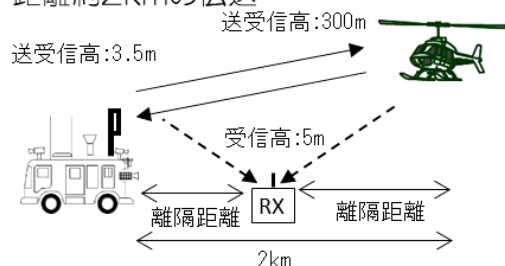
②モデル2 [移動中継]

中継車から受信基地局まで伝搬距離
10km程度の伝送



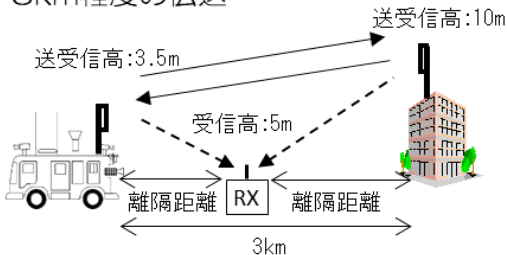
④モデル4 [移動中継]

中継車からヘリコプターに向け伝搬
距離約2kmの伝送



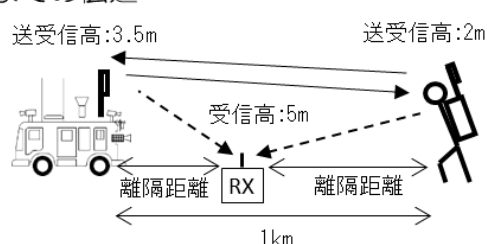
③モデル3 [移動中継]

市街地で中継車から受信基地局まで
3km程度の伝送



⑤モデル5 [移動中継]

機材を背負い最寄りの中継車に1km
までの伝送



⑥モデル6 [移動中継]

バイクから中継車に1kmまでの伝送

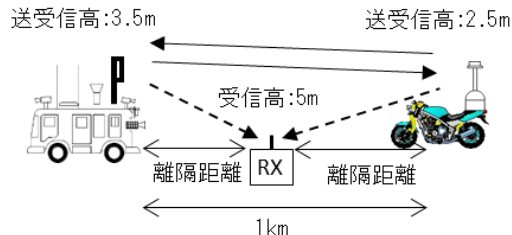


図 12-6 4 K・8 K用 FPU から特定小電力・構内無線局への与干渉モデル

(1) 4 K・8 K用 FPU (上り回線) の被干渉

① 帯域内

- ・ 4 K・8 K用 FPU (上り回線) の受信電力は回線設計例から計算し、受信電力に所要 D/U を加味して干渉許容電力とした。
- ・ 特定小電力・構内無線局は主に工場、事務所等で運用されていることから、壁等による損失を 15dB、建物等による遮蔽損を 15dB とした。
- ・ 特定小電力・構内無線局の送信出力は、それぞれ、規格において認められている 10mW、100mW とする。これに送受信アンテナ利得、壁等および建物等の遮蔽損を考慮したものを FPU の与干渉電力とした。
- ・ 4 K・8 K用 FPU (上り回線) の受信アンテナに多素子八木を用いている

運用モデル 1、2、3、5、6 では、水平指向性による妨害波の減衰-10dB を考慮する。

- ・ 以上の条件により、与干渉電力が FPU の D/U 基準による干渉許容電力を下回るための所要結合損を出し、離隔距離を算出した。
- ・ 特定小電力・構内無線局は送信出力が小さく、全体的に離隔距離は小さい。伝搬モデルによる違いを見ると、典型相関より低相関の場合の離隔距離が小さく、郊外 A 低相関の離隔距離が最も小さい結果となった。

表 12-11 特定小電力無線局 (10mW) の離隔距離 (帯域内、FPU 上り回線・被干渉)

伝搬モデル	希望波周波数 [MHz]	妨害波周波数 [MHz]	所要 D/U [dB] BPFon	離隔距離 [km]					
				運用モデル 1	運用モデル 2	運用モデル 3	運用モデル 4	運用モデル 5	運用モデル 6
郊外 A 低相関	1252	1252.5	17.4	0.052	0.056	0.021	0.260	0.050	0.050
郊外 A 典型相関	1252	1252.5	28.6	0.19	0.20	0.08	0.94	0.18	0.18
都市部 A 低相関	1252	1252.5	17.0	0.05	0.05	0.01	0.25	0.05	0.05
都市部 A 典型相関	1252	1252.5	31.5	0.26	0.28	0.03	1.32	0.25	0.25

表 12-12 構内無線局 (100mW) の離隔距離 (帯域内、FPU 上り回線・被干渉)

伝搬モデル	希望波周波数 [MHz]	妨害波周波数 [MHz]	所要 D/U [dB] BPFon	離隔距離 [km]					
				運用モデル 1	運用モデル 2	運用モデル 3	運用モデル 4	運用モデル 5	運用モデル 6
郊外 A 低相関	1252	1252.5	17.4	0.16	0.18	0.07	0.82	0.16	0.16
郊外 A 典型相関	1252	1252.5	28.6	0.59	0.64	0.25	2.98	0.40	0.40
都市部 A 低相関	1252	1252.5	17.0	0.16	0.17	0.06	0.78	0.15	0.15
都市部 A 典型相関	1252	1252.5	31.5	0.83	0.84	0.34	1.56	0.47	0.47

- ・ 放送システム委員会報告 (平成 25 年 1 月 25 日) の所要 D/U から計算した現行 FPU の離隔距離を表 12-13 に示す。4 K・8 K 用 FPU の方が所要 D/U が高くことから、離隔距離が大きくなっていることがわかる。

表 12-13 (参考) 現行 FPU (16QAM) に対する所要 D/U と離隔距離

妨害波	所要 D/U[dB] BPFon	離隔距離 [km]					
		運用 モデル 1	運用 モデル 2	運用 モデル 3	運用 モデル 4	運用 モデル 5	運用 モデル 6
特定小電力 無線局	-7	0.003	0.003	0.001	0.015	0.003	0.009
構内無線局	-7	0.01	0.01	0.004	0.05	0.01	0.03

② 帯域外

FPU の帯域外 (下隣接) に特定小電力無線・構内無線局の妨害波が存在する場合の離隔距離の計算結果について、特定小電力無線局を表 12-14、構内無線局を表 12-15 に示す。妨害波である特定小電力無線・構内無線局の周波数は 1252.5MHz としている。

表 12-14 特定小電力無線局の離隔距離 (帯域外、FPU 上り回線・被干渉)

伝搬 モデル	希望波 周波数 [MHz]	周波数 差 Δf [MHz]	所要 D/U[dB] BPFon	離隔距離 [km]					
				運用 モデル 1	運用 モデル 2	運用 モデル 3	運用 モデル 4	運用 モデル 5	運用 モデル 6
郊外 A 低相関	1262	1252.5	10.59	0.02	0.026	0.01	0.12	0.02	0.02
	1263	11.5	-16.85	0.001	0.001	0.0004	0.005	0.001	0.001
	1264	12.5	-18.68	0.001	0.001	0.0003	0.004	0.001	0.001
郊外 A 典型相関	1262	1252.5	28.18	0.18	0.19	0.07	0.9	0.17	0.17
	1263	11.5	-8.59	0.003	0.003	0.001	0.013	0.003	0.003
	1264	12.5	-11.89	0.002	0.002	0.001	0.009	0.002	0.002
都市部 A 低相関	1262	1252.5	10.49	0.02	0.025	0.003	0.12	0.023	0.023
	1263	11.5	-16.49	0.001	0.001	0.001	0.005	0.001	0.001
	1264	12.5	-16.99	0.001	0.029	0.001	0.005	0.001	0.001
都市部 A 典型相関	1262	1252.5	18.68	0.06	0.07	0.008	0.3	0.06	0.06
	1263	11.5	-10.09	0.002	0.002	0.0003	0.011	0.002	0.002
	1264	12.5	-13.39	0.001	0.002	0.0002	0.007	0.001	0.001

表 12-15 構内無線局の離隔距離（帯域外、FPU 上り回線・被干渉）

伝搬モデル	希望波周波数 [MHz]	周波数差 Δf [MHz]	所要 D/U [dB] BPFon	離隔距離 [km]					
				運用モデル 1	運用モデル 2	運用モデル 3	運用モデル 4	運用モデル 5	運用モデル 6
郊外 A 低相関	1262	1252.5	10.59	0.07	0.08	0.03	0.37	0.07	0.07
	1263	11.5	-16.85	0.003	0.003	0.001	0.016	0.003	0.003
	1264	12.5	-18.68	0.003	0.003	0.001	0.013	0.003	0.003
郊外 A 典型相関	1262	1252.5	28.18	0.57	0.61	0.23	2.84	0.39	0.39
	1263	11.5	-8.59	0.009	0.01	0.003	0.046	0.009	0.009
	1264	12.5	-11.89	0.006	0.006	0.002	0.028	0.005	0.005
都市部 A 低相関	1262	1252.5	10.49	0.07	0.08	0.03	0.37	0.07	0.07
	1263	11.5	-16.49	0.003	0.004	0.001	0.017	0.003	0.003
	1264	12.5	-16.99	0.003	0.003	0.001	0.016	0.003	0.003
都市部 A 典型相関	1262	1252.5	18.68	0.19	0.21	0.08	0.95	0.18	0.18
	1263	11.5	-10.09	0.007	0.007	0.003	0.035	0.007	0.007
	1264	12.5	-13.39	0.005	0.005	0.002	0.024	0.005	0.005

(2) 4 K・8 K用 FPU（下り回線）の被干渉

- ・ 4 K・8 K用 FPU（下り回線）の受信電力は回線設計例から計算し、受信電力に所要 D/U を加味して干渉許容電力とした。
- ・ 特定小電力・構内無線局は主に工場、事務所等で運用されており壁等による損失を 15dB とし、実際の市街地での電波伝搬で測定された建物等による遮蔽損を 15dB として検討した。
- ・ 特定小電力・構内無線局の送信出力はそれぞれ 10mW、100mW とし、これに送信・受信アンテナの利得とそれぞれの給電線損失を加え、電波伝搬調査で測定された建物等の遮蔽損を考慮したものを FPU の与干渉電力とした。
- ・ 4 K・8 K用 FPU（下り回線）の受信アンテナに 8 素子八木を用いている運用モデル 1 では、水平指向性による妨害波の減衰-10dB を考慮する。
- ・ この与干渉電力が FPU の D/U 基準による干渉許容電力を下回るための所要結合損を出し、離隔距離を算出した。計算結果を表 12-16 に示す。
- ・ 上り回線の離隔距離、現行 FPU の離隔距離よりも小さい結果となった。

表 12-16 各運用モデルにおける離隔距離（FPU 下り回線・被干渉）

妨害波	所要 D/U [dB]	離隔距離 [km]					
		運用モデル 1	運用モデル 2	運用モデル 3	運用モデル 4	運用モデル 5	運用モデル 6
特定小電力無線局	-10	0.001	0.003	0.001	0.001	0.002	0.003
構内無線局	-10	0.003	0.01	0.004	0.003	0.008	0.01

(3) 4 K・8 K用 FPU (上り／下り回線) からの与干渉

- ・ 4 K・8 K用 FPU (上り／下り回線) のアンテナ利得などは回線設計例の諸元に従った。
- ・ 特定小電力・構内無線局の通常運用受信電力は、-66dBm とした。
- ・ 4 K・8 K用 FPU (上り回線) の送信アンテナに8素子八木を用いている運用モデル1、ならびに4 K・8 K用 FPU (下り回線) の送信アンテナに多素子八木を用いている運用モデル1、2、3、5、6では、水平指向性による妨害波の減衰-10dB を考慮する。4 K・8 K用 FPU (下り回線) の運用モデル4はヘリコプターの送信アンテナが無指向であるため、指向性は考慮しない。
- ・ 特定小電力・構内無線局は、主に工場、事務所等で運用されていることから、壁等による損失を15dB、実際の市街地での電波伝搬で測定された建物等による遮蔽損を15dB として検討した。
- ・ 4 K・8 K用 FPU (上り回線) にはビームフォーミング利得 6dB を見込んだ。
- ・ 4 K・8 K用 FPU 上り回線での離隔距離の計算結果を表 12-17 に、下り回線の計算結果を表 12-18 に示す。

表 12-17 各運用モデルにおける離隔距離 (FPU 上り回線・与干渉)

種別	所要 D/U [dB]	離隔距離 [km]											
		運用モデル1		運用モデル2		運用モデル3		運用モデル4		運用モデル5		運用モデル6	
		16kHz	32kHz	16kHz	32kHz	16kHz	32kHz	16kHz	32kHz	16kHz	32kHz	16kHz	32kHz
特定小電力無線局	11	1.30	1.30	1.75	1.75	1.56	1.56	1.16	1.16	0.37	0.37	0.37	0.37
特定小電力キャリアセンス	5	0.92	0.92	1.24	1.24	1.10	1.10	0.73	0.73	0.19	0.19	0.19	0.19

表 12-18 各運用モデルにおける離隔距離 (FPU 下り回線・与干渉)

種別	所要 D/U [dB]	離隔距離 [km]											
		運用モデル1		運用モデル2		運用モデル3		運用モデル4		運用モデル5		運用モデル6	
		16kHz	32kHz	16kHz	32kHz	16kHz	32kHz	16kHz	32kHz	16kHz	32kHz	16kHz	32kHz
特定小電力無線局	11	1.85	1.85	1.16	1.16	0.92	0.92	1.67	1.67	0.16	0.16	0.13	0.13
特定小電力キャリアセンス	5	0.93	0.93	0.58	0.58	0.46	0.46	0.84	0.84	0.08	0.08	0.07	0.07

- ・ 比較のために、表 12-19 に現行 FPU の離隔距離に示す。放送システム委員会報告 (平成 25 年 1 月 25 日) から引用した所要 D/U から、同じ条件で離隔距離を計算した。

表 12-19 (参考) 各運用モデルにおける離隔距離 (現行 FPU 与干渉)

種別	所要 D/U [dB]	離隔距離 [km]											
		運用モデル 1		運用モデル 2		運用モデル 3		運用モデル 4		運用モデル 5		運用モデル 6	
		16kHz	32kHz	16kHz	32kHz	16kHz	32kHz	16kHz	32kHz	16kHz	32kHz	16kHz	32kHz
特定小電力無線局	11	0.92	0.92	1.24	1.24	1.16	1.16	0.73	0.73	0.19	0.19	0.19	0.19
特定小電力キャリアセンス	5	0.46	0.46	0.84	0.84	0.73	0.73	0.37	0.37	0.09	0.09	0.09	0.09

- ・ 4 K・8 K用 FPU の離隔距離上り回線は現行 FPU の 1.4~2 倍程度、下り回線で 0.9~2.3 倍程度になっている。特定小電力キャリアセンスは、特定小電力無線局よりも所要 D/U が低く、離隔距離も小さい。

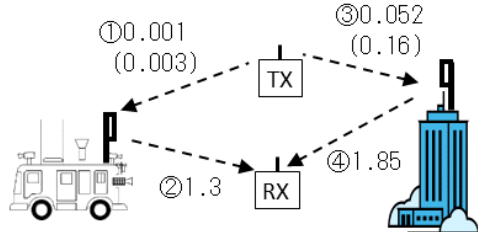
5 考察

(1) 離隔距離を 12-7 に示す。

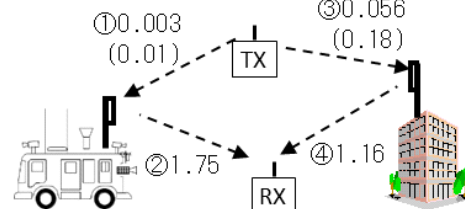
図中の点線矢印は干渉を与える方向であり、数値は離隔距離 (km) を示している。丸数字の後の A (B) は、A が特定小電力無線局、B が構内無線局を示す。運用モデル 5、6 では、中継車が基地局となっている。Tx、Rx は画像伝送用携帯局の送信機、および受信機である。

また、比較のために、12-8 に現行 FPU の離隔距離を示す。

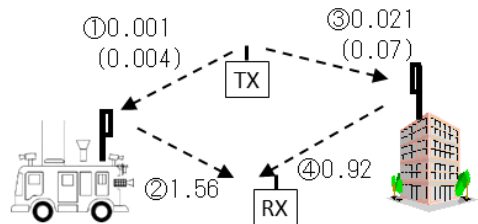
運用モデル 1 [固定中継]



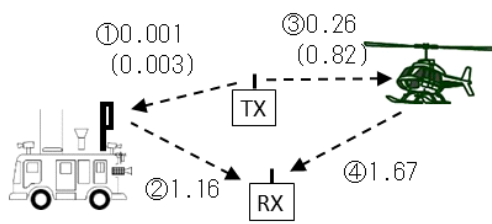
運用モデル 2 [移動中継]



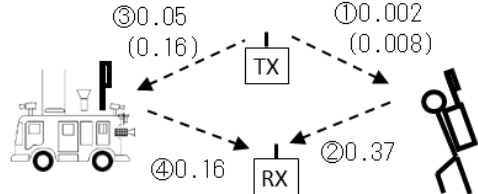
運用モデル 3 [移動中継]



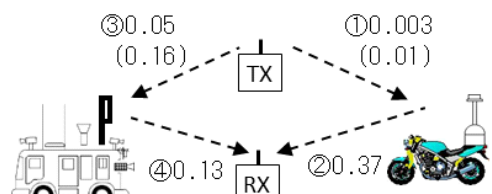
運用モデル 4 [移動中継]



運用モデル 5 [移動中継]



運用モデル 6 [移動中継]



① 4 K・8 K用 FPU (下り回線) 被干渉

- ② 4 K・8 K用 FPU（上り回線）与干渉
- ③ 4 K・8 K用 FPU（上り回線）被干渉
- ④ 4 K・8 K用 FPU（下り回線）与干渉

※ ③ については、6. 1. 2（4）で述べた理由により郊外 A 低相関の離隔距離を図に示した。

※ ②と④については、特定小電力・構内無線局の離隔距離がキャリアセンスのよりも大きいので、特定小電力・構内無線の離隔距離を記載している。

図 12-7 4 K・8 K用 FPU と特定小電力・構内無線局との離隔距離 (km)
 () 内の数字は構内無線局の離隔距離

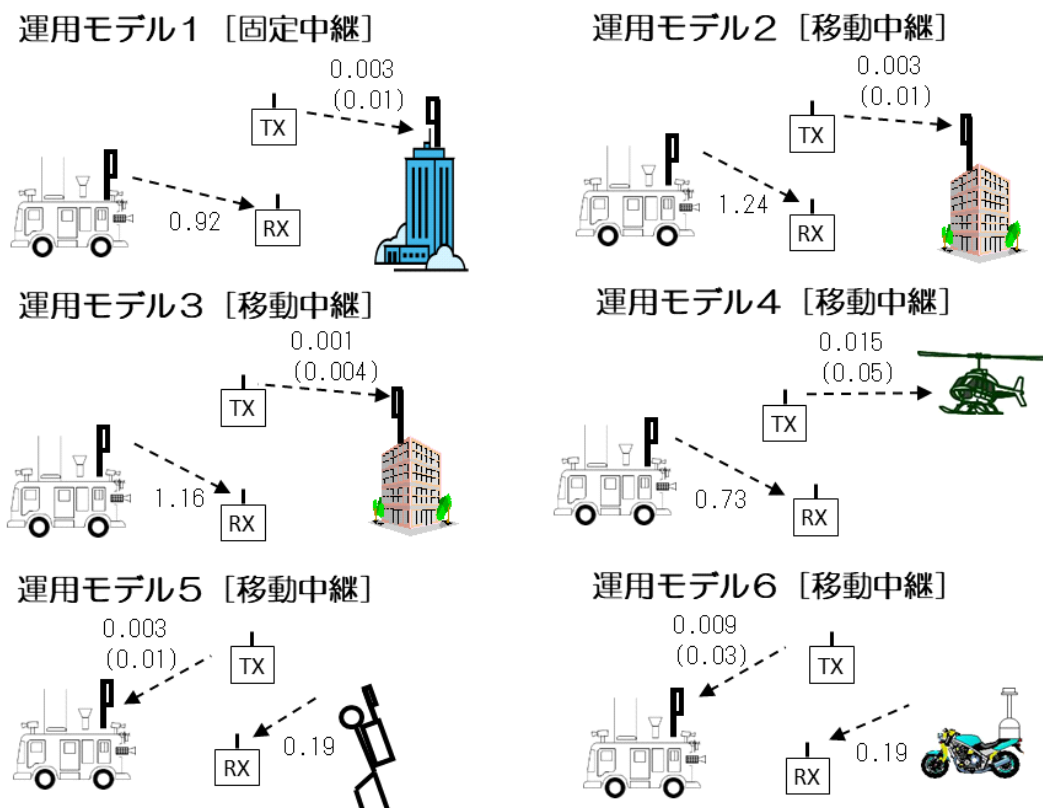


図 12-8（参考） 現行 FPU と特定小電力・構内無線局との離隔距離 (km)
 () 内の数字は構内無線局の離隔距離

(2) 4 K・8 K用 FPU（上り回線）と特定小電力無線局との干渉

図 12-7 の中で、① 4 K・8 K用 FPU（下り回線）の被干渉については、特定小電力無線の送信電力が小さいため、離隔距離は 0.001~0.003km と小さい。また、② 4 K・8 K用 FPU（上り回線）からの与干渉では 0.37~1.75km であり、12-8 の現行 FPU 与干渉の離隔距離 0.19~1.24km より拡大している。上り回線（移動局）と特定小電力無線局との離隔距離としては、与干渉が支配的になる。

(3) 4 K・8 K用 FPU (下り回線) と特定小電力無線局との干渉

図 12-8 の現行 FPU 被干渉の離隔距離は 0.001~0.015km に対して、図 12-7 の③ 4 K・8 K用 FPU (上り回線) 被干渉では、離隔距離が 0.05~0.26km に拡大しているものの、離隔距離そのものは小さい結果となっている。

また、④ 4 K・8 K用 FPU (下り回線) と干渉については、運用モデル 1~4 の離隔距離が 0.92~1.85km と大きく、運用調整が必要な場合もあると考えられる。運用モデル 5、6 の離隔距離は 0.13~0.16km である。

(4) 帯域外、帯域端での特定小電力無線局との干渉

表 12-14 に 4 K・8 K用 FPU (上り回線) 被干渉の帯域外での離隔距離を示した。その中で、郊外 A 低相関の $\Delta f=9.5\text{MHz}$ の場合、離隔距離は 0.01~0.12km である。

(5) 構内無線局との干渉

特定小電力無線局の送信電力は 10mW、構内無線局は 100mw である。送信電力が 10 倍になり、自由空間伝搬モデルによる離隔距離が 3.2 倍程度に拡大する。

6 まとめ

(1) 特定小電力無線局

特定小電力無線局がロードレースのコースに面した 1.75km 以内の地域、および基地局から 1.85km 以内の地域で運用している場合、地形や建造物等の状況によっては放送事業者と特定小電力無線局ユーザーとの間で運用調整が必要となる場合がある。このような場合においては、従来と同じように、販売機器メーカーなどを通じて特定小電力無線局ユーザーとの間で運用調整の仕組みを整えておくことは有効な手段となりうる。

また、運用調整が十分に行えなかった場合の対策として、例えば、FPU の送信電力を特定小電力無線局で使用しているチャンネル(16kHz または 32kHz) 当たりの電力と同等以下のレベルまで低減して運用すること、FPU の送信周波数の調整や周波数帯の変更などの対策についても、検討しておく必要がある。

以上のような対策を施すことにより、FPU と特定小電力無線局で周波数の共用は可能であると考えられる。

(2) 構内無線局

構内無線局については、4k・8 K用 FPU 被干渉の離隔距離が特定小電力無線局の 3 倍程度であるが、4 K・8 K用 FPU (上り回線) と干渉による離隔距離が支配的であり、移動局との離隔距離は変わらない。

構内無線局は現在、免許人が少数に止まる(1 免許人) 状況となっている。今後、免許取得者が増加してく場合は放送事業者と構内無線局の免許人との間で、共用条件について協議する必要がある。

○ 4K・8K用FPU（上り回線）の構内無線局からの被干渉（郊外A低相関）
（運用モデル1～3）

希望波・4K・8K用FPU（上り回線） 郊外A低相関 妨害波 構内無線局	運用モデル1				運用モデル2				運用モデル3			
	室内 高さ:120.5MHz 熱容量:1252.5MHz	室外(下向き) 高さ:122.0MHz 熱容量:1252.5MHz	室外(下向き) 高さ:124.0MHz 熱容量:1252.5MHz	室外(下向き) 高さ:126.0MHz 熱容量:1252.5MHz	室内 高さ:120.5MHz 熱容量:1252.5MHz	室外(下向き) 高さ:122.0MHz 熱容量:1252.5MHz	室外(下向き) 高さ:124.0MHz 熱容量:1252.5MHz	室外(下向き) 高さ:126.0MHz 熱容量:1252.5MHz	室内 高さ:120.5MHz 熱容量:1252.5MHz	室外(下向き) 高さ:122.0MHz 熱容量:1252.5MHz	室外(下向き) 高さ:124.0MHz 熱容量:1252.5MHz	室外(下向き) 高さ:126.0MHz 熱容量:1252.5MHz
① 送信周波数 [GHz]	1.2525	1.2525	1.2525	1.2525	1.2525	1.2525	1.2525	1.2525	1.2525	1.2525	1.2525	1.2525
② 送信出力 [W]	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
③ 送信出力 [dBm]	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
④ 送信アンテナ利得 [dBi]	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
⑤ 水平面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑥ 垂直面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑦ 送信アンテナ高 [m]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
⑧ 送信給電線損失 [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑨ 実効放射電力 [dBm] ②+④+⑤+⑥+⑦	22.1	22.1	22.1	22.1	22.1	22.1	22.1	22.1	22.1	22.1	22.1	22.1
⑩ 障害物等による遮蔽損 [dB]	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
⑪ 壁等による減衰 [dB]	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
⑫ 受信アンテナ利得 [dBi]	18.1	18.1	18.1	18.1	14.0	14.0	14.0	14.0	12.0	12.0	12.0	12.0
⑬ 水平面指向特性	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0
⑭ 垂直面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑮ 受信アンテナ高 [m]	40.0	40.0	40.0	40.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
⑯ 受信給電線損失 [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
⑰ 干渉量 [dBm] ⑨-⑩-⑪+⑫+⑬+⑭+⑮	-1.3	-1.3	-1.3	-1.3	-5.4	-5.4	-5.4	-5.4	-7.4	-7.4	-7.4	-7.4
⑱ 送信信号帯域幅 [MHz]	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
⑲ 受信信号帯域幅 [MHz]	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5
㉑ 通常運用受信電力	-62.5	-62.5	-62.5	-62.5	-67.3	-67.3	-67.3	-67.3	-60.9	-60.9	-60.9	-60.9
㉒ DUE	17.40	10.59	-16.85	-18.68	17.40	10.59	-16.85	-18.68	17.40	10.59	-16.85	-18.68
㉓ 許容干渉電力 [dBm] ㉑-㉒	-79.9	-73.1	-45.7	-43.8	-84.7	-77.9	-50.5	-48.6	-78.3	-71.5	-44.1	-42.2
㉔ 所要結合損 [dB] ㉑-㉒	78.6	71.8	44.4	42.6	79.3	72.5	45.1	43.3	70.9	64.1	36.7	34.9
自由空間モデルによる離隔距離 (F) [km]	0.16	0.07	0.003	0.003	0.18	0.08	0.00	0.00	0.07	0.03	0.001	0.001
平面大地モデルによる離隔距離 (P) [km]	0.72	0.49	0.10	0.09	0.37	0.25	0.05	0.05	0.23	0.16	0.03	0.03
最終離隔距離 [km] F:壁等の場合、離隔距離=F F:開通の場合、離隔距離=P	0.16	0.07	0.003	0.003	0.18	0.08	0.003	0.003	0.07	0.03	0.001	0.001
留値	3.15	3.15	3.15	3.15	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79

