

情報通信審議会 情報通信技術分科会
陸上無線通信委員会
5. 2GHz帯及び6GHz帯無線LAN作業班 報告（案）

平成14年9月30日付け諮問第2009号

「小電力の無線システムの高度化に必要な技術的条件」のうち
「無線LANシステムの高度化利用に係る技術的条件」のうち
「6GHz帯無線LANの導入のための技術的条件」

令和4年XX月XX日
陸上無線通信委員会
5.2GHz帯及び6GHz帯無線LAN作業班

目次

第 1 章 検討の背景	3
1.1. 検討事項	3
1.2. 委員会及び作業班の構成.....	3
1.3. 検討経過	3
1.4. 検討の背景.....	4
第 2 章 6GHz 帯無線 LAN システムの概要	6
2.1. 無線 LAN の利用動向と需要予測.....	6
2.2. 6GHz 帯無線 LAN の特徴や期待	10
第 3 章 6GHz 帯無線 LAN の国際動向	16
3.1. 6GHz 帯無線 LAN 標準化動向	16
3.1.1. IEEE における無線 LAN の標準化動向.....	16
3.1.2. Wi-Fi Alliance における認証の動向.....	18
3.2. ITU における 6GHz 帯周波数の検討状況.....	18
3.3. 6GHz 帯無線 LAN 諸外国動向	19
第 4 章 国内の 6GHz 帯無線 LAN の利用シーンや将来動向	23
4.1. 6GHz 帯無線 LAN の新たな利用ニーズ	23
4.2. 6GHz 帯無線 LAN の普及予測	24
第 5 章 6GHz 帯無線 LAN システムの周波数共用検討のための仕様	30
5.1. 必要なチャンネル数.....	30
5.2. 6GHz 帯無線 LAN の運用形態	30
5.3. 周波数共用検討に用いる無線 LAN の電力.....	31
第 6 章 他のシステムとの周波数共用検討	32
6.1. 周波数共用検討の前提条件.....	32
6.1.1. 6GHz 帯を利用する既存システムの概要.....	32
6.1.2. 周波数割当て状況	33
6.1.3. 既存無線システムの利用形態	34
6.2. 周波数共用検討における基本的な考え方.....	35
6.3. 個別システムとの周波数共用検討結果.....	36
6.3.1. 無線 LAN (与干渉) のモデル (各システム共通部分)	36
6.3.2. 周波数共用検討の手法	37
6.3.3. 固定通信システムとの共用検討	42
6.3.4. 衛星通信システム (アップリンク) との共用検討	73
6.3.5. 放送番組中継システムとの共用検討	80
6.3.6. 電波天文との共用検討 (6650-6675.2MHz)	117
6.3.7. 6GHz 無線 LAN の運用条件と筐体条件.....	121
6.3.8. SP モードの考察.....	123
6.3.9. 既存システムから無線 LAN への干渉の扱いについて	125
6.3.10. 6GHz 帯の無線 LAN 以外の免許不要システムの扱いについて	125
6.4. 周波数共用検討結果のまとめ.....	126
第 7 章 6GHz 帯無線 LAN システムの技術的条件	129
7.1. 一般的条件.....	129

7. 1. 1. 無線周波数帯	129
7. 1. 2. 周波数チャンネル配置	129
7. 1. 3. 周波数チャンネル使用順位等	129
7. 1. 4. 周波数の使用条件	130
7. 1. 5. 伝送速度（周波数利用効率）	130
7. 1. 6. 通信方式	131
7. 1. 7. 接続方式	131
7. 1. 8. 変調方式	131
7. 1. 9. 監視制御機能システム設計上の条件	131
7. 2. 無線設備の技術的条件	132
7. 2. 1. 送信装置	132
7. 2. 2. 受信装置	136
7. 2. 3. 電気通信回線設備との接続	136
7. 2. 4. 混信防止機能等	136
7. 2. 5. 電波防護指針	137
7. 2. 6. 測定法	137
第 8 章 今後の検討課題	143
8. 1. 無線 LAN の更なる高度化検討	143
8. 2. 無線 LAN と既存無線システムとの周波数共有の促進方策の検討	143
別表 1	146
別表 2	147
参考資料	150

第 1 章 検討の背景

1.1. 検討事項

陸上無線通信委員会（以下「委員会」という。）は、情報通信審議会諮問第 2009 号「小電力の無線システムの高度化に必要な技術的条件」（平成 14 年 9 月 30 日諮問）のうち、「無線 LAN システムの高度化利用に係る技術的条件」のうち「6GHz 帯無線 LAN の導入に必要な技術的条件」について検討を行った。

1.2. 委員会及び作業班の構成

委員会の構成は別表 1 のとおりである。

検討の促進を図るため、委員会の下に設置されている 5.2GHz 帯及び 6GHz 帯無線 LAN 作業班（以下「作業班」という。）において、6GHz 帯無線 LAN の導入に必要な技術的条件について調査を実施した。

作業班の構成は別表 2 のとおりである。

1.3. 検討経過

（1）委員会における検討

① 第 64 回陸上無線通信委員会（令和 3 年 4 月 8 日）（メール審議）

「小電力の無線システムの高度化に必要な技術的条件」のうち、「無線 LAN システムの高度化利用に係る技術的条件」の検討開始並びに 5.2GHz 帯自動車内無線 LAN 及び 6GHz 帯無線 LAN 周波数拡張に係る技術的条件に関する調査の進め方の検討を行った。

② 第 67 回陸上無線通信委員会（令和 3 年 10 月）（メール審議）

作業班において検討が行われ取りまとめられた、6GHz 帯無線 LAN と既存の無線システムとの周波数共用に関する中間報告を行った。

（2）作業班における検討

① 第 1 回 5.2GHz 帯及び 6GHz 帯無線 LAN 作業班（令和 3 年 4 月 27 日）

無線 LAN 高度化に係る技術的条件の検討開始に至る経緯説明、5.2GHz 帯無線 LAN の標準化動向及び利用動向並びに 6GHz 帯無線 LAN の標準化動向、諸外国動向及び利用動向に関する説明がなされた。また 6GHz 帯の周波数を使用する既存無線システム（固定通信システム、固定衛星通信システム、放送番組中継システム）の運用状況に関する説明がなされ、今後の検討の進め方等の検討を行った。

② 第 2 回 5.2GHz 帯及び 6GHz 帯無線 LAN 作業班（令和 3 年 6 月 29 日）

5.2GHz 帯自動車内無線 LAN の導入のための既存無線システムとの周波数共用条件及び 5.2GHz 帯自動車内無線 LAN の技術的条件の検討を行った。また 6GHz 帯無線 LAN と既存無線システムとの共用検討に関する検討を行った。

③ 第 3 回 5.2GHz 帯及び 6GHz 帯無線 LAN 作業班（令和 3 年 9 月 7 日）

5.2GHz 帯自動車内無線 LAN の導入のための技術的条件をとりまとめた作業班報告書案の検討を行った。また 6GHz 帯無線 LAN と既存無線システムとの共用検討に関する検討を行うとともに、陸上無線通信委員会への中間報告について検討を行った。

第3回作業班終了後に5.2GHz帯自動車内無線LANの導入のための技術的条件に関する報告書案について確認作業を行い、修正意見を反映した作業班報告書案を取りまとめた。また6GHz帯無線LANと既存無線システムとの共用検討に関する中間報告案を取りまとめた。

- ④ 第4回5.2GHz帯及び6GHz帯無線LAN作業班（令和3年12月24日）
6GHz帯無線LANと既存無線システムとの共用検討に関する検討結果をとりまとめ、作業班報告書案を作成した。
- ⑤ 第5回5.2GHz帯及び6GHz帯無線LAN作業班（令和4年1月31日）
6GHz帯無線LANの導入に必要な技術的条件案をとりまとめた作業班報告書案を作成した。

1.4. 検討の背景

無線LANは、主に2.4GHz帯及び5GHz帯の電波を使用しており、新型コロナウイルスの感染防止に伴うテレワーク、オンライン会議やスポーツ競技のリモート観戦、オンラインによる番組・イベント配信等の利用増加など、トラヒック需要が見込まれており、無線LANシステムの高機能化及び使用周波数の拡大が急務となっている。

欧米では、無線LANの新たな周波数として、6GHz帯（5925MHz～7125MHz帯）への拡張を検討しており、また無線LANの国際標準規格を策定する米国電気電子学会（IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers、以下「IEEE」という。）では、無線LAN規格802.11ax及び後継規格802.11beの検討にあたり6GHz帯周波数の割当てを前提とした議論を行っている。

我が国では、6GHz帯の周波数は固定通信システム、衛星通信システム（アップリンク）及び放送番組中継システムが既に運用しており、無線LANの導入にあたっては周波数共用の検討が必要となる。

このような状況に鑑み、総務省では周波数再編アクションプラン（令和2年度第2次改定案）において、IEEEや諸外国における検討状況等を踏まえ、無線LANの6GHz帯（5925～7125MHz帯）への周波数帯域の拡張に係る技術的条件の検討を令和2年度中に開始することを目標に掲げている。

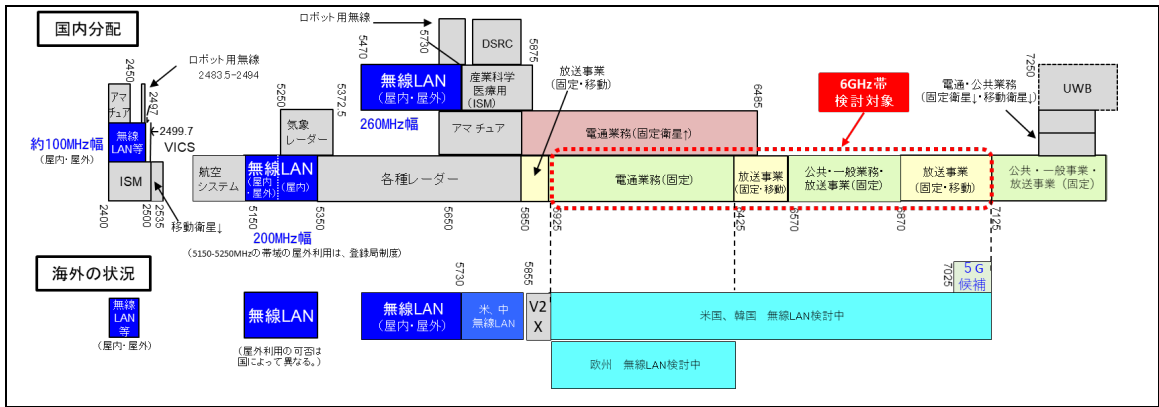
周波数再編アクションプラン(令和2年度第2次改訂版) [1](令和2年11月13日公表)(抜粋)

https://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban09_02000382.html

無線LANの更なる高度化等に向けた対応

将来のモバイル通信のトラヒック増や多様な利用ニーズに対応できる無線LANシステムの実現に向けて、他の無線システムとの共用条件等の技術的検討を進める。

IEEEや諸外国における検討状況等を踏まえ、無線LANの6GHz帯(5925～7125MHz)への周波数帯域の拡張に係る技術的条件を令和2年度中に開始する。



周波数再編アクションプラン（令和3年度版）において、6GHz帯（5925～7125MHz帯）の周波数共有の可能性を含む技術的条件の検討を行い、令和4年3月頃までに情報通信審議会において一部答申を得ることを目標に掲げている。

また、同アクションプランでは、公共業務用周波数の有効利用の促進のため、国や自治体等が使用する公共業務用無線局のうち、「他用途での需要が顕在化している周波数を使用するシステム」について、5Gや無線LAN等の需要が顕在化している他用途との周波数共有について検討を進め、これらの検討状況等について、2年周期で実施する電波の利用状況調査のみならず、当面の間は当該調査を補完するフォローアップを毎年実施することを掲げている。

周波数再編アクションプラン(令和3年度版) [2](令和3年11月15日公表)(抜粋)

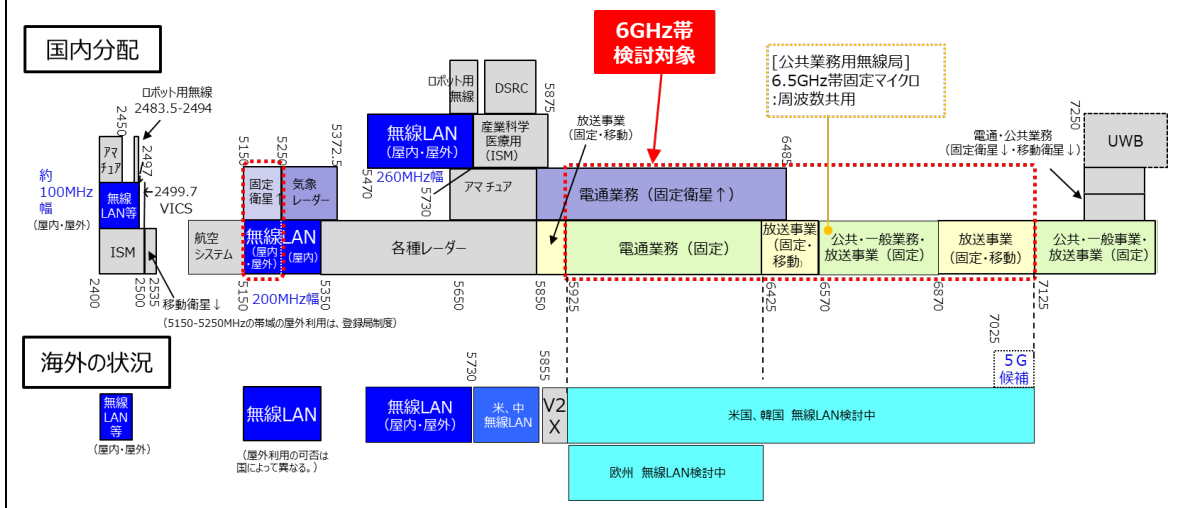
https://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban09_02000421.html

無線LANの更なる高度化等に向けた対応

IEEEや諸外国における検討状況等を踏まえ、無線LANの6GHz帯（5925～7125MHz帯）への周波数帯域の拡張に係る技術的条件の検討を開始しており、令和4年3月頃までに情報通信審議会において一部答申を得る。

【公共業務用周波数の有効利用の促進】関係

6.5GHz帯固定マイクロは周波数共有の検討を進めるとともに利用状況について、2年周期で実施する電波の利用状況調査のみならず、当面の間は当該調査を補完するフォローアップを毎年実施する。



このような背景を踏まえ、6GHz帯無線LANと既存無線システムとの周波数共有の可能性について検討を行い、6GHz帯無線LANの導入に必要な技術的条件の検討を行うこととした。

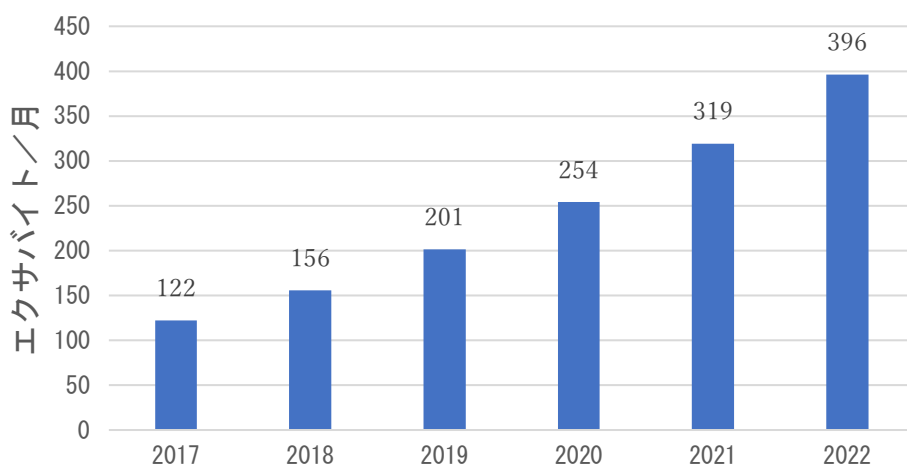
第 2 章 6GHz 帯無線 LAN システムの概要

2.1. 無線 LAN の利用動向と需要予測

2020 年初頭より、世界的な COVID-19（新型コロナウイルス感染症）の流行により、在宅勤務・リモート会議等が増加し、これに伴い、我が国の無線 LAN のトラフィック需要は増加している。また、モバイル端末での動画再生や無観客等による興行のオンライン配信、スタジアム以外でのスポーツ観戦、VR/AR、オンラインゲーム等での高速通信が求められており、オフロード対策としての無線 LAN の需要も高い。このような利用者の需要の高まりを受けて、無線 LAN の高度化が求められている。（図 2.1-1）

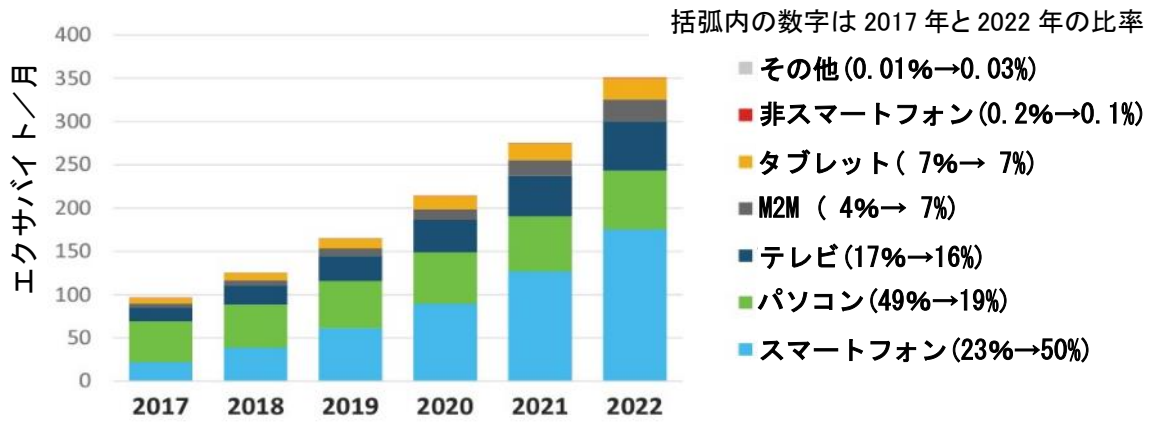
現行のマイクロ波帯の無線 LAN は利用可能な周波数帯が 2.4GHz 帯及び 5GHz 帯に限定されていることから、混雑時等にはトラフィック増加のため利用可能な周波数帯がひっ迫していた。より高速で安定した通信を可能とするため、無線 LAN の新たな周波数割当てを目指し、米国、欧州などでは、新たに 6GHz 帯での無線 LAN の使用が許可され、他の国でも検討が進められている。IEEE においても、802.11ax 規格で 6GHz 帯が導入され、802.11be 規格においても 6GHz 帯の利用を前提とした議論が行われている。

無線 LAN 機器は図 2.1-2 に示すようにスマートフォンが大きくトラフィックを伸ばしているが、その要因は図 2.1-3 からインターネットビデオの普及によるものと推定される。図 2.1-4 のように VR/AR によるトラフィック増加も見込まれており、これらを含む高精細映像配信の拡大により、高速大容量通信に関するニーズは今後ますます高まっていくものと考えられる。今後利用シーンとしてエンタメ、医療、工場での自動制御、スマートホーム等での活用が見込まれている。（図 2.1-5）



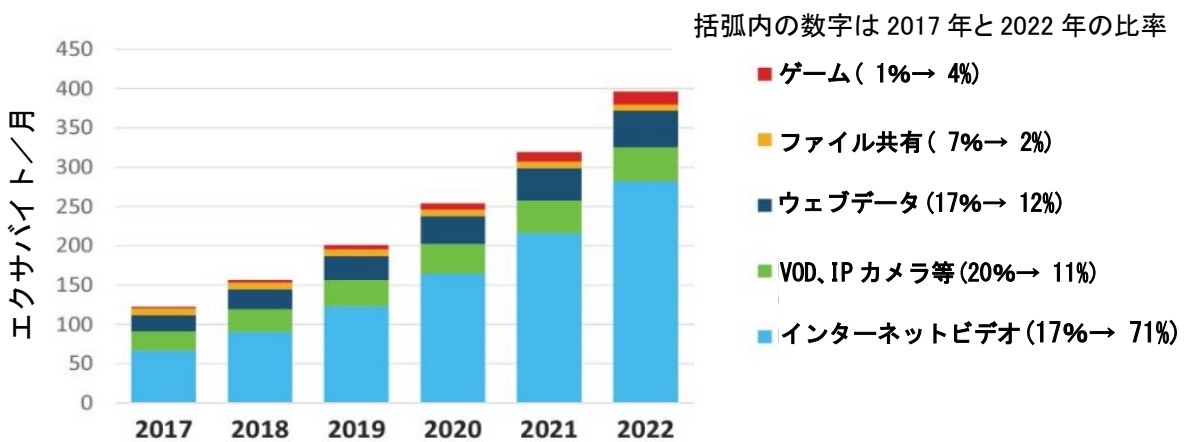
Cisco VNI Global IP Traffic Forecast, 2017-2022 [3]より

図 2.1-1 グローバル IP トラフィックの増加



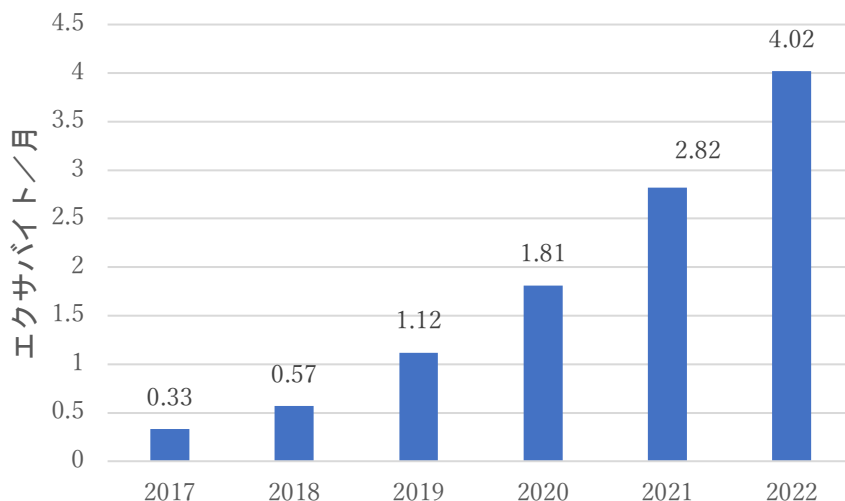
Cisco VNI Global IP Traffic Forecast, 2017-2022 [3]より

図 2.1-2 トラフィック増加の機器別内訳



Cisco VNI Global IP Traffic Forecast, 2017-2022 [3]より

図 2.1-3 トラフィック増加のアプリケーション別内訳



Cisco VNI Global IP Traffic Forecast, 2017-2022 [3]より

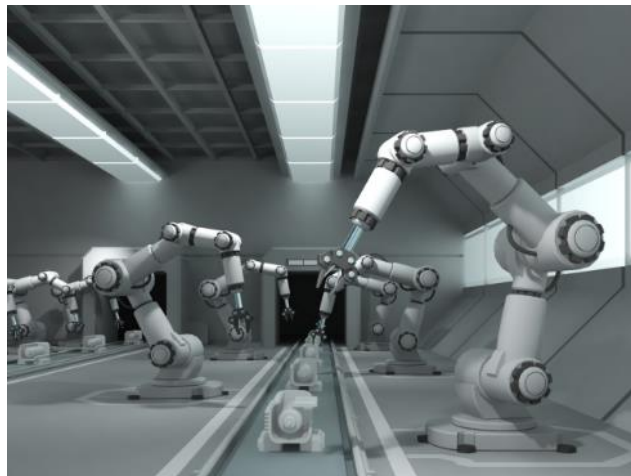
図 2.1-4 VR/AR によるトラフィック増加



AR(拡張現実)



VR(仮想現実)
ゲーム
エンターテインメント



工場等における
遠隔低遅延自制御
遠隔監視



医療における
高速データ伝送
遠隔モニタ



スマートホームにおける
8K 超高精細映像送信
高速無線 LAN

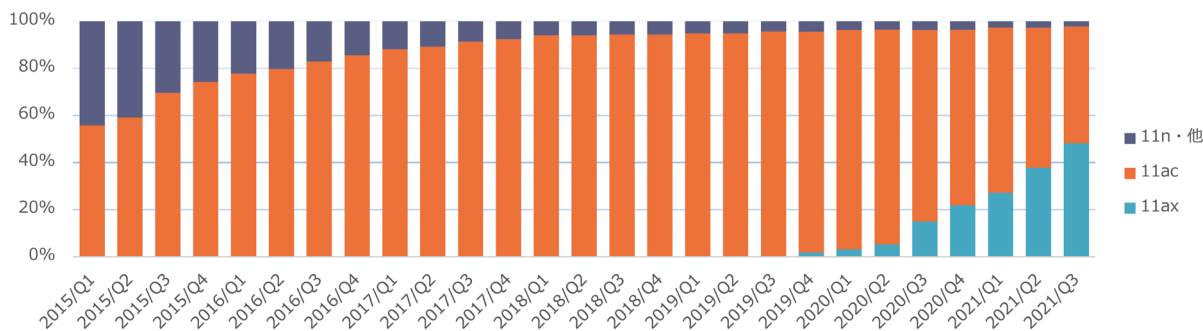
図 2.1-5 想定される利用シーン

(1) 国内における無線 LAN 機器の出荷・利用台数

民間の調査機関による2020年企業ネットワークの利用実態調査によると、無線LAN機器は国内メーカー3社が全体のシェアを占めていることが明らかになっている。これを参考に、無線LAN機器の出荷・利用台数については、当該メーカーの内1社の結果を引用することとした。

a) 消費者向けの無線 LAN の規格毎の出荷状況

図 2.1-6 に消費者向け無線 LAN アクセスポイント出荷台数の規格毎の販売構成比の推移を示す。無線 LAN の最新規格である IEEE802.11ax (Wi-Fi6) に対応した無線機器は次世代高効率無線 LAN の導入に向けた制度整備を受けて 2019 年末より販売が開始され、2021 年第 3 四半期には、販売構成比の約 48%に伸長している。この要因としては高速無線 LAN の需要増が考えられる。

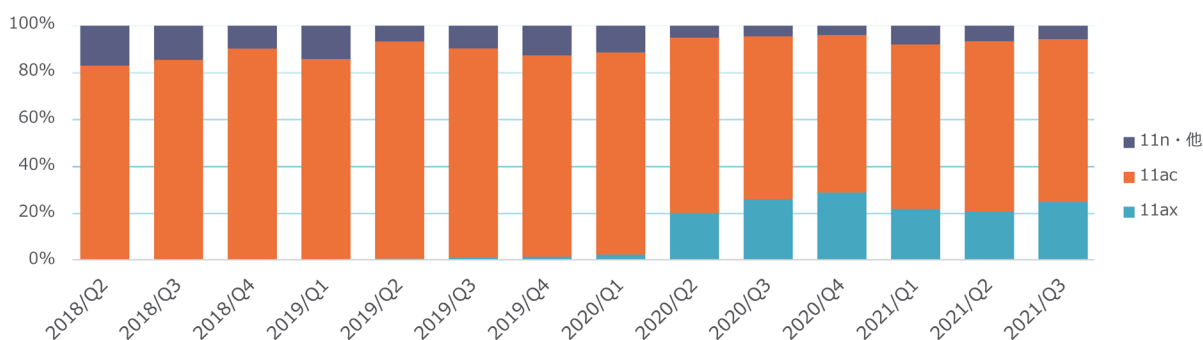


※無線 LAN アクセスポイント出荷台数 (事務局調べ)

図 2.1-6 消費者向け無線 LAN 製品の規格別販売構成比の推移

b) 企業・自治体向けの無線 LAN の規格毎の出荷状況

図 2.1-7 に企業・自治体向け無線 LAN アクセスポイント出荷台数の規格毎の販売構成比の推移を示す。IEEE802.11ax (Wi-Fi6) 対応製品は、2019 年より出荷開始され、2020 年第 3 四半期より、販売構成比の 20%程度になっている。この比率は 2021 年第 3 四半期までほぼ横ばいである。この要因としては機器更改を控える保守的な傾向が考えられる。



※無線 LAN アクセスポイント出荷台数 (事務局調べ)

図 2.1-7 企業・自治体向け無線 LAN 製品の規格別販売構成比の推移

c) 無線 LAN アクセスポイント製品の販売台数の伸び

図 2.1-8 に無線 LAN アクセスポイントの国内販売台数の 2020~2021 年の推移を示す。企業・自治体向けの販売台数は、2020 年第 4 四半期までは順調な伸びを示しているが、以降は急激に落ち込んでいる。前項目と同様に企業・自治体においては COVID-19 による投資意欲の減退、機器更改に関して保守的な傾向が前項目と同様に見られる。一方、消費者向けに関しては堅調であり、COVID-19 の影響もある程度見られるものの、2021 年度第 3 四半期になって回復傾向がうかがえる。

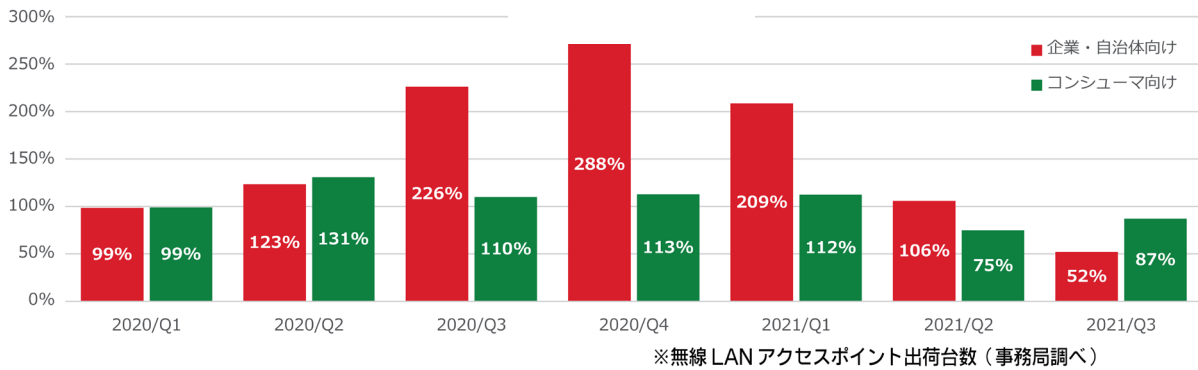


図 2.1-8 無線 LAN アクセスポイントの国内販売台数の推移

2.2. 6GHz 帯無線 LAN の特徴や期待

無線 LAN の既存の周波数帯（2.4GHz 帯及び 5GHz 帯等）に加えて、新たな周波数帯を開放することで、急増するトラフィック需要に対応する動きと、5G 等の他システムと高速無線 LAN の相互補完を志向する動きがある。欧米等の諸外国においては既に 6GHz 帯で無線 LAN を利用するための制度化検討が進んでおり、今後の無線 LAN 市場の動向が注目されている。

我が国における 6GHz 帯の無線 LAN の将来の需要動向や需要予測と、その特徴や期待を分析するために、無線 LAN に関係する 11 の事業者に対して、無線 LAN 市場への関わり方についてアンケート及びヒアリング調査を実施した。

アンケートの詳細は後述するが、アンケート調査結果から、アンケート対象者は 6GHz 帯の無線 LAN 製品に対して特に高機能な通信を期待していることが窺えた。6GHz 帯無線 LAN の利用場所としては、従来のオフィス・住宅等が見込まれている。また 6GHz 帯対応無線 LAN 製品に求める要素技術としては、高精細映像配信・VR/AR への期待が最も高く、エンタメ、医療、工場での自動制御、スマートホームの産業用途での活用が見込まれることがわかった。

ヒアリングの調査結果から、6GHz 帯無線 LAN への期待として「2.4GHz 帯の通信速度が遅いことや 5GHz 帯の DFS による通信の不安定性を解決する」、「ローカル 5G との比較でネットワーク構築に際し免許が不要であり、基地局設置・コアネットワーク等に係る費用が安価である」等が挙げられた。また、6GHz 帯は現在利用されている 2.4GHz 帯や 5GHz 帯に比べて周波数帯域が広がり、「帯域あたりの利用者数の数が相対的に少なくなると見込まれることから接続しやすい」、6GHz 帯では IEEE802.11ax や 802.11be の新規格に対応した無線 LAN 機器のみが導入されるため、「高いパフォーマンスが十分に期待できる」等が挙げられている。将来的に 320MHz の帯域幅の活用による 8K ディスプレイ等への超高精細映像送信の実現や、5G の高速通信と同等の通信速度の実現、ゲーム等での低遅延通信を実現するためにも必要である点も言及された。

(1) アンケート調査の対象

無線 LAN 市場に製品を提供する企業を「メーカー」、製品を顧客企業に導入する支援を実施する企業を「ベンダー」、そのような企業や市場全体の動向を把握する団体を「業界団体」と分類し、それぞれに調査事項を設定した。

表 2.2-1 調査対象者の区分と組織の主な事業概要

分類	組織の主な事業概要
メーカーA	電気機械器具卸売業 等
メーカーB	ICT 等の電気機器等の製品・サービス 等
メーカーC	電気通信機器・電気機器等の製造・販売 等
メーカーD	パソコン周辺機器の製造・販売 等
メーカーE	ゲーム&ネットワークサービス 等
ベンダーA	半導体の設計開発 等
ベンダーB	マイクロプロセッサ等の設計開発 等
ベンダーC	ITシステムやネットワークシステム 等
業界団体 A	電波利用システムに関する標準規格策定 等
業界団体 B	無線 LAN に関する普及促進 等
業界団体 C	ソーシャル・ネットワーキング・サービス 等

アンケート調査の詳細は下記のとおり。

実施期間： 2021年7月7日（水）～2021年7月28日（水）

実施方法： メールによる調査

回答対象者： 11事業者

回答者数： 11事業者

(2) アンケート調査の質問事項

メーカー、ベンダー及び業界団体への質問事項については次のとおり。

表 2.2-2 アンケート調査項目（メーカー）

明らかにすべき事項		確認事項	大項目		
回答者の基礎情報		回答者の現在の基礎情報はどのようなものか	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 氏名 ✓ 所属企業 ✓ 所属部門 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 役職 	
個別設問 メーカー	研究開発の現状と課題	製品の開発・販売状況はどうか 将来の販売・開発意向はどうか、 課題はなにか	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 自社製品の販売状況 ✓ 現在の研究開発状況 ✓ 開発中の製品 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 将来の開発意向 ✓ 将来の販売意向 ✓ 需要予測 	
	想定顧客動向	想定する顧客のニーズはなにか 想定ユースケースはなにか 要求スペックはどの程度か	<ul style="list-style-type: none"> ✓ ユーザーニーズ ✓ 利用フィールド ✓ 要素技術 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 産業用途 ✓ 通信速度 ✓ 屋外利用 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ スマートフォン利用 ✓ 帯域幅
	将来意向	6GHz帯の開放時期はいつか 6GHz帯開放時の利用内容・課題はどのようなものか	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 6GHz帯の開放時期 ✓ 帯域幅 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 利用用途 ✓ 将来課題 	

表 2.2-3 アンケート調査項目（ベンダー）

明らかにすべき事項		確認事項	大項目		
回答者の基礎情報		回答者の現在の基礎情報はどのようなものか	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 氏名 ✓ 所属企業 ✓ 所属部門 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 役職 	
個別設問 ベンダー	事業の現状と課題	製品の開発・販売状況はどうか 将来の販売・開発意向はどうか、 課題はなにか	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 製品販売状況 ✓ サービス販売状況 ✓ 現在の研究開発 	<ul style="list-style-type: none"> 状況 ✓ 開発中の製品 ✓ 開発中のサービス 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 将来の開発意向 ✓ 将来の販売意向 ✓ 需要予測
	想定顧客動向	想定する顧客のニーズはなにか 想定ユースケースはなにか 要求スペックはどの程度か	<ul style="list-style-type: none"> ✓ ユーザーニーズ ✓ 利用フィールド ✓ 要素技術 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 産業用途 ✓ 通信速度 ✓ 屋外利用 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ スマートフォン利用 ✓ 帯域幅
	外部要因への認識	6GHz帯の開放時期はいつか 6GHz帯開放時の利用内容・課題はどのようなものか	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 6GHz帯の開放時期 ✓ 6GHz帯へのサービスの開発予定 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 通信速度 ✓ 利用用途 ✓ 将来課題 	

表 2.2-4 アンケート調査項目（業界団体）

明らかにすべき事項		確認事項	大項目		
回答者の基礎情報		回答者の現在の基礎情報はどのようなものか	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 氏名 ✓ 所属企業 ✓ 所属部門 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 役職 	
個別設問 関連団体	業界団体の取り組み	製品の開発・販売状況はどうか 将来の販売・開発意向はどうか、 課題はなにか	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 日本市場の規模 ✓ 日本市場でのユースケース 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 需要予測 	
	最新の技術動向	市場のニーズはなにか 有望なユースケースはなにか 最新の技術動向はどうか	<ul style="list-style-type: none"> ✓ ユーザーニーズ ✓ 利用フィールド ✓ 要素技術 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 産業用途 ✓ 通信速度 ✓ 屋外利用 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ スマートフォン利用 ✓ 帯域幅
	標準化・他団体の動向	関連業界団体の動きはどうか 標準化団体の取組はどうか 6GHz帯Wi-Fiの注目動向はあるか	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 他団体との関わり ✓ 他団体の動向 ✓ 6GHz帯に期待する最大 	<ul style="list-style-type: none"> 通信速度 ✓ 注目企業 	

(3) アンケート結果のまとめ

1) 6GHz 帯対応の無線 LAN 製品に対してアンケート対象者の期待

6GHz 帯対応の無線 LAN 製品・サービスについて、広帯域の周波数を利用可能なため高速大容量通信の実現を期待する回答が最も多く、次に、低遅延通信・接続安定性の高い通信、同時多接続通信に関して期待が寄せられた。

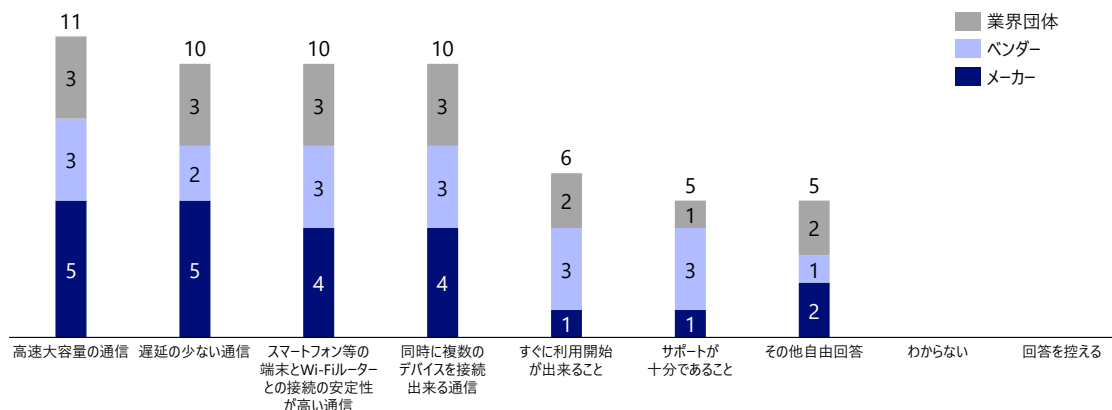


図 2.2-1 アンケート結果 (アンケート対象者の期待)

表 2.2-5 アンケート結果 (その他の回答)

分類	その他自由回答内容
メーカーC	同時通信時の安定性
メーカーE	屋外での使用
ベンダーC	地域振興、高齢者支援、在宅ワーク・遠隔授業、セキュリティなどを含めたサービスセット
業界団体B	アンライセンスバンドを安定して利用できることが求められていると思うが、それを実現するためにも利用可能な周波数が6GHz帯に広がることは有効だと思う。
業界団体C	AR/VR ウェアラブルデバイスとの接続

2) 6GHz 帯の電波を使用した無線 LAN 製品・サービスについて活用される場面

6GHz 帯対応の無線 LAN 製品・サービスについて、特に住宅・オフィス・工場、公共施設等での屋内利用を望むとの回答が多く得られた。このほか、観光地やオフィス街、商店街、公園等の屋外利用を望む回答も寄せられた。

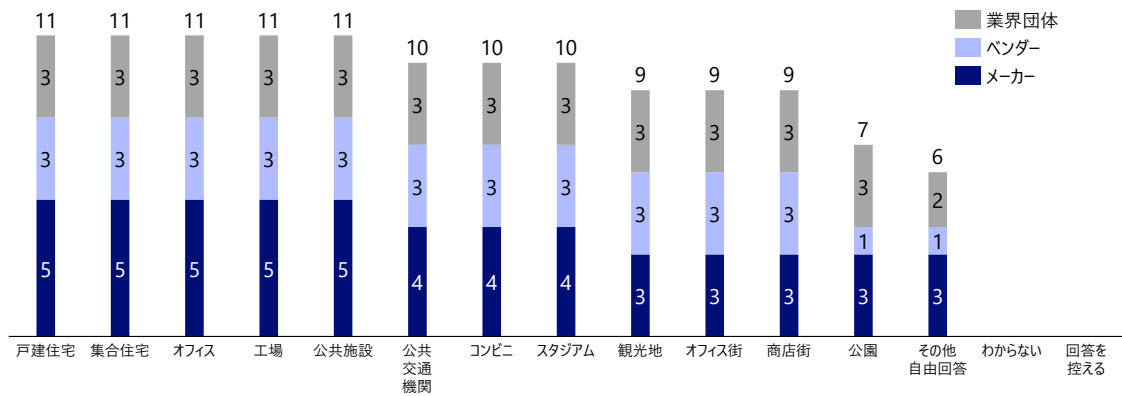


図 2.2-2 アンケート結果（活用される場面）

表 2.2-6 アンケート結果（その他の回答）

分類	その他自由回答内容
メーカーA	利用可能な全ての場所
メーカーE	屋外全般（スマートフォンへのテザリング用途）
ベンダーC	高齢者支援施設、一次産業、遠隔医療
業界団体B	ニーズは場所によらずあると思うので、場所に特化したものではないと考える。
業界団体C	車載、もしくはウェアラブル

3) 6GHz 帯対応の無線 LAN 製品を取り扱う場合、製品はどの要素技術と組み合わせられて利用されるか。

6GHz 帯対応の無線 LAN 製品・サービスについて、高速・広帯域の特性を生かした高精細映像配信・VR/AR 等の技術の利用を見込むとの結果を得られた。

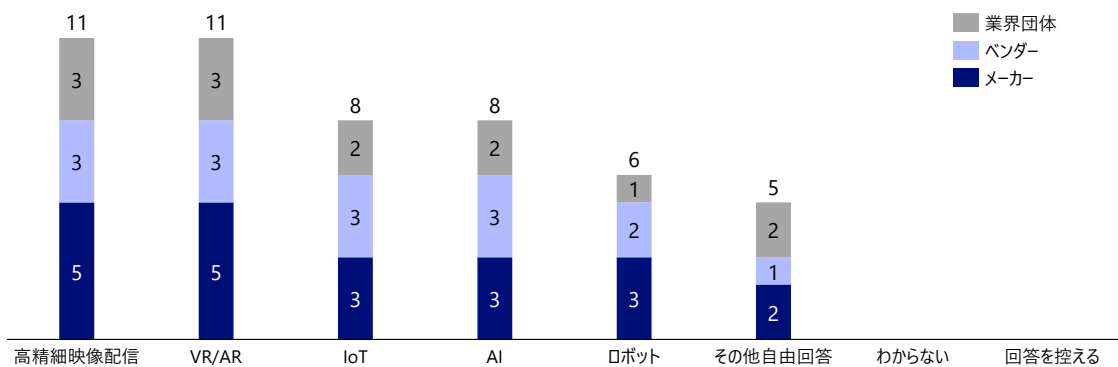


図 2.2-3 アンケート結果（その他の回答）

表 2.2-7 アンケート結果（要素技術との組み合わせ）

分類	その他自由回答内容
メーカーA	高鮮明度、超低遅延オーディオ
メーカーC	5G（セルラー）
メーカーE	オーディオの低遅延伝送
ベンダーC	“アバター含む” “バーチャル” オフィス・学校・高齢者の遠隔 DAY サービス他” 少子化、高齢者増、地域見守り対応サービス
業界団体 A	5G/6G セルラー技術、TSN（Time-Sensitive Networking）、センシング技術
業界団体 B	普段一般的に利用する PC、スマートフォンでの利用。※IoT は、家庭向けも含む。

4) 要素技術について、製品と組み合わせて利用される産業用途はどの分野を見込んでいるか。

6GHz 帯対応の無線 LAN 製品・サービスについて、特にエンタメ、医療、工場・オフィス、スマートホームの用途での活用を期待するとの回答が多数を占めた。次いで、交通・物流、スポーツの分野での活用が挙げられた。

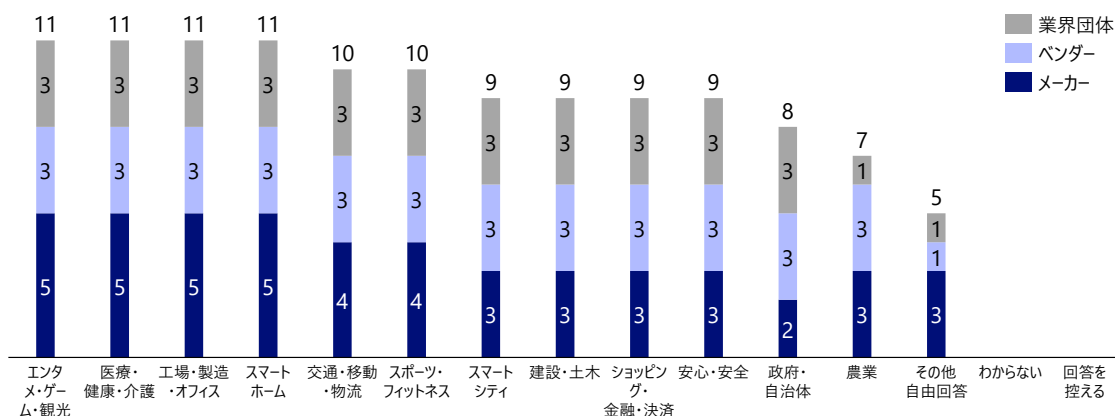


図 2.2-4 アンケート結果（要素技術と産業用途）

表 2.2-8 アンケート結果（その他の回答）

分類	その他自由回答内容
メーカーE	映像制作
ベンダーC	養殖系漁業、林業
業界団体 A	在宅勤務／リモートオフィス、学校（教育に含まれるかが分からなかったため）

第 3 章 6GHz 帯無線 LAN の国際動向

3. 1. 6GHz 帯無線 LAN 標準化動向

3. 1. 1. IEEE における無線 LAN の標準化動向

a) IEEE802. 11ax

IEEE802. 11ax は Wi-Fi Alliance で Wi-Fi 6/6E として認証されているものである。スマートフォンの急速な普及とそのスマートフォン等携帯機器への無線 LAN の標準搭載により、2010 年代に入ると増大する無線 LAN 機器間での干渉によりスループットが出ないという問題が新たにクローズアップされ、これまでのリンクレベル(アクセスポイントと端末間)のスループットではなく、システム全体でのスループット向上が必要として、IEEE802. 11ax 標準化活動が開始された(標準化活動の立ち上げを行う Study Group (SG) が 2013 年 5 月に立ち上がり、標準規格策定を行う Task Group (TG) は 2014 年 5 月に立ち上がった)。

IEEE802. 11ax は、アクセスポイント単位で構成される無線 LAN システムが多数ある場合や、1 台のアクセスポイントに多くの端末が接続するような混雑した環境でスループット(体感スピード。伝送レートに MAC 層での効率を織り込んだ値。)を、前規格 IEEE802. 11ac と比べて最低 4 倍改善する。2021 年 5 月 19 日に IEEE Std 802. 11ax-2021 [4] として発行された。なお、2021 年 2 月 26 日に発行された IEEE Std 802. 11-2016 以降に成立した拡張規格を統合した IEEE Std 802. 11-2020 に IEEE Std 802. 11ax-2021 を組み込む作業が現在進められている。

以降、IEEE802. 11ax の技術的な特徴を示す。IEEE802. 11ac が 5GHz 帯に特化したものだったのに対し、対象周波数帯は 1GHz~7. 125GHz とし、2. 4GHz 帯無線 LAN にも適用できるようにした。従来の 2. 4GHz 帯 IEEE802. 11b/g/n、5GHz 帯 IEEE802. 11a/n/ac に対する後方互換を保証する。また欧米での 6GHz 帯開放検討の動きを受けて、先行して新たに 6GHz 帯もカバーした。

チャネル幅はアクセスポイントに関しては IEEE802. 11ac と同じで 20/40/80MHz は必須、160MHz/80+80MHz はオプションの扱い、一方、端末に関しては伝送レートに対しての高い要求はないが低消費電力を追求する選択肢も必要なことを鑑み、20 MHz チャネル幅のみに対応する端末も許容する。

変調符号化方式として 1024-QAM を導入することで、最大伝送レートは、IEEE802. 11ac の 6. 9Gb/s (160/80+80MHz チャネル幅、8 ストリーム、256-QAM、ガードインターバル 0. 4 μ s) から 9. 6Gb/s (160MHz/80+80MHz チャネル幅、8 ストリーム、1024-QAM、ガードインターバル 0. 8 μ s) に向上している。

システムスループット向上技術としては、IEEE802. 11ax では IEEE802. 11ac で導入されたダウンリンク MU-MIMO に加え、アップリンク MU-MIMO、また SNS (ソーシャルネットワーキングサービス) などの短パケットトラヒックの多重に効果的なアップリンク・ダウンリンク OFDMA を新たに導入した。