（運用モデル4～6）

希望波・4K・8K用FPU（上り回線） 郊外A低相関 妨害波 構内無線局	運用モデル4				運用モデル5				運用モデル6			
	室内 高さ:120.5MHz 熱容量:1252.5MHz	室外(下向き) 高さ:122.0MHz 熱容量:1252.5MHz	室外(下向き) 高さ:124.0MHz 熱容量:1252.5MHz	室外(下向き) 高さ:126.0MHz 熱容量:1252.5MHz	室内 高さ:120.5MHz 熱容量:1252.5MHz	室外(下向き) 高さ:122.0MHz 熱容量:1252.5MHz	室外(下向き) 高さ:124.0MHz 熱容量:1252.5MHz	室外(下向き) 高さ:126.0MHz 熱容量:1252.5MHz	室内 高さ:120.5MHz 熱容量:1252.5MHz	室外(下向き) 高さ:122.0MHz 熱容量:1252.5MHz	室外(下向き) 高さ:124.0MHz 熱容量:1252.5MHz	室外(下向き) 高さ:126.0MHz 熱容量:1252.5MHz
① 送信周波数 [GHz]	1.2525	1.2525	1.2525	1.2525	1.2525	1.2525	1.2525	1.2525	1.2525	1.2525	1.2525	1.2525
② 送信出力 [W]	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
③ 送信出力 [dBm]	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
④ 送信アンテナ利得 [dBi]	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
⑤ 水平面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑥ 垂直面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑦ 送信アンテナ高 [m]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
⑧ 送信給電線損失 [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑨ 実効放射電力 [dBm] ②+④+⑤+⑥+⑦	22.1	22.1	22.1	22.1	22.1	22.1	22.1	22.1	22.1	22.1	22.1	22.1
⑩ 障害物等による遮蔽損 [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
⑪ 壁等による減衰 [dB]	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
⑫ 受信アンテナ利得 [dBi]	7.2	7.2	7.2	7.2	14.0	14.0	14.0	14.0	12.0	12.0	12.0	12.0
⑬ 水平面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0
⑭ 垂直面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑮ 受信アンテナ高 [m]	300.0	300.0	300.0	300.0	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
⑯ 受信給電線損失 [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
⑰ 干渉量 [dBm] ⑨-⑩-⑪+⑫+⑬+⑭+⑮	12.8	12.8	12.8	12.8	-5.4	-5.4	-5.4	-5.4	-7.4	-7.4	-7.4	-7.4
⑱ 送信信号帯域幅 [MHz]	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
⑲ 受信信号帯域幅 [MHz]	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5
㉑ 通常運用受信電力	-62.4	-62.4	-62.4	-62.4	-66.3	-66.3	-66.3	-66.3	-68.3	-68.3	-68.3	-68.3
㉒ DUE	17.40	10.59	-16.85	-18.68	17.40	10.59	-16.85	-18.68	17.40	10.59	-16.85	-18.68
㉓ 許容干渉電力 [dBm] ㉑-㉒	-79.8	-73.0	-45.6	-43.7	-83.7	-76.9	-49.5	-47.6	-85.7	-78.9	-51.5	-49.6
㉔ 所要結合損 [dB] ㉑-㉒	92.6	85.8	58.4	56.6	78.3	71.5	44.1	42.3	78.3	71.5	44.1	42.3
自由空間モデルによる離隔距離 (F) [km]	0.82	0.37	0.02	0.01	0.16	0.07	0.00	0.00	0.16	0.07	0.00	0.00
平面大地モデルによる離隔距離 (P) [km]	4.40	2.97	0.61	0.55	0.21	0.14	0.03	0.03	0.21	0.14	0.03	0.03
最終離隔距離 [km] F:壁等の場合、離隔距離=F F:開通の場合、離隔距離=P	0.82	0.37	0.02	0.01	0.16	0.07	0.003	0.002	0.16	0.07	0.003	0.002
留値	23.61	23.61	23.61	23.61	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28

○ 4K・8K用FPU（下り回線）の特定小電力無線局からの被干渉

表 12-20 特定小電力局から4K・8KFPU(下り)への干渉

希望波：4K・8K用FPU（下り回線） 妨害波：特定小電力	運用モデル1	運用モデル2	運用モデル3	運用モデル4	運用モデル5	運用モデル6
① 送信周波数 [GHz]	1.2525	1.2525	1.2525	1.2525	1.2525	1.2525
② 送信出力 [W]	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
③ 送信出力 [dBm]	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
④ 送信アンテナ利得 [dBi]	2.14	2.14	2.14	2.14	2.14	2.14
⑤ 水平面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑥ 垂直面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑦ 送信アンテナ高 [m]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
⑧ 送信給電線損失 [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑨ 実効放射電力 [dBm] ③+④+⑤+⑥-⑧	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1
⑩ 建物等による遮蔽損 [dB]	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
⑪ 壁等による減衰 [dB]	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
⑫ 受信アンテナ利得 [dBi]	12.0	7.2	5.2	0.0	5.2	5.2
⑬ 水平面指向特性	-10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑭ 垂直面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑮ 受信アンテナ高 [m]	3.5	3.5	3.5	3.5	2.0	2.5
⑯ 受信給電線損失 [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
⑰ 干渉量 [dBm] ⑨-⑩-⑪+⑫+⑬+⑭-⑯	-17.4	-12.2	-14.2	-19.4	-14.2	-14.2
⑱ 送信信号帯域幅 [MHz]	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032
⑲ 受信信号帯域幅 [MHz]	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5
⑳ 通常運用受信電力	-62.5	-67.3	-60.9	-62.4	-66.3	-68.3
㉑ DU比	-10.00	-10.00	-10.00	-10.00	-10.00	-10.00
㉒ 許容干渉電力 [dBm] ㉑-㉒	-52.5	-57.3	-50.9	-52.4	-56.3	-58.3
㉓ 所要結合損 [dB] ㉑-㉒	35.1	45.1	36.7	33.0	42.1	44.1
離隔距離 自由空間モデルによる離隔距離 (F) [km]	0.001	0.003	0.001	0.001	0.002	0.003
平面大地モデルによる離隔距離 (P) [km]	0.017	0.031	0.019	0.015	0.020	0.025
最終離隔距離 [km] F<閾値の場合、離隔距離=F F>閾値の場合、離隔距離=P	0.001	0.003	0.001	0.0009	0.002	0.003
閾値	0.28	0.28	0.28	0.28	0.16	0.20

○ 4K・8K用FPU（下り回線）の構内無線局からの被干渉

表 12-21 構内無線局から4K・8KFPU(下り)への干渉

希望波：4K・8K用FPU（下り回線） 妨害波：構内無線局	運用モデル1	運用モデル2	運用モデル3	運用モデル4	運用モデル5	運用モデル6
① 送信周波数 [GHz]	1.2525	1.2525	1.2525	1.2525	1.2525	1.2525
② 送信出力 [W]	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
③ 送信出力 [dBm]	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
④ 送信アンテナ利得 [dBi]	2.14	2.14	2.14	2.14	2.14	2.14
⑤ 水平面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑥ 垂直面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑦ 送信アンテナ高 [m]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
⑧ 送信給電線損失 [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑨ 実効放射電力 [dBm] ③+④+⑤+⑥-⑧	22.1	22.1	22.1	22.1	22.1	22.1
⑩ 建物等による遮蔽損 [dB]	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
⑪ 壁等による減衰 [dB]	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
⑫ 受信アンテナ利得 [dBi]	12.0	7.2	5.2	0.0	5.2	5.2
⑬ 水平面指向特性	-10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑭ 垂直面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑮ 受信アンテナ高 [m]	3.5	3.5	3.5	3.5	2.0	2.5
⑯ 受信給電線損失 [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
⑰ 干渉量 [dBm] ⑨-⑩-⑪+⑫+⑬+⑭-⑯	-7.4	-2.2	-4.2	-9.4	-4.2	-4.2
⑱ 送信信号帯域幅 [MHz]	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032
⑲ 受信信号帯域幅 [MHz]	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5
⑳ 通常運用受信電力	-62.5	-67.3	-60.9	-62.4	-66.3	-68.3
㉑ DU比	-10.00	-10.00	-10.00	-10.00	-10.00	-10.00
㉒ 許容干渉電力 [dBm] ㉑-㉒	-52.5	-57.3	-50.9	-52.4	-56.3	-58.3
㉓ 所要結合損 [dB] ㉑-㉒	45.1	55.1	46.7	43.0	52.1	54.1
離隔距離 自由空間モデルによる離隔距離 (F) [km]	0.003	0.011	0.004	0.003	0.008	0.010
平面大地モデルによる離隔距離 (P) [km]	0.031	0.055	0.034	0.027	0.035	0.044
最終離隔距離 [km] F<閾値の場合、離隔距離=F F>閾値の場合、離隔距離=P	0.003	0.011	0.004	0.003	0.008	0.010
閾値	0.28	0.28	0.28	0.28	0.16	0.20

画像伝送用携帯局との干渉検討

1 画像伝送用携帯局の概要

画像伝送用携帯局は 1.2GHz 帯の周波数を用いて、ラジコンヘリコプター等に搭載したカメラから映像を伝送するシステムである。主に、航空写真撮影時のビデオモニタリング（ファインダー機能）や上空からの状況確認等のための映像伝送に使用されている。

(1) 電波法関係審査基準では、次のように定めている。

- ① 免許主体 模型飛行機（産業の用に供する物に限る。以下同じ）を用いて映像の伝送を行う者であること。
- ② 無線局の種別 携帯局であること。
- ③ 通信方式 単行通信方式又は同報通信方式であること。
- ④ 通信の相手方 免許人所属の受信設備であること。
- ⑤ 移動範囲 模型飛行機を用いて映像を伝送するために必要な区域であること。
- ⑥ 変調方式 周波数変調又は位相変調であること。
- ⑦ 占有周波数帯幅の許容値 15MHz 以下であること。
- ⑧ 空中線電力 1W 以下であること。
- ⑨ 空中線利得 2.15dBi 以下であること。
- ⑩ 電波の偏波面 垂直又は水平であること。

(2) 装置の諸元を表 13-1 に示す。

表 13-1 画像伝送用携帯局の諸元

送信装置	
送信周波数	1281.5MHz
占有周波数帯幅	6MHz 幅（実用上多く使用される）
電波形式	F3F
最大出力	1W
周波数制御	PLL 方式
映像変調方式	可変リアクタンス周波数変調
最高映像周波数	4.2MHz
映像入力	NTSC 1Vp-p
受信装置	
受信周波数	1281.5MHz
受信感度	-70dBm
映像復調方式	PLL 復調方式
映像出力	NTSC 1Vp-p

2 画像伝送用携帯局と 1.2GHz 帯 FPU の周波数関係

表 13-2 画像伝送用携帯局と 1.2GHz 帯 FPU の周波数関係

無線システム	使用周波数 (MHz)	周波数関係
画像伝送用携帯局	1,281.5 (中心周波数)	周波数共用 与干渉/被干渉
1.2GHz 帯 FPU	1,240 - 1,300	

3 FPU 被干渉検討 (上り回線)

画像伝送用携帯局から 4K・8K用 FPU 上り回線への干渉については、室内実験を実施して所要 D/U を求めた。

また、画像伝送用携帯局から 4K・8K用 FPU 下り回線への干渉、および 4K・8K用 FPU 上り/下り回線から画像伝送携帯局への干渉については、放送システム委員会報告書 (平成 25 年 1 月 25 日) の所要 D/U を引用した。

(1) 画像伝送用携帯局から 4K・8K用 FPU (上り回線) への干渉

4K・8K用 FPU (上り回線) を希望波、画像伝送用携帯局を妨害波とし、同一帯域 (帯域内) および上隣接帯域 (帯域外) で共用した場合について、所要 D/U の測定を行った。

FPU 受信機入力レベルを標準受信電力 (-57dBm) となるよう FPU 送信機の送信出力を調整し、画像伝送用携帯局の送信レベルを可変して 4K・8K用 FPU の受信 BER=2×10⁻⁴ となる D/U 比を測定した。

なお、測定系統は、図 13-1 のとおりである。

① 同一帯域 (帯域内)

- ・表 13-2 の測定諸元、図 13-1 に希望波と妨害波の周波数配置を示す。これらは、放送システム委員会報告書 (平成 25 年 1 月 25 日) の実験条件に準じた。
- ・2.3GHz 帯の機材を用いたため、FPU の中心周波数を 2359MHz とした。
- ・妨害波 (画像伝送) の周波数は、1075.5MHz を加算する設定とした。
- ・妨害波 (画像伝送) には、映像信号 (NTSC カラーバー) を FM 変調されたものを使用し、周波数スペクトルを見ながら占有帯域幅が 6MHz になるように周波数偏移を調整した。

表 13-2 測定諸元

項目	希望波 (FPU)	妨害波 (画像伝送)
周波数	1283.5MHz	1281.5MHz
送信電力	25W	-
受信電力	-57dBm	-
変調方式	4x4 SVD-MIMO	FM (最高映像周波数 4.2MHz)
占有帯域幅	17.5MHz	最大 6MHz

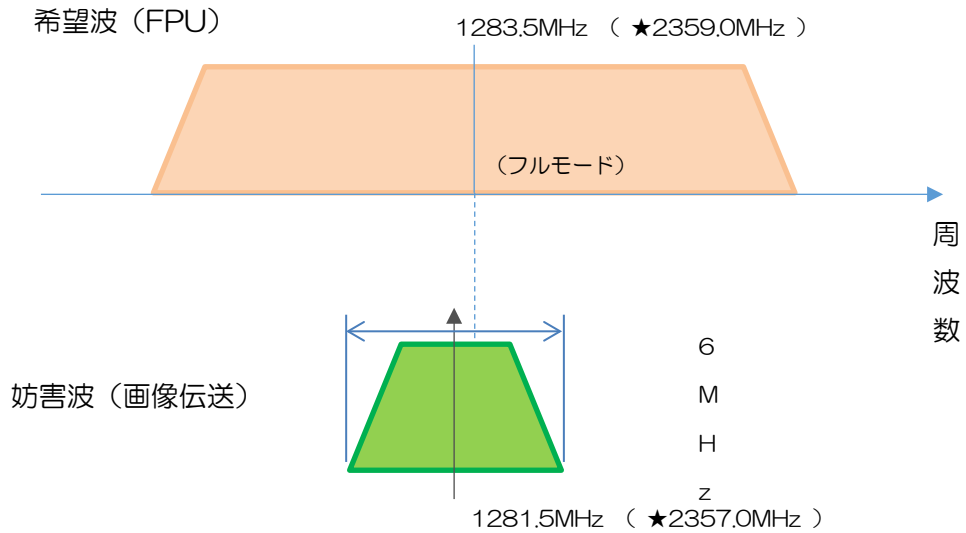


図 13-1 希望波と妨害波の周波数配置 (実験は 2.3GHz 帯内)

- ・ 4 K ・ 8 K 用 FPU の受信 BER と D/U 比の測定結果を示す。

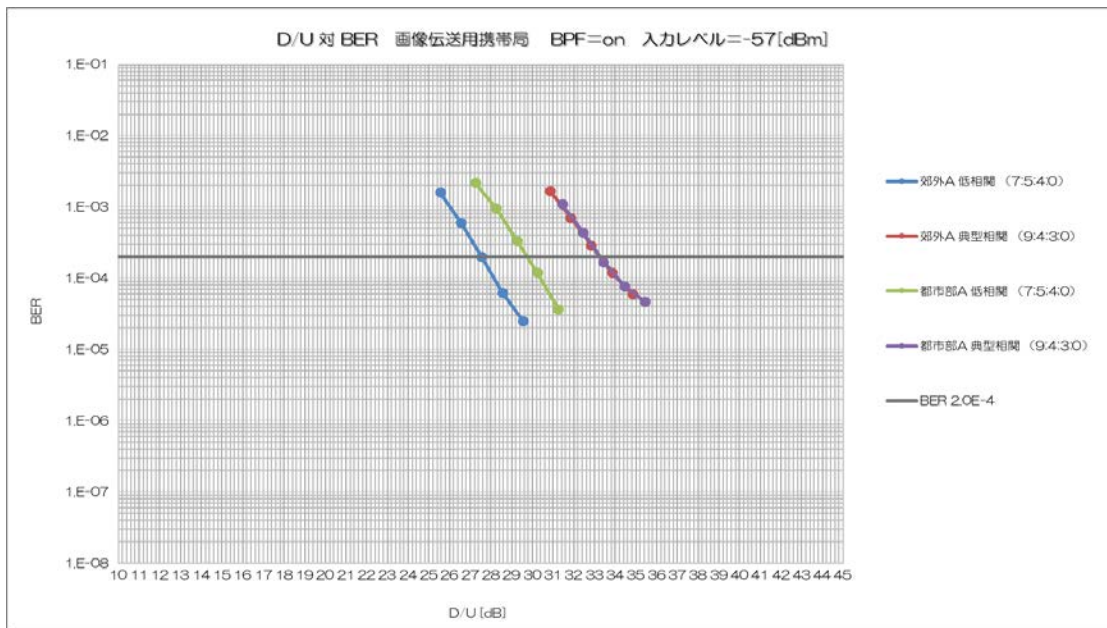


図 13-2 画像伝送用携帯局からの被干渉 (D/U 比・受信 BER)

- ・ 図 13-2 の測定結果から、伝搬モデルにおける所要 D/U 比を示す。

表 13-3 各モデルにおける所要 D/U (画像伝送用携帯局)

伝搬モデル	希望波の周波数	妨害波の周波数	所要 D/U [dB] BPFon
郊外 A 低相関	1283.5 MHz	1281.5 MHz	27.5
郊外 A 典型相関	1283.5 MHz	1281.5 MHz	33.3
都市部 A 低相関	1283.5 MHz	1281.5 MHz	29.8
都市部 A 典型相関	1283.5 MHz	1281.5 MHz	33.3

② 隣接周波数 (帯域外)

- ・ FPU の送信周波数を変更し、希望波と上隣接妨害波との周波数差 (Δf) 設定と所要 D/U との関係を測定した。
- ・ 希望波と妨害波の周波数配置
希望波 (FPU) 周波数 : f_c MHz
上隣接妨害波 (画像伝送) 周波数 : $f_i = f_c + \Delta f$ MHz
- ・ $f_c = 2359$ MHz とし、 $\Delta f = 9, 11, 13$ MHz の場合について、 Δf と所要 D/U の測定を行った。

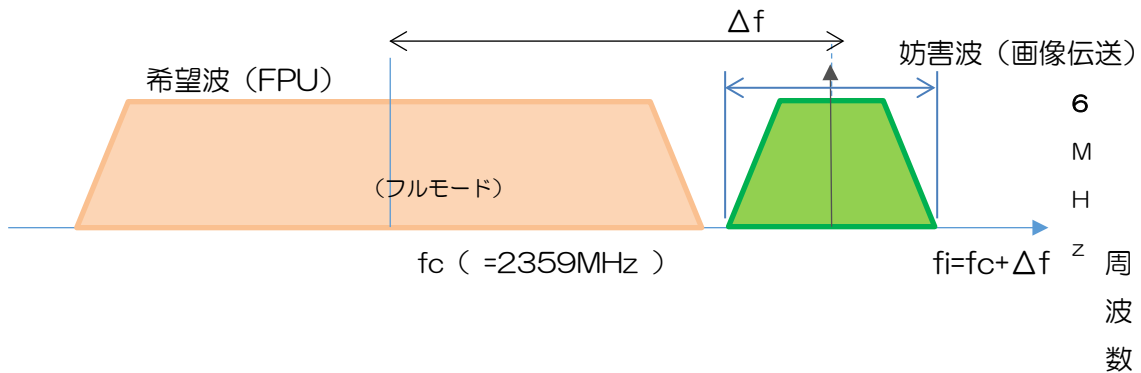


図 13-3 所要 D/U 測定における希望波と妨害波の周波数配置

- ・ 4 K ・ 8 K 用 FPU の受信 BER と D/U 比の測定結果を示す。

表 13-4 各モデルにおける所要 D/U (画像伝送用携帯局)

伝搬モデル	希望波と上隣接妨害波との周波数差 (Δf)	所要 D/U [dB] BPFon
郊外 A 低相関	9 MHz	14.74
	11 MHz	1.74
	13 MHz	-19.26
郊外 A 典型相関	9 MHz	21.44
	11 MHz	8.54
	13 MHz	-13.26
都市部 A 低相関	9 MHz	15.54
	11 MHz	1.54
	13 MHz	-18.46
都市部 A 典型相関	9 MHz	19.94
	11 MHz	5.94
	13 MHz	-16.06

- ・ 画像伝送携帯局の周波数は 1281.5 MHz に固定され、FPU の周波数は 1 MHz 単位で設定ができる。離隔距離の計算では、FPU の周波数が 1272 ($\Delta f = 9.5$)、

1270 ($\Delta f=11.5$)、1269 ($\Delta f=12.5$) MHz の場合を計算した。図 13-4 に離隔距離の計算における希望波と妨害波の周波数配置を示す。

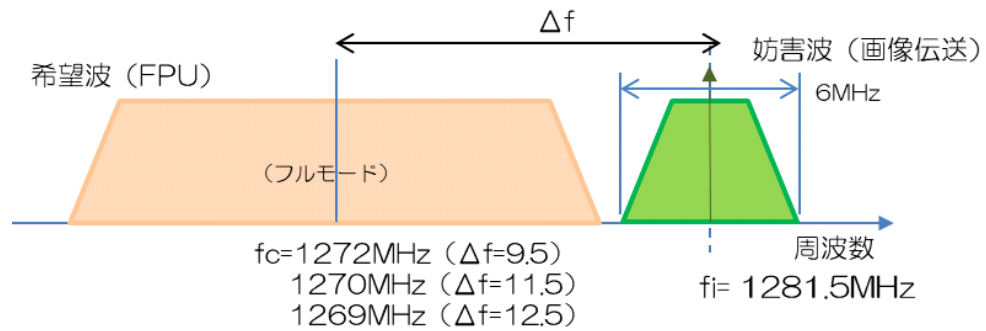


図 13-4 離隔距離の計算における希望波と妨害波の周波数配置

表 13-5 各モデルにおける所要 D/U の線形内挿の値

伝搬モデル	希望波と上隣接妨害波との周波数差 (Δf)	所要 D/U[dB] BPFon
郊外 A 低相関	9.5 MHz	13.56
	11.5 MHz	0.50
	12.5 MHz	-4.18
郊外 A 典型相関	9.5 MHz	20.26
	11.5 MHz	7.30
	12.5 MHz	2.60
都市部 A 低相関	9.5 MHz	14.35
	11.5 MHz	0.31
	12.5 MHz	-4.35
都市部 A 典型相関	9.5 MHz	18.75
	11.5 MHz	4.70
	12.5 MHz	0.00

4 FPU 被干渉検討 (下り回線)

4 K・8 K用 FPU (下り回線) では、伝送方式として、現行 FPU と同じ STTC-MIMO 方式を用いている。そのため、放送システム委員会報告書 (平成 25 年 1 月 25 日) に記載されている所要 D/U を引用する。ただし、現行 FPU に対して、受信アンテナが 2 本から 4 本に増えたことによるブランチ合成利得の増分 3dB を勘案した補正值により所要 D/U とした。

表 13-6 所要 D/U

妨害波	所要 DU 比	
	放送システム委員会報告書 (H25. 1. 25) の値	補正後の値
画像伝送用携帯局	9 dB	6 dB

5 FPU 与干渉検討 (上り回線/下り回線)

4 K・8 K用 FPU (上り回線/下り回線) の送信信号の占有帯域幅や周波数スペクトルの形状は現行の FPU と同じであり、放送システム委員会報告書 (平成 25 年 1 月 25 日) に記載されている所要 D/U を引用する。

表 13-7 所要 D/U

妨害波	所要 DU 比
4 K・8 K用 FPU (上り回線/下り回線)	17dB

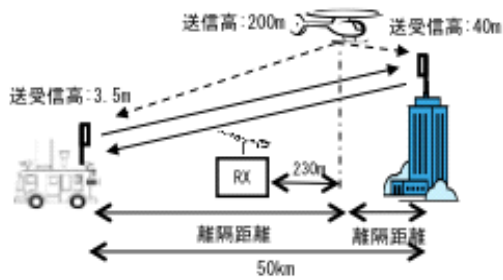
6 画像伝送用携帯局と 4 K・8 K用 FPU の共用条件の検討

4 K・8 K用 FPU の運用モデルにもとづいて設定した被干渉モデルを図 13-5 に、与干渉モデルを図 13-6 に示す。

それぞれ、4 K・8 K用 FPU の上り回線と下り回線との干渉について、離隔距離を計算する。離隔距離の計算は、運用モデル (6 種類)、伝搬モデル (4 種類)、妨害波が帯域内の場合 (1 種類)、帯域外の場合 (3 種類)、の全ての組合せについて実施した。

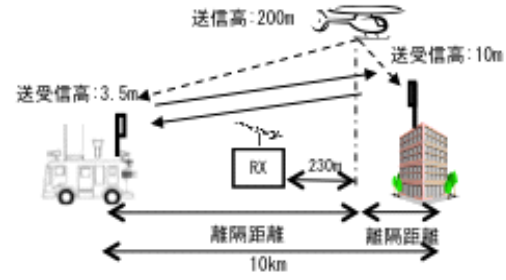
①モデル1 [固定中継]

中継車から受信基地局まで伝搬距離
50kmまでの伝送



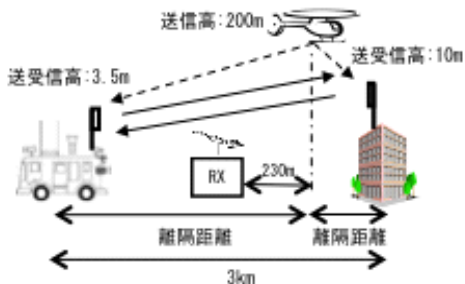
②モデル2 [移動中継]

中継車から受信基地局まで伝搬距離
10km程度の伝送



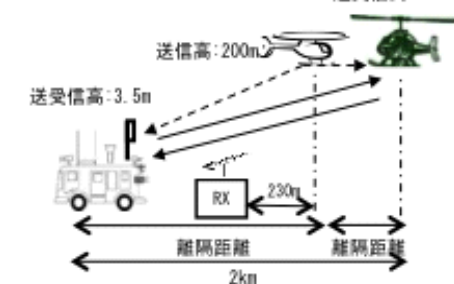
③モデル3 [移動中継]

市街地で中継車から受信基地局まで
3km程度の伝送



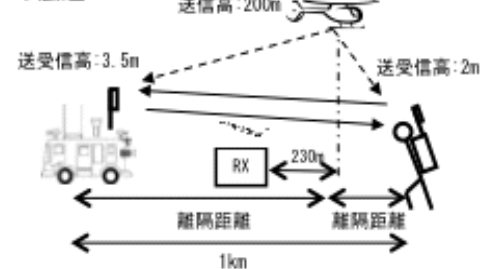
④モデル4 [移動中継]

中継車からヘリコプターに向け伝搬
距離約2kmの伝送



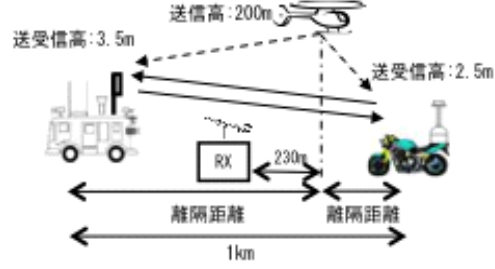
⑤モデル5 [移動中継]

機材を背負い最寄りの中継車に1kmまでの伝送



⑥モデル6 [移動中継]

バイクから中継車に1kmまでの伝送




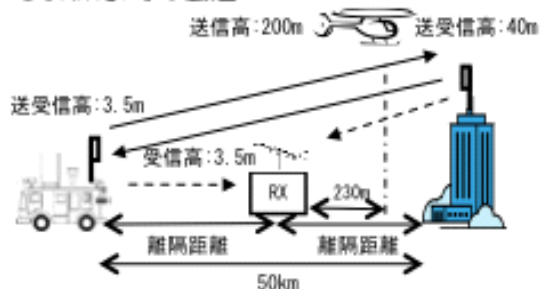
※  : 画像伝送用携帯局送信機

図 13-5 4K・8K用FPUの被干渉モデル

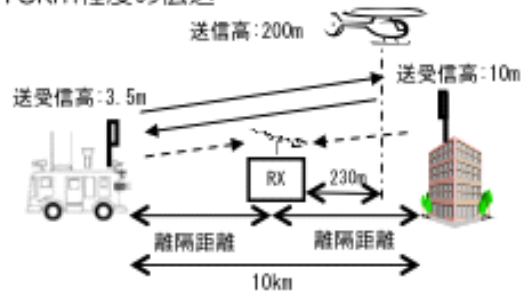
①モデル1 [固定中継]

中継車から受信基地局まで伝搬距離
50kmまでの伝送



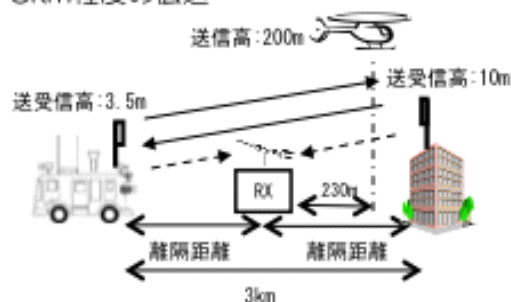
②モデル2 [移動中継]

中継車から受信基地局まで伝搬距離
10km程度の伝送



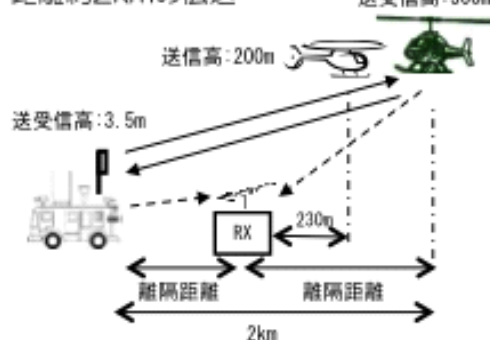
③モデル3 [移動中継]

市街地で中継車から受信基地局まで
3km程度の伝送



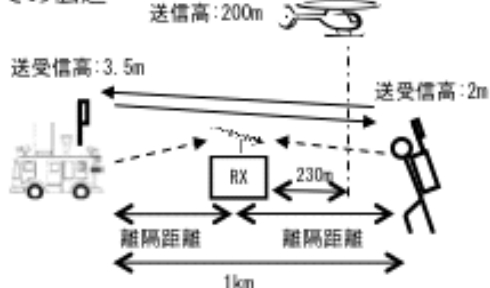
④モデル4 [移動中継]

中継車からヘリコプターに向け伝搬
距離約2kmの伝送



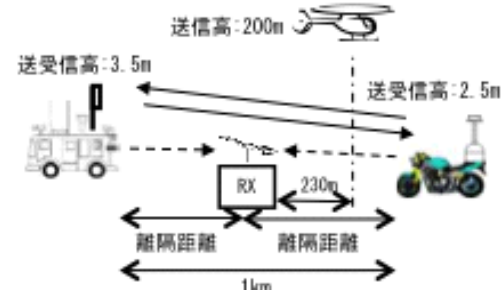
⑤モデル5 [移動中継]

機材を背負い最寄りの中継車に1km
までの伝送



⑥モデル6 [移動中継]

バイクから中継車に1kmまでの伝送




※  : 画像伝送用携帯局送信機

図 13-6 4 K・8 K用 FPU の与干渉モデル

(1) 4 K・8 K用 FPU の被干渉 (上り回線)

ア 離隔距離の計算にあたって下記の事項を考慮した。

- ・ 4 K・8 K用 FPU (上り回線) の受信電力は第 4 章の回線設計例から計算し、受信電力に所要 D/U を加味して干渉許容電力とした。
- ・ 画像伝送用携帯局の送信出力は 1W、これに送信・受信アンテナの利得とそれぞれの給電線損失を加え、電波伝搬調査で測定された建物等の遮蔽損 15dB を考慮したものを FPU の与干渉電力とした
- ・ 運用モデル 4 については、4 K・8 K用 FPU (上り回線) と画像伝送用携帯

局で送信方向が異なることから、4 K・8 K用 FPU（上り回線）の受信アンテナの垂直指向性利得を-15dB とした。

- ・この与干渉電力が FPU の D/U 基準による干渉許容電力を下回るための所要結合損を算出し、離隔距離を算出した。

イ FPU の帯域内に妨害波が存在する場合の離隔距離の計算結果を表 13-8 に示す。所要 D/U が高いため、全体的に離隔距離が大きい。伝搬モデルによる違いを見ると、郊外 A 低相関の場合の離隔距離が最も小さい。運用モデル 3 は、他のモデルに比べて受信アンテナの利得が小さく与干渉電力も小さく、回線設計上の受信電力が高いために、離隔距離が小さくなっている。

表 13-8 各運用モデルにおける離隔距離（帯域内、FPU 上り回線・被干渉）

伝搬モデル	希望波周波数 [MHz]	妨害波周波数 [MHz]	所要 D/U [dB] BPFon	離隔距離 [km]					
				運用モデル 1	運用モデル 2	運用モデル 3	運用モデル 4	運用モデル 5	運用モデル 6
郊外 A 低相関	1283.5	1281.5	27.5	9.12	9.88	3.76	8.12	8.81	8.81
郊外 A 典型相関	1283.5	1281.5	33.3	17.77	19.27	7.32	15.84	17.17	17.17
都市部 A 低相関	1283.5	1281.5	29.8	11.88	12.88	4.90	10.59	11.48	11.48
都市部 A 典型相関	1283.5	1281.5	33.3	17.77	19.27	7.32	15.84	17.17	17.17

比較のために、表 13-9 に現行 FPU の離隔距離に示す。放送システム委員会報告（平成 25 年 1 月 25 日）から引用した所要 D/U から、同じ条件で離隔距離を計算した。4 K・8 K用 FPU の方が所要 D/U が高く、運用モデル 3 で比較すると、離隔距離は 9 倍程度に拡大している。

表 13-9（参考）現行 FPU に対する所要 D/U と離隔距離

現行 FPU	所要 D/U [dB] BPFon	離隔距離 [km]					
		運用モデル 1	運用モデル 2	運用モデル 3	運用モデル 4	運用モデル 5	運用モデル 6
16QAM	9	1.08	1.16	0.40	0.95	1.03	3.27

ウ FPU の帯域外（上隣接）に妨害波が存在する場合の離隔距離の計算結果を表 13-10 に示す。 $\Delta f=9.5\text{MHz}$ で、運用モデル 3 の郊外 A 低相関の場合の離隔距離が約 0.75km である。 Δf が大きくなるにしたがい離隔距離も減少する。

表 13-10 各運用モデルにおける離隔距離（帯域外、FPU 上り回線・被干渉）

伝搬 モデル	希望波 周波数 [MHz]	周波数差 Δf [MHz]	所要 D/U[dB] BPFon	離隔距離[km]					
				運用 モデル 1	運用 モデル 2	運用 モデル 3	運用 モデル 4	運用 モデル 5	運用 モデル 6
郊外 A 低相関	1272	9.5	13.56	1.83	1.99	0.75	1.63	1.77	1.77
	1270	11.5	0.50	0.41	0.44	0.17	0.36	0.39	0.39
	1269	12.5	-4.18	0.24	0.26	0.10	0.21	0.23	0.23
郊外 A 典型相関	1272	9.5	20.26	3.96	4.29	1.63	3.53	3.83	3.83
	1270	11.5	7.30	0.89	0.97	0.37	0.79	0.86	0.86
	1269	12.5	2.60	0.52	0.56	0.21	0.46	0.50	0.50
都市部 A 低相関	1272	9.5	14.35	2.01	2.17	0.83	1.79	1.94	1.94
	1270	11.5	0.31	0.40	0.43	0.16	0.36	0.38	0.38
	1269	12.5	-4.35	0.23	0.25	0.10	0.21	0.23	0.23
都市部 A 典型相関	1272	9.5	18.75	3.33	3.61	1.37	2.97	3.22	3.22
	1270	11.5	4.70	0.66	0.72	0.27	0.59	0.64	0.64
	1269	12.5	0.00	0.38	0.42	0.16	0.34	0.37	0.37

(2) 4K・8K用 FPU の被干渉（下り回線）

ア 離隔距離の計算にあたって下記の事項を考慮した。

- ・ 4K・8K用 FPU（下り回線）の受信電力は第4章の回線設計例から計算し、受信電力に所要 D/U を加味して干渉許容電力とした。
- ・ 運用モデル 1（固定伝送）では、受信アンテナ（8素子八木）の水平指向性により妨害波が-10dB 減衰するものとした。
- ・ 画像伝送用携帯局の送信出力は 1W、これに送信・受信アンテナの利得とそれぞれの給電線損失を加え、電波伝搬調査で測定された建物等の遮蔽損 15dB を考慮したものを FPU の与干渉電力とした（資料 1 の条件と同じ）。
- ・ この与干渉電力が FPU の D/U 基準による干渉許容電力を下回るための所要結合損を出し、離隔距離を算出した。

イ 離隔距離の計算結果を表 13-11 に示す。運用モデル 1 では、受信アンテナの水平指向性を考慮したため、離隔距離が小さくなっている。表 13-8 の上り回線に比べて、所要 D/U が 20dB 程低く、離隔距離も小さい。

表 13-11 各運用モデルにおける離隔距離（FPU 下り回線・被干渉）

妨害波	所要 DU 比 [dB]	離隔距離 [km]					
		運用 モデル 1	運用 モデル 2	運用 モデル 3	運用 モデル 4	運用 モデル 5	運用 モデル 6
画像伝送用 携帯局	6	0.38	1.20	0.46	0.30	0.85	1.07

(3) 4 K・8 K用 FPU からの与干渉（上り回線、下り回線）

ア 離隔距離の計算にあたって下記の事項を考慮した。

- ・ 4 K・8 K用 FPU（上り／下り回線）のアンテナ利得などは回線設計例の諸元に従った。
- ・ 画像伝送用携帯局の通常運用受信電力は平均的な運用時（伝搬距離 230m）の受信電力-40dBm とした。
- ・ 運用モデル 1（固定伝送）では、送信アンテナ（上り：8 素子八木、下り：26 素子八木）の水平指向性により妨害波が-10dB 減衰するものとした。
- ・ 画像伝送用携帯局の受信アンテナの垂直指向性による妨害波の減衰を-25dB とした。ただし、運用モデル 4 の下り回線については、希望波も妨害波もヘリコプターから地上に向けた送信となるため、減衰はないものとした。
- ・ 建物等による妨害波の遮蔽損を-15dB 見込んだ。
- ・ 4 K・8 K用 FPU（上り回線）にはビームフォーミング利得 6dB を見込んだ

イ 4 K・8 K用 FPU 上り回線での離隔距離の計算結果を表 13-12 に、下り回線の計算結果を表 13-13 に示す。両者の離隔距離は同程度である。下り回線の運用モデル 4 は、受信アンテナの垂直指向性による減衰が考慮されていないため、離隔距離が大きくなっている。

表 13-12 各運用モデルにおける離隔距離（FPU 上り回線・与干渉）

妨害波	所要 DU 比 [dB]	離隔距離 [km]					
		運用 モデル 1	運用 モデル 2	運用 モデル 3	運用 モデル 4	運用 モデル 5	運用 モデル 6
4 K・8 K用 FPU （上り回線）	17	0.14	0.26	0.20	0.11	0.03	0.03

表 13-13 各運用モデルにおける離隔距離（FPU 下り回線・与干渉）

妨害波	所要 DU 比 [dB]	離隔距離 [km]					
		運用 モデル 1	運用 モデル 2	運用 モデル 3	運用 モデル 4	運用 モデル 5	運用 モデル 6
4 K・8 K用 FPU （下り回線）	17	0.14	0.28	0.22	2.27	0.04	0.03

ウ 比較のために、表 13-14 に現行 FPU の離隔距離に示す。放送システム委員会報告（平成 25 年 1 月 25 日）から引用した所要 D/U から、同じ条件で離隔距離を計算した。4 K・8 K用 FPU の離隔距離は現行 FPU の 2 倍程度になっていることが分かる。両者の違いは、FPU 受信アンテナの利得、受信電力、所要 D/U の違いによるものである。

表 13-14（参考）各運用モデルにおける離隔距離（現行 FPU 与干渉）

妨害波	所要 DU 比 [dB]	離隔距離 [km]					
		運用モデル 1	運用モデル 2	運用モデル 3	運用モデル 4	運用モデル 5	運用モデル 6
現行 FPU	17	0.07	0.13	0.11	0.06	0.01	0.01

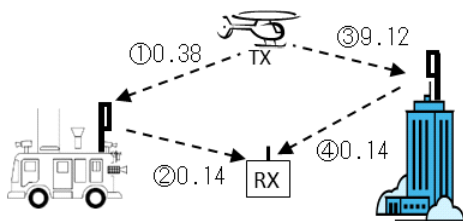
7 考察

(1) 離隔距離を図 13-7 に示す。

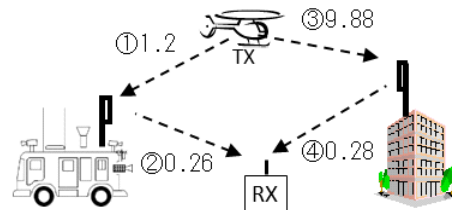
図中の点線矢印は干渉を与える方向であり、数値は離隔距離 (km) を示している。運用モデル 5、6 では、中継車が基地局となっている。Tx、Rx は画像伝送用携帯局の送信機、および受信機である。

また、比較のために、図 13-8 に現行 FPU の離隔距離を示す。

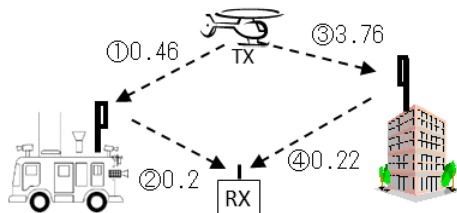
運用モデル 1 [固定中継]



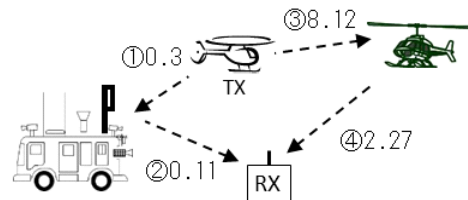
運用モデル 2 [移動中継]



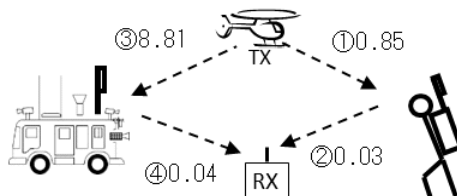
運用モデル 3 [移動中継]



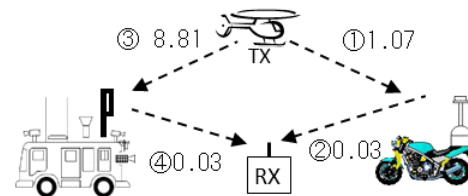
運用モデル 4 [移動中継]



運用モデル 5 [移動中継]



運用モデル 6 [移動中継]



- ① 4 K・8 K用 FPU（下り回線）被干渉
- ② 4 K・8 K用 FPU（上り回線）与干渉
- ③ 4 K・8 K用 FPU（上り回線）被干渉
- ④ 4 K・8 K用 FPU（下り回線）与干渉

※ ③ については、6. 1. 2（4）で述べた理由により郊外 A 低相関の離隔距離を図に示した。

図 13-7 4 K・8 K用 FPU と画像伝送携帯局との離隔距離 (km)

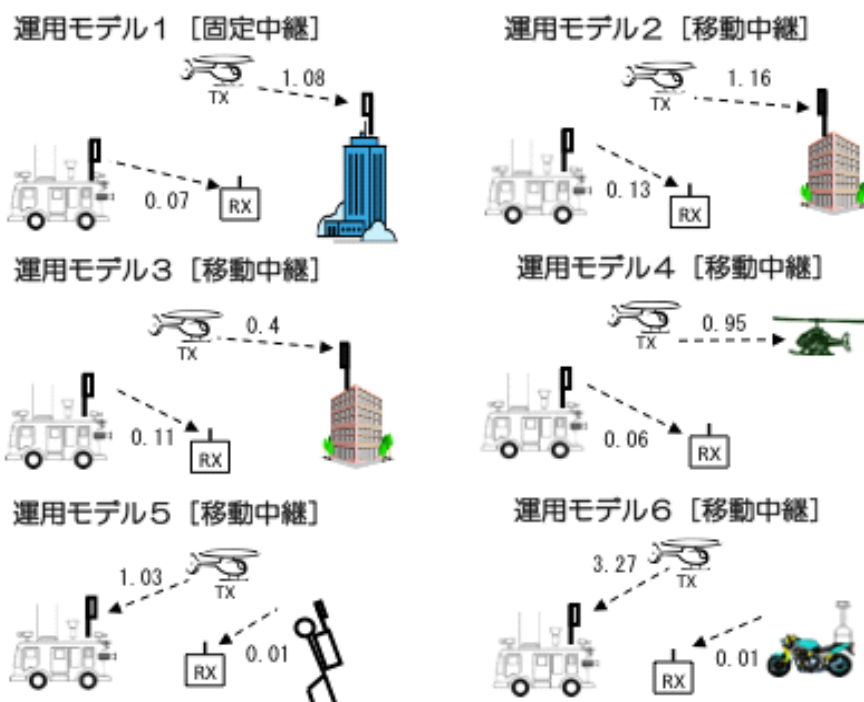


図 13-8（参考）現行 FPU と画像伝送携帯局との離隔距離 (km)

(2) 4 K・8 K用 FPU 移動局と画像伝送用携帯局との干渉

図 13-7 の① 4 K・8 K用 FPU（下り回線）被干渉の離隔距離は 0.3～1.2km である。② 4 K・8 K用 FPU（上り回線）与干渉では 0.03～0.26km であり、図 13-8 の現行 FPU 与干渉の離隔距離 0.01～0.13km の 2 倍程度となった。

(3) 4 K・8 K用 FPU 基地局と画像伝送用携帯局との干渉

図 13-8 の現行 FPU 被干渉の離隔距離は 0.4～3.27km である。一方、図 13-7 の③ 4 K・8 K用 FPU（上り回線）被干渉では、離隔距離が 3.76～9.88 K m に拡大しており、4 K・8 K用 FPU の運用にあたっては運用調整が必要になると考えられる。

④ 4 K・8 K用 FPU（下り回線）与干渉については、運用モデル 4 の離隔距離が 2.27km であり、運用調整が必要な場合もあると考えられる。その他の運用モデルの離隔距離は 0.03～0.38 K m であった。

(4) 帯域外、帯域端での干渉

表 13-10 に 4K・8K 用 FPU (上り回線) 被干渉の帯域外での離隔距離を示した。その中で、郊外 A 低相関の $\Delta f=9.5\text{MHz}$ の場合、離隔距離は 0.75~1.99km である。画像伝送用携帯局は占有帯域幅が広く、送信周波数が FPU の帯域端に位置する場合でも、離隔距離が 1.5km を越える場合がある。

8 まとめ

FPU が画像伝送用携帯局の免許人と周波数を共用して運用していくためには、双方の運用状況にあわせて、運用の調整が必要となる場合が生じる。その際には、従来と同じく、無人ヘリテレ推進協議会等関係団体などを通して、画像伝送用携帯局の免許人との間で、使用時間帯、運用場所などの運用調整を行う仕組みを整えておくことは有効な手段となる。また、運用調整が十分行えなかった場合の対応策として、FPU の送信電力や送信周波数の調整、送信周波数帯の変更についても検討しておく必要があると考えられる。

なお、画像伝送用携帯局は、マラソンや駅伝の開催時にコース近傍で運用することはまれと考えられ、上記対応により FPU と画像伝送用携帯局で周波数の共用は可能であると考えられる。

9 参考

4K・8K 用 FPU と画像伝送用携帯局との離隔距離の計算経過について、その一部を参考、掲載する。

○ 4K・8K FPU (上り回線) の被干渉 (郊外 A 低相関)

(運用モデル 1~3)

希望波: 4K・8K用FPU (上り回線) 郊外A低相関 妨害波: 画像伝送用携帯局	運用モデル1				運用モデル2				運用モデル3			
	帯域内 希望波: 1289.5MHz 妨害波: 1281.5MHz	帯域外(上隣接) 希望波: 1272.0MHz 妨害波: 1281.5MHz	帯域外(上隣接) 希望波: 1270.0MHz 妨害波: 1281.5MHz	帯域外(上隣接) 希望波: 1269.0MHz 妨害波: 1281.5MHz	帯域内 希望波: 1289.5MHz 妨害波: 1281.5MHz	帯域外(上隣接) 希望波: 1272.0MHz 妨害波: 1281.5MHz	帯域外(上隣接) 希望波: 1270.0MHz 妨害波: 1281.5MHz	帯域外(上隣接) 希望波: 1269.0MHz 妨害波: 1281.5MHz	帯域内 希望波: 1289.5MHz 妨害波: 1281.5MHz	帯域外(上隣接) 希望波: 1272.0MHz 妨害波: 1281.5MHz	帯域外(上隣接) 希望波: 1270.0MHz 妨害波: 1281.5MHz	帯域外(上隣接) 希望波: 1269.0MHz 妨害波: 1281.5MHz
① 送信周波数 [GHz]	1.2815	1.2815	1.2815	1.2815	1.2815	1.2815	1.2815	1.2815	1.2815	1.2815	1.2815	1.2815
② 送信出力 [W]	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
③ 送信出力 [dBm]	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
④ 送信アンテナ利得 [dBi]	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15
⑤ 水平面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑥ 垂直面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑦ 送信アンテナ高 [m]	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0
⑧ 送信経路電線損失 [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑨ 実効放射電力 [dBm] ④+⑤+⑥+⑦	32.2	32.2	32.2	32.2	32.2	32.2	32.2	32.2	32.2	32.2	32.2	32.2
⑩ 建物等による遮蔽損 [dB]	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
⑪ 地形による減衰 [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑫ 受信アンテナ利得 [dBi]	18.1	18.1	18.1	18.1	14.0	14.0	14.0	14.0	12.0	12.0	12.0	12.0
⑬ 水平面指向特性	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0
⑭ 垂直面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑮ 受信アンテナ高 [m]	40.0	40.0	40.0	40.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
⑯ 受信経路電線損失 [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
⑰ 伝送損失 [dB] ④-⑤+⑥+⑦-⑧	23.8	23.8	23.8	23.8	19.7	19.7	19.7	19.7	17.7	17.7	17.7	17.7
⑱ 送信信号帯域幅 [MHz]	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
⑲ 受信信号帯域幅 [MHz]	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5
⑳ 通常運用受信電力	-82.5	-82.5	-82.5	-82.5	-87.3	-87.3	-87.3	-87.3	-80.9	-80.9	-80.9	-80.9
㉑ 回比	27.50	13.56	0.50	-4.18	27.50	13.56	0.50	-4.18	27.50	13.56	0.50	-4.18
㉒ 許容干渉電力 [dBm] ㉑-㉒	-90.0	-76.1	-63.0	-58.3	-94.8	-80.9	-67.8	-63.1	-88.4	-74.5	-61.4	-56.7
㉓ 所要結合損 [dB] ㉑-㉒	113.8	99.8	86.8	82.1	114.5	100.5	87.5	82.8	106.1	92.1	79.1	74.4
自由空間モデルによる離隔距離 (F) [km]	9.12	1.83	0.41	0.24	9.88	1.99	0.44	0.26	3.76	0.75	0.17	0.10
平面大地モデルによる離隔距離 (P) [km]	62.57	28.04	13.22	10.10	32.57	14.60	6.88	5.26	20.08	9.00	4.24	3.24
離隔距離 数値離隔距離 [km] Fの場合、離隔距離=F Pの場合、離隔距離=P	9.12	1.83	0.41	0.24	9.88	1.99	0.44	0.26	3.76	0.75	0.17	0.10
関値	429.43	429.43	429.43	429.43	107.36	107.36	107.36	107.36	107.36	107.36	107.36	107.36