またキャリアセンスレベルの調整をすることで空間の再利用効率を向上し、高効率化を実現する Spatial Reuse という技術も導入した。

その他、アクセスポイントと端末間でのトラヒック交換を細かくスケジューリングすることで低消費電力化と競合による衝突回避削減の両方を実現する Target Wake Time (TWT) などもある。

b) IEEE802. 11be

高速化系無線 LAN の最新標準化活動が IEEE802. 11be である。IEEE802. 11ax はシステムスループットを改善するものだったが、IEEE802. 11be ではリンクレベル

での高速化を今一度底上げすることに注力するとともに、これまで CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) をアクセス方式のベースとしているために苦手としていた遅延・ジッタの問題に IEEE 無線 LAN 標準化で初めて取り組む。SG は 2018 年 9 月に立ち上がり、TG は 2019 年 5 月から活動を開始した。本規格は将来的に Wi-Fi Alliance で Wi-Fi7 認証となるものである [5]。

周波数帯は 802.11ax が 1GHz~7.125GHz を対象としていたのに対し、欧米での動向を鑑み、さらなる周波数拡張の可能性もあるということで、1~7.250GHz としてはいるが、実質は今のところ 11ax と同じと考えて問題ない。6GHz 帯では IEEE802.11ax に対する後方互換を保証する。

Wi-Fi Alliance で Wi-Fi6 と同様に段階的な認証とすることを意識し、市場要求に応じて早期に第 1 弾の技術群を揃えるため、IEEE802.11be では技術群を高優先機能と低優先機能に分け、まずは高優先機能の標準化に注力するアプローチを取っている。高優先機能はドラフト第 2.0 版までに記載を完了し、その他の機能はドラフト第 3.0 版から入れることになっている。最新のドラフトは 2021 年 12 月段階でドラフト第 1.3 版であるが、そこに記載されている代表的な機能を以下で紹介する。

30Gb/s 超のスループット達成のために必要な伝送レート的高速化技術として、まずチャネルボンディングを利用したチャネル幅の拡大がある。IEEE802.11ac で拡張した 160MHz チャネル幅(11ax も踏襲)に対し、広帯域が確保できる 6GHz 帯において 320MHz チャネル幅を導入することになっている。またチャネルボンディング技術についての見直しを行い、IEEE802.11ac で導入された non-contiguous channel の 80+80MHz は実際の市場であまり使われていないことから、IEEE802.11be を用いた通信では定義せず、また 320MHz に対しても 160+160MHz は定義していない。干渉などで連続したチャネル利用が難しい場合には、代わりに puncture (歯抜け)を使うアプローチである。なお、引き続き 20 MHz チャネル幅のみに対応する端末も許容する。

変調符号化方式としては、新たに 4096-QAM を導入する。ストリーム数は現段階では最大 8 ストリームであり、最小ガードインターバルは IEEE802.11ax と同様 $0.8\mu s$ であるため、現行ドラフト上での最大伝送レートは IEEE802.11ax の 2.4 倍である 23Gb/s となる。

高速化技術としてもう一つ大きく注目されているのがマルチリンクという、複数の無線リンクでパラレルに伝送する技術である。例えば上述の 6GHz 帯における 320MHz チャネル幅と組み合わせ、ある一つのリンクを 5GHz 帯で 160MHz チャネル幅確保し、もう一つのリンクを 6GHz 帯で 320MHz チャネル幅確保できるなら、IEEE802.11ax の 3 倍の高速化、6GHz 帯で 320MHz チャネル幅のリンクを 2 つ確保できるなら IEEE802.11ax の 4 倍の高速化が図れ、先の 4096-QAM と合わせると各々伝送レートとしては約 35Gb/s、46Gb/s となる。マルチリンクは複数のリンクがあることにより、干渉がある場合も適切なリンクにデータを振り分けて送信できることから、遅延・ジッタの改善にも寄与する。

この他に、OFDMA の拡張による多重時の 1 ユーザー当たりの高速化を図るため、IEEE802.11ax の OFDMA では 1 ユーザーに 1 resource unit (RU) の割当てに限定されていたところを、1 ユーザーに複数の RU 割当てを可能にするマルチ RU という技術が採用されている。また、低遅延が要求されるトラヒック用の送信期間を TWT を利用して確保する restricted TWT (rTWT) や緊急警報用トラヒックのアクセスを優先させる NSEP (National Security and Emergency Preparedness) Priority Access という機能もある。

2021年2月会合後にドラフト第0.3版をリリース、5月会合後にドラフト第1.0版をリリースし、コメント募集を行った。標準規格の承認は2024年を予定している。

3.1.2. Wi-Fi Alliance における認証の動向

IEEE では、802.11ax の標準化が終了し 802.11be の議論も進んでいる。Wi-Fi Alliance は 6GHz 帯対応 802.11ax、Wi-Fi6E として既に 9 機種のアksesポイント用機器を認証しており、2021 年第一四半期に米国で出荷が開始され、今後対応機器も増加すると予想される。

表 3.1-1 Wi-Fi Alliance で認証されたルーター

認証日	ブランド名	モデル名
2021/1/8	ON Semiconductor	QSR10GU-AX 8x8
2021/1/14	Linksys, LLC	MX8500
2021/3/16	Linksys, LLC	MR7500
2021/3/25	ASUSTeK Computer Inc.	ROG RAPTURE GT-AXE11000
2021/4/13	ON Semiconductor	QSR10GU-AX 8x8
2021/4/26	Linksys, LLC	MR7500
2021/4/26	Linksys, LLC	MX8500
2021/8/7	ON Semiconductor	QRE-AX2-T12-SH-100-WFA-GEVK
2021/8/19	Broadcom Corporation	BCM94912R6715W6ER2

出典： Wi-Fi CERTIFIED™ products by category [5]

調査日： 2021年11月23日

欧州での標準化や Wi-Fi Alliance での認証作業が進行中である。

3.2. ITU における 6GHz 帯周波数の検討状況

国際電気通信連合 (ITU) においては、各周波数帯の利用方法、衛星軌道の利用方法、無線局の運用に関する各種規程、技術基準等を始めとする国際的な電波秩序を規律する無線通信規則 (RR: Radio Regulations) の改正を行うために、各国主管庁及び ITU に登録している事業者等の関係団体の参加による世界無線通信会議 (WRC) を通常 3~4 年毎に開催している。前回の WRC は 2019 年に開催され (WRC-19)、次回は 2023 年に開催される予定である (WRC-23)。

WRC-23 の議題は WRC-19 において決議されており (決議 811 (WRC-19))、その一つに、6425-7125MHz 帯の IMT への追加割当がある (議題 1.2 [6])。

1.2 to consider identification of the frequency bands 3300-3400MHz, 3600-3800MHz, 6425-7025MHz, 7025-7125MHz and 10.0-10.5GHz for International Mobile Telecommunications (IMT), including possible additional allocations to the mobile service on a primary basis, in accordance with Resolution 245 (WRC-19);

また、本議題で参照されている決議 245 (WRC-19) [7] では、ITU-R (無線通信部門) において、移動通信システム (IMT) への追加割当として、7025-7125MHz 帯 (全世界)、6425-7025MHz 帯 (Region 1) を検討するよう要請している。

resolves to invite the ITU Radiocommunication Sector
(中略)

2 to conduct and complete in time for WRC-23 the sharing and compatibility studies¹, with a view to ensuring the protection of services to which the frequency band is allocated on a primary basis, without imposing additional regulatory or technical constraints on those services, and also, as appropriate, on services in adjacent bands, for the frequency bands:

- 3600-3800MHz and 3300-3400MHz (Region 2);
- 3300-3400MHz (amend footnote in Region 1);
- 7025-7125MHz (globally);
- 6425-7025MHz (Region 1);
- 10.0-10.5GHz (Region 2),

現在、ITU-R SG5（第5研究委員会）において、WRC-23 議題 1.2 に関して、7025-7125MHz 帯(全世界)及び 6425-7025MHz 帯(Region 1)の IMT への追加割当に関して周波数共用等の検討が行われており、今後の ITU-R の審議動向及び諸外国の動向等を注視する必要がある。

3.3. 6GHz 帯無線 LAN 諸外国動向

(1) 欧州（ロシアを含む）における検討状況

EU においては、欧州委員会 (EC) が 5945-6425MHz 帯を免許不要帯域として最終承認し、EC Decision [8] が 2021 年 6 月に発行された。6GHz 帯無線 LAN の利用に関して、屋内外での利用を認める超低電力モード (Very Low Power、以下「VLP モード」という) 及び屋内利用限定の低電力モード (Low Power Indoor、以下「LPI モード」という) の 2 つのクラスを認めるとともに、それぞれの利用条件等を決定した。各国政府は 2021 年 12 月 1 日までに制度整備を行うことが求められている。現状、欧州域内で 6GHz 帯下部の 5945-6425MHz を無線アクセスシステム (WAS: Wireless Access System)/無線 LAN (RLANs: Radio LAN) に割り当てた国は、英国、ドイツ、フランス、ノルウェー、アイスランド、エストニア等である。

6GHz 帯上部の 6425-7125MHz 帯の WAS/RLANs への割当については、チェコ電気通信庁の主導の下に、2021 年 11 月の ECC (Electronic Communications Committee) プレナリーにおいて、WAS/RLANs と 6425-7125MHz 帯の既存業務 (固定業務及び固定衛星業務) との共存に関する技術的条件について、欧州郵便電気通信主管会議 (CEPT) で調査を開始するかどうかを検討され、WGSE (Working Group Spectrum Engineering) のワークアイテムとすることが採択された。

一方、電波政策に関する欧州委員会の諮問機関である RSPG (Radio Spectrum Policy Group) は、2021 年 6 月に発表した「WRC-23 に関する暫定意見書」において、ミッドバンドの追加周波数需要に対応するため、6425-7125MHz 帯を 5G に利用可能とすることを提案している。

このため、欧州委員会では 6425-7125MHz 帯に関しては WAS/RLANs と 5G のいずれかの導入を視野に入れた検討を行うこととしている。

英国では、6425-7125MHz 帯への無線 LAN 周波数の割当てをめぐり、公開諮問において寄せられたパブリックコメントにおいて、IT 企業は WAS/RLANs への割当てを希望し、GSMA、ベンダー、通信事業者は IMT バンドへの割当てを提案している。

¹ Including studies with respect to services in adjacent bands, as appropriate.

規制当局 Ofcom(通信庁)は、WRC-23 の議題として IMT への割当が検討されていることから、国際的な動向を引き続き注視するとしている。

その後、2020 年 7 月に 5925-6425MHz 帯の無線 LAN の使用が認められた。LPI モード及び VLP モードの 2 種類が認められている。6425-7125MHz 帯については、「6GHz 上側帯域はモビリティや高データレートのサービスを要求している 5G ネットワークにとって価値がある。将来 5G が成功するために、拡張すべきではない。」といった反対意見があり、今後、何が最適かを再検討することとなっている。

ドイツは EC Decision に従い、2021 年 7 月に 5945-6425MHz 帯を無線 LAN に割り当てた最初の欧州内の国となった。

引き続いて、エストニアも 5945-6425MHz 帯を無線 LAN に割り当てた。

フランスとベルギーは、2021 年 10 月、5945-6425MHz 帯を無線 LAN に割り当てることを法制化した。

ロシアを含む RCC (Regional Commonwealth in the field of Communication: 通信分野におけるロシアなどの旧独立国家共同体地域連合) は 6425-7125MHz 帯を 5G に利用可能とすることを提案している。

(2) 北アメリカの検討状況

米国においては、6GHz 帯無線 LAN の利用に関して、屋内外での利用を認める標準電力モード(Standard Power、以下「SP モード」という)と、屋内のみ使用可能な低電力モード(Low Power Indoor、「LPI モード」という)の 2 つのクラスを、2020 年 4 月に FCC が承認した。いずれも最大周波数帯域幅は 320MHz となっている。6GHz 帯無線 LAN の出力は、標準電力と低電力の 2 つのクラスがあり、アクセスポイント(AP)と AP 制御下で AP に接続するクライアント(Client)で異なる等価等方輻射電力(e. i. r. p.)が許容されている。SP モードは 5925-6425MHz 帯及び 6525- 6875MHz 帯の周波数帯で使用可能で、AFC(自動周波数制御)による制御が必要となっている。AFCにより、主として固定通信回線と電波天文を保護している。屋外使用については、衛星回線の保護のため、仰角 30 度以上では e. i. r. p. 125mW の電力制限を設けている。LPI モードは 5925-7125MHz 帯の 1200MHz の周波数帯で屋内でのみ使用可能となっている。標準電力アクセスポイント及び屋内アクセスポイントの移動運用については、5925-6425MHz 帯の航空機(1 万フィート以上)での利用を除いて禁止している。SP モード及び LPI モードのデバイスについては、コンテンツベースのプロトコルの実装が必要となっている。なお、超低電力モード(Very Low Power、「VLP モード」という)の検討は未着手となっている。

カナダでは、2021 年 5 月に 6GHz 帯(5925-7125MHz 帯)における免許不要システムに関する制度を承認した。LPI モード及び VLP モードは 1200MHz、SP モードは 950MHz の帯域を無線 LAN に割り当てた。

(3) アジアにおける検討状況

韓国においては 2020 年 7 月に 5925-7125MHz 帯では LPI モードが、5925-6425MHz 帯では屋外で VLP モードの利用が認められている。

また、2021 年 12 月 3 日には科学技術情報通信部が電波振興週間イベントの一環で、Wi-Fi6E 実証結果報告会を実施した。Wi-Fi6E 実証事業は以下のとおり。

- ・ 8K 仮想現実リアルタイムストーリーミングサービスのデモ
- ・ 中継カメラと連携した Wi-Fi6E 共有器 1 台を通じて 100 台の端末で競技を同時視聴

- ・ コーヒーショップでの Wi-Fi6E 活用非対面注文サービスのデモ
このほかに、濟州空港内での Wi-Fi6E ローミングサービス、Wi-Fi6E による UHD 放送受信等のデモも行われた。Wi-Fi6E 市場活性化に向け、政府は出力基準緩和等の制度的支援を積極的に検討中と報告された。

(4) 南アメリカにおける検討状況

ブラジルの国立電気通信庁は、2021年2月26日に、5925-7125MHz帯において LPI モードと VLP モードを承認している。

アルゼンチンでは、5945-6425MHz帯での無線 LAN 利用について公開意見聴取を行った。(2020年12月14日)

コロンビアでは、5925-7125MHz帯における周波数利用についての公開意見聴取を実施した。(2020年12月16日～2021年1月18日)

コスタリカでは、6GHz帯無線 LAN 利用を含む周波数割当ての再編成について公開意見聴取を実施した。

メキシコの連邦通信協会は、5925-7125MHz帯の周波数帯の無線 LAN 利用に関し、2020年11月6日から40日間のパブリックコメントを実施した。

ペルーの運輸通信省は、2020年11月3日に6GHz帯無線 LAN を含む周波数利用の提案文書を公開、パブリックコメントを実施した。周波数帯は5925-6425MHz帯となっている。

(5) 中東における検討状況

アラブ首長国連邦の電気通信規制当局は、2020/12/28のニュースリリースで、無線 LAN 屋内利用(e. i. r. p. 250mW)のため5925-6425MHz帯を指定している。

サウジアラビアでは、2021年から2023年までの周波数利用展望(Spectrum Outlook for Commercial and Innovative Use 2021-2023) [9]等について公開意見聴取を行った(2021年1月28日～2021年2月28日)。利用展望の文書の中に5925-7125MHzにおける無線 LAN の利用が記載されている。

(6) アフリカにおける検討状況

アフリカでは、2021年8月にアフリカ周波数割当てプラン(AfriSAP)が採択された。その中には、5925-6425MHz帯の固定通信と固定衛星通信、6000-9000MHz帯の UWB SRDに加えて、5925-6425MHz帯の免許不要の無線 LAN が含まれている。

チュニジアでは、5925-7125MHz帯の低電力無線 LAN に必要な技術及び運用上の制限について、意見募集を行っている。

(7) 各国の周波数割当状況

各国における6GHz帯無線 LAN の周波数割当状況を図 3.3-1 に示す。

	室内	屋外	AFC	5925MHz	6425MHz	6525MHz	6875MHz	7125MHz
米国								
Standard-Power AP (AFC)	○	○	○	36 dBm e.i.r.p.			36 dBm e.i.r.p.	
Client connected to standard-power AP	○			30 dBm e.i.r.p.			30 dBm e.i.r.p.	
Low-Power AP	○			30 dBm e.i.r.p.				
Client connected to low-power AP	○			24 dBm e.i.r.p.				
EU								
Low-power	○			23 dBm e.i.r.p.				
Very low-power	○	○		14 dBm e.i.r.p.				
英国								
Low-power	○			24 dBm e.i.r.p.				
Very low-power	○	○		14 dBm e.i.r.p.				
カナダ								
Standard-Power AP (AFC)	○	○	○	36 dBm e.i.r.p.				
Low-power	○			30 dBm e.i.r.p.				
Very low-power	○	○		14 dBm e.i.r.p.				
韓国								
Low-power	○			2 dBm/MHz PSD				
Very low-power	○	○		14 dBm e.i.r.p.				
アラブ首長国連邦								
Very low-power	○			24 dBm e.i.r.p.				
ブラジル								
Low-Power AP	○			30 dBm e.i.r.p.				
Client connected to low-power AP	○			24 dBm e.i.r.p.				
Very low-power	○	○		17 dBm e.i.r.p.				

図 3.3-1 各国における 6GHz 帯無線 LAN の周波数割当状況 (2021 年 12 月現在、使用が認められているもの)

第 4 章 国内の 6GHz 帯無線 LAN の利用シーンや将来動向

4.1. 6GHz 帯無線 LAN の新たな利用ニーズ

6GHz 帯の電波を使用した無線 LAN のユースケースについて、無線 LAN 市場における各事業者等の現状を把握・整理すべく、事前に行ったアンケート調査に加え更に具体的な内容を把握すべくヒアリング調査を実施し、6GHz 帯の利用可能性について、アンケート調査で分類した調査対象者にヒアリング調査を実施した。

表 4.1-1 調査対象者の区分と組織の主な事業概要

分類	組織の主な事業概要
メーカーB	ICT 等の電気機器等の製品・サービス 等
メーカーC	電気通信機器・電気機器等の製造・販売 等
メーカーD	パソコン周辺機器の製造・販売 等
メーカーE	ゲーム&ネットワークサービス 等
ベンダーG	IT システムやネットワークシステム 等

ヒアリング調査の詳細は下記のとおり。

実施期間： 2021 年 9 月 29 日（水）～ 2021 年 10 月 7 日（金）

実施方法： メールによる調査

回答対象者： WEB 会議ツールを用いたインタビュー形式

ヒアリング項目： アンケート調査項目のうち、特に 6GHz 帯の必要性・ユースケース・ユーザーニーズ・今後の取り組みを聴取した

調査の結果、大きく 4 つの種類が提言された。それぞれ「通信機能そのものの高度化」、「遠隔ソリューション」、「高精細映像の提供」、「低遅延ソリューション」、に分類される。具体的な利用シーンとしては下記のとおり。

1) ヒアリング調査より

通信機能そのものの高度化

- 5G と同等の高速大容量通信が可能となる、6GHz 帯無線 LAN 対応のモバイル端末の開発
- 高速大容量の通信が可能なモバイル端末のテザリング機能の実装
- 無線 LAN スポットにおいて、接続の安定性の高い通信の実現

遠隔ソリューション

- 人手不足のオフィスや工場等で、人の動線確認・組立時の異常検知のために超高精細映像を活用する監視ソリューションの提供
- 学校教育において、多数端末を同時に安定した通信の実現
- インフラ分野や、コンビニ等の小売分野で、IoT ソリューションの活用
- 住宅分野で、VR/AR ソリューションを活用したテレワークや在宅授業、見守りサービスの提供

高精細映像の提供

- eスポーツに求められる、接続安定性の高い低遅延での通信の提供
- VR/AR ソリューションにおいて 8K や 16K の高精細映像の提供
- テレビ会議や公共交通機関のサイネージ、医療分野における超高精細映像の提供
- インフラ分野で AI を活用して、取得した映像から自動で異常を検知
- 医療や教育分野における 8K の高精細なアバターの実現

低遅延ソリューション

- 高齢者支援で、高速大容量・低遅延・双方向の通信を介して VR/AR の IoT ソリューションによる看護・介護等情報の提供
- 養殖系漁業・農業等の分野で、広範囲の遠隔監視情報を提供
- スタジアムにおける興行やスポーツ観戦における主催者・観客間での多接続通信による情報等の提供
- AI やロボット分野で、低遅延な通信によるリアルタイム制御の提供

4. 2. 6GHz 帯無線 LAN の普及予測

6GHz 帯の電波を使用した無線 LAN 製品・サービスの開発に向けた事業者の動きが存在する。調査対象事業者のほとんどが、既に研究開発に着手しており、将来製品を販売予定である。この動きの背景には、6GHz 帯活用による通信品質向上等のニーズが存在する。

そのような事業者の動きもあり、我が国で 2027 年時点での 6GHz 帯の電波を使用した無線 LAN 製品の市場は、後述する調査会社の報告によると 919 億円程度と予測される。

(1) 国内における製品の開発

1) アンケート調査より

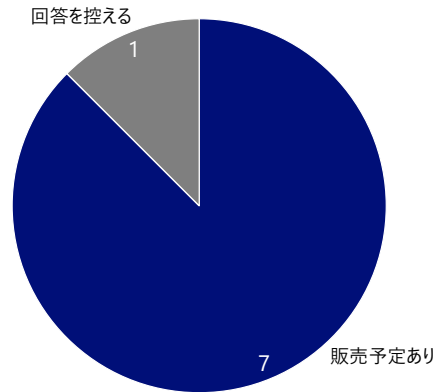
対象のほぼ全ての事業者が、日本において 6GHz 帯が無線 LAN 製品向けに開放された場合、製品を販売すると回答した。その事業者のうち、既に研究開発に着手している事業者が多数を占め、その他も 6 か月～1 年後の間には着手すると回答した。

【設問 1】

将来的に日本でも無線 LAN 向けに 6GHz 帯が開放された場合、日本市場で 6GHz 帯に対応した無線 LAN 関連製品を販売する見込みはあるか。

(単一回答)

(回答選択肢)
「販売予定あり」、「販売予定なし」、「わからない」、「回答を控える」



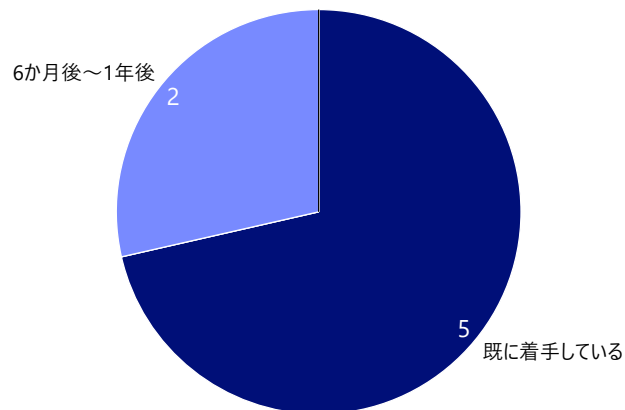
*) 「販売予定あり」、「回答を控える」以外の選択肢は回答数が0であった

図 4.2-1 アンケート結果 (6GHz 帯無線 LAN 製品の販売について)

【設問 2】

前問で『販売予定あり』と回答した事業者に 6GHz 帯対応の無線 LAN 製品の開発着手時期はどのタイミングか (単一回答)

(回答選択肢)
「既に着手している」、「現在～6か月後」、「6か月後～1年後」、「1年後～3年後」、「3年後～5年後」、「5年後以降」、「未定」、「わからない」、「回答を控える」



*) 「既に着手している」、「6か月後～1年後」以外の選択肢は回答数が0であった

図 4.2-2 アンケート結果 (6GHz 帯無線 LAN 製品の着手時期)

【設問 3】 6GHz 帯無線 LAN の必要性は何であると考えているか。

表 4.2-1 6GHz 帯無線 LAN の必要性

項目	必要な理由
帯域幅活用	<ul style="list-style-type: none">• 320MHz の帯域幅を活用することで、超高精細映像の実現が可能であるため。• 160MHz の帯域幅のチャンネルを現行の Wi-Fi6 よりも多く確保し、隣家との電波干渉を避けるため。
通信の安定性の向上	<ul style="list-style-type: none">• 2.4GHz 帯の通信速度の遅さや、5GHz 帯の DFS による通信の不安定性を解決し、高速大容量かつ広域で安定した通信を実現するため。
高速大容量通信	<ul style="list-style-type: none">• 高精細映像の利用ニーズを満たす高速大容量通信の実現のため。• 5G の高速通信と同等の通信速度を屋内においても実現するため。• 5G 対応スマートフォンで実現可能になった高速大容量の通信と同等の通信をスマートフォンのテザリングで実現するため。• ゲーム分野で求められる高速大容量と低遅延の通信を実現するため。
カスタマイズ性	<ul style="list-style-type: none">• 5G やローカル 5G に対して、コストが安く、増設や変更が容易で、セキュリティ面で安全であり、かつ高速通信と低速通信と双方向通信を実現するため。