(運用モデル4～6)

希望波: 4K・8K用FPU(上り回線) 郊外A低相間 妨害波: 画像伝送用携帯局	運用モデル4				運用モデル5				運用モデル6			
	帯域内 希望波: 1289.5MHz 妨害波: 1281.5MHz	帯域外(上回線) 希望波: 1277.0MHz 妨害波: 1281.5MHz	帯域外(上回線) 希望波: 1270.0MHz 妨害波: 1281.5MHz	帯域外(上回線) 希望波: 1269.0MHz 妨害波: 1281.5MHz	帯域内 希望波: 1289.5MHz 妨害波: 1281.5MHz	帯域外(上回線) 希望波: 1277.0MHz 妨害波: 1281.5MHz	帯域外(上回線) 希望波: 1270.0MHz 妨害波: 1281.5MHz	帯域外(上回線) 希望波: 1269.0MHz 妨害波: 1281.5MHz	帯域内 希望波: 1289.5MHz 妨害波: 1281.5MHz	帯域外(上回線) 希望波: 1277.0MHz 妨害波: 1281.5MHz	帯域外(上回線) 希望波: 1270.0MHz 妨害波: 1281.5MHz	帯域外(上回線) 希望波: 1269.0MHz 妨害波: 1281.5MHz
① 送信周波数 [GHz]	1.2815	1.2815	1.2815	1.2815	1.2815	1.2815	1.2815	1.2815	1.2815	1.2815	1.2815	1.2815
② 送信出力 [W]	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
③ 送信出力 [dBm]	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
④ 送信アンテナ利得 [dBi]	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15
⑤ 水平面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑥ 垂直面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑦ 送信アンテナ高 [m]	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0
⑧ 送信給電線損失 [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑨ 実効放射電力 [dBm] ③+④+⑤+⑥-⑧	32.2	32.2	32.2	32.2	32.2	32.2	32.2	32.2	32.2	32.2	32.2	32.2
⑩ 建物等による遮蔽損 [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
⑪ 壁等による減衰 [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑫ 受信アンテナ利得 [dBi]	7.2	7.2	7.2	7.2	14.0	14.0	14.0	14.0	12.0	12.0	12.0	12.0
⑬ 水平面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0
⑭ 垂直面指向特性	-15.0	-15.0	-15.0	-15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑮ 受信アンテナ高 [m]	300.0	300.0	300.0	300.0	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
⑯ 受信給電線損失 [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
⑰ 与干渉量 [dBm] ③-⑩-⑪+⑫+⑬+⑭-⑯	22.9	22.9	22.9	22.9	19.7	19.7	19.7	19.7	17.7	17.7	17.7	17.7
⑱ 送信信号帯域幅 [MHz]	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
⑲ 受信信号帯域幅 [MHz]	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5
⑳ 通常運用受信電力	-82.4	-82.4	-82.4	-82.4	-86.3	-86.3	-86.3	-86.3	-88.3	-88.3	-88.3	-88.3
㉑ DU比	27.50	13.56	0.50	-4.18	27.50	13.56	0.50	-4.18	27.50	13.56	0.50	-4.18
㉒ 許容干渉電力 [dBm] ⑳-㉑	-89.9	-76.0	-62.9	-58.2	-93.8	-79.9	-66.8	-62.1	-95.8	-81.9	-68.8	-64.1
㉓ 所要結合損 [dB] ㉑-㉒	112.8	98.8	85.8	81.1	113.5	99.5	86.5	81.8	113.5	99.5	86.5	81.8
自由空間モデルによる離隔距離 (F) [km]	8.12	1.63	0.36	0.21	8.81	1.77	0.39	0.23	8.81	1.77	0.39	0.23
離隔距離 平面大地モデルによる離隔距離 (P) [km]	161.76	72.51	34.19	26.11	18.19	8.15	3.84	2.94	18.19	8.15	3.84	2.94
離隔距離 最終離隔距離 [km] F<閾値の場合、離隔距離=F F>閾値の場合、離隔距離=P	8.12	1.63	0.36	0.21	8.81	1.77	0.39	0.23	8.81	1.77	0.39	0.23
閾値	3220.76	3220.76	3220.76	3220.76	37.58	37.58	37.58	37.58	37.58	37.58	37.58	37.58

○ 4K・8 K FPU (下り回線) の被干渉

(運用モデル1～6)

希望波: 4K・8K用FPU(下り回線) 妨害波: 画像伝送用携帯局	運用モデル1	運用モデル2	運用モデル3	運用モデル4	運用モデル5	運用モデル6
① 送信周波数 [GHz]	1.2815	1.2815	1.2815	1.2815	1.2815	1.2815
② 送信出力 [W]	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
③ 送信出力 [dBm]	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
④ 送信アンテナ利得 [dBi]	2.14	2.14	2.14	2.14	2.14	2.14
⑤ 水平面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑥ 垂直面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑦ 送信アンテナ高 [m]	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0
⑧ 送信給電線損失 [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑨ 実効放射電力 [dBm] ③+④+⑤+⑥-⑧	32.1	32.1	32.1	32.1	32.1	32.1
⑩ 建物等による遮蔽損 [dB]	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
⑪ 壁等による減衰 [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑫ 受信アンテナ利得 [dBi]	12.0	7.2	5.2	0.0	5.2	5.2
⑬ 水平面指向特性	-10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑭ 垂直面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑮ 受信アンテナ高 [m]	3.5	3.5	3.5	3.5	2.0	2.5
⑯ 受信給電線損失 [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
⑰ 与干渉量 [dBm] ③-⑩-⑪+⑫+⑬+⑭-⑯	17.6	22.8	20.8	15.6	20.8	20.8
⑱ 送信信号帯域幅 [MHz]	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
⑲ 受信信号帯域幅 [MHz]	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5
⑳ 通常運用受信電力	-62.5	-67.3	-60.9	-62.4	-66.3	-68.3
㉑ DU比	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
㉒ 許容干渉電力 [dBm] ㉑-㉒	-68.5	-73.3	-66.9	-68.4	-72.3	-74.3
㉓ 所要結合損 [dB] ㉑-㉒	86.1	96.1	87.7	84.0	93.1	95.1
自由空間モデルによる離隔距離 (F) [km]	0.38	1.20	0.46	0.30	0.85	1.07
離隔距離 平面大地モデルによる離隔距離 (P) [km]	3.78	6.72	4.14	3.35	4.27	5.36
離隔距離 最終離隔距離 [km] F<閾値の場合、離隔距離=F F>閾値の場合、離隔距離=P	0.38	1.20	0.46	0.30	0.85	1.07
閾値	37.58	37.58	37.58	37.58	21.47	26.84

○ 4K・8 K FPU（上り回線）からの与干渉

希望波：画像伝送携帯局 妨害波：4K・8K FPU(上り回線)	運用モデル1	運用モデル2	運用モデル3	運用モデル4	運用モデル5	運用モデル6
① 送信周波数 [GHz]	1.2815	1.2815	1.2815	1.2815	1.2815	1.2815
② 送信出力 [W]	25.0	25.0	25.0	25.0	0.5	0.5
③ 送信出力 [dBm]	44.0	44.0	44.0	44.0	27.0	27.0
④ 送信アンテナ	8素子八木	4段コリニア	2段コリニア	2段コリニア垂直	2段コリニア	2段コリニア
⑤ 送信アンテナ利得 [dBi]	12.0	7.2	5.2	0.0	5.2	5.2
⑥ 水平面指向特性	-10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑦ 垂直面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑧ 送信アンテナ高 [m]	3.5	3.5	3.5	3.5	2.0	2.5
⑨ 送信給電線損失 [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
⑩ 実効放射電力 [dBm] ③+⑤+⑧+⑦-⑨	44.5	49.7	47.7	42.5	30.7	30.7
⑪ 建物等による遮蔽損 [dB]	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
⑫ 壁等による減衰 [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑬ ビームフォーミング利得	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
⑭ 受信アンテナ利得 [dBi]	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
⑮ 水平面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑯ 垂直面指向特性	-25.0	-25.0	-25.0	-25.0	-25.0	-25.0
⑰ 受信アンテナ高 [m]	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
⑱ 受信給電線損失 [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
⑲ 与干渉量 [dBm] ⑩-⑪-⑫+⑬+⑭+⑮-	21.0	26.2	24.2	19.0	7.2	7.2
⑳ 送信信号帯域幅 [MHz]	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5
㉑ 受信信号帯域幅 [MHz]	6	6	6	6	6	6
㉒ 受信電力	-40	-40	-40	-40	-40	-40
㉓ DU比	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0
㉔ 許容干渉電力 [dBm/] ㉒-㉓	-56.5	-56.5	-56.5	-56.5	-56.5	-56.5
㉕ 所要結合損 [dB] ㉒-㉔	77.5	82.7	80.7	75.5	63.7	63.7
離隔距離						
自由空間モデルによる離隔距離 (F) [km]	0.14	0.26	0.20	0.11	0.03	0.03
平面大地モデルによる離隔距離 (P) [km]	0.30	0.41	0.36	0.27	0.10	0.12
最終離隔距離 [km] F<閾値の場合、離隔距離=F F>閾値の場合、離隔距離=P	0.14	0.26	0.20	0.11	0.03	0.03
閾値	0.66	0.66	0.66	0.66	0.38	0.47

○ 4K・8 K FPU（下り回線）からの与干渉

希望波：画像伝送携帯局 妨害波：4K・8K FPU(下り回線)	運用モデル1	運用モデル2	運用モデル3	運用モデル4	運用モデル5	運用モデル6
① 送信周波数 [GHz]	1.2815	1.2815	1.2815	1.2815	1.2815	1.2815
② 送信出力 [W]	25.0	25.0	25.0	25.0	0.5	0.5
③ 送信出力 [dBm]	44.0	44.0	44.0	44.0	27.0	27.0
④ 送信アンテナ	26素子八木	12素子八木	8素子八木	平面	12素子八木	8素子八木
⑤ 送信アンテナ利得 [dBi]	18.1	14.0	12.0	7.2	14.0	12.0
⑥ 水平面指向特性	-10.0	-10.0	-10.0	0.0	-10.0	-10.0
⑦ 垂直面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑧ 送信アンテナ高 [m]	40.0	10.0	10.0	300.0	3.5	3.5
⑨ 送信給電線損失 [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
⑩ 実効放射電力 [dBm] ③+⑤+⑧+⑦-⑨	50.6	46.5	44.5	49.7	29.5	27.5
⑪ 建物等による遮蔽損 [dB]	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
⑫ 壁等による減衰 [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑬ ビームフォーミング利得	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑭ 受信アンテナ利得 [dBi]	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
⑮ 水平面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑯ 垂直面指向特性	-25.0	-25.0	-25.0	0.0	-25.0	-25.0
⑰ 受信アンテナ高 [m]	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
⑱ 受信給電線損失 [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
⑲ 与干渉量 [dBm] ⑩-⑪-⑫+⑬+⑭+⑮-	21.1	17.0	15.0	45.2	0.0	-2.0
⑳ 送信信号帯域幅 [MHz]	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5
㉑ 受信信号帯域幅 [MHz]	6	6	6	6	6	6
㉒ 受信電力	-40	-40	-40	-40	-40	-40
㉓ DU比	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0
㉔ 許容干渉電力 [dBm/] ㉒-㉓	-56.5	-56.5	-56.5	-56.5	-56.5	-56.5
㉕ 所要結合損 [dB] ㉒-㉔	77.6	73.5	71.5	101.7	56.5	54.5
離隔距離						
自由空間モデルによる離隔距離 (F) [km]	0.14	0.09	0.07	2.27	0.01	0.01
平面大地モデルによる離隔距離 (P) [km]	1.03	0.41	0.36	11.31	0.09	0.08
最終離隔距離 [km] F<閾値の場合、離隔距離=F F>閾値の場合、離隔距離=P	0.14	0.09	0.07	2.27	0.01	0.01
閾値	7.52	1.88	1.88	56.36	0.66	0.66

アマチュア無線局との干渉検討

1 アマチュア無線局の概要

アマチュア無線局は 1.2GHz 帯では 1,260~1,300MHz が割り当てられており、このうちレピータ局、移動局、月面反射通信について、干渉検討を行った。

なお、アマチュア無線局は二次業務であることから、FPU の被干渉のみ検討を行った。

(1) アマチュア無線

ア アマチュア無線レピータ局の諸元

アマチュア無線レピータ局の諸元を表 14-1 に示す。1,270~1,273MHz 帯はアップリンクに、1,290~1,293MHz 帯はダウンリンクに使用されている。

表 14-1 アマチュア無線レピータ局の諸元

周波数	変調方式		占有周波数帯幅	出力
アップリンク 1,270~1,273MHz	アナログ方式		FM	40kHz 以下
ダウンリンク 1,290~1,293MHz	デジタル 方式	データ系	GMSK, QPSK	150kHz 以下
		音声系	4 値 FSK	6kHz 以下
				10W 以下 注

注 電波法関係審査基準の改正（平成 28 年）により、1.2GHz 帯アマチュア無線レピータ局の空中線電力については、最大 1W となった。既存局については、設備等の変更又は再免許までの間に対応することが求められている。

イ アマチュア無線レピータ局の免許局数

全国でアナログ方式、デジタル方式あわせて 407 局が運用されている。

ウ アマチュア無線の周波数関係

表 14-2 アマチュア無線レピータ局と 4 K・8 K 用 FPU との周波数関係

無線システム	使用周波数 (MHz)	周波数関係
レピータ局 アップリンク ダウンリンク	1,270~1,273 1,290~1,293	二次利用周波数共用 被干渉
1.2GHz 帯 FPU	1,240~1,300	

エ アマチュア無線レピータ局の送信アンテナ

レピータの送信アンテナは、状況により各種のアンテナが使用されており、また、複数のアンテナを組み合わせて使用している場合もある。今回

の検討では、アマチュア無線がレピータ局にアクセスしやすい無指向性アンテナとして2段コーリニアを用いる場合を想定して、検討を行った。

(2) 1.2GHz 帯アマチュア無線局 (FM)

ア 1.2GHz 帯アマチュア無線局 (FM) の諸元

1.2GHz 帯アマチュア無線局 (FM) の諸元を表 14-3 に示す。空中線電力については 10W 以下であるが、移動して運用する場合は 1W 以下となっている。

表 14-3 1.2GHz 帯アマチュア無線局 (FM) の諸元

周波数 (MHz)	変調方式	出力 (W)	占有周波数帯幅 (kHz)
1260-1300	FM	固定局 : 10 移動局 : 1	F1D : 2 F2D : 3 F3E : 40

イ 送信アンテナ

1.2GHz 帯アマチュア無線用アンテナについて、移動用として使用される代表的なアンテナの諸元を表 14-4 に示す。

表 14-4 1.2GHz 帯アマチュア移動無線用の代表的なアンテナ

用途	長さ (cm)	周波数 (MHz)	形式	利得 (dBi)
ハンディ	4.5	144/430/1200	1/4λ 単一型	—
	15	144/430/1200	1/2λ 単一型	2.15
	50	50/144/430/1200	5/8λ 2 段単一型	5.5

(3) 月面反射通信 (以下、EME : Earth-Moon-Earth)

ア EME の諸元

月に向かって電波を輻射し、月面からの反射を利用して地上局同士で通話する通信方式である。月までの距離が約 38 万 km あり、伝搬減衰が大きいため、大電力送信機、高利得アンテナ及び高感度受信機を必要とする。

① 送信周波数と空中線出力

- ・アマチュア無線周波数帯：50/144/430/1200 (1295.80-1296.80MHz)、2400/5600MHz、10.4GHz
- ・空中線電力：最大空中線電力は、月面反射通信を行う場合に限り 500W とし、10W を超える空中線電力を指定する場合は、「10W を超える空中線電力の使用は、月面反射通信を行う場合に限る。」旨の付款が付される。

② 送信空中線の輻射方向

「月面反射通信を行う場合は、送信空中線の最大輻射方向の仰角は、水平面からの見通し範囲内の山岳及び建物等の仰角の値に 6 度以上加えた

値とする。」旨の付款が付される。

イ 1200MHz 帯 EME の局数

全国は、全国で約 50 局が運用されている。

ウ EME の送信アンテナ

パラボラアンテナ、多スタック多素子八木アンテナが使用される。

2 FPU 被干渉検討

アマチュア無線局から 4 K・8 K用 FPU 上り回線への干渉については、室内実験を実施して所要 D/U を求めた。アマチュア無線局から 4 K・8 K用 FPU 下り回線への干渉については、放送システム委員会報告（平成 25 年 1 月 25 日）における所要 D/U を引用した。

(1) アマチュア無線局レピータ局から 4 K・8 K用 FPU（上り回線）への干渉

4 K・8 K用 FPU（上り回線）を希望波、アマチュア無線局を妨害波とし、同一帯域で共用した場合について、所要 D/U の測定を行った。

FPU 受信機入力レベルを標準受信電力（-57dBm）となるよう FPU 送信機の送信出力を調整し、アマチュア無線局の送信レベルを可変して 4 K・8 K用 FPU の受信 BER=2×10⁻⁴ となる D/U を測定した。

- ・表 14-5 に測定諸元及び希望波と妨害波の周波数配置を示す。

表 14-5 測定諸元

項目	希望波 (FPU)	妨害波 (アナログ方式)	妨害波 (デジタル方式)
周波数	1288MHz	1290MHz	1290MHz
送信電力	25W	—	—
受信電力	-57dBm	—	—
変調方式	4x4 SVD-MIMO	FM	QPSK
占有帯域幅	17.5MHz	40kHz	6kHz

- ・ 2.3GHz 帯機材を使用して実験したため、FPU の中心周波数は 2359MHz とし、妨害波については 1.2GHz 帯での周波数に 1071MHz を加算設定した。
- ・ 妨害波の発生には信号発生器を用いた。アナログ方式アマチュア無線局の信号として、占有帯域幅 40kHz の FM 信号、デジタル方式として占有帯域幅が 6kHz の QPSK 信号を用いた。
- ・ 妨害波周波数はアマチュア無線レピータ局（1290～1293MHz）の周波数であるが、ここで得られた所要 D/U は、移動局（1294.90～1295.80MHz）、月面反射局（1295.80～1296.20MHz）の離隔距離の計算にも用いる。
- ・ アナログ方式について、D/U と 4 K・8 K用 FPU の受信 BER の測定結果を図 14-1 に示す。

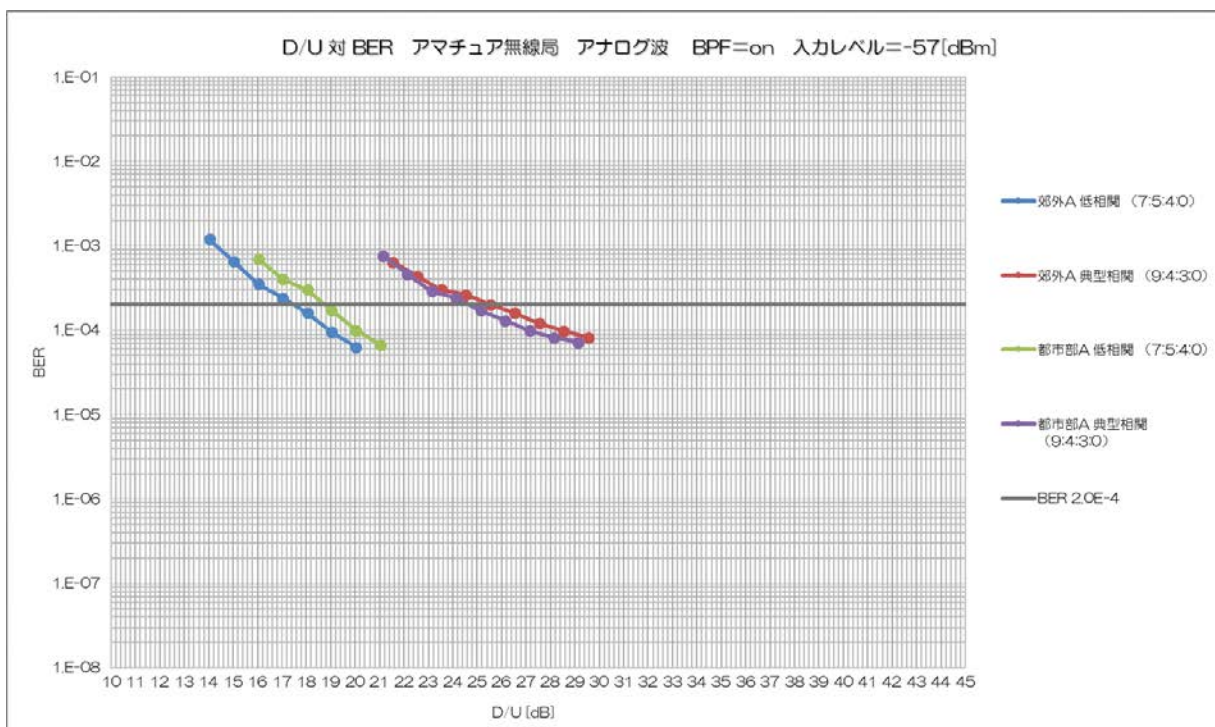


図 14-1 アナログ方式アマチュア無線局からの被干渉における D/U 対 BER

- ・ 図 14-1 の測定結果から、各伝搬モデルにおける 4 K・8 K 用 FPU（上り回線）に対する所要 D/U を表 14-6 に示す。

表 14-6 各モデルにおける 4 K・8 K 用 FPU（上り回線）に対する所要 D/U

伝搬モデル	希望波周波数	妨害波周波数	所要 D/U BPFon
郊外 A 低相関	1288 MHz	1290 MHz	17.5 dB
郊外 A 典型相関	1288 MHz	1290 MHz	25.5 dB
都市部 A 低相関	1288 MHz	1290 MHz	18.8 dB
都市部 A 典型相関	1288 MHz	1290 MHz	24.7 dB

- ・ デジタル方式について、D/U と 4 K・8 K 用 FPU の受信 BER の測定結果を図 14-2 に示す。

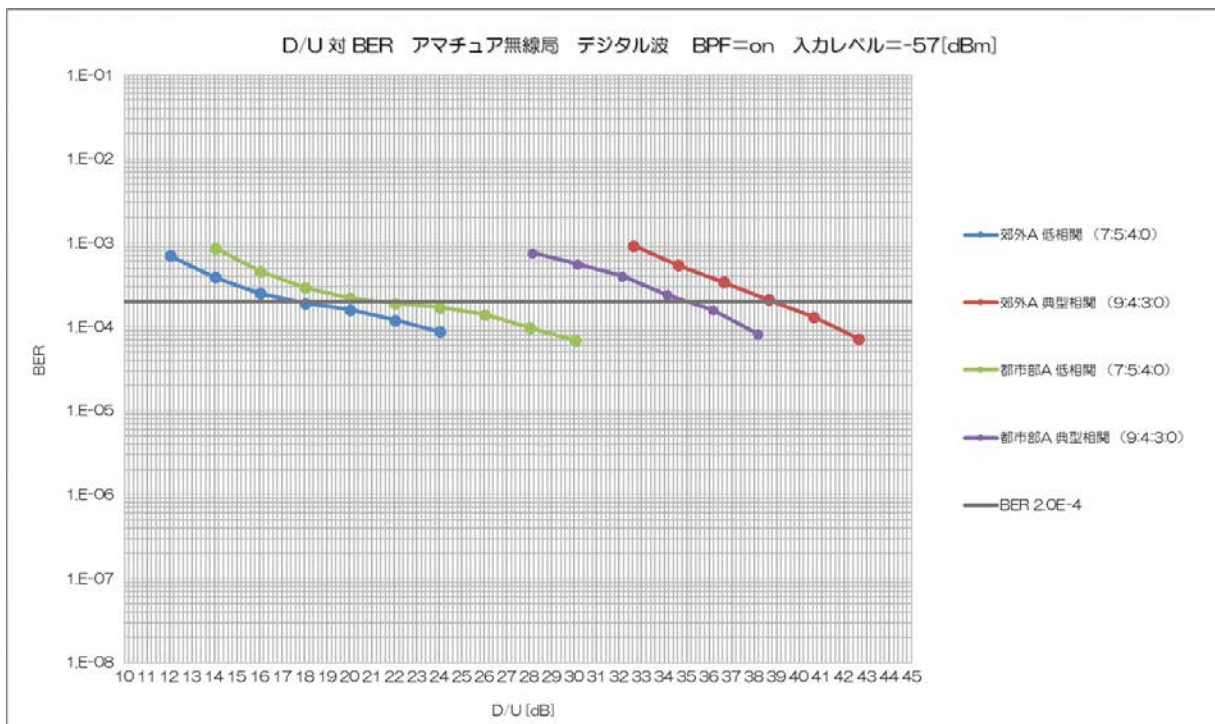


図 14-2 デジタル方式アマチュア無線局からの被干渉における D/U 対 BER

・図 14-2 の測定結果から各伝搬モデルにおける所要 D/U を表 14-7 に示す。

表 14-7 各モデルにおける所要 D/U と離隔距離

伝搬モデル	希望波周波数	妨害波周波数	所要 D/U BPFon
郊外 A 低相関	1288 MHz	1290 MHz	17.6 dB
郊外 A 典型相関	1288 MHz	1290 MHz	38.9 dB
都市部 A 低相関	1288 MHz	1290 MHz	21.4 dB
都市部 A 典型相関	1288 MHz	1290 MHz	35.0 dB

(2) アマチュア無線局レピータ局から 4 K・8 K 用 FPU (下り回線) への干渉
 4 K・8 K 用 FPU (下り回線) では、伝送方式として、現行 FPU と同じ STTC-MIMO 方式を用いている。そのため、放送システム委員会報告 (平成 25 年 1 月 25 日) に記載されている所要 D/U を引用する。

ただし、4 K・8 K 用 FPU については、受信アンテナが 2 本から 4 本に増えたことによるブランチ合成利得の増分 3dB を勘案した補正値を所要 D/U とした。

表 14-8 4 K・8 K 用 FPU (下り回線) に対する所要 D/U

妨害波	所要 DU 比 [dB]	
	放送システム委員会報告 (平成 25 年 1 月 25 日) に記載の値	補正後の値
アナログ方式	-6	-9
デジタル方式	0	-3

3 4 K・8 K用 FPU への干渉評価（離隔距離の計算）

(1) 干渉モデル

4 K・8 K用 FPU の運用モデルにもとづいて設定した被干渉モデルを図 14-3 に示す。それぞれ、4 K・8 K用 FPU の上り回線と下り回線との干渉について、離隔距離を計算する。離隔距離の計算は、運用モデル（6 種類）、伝搬モデル（4 種類）の全ての組合せについて実施した。

なお、図 14-3 はアマチュア無線局がレピータ局の場合であるが、移動局、月面反射局についても同じである。

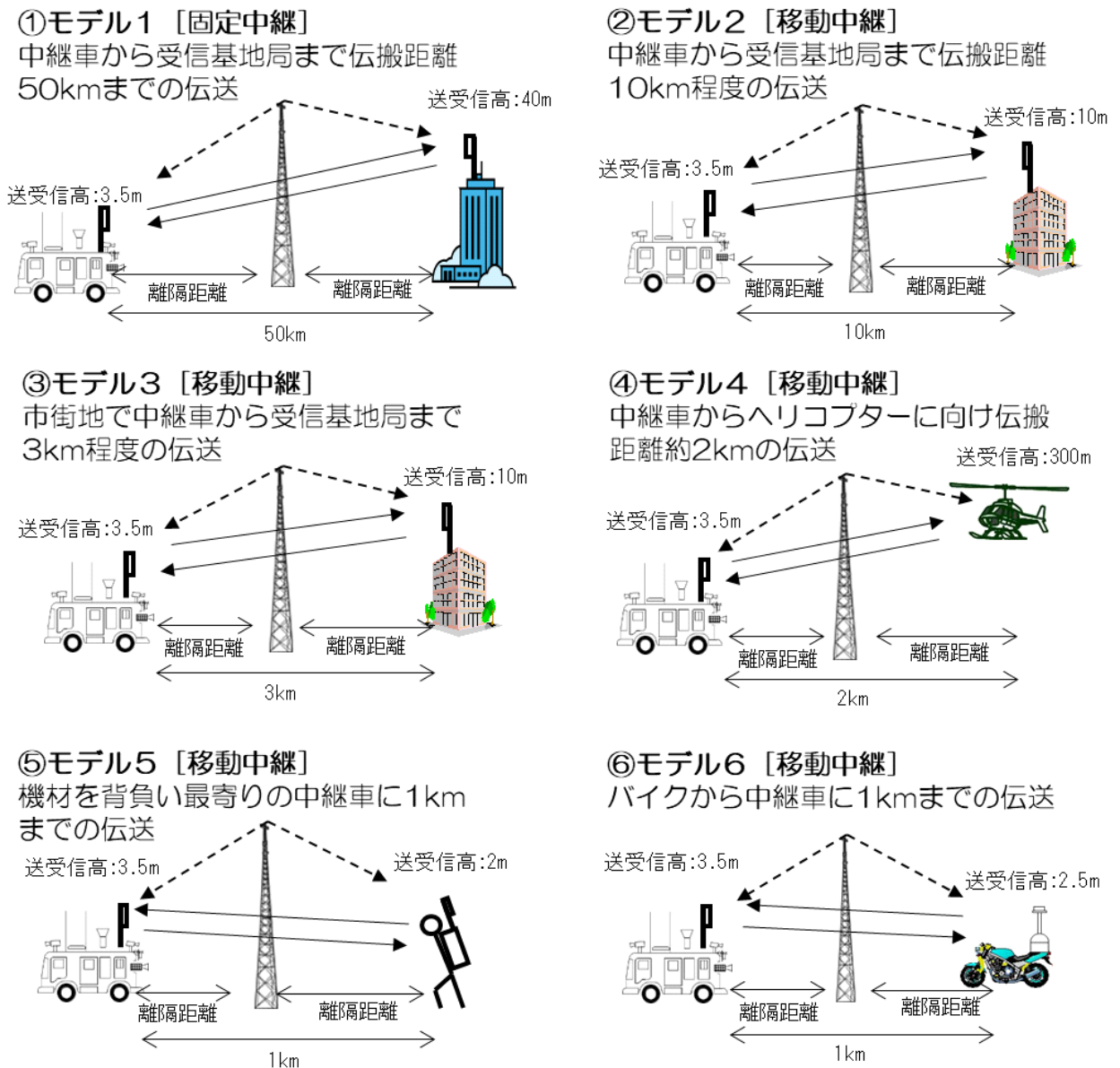


図 14-3 アマチュア無線局から 4 K・8 K用 FPU への干渉モデル

(2) レピータ局からの干渉に係る離隔距離

① 4 K・8 K用 FPU（上り回線）への干渉

離隔距離の計算にあたって下記の事項を考慮した。

- ・ 4 K・8 K用 FPU（上り回線）の受信電力は回線設計例から計算し受信電力に所要 D/U を加味して、干渉許容電力とした。
- ・ レピータ局の送信出力は 10W、送信アンテナ利得は 5.2dBi、送信アンテナ高は 40m、送信給電線損失は 9dB とした。これに FPU 受信アンテナの利得と給電線損失を加え、建物等の遮蔽損を考慮したものを FPU の与干渉電力とした。デジタル方式の場合は送信出力 1W についても検討した。
- ・ 運用モデル 4 以外では、建物等による遮蔽損を 15dB とした。
- ・ 運用モデル 4 以外では、4 K・8 K用 FPU（上り回線）の受信に多素子八木アンテナを用いているので、水平面指向性による妨害波の減衰-10dB を考慮した。
- ・ この与干渉電力が FPU の D/U 基準による干渉許容電力を下回るための所要結合損を求め、離隔距離を算出した。

(a) アナログ方式（10W）

4 K・8 K用 FPU の上り回線にアマチュア無線アナログレピータ局が妨害を与える場合の離隔距離の計算結果を表 14-9 に示す。運用モデル 4（ヘリコプターとの通信）では、建物等による減衰、受信アンテナの指向性を考慮していないため、離隔距離が大きくなっている。伝搬モデルによる違いを見ると、典型相関より低相関の場合の離隔距離が小さく、郊外 A 低相関の場合の離隔距離が最も小さい。比較のために現行 FPU の離隔距離を表 14-10 に示す。

表 14-9 アマチュア無線アナログレピータ局の離隔距離（FPU 上り回線・被干渉）

伝搬モデル	希望波周波数 [MHz]	妨害波周波数 [MHz]	所要 D/U [dB] BPFon	離隔距離 [km]					
				運用モデル 1	運用モデル 2	運用モデル 3	運用モデル 4	運用モデル 5	運用モデル 6
郊外 A 低相関	1288	1290	17.5	4.56	4.95	1.88	22.88	4.41	4.41
郊外 A 典型相関	1288	1290	25.5	11.47	12.43	4.73	57.47	9.15	9.15
都市部 A 低相関	1288	1290	18.8	5.30	5.75	2.18	26.57	5.12	5.12
都市部 A 典型相関	1288	1290	24.7	10.46	11.33	4.31	52.41	8.74	8.74

表 14-10 (参考) 現行 FPU に対する所要 D/U と離隔距離

妨害波	現行 FPU 変調方式	所要 D/U[dB] BPFon	離隔距離 [km]					
			運用 モデル 1	運用 モデル 2	運用 モデル 3	運用 モデル 4	運用 モデル 5	運用 モデル 6
アナログレ ピータ局	16QAM	-6	0.30	0.33	0.11	1.50	0.29	0.92

(b) デジタル方式 (10W)

4 K・8 K用 FPU 上り回線にアマチュア無線デジタルレピータ局 (10W) が妨害を与えた場合の離隔距離の計算結果を表 14-11 に示す。運用モデル 4 (ヘリコプターとの通信) では、建物等による減衰、受信アンテナの指向性を考慮していないため、離隔距離が大きくなっている。伝搬モデルによる違いを見ると、郊外 A 低相関の場合の離隔距離が最も小さい。比較のために現行 FPU の離隔距離を表 14-12 に示す。この表で、運用モデル 6 が他のモデルと比べて離隔距離が大きいのは、受信アンテナに無指向性の 2 段コーリニアを用いているためである。

表 14-11 アマチュア無線デジタルレピータ局 (10W) の離隔距離 (FPU 上り回線・被干渉)

伝搬 モデル	希望波 周波数 [MHz]	妨害波 周波数 [MHz]	所要 D/U[dB] BPFon	離隔距離 [km]					
				運用 モデル 1	運用 モデル 2	運用 モデル 3	運用 モデル 4	運用 モデル 5	運用 モデル 6
郊外 A 低相関	1288	1290	17.6	4.62	5.01	1.90	23.14	4.46	4.46
郊外 A 典 型相関	1288	1290	38.9	53.63	35.45	21.86	266.79	19.80	19.80
都市部 A 低相関	1288	1290	21.4	7.15	7.75	2.95	35.84	6.91	6.91
都市部 A 典型相関	1288	1290	35.0	34.23	28.32	14.11	171.56	15.82	15.82

表 14-12 (参考) 現行 FPU に対する所要 D/U と離隔距離

妨害波	現行 FPU 変調方式	所要 D/U[dB] BPFon	離隔距離 [km]					
			運用 モデル 1	運用 モデル 2	運用 モデル 3	運用 モデル 4	運用 モデル 5	運用 モデル 6
デジタル・レ ピータ局 10W	16QAM	0	0.61	0.65	0.22	2.99	0.58	1.84

(c) デジタル方式 (1W)

4 K・8 K用 FPU 上り回線にアマチュア無線デジタルレピータ局

(1W) が妨害を与えた場合の離隔距離の計算結果を表 14-13 に示す。運用モデル 4 (ヘリコプターとの通信) では、建物等による減衰、受信アンテナの指向性を考慮していないため、離隔距離が大きくなっている。伝搬モデルによる違いを見ると郊外 A 低相関の場合の離隔距離が最も小さい。比較のために現行 FPU の離隔距離を表 14-14 に示す。

表 14-13 アマチュア無線デジタルレピータ局 (1W) の離隔距離 (FPU 上り回線・被干渉)

伝搬モデル	希望波周波数 [MHz]	妨害波周波数 [MHz]	所要 D/U [dB] BPFon	離隔距離 [km]					
				運用モデル 1	運用モデル 2	運用モデル 3	運用モデル 4	運用モデル 5	運用モデル 6
郊外 A 低相関	1288	1290	17.6	1.46	1.58	0.60	7.32	1.41	1.41
郊外 A 典型相関	1288	1290	38.9	16.96	18.38	6.99	85.00	11.13	11.13
都市部 A 低相関	1288	1290	21.4	2.26	2.45	0.93	11.33	2.18	2.18
都市部 A 典型相関	1288	1290	35.0	10.82	11.73	4.46	54.25	8.89	8.89

表 14-14 (参考) 現行 FPU に対する所要 D/U と離隔距離

妨害波	現行 FPU 変調方式	所要 D/U [dB] BPFon	離隔距離 [km]					
			運用モデル 1	運用モデル 2	運用モデル 3	運用モデル 4	運用モデル 5	運用モデル 6
デジタル・レピータ局 1W	16QAM	0	0.19	0.21	0.07	0.94	0.18	0.58

(3) 4K・8K用 FPU (下り回線) への干渉 (離隔距離の計算)

離隔距離の計算にあたって下記の事項を考慮した。

- ・ 4K・8K用 FPU (下り回線) の受信電力は回線設計例から計算し、受信電力に所要 D/U を加味して干渉許容電力とした。
- ・ レピータ局の送信出力は 10W、送信アンテナ利得は 5.2dBi、送信アンテナ高は 40m、送信給電線損失は 9dB とした。これに FPU 受信アンテナの利得と給電線損失を加え、建物等の遮蔽損を考慮したものを FPU の与干渉電力とした。デジタル方式の場合は送信出力 1W についても検討した。
- ・ 建物等による遮蔽損を 15dB とした。
- ・ 4K・8K用 FPU (下り回線) の受信アンテナに 8 素子八木を用いている運用モデル 1 では、水平面指向性による妨害波の減衰-10dB を考慮する。
- ・ この与干渉電力が FPU の D/U 基準による干渉許容電力を下回るための所要結合損を求め、離隔距離を算出した。
- ・ 4K・8K用 FPU 下り回線にアマチュア無線アナログレピータ局が妨害を

与える場合の離隔距離の計算結果を表 14-15 に示す。上り回線の場合と比べると、所要 D/U が小さく、離隔距離も最大で 0.68 Km となった。

表 14-15 アマチュア無線レピータ局の離隔距離 (FPU 下り回線・被干渉)

妨害波 (レピータ局)	所要 D/U[dB]	運用モデル 1	運用モデル 2	運用モデル 3	運用モデル 4	運用モデル 5	運用モデル 6
アナログ (10W)	-9	0.11	0.34	0.13	0.08	0.24	0.30
デジタル (10W)	-3	0.21	0.68	0.26	0.17	0.48	0.60
デジタル (1W)	-3	0.07	0.21	0.08	0.05	0.15	0.19

(4) 移動局からの干渉 (離隔距離の計算)

① 4 K・8 K 用 FPU (上り回線) への干渉

離隔距離の計算にあたって下記の事項を考慮した。

- ・ 4 K・8 K 用 FPU (上り回線) の受信電力は回線設計例から計算し、受信電力に所要 D/U を加味して干渉許容電力とした。
- ・ 移動局の送信出力は 1W、送信アンテナ利得は 2.1dBi、送信アンテナ高は 2m、送信給電線損失は 1.4dB とした。これに FPU 受信アンテナの利得と給電線損失を加え、建物等の遮蔽損を考慮したものを FPU の与干渉電力とした。
- ・ 建物等による遮蔽損を 15dB とした。
- ・ 4 K・8 K 用 FPU (上り回線) の受信アンテナに多素子八木を用いている運用モデル 1、2、3、5、6 では、水平面指向性による妨害波の減衰-10dB を考慮する。
- ・ この与干渉電力が FPU の D/U 基準による干渉許容電力を下回るための所要結合損を求め、離隔距離を算出した。
- ・ 移動局としてアナログ方式、デジタル方式について、離隔距離の計算結果を示す。

(a) アナログ方式

4 K・8 K 用 FPU 上り回線にアマチュア無線アナログ移動局が妨害を与えた場合の離隔距離の計算結果を表 14-16 に示す。伝搬モデルによる違いを見ると、郊外 A 低相関の場合の離隔距離が最も小さい。比較のために現行 FPU の離隔距離を表 14-17 に示す。

表 14-16 アマチュア無線アナログ移動局の離隔距離（FPU 上り回線）

伝搬モデル	希望波周波数 [MHz]	妨害波周波数 [MHz]	所要 D/U [dB] BPFon	離隔距離 [km]					
				運用モデル 1	運用モデル 2	運用モデル 3	運用モデル 4	運用モデル 5	運用モデル 6
郊外 A 低相関	1291	1295	17.5	2.41	1.46	0.90	2.15	0.81	0.81
郊外 A 典型相関	1291	1295	25.5	4.44	2.31	1.43	5.40	1.29	1.29
都市部 A 低相関	1291	1295	18.8	2.80	1.57	0.97	2.50	0.88	0.88
都市部 A 典型相関	1291	1295	24.7	4.24	2.21	1.36	4.93	1.23	1.23

表 14-17（参考）現行 FPU に対する所要 D/U と離隔距離

妨害波	現行 FPU 変調方式	所要 D/U [dB] BPFon	離隔距離 [km]					
			運用モデル 1	運用モデル 2	運用モデル 3	運用モデル 4	運用モデル 5	運用モデル 6
アナログ・移動局	16QAM	-6	0.16	0.17	0.06	0.14	0.15	0.37

(b) デジタル方式

4 K・8 K用 FPU 上り回線にアマチュア無線デジタル移動局が妨害を与えた場合の離隔距離の計算結果を表 14-18 に示す。伝搬モデルによる違いを見ると、やはり郊外 A 低相関の場合の離隔距離が最も小さい。比較のために現行 FPU の離隔距離を表 14-19 に示す。

表 14-18 アマチュア無線デジタル移動局の離隔距離（FPU 上り回線）

伝搬モデル	希望波周波数 [MHz]	妨害波周波数 [MHz]	所要 D/U [dB] BPFon	離隔距離 [km]					
				運用モデル 1	運用モデル 2	運用モデル 3	運用モデル 4	運用モデル 5	運用モデル 6
郊外 A 低相関	1291	1295	17.60	2.44	1.47	0.90	2.18	0.82	0.82
郊外 A 典型相関	1291	1295	38.90	9.61	5.00	3.08	24.84	2.79	2.79
都市部 A 低相関	1291	1295	21.40	3.51	1.83	1.13	3.37	1.02	1.02
都市部 A 典型相関	1291	1295	35.00	7.68	4.00	2.46	16.13	2.23	2.23

表 14-19 (参考) 現行 FPU に対する所要 D/U と離隔距離

妨害波	現行 FPU 変調方式	所要 D/U[dB] BPFon	離隔距離 [km]					
			運用 モデル 1	運用 モデル 2	運用 モデル 3	運用 モデル 4	運用 モデル 5	運用 モデル 6
デジタル移 動局	16QAM	0	0.32	0.34	0.12	0.28	0.30	0.53

② 4 K・8 K用 FPU (下り回線) への干渉

離隔距離の計算にあたって下記の事項を考慮した。

- ・ 4 K・8 K用 FPU (上り回線) の受信電力は回線設計例から計算し、受信電力に所要 D/U を加味して干渉許容電力とした。
- ・ 移動局の送信出力は 1W、送信アンテナ利得は 2.1dBi、送信アンテナ高は 2m、送信給電線損失は 1.4dB とした。これに FPU 受信アンテナの利得と給電線損失を加え、建物等の遮蔽損を考慮したものを FPU の与干渉電力とした。
- ・ 建物等による遮蔽損を 15dB とした。
- ・ 4 K・8 K用 FPU (上り回線) の受信アンテナに 8 素子八木を用いている運用モデル 1 では、水平面指向性による妨害波の減衰-10dB を考慮する。
- ・ この与干渉電力が FPU の D/U 基準による干渉許容電力を下回るための所要結合損を求め、離隔距離を算出した。
- ・ 4 K・8 K用 FPU 下り回線にアマチュア無線アナログ/デジタル移動局が妨害を与える場合の離隔距離の計算結果を表 14-20 に示す。上り回線の場合と比べると、所要 D/U が小さく、離隔距離も最大で 0.36km である。

表 14-20 アマチュア無線アナログ/デジタル移動局の離隔距離 (FPU 下り回線)

妨害波	所要 D/U[dB]	運用 モデル 1	運用 モデル 2	運用 モデル 3	運用 モデル 4	運用 モデル 5	運用 モデル 6
アナログ 移動局	-9	0.06	0.18	0.07	0.04	0.13	0.16
デジタル 移動局	-3	0.11	0.36	0.14	0.09	0.23	0.29

(5) 月面反射局からの干渉 (離隔距離の計算)

① 4 K・8 K用 FPU (上り回線) への干渉

離隔距離の計算にあたって下記の事項を考慮した。

- ・ 放送システム委員会報告 (平成 25 年 1 月 25 日) では、アナログ方式の運用モデル 2 のみを検討対象としており、前提を踏襲する。
- ・ 4 K・8 K用 FPU (上り回線) の受信電力は第 4 章の回線設計例から計算し、受信電力に所要 D/U を加味して干渉許容電力とした。

- ・月面地球局の送信出力は 500W、送信アンテナは 26 素子八木アンテナ× 4（利得：24dBi、垂直面指向性：-26dB）と 4mφ パラボラアンテナ（利得：32dBi、垂直面指向性：-35dB）の 2 種類、送信アンテナ高は 20m、送信給電線損失は 9dB とした。これに FPU 受信アンテナの利得と給電線損失を加え、建物等の遮蔽損を考慮したものを FPU の与干渉電力とした。
- ・ 4 K・8 K用 FPU（上り回線）の運用モデル 2 では受信アンテナに 12 素子八木を用いているため、水平面指向性による-10dB、垂直面指向性-1dB を考慮する。
- ・ この与干渉電力が FPU の D/U 基準による干渉許容電力を下回るための所要結合損を求め、離隔距離を算出した。
- ・ 4 K・8 K用 FPU 上り回線にアマチュア無線アナログ月面地球局が妨害を与える場合の離隔距離の計算結果を表 14-21 に示す。伝搬モデルによる違いを見ると、郊外 A 低相関の場合の離隔距離が最も小さい。比較のために現行 FPU の離隔距離を表 14-22 に示す。4 K・8 K用 FPU の所要 D/U が大きく、離隔距離も 10 倍以上に拡大している。

表 14-21 アマチュア無線アナログ月面反射局の離隔距離（FPU 上り回線）

伝搬モデル	希望波の周波数 [MHz]	妨害波の周波数 [MHz]	所要 D/U[dB] BPFon	運用モデル 2 での離隔距離 [km]	
				26 素子八木 x4	パラボラ (4mφ)
郊外 A 低相関	1291	1296	17.5	12.13	11.45
郊外 A 典型相関	1291	1296	25.5	19.22	18.15
都市部 A 低相関	1291	1296	18.8	13.07	12.34
郊外 A 典型相関	1291	1296	24.7	18.36	17.33

表 14-22（参考）現行 FPU に対する所要 D/U と離隔距離

妨害波	現行 FPU 変調方式	所要 D/U[dB] BPFon	離隔距離 [km]	
			八木 26 素子 × 4	パラボラ (4mφ)
アナログ・月面反射局	16QAM	-6	0.9	0.8

② 4 K・8 K用 FPU（下り回線）への干渉

離隔距離の計算にあたって下記の事項を考慮した。

- ・ 放送システム委員会報告（平成 25 年 1 月 25 日）では、アナログ方式の運用モデル 2 のみを検討対象としており、前提を踏襲する。
- ・ 4 K・8 K用 FPU（下り回線）の受信電力は第 4 章の回線設計例から計算し、受信電力に所要 D/U を加味して干渉許容電力とした。
- ・ 月面地球局の送信出力は 500W、送信アンテナは 26 素子八木アンテナ× 4（利得：24dBi、垂直面指向性：-26dB）と 4mφ パラボラアンテナ（利得：

32dBi、垂直面指向性：-35dB) の 2 種類、送信アンテナ高は 20m、送信給電線損失は 9dB とした。これに FPU 受信アンテナの利得と給電線損失を加え、建物等の遮蔽損を考慮したものを FPU の与干渉電力とした。

- ・建物等による遮蔽損を 15dB とした。
- ・4 K・8 K用 FPU (下り回線) の運用モデル 2 では受信アンテナに 12 素子八木を用いているでは、水平面指向性による-10dB、垂直面指向性-1dB を考慮する。
- ・この与干渉電力が FPU の D/U 基準による干渉許容電力を下回るための所要結合損を出し、離隔距離を算出した。
- ・FPU の帯域内でアマチュア無線アナログ月面反射局が妨害を与える場合の離隔距離の計算結果を表 14-23 に示す。表 14-22 の現行 FPU の場合と比べると、所要 D/U が小さく、離隔距離も小さい。

表 14-23 アマチュア無線アナログ月面反射局の離隔距離 (FPU 下り回線)