2) ヒアリング調査より

上記ニーズをもとに製品の開発・販売を想定する事業者に、今後具体的にどのような取り組みかを聴取した結果、主に「ユースケース創発」、「通信品質向上」、「無線 LAN 規格関連開発」との回答を得た。

研究開発と並行して、無線 LAN 規格そのものに関連した開発への取組も予定されている。また市場の需要喚起を見据え、ユースケース創発に取り組むと回答した企業も存在した。

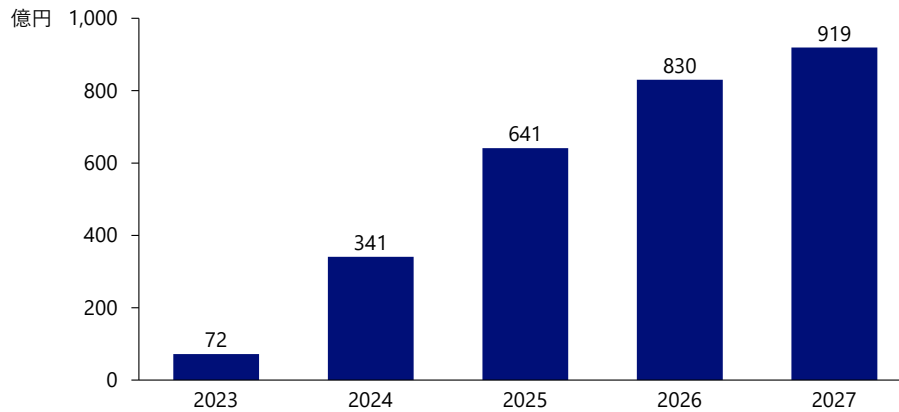
【設問 4】 6GHz 帯無線 LAN に関して、今後どのようなことに取り組む予定か。

表 4.2-2 今後の取り組みについて

項目	取り組み
ユースケース創発	<ul style="list-style-type: none"> ・住宅向けのテレワークや、在宅授業関連サービスの提供を行いたい。 ・オフィスや住宅内、公共交通機関向けに 6GHz 帯無線 LAN を用いた超高精細映像の活用に注力したい。 ・インフラ分野向けに、6GHz 帯無線 LAN を活用した IoT ソリューションの提供に注力する予定であるが、領域の制限は特にない。 ・ 6GHz 帯無線 LAN を活用した VR/AR ソリューションの提供も想定している。
通信品質向上	<ul style="list-style-type: none"> ・次世代無線 LAN に関して、電波の干渉が多い環境においても効率の良い通信の実現に注力したい。 ・有線通信・無線通信共に、理想的な通信速度からの通信速度の低下を可能な限り抑えた製品開発に注力したい。 ・個人向け・法人向け共に、途切れず安定した通信が可能な製品の開発に注力したい。
無線 LAN 規格関連開発	<ul style="list-style-type: none"> ・一次産業向けに一つのアクセスポイントで広範囲をカバーする無線 LAN の仕組み作り等に注力したい。 ・最新の無線 LAN 規格に対応したスマートフォンの迅速な提供に注力したい。

(2) 需要の予測

アンケート調査及びヒアリングの結果から、国内における 6GHz 帯の電波を使用した無線 LAN 関連機器市場の立ち上がりは 2023 年になると想定した。その上で、**図 4.2-3** に示すように、現状の無線 LAN 関連機器の市場規模およびトレンドを元に市場規模を算出した後、過去における新規格の市場への投入後の比率の変化を元に 6GHz 帯対応機器の比率の変化を予測した。さらに、6GHz 帯による市場の底上げ効果を加え、6GHz 帯対応無線 LAN 機器市場を算出した。



*) IDC Japan「国内企業向けネットワーク機器市場予測、2021年～2025年」、
 Wi-Fi alliance「The_Economic_Value_of_Wi-Fi-A_Global_View_2021-2025」、
 NRI独自アンケート調査結果よりNRI資産

図 4.2-3 6GHz 帯無線 LAN 市場規模予測（無線 LAN 機器）

(3) Wi-Fi 6E の出荷予測

Wi-Fi Alliance は、2020 年 5 月の報告で、Wi-Fi6E 機器の出荷台数は、2021 年の 2 億台から、2024 年には 15 億台になるだろうと予測している(図 4.2-4)。

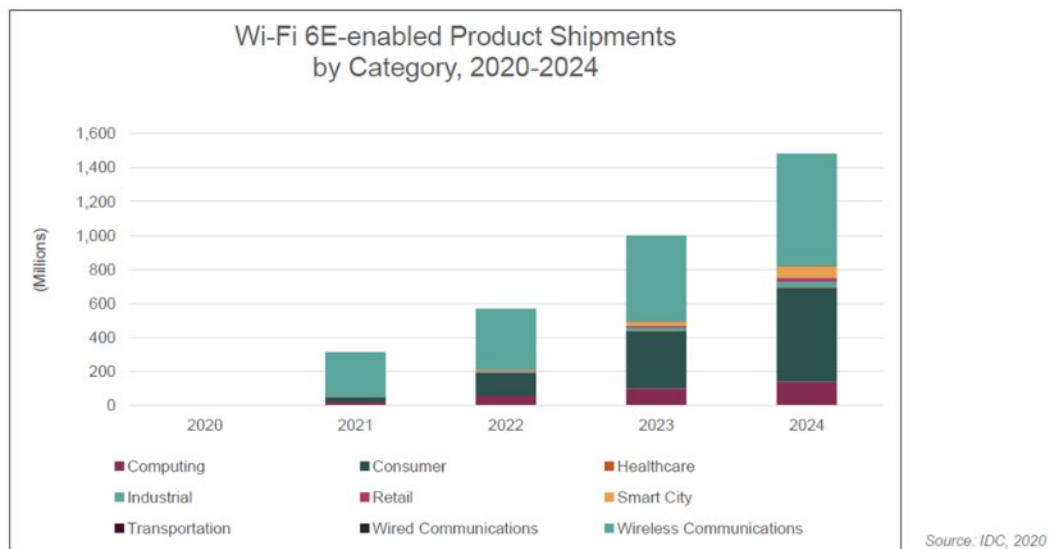


図 4.2-4 Wi-Fi6E の出荷予測 (Wi-Fi Alliance [10]より)

また、無線 LAN の世界経済への効果は、2021 年の 3.3 兆ドルから、2025 年には 4.9 兆ドルに拡大すると予想されており、日本経済については、2021 年の 28 兆 3630 億円 (2510 億ドル) から 2025 年には 36 兆 7250 億円 (3250 億ドル) に拡大すると予想している(図 4.2-5)。(換算レート: 1\$=113 円)

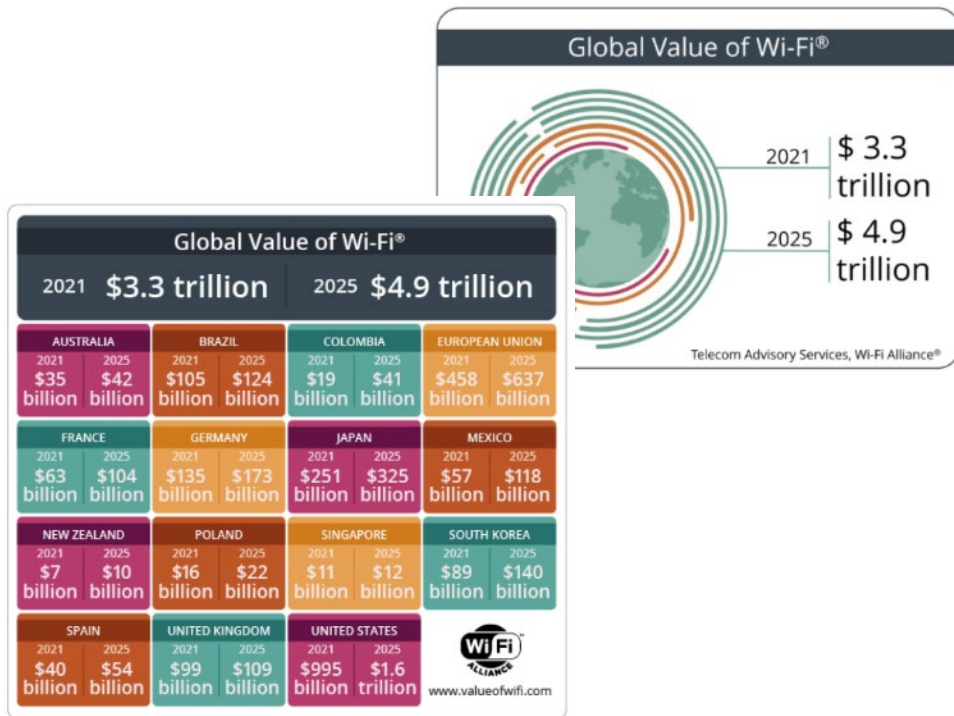


図 4.2-5 無線 LAN の経済効果予想 (Wi-Fi Alliance [10]より)

(4) 業界団体の予測台数

業界の団体から提供された Wi-Fi5(11ac)と Wi-Fi6(11ax)の認証デバイス数の推移を図 4.2-6 に示す。用途毎の内訳はないが認証毎に比較すると Wi-Fi6(11ax)認証デバイス数は、Wi-Fi 5(11ac)と同様の伸長傾向を示しており、Wi-Fi6E についても同様の推移をして拡大していくものと推測される。

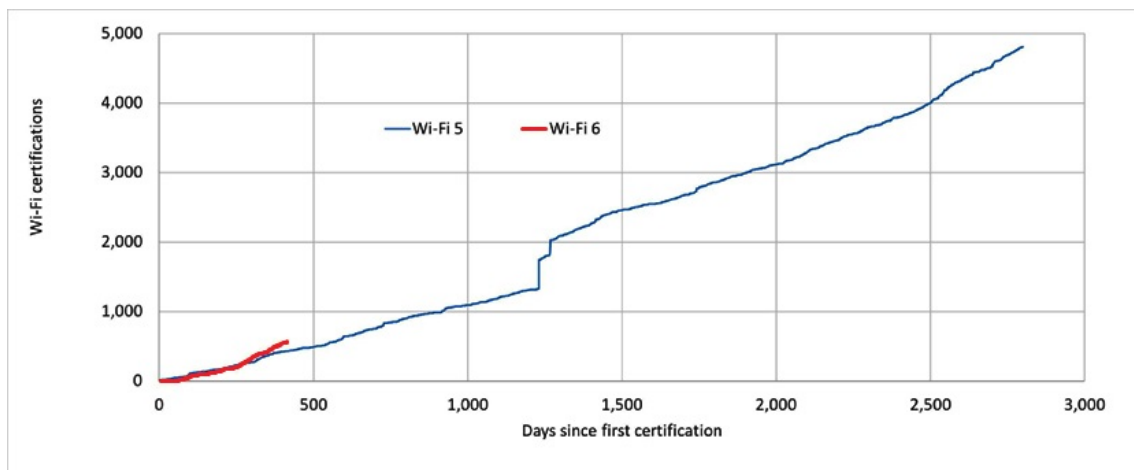


図 4.2-6 Wi-Fi5(11ac)と Wi-Fi6(11ax)の認証デバイス数の推移
(無線 LAN ビジネス推進連絡会 [11])

第 5 章 6GHz 帯無線 LAN システムの周波数共用検討のための仕様

5.1. 必要なチャネル数

6GHz 帯無線 LAN システムの周波数共用検討を行うにあたり、6GHz 帯無線 LAN システムの仕様を定める必要がある。

「第 2 章 6GHz 帯無線 LAN システムの概要」に記載の諸外国の利用動向を踏まえ、また無線 LAN の相互運用性を確保するため、6GHz 帯（5925-7125MHz 帯）の無線 LAN には、IEEE802.11ax 規格に準拠したチャネル配置が必要である。同規格では、5925-7125MHz 帯の周波数範囲内に、20MHz 幅、40MHz 幅、80MHz 幅、そして 160MHz 幅のチャネルが図 5.1-1 のように配置されている。

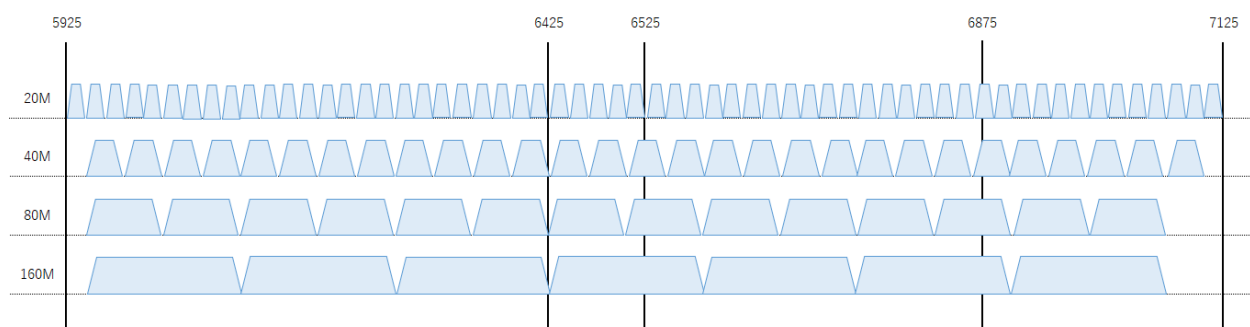


図 5.1-1 6GHz 帯無線 LAN システムのチャネル配置

諸外国では、各国の電波の利用状況や将来の周波数使用計画等を考慮し、この 6GHz 帯全帯域を無線 LAN に許可していない場合がある。

我が国における 6GHz 帯無線 LAN の周波数割当の可能性に関しては、「第 6 章 他システムとの周波数共用検討」の結果を踏まえ判断することとした。

5.2. 6GHz 帯無線 LAN の運用形態

諸外国における 6GHz 帯無線 LAN に適用される運用形態を下記に示す。

SP モード： 高出力で屋外・屋内利用を想定し、アクセスポイント (AP) が運用される場所の位置情報を用いてデータベースを参照し使用するチャネル、出力を決定する。ステーション (STA) はデータベースの情報に基づく運用パラメータで動作する AP に接続して使用される。

LPI モード： 屋内限定で運用するよう設計した AP、およびその AP に接続して動作する STA との間で運用される。

VLP モード： 送信電力を小さくすることで端末の運用場所、実装形態に制限がないモード。送信電力や周波数を制御する AP、およびその AP に接続して動作する STA との間で運用される。アクセスポイントと同等の制御が行われることを前提とした端末同士の無線通信のみにより構築されるネットワークの利用も想定される。

5.3. 周波数共用検討に用いる無線 LAN の電力

米国及び欧州における 6GHz 帯無線 LAN の e. i. r. p. 規定値を以下に示す。

(1) 米国における規格

6GHz 帯 (5925-7125MHz 帯) の無線 LAN が必要とする電力は以下のとおりである。

① LPI モード

AP: 30dBm e. i. r. p., 5dBm/MHz PSD
STA: 24dBm e. i. r. p., -1dBm/MHz PSD

② SP モード

AP: 36dBm e. i. r. p., 23dBm/MHz PSD
STA: 30dBm e. i. r. p., 17dBm/MHz PSD

米国では、6GHz 帯無線 LAN の利用に際して必要な電力で、かつ既存システムを保護することが可能なレベルとして規格化された。

(2) 欧州における規格

6GHz 帯 (5945-6425MHz 帯) の無線 LAN が必要とする電力は以下のとおりである。欧州では、AP と STA の送信電力は同一である。

① LPI モード 23dBm e. i. r. p., 10dBm/MHz PSD

② VLP モード 14dBm e. i. r. p., 1dBm/MHz PSD

欧州では、既存無線 LAN の運用レベルを参照し、業界団体から提出された電力に関する要求条件をもとに既存システムとの周波数共用検討を行い、使用可能な電力値を設定した。また、VLP モードの電力については、2.4GHz 帯などで SRD (Short Range Device) として定義されているカテゴリの多くが 14dBm を上限としているため、その値も参照された。

(3) 国内における規格 (5GHz 帯)

参考として、我が国の 5GHz 帯無線 LAN の e. i. r. p. は次のとおりである。

① 5.2GHz 帯 (5150-5250MHz) 23dBm e. i. r. p., 10dBm/MHz PSD

② 5.3GHz 帯 (5250-5350MHz) 23dBm e. i. r. p., 10dBm/MHz PSD *1

③ 5.6GHz 帯 (5470-5725MHz) 30dBm e. i. r. p., 17dBm/MHz PSD *1

*1: TPC (Transmission Power Control) を具備しない場合はこの半分

6GHz 帯無線 LAN の欧米の規格化状況及び国内における 5GHz 帯無線 LAN の制度化状況を参考に、6GHz 帯無線 LAN の電力について LPI モードは 23dBm e. i. r. p.、VLP モードは 14dBm e. i. r. p. を基準として、周波数共用検討を行った。

第 6 章 他のシステムとの周波数共用検討

6. 1. 周波数共用検討の前提条件

6. 1. 1. 6GHz 帯を利用する既存システムの概要

我が国では、6GHz 帯（5925-7125MHz 帯）の周波数は固定通信システム（表 6. 1-1）、衛星通信システムアップリンク（表 6. 1-2）及び放送番組中継システム（表 6. 1-3）が既に運用している。無線 LAN の帯域拡張にあたっては周波数共用検討が必要となる。

表 6. 1-1 固定通信システム

対象システム	参照規則	用途	周波数
6. 5GHz 帯または 7. 5GHz 帯 陸上移動業務の公共業務を行う基地局または陸上移動局	無線設備規則第 49 条の 25 の 2	公共業務	6570 - 6870 MHz
5. 8, 6, 6. 4, 6. 9 GHz 帯 電気通信業務用固定局	無線設備規則第 58 条の 2 の 4 第 1 項	電通業務(固定)	5850 - 5925 MHz 6425 - 6570 MHz 6870 - 7125 MHz
6GHz 帯 電気通信業務用固定局	無線設備規則第 58 条の 2 の 4 第 2 項	電通業務(固定)	5925 - 6425 MHz
6. 5GHz 帯または 7. 5GHz 帯の固定局	無線設備規則第 58 条の 2 の 4 の 2	電通業務 公共業務 その他	6570 - 6870 MHz

注：公共業務には公共・安全に関わる重要業務が含まれる

表 6. 1-2 衛星通信システム

対象システム	参照規則	用途	周波数
静止衛星の中継により携帯移動衛星通信を行う携帯基地地球局	無線設備規則第 49 条の 23	電通業務(固定衛星)	6345 - 6425 MHz (U/L) 4120 - 4200 MHz (D/L)
EEZ 外の海上利用携帯移動地球局 (ESV) 基地局からの制御を受ける携帯移動地球局	無線設備規則第 49 条の 24 の 2		5925 - 6425 MHz

表 6. 1-3 放送番組中継システム

対象システム	参照規則	用途	周波数
番組素材中継を行う固定局	無線設備規則第 37 条の 27 の 21 第 1 項	放送事業(固定)	5850 - 5925 MHz 6425 - 6570 MHz 6570 - 6870 MHz 6870 - 7125 MHz
番組素材中継を行う移動業務の無線局	無線設備規則第 37 条の 27 の 21 第 2 項	放送事業(移動)	5850 - 5925 MHz 6425 - 6570 MHz 6870 - 7125 MHz
放送番組中継を行う固定局	無線設備規則第 37 条の 27 の 22 第 1 項	放送事業(固定)	5850 - 5925 MHz 6425 - 6700. 375 MHz 6719. 875 - 6860. 375 MHz 6687. 875 - 7125 MHz
	無線設備規則第 37 条の 27 の 22 第 2 項	放送事業(固定)	5850 - 5925 MHz 6425 - 6570 MHz 6870 - 7125 MHz
	無線設備規則第 37 条の 27 の 22 第 3 項	放送事業(固定)	6700. 375 - 6719. 875 MHz 6860. 375 - 6867. 875 MHz
放送番組の監視を行う固定局	無線設備規則第 37 条の 27 の 23	放送事業(固定)	6700. 375 - 6719. 875 MHz 6860. 375 - 6867. 875 MHz

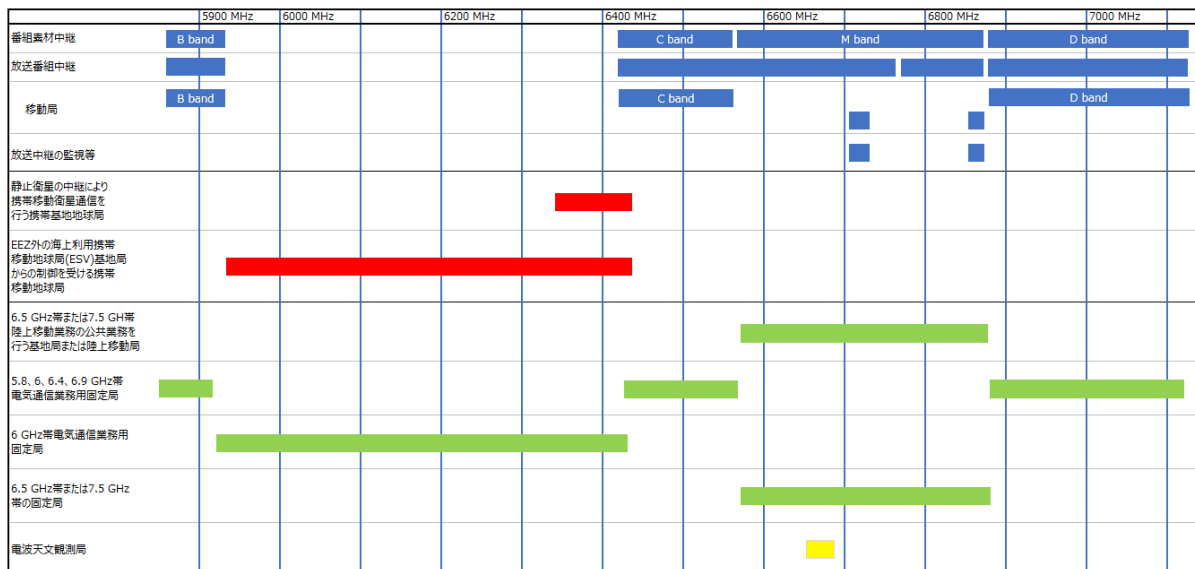


図 6.1-1 我が国の 6GHz 帯の周波数割当て状況

6.1.2. 周波数割当て状況

表 6.1-4 に本調査検討の対象となる周波数帯の現在の周波数分配表を示す。無線通信規則(RR：Radio Regulations)にて管理される国際分配では、6 GHz 帯(5925~7125MHz 帯)には「移動」が一次業務として分配されており、欧州始め諸外国では、本調査検討対象の無線 LAN システムを一次業務 (Co-Primary) として取り扱い、他システムとの共用検討が実施されている。

表 6.1-4 周波数分配状況

国際分配 (MHz)			国内分配 (MHz)		無線局の目的
第一地域 (1)	第二地域 (2)	第三地域 (3)	(4)		(5)
5925-6700	固定 5.457 固定衛星 (地球から宇宙) 5.457A 5.457B 移動 5.457C		5925-6425	固定 固定衛星 (地球から宇宙) J186	電気通信業務用 電気通信業務用 公共業務用
			6425-6570 J187	固定 固定衛星 (地球から宇宙) 移動	電気通信業務用 放送事業用 電気通信業務用 公共業務用 放送事業用
	5.149 5.440 5.458	6570-6870 J36 J187A	固定	電気通信業務用 公共業務用 放送事業用 一般業務用	
6700-7075	固定 固定衛星 (地球から宇宙) (宇宙から地球) 5.441 移動		6700-7075	固定衛星 (地球から宇宙) J161	電気通信業務用 公共業務用
			6870-7075	固定 固定衛星 (地球から宇宙) J161 移動	電気通信業務用 放送事業用 電気通信業務用 公共業務用 放送事業用
	5.458 5.458A 5.458B	7075-7125	固定 移動	電気通信業務用 放送事業用	
7075-7125	固定 移動 5.458 5.459		7075-7125	固定 移動	電気通信業務用 放送事業用 放送事業用

注 1 : 周波数の使用に関する条件

図中の分配は全て一次業務であるが、脚注 J*** で表記されているものの中に二次業務も含まれている。
周波数割当計画（令和 2 年総務省告示第 411 号）において、二次業務の無線局は、次の条件に従って開設することを条件に周波数の割当てを受けるとされている。

- ① 二次業務の無線局は、周波数が既に割り当てられ、又は後日割り当てられる一次業務の無線局に有害な混信を生じさせてはならない。
- ② 周波数が既に割り当てられ、又は後日割り当てられる一次業務の無線局からの有害な混信に対して保護を要求してはならない。

なお、表 6.1-4 の 6570-6870MHz 帯の公共業務の基地局または移動局は脚注 J187A で記述されており、二次業務の扱いとなっている。

電波天文業務が、国際分配では脚注 5.149、国内分配では脚注 J36 の下で 6650-6675.5MHz 帯を観測に使用している。

国際分配上、6700-7075MHz 帯は固定衛星業務（宇宙から地球）に一次業務で分配がなされ、脚注 5.441、5.458A、5.458B に従い、運用が求められており、世界的にはグローバルスター衛星が運用を行っている。

6.1.3. 既存無線システムの利用形態

6GHz 帯（5925-7125MHz 帯）の周波数を使用する固定通信システム、衛星通信システム及び放送番組中継システムの利用形態は以下のとおりである。

(1) 固定通信システム

電気通信業務・公共業務・一般業務用固定局のサービス形態例を図 6.1-2 に示す。

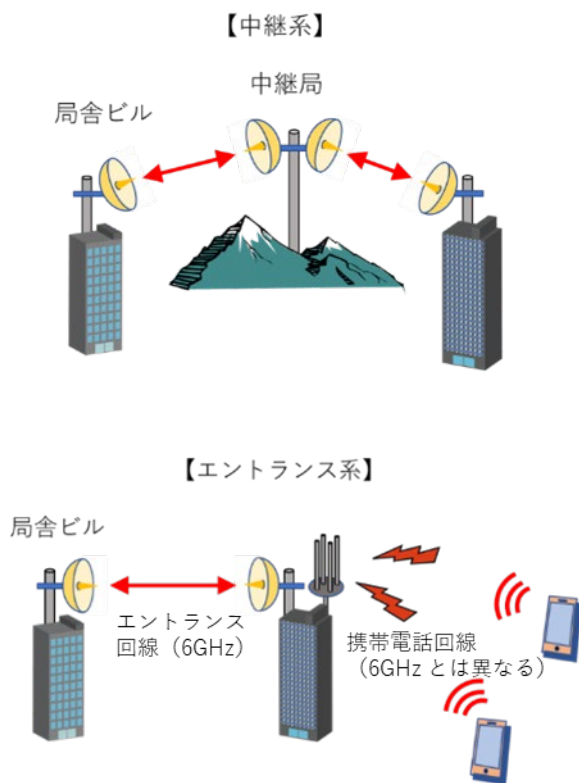


図 6.1-2 電気通信業務・公共業務・一般業務用固定局のサービス形態例

（ただし、図のエントランス系では、左側の矢印は 6GHz 帯を表すが、右側の携帯電話回線は 6GHz 帯ではない）

(2) 衛星通信システム（アップリンク）

衛星通信業務のサービス形態例を図 6.1-3 に示す。

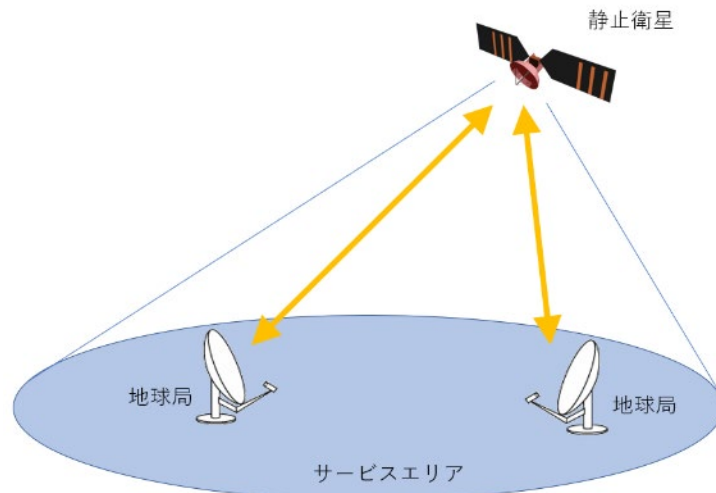
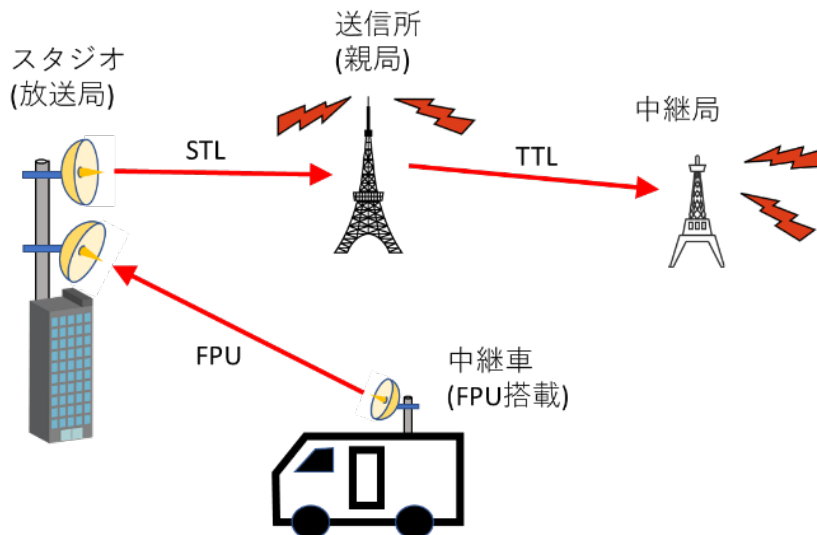


図 6.1-3 衛星通信業務のサービス形態例

(3) 放送番組中継システム

放送番組中継システムのサービス形態例を図 6.1-4 に示す。



STL (Studio-Transmitter Link) : 放送局のスタジオと送信所を結び番組を伝送する固定無線回線
TTL (Transmitter-Transmitter Link) : 送信所と送信所を結び番組を伝送する固定無線回線
FPU (Field Pick-up Unit) : 放送番組の映像・音声を取材現場(報道中継等)から受信基地局等へ伝送する放送事業用無線局

図 6.1-4 放送番組中継システムのサービス形態例

6.2. 周波数共用検討における基本的な考え方

周波数共用検討を実施するにあたり、以下に留意して検討を進めた。

(1) 固定通信システム

既存回線の安定通信を確保する。新規の無線設備の設置が行われることを考慮する。代替回線構築手段がない場所に設置され、重要度が高い回線もあり、既設の無線設備への影響を十分に配慮して検討を進める。

公共業務には、治安維持業務、海上保安業務、防災用途、電力安定供給のために整備している重要回線であることを考慮して検討を進める。

(2) 衛星通信システム

陸上での災害対策用・携帯電話不感地帯用及び海上での重要な通信手段として利用されているため、6GHz 帯無線 LAN からの干渉によりサービス品質に悪影響を与えないよう、十分なマージンを確保できるよう検討を進める。

(3) 放送番組中継システム

放送事業用無線局は、国民の知る権利にこたえる社会インフラであり、非常災害時には国民の生命・財産を守る重要な情報を確実に伝送する極めて高い公共性を有することを考慮し、放送用無線設備運用へ悪影響を与えないよう検討を進める。

(4) 電波天文

電波天文は極めて微弱な宇宙からの電波を受信して探求を行う業務で、僅かな干渉が測定そのものの信頼性を損なう可能性があり、有害な干渉を与えないための十分なマージンを確保できるように検討を進める。

6.3. 個別システムとの周波数共用検討結果

6.3.1. 無線 LAN(与干渉)のモデル (各システム共通部分)

(1) 与干渉送信機パラメータ

表 6.3-1~4 に示す。

表 6.3-1 与干渉送信機パラメータ

	値	備考
帯域幅	20MHz (10%) 40MHz (10%) 80MHz (50%) 160MHz (30%)	ECC report 302 [12] ETSI TR 103 524 [13]
空中線電力	VLP モード: 最大 25mW e. i. r. p. LPI モード: 最大 200mW e. i. r. p.	ECC Report 302/316 電力及び高さの分配については 表 6.3-2、表 6.3-3 を参照
送信アンテナ特性	最大利得: 0dBi ITU-R M. 1652-1 ² (Appendix2 to Annex6) [14]	
人体による損失	4dB	Outdoor (VLP) のみ適用 Rep. ITU-R M. 2292-0 [15]

² ITU-R の文書で Recommendation については特にその表記をせず、Report については” Rep. ” を付加して “Rep. ITU-R XXXX” のように表記する。

表 6.3-2 与干渉送信機空中線電力分配 (ECC Report302/316)

Indoor 空中線電力 (mW)	200	100	50	13	1	40	20	5	合計
分配率 (%)	9.81	4.39	13.76	39.63	5.62	1.85	12.25	12.69	100

Outdoor 空中線電力 (mW)	25	12.5	3.25	合計
分配率 (%)	6.92	45.7	47.36	100

表 6.3-3 与干渉送信機空中線の高さ分配 (ECC Report302/316)

空中線の高さ (m)	1.5	4.5	7.5	10.5	13.5	16.5	19.5	22.5	25.5	28.5	合計
Outdoor 分配率 (%)	95	2	2	0.5	0	0	0	0	0	0.5	100
Indoor 分配率 (%)	77.85	17.85	2.85	0.52	0.36	0.24	0.16	0.09	0.05	0.02	100

表 6.3-4 無線 LAN システムのアンテナパターン (ITU-R M.1652-1 (Appendix2 to Annex6))

仰角 : φ (度)	利得 (dBi)
$45 < \varphi \leq 90$	-4
$35 < \varphi \leq 45$	-3
$0 < \varphi \leq 35$	0
$-15 < \varphi \leq 0$	-1
$-30 < \varphi \leq -15$	-4
$-60 < \varphi \leq -30$	-6
$-90 < \varphi \leq -60$	-5

6.3.2. 周波数共用検討の手法

周波数共用検討を進めるにあたり、システム毎の条件を加味した机上シミュレーションと実証試験で検討を進めた。

シミュレーションは、シングルエントリーにより必要離隔距離を計算する手法と、モンテカルロ法により実際の使用状況を鑑みたアグリゲート干渉に基づく I/N 又は C/I で評価する手法の 2 通りで検討した。シングルエントリーによる手法は、被干渉機器に対し与干渉端末 1 局が与える影響を検討する手法で、最悪値の評価結果を得られるが、共用検討の判定には不稼働率（瞬断率）等の検討がさらに必要である。また、I/N での評価は、国内外で一般的に使用されている共用検討の手段であるが、使用されている現用回線に対しての影響を具体的に確認するため、回線瞬断率による評価を合わせて検討した。

なお、アグリゲート干渉におけるモンテカルロ法の使用理由は以下のとおりである。

無線 LAN の送信は、他システムとの周波数共用を前提にデザインされたものであり、キャリアセンスを行って無線媒体の使用を検知すると送信を延期する。IEEE802.11 無線 LAN では無線 LAN 同士の衝突を回避するため、無線媒体の使用がない場合でも即送信することではなく、各々がランダム時間待つ。従って、散発的でバースト的な送信として現れるため、確率的な事象としてその干渉の影響を評価する必要があり、モンテカルロ法を採用した。

実証試験は、被干渉機器と与干渉端末を全て有線で接続し、同一帯域及び隣接帯域における干渉が発生する D/U 比を測定する屋内試験と、固定通信システムにおいてはマイクロ回線とパラボラアンテナを使用し、無線 LAN 端末からの信号による干渉の影響を測定した。

6.3.2.1. 机上シミュレーション

(1) シングルエントリーによる干渉検討

ア. 必要離隔距離の検討

与干渉端末 1 局からの干渉量（シングルエントリー）を評価し、MCL（Minimum Coupling Loss）および必要離隔距離を算出する。

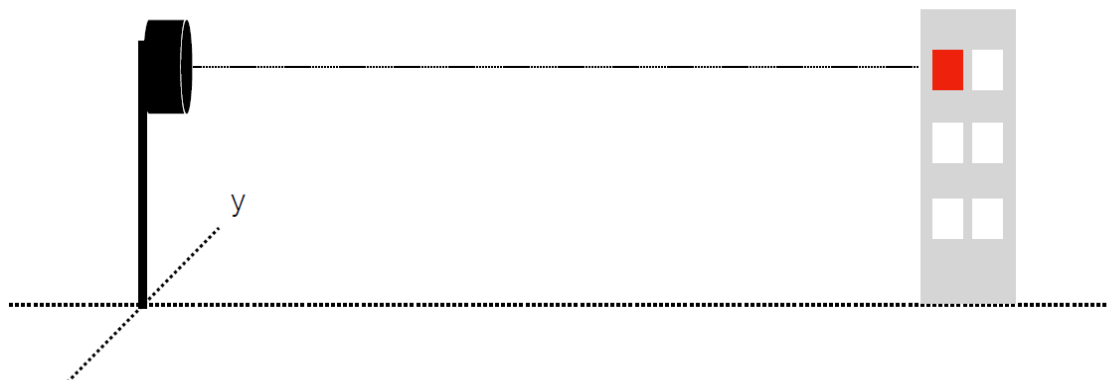


図 6.3-1 シングルエントリーのイメージ

MCL（Minimum Coupling Loss）は以下より算出する。

$$P_{\text{TxEIRP}} - L_{\text{Path}} - L_{\text{Clutter}} - L_{\text{Building}} + G_{\text{Rx}} \leq 10 \log(kT_0B) + NF_N + I/N$$

ここで、

P_{TxEIRP} : 与干渉端末の e. i. r. p. [dBW]

L_{Path} : 伝搬損失 [dB]

L_{Clutter} : 伝搬路上の障害物による減衰 [dB]

L_{Building} : 与干渉端末が建物内にあった場合の壁等による損失 [dB]

G_{Rx} : 与干渉端末方向への被干渉局アンテナの利得 [dB]

k : ボルツマン定数 = 1.380649×10^{-23} [J/K]

B : 被干渉局の受信帯域幅 [Hz]

NF_N : 被干渉受信機の NF [dB]

I/N : 干渉保護基準 [dB]

必要離隔距離は、得られた MCL と等価になる伝搬損失に基づき算出する。

放送システムでの伝搬損失の算出には下記を使用

～1km : 自由空間伝搬

1km 以上 : ITU-R P. 452-16 [16]

放送以外の固定通信システムではすべて ITU-R P. 452-16 を使用

※周波数共用検討時は ITU-R P. 452-16 を参照した。2021 年 9 月に ITU-R P. 452-17 がリリースされた。

イ. 回線保護基準による検討

電波法関係審査基準では、混信保護等の許容値が規定されている。

既存システムの実際のリンク情報(アンテナパターン、高さ、設置場所など)に基づき、下記計算方法で C/I を計算し、混信保護値の内、より厳しい値である「1波当たりの干渉波に対する値」と比較評価を行う。

具体的な計算手法

希望波 C 及び干渉電力 I については、最悪条件として、fmr (フェージングマージン) なしの標準受信入力値 (+/-3dB が定義されている場合はそれを考慮した最も厳しい条件) を用いる。

建物侵入損失を適用する場合は、実際のリンク情報に基づき ITU-R P. 2109-1 で定義される適切なモデルを用いる。

与干渉アンテナパターンは ITU-R M. 1652-1 (Appendix 2 to Annex 6) を適用する。

被干渉システムと与干渉システムの位置関係によって算出される Polarization Loss を考慮する。

被干渉システムのアンテナ利得について、水平角差 θ と仰角差 ϕ に応じて下記計算式を用いて算出する。

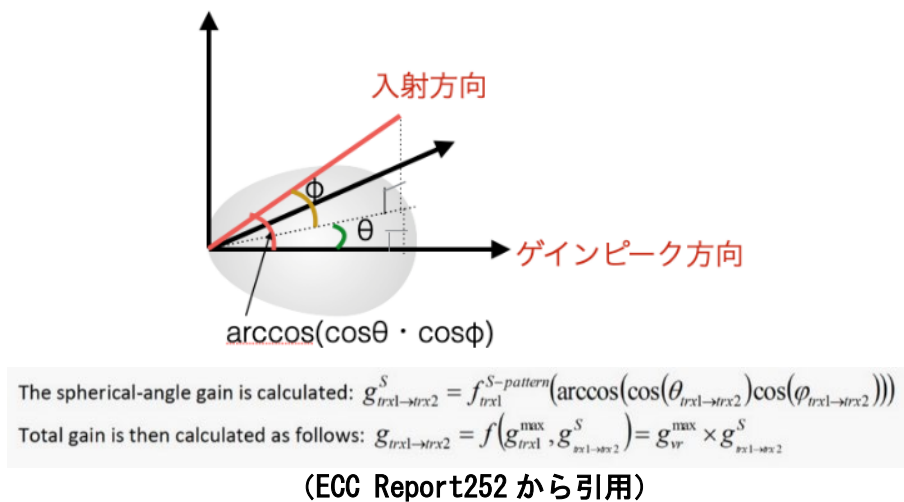


図 6.3-2 アンテナ利得の算出

最初に、入射方向のピーク方向に対する相対利得を求め、ピーク利得に相対利得を加算して、入射方向のアンテナ利得を計算する。

(2) アグリゲーションによる干渉検討

モンテカルロ法を用いて、複数の与干渉端末からの干渉の総和を計算し、短時間干渉基準、長時間干渉基準に対する I/N 又は C/I を評価する (詳細は Rep. ITU-R SM. 2028-1 を参照。)

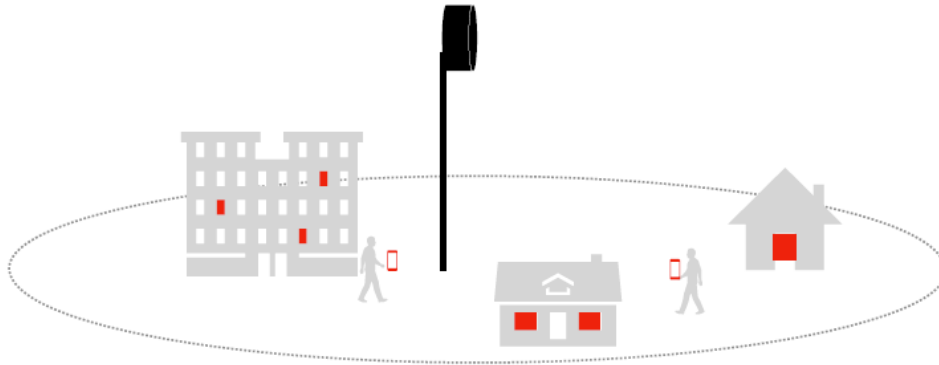


図 6.3-3 アグリゲーションのイメージ

回線瞬断率による干渉検討

電波法関係審査基準では、フェージングによる年間回線瞬断率が規定されており、受信入力から算出される回線瞬断率が回線瞬断率の基準（電気通信・公共・一般は「いかなる月において」、放送は「年間」）を満足していることが確認されている。

無線 LAN との共用検討では、今まで考慮されている雑音、他の固定局からの干渉成分に加えて、無線 LAN からの干渉成分を加えた場合の回線瞬断率が年間回線瞬断率を満足していることを確認する。

具体的な計算手法

固定回線の実際の受信レベルに対して、既存の雑音、干渉成分 I に無線 LAN からの干渉量 N_w を加えた $C/(I+N_w)$ 値を計算する。

計算した $C/(I+N_w)$ 値に対して電波法関連審査基準に規定される計算方法で回線瞬断率を求める。この値を P_1 とする。

モンテカルロシミュレーションで求めた固定回線の受信入力値 (C) と無線 LAN の干渉量 (I) のカーブ (C は一定なので実際には I の確率分布) から、干渉量 N_w となる発生頻度 (確率密度) を求める。これを P_2 とする。

無線 LAN の干渉の発生は、固定回線の運用とは独立なので、無線 LAN からの干渉量 N_w が入った時の回線瞬断率 P は $P_1 \times P_2$ のたたみこみ積分 (結合確率) で求められる。

無線 LAN からの干渉量 N_w を変化させ、それぞれの場合において無線 LAN からの干渉量 N_w が入った時の回線瞬断率 P を求める。

無線 LAN からの干渉が総合的にどれだけ影響があるかは、各 N_w で求めた回線瞬断率 P を全時間率で累積したものが電波法関係審査基準に規定される年間回線瞬断率を満たすかどうかを確認する。

6.3.2.2. 実証試験による干渉検討

(1) 屋内実証試験

屋内実証試験では、被干渉側の機器及び与干渉側の機器を有線で接続し、被干渉側機器が通信状態として無線 LAN アクセスポイントを与干渉側機器として信号を干渉させ、その影響を確認する。

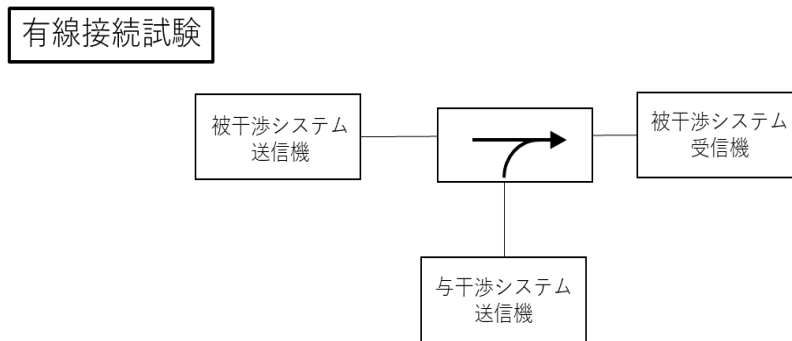


図 6.3-4 屋内実証実験

(2) 屋外実証試験

屋外実証試験では、マイクロ回線及び無線 LAN を屋外実環境で干渉させ、伝搬環境及びアンテナ特性等による干渉への影響を確認する。

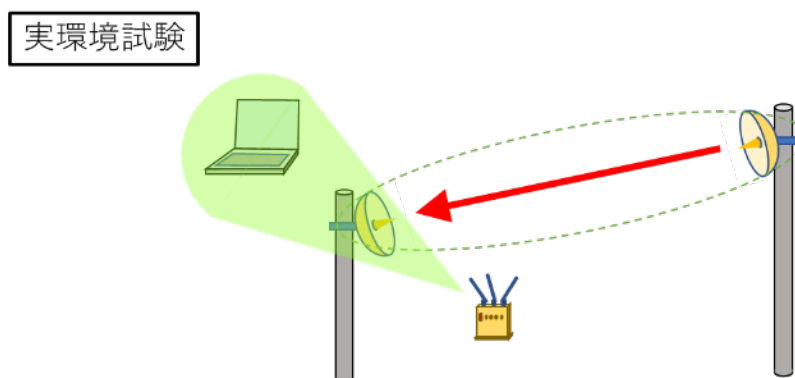


図 6.3-5 屋外実証実験

6.3.3. 固定通信システムとの共用検討

6.3.3.1. 電気通信業務用固定局 (5925~6425 MHz)

検討に使用した電気通信業務用固定局のモデルを表 6.3-5 に示す。

アンテナについては、電波法関係審査基準と ITU-R F.1245 に基づく特性をそれぞれ参照した上で検討を行った。実際の検討においては、受信帯域幅等のパラメータにおいて、検討に必要な条件を設定して検討した。

表 6.3-5 被干渉システムのモデル

対象システム	電気通信業務用 固定局	参照	備考
周波数	5925 - 6425 MHz		
受信帯域幅	17.5 MHz	電波法関係審査基準 別紙2 第21(7)エ (ウ)表3	256-QAM 最悪条件を考慮
アンテナ特性	(1) 電波法関係審査基準 $0^\circ \leq \theta < 4^\circ$: $47.3 - 1.706\theta^2$ $4^\circ \leq \theta < 40^\circ$: $44 - 40 \log \theta$ $40^\circ \leq \theta$: -20 (2) ITU-R F.1245 Gain: 47.3 dBi Gain: 38.7 dBi	電波法関係審査基準 別紙2 第21(7)カ (イ)B(B)a	
アンテナ地上高	25 m, 55 m, 110 m	ECC Report 302*1 [12]/316*2 [17]	
受信機 NF	5 dB	電波法関係審査基準 別紙2 第21(7)エ (ウ)表3	
受信機雑音レベル	-96.3 dBm		NF5dB を含む
干渉許容値	長時間干渉基準 : I/N = -10 dB (時間率: 20%) 短時間干渉基準 : I/N = +19 dB (時間率例: $4.5 \times 10^{-4}\%$)	ITU-R F.758-7*3 [18] ITU-R SF.1650*4 [19]	
	C/I=62 dB (干渉1波) C/I=57 dB (全干渉波)	電波法関係審査基準 別紙2 第21(7)カ (イ)B(A)	電波法関係審査基準では、左記 C/I で規定されている。このため、上欄 ITUで規定されている I/Nでの評価 ではなく、C/Iでの評価について実 施。

*1 : <https://docdb.cept.org/download/cc03c766-35f8/ECC%20Report%20302.pdf>

*2 : <https://docdb.cept.org/download/8951af9e-1932/ECC%20Report%20316.pdf>

*3 : https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/f/R-REC-F.758-7-201911-I!!PDF-E.pdf

*4 : https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/sf/R-REC-SF.1650-1-200502-I!!PDF-E.pdf

これまで無線 LAN には周波数割当計画では移動業務（小電力業務用：小電力データ通信システム用）として 2.4GHz 帯及び 5GHz 帯の周波数が一次業務に割り当てられている。6GHz 無線 LAN に関しても、一次業務での周波数割当てを前提とした既存無線システムとの周波数共用の可能性を検討するため、無線 LAN と既存システムとの周波数共用の検討では【I/N=-10dB】を適用することとした。