妨害波	所要 D/U[dB]	運用モデル 3	
		26 素子八木 x4	パラボラ (4mφ)
アナログ 月面反射局	-9	0.72	0.64

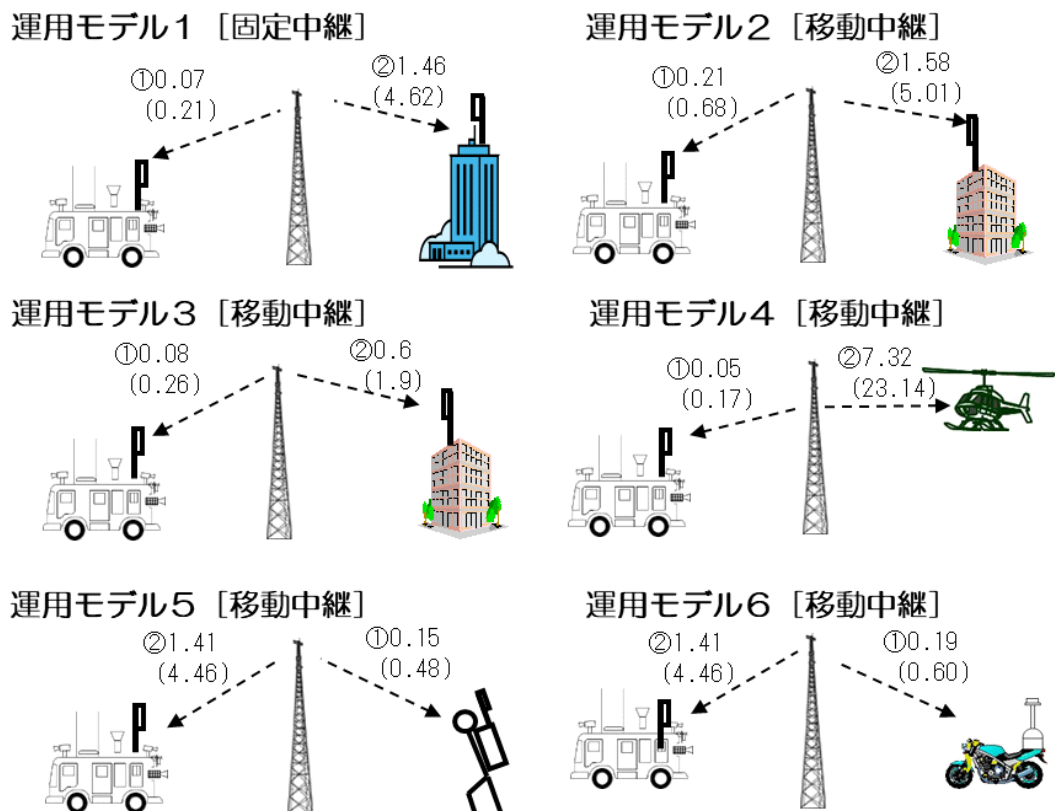
5 考察

離隔距離について、レピータ局を図 14-4 に、移動局を図 14-5 に示す。図中の点線矢印は干渉を与える方向であり、数値は離隔距離 (km) を示している。

丸数字の後の A (B) は、A がデジタル 1W の場合の離隔距離、B は図 14-4 ではデジタル 10W、図 14-5 ではアナログ 1W の場合の離隔距離である。運用モデル 5、6 では、中継車が基地局となっている。

(1) アマチュア無線・レピータ局

図 14-4 の①下り回線への干渉において、離隔距離はデジタル 1W の場合で 0.05~0.21km である。デジタル 10W でも 0.21~0.68 Km である。アナログ 10W の離隔距離はデジタル 10W とほぼ同じであった。離隔距離は比較的小さいのは、下り回線が STTC-MIMO 方式を用いているためである。



図中の①と②は、

① 4 K・8 K用 FPU（下り回線）被干渉

② 4 K・8 K用 FPU（上り回線）被干渉

また、上記の②については、郊外 A 低相関の離隔距離を記載している。

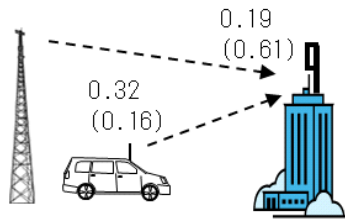
図 14-4 4 K・8 K用 FPU とアマチュア無線レピータ局との離隔距離 (km)
(2 つの数字 : デジタル 1W(デジタル 10W))

①下り回線への干渉において、離隔距離はデジタル 1W の場合で 0.05～0.21km である。デジタル 10W でも 0.21～0.68 Km である。アナログ 10W の離隔距離はデジタル 10W とほぼ同じであった。

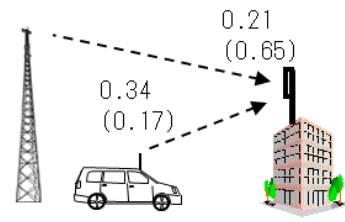
②上り回線ではデジタル 10W の場合と運用モデル 4 の場合に離隔距離が 7.32km と大きくなっている。デジタルについては送信出力が 10W から 1W への移行が完了すれば、干渉の範囲も小さくなるのが期待できる。また、運用モデル 4 は移動局からヘリコプターへの伝送であり、建物等による遮蔽や受信アンテナの指向性が考慮されておらず、離隔距離が大きくなっている。

比較のために、図 14-6 に現行 FPU での離隔距離を示す。離隔距離はデジタル 1W の場合であり、() 内はレピータ局ではデジタル 10W、移動局ではアナログ 1W の場合の離隔距離である。

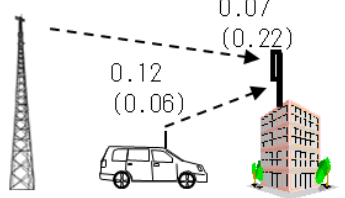
運用モデル1 [固定中継]



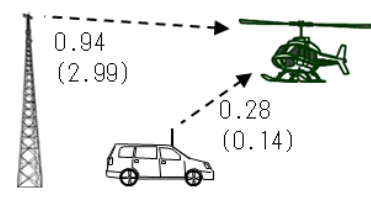
運用モデル2 [移動中継]



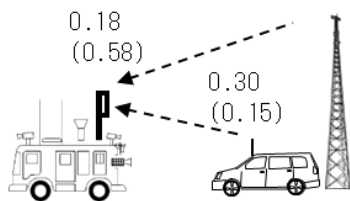
運用モデル3 [移動中継]



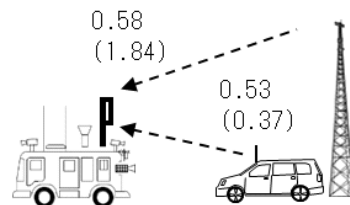
運用モデル4 [移動中継]



運用モデル5 [移動中継]



運用モデル6 [移動中継]



(レピータ局 : デジタル 1W(デジタル(10W))

(移動局 : デジタル 1W(アナログ(1W))

図 14-6 (参考) 現行 FPU とアマチュア無線移動局との離隔距離 (km)

(2) アマチュア無線・移動局

図 14-5 の①下り回線への干渉において、離隔距離はデジタル 1W の場合で 0.09~0.36km であり、図 14-6 の現行 FPU と同程度である。

②上り回線の離隔距離については、デジタル 1W の場合で 0.82~2.44km である。図 14-6 の現行 FPU と比べると 2 倍程度に離隔距離が拡大している。

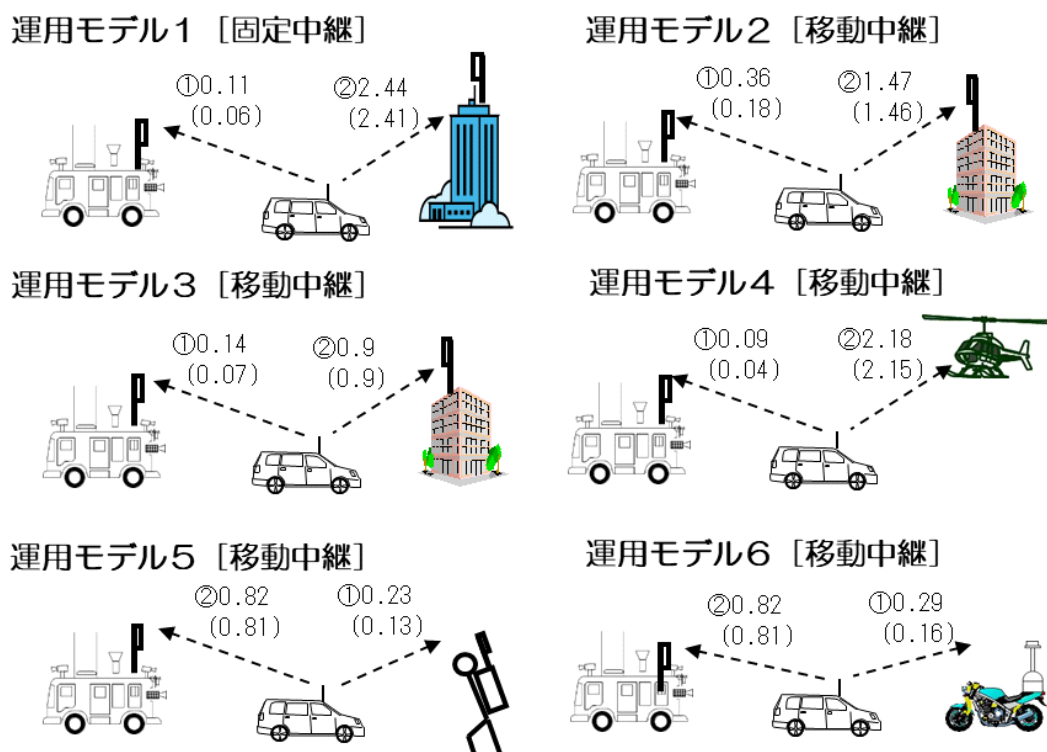


図 14-5 4 K・8 K用 FPU とアマチュア無線移動局との離隔距離 (km)
 (2 つの数字 : デジタル 1W(アナログ 1W))

(3) アマチュア無線・月面地球局

図 14-7 に運用モデル 2 の月面地球局からの干渉について、離隔距離を示す。表 14-21 から郊外 A 低相関の離隔距離を記載している。離隔距離は月面地球局の送信アンテナが 26 素子八木×4 の場合であり、()内は 4mφ パラボラの場合である。

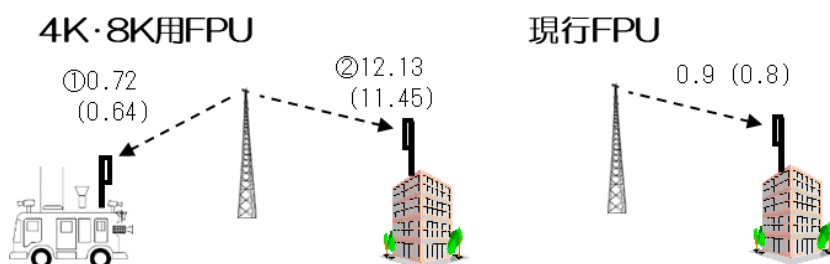


図 14-7 4 K・8 K用 FPU とアマチュア無線月面地球局との離隔距離 (km)
 (2 つの数字 : 26 素子八木×4(4mφ パラボラ))

図中の②4K・8 K用 FPU の上り回線は所要 D/U が大きく、離隔距離も拡大している。

6 まとめ

(1) アマチュア無線・レピータ局

アマチュア無線のレピータ局は、予めその設置場所を特定することが可能である。ロードレース中継コース近傍などにレピータ局が存在し影響が予想される場合は、FPU への干渉を避けるため、従来と同じように、一般社団法人日本アマチュア無線連盟などを通じて、レピータ局の運用担当者に影響時間帯の運用調整の要請を行う。

運用調整が十分行えなかった場合には放送事業者は受信アンテナ操作などにより干渉を軽減する対策を行うことができる。

このように干渉を軽減する措置が可能であることから、FPU とアマチュア無線レピータ局との共用は、引き続き、可能と考えられる。

(2) アマチュア無線・移動局

FPU 移動中継局への干渉は現行 FPU と同程度である。これに対しては、基地局の空中線の指向方向の管理を徹底することにより干渉を防ぐことが可能である。また、FPU 受信基地局の近傍でのアマチュア移動局の使用を回避するよう対策を行うことで干渉を軽減することが可能であり、無線局の運用を事前に防ぐため運用情報を周知することが望ましいと考えられる。

(3) アマチュア無線・月面反射通信 (EME)

月面反射通信はレピータ局と同様に予めその設置場所を特定することが可能である。ロードレース中継コース近傍などに存在し、影響が予想される場合は、一般社団法人日本アマチュア無線連盟などを通じて、EME の運用担当者に影響時間帯の運用調整を要請する。

なお、運用調整が十分行えなかった場合は、月面反射通信が非常に指向性の高いアンテナが使用されていることから、放送事業者はその方向を避けて受信アンテナ操作などを行うことで干渉を軽減する対策が十分可能である。従って、FPU と月面反射通信で周波数を共用することは、引き続き、可能と考えられる。

7 参考

4 K・8 K用 FPU とアマチュア無線局との離隔距離の計算経過について、その一部を参考、掲載する。

(計算例 一覧)

- レピータ (アナログ・10W) から 4 K・8 K用 FPU (上り) への干渉 (郊外 A 低相関)
- レピータ (アナログ・10W) から 4 K・8 K用 FPU (下り) への干渉
- レピータ (デジタル・1W) から 4 K・8 K用 FPU (上り) への干渉 (郊外 A 低相関)
- レピータ (デジタル・1W) から 4 K・8 K用 FPU (下り) への干渉
- 移動局 (アナログ、1W) から 4 K・8 K用 FPU (上り) への干渉 (郊外 A 低相関)
- 移動局 (アナログ、1W) から 4 K・8 K用 FPU (下り) への干渉
- 移動局 (デジタル、1W) から 4 K・8 K用 FPU (上り) への干渉 (郊外 A 低相関)

○ レピータ（アナログ、10W）から4K・8K用FPU(下り)への干渉

希望波：4K・8K用FPU（下り回線） 妨害波：アマチュア無線局（アナログ レピータ）	運用モデル1	運用モデル2	運用モデル3	運用モデル4	運用モデル5	運用モデル6
① 送信周波数 [GHz]	1.2900	1.2900	1.2900	1.2900	1.2900	1.2900
② 送信出力 [W]	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
③ 送信出力 [dBm]	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
④ 送信アンテナ利得 [dBi]	5.20	5.20	5.20	5.20	5.20	5.20
⑤ 水平面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑥ 垂直面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑦ 送信アンテナ高 [m]	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
⑧ 送信給電線損失 [dB]	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0
⑨ 実効放射電力 [dBm] ③+④+⑤+⑥+⑦	36.2	36.2	36.2	36.2	36.2	36.2
⑩ 建物等による遮蔽損 [dB]	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
⑪ 壁等による減衰 [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑫ 受信アンテナ利得 [dBi]	12.0	7.2	5.2	0.0	5.2	5.2
⑬ 水平面指向特性	-10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑭ 垂直面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑮ 受信アンテナ高 [m]	3.5	3.5	3.5	3.5	2.0	2.5
⑯ 受信給電線損失 [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
⑰ 干渉量 [dBm] ⑨-⑩-⑪+⑫+⑬+⑭+⑮	21.7	26.9	24.9	19.7	24.9	24.9
⑱ 送信信号帯域幅 [MHz]	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
⑲ 受信信号帯域幅 [MHz]	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5
⑳ 通常運用受信電力	-62.5	-67.3	-60.9	-62.4	-66.3	-68.3
㉑ DU比	-9.00	-9.00	-9.00	-9.00	-9.00	-9.00
㉒ 許容干渉電力 [dBm] ㉑-㉒	-53.5	-58.3	-51.9	-53.4	-57.3	-59.3
㉓ 所要結合損 [dB] ㉑-㉒	75.2	85.2	76.8	73.1	82.2	84.2
離隔距離 自由空間モデルによる離隔距離 (F) [km]	0.11	0.34	0.13	0.08	0.24	0.30
平面大地モデルによる離隔距離 (P) [km]	0.90	1.60	0.99	0.80	1.02	1.28
最終離隔距離 [km] F: 閾値の場合、離隔距離=F P: 閾値の場合、離隔距離=P	0.11	0.34	0.13	0.08	0.24	0.30
閾値	7.56	7.56	7.56	7.56	4.32	5.40

○ レピータ（デジタル1W）から4K・8K用FPU(上り)への干渉(郊外A低相関)
(運用モデル1～3)

希望波：4K・8K用FPU(上り回線) 郊外A低相関 妨害波：アマチュア無線レピータ用、デジタル波 送信出力1W	運用モデル1				運用モデル2				運用モデル3			
	帯域内 帯域外(上)帯域 帯域外(下)帯域	帯域内(上)帯域 帯域外(上)帯域 帯域外(下)帯域	帯域内(上)帯域 帯域外(上)帯域 帯域外(下)帯域	帯域内(上)帯域 帯域外(上)帯域 帯域外(下)帯域	帯域内 帯域外(上)帯域 帯域外(下)帯域	帯域内(上)帯域 帯域外(上)帯域 帯域外(下)帯域	帯域内(上)帯域 帯域外(上)帯域 帯域外(下)帯域	帯域内(上)帯域 帯域外(上)帯域 帯域外(下)帯域	帯域内 帯域外(上)帯域 帯域外(下)帯域	帯域内(上)帯域 帯域外(上)帯域 帯域外(下)帯域	帯域内(上)帯域 帯域外(上)帯域 帯域外(下)帯域	帯域内(上)帯域 帯域外(上)帯域 帯域外(下)帯域
① 送信周波数 [GHz]	1.2900	1.2900	1.2900	1.2900	1.2900	1.2900	1.2900	1.2900	1.2900	1.2900	1.2900	1.2900
② 送信出力 [W]	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
③ 送信出力 [dBm]	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
④ 送信アンテナ利得 [dBi]	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2
⑤ 水平面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑥ 垂直面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑦ 送信アンテナ高 [m]	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
⑧ 送信給電線損失 [dB]	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0
⑨ 実効放射電力 [dBm] ③+④+⑤+⑥+⑦	26.2	26.2	26.2	26.2	26.2	26.2	26.2	26.2	26.2	26.2	26.2	26.2
⑩ 建物等による遮蔽損 [dB]	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
⑪ 壁等による減衰 [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑫ 受信アンテナ利得 [dBi]	18.1	18.1	18.1	18.1	14.0	14.0	14.0	14.0	12.0	12.0	12.0	12.0
⑬ 水平面指向特性	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0
⑭ 垂直面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑮ 受信アンテナ高 [m]	40.0	40.0	40.0	40.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
⑯ 受信給電線損失 [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
⑰ 干渉量 [dBm] ⑨-⑩-⑪+⑫+⑬+⑭+⑮	17.8	17.8	17.8	17.8	13.7	13.7	13.7	13.7	11.7	11.7	11.7	11.7
⑱ 送信信号帯域幅 [MHz]	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
⑲ 受信信号帯域幅 [MHz]	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5
⑳ 通常運用受信電力	-62.5	-62.5	-62.5	-62.5	-67.3	-67.3	-67.3	-67.3	-60.9	-60.9	-60.9	-60.9
㉑ DU比	17.60	1.84	-13.86	-20.86	17.60	1.84	-13.86	-20.86	17.60	1.84	-13.86	-20.86
㉒ 許容干渉電力 [dBm] ㉑-㉒	-80.1	-64.3	-48.6	-41.6	-84.9	-69.1	-53.4	-46.4	-78.5	-62.7	-47.0	-40.0
㉓ 所要結合損 [dB] ㉑-㉒	97.9	82.1	66.4	59.4	98.6	82.8	67.1	60.1	90.2	74.4	58.7	51.7
離隔距離 自由空間モデルによる離隔距離 (F) [km]	1.46	0.24	0.04	0.02	1.58	0.26	0.04	0.02	0.60	0.10	0.02	0.01
平面大地モデルによる離隔距離 (P) [km]	11.24	4.54	1.84	1.23	5.85	2.36	0.96	0.64	3.61	1.46	0.59	0.39
最終離隔距離 [km] F: 閾値の場合、離隔距離=F P: 閾値の場合、離隔距離=P	1.46	0.24	0.04	0.02	1.58	0.26	0.04	0.02	0.60	0.10	0.02	0.01
閾値	86.46	86.46	86.46	86.46	21.61	21.61	21.61	21.61	21.61	21.61	21.61	21.61

(運用モデル4～6)

希望波: 4K・8K用FPU(上り回線) 除外A低相閉 妨害波: アマチュア無線局(レピータ局) デジタル波 送信出力 1W	運用モデル4				運用モデル5				運用モデル6			
	帯域内 中波長(100%) 短波長(100%)	帯域外(上波長) 中波長(100%) 短波長(100%)	帯域外(上波長) 中波長(100%) 短波長(100%)	帯域外(上波長) 中波長(100%) 短波長(100%)	帯域内 中波長(100%) 短波長(100%)	帯域外(上波長) 中波長(100%) 短波長(100%)	帯域外(上波長) 中波長(100%) 短波長(100%)	帯域外(上波長) 中波長(100%) 短波長(100%)	帯域内 中波長(100%) 短波長(100%)	帯域外(上波長) 中波長(100%) 短波長(100%)	帯域外(上波長) 中波長(100%) 短波長(100%)	帯域外(上波長) 中波長(100%) 短波長(100%)
① 送信周波数 [GHz]	1.2900	1.2900	1.2900	1.2900	1.2900	1.2900	1.2900	1.2900	1.2900	1.2900	1.2900	1.2900
② 送信出力 [W]	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
③ 送信出力 [dBm]	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
④ 送信アンテナ利得 [dBi]	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2
⑤ 水平面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑥ 垂直面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑦ 送信アンテナ高 [m]	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
⑧ 送信給電線損失 [dB]	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0
⑨ 実効放射電力 [dBm] ③+④+⑤+⑥-⑧	26.2	26.2	26.2	26.2	26.2	26.2	26.2	26.2	26.2	26.2	26.2	26.2
⑩ 建物等による遮蔽損 [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
⑪ 壁等による減衰 [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑫ 受信アンテナ利得 [dBi]	7.2	7.2	7.2	7.2	14.0	14.0	14.0	14.0	12.0	12.0	12.0	12.0
⑬ 水平面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0
⑭ 垂直面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑮ 受信アンテナ高 [m]	300.0	300.0	300.0	300.0	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
⑯ 受信給電線損失 [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
⑰ 干渉量 [dBm] ⑨-⑩+⑪+⑫+⑬-⑭	31.9	31.9	31.9	31.9	13.7	13.7	13.7	13.7	11.7	11.7	11.7	11.7
⑱ 送信信号帯域幅 [MHz]	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
⑲ 受信信号帯域幅 [MHz]	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5
⑳ 通常運用受信電力	-62.4	-62.4	-62.4	-62.4	-66.3	-66.3	-66.3	-66.3	-68.3	-68.3	-68.3	-68.3
㉑ DU比	-17.60	-1.84	-13.86	-20.86	-17.60	-1.84	-13.86	-20.86	-17.60	-1.84	-13.86	-20.86
㉒ 許容干渉電力 [dBm] ⑱-㉑	-80.0	-84.2	-48.5	-41.5	-83.9	-68.1	-52.4	-45.4	-85.9	-70.1	-54.4	-47.4
㉓ 所要結合損 [dB] ⑱-㉒	111.9	96.1	80.4	73.4	97.6	81.8	66.1	59.1	97.6	81.8	66.1	59.1
自由空間モデルによる離隔距離 (F) [km]	7.32	1.19	0.20	0.09	1.41	0.23	0.04	0.02	1.41	0.23	0.04	0.02
平面大地モデルによる離隔距離 (P) [km]	68.89	27.81	11.26	7.53	3.27	1.32	0.53	0.36	3.27	1.32	0.53	0.36
最終離隔距離 [km] F: 閾値の場合、離隔距離=F P: 閾値の場合、離隔距離=P	7.32	1.19	0.20	0.09	1.41	0.23	0.04	0.02	1.41	0.23	0.04	0.02
閾値	648.42	648.42	648.42	648.42	7.56	7.56	7.56	7.56	7.56	7.56	7.56	7.56

○ レピータ (デジタル、1W) から 4K・8K用FPU(下り)への干渉

希望波: 4K・8K用FPU(下り回線) 妨害波: アマチュア無線局 (デジタル レピータ)	運用モデル1	運用モデル2	運用モデル3	運用モデル4	運用モデル5	運用モデル6
① 送信周波数 [GHz]	1.2900	1.2900	1.2900	1.2900	1.2900	1.2900
② 送信出力 [W]	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
③ 送信出力 [dBm]	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
④ 送信アンテナ利得 [dBi]	5.20	5.20	5.20	5.20	5.20	5.20
⑤ 水平面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑥ 垂直面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑦ 送信アンテナ高 [m]	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
⑧ 送信給電線損失 [dB]	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0
⑨ 実効放射電力 [dBm] ③+④+⑤+⑥-⑧	26.2	26.2	26.2	26.2	26.2	26.2
⑩ 建物等による遮蔽損 [dB]	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
⑪ 壁等による減衰 [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑫ 受信アンテナ利得 [dBi]	12.0	7.2	5.2	0.0	5.2	5.2
⑬ 水平面指向特性	-10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑭ 垂直面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑮ 受信アンテナ高 [m]	3.5	3.5	3.5	3.5	2.0	2.5
⑯ 受信給電線損失 [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
⑰ 干渉量 [dBm] ⑨-⑩+⑪+⑫+⑬-⑭	11.7	16.9	14.9	9.7	14.9	14.9
⑱ 送信信号帯域幅 [MHz]	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006
⑲ 受信信号帯域幅 [MHz]	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5
⑳ 通常運用受信電力	-62.5	-67.3	-60.9	-62.4	-66.3	-68.3
㉑ DU比	-3.00	-3.00	-3.00	-3.00	-3.00	-3.00
㉒ 許容干渉電力 [dBm] ⑱-㉑	-59.5	-64.3	-57.9	-59.4	-63.3	-65.3
㉓ 所要結合損 [dB] ⑱-㉒	71.2	81.2	72.8	69.1	78.2	80.2
自由空間モデルによる離隔距離 (F) [km]	0.07	0.21	0.08	0.05	0.15	0.19
平面大地モデルによる離隔距離 (P) [km]	0.71	1.27	0.78	0.63	0.81	1.01
最終離隔距離 [km] F: 閾値の場合、離隔距離=F P: 閾値の場合、離隔距離=P	0.07	0.21	0.08	0.05	0.15	0.19
閾値	7.56	7.56	7.56	7.56	4.32	5.40

○ 移動局（アナログ、1W）から4K・8K用FPU（下り）への干渉

希望波：4K・8K用FPU（下り回線） 妨害波：アマチュア無線局（アナログ 移動局）	運用モデル1	運用モデル2	運用モデル3	運用モデル4	運用モデル5	運用モデル6
① 送信周波数 [GHz]	1.2950	1.2950	1.2950	1.2950	1.2950	1.2950
② 送信出力 [W]	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
③ 送信出力 [dBm]	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
④ 送信アンテナ利得 [dBi]	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10
⑤ 水平面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑥ 垂直面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑦ 送信アンテナ高 [m]	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
⑧ 送信給電線損失 [dB]	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
⑨ 実効放射電力 [dBm] ③+④+⑤+⑥-⑧	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7
⑩ 建物等による遮蔽損 [dB]	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
⑪ 壁等による減衰 [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑫ 受信アンテナ利得 [dBi]	12.0	7.2	5.2	0.0	5.2	5.2
⑬ 水平面指向特性	-10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑭ 垂直面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑮ 受信アンテナ高 [m]	3.5	3.5	3.5	3.5	2.0	2.5
⑯ 受信給電線損失 [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
⑰ 与干渉量 [dBm] ⑩-⑬+⑭+⑮-⑯	16.2	21.4	19.4	14.2	19.4	19.4
⑱ 送信信号帯域幅 [MHz]	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
⑲ 受信信号帯域幅 [MHz]	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5
⑳ 通常運用受信電力	-62.5	-67.3	-60.9	-62.4	-66.3	-68.3
㉑ DU比	-9.00	-9.00	-9.00	-9.00	-9.00	-9.00
㉒ 許容干渉電力 [dBm] ⑰-㉑	-53.5	-58.3	-51.9	-53.4	-57.3	-59.3
㉓ 所要結合損 [dB] ⑰-㉒	69.7	79.7	71.3	67.6	76.7	78.7
離隔距離 自由空間モデルによる離隔距離 (F) [km]	0.06	0.18	0.07	0.04	0.13	0.16
離隔距離 平面大地モデルによる離隔距離 (P) [km]	0.15	0.26	0.16	0.13	0.17	0.21
離隔距離 最終離隔距離 [km] F<閾値の場合、離隔距離=F F>閾値の場合、離隔距離=P	0.06	0.18	0.07	0.04	0.13	0.16
閾値	0.38	0.38	0.38	0.38	0.22	0.27

○ 移動局（デジタル、1W）から4K・8K用FPU（上り）への干渉（郊外A低相関）

（運用モデル1～3）

希望波：4K・8K用FPU（上り回線）郊外A低相関 妨害波：アマチュア無線移動局・デジタル波	運用モデル1				運用モデル2				運用モデル3			
	帯域内 希望波：120.0MHz 妨害波：120.0MHz	帯域外(上臨界) 希望波：120.0MHz 妨害波：120.0MHz	帯域外(上臨界) 希望波：120.0MHz 妨害波：120.0MHz	帯域外(上臨界) 希望波：120.0MHz 妨害波：120.0MHz	帯域内 希望波：120.0MHz 妨害波：120.0MHz	帯域外(上臨界) 希望波：120.0MHz 妨害波：120.0MHz	帯域外(上臨界) 希望波：120.0MHz 妨害波：120.0MHz	帯域外(上臨界) 希望波：120.0MHz 妨害波：120.0MHz	帯域内 希望波：120.0MHz 妨害波：120.0MHz	帯域外(上臨界) 希望波：120.0MHz 妨害波：120.0MHz	帯域外(上臨界) 希望波：120.0MHz 妨害波：120.0MHz	帯域外(上臨界) 希望波：120.0MHz 妨害波：120.0MHz
① 送信周波数 [GHz]	1.2950	1.2950	1.2950	1.2950	1.2950	1.2950	1.2950	1.2950	1.2950	1.2950	1.2950	1.2950
② 送信出力 [W]	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
③ 送信出力 [dBm]	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
④ 送信アンテナ利得 [dBi]	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
⑤ 水平面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑥ 垂直面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑦ 送信アンテナ高 [m]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
⑧ 送信給電線損失 [dB]	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
⑨ 実効放射電力 [dBm] ③+④+⑤+⑥-⑧	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7
⑩ 建物等による遮蔽損 [dB]	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
⑪ 壁等による減衰 [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑫ 受信アンテナ利得 [dBi]	18.1	18.1	18.1	18.1	14.0	14.0	14.0	14.0	12.0	12.0	12.0	12.0
⑬ 水平面指向特性	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0
⑭ 垂直面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑮ 受信アンテナ高 [m]	40.0	40.0	40.0	40.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
⑯ 受信給電線損失 [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
⑰ 与干渉量 [dBm] ⑩-⑬+⑭+⑮-⑯	22.3	22.3	22.3	22.3	18.2	18.2	18.2	18.2	16.2	16.2	16.2	16.2
⑱ 送信信号帯域幅 [MHz]	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
⑲ 受信信号帯域幅 [MHz]	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5
⑳ 通常運用受信電力	-62.5	-62.5	-62.5	-62.5	-67.3	-67.3	-67.3	-67.3	-60.9	-60.9	-60.9	-60.9
㉑ DU比	17.60	1.84	-13.86	-20.86	17.60	1.84	-13.86	-20.86	17.60	1.84	-13.86	-20.86
㉒ 許容干渉電力 [dBm] ⑰-㉑	-80.1	-64.3	-48.6	-41.6	-84.9	-69.1	-53.4	-46.4	-78.5	-62.7	-47.0	-40.0
㉓ 所要結合損 [dB] ⑰-㉒	102.4	86.6	70.9	63.9	103.1	87.3	71.6	64.6	94.7	78.9	63.2	56.2
離隔距離 自由空間モデルによる離隔距離 (F) [km]	2.44	0.40	0.07	0.03	2.65	0.43	0.07	0.03	1.01	0.16	0.03	0.01
離隔距離 平面大地モデルによる離隔距離 (P) [km]	2.82	1.14	0.46	0.31	1.47	0.59	0.24	0.18	0.90	0.37	0.15	0.10
離隔距離 最終離隔距離 [km] F<閾値の場合、離隔距離=F F>閾値の場合、離隔距離=P	2.44	0.40	0.07	0.03	1.47	0.43	0.07	0.03	0.90	0.16	0.03	0.01
閾値	3.25	3.25	3.25	3.25	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81

(運用モデル4～6)

希望波：4K・8K用FPU(上り回線) 郊外A低相関 妨害波：アマチュア無線移動局、デジタル波	運用モデル4				運用モデル5				運用モデル6			
	帯域内 中波長 135.0MHz 広帯域 125.0MHz	帯域外(上置波) 中波長 135.0MHz 広帯域 125.0MHz	帯域外(上置波) 中波長 135.0MHz 広帯域 125.0MHz	帯域外(上置波) 中波長 135.0MHz 広帯域 125.0MHz	帯域内 中波長 135.0MHz 広帯域 125.0MHz	帯域外(上置波) 中波長 135.0MHz 広帯域 125.0MHz	帯域外(上置波) 中波長 135.0MHz 広帯域 125.0MHz	帯域外(上置波) 中波長 135.0MHz 広帯域 125.0MHz	帯域内 中波長 135.0MHz 広帯域 125.0MHz	帯域外(上置波) 中波長 135.0MHz 広帯域 125.0MHz	帯域外(上置波) 中波長 135.0MHz 広帯域 125.0MHz	帯域外(上置波) 中波長 135.0MHz 広帯域 125.0MHz
① 送信周波数 [GHz]	1.2950	1.2950	1.2950	1.2950	1.2950	1.2950	1.2950	1.2950	1.2950	1.2950	1.2950	1.2950
② 送信出力 [W]	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
③ 送信出力 [dBm]	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
④ 送信アンテナ利得 [dBi]	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
⑤ 水平面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑥ 垂直面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑦ 送信アンテナ高 [m]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
⑧ 送信給電線損失 [dB]	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
⑨ 実効放射電力 [dBm] ③+④+⑤+⑦+⑧	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7
⑩ 建物等による遮蔽損 [dB]	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
⑪ 壁等による減衰 [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑫ 受信アンテナ利得 [dBi]	7.2	7.2	7.2	7.2	14.0	14.0	14.0	14.0	12.0	12.0	12.0	12.0
⑬ 水平面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0
⑭ 垂直面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑮ 受信アンテナ高 [m]	300.0	300.0	300.0	300.0	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
⑯ 受信給電線損失 [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
⑰ 与干渉量 [dBm] ⑫-⑬+⑭+⑮+⑯+⑰	21.4	21.4	21.4	21.4	18.2	18.2	18.2	18.2	16.2	16.2	16.2	16.2
⑱ 送信信号帯域幅 [MHz]	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
⑲ 受信信号帯域幅 [MHz]	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5
⑳ 通常運用受信電力	-62.4	-62.4	-62.4	-62.4	-68.3	-68.3	-68.3	-68.3	-68.3	-68.3	-68.3	-68.3
㉑ DU比	17.60	1.84	-13.86	-20.86	17.60	1.84	-13.86	-20.86	17.60	1.84	-13.86	-20.86
㉒ 許容干渉電力 [dBm] ㉑-㉒	-80.0	-64.2	-48.5	-41.5	-83.9	-68.1	-52.4	-45.4	-85.9	-70.1	-54.4	-47.4
㉓ 所要結合損 [dB] ㉑-㉒	101.4	85.6	69.9	62.9	102.1	86.3	70.6	63.6	102.1	86.3	70.6	63.6
自由空間モデルによる離隔距離 (F) [km]	2.18	0.35	0.06	0.03	2.36	0.38	0.06	0.03	2.36	0.38	0.06	0.03
平面大地モデルによる離隔距離 (P) [km]	7.29	2.94	1.19	0.80	0.82	0.33	0.13	0.09	0.82	0.33	0.13	0.09
最終離隔距離 [km] F<閾値の場合、離隔距離=F F>閾値の場合、離隔距離=P	2.18	0.35	0.06	0.03	0.82	0.33	0.06	0.03	0.82	0.33	0.06	0.03
閾値	24.41	24.41	24.41	24.41	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28

○ 移動局 (デジタル、1W) から 4K・8K用FPU(下り) への干渉

希望波：4K・8K用FPU(下り回線) 妨害波：アマチュア無線局 (デジタル 移動局)	運用モデル1	運用モデル2	運用モデル3	運用モデル4	運用モデル5	運用モデル6
① 送信周波数 [GHz]	1.2950	1.2950	1.2950	1.2950	1.2950	1.2950
② 送信出力 [W]	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
③ 送信出力 [dBm]	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
④ 送信アンテナ利得 [dBi]	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10
⑤ 水平面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑥ 垂直面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑦ 送信アンテナ高 [m]	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
⑧ 送信給電線損失 [dB]	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
⑨ 実効放射電力 [dBm] ③+④+⑤+⑦+⑧	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7
⑩ 建物等による遮蔽損 [dB]	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
⑪ 壁等による減衰 [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑫ 受信アンテナ利得 [dBi]	12.0	7.2	5.2	0.0	5.2	5.2
⑬ 水平面指向特性	-10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑭ 垂直面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑮ 受信アンテナ高 [m]	3.5	3.5	3.5	3.5	2.0	2.5
⑯ 受信給電線損失 [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
⑰ 与干渉量 [dBm] ⑫-⑬+⑭+⑮+⑯+⑰	16.2	21.4	19.4	14.2	19.4	19.4
⑱ 送信信号帯域幅 [MHz]	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006
⑲ 受信信号帯域幅 [MHz]	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5
⑳ 通常運用受信電力	-62.5	-67.3	-60.9	-62.4	-66.3	-68.3
㉑ DU比	-3.00	-3.00	-3.00	-3.00	-3.00	-3.00
㉒ 許容干渉電力 [dBm] ㉑-㉒	-59.5	-64.3	-57.9	-59.4	-63.3	-65.3
㉓ 所要結合損 [dB] ㉑-㉒	75.7	85.7	77.3	73.6	82.7	84.7
自由空間モデルによる離隔距離 (F) [km]	0.11	0.36	0.14	0.09	0.25	0.32
平面大地モデルによる離隔距離 (P) [km]	0.21	0.37	0.23	0.18	0.23	0.29
最終離隔距離 [km] F<閾値の場合、離隔距離=F F>閾値の場合、離隔距離=P	0.11	0.36	0.14	0.09	0.23	0.29
閾値	0.38	0.38	0.38	0.38	0.22	0.27

○ 月面反射局（アナログ）から4K・8K用FPU（上り）への干渉(郊外A低相関)

希望波：4K・8K用FPU（上り回線） 郊外A低相関 妨害波：アマチュア無線局月面反射局 アナログ波	運用モデル2									
	月面局送信アンテナ：八木アンテナ(26素子×4)				月面局送信アンテナ：パラボラアンテナ(4mφ)					
	帯域内 希望波 1250 MHz 妨害波 1250 MHz	帯域外(上隣波) 希望波 1100 MHz 妨害波 1250 MHz	帯域外(上隣波) 希望波 1250 MHz 妨害波 1250 MHz	帯域外(上隣波) 希望波 1250 MHz 妨害波 1250 MHz	帯域内 希望波 1250 MHz 妨害波 1250 MHz	帯域外(上隣波) 希望波 1100 MHz 妨害波 1250 MHz	帯域外(上隣波) 希望波 1250 MHz 妨害波 1250 MHz	帯域外(上隣波) 希望波 1250 MHz 妨害波 1250 MHz	帯域外(上隣波) 希望波 1250 MHz 妨害波 1250 MHz	帯域外(上隣波) 希望波 1250 MHz 妨害波 1250 MHz
① FPU 送信周波数 [GHz]	1.2960	1.2960	1.2960	1.2960	1.2960	1.2960	1.2960	1.2960	1.2960	1.2960
② 送信出力 [W]	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0
③ 送信出力 [dBm]	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0
④ 送信アンテナ利得 [dBi]	24.0	24.0	24.0	24.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0
⑤ 水平面指向特性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑥ 垂直面指向特性	-26.0	-26.0	-26.0	-26.0	-35.0	-35.0	-35.0	-35.0	-35.0	-35.0
⑦ 送信アンテナ高 [m]	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
⑧ 送信給電線損失 [dB]	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0
⑨ 実効放射電力 [dBm] ③+④+⑤+⑥-⑧	46.0	46.0	46.0	46.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0
⑩ 建物等による遮蔽損 [dB]	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
⑪ 壁等による減衰 [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑫ 受信アンテナ利得 [dBi]	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0
⑬ 水平面指向特性	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0
⑭ 垂直面指向特性	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
⑮ 受信アンテナ高 [m]	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
⑯ 受信給電線損失 [dB]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
⑰ 与干渉量 [dBm] ⑨-⑩-⑪+⑫+⑬+⑭-⑯	32.5	32.5	32.5	32.5	31.5	31.5	31.5	31.5	31.5	31.5
⑱ 送信信号帯域幅 [MHz]	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
⑲ 受信信号帯域幅 [MHz]	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5
⑳ 受信電力	-67.3	-67.3	-67.3	-67.3	-67.3	-67.3	-67.3	-67.3	-67.3	-67.3
㉑ DU比	17.50	-0.86	-15.86	-20.86	17.50	-0.86	-15.86	-20.86	17.50	-0.86
㉒ 許容干渉電力 [dBm] ㉑-㉒	-84.8	-66.4	-51.4	-46.4	-84.8	-66.4	-51.4	-46.4	-84.8	-66.4
㉓ 所要結合損 [dB] ㉑-㉒	117.3	98.9	83.9	78.9	116.3	97.9	82.9	77.9	116.3	97.9
離隔距離 自由空間モデルによる離隔距離 (F) [km]	13.55	1.64	0.29	0.16	12.07	1.46	0.26	0.15	12.07	1.46
平面大地モデルによる離隔距離 (P) [km]	12.13	4.22	1.78	1.33	11.45	3.98	1.68	1.26	11.45	3.98
最終離隔距離 [km] F<閾値の場合、離隔距離=F F>閾値の場合、離隔距離=P	12.13	1.64	0.29	0.16	11.45	1.46	0.26	0.15	11.45	1.46
閾値	10.86	10.86	10.86	10.86	10.86	10.86	10.86	10.86	10.86	10.86

○ 月面反射局（アナログ）から4K・8K用FPU(下り)への干渉

希望波：4K・8K用FPU（下り回線） 妨害波：アマチュア無線局（アナログ 月面反射局）	運用モデル2	
	26素子八木x4	パラボラ(4mφ)
① 送信周波数 [GHz]	1.2960	1.2960
② 送信出力 [W]	500.0	500.0
③ 送信出力 [dBm]	57.0	57.0
④ 送信アンテナ利得 [dBi]	24.0	32.0
⑤ 水平面指向特性	0.0	0.0
⑥ 垂直面指向特性	-26.0	-35.0
⑦ 送信アンテナ高 [m]	20.0	20.0
⑧ 送信給電線損失 [dB]	9.0	9.0
⑨ 実効放射電力 [dBm] ③+④+⑤+⑥-⑧	46.0	45.0
⑩ 建物等による遮蔽損 [dB]	15.0	15.0
⑪ 壁等による減衰 [dB]	0.0	0.0
⑫ 受信アンテナ利得 [dBi]	14.0	14.0
⑬ 水平面指向特性	-10.0	-10.0
⑭ 垂直面指向特性	-1.0	-1.0
⑮ 受信アンテナ高 [m]	3.5	3.5
⑯ 受信給電線損失 [dB]	1.5	1.5
⑰ 与干渉量 [dBm] ⑨-⑩-⑪+⑫+⑬+⑭-⑯	32.5	31.5
⑱ 送信信号帯域幅 [MHz]	0.04	0.04
⑲ 受信信号帯域幅 [MHz]	17.5	17.5
⑳ 通常運用受信電力	-67.3	-67.3
㉑ DU比	-8.00	-8.00
㉒ 許容干渉電力 [dBm] ㉑-㉒	-59.3	-59.3
㉓ 所要結合損 [dB] ㉑-㉒	91.8	90.8
離隔距離 自由空間モデルによる離隔距離 (F) [km]	0.72	0.64
平面大地モデルによる離隔距離 (P) [km]	1.65	1.56
最終離隔距離 [km] F<閾値の場合、離隔距離=F F>閾値の場合、離隔距離=P	0.72	0.64
閾値	3.80	3.80

準天頂衛星システムとの干渉検討

1 準天頂衛星システムとの干渉検討の概要

4 K・8 K用 FPU が準天頂衛星システムの受信に与える干渉について、室内実験を実施し、その結果から影響度を考察した。さらに、検討結果を検証するために野外実験を実施し、その共用条件についてまとめた。

それぞれの実験概要については、以下のとおりである。

(室内実験)

準天頂衛星システムの信号シミュレータを用いて、4 K・8 K用 FPU の上り回線及び下り回線が準天頂衛星の受信に干渉を与える場合の所要 D/U を求めた。また、実験にあたっては、TDD 方式の効果を検証した。

(影響度の検討)

衛星通信システム委員会報告（平成 28 年 6 月 30 日）において、現行 FPU と準天頂衛星システムとの共用検討が報告されている。同報告における検討方法にしたがって、室内実験の結果から離隔距離を算出するとともに、共用条件における影響度の検討を行った。検討にあたっては、上り回線におけるビームフォーミング効果を考慮するとともに、FPU 送信電力を最大とした最悪ケースにおける影響度として、算出している。

(野外実験)

影響度の妥当性を検証するために、実際の伝搬環境での離隔距離を実測し、ビームフォーミングによる効果等について、検証を行った。

2 干渉モデル

衛星通信システム委員会報告（平成 28 年 6 月 30 日）において、FPU 被干渉については、机上検討により D/U が 42.2dB 程度となる結果が得られている。また、FPU 受信機の熱雑音に対して、衛星信号の電力密度はノイズフロア以下であり、干渉は発生しないことが確認されている。

そこで、本検討では FPU 与干渉のみを検討対象とすることとする。図 15-1 に干渉モデルを示す。

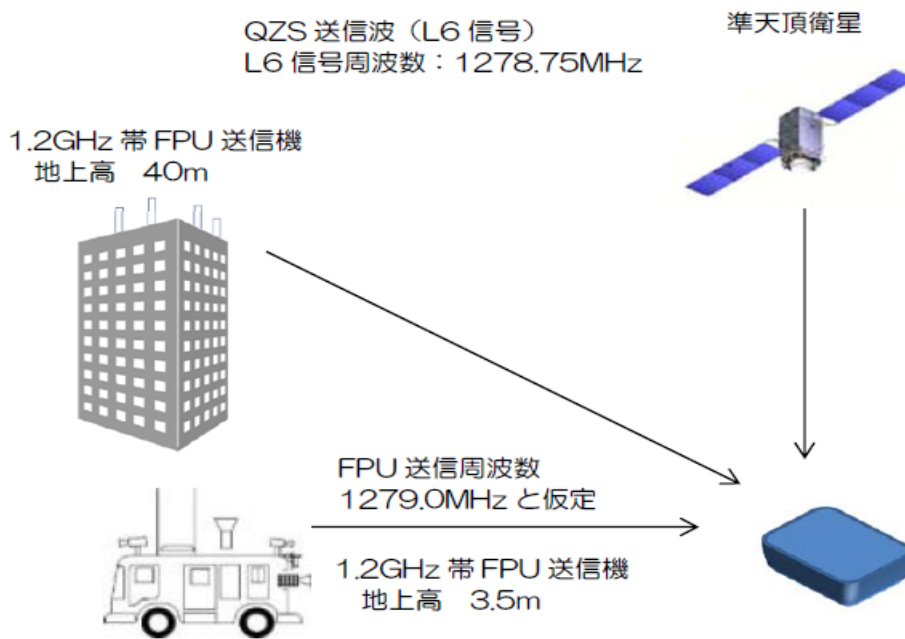


図 15-1 FPU 与干渉モデル

3 準天頂衛星の周波数関係等について

(1) 周波数関係

準天頂衛星システム及び 4 K・8 K 用 FPU の周波数配置関係を示す。4 K・8 K 用 FPU に対して、準天頂衛星側の L6 及び L2 二つの信号が重複しているが、L2 信号は周波数帯域の重複が小さく、L6 信号が干渉影響を受けない条件では L2 信号も干渉を受けないと考えられるので、試験検証においては、L6 信号を検討対象とする。

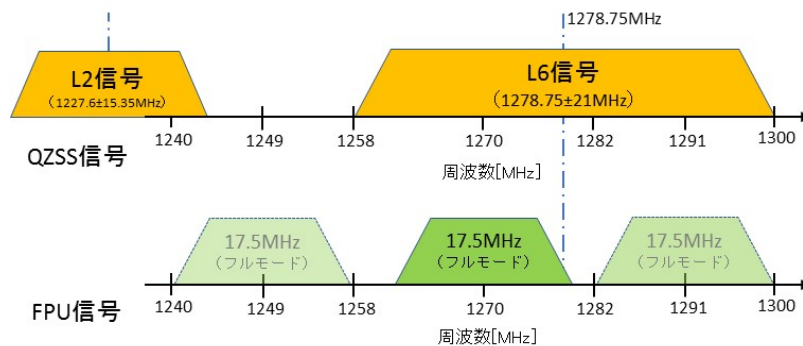


図 15-2 周波数配置関係

(2) 準天頂衛星受信機の仕様例について

表 15-1 受信器の仕様例

項目	仕様
周波数範囲 (MHz)	1278.75±21
受信アンテナ出力端における狭帯域干渉限界(追尾モード時) (dBW)	-119
受信アンテナ出力端における広帯域干渉限界(追尾モード時) (dBW/MHz)	-121
受信機 LNA 飽和レベル (dBW)	-70
受信機破壊レベル (dBW)	-20

(3) 時分割複信による信号長について

4 K・8 K用 FPU は TDD 方式(時分割複信方式)を用いて、双方向に通信する方式である。表 15-2 に上り/下りの時間幅を UL 長、DL 長として示す。今回は 1~4 の信号長と現行 FPU 相当である連続信号の場合について、所要 D/U を求めた。

表 15-2 TDD 方式による上り信号/下り信号の時間幅

	TDD 長 [ms]	UL 長 [ms]	DL 長 [ms]
連続			
1	2.18	1.91	0.28
2	2.42	2.12	0.30
3	2.95	2.55	0.41
4	4.16	3.77	0.39

4 干渉検討について

(1) 室内試験

ア 室内試験の概要

準天頂衛星システムの信号シミュレータを用いて、4 K・8 K用 FPU の上り回線及び下り回線が受信に干渉を与える場合の所要 D/U を求めた。受信機モニター用 PC は L6 信号の受信状況をモニターすることができ、正受信の判定や C/N_0 [dBHz] の測定値を取得することができる。

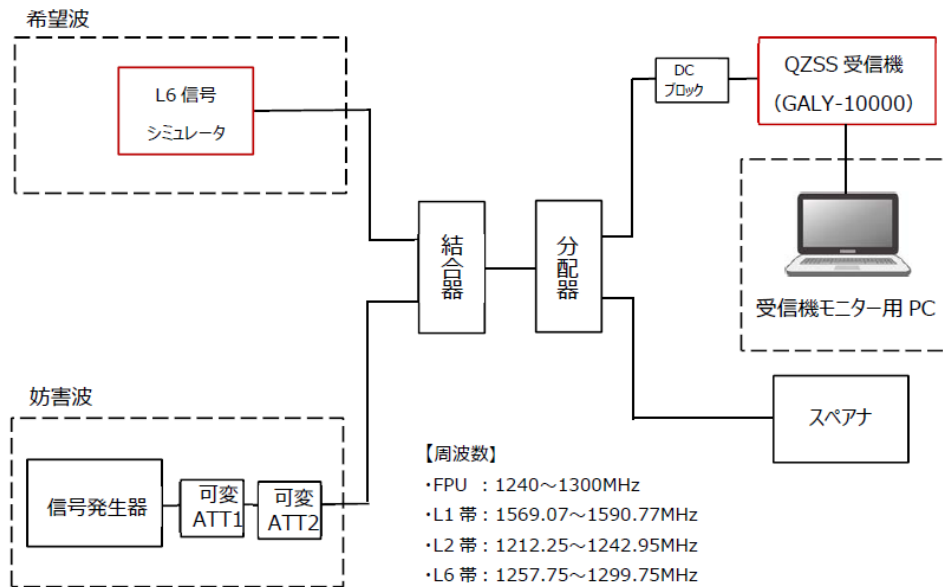


図 15-3 室内実験の系統

この実験系統を用いて、FPU 与干渉に対して、L6 信号が正しく受信された時のアンテナ入力端 FPU 電力を測定した。測定手順は次のとおりである。

- ・受信機入力段における希望波電力（L6 信号）の基準レベルを設定
- ・信号発生器からの干渉波（FPU 信号）のレベルを可変 ATT1 で設定
- ・可変 ATT2 により干渉波レベルを可変し、受信機モニター用 PC で測定した L6 信号の C/N_0 値からアンテナ入力端の FPU 電力に換算