(1) シングルエントリー

ア. シミュレーション条件

正対条件での与干渉端末 1 局からの干渉量(シングルエントリー)を評価し、MCL(Minimum Coupling Loss)および必要離隔距離を算出する。

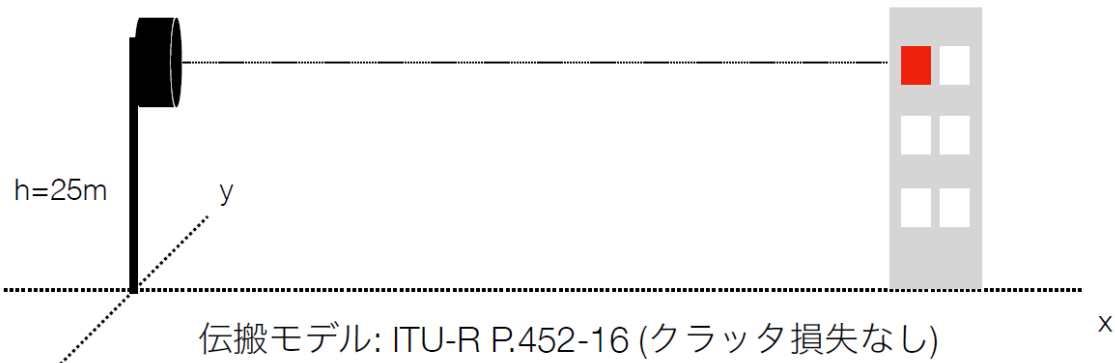


図 6.3-6 シングルエントリー 伝搬モデル

以下の6つの条件下で計算した。

表 6.3-6 送信出力とアンテナパターン

	電波法関係審査基準	ITU-R F. 1245
LPI (200mW, Indoor)	Pattern1-1	Pattern1-2
VLP (25mW, Outdoor, Body Loss なし)	Pattern2-1	Pattern2-2
VLP (25mW, Outdoor, Body Loss あり)	Pattern3-1	Pattern3-2

以下のページでは、シングルエントリーの結果の図は、電波関係審査基準の3例および ITU-R F. 1245 の3例を上から順に表示している。

与干渉、被干渉パラメータの例は以下のとおりである。

表 6.3-7 与干渉、被干渉パラメータの例

	項目	単位	Pattern1-1 Pattern1-2	Pattern2-1 Pattern2-2	Pattern3-1 Pattern3-2
与干渉	送信周波数	MHz	6175	6175	6175
	送信空中線電力	dBm	23	14	14
	送信帯域幅	MHz	20	20	20
	最大空中線利得	dBi	0	0	0
	空中線指向性減衰量	dB	0	0	0
	送信 e. i. r. p.	dBm	23	14	14
	送信電力密度	dBm/MHz	10.0	1.0	1.0
	建物侵入損失	dB	16.7	0.0	0.0
	人体損失	dB	0.0	0.0	4.0
被干渉	最大空中線利得	dBi	47.3	47.3	47.3
	空中線指向性減衰量	dB	0	0	0
	受信機雑音レベル	dBm	-96.3	-96.3	-96.3
	受信帯域幅	MHz	17.5	17.5	17.5

	フィーダ損失	dB	3	3	3
	帯域幅補正	dB	0.58	0.58	0.58
	干渉許容値 (I/N)	dB	-10	-10	-10

イ. シミュレーション結果

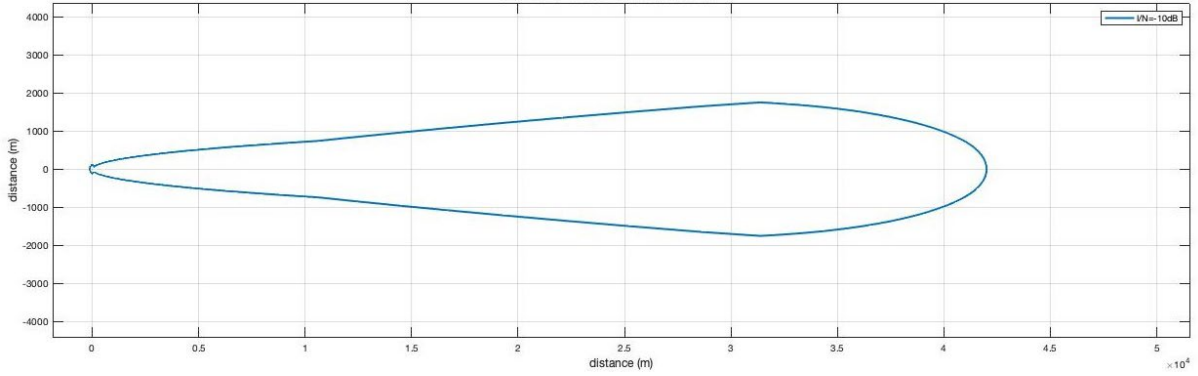


図 6.3-7 Pattern1-1 (電波法関係審査基準, LPI, 200mW, Indoor)

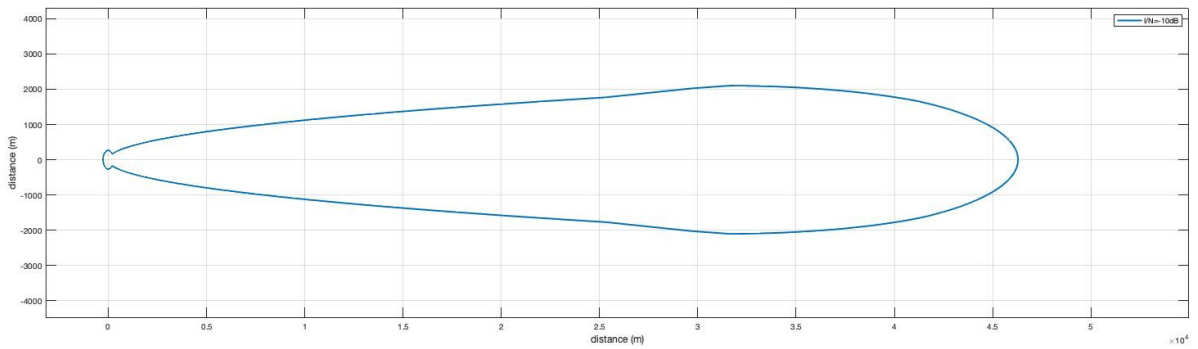


図 6.3-8 Pattern2-1 (電波法関係審査基準, VLP, 25mW, Outdoor, Body Loss なし)

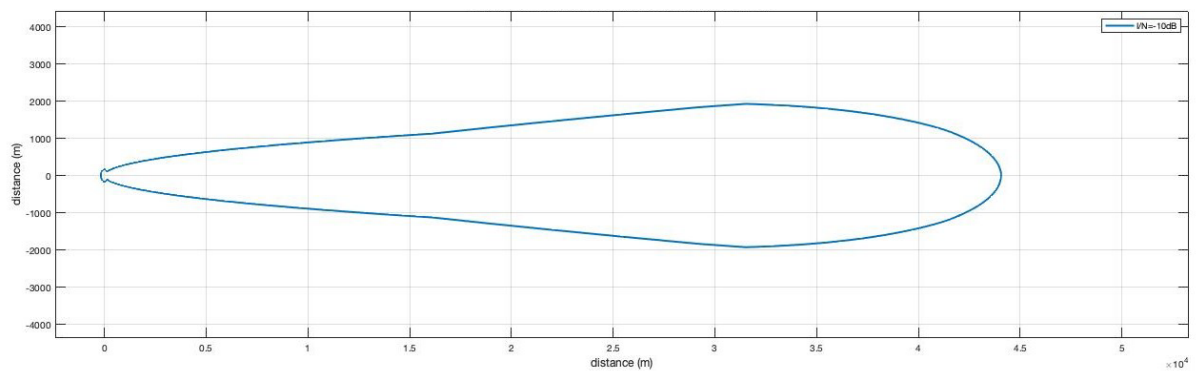


図 6.3-9 Pattern3-1 (電波法関係審査基準, VLP, 25mW, Outdoor, Body Loss あり)

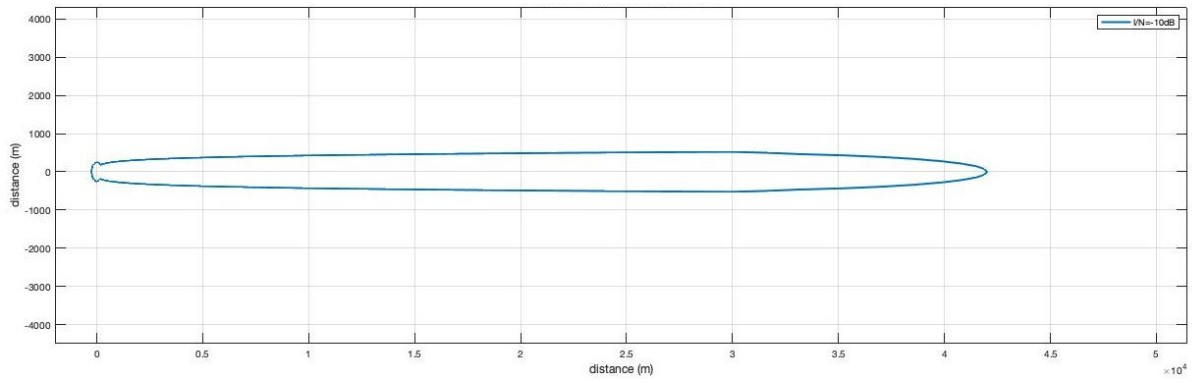


図 6.3-10 Pattern1-2 (ITU-R F.1245, LPI, 200mW, Indoor)

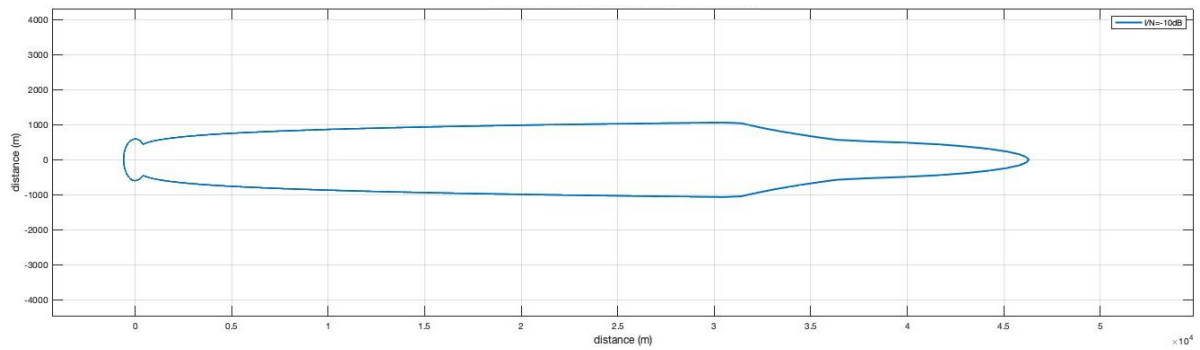


図 6.3-11 Pattern2-2 (ITU-R F.1245, VLP, 25mW, Outdoor, Body Loss なし)

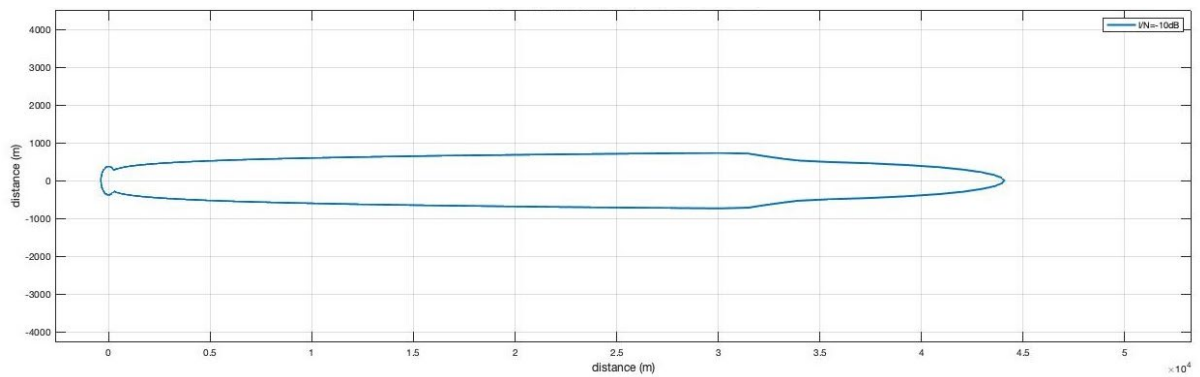


図 6.3-12 Pattern3-2 (ITU-R F.1245, VLP, 25mW, Outdoor, Body Loss あり)

シングルエントリーよる計算で算出した必要離隔距離の最大値と最小値について表 6.3-8 にまとめた。

表 6.3-8 シングルエントリー結果のまとめ 電気通信業務 (5925-6425MHz)

	電波法関係審査基準 ³	ITU-R F.1245 Pattern (47.3dBi)
LPI (200mW, 屋内)	42.01 km (Max) 0.109 km (Min)	42.01 km (Max) 0.246 km (Min)
VLP (25mW, 屋外、人体損失無し)	46.29 km (Max) 0.264 km (Min)	46.29 km (Max) 0.596 km (Min)
VLP (25mW, 屋外、人体損失有り)	44.06 km (Max) 0.167 km (Min)	44.06 km (Max) 0.376 km (Min)

見通し内、与干渉端末が正対する位置の最悪条件下での必要離隔距離は 40-50km 程度になるが、与干渉端末が正対する位置からずれると離隔距離は大きく減少し、電波法関係審査基準では 0.3km 以内、ITU-R F.1245 では 0.6km 以内となった。

(2) アグリゲーション

ア. シミュレーション条件

被干渉アンテナを中心とする半径 5 km の範囲に与干渉機器をランダムに配置、総干渉量を算出した。

試行を 30,000,000 回繰り返し、I/N を算出した結果を、表示している（詳細は Rep. ITU-R SM. 2028-2 を参照。）。

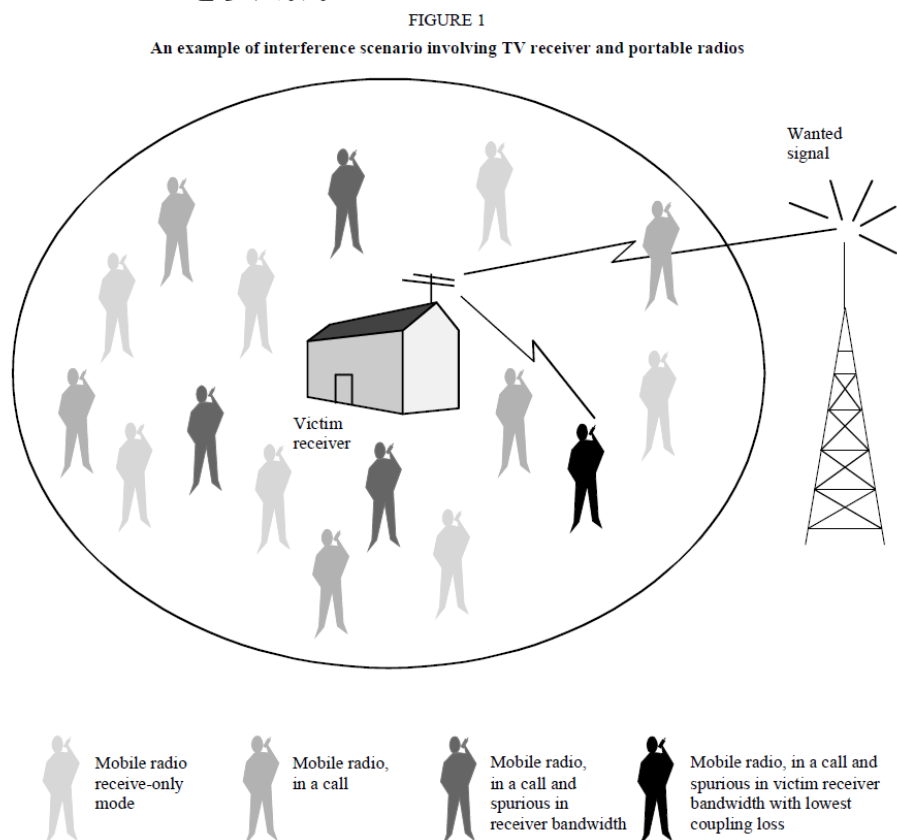


図 6.3-13 移動体通信機器から TV 受信機への干渉計算の例

(図は Rep. ITU-R SM. 2028-2 から引用)

³ 別紙 2 第 2 1 (7) カ (イ) B (B) a

シミュレーションに使用した与干渉システムのパラメータは、6.3.1.(1)に示すとおりである。伝搬条件は以下のとおりである。

表 6.3-9 伝搬モデル、クラッタ損失、建物侵入損失

被干渉局からの距離	伝搬モデル
$0m \leq d < 20m$	Exclusion Zone
$20m \leq d < 40m$	Free Space Path Loss
$40m \leq d < 1000m$	WINNER Model (Urban Macrocell C2)
$d \geq 1000m$	ITU-R P.452-16 [16] (time percentage: uniform distribution from 0.001% to 50%) + ITU-R P.2108-1 [20] Clutter Loss (Location percentage: uniform distribution from 0.001% to 99%)
Building Entry Loss (for Indoor)	ITU-R P.2109-1 [21] (Traditional: Thermally = 7:3, uniform distribution of probability from 1% to 99%)

偏波識別度は、ECC Report302 Page. 64 を参照し、試行毎に以下の数式を用いて計算をした。

$$Polarisation\ Loss = \min(-10 \log_{10}(\cos^2 \theta), 35) \times (0.2 - 0.1 \times \frac{B}{360} + 0.8 \times 10^{(-0.1 \times B)})$$

B: 与干渉端末から被干渉端末のボアサイト角度(度)

θ : 0度から 360度までの乱数(度)

建物侵入損失については、国内の他の干渉検討及び欧州、米国等の諸外国の検討においても ITU-R P.2109-1 で定義される traditional と thermally-efficient の二つが用いられているが、6GHz 帯での WAS/RLAN と固定サービスとの周波数共用の検討を行った ECC Report302 及び ECC Report316 を参照し、それぞれ 7:3 の割合で適用した。

ITU-R P.2109-1 では、100MHz を超える電波伝搬における建物侵入損失の影響を考慮し、様々な材質、条件での測定値に基づいて、建物の構造等により traditional と thermally-efficient の二つが定義されている。高層ビル等の建物は thermally-efficient に分類され、東京都心部など高層建築物が多く存在する場所では、thermally-efficient が多くを占めると考えられるが、traditional と thermally-efficient を 7:3 の割合のままとした。

イ. シミュレーション結果

被干渉アンテナの地上高で分けて以下の 6 シナリオでシミュレーションを実施した。

表 6.3-10 シミュレーションシナリオ

シナリオ	被干渉アンテナ地上高	被干渉アンテナ最大利得	被干渉アンテナパターン	人口密度 [人/km ²]
1	110 m	47.3dBi	電波法関係審査基準 ⁴	15500 (大都市)
2	55 m	47.3dBi	電波法関係審査基準 ³	15500 (大都市)
3	25 m	47.3dBi	電波法関係審査基準 ³	2000 (郊外)
4	110 m	47.3dBi	ITU-R F.1245	15500 (大都市)
5	55 m	47.3dBi	ITU-R F.1245	15500 (大都市)
6	25 m	38.7dBi	ITU-R F.1245	2000 (郊外)

試行を 30,000,000 回繰り返し、I/N を算出した結果を図 6.3-14～図 6.3-16 に示す。

結果の図の中の赤線はアンテナパターンに電波法関係審査基準の値を用いた時の結果、青線はアンテナパターンに ITU-R F.1245 [22] の値を用いた時の結果を示している。

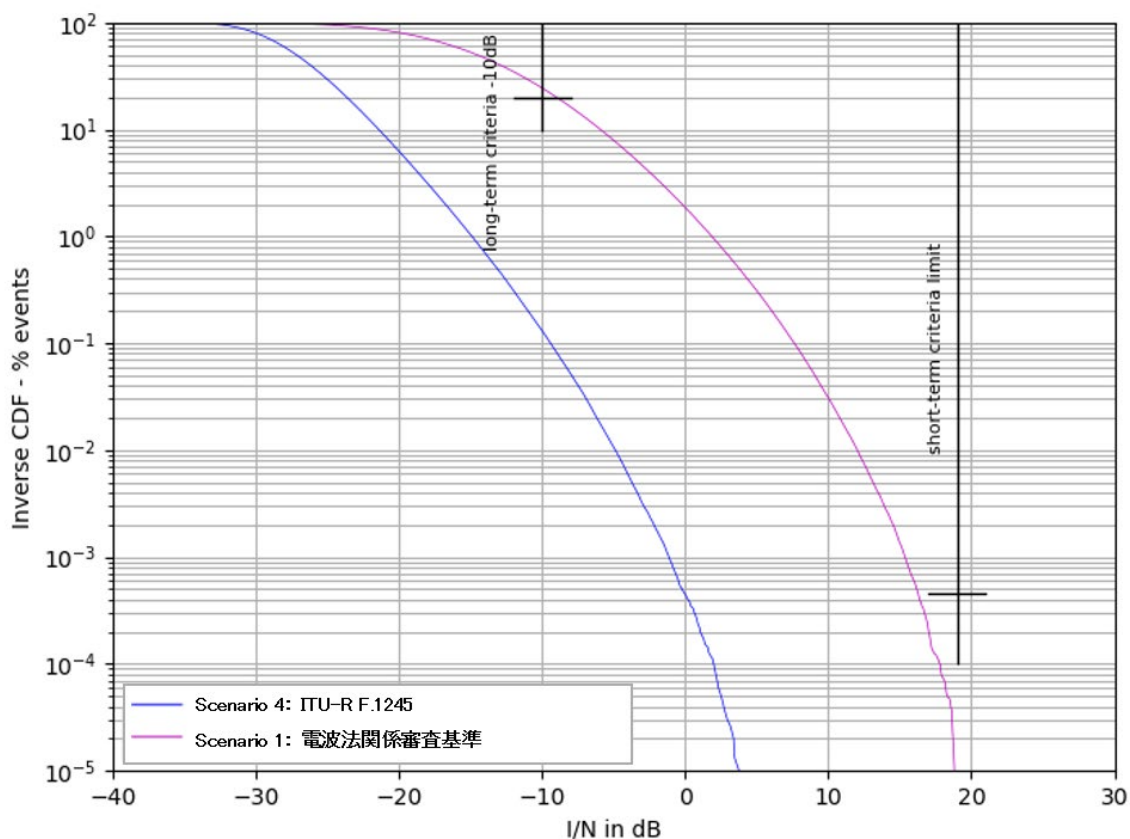


図 6.3-14 被干渉アンテナ地上高 110m の場合の結果 (シナリオ 1, 4)

⁴ 別紙 2 第 2 1 (7) カ (イ) B (B) a

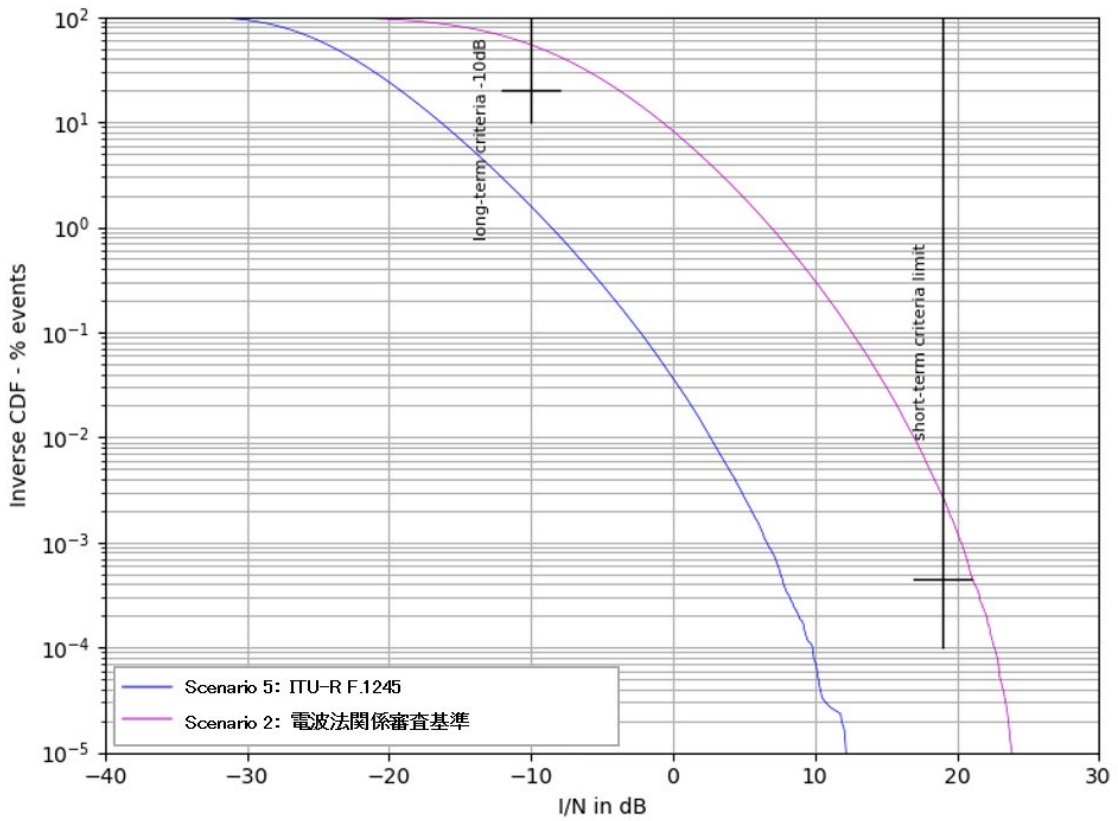


図 6.3-15 被干渉アンテナ地上高 55m の場合の結果 (シナリオ 2, 5)