イ 測定結果と離隔距離の試算

①上り回線

表 15-4 に上り回線の場合の検討結果を示す。No. 1~4 の UL 長と連続波について、受信限界となるアンテナ入力端での FPU 電力の測定結果を示す。また、測定結果及び表 15-3 試算条件から計算した離隔距離を示す。

試算では、衛星通信システム委員会報告（平成 28 年 6 月 30 日）と比較するために、送信アンテナに利得 0dB_i のアンテナを用いた。実際の FPU では、送信アンテナ利得や指向性などを加味するが、比較検証のため、同条件で検討している。

表 15-3 離隔距離の試算条件

項目	値
FPU 周波数	1279.0MHz
FPU 送信電力	25.0 W
FPU アンテナゲイン	0.0 dB_i

離隔距離の算出では、伝搬モデルとして、自由空間モデル、平面大地モデル、Los モデル、奥村カーブによる計算も行った。平面大地モデルでは、送信アンテナ高は 2.5m、受信アンテナ高は 2m として計算した。Los モデルは主に見通しのある場所での電波伝搬を模擬したモデルである。奥村カーブは、見通しが遮られている環境では、受信電力が距離の 3.5~4 乗に従うモデルである。

表 15-4 上り回線の検討結果

No.	TDD 長 [ms]	UL 長 [ms]	デューティ比 [%]	受信限界となるアンテナ入力端の FPU 電力 [dBW]	離隔距離 [m]					
					自由空間モデル	平面大地モデル	LoS モデル		奥村カーブ	
連続				-114.3	48385.0	3600.1	upper	2406.7	n=3.5	475.3
							median	1703.8	n=4.0	220.0
							lower	761.1		
1	2.18	1.91	87.6	-111.3	34253.9	3029.1	upper	2025.0	n=3.5	390.2
							median	1433.6	n=4.0	185.1
							lower	640.4		
2	2.42	2.12	87.6	-111.3	34253.9	3029.1	upper	2025.0	n=3.5	390.2
							median	1433.6	n=4.0	185.1
							lower	640.4		
3	2.95	2.55	86.4	-110.3	30528.8	2859.7	upper	1911.7	n=3.5	365.3
							median	1353.4	n=4.0	174.7
							lower	604.5		
4	4.16	3.77	90.6	-111.3	34253.9	3029.1	upper	2025.0	n=3.5	390.2
							median	1433.6	n=4.0	185.1
							lower	640.4		

衛星通信システム委員会報告（平成 28 年 6 月 30 日）では、FPU 送信信号が連続波の場合について、受信限界となるアンテナ入力端の FPU 電力が-116dBW、平面大地モデルでの離隔距離が約 4000m としている。表 15-4 の連続波の項では、-114.3dBW、3600m（平面大地モデル）であり、概ね一致した結果が得られた。

②下り回線

下り回線の検討結果を表 15-5 に示す。上り回線と比較すると、TDD によるデューティ比率が小さくなるに従って、受信限界となるアンテナ入力端の FPU 電力が大きくなっている。下り回線においては、QZSS 信号は 4 K・8 K 用 FPU の干渉を受けにくいことが示されている。

表 15-5 下り回線の検討結果

No.	TDD 長 [ms]	DL 長 [ms]	デューティ -比 [%]	受信限界と なるアンテナ入 力端の FPU 電力 [dBW]	離隔距離 [m]					
					自由空間 モデル	平面大地 モデル	LoS モデル		奥村カーブ	
1	2.18	0.28	12.8	-77.3	683.5	427.9	upper	286.0	n=3.5	41.7
							median	202.5	n=4.0	26.1
							lower	90.5		
2	2.42	0.30	12.4	-76.3	609.1	403.9	upper	270.0	n=3.5	39.0
							median	191.2	n=4.0	24.7
							lower	85.4		
3	2.95	0.41	13.9	-77.3	683.5	427.9	upper	286.0	n=3.5	41.7
							median	202.5	n=4.0	26.1
							lower	90.5		
4	4.16	0.39	9.4	-74.3	483.8	360.0	upper	240.7	n=3.5	34.2
							median	170.4	n=4.0	22.0
							lower	76.1		

ウ QZSS 信号と TDD 方式について

試験結果において受信限界となるアンテナ入力端の FPU 電力は、連続の場合が-114.3dBW であるのに対して、No.1 の上り回線では-111.3dBW、下り回線では-77.3dBW であり、干渉の影響はそれぞれ-3dB、-37dB ほど小さくなっている。

QZSS 信号のシンボル長が約 4ms に対して、4 K・8 K用 FPU のシンボル長 (TDD 長) は 2.18ms、UL 長は 1.91ms、DL 長は 0.28ms である。QZSS 信号の 1 シンボルと FPU の 2 シンボルがほぼ同程度であり、QZSS 信号の 1 シンボルが干渉を受けるのは UL については $1.91 \times 2 = 3.82\text{ms}$ 、DL については $0.28 \times 2 = 0.56\text{ms}$ の時間幅のみとなり、それ以外の時間区間では干渉を受けない。この干渉を受けない区間があるために、シンボル誤り率も小さくなることが考えられる。

但し、間欠的な送信のデューティ比率との定量的な干渉低減効果の関係については、受信機毎に異なる可能性もあることに留意することが必要である。

5 4 K・8 K用 FPU による準天頂衛星システムへの影響度について

(1) 検討前提について

他の無線システムとの干渉検討においては、運用モデル 3 を典型的な運用形態として干渉検討を行っており、準天頂衛星システムに関しても同様により検討を進める。

検討にあたり、現行 FPU と 4 K・8 K用 FPU の送信諸元（運用モデル 3）を表 15-6 に示す。

表 15-6 現行 FPU と 4 K・8 K用 FPU（運用モデル 3）の送信諸元

パラメータ	4 K・8 K用 FPU（運用モデル 3）		現行 FPU
	上り回線	下り回線	単方向通信
送信電力[W]	25	25	25
送信アンテナ	2 段コーリニア	8 素子八木	2 段コーリニア
送信アンテナ利得	5.2 dBi	12 dBi	5.2 dBi
ビームフォーミング利得	6dB	0 dB	0 dB

4 K・8 K用 FPU の離隔距離は、衛星通信システム委員会報告（平成 28 年 6 月 30 日）における現行 FPU の離隔距離について、この表を基づいて補正することにより求めることとした。

（2）離隔距離の算出条件

衛星通信システム委員会報告（平成 28 年 6 月 30 日）における離隔距離、および室内実験結果（表 15-4、表 15-5）から、4 K・8 K用 FPU の離隔距離を算出する。算出にあたっての条件を以下の(a)～(c)にまとめる。

(a) 現行 FPU の離隔距離

衛星通信システム委員会報告（平成 28 年 6 月 30 日）における離隔距離（都市部、郊外部）は、以下のとおりである（ u は都市部、 s は郊外部を示す）。

- ・都市部離隔距離（ L_u ）：830m
- ・郊外部離隔距離（ L_s ）：1230m

(b) 受信限界となるアンテナ入力端の FPU 受信電力

室内試験において、TDD 長=2.18[ms]の場合、受信限界となるアンテナ入力端の FPU 受信電力は、以下のとおりである。

- ・連続 : -114.3dBW
- ・上り回線 : -111.3dBW
- ・下り回線 : -77.3dBW

この中で、「連続」は 4 K・8 K用 FPU を現行 FPU として動作させた場合であり、(a) の離隔距離に相当する。したがって、4 K・8 K用 FPU（上り回線、下り回線）における離隔距離は、FPU 受信電力の比率で補正することができる。それぞれの補正係数は次のようになる。

- ・上り TDD 補正係数= (-114.3dBW)-(-111.3dBW)=-3dB（真数：0.71）
- ・下り TDD 補正係数= (-114.3dBW)-(-77.3dBW)=-37dB（真数：0.014）

受信電力は離隔距離の 2 乗に反比例するため、例えば補正係数が-3dB の場合には、

真数は $\sqrt{10^{(-3/10)}}$ のように計算される。

(c) ビームフォーミング利得

上り回線については、ビームフォーミング利得により FPU の受信電力が 6dB 増加することから、次のような補正を行う。

- ・ビームフォーミング利得 6dB (真数 : 2)

(d) 送信アンテナ利得

送信諸元 (表 15-6) における送信アンテナ利得の違いを以下のとおり、補正する。

- ・上り送信アンテナ利得補正係数 : 5. 2dB-5. 2dB=0dB (補正なし)
- ・下り送信アンテナ利得補正係数 : 12dB-5. 2dB=6. 8dB (真値 : 2. 19)

(3) 4 K ・ 8 K 用 FPU の離隔距離の算出

衛星通信システム委員会報告 (平成 28 年 6 月 30 日) の離隔距離を前項算出条件にもとづいて補正する (添え字の UL は上り回線、 DL は下り回線を示す)。

なお、衛星通信システム委員会報告 (平成 28 年 6 月 30 日) と同様に、算出条件に 10% のマージンを見込んだ離隔距離により検討した。

(a) 都市部

- ・上り回線の離隔距離 ($L_{u,UL}$)
= $L_u \times$ マージン (1. 1) \times ビームフォーミング利得 \times 上り TDD 補正係数
= $830 [m] \times 1. 1 \times 2 \times 0. 71 = 1296. 5 [m]$
- ・下り回線の離隔距離 ($L_{u,DL}$)
= $L_u \times$ 下り TDD 補正係数 \times 下り送信アンテナ利得補正係数
= $830 [m] \times 1. 1 \times 0. 014 \times 2. 19 = 28 [m]$

(b) 郊外部

- ・上り回線の離隔距離 ($L_{s,UL}$)
= $L_s \times$ マージン (1. 1) \times ビームフォーミング利得 \times 上り TDD 補正係数
= $1230 [m] \times 1. 1 \times 2 \times 0. 71 = 1921. 3 [m]$
- ・下り回線の離隔距離 ($L_{s,DL}$)
= $L_s \times$ マージン (1. 1) \times 下り TDD 補正係数 \times 下り送信アンテナ利得補正係数
= $1230 [m] \times 1. 1 \times 0. 014 \times 2. 19 = 41. 5 [m]$

(4) 影響度の算出

ア 計算式等について

4 K ・ 8 K 用 FPU の離隔距離から影響度を算出する。影響度は、衛星通信システム委員会報告 (平成 28 年 6 月 30 日) に記載されている計算式を用いる。計算式を示す。

$$[\text{FPU による準天頂衛星システムへの影響度}] = [\text{離隔面積}] / [\text{携帯電話のカバーエリア面積}] \times [\text{FPU の使用時間}] / [365 (\text{日}) \times 24 (\text{時間})]$$

離隔面積は FPU 送信機から離隔距離離れたエリアの面積であり、4 K・8 K用 FPU の場合は、ロードレースのコース沿い、および基地局の周りとなる。離隔面積の計算モデルを図 15-4 に示す。これに対し、1 年間に国内でテレビ中継されるロードレースや報道番組それぞれについて計算し、全てを合算して最終的な影響度とする。

離隔面積 (S) は、 S_M (ロードレースコースに沿った離隔面積) と S_B (基地局による離隔面積) の和となる。

S_M : ロードレースコースに沿った離隔面積

S_B : 基地局による離隔面積

$$S = S_M + S_B$$

$$S_M = 2L_{u,UL} \times D_u + 2L_{s,UL} \times D_s$$

$$S_B = (N_u \times (L_{u,DL}/2)^2 + N_s \times (L_{s,DL}/2)^2) \times \pi$$

$L_{u,UL}$: 離隔距離 (上り回線、都市部)

$L_{s,UL}$: 離隔距離 (上り回線、郊外部)

D_u : 全走行区間における都市部に相当する距離

D_s : 全走行区間における郊外部に相当する距離

$L_{u,DL}$: 離隔距離 (下り回線、都市部)

$L_{s,DL}$: 離隔距離 (下り回線、郊外部)

N_u : 都市部の基地局数

N_s : 郊外部の基地局数

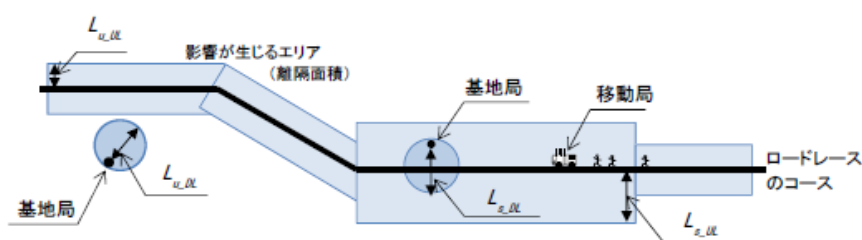


図 15-4 離隔面積の計算モデル

なお、ロードレースごとのコース距離や都市部／郊外部の区分け情報、使用時間などの統計データについては、衛星通信システム委員会報告（平成 28 年 6 月 30 日）の検討で使用した統計データを用いた。統計データの中には、災害などでの報道対応も考慮されている。また、基地局数については、放送技術専門誌（「放送技術」、No. 4、2018、および、No. 5、2009）のロードレース中継システムの構成に係る記事の中で、4～26 か所の受信基地局を設置している

ことが紹介されている。今回の影響度の計算では、最大値に近い数として、基地局を 20 カ所として計算した。

イ 計算結果について

影響度は下記の通りとなった。

影響度=0.0073%

衛星通信システム委員会報告（平成 28 年 6 月 30 日）に記載されている現行 FPU の影響度総和が 0.0052% であることと比べて、影響度の大きな増加は認められないことから、引き続き、許容範囲内であると考えられる。

基地局から送信される FPU 下り回線は、間欠的な送信の低デューティーによる実質的な干渉低減効果が期待できるため、FPU 上り回線に比べて 1/50 程度と小さい隔離距離が期待できる。このため、準天頂衛星システムの移動受信局については、下り回線が離隔面積に占める割合は 0.02% 程度となり、その影響は FPU 上り回線に比べて十分小さい。

4K・8K 用 FPU では、ロードレース時にコースに設置された複数の基地局から受信に最適な基地局を選択して、FPU 移動局の走行にあわせて上り回線を受信して、当該の基地局から下り回線を送信する。受信基地局は次々とハンドオーバーしてコース全体をカバーしている。また、上り回線を受信する基地局では、移動局に合わせてアンテナ指向性を向けて追尾することが基本であり、基地局からの送信位置は固定であるが、基地局から送信される FPU 下り回線は、準天頂衛星システム移動受信機に対しての干渉の影響としては FPU 移動局と同等の扱いが可能である。

(5) 野外実験

野外実験の中で離隔距離を実測した。

ア 実験概要

移動局、基地局から電波を発射し、上り回線と下り回線の離隔距離をそれぞれ実測する。実測では、準天頂衛星受信機を搭載した実験車を走行させ、移動局と基地局とが混在する干渉モデル図 15-5 において C/N0 とフレームエラー及び計測位置のログを記録する。

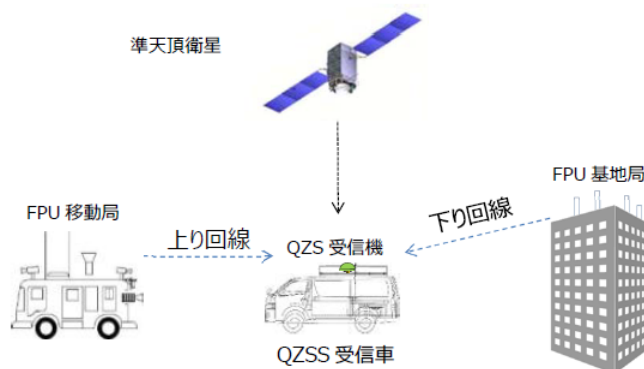


図 15-5 干渉モデル

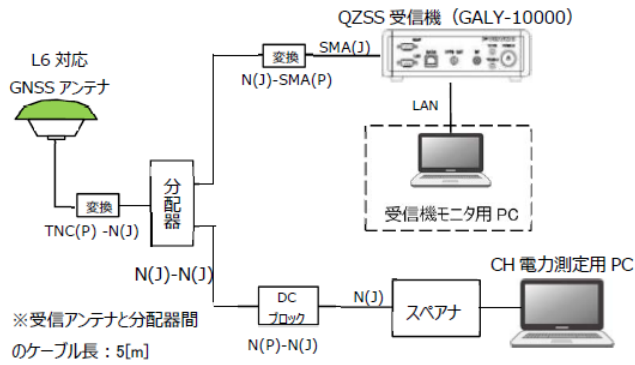


図 15-5 実験車における準天頂衛星システム受信系統

また、4 K・8 K用 FPU の上り回線／下り回線の実験パラメータ及び実験で用いた QZSS 受信機の諸元を以下に示す。

表 15-7 実験で用いた準天頂衛星受信機の諸元

	項目	内容
測位受信機	型名	GALY-10000
	受信信号	GPS: L1-C/A、SBAS: L1-C/A、QZS: L1-C/A, L1-SAIF, LEX
	受信チャンネル数	L1: 12ch、L1-SAIF: 3ch、SBAS: 2ch、LEX: 3ch
	出力更新レート	1Hz / 5Hz
受信アンテナ	型名	JAVAD 社 : G5T
	周波数	1550~1614MHz、1164~1300MHz
	アンテナ利得	4.0dB (1164~1300MHz、代表値)
	NF(雑音指数)	1.7dB (代表値)
	軸率	3.0dB (最大値)
	LNA 利得	32±2dB
外形寸法	140 mm × 140mm × 62mm (最大直径 165mm)	

表 15-8 上り回線／下り回線のパラメータ

	上り回線	下り回線
周波数	1271MHz	
信号帯域幅	17.5 MHz	
複信方式	時分割複信 (TDD)	
送信電力	25 W	12.5 W
TDD フレーム長	2.2 ms (1.9 ms + 0.3 ms)	※UL 長+DL 長
伝送方式	4×4 SVD-MIMO (受信ウェイト: MSE)	2×4 STTC-MIMO
空間多重数	2~4 (適応制御)	2
1 次変調方式	OFDM (シンボル長: 56.33 μs, FFT サイズ: 1K(1024), GI 長: 6.26 μs)	
2 次変調方式	BPSK~1024 QAM (並列ビット数: 10bit)	16QAM
送信アンテナ	2 段コーリニア(垂直偏波)×4 基、アンテナ利得: 5.2dB	8 素子八木(垂直偏波)×2 基横並び配置、チルト角: -10 度、アンテナ利得: 12dB
アンテナ高	3.5m	都市部: 約 35m、 郊外部: 約 20m

イ 実施模様

① 都市部

4 K・8 K用 FPU の基地局を東京都世田谷区 (NHK 放送技術研究所 7 階)、地上高約 35m、測定ルートに対しアンテナチルト角をマイナス約 10 度として設置するとともに、4 K・8 K用 FPU 移動局を基地局から 1.8 Km 離れた地点に配置した。実験では、移動局の配置地点を中心として準天頂衛星受信機を搭載した実験車を走行させ、準天頂衛星受信機の受信状況をモニターした。

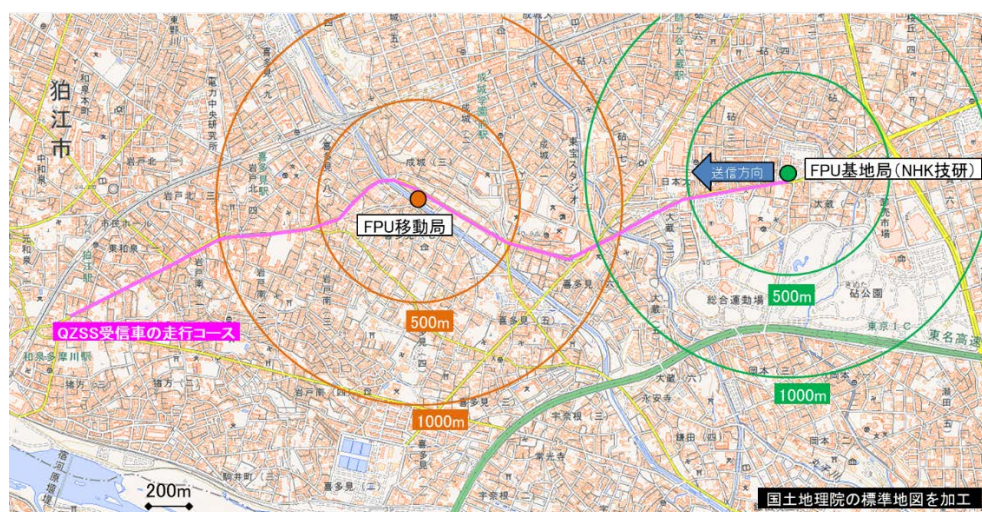


図 15-6 都市部野外実験における試験ルート

FPU 基地局地点から、準天頂衛星受信機を搭載した実験車を移動させたところ、FPU 移動局の手前、約 900m の地点で干渉を受け始め、移動局を通り過ぎて約 800m 進んだ地点で干渉は解消した。なお、歩道橋下では衛星電波が遮られるなど周囲の建物などの状況により準天頂衛星からの受信が影響を受ける場合が見受けられた。

また、FPU 移動局の送信を停止し、FPU 基地局を単独で送信する構成として基地局送信による影響を確認したところ、試験コースにおいて、衛星電波の受信に干渉を受けることはなかった。

なお、FPU 基地局（下り回線）の送信電力は最大値の半分、12.5W として実験を行った。

② 郊外部

4 K・8 K 用 FPU の基地局を埼玉県比企郡吉見町役場庁舎 5 階・屋上（地上高約 20m）に設営し、送受信アンテナは地表面とほぼ水平方向に設置した。4 K・8 K 用 FPU 移動局は基地局から 2.2km 離れた地点に配置した。

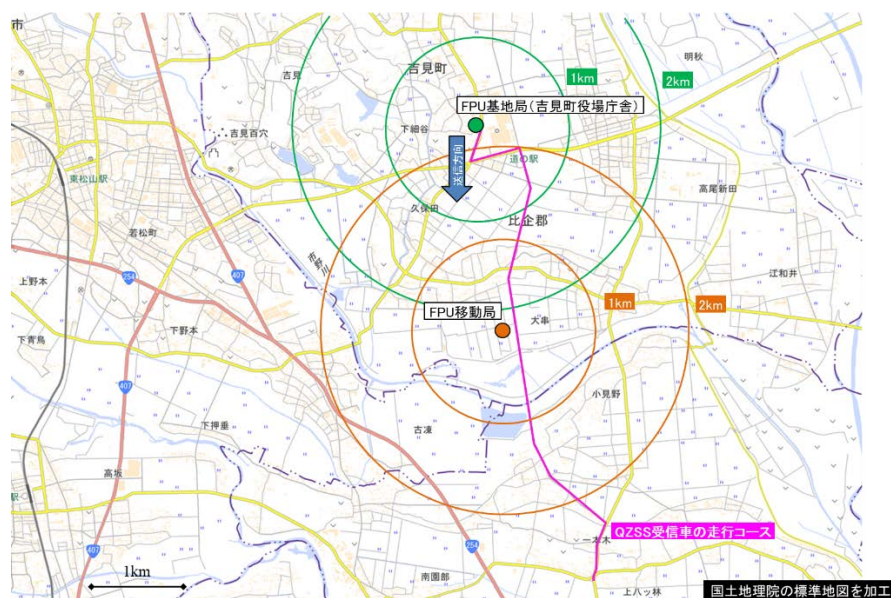


図 15-7 郊外部野外実験における試験ルート

FPU 基地局地点から、準天頂衛星受信機を搭載した実験車を移動させたところ、FPU 移動局の手前、直線距離において約 1900m において干渉影響を受け、移動局を通り過ぎて約 1500m 進んだ地点で干渉は解消した。

また、FPU 移動局の送信を停止し、FPU 基地局を単独で送信する構成として基地局送信による影響を確認したところ、試験コースにおいて、衛星電波の受信に干渉を受けることはなかった。

なお、FPU 基地局（下り回線）の送信電力は最大値の半分、12.5W として実験を行った。

イ 野外試験の結果

（都市部）

上り回線：FPU 移動局から離隔距離は 800～900m であった。

下り回線：FPU 基地局からの干渉により、衛星電波の受信が途切れることはなかった。

（郊外部）

上り回線：FPU 移動局から離隔距離は 1500～1900m 程度であった。

下り回線：FPU 基地局からの干渉により、衛星電波の受信が途切れることはなかった。

なお、FPU 基地局（下り回線）の送信電力は最大値の半分 12.5W として実験を行った。

6 まとめ

（1）室内試験の結果について

室内実験において、準天頂衛星の送信信号が受信限界となる受信アンテナ入力端の FPU 電力に関して、現行 FPU からの干渉に比べて、4 K・8 K 用 FPU の上り回線（UL 長：1.91ms）、下り回線（DL 長：0.28ms）からの干渉はそれぞれ-3dB、-37dB ほど小さくなることを確認した。

（2）影響度について

衛星通信システム委員会報告（平成 28 年 6 月 30 日）で確認されている 4 K・8 K 用 FPU の離隔距離等から算出する影響度については、同報告に記載されている離隔距離および室内実験の結果、ビームフォーミング利得ほかから離隔距離※を算出し、ロードレースごとのコース距離や都市部／郊外部の区分け情報、使用時間などの統計データを考慮して試算したところ、影響度は、0.0073%となった。

現行 FPU による影響度総和の 0.0052%と比べて、影響度の大きな増加は認められないことから、引き続き、許容範囲内であると考えられる。

※ 離隔距離の算出結果

（都市部）

上り回線の離隔距離=1296.5[m]

下り回線の離隔距離=28[m]

（郊外部）

上り回線の離隔距離=1921.3[m]

下り回線の離隔距離=41.5[m]

(3) まとめ

FPU については、スポーツ中継や情報・報道番組中継等に利用されており、基本的には最大出力を出さなければならない報道番組中継等を除き、4K・8K用 FPU についても省電力機器の導入等が期待でき、その影響度合いは更に小さくなることが見込まれる。

なお、高度化方式による双方向化により基地局からの送信が追加されたことに関して、基地局送信に対して固定運用される準天頂衛星システム地上系設備に対しては、その設置形態も考慮して、干渉が予想される場合は4K・8K用 FPU 運用者と運用調整等について協議を行うことで共用可能であると考えられる。