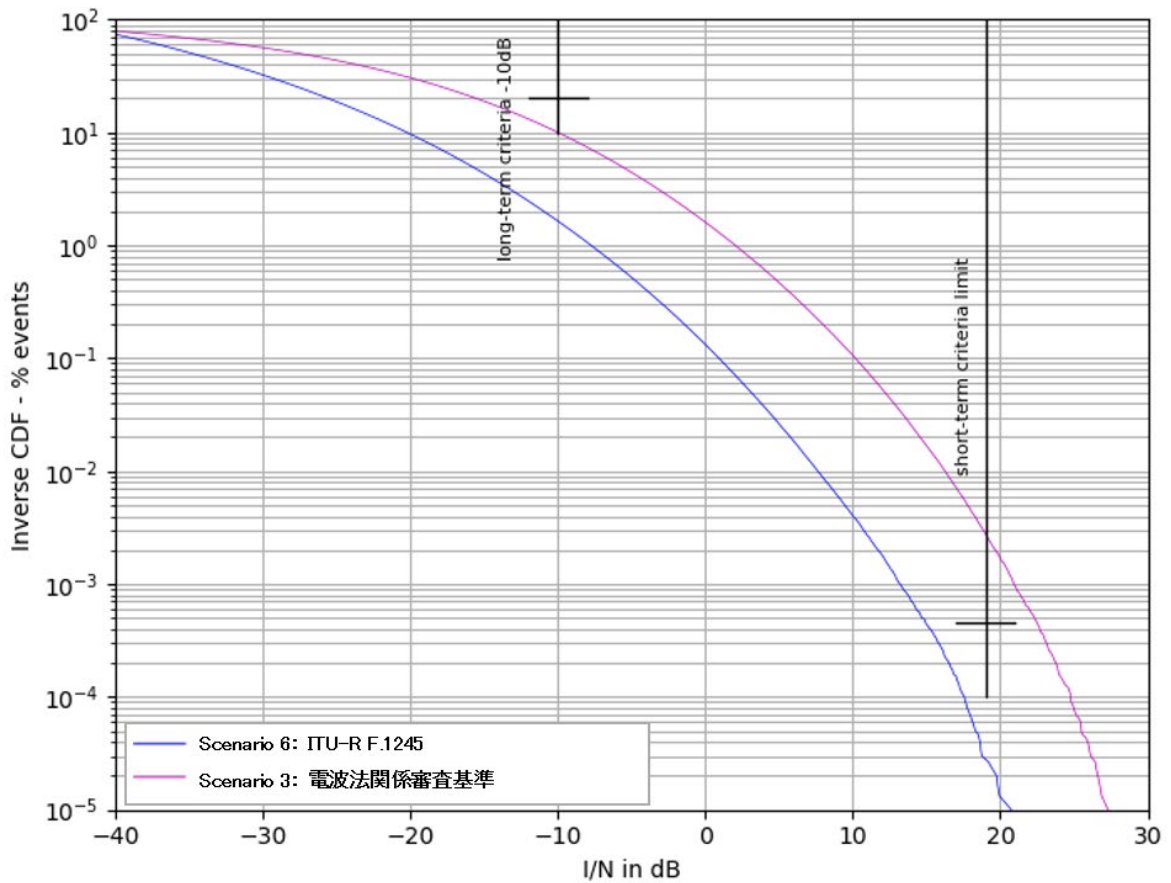


図 6.3-16 被干渉アンテナ地上高 25m の場合の結果 (シナリオ 3, 6)

ITU-R F. 758-7 の長時間干渉基準、短時間干渉基準共に、電波法関係審査基準のアンテナパターンでは概ね基準を満足できないものの、ITU-R F. 1245 のアンテナパターンでは、I/N=-10dB 条件下で、長時間干渉基準及び短時間干渉基準をそれぞれ満足することを確認した。

アンテナパターンに関する追加検討

固定局アンテナパターンについて、被干渉側より提供のアンテナパターンをいくつか確認したところ、ITU-R F. 1245 で異なる口径（例えば D=1m）も考慮することで、ITU-R F. 1245 のパターンが被干渉提供のアンテナパターンの近似になることが分かった。

ITU-R F. 1245 と提供のアンテナパターンの違いによるシミュレーション結果への影響を確認するため、当該固定局の設置場所を考慮し、郊外モデル*を想定して、提供のアンテナパターンと最大利得が等しくなるように調整をした F. 1245 を用いてモンテカルロシミュレーションで I/N の比較を行う。ここでは、被干渉アンテナの最大利得のもの、中程度のもの、最小利得のもの 3 つで検討を行う。

* 人口密度：2000/km²、被干渉アンテナ地上高：25m

〈結果〉

- 3 つの異なる利得を用いた全ての条件において、ITU-R F. 1245 及び提供のアンテナパターンで短時間干渉基準、長時間干渉基準（I/N=-10dB）を満足することを確認した。

以上の結果より、ITU-R F. 1245 のアンテナパターンをベースに異なるアンテナ口径も検討をすることで、実際のアンテナパターンを考慮した検討が可能であり、実際のアンテナパターンを想定した場合でも長時間、短時間干渉基準をそれぞれ満足できると考えられる。

与干渉アンテナ地上高の見直し

大都市における無線 LAN のアンテナ地上高について、東京都区内の実情に合わせ、東京都統計年鑑と消防庁の東京都建物高比率計算を元にアンテナ地上高の分配を見直した。見直した表を以下に示す。

表 6.3-11 新しい与干渉送信空中線の地上高分配

空中線の 高さ (m)	1.5	4.5	7.5	10.5	13.5	16.5	19.5	22.5	25.5	28.5	31.5	34.5	37.5	40.5
Outdoor 分配率 (%)	24.09	24.09	19.57	7.23	5.51	4.18	3.60	2.96	2.51	1.84	1.20	0.86	0.61	0.43
Indoor 分配率 (%)	24.09	24.09	19.57	7.23	5.51	4.18	3.60	2.96	2.51	1.84	1.20	0.86	0.61	0.43

次表に続く

空中線の 高さ (m)	43.5	58.5	73.5	88.5	103.5	118.5	133.5	148.5	163.5	合計
Outdoor 分配率 (%)	0.20	0.60	0.30	0.19	0.11	0.07	0.03	0.02	0.01	100
Indoor 分配率 (%)	0.20	0.60	0.30	0.19	0.11	0.07	0.03	0.02	0.01	100

電波法関係審査基準のアンテナパターンを用い、被干渉アンテナ地上高を 55m とした場合において、表 6.3-11 に示す新しい与干渉送信空中線の地上高分布を適用した場合と、表 6.3-3 の与干渉送信空中線の地上高分布を適用した場合のシミュレーション結果を示す。

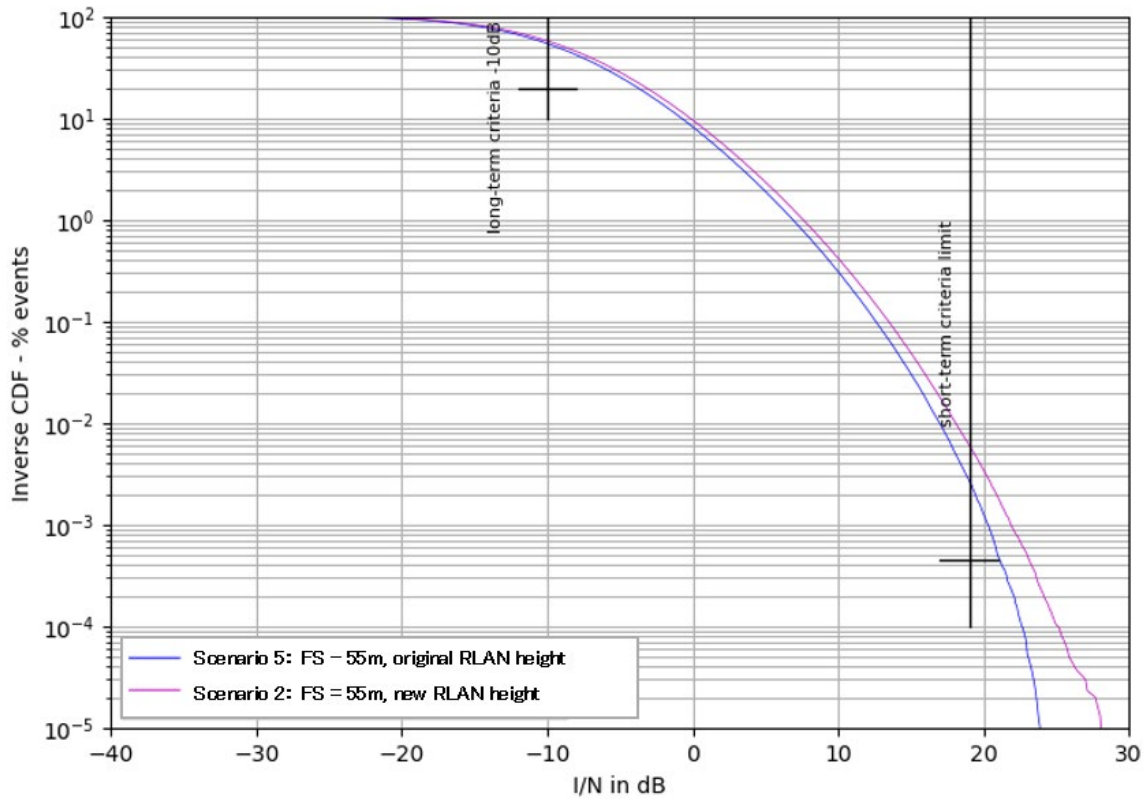
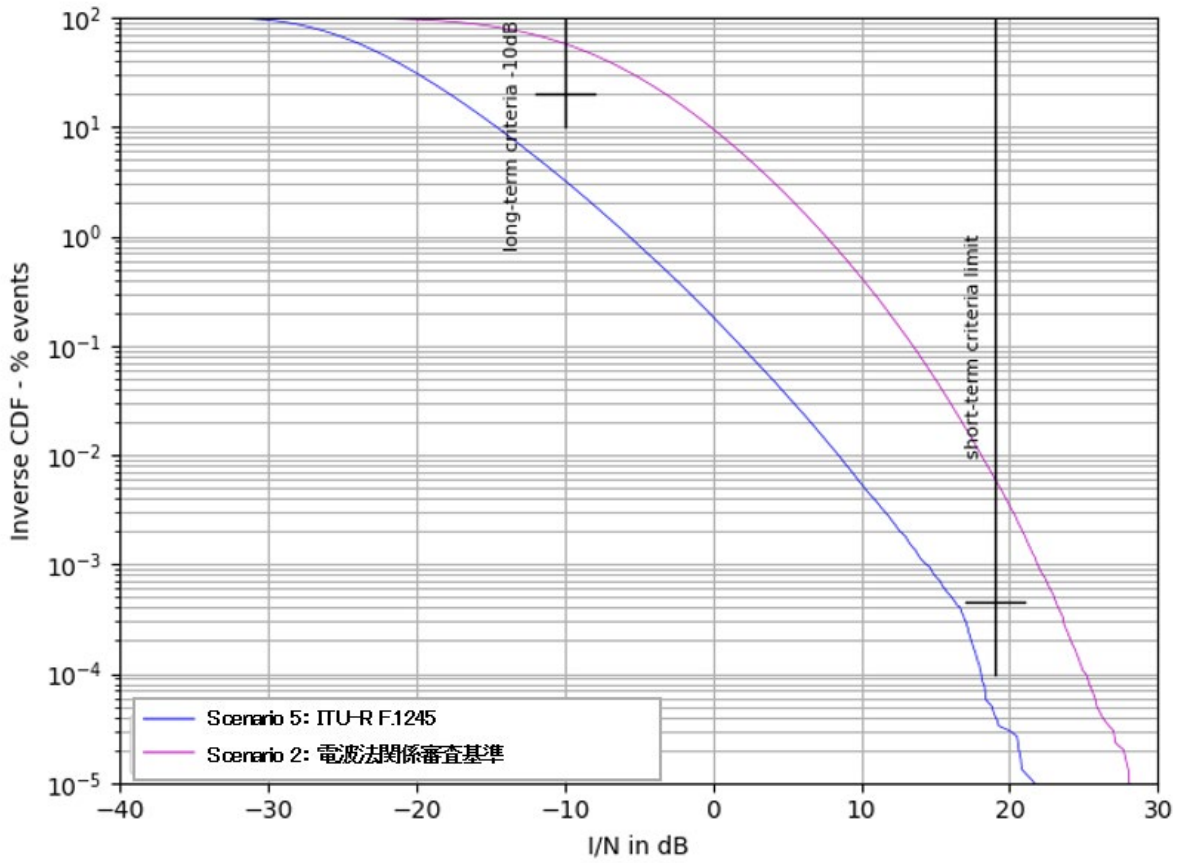


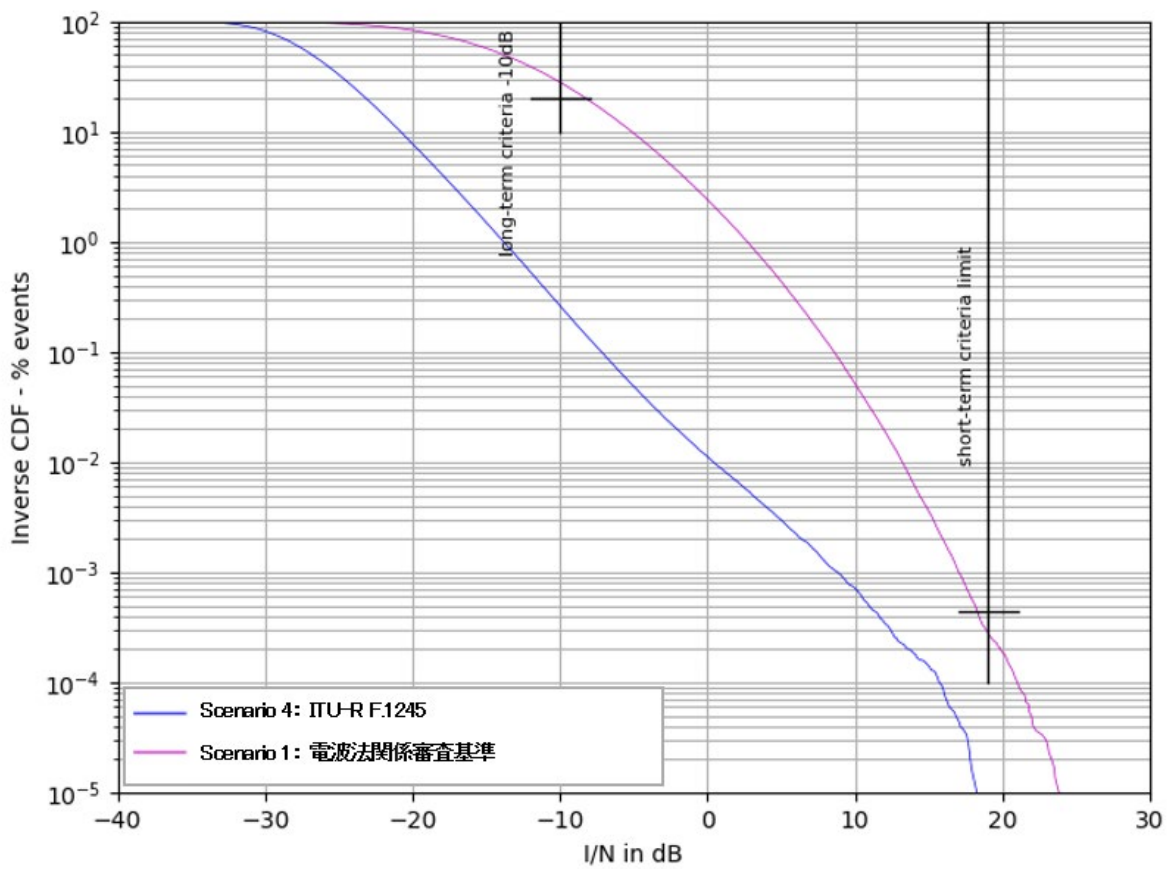
図 6.3-17 与干渉アンテナ地上高分布の変化に伴う結果の比較

大都市を想定して無線 LAN アンテナ設置高の分布をより高い方向に変更したことによって、与干渉源が被干渉アンテナのメインビーム付近に分布される確率がこれまでの条件より増加し、I/N が大きくなる時間率が大きくなったと考えられる。この傾向は時間率の小さい領域において、顕著となっている。

次に、大都市以外にも新しい与干渉アンテナ地上高による分配を適用した場合への影響を確認するため、追加シミュレーションを実施した。比較対象は、図 6.3-14 及び図 6.3-15 である。



(1) 被干渉アンテナ地上高 55m



(2) 被干渉アンテナ地上高 110m

図 6.3-18 新与干渉アンテナ地上高によるシミュレーション

無線 LAN のアンテナ地上高の変更前と比較すると、時間率の小さい領域において I/N が増加する傾向となったが、変更前と同様に 55m/110m とともに ITU-R F. 1245 では短時間干渉基準、長時間干渉基準 (I/N=-10dB) 共に満足する結果となった。

ウ. 混信保護比 C/I 計算結果

3 種類のアンテナパターンを用いてモンテカルロを用いて算出した I/N の結果を元に、表 6.3-12 に記載の数値を用いて C/I に変換して検討を行った。

表 6.3-12 混信保護比 C/I 計算結果

項目		単位	値	備考
周波数	f	MHz	6175.00	
受信雑音帯域	B	MHz	17.50	
受信機雑音指数	NF	dB	5.00	
受信機雑音電力	N	dBm	-96.40	T=300K K=1.380649E-23
標準受信入力	C	dBm	-37.00	256-QAM 審査基準別紙 2 第 2 (7) エ (キ)

*標準受信入力=-37dBm としているが、偏差 +/-3dB も考慮して最悪値として-40dBm でも同様に検討する。

アンテナの利得毎の C/I カーブから長時間干渉 (時間率 20%) と交差する C/I の最悪値 (C=-40dBm) を確認して、与干渉端末からの雑音劣化量を計算した結果を以下に示す。

表 6.3-13 与干渉端末からの雑音劣化量

	項目	低利得 アンテナ	中利得 アンテナ	高利得 アンテナ	単位	備考
①	C/I (時間率 20%)	80	79	82	dB	
②	C (標準受信入力)	-40	-40	-40	dBm	審査基準 (-37dBm-3dB)
③	I (無線 LAN からの干渉量)	-120	-119	-122	dBm	②-①
④	N (熱雑音)	-96.4	-96.4	-96.4	dBm	kTBF
⑤	N+I	-96.38	-96.38	-96.39	dBm	③と④の合算
⑥	(N+I) -N (雑音増加量)	0.02	0.02	0.01	dB	⑤-④

<結果>

- C/I=57dB (全干渉波) を満足できない時間率は 0.1% 程度 (標準受信入力=-37dBm)、0.2% 程度 (標準受信入力=-40dBm) となる。
- 長時間干渉基準 (時間率 20%) における C/I の値は、およそ +80dB (標準受信入力レベル=-40dBm 条件) となる。
- 長時間干渉基準 (時間率 20%) における与干渉端末による雑音劣化量は 0.02dB 程度である。

エ. 回線瞬断率による計算結果

LPI モード及び VLP モードを想定したアグリゲートモデルで計算された C/I カーブに基づき、6.3.2.1 (2) に示した回線瞬断率による干渉検討を行った結果、既存ルート及び実用上のアンテナにおいて、共用は問題なし、との結果に至った。

計算結果は、秘匿性の高い回線情報が含まれることから報告書には掲載しない。

6.3.3.2. 電気通信業務用固定局 (6425~6570 MHz 及び 6870~7125 MHz)

検討に使用した電気通信業務用固定局のモデルを表 6.3-14 に示す。

アンテナについては、電波法関係審査基準で規定されているアンテナパターンと ITU-R F.1245 で規定されているアンテナパターンの 2 種類で検討した。

表 6.3-14 被干渉システムのモデル

対象システム	電気通信業務用固定局	参照	備考
周波数	6425-6570 MHz 6870-7125 MHz		
受信帯域幅	28.5 MHz	電波法関係審査基準別紙 2 第 2 1 (6) イ 表 2	
アンテナ諸元	放射パターン: ⇒	電波法関係審査基準別紙 2 第 2 1 (6) エ (エ) A (B) 表 5	
	利得: 47.6 dBi	電波法関係審査基準別紙 2 第 2 1 (6) エ (エ) A (B) 表 5	
アンテナ地上高	25 m, 55 m, 110 m	ECC Report 302 ^{*1} /316 ^{*2}	
受信機 NF	4 dB	電波法関係審査基準別紙 2 第 2 1 (6) エ (ウ) 表 4	
受信機雑音レベル	-95.2 dBm		NF4dB を含む
干渉許容値	長時間干渉基準: I/N = -10 dB (時間率: 20%) もしくは、 短時間干渉基準: I/N = +19 dB (時間率例: 4.5 × 10 ⁻⁴ %)	ITU-R F.758 ^{*3} ITU-R SF.1650 ^{*4}	
	C/I=37.5 dB (干渉 1 波) C/I=34.3 dB (全干渉波)	電波法関係審査基準別紙 2 第 2 1 (6) オ (イ) B (B) 表 8	電波法関係審査基準では、I/N ではなく、与干渉の許容値として左記 C/I で規定されている。

(1) シングルエントリー

ア. シミュレーション条件

6.3.3.1. (1). アの条件と同一

与干渉、被干渉パラメータの例は次のとおりである。

表 6.3-15 与干渉、被干渉パラメータの例

	項目	単位	Pattern1-1 Pattern1-2	Pattern2-1 Pattern2-2	Pattern3-1 Pattern3-2
与干渉	送信周波数	MHz	6497.5	6497.5	6497.5
	送信空中線電力	dBm	23	14	14
	送信帯域幅	MHz	20	20	20
	最大空中線利得	dBi	0	0	0
	空中線指向性減衰量	dB	0	0	0
	送信 e. i. r. p.	dBm	23	14	14
	送信電力密度	dBm/MHz	10.0	1.0	1.0
	建物侵入損失	dB	16.8	0.0	0.0
	人体損失	dB	0.0	0.0	4.0
被干渉	最大空中線利得	dBi	47.6	47.6	47.6
	空中線指向性減衰量	dB	0	0	0
	受信機雑音レベル	dBm	-95.2	-95.2	-95.2
	受信帯域幅	MHz	28.5	28.5	28.5
	フィーダ損失	dB	1	1	1
	帯域幅補正	dB	0.00	0.00	0.00
	干渉許容値 (I/N)	dB	-10	-10	-10

イ. シミュレーション結果

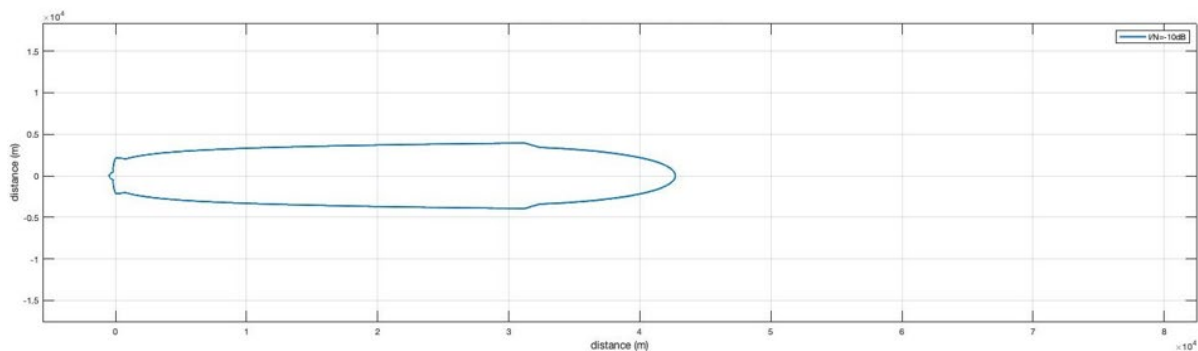


図 6.3-19 Pattern1-1 (電波法関係審査基準, LPI, 200mW, Indoor)

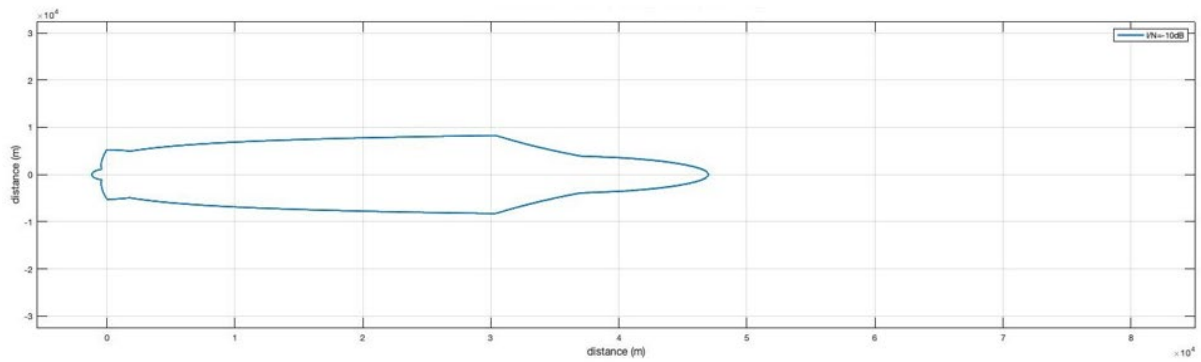


図 6.3-20 Pattern2-1 (電波法関係審査基準, VLP, 25mW, Outdoor, Body Loss なし)

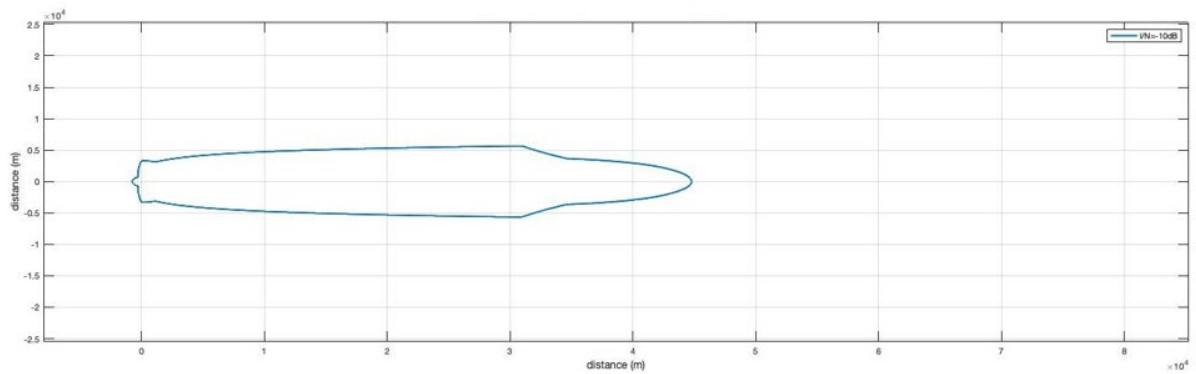


図 6.3-21 Pattern3-1 (電波法関係審査基準, VLP, 25mW, Outdoor, Body Loss あり)

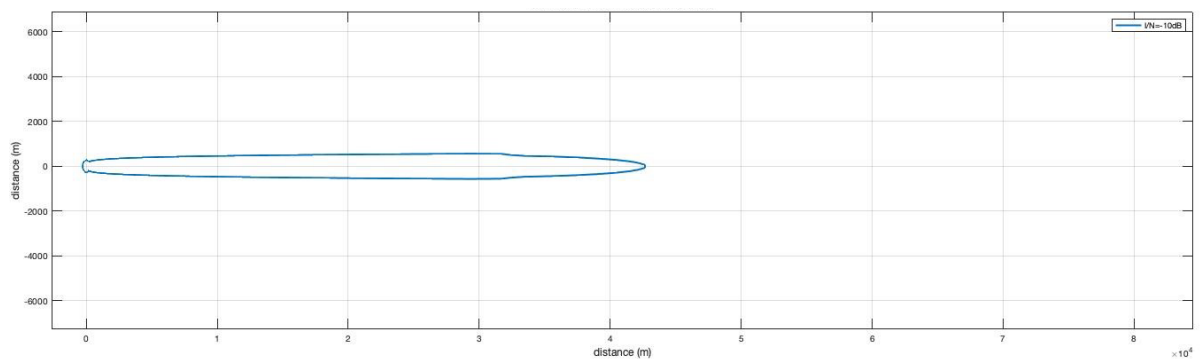


図 6.3-22 Pattern1-2 (ITU-R F.1245, LPI, 200mW, Indoor)

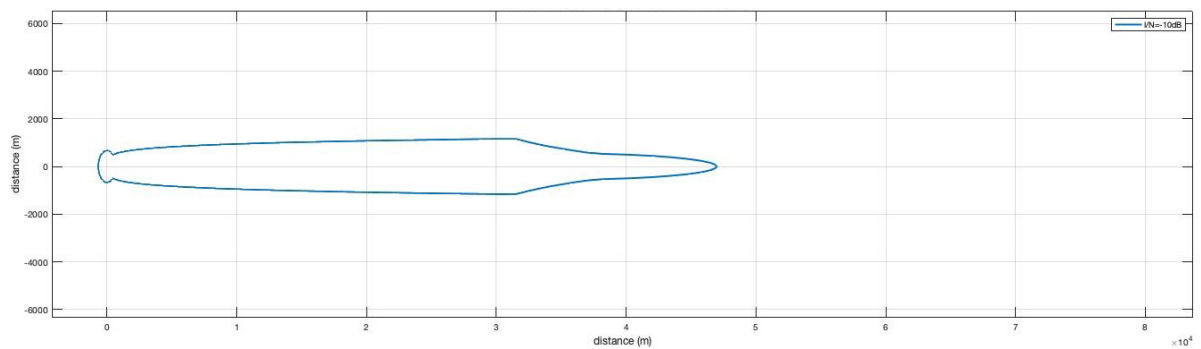


図 6.3-23 Pattern2-2 (ITU-R F.1245, VLP, 25mW, Outdoor, Body Loss なし)

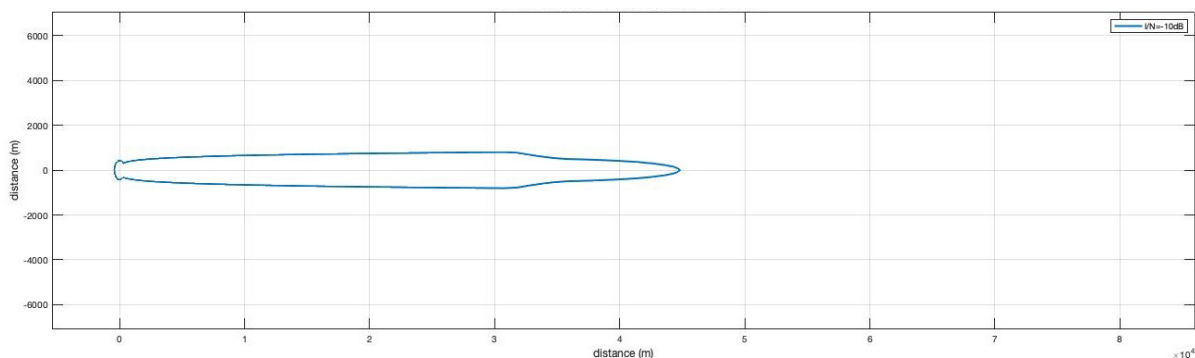


図 6.3-24 Pattern3-2 (ITU-R F.1245, VLP, 25mW, Outdoor, Body Loss あり)

シングルエントリーによる計算で算出した必要離隔距離の最大値と最小値について表 6.3-16 にまとめた。

表 6.3-16 シングルエントリー結果のまとめ 電気通信業務(6425-6570, 6870-7125MHz)

	電波法関係審査基準 ⁵	ITU-R F.1245 Pattern (47.6dBi)
LPI (200mW, 屋内)	42.72 km (Max) 0.482 km (Min)	42.72 km (Max) 0.272 km (Min)
VLP (25mW, 屋外、人体損失無し)	46.98 km (Max) 1.18 km (Min)	46.98 km (Max) 0.666 km (Min)
VLP (25mW, 屋外、人体損失有り)	44.79 km (Max) 0.745 km (Min)	44.79 km (Max) 0.421 km (Min)

見通し内、与干渉端末が正対する位置の最悪条件下での必要離隔距離は 40-50km 程度になるが、与干渉端末が正対する位置からずれると離隔距離は大きく減少し、電波法関係審査基準では 0.75km 以内、ITU-R F.1245 では 0.67km 以内となった。

(2) アグリゲーション

ア. シミュレーション条件

6.3.3.1. (2). アの条件と同一

イ. シミュレーション結果

被干渉アンテナの高さで分けて以下の 6 シナリオでシミュレーションを実施した。

⁵ 別紙 2 第 2 1 (6) エ (エ) A (B) 表 5

表 6.3-17 被干渉アンテナの異なる6シナリオ

シナリオ	被干渉アンテナ地上高	被干渉アンテナ最大利得	被干渉アンテナパターン	人口密度 [人/km ²]
1	110 m	47.3dBi	電波法関係審査基準 ⁶	15500 (大都市)
2	55 m	47.3dBi	電波法関係審査基準 ⁵	15500 (大都市)
3	25 m	47.3dBi	電波法関係審査基準 ⁵	2000 (郊外)
4	110 m	47.3dBi	ITU-R F.1245	15500 (大都市)
5	55 m	47.3dBi	ITU-R F.1245	15500 (大都市)
6	25 m	38.7dBi	ITU-R F.1245	2000 (郊外)

試行を 30,000,000 回繰り返し、I/N を算出した結果を図 6.3-25～図 6.3-27 に示す。

結果の図の中の赤線はアンテナパターンに電波法関係審査基準の値を用いた時の結果、青線はアンテナパターンに ITU-R F.1245 の値を用いた時の結果を示している。

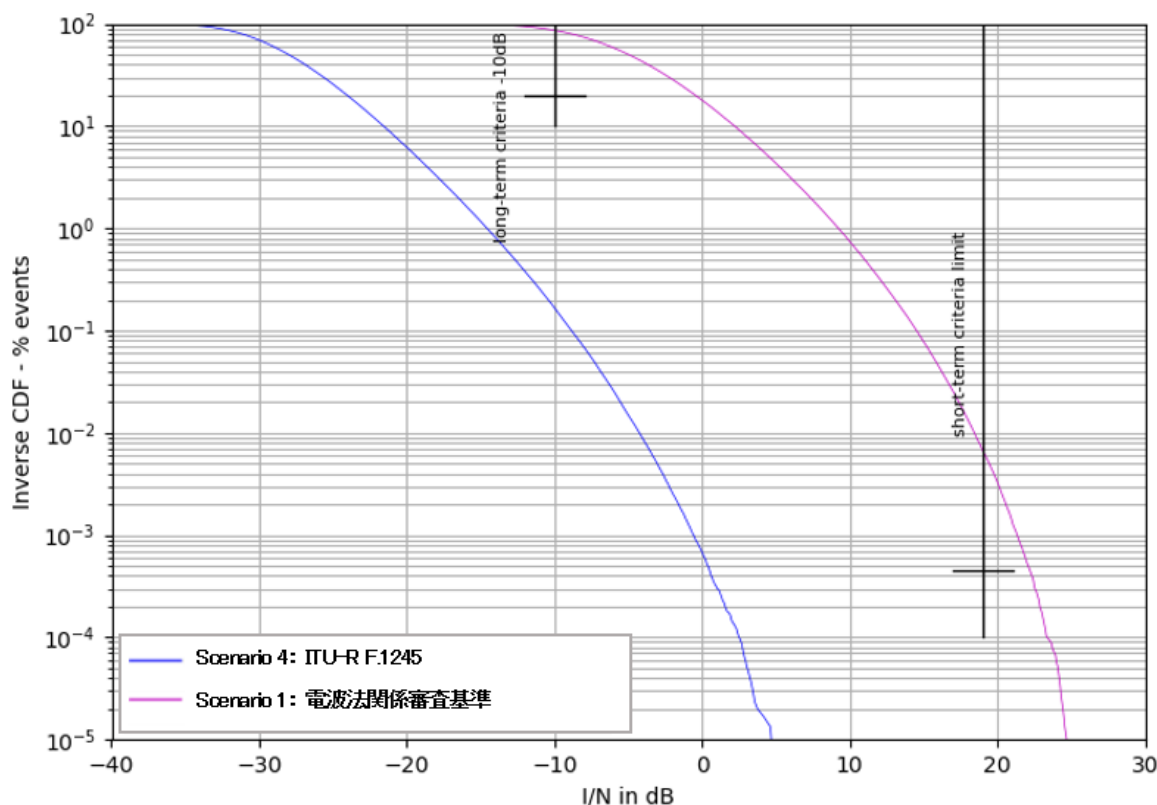


図 6.3-25 被干渉アンテナ地上高 110m の場合の結果 (シナリオ 1, 4)

⁶ 別紙2 第21 (6) エ (エ) A (B) 表 5

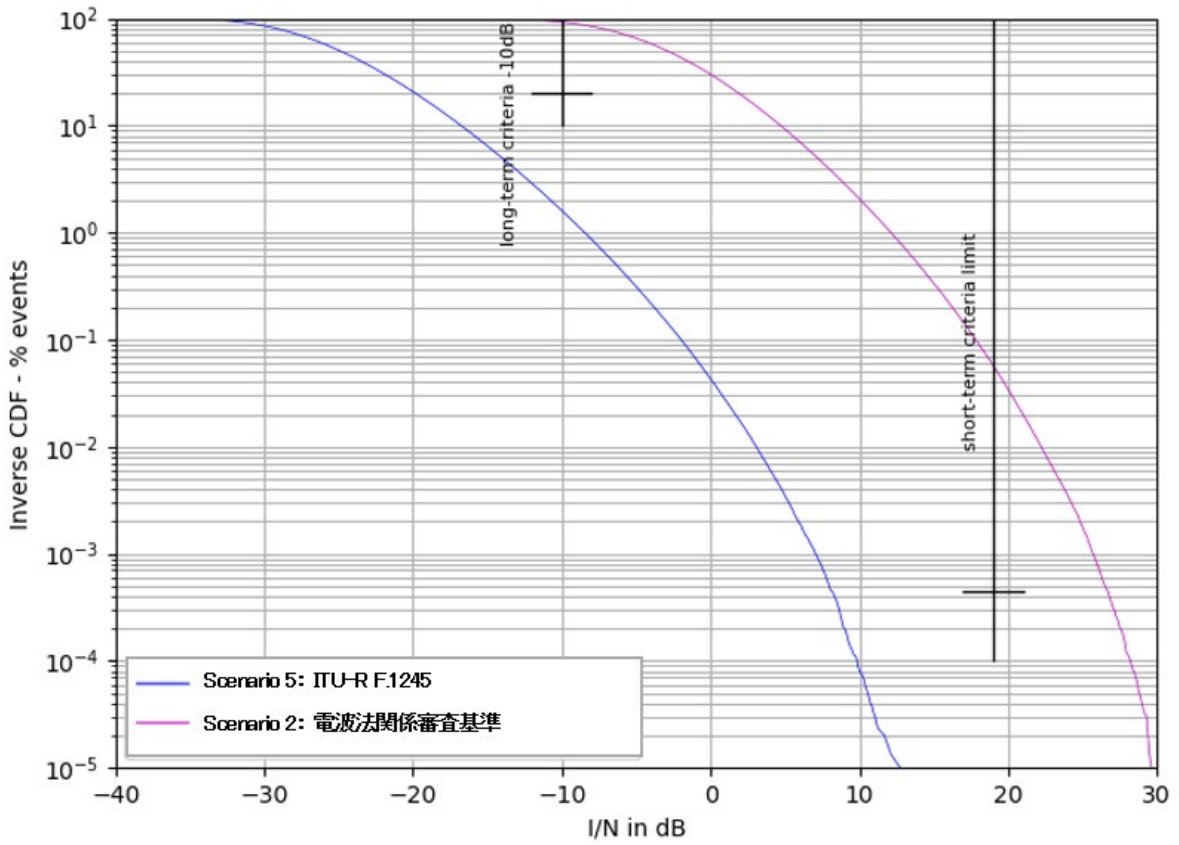


図 6.3-26 被干渉アンテナ地上高 55m の場合の結果 (シナリオ 2, 5)

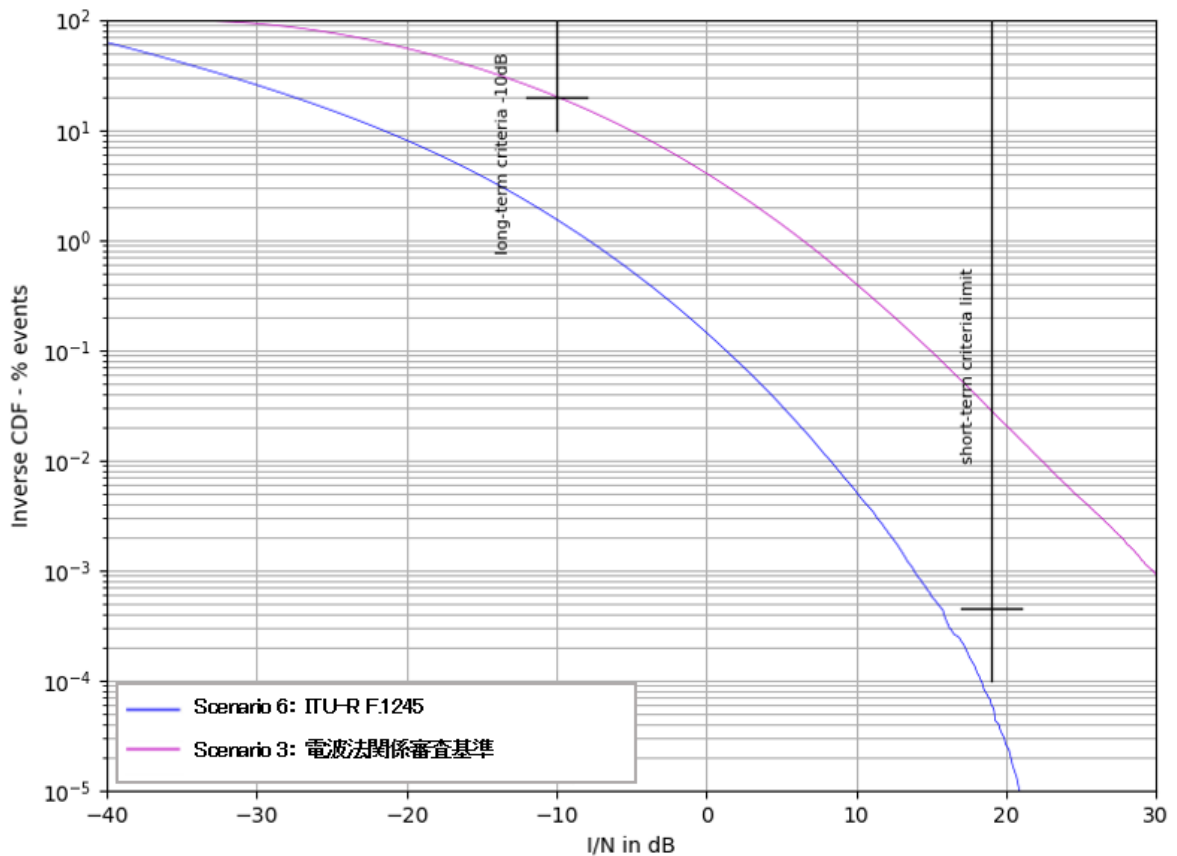


図 6.3-27 被干渉アンテナ地上高 25m の場合の結果 (シナリオ 3, 6)

ITU-R F. 758-7 の長時間干渉基準、短時間干渉基準共に、電波法関係審査基準のアンテナパターンでは概ね基準を満足できないものの、ITU-R F. 1245 のアンテナパターンでは、I/N=-10dB 条件下で、ITU-R の干渉基準をそれぞれ満足することを確認した。

6.3.3.3. 電気通信業務・公共・一般業務用固定局 (6570~6870 MHz)

検討に使用した電気通信業務・公共・一般業務用固定局のモデルを表 6.3-18 に示す。

アンテナについては、電波法関係審査基準と ITU-R F. 1245 の 2 種類で検討した。

表 6.3-18 被干渉システムのモデル

対象システム	電気通信業務・公共業務・一般業務用固定局	参照	備考
周波数	6570 - 6870 MHz		
受信帯域幅	28.5 MHz	電波法関係審査基準別紙 2 第 2 4 (4) ア (イ) 表 1	128-QAM での値
アンテナ諸元	放射パターン： ⇒	電波法関係審査基準別紙 2 第 2 4 (4) ウ (ウ) C 表 5	
	利得：48 dBi	電波法関係審査基準別紙 2 第 2 4 (4) ウ (ウ) C 表 5	
アンテナ地上高	20 m ※ただし、ビル街における屋上での設置状況やアンテナ地上高が低い事例もあるため、具体的な設置状況を確認のうえ検討諸元は決定する。	船上地球局 (ESV) と他業務の無線局との周波数共用技術の調査検討 報告書*1	5G システムの導入の総務省内作業班の公共業務用固定局との左記共用検討*1 [23]においては地上からの高さ 20m となっている。
受信機 NF	4 dB	電波法関係審査基準別紙 2 第 2 4 (4) ウ (イ) B 表 3	128-QAM での値
受信機雑音レベル	-95.2 dBm		128-QAM での値 NF4dB を含む
干渉許容値	長時間干渉基準： I/N = -10 dB (時間率：20%) もしくは、 C/I=37.5 dB (干渉 1 波) C/I=34.3 dB (全干渉波)	ITU-R F. 758*2 電波法関係審査基準別紙 2 第 2 4 (4) エ (イ) B (B) b 表 9	-10 dB：Co-Primary 扱いの場合 -20 dB：Co-Primary 扱いではない場合 米国 FCC では、I/N=-6 dB が干渉許容値として採用されている。一方、電波法関係審査基準では、I/N ではなく、与干渉の許容値として左記 C/I で規定されている。
	短時間干渉基準：(I/N)、(時間率) は、ITU-R SF. 1650*3、電波法関係審査基準 (電力系統保護用信号における回線瞬断率、混信保護等) を確認のうえ、検討諸元は決定する。	ITU-R SF. 1650*3 電波法関係審査基準別紙 2 第 2 4 (4) エ (イ) B (B) b 表 9	

*1 : <https://www.tele.soumu.go.jp/resource/j/system/satellit/04-01.pdf>

*2 : https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/f/R-REC-F.758-7-201911-1!!!PDF-E.pdf

*3 : https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/sf/R-REC-SF.1650-1-200502-1!!!PDF-E.pdf

(1) シングルエントリー

ア. シミュレーション条件

6.3.3.1. (1). アの条件と同一

与干渉、被干渉パラメータの例は次のとおりである。

表 6.3-19 与干渉、被干渉パラメータの例

	項目	単位	Pattern1-1 Pattern1-2	Pattern2-1 Pattern2-2	Pattern3-1 Pattern3-2
与干渉	送信周波数	MHz	6720	6720	6720
	送信空中線電力	dBm	23	14	14
	送信帯域幅	MHz	20	20	20
	最大空中線利得	dBi	0	0	0
	空中線指向性減衰量	dB	0	0	0
	送信 e. i. r. p.	dBm	23	14	14
	送信電力密度	dBm/MHz	10.0	1.0	1.0
	建物侵入損失	dB	16.9	0.0	0.0
	人体損失	dB	0.0	0.0	4.0
被干渉	最大空中線利得	dBi	48	48	48
	空中線指向性減衰量	dB	0	0	0
	受信機雑音レベル	dBm	-95.2	-95.2	-95.2
	受信帯域幅	MHz	28.5	28.5	28.5
	フィーダ損失	dB	1	1	1
	帯域幅補正	dB	0.00	0.00	0.00
	干渉許容値 (I/N)	dB	-10	-10	-10

イ. シミュレーション結果

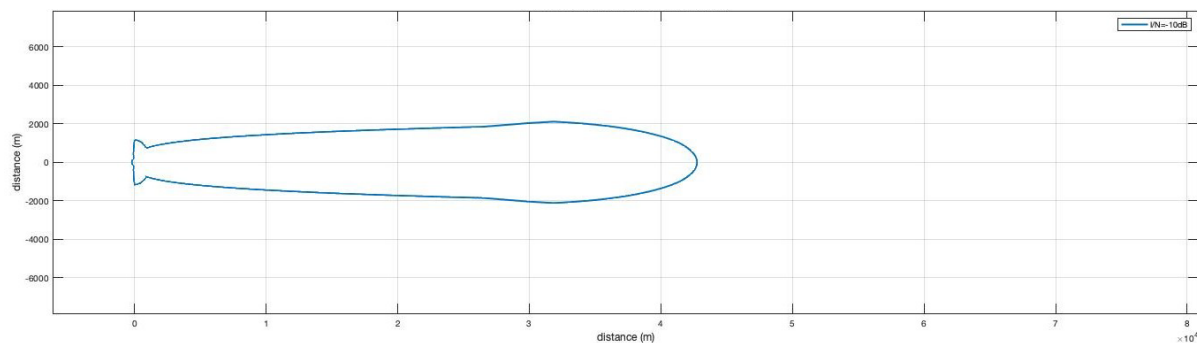


図 6.3-28 Pattern1-1 (電波法関係審査基準, LPI, 200mW, Indoor)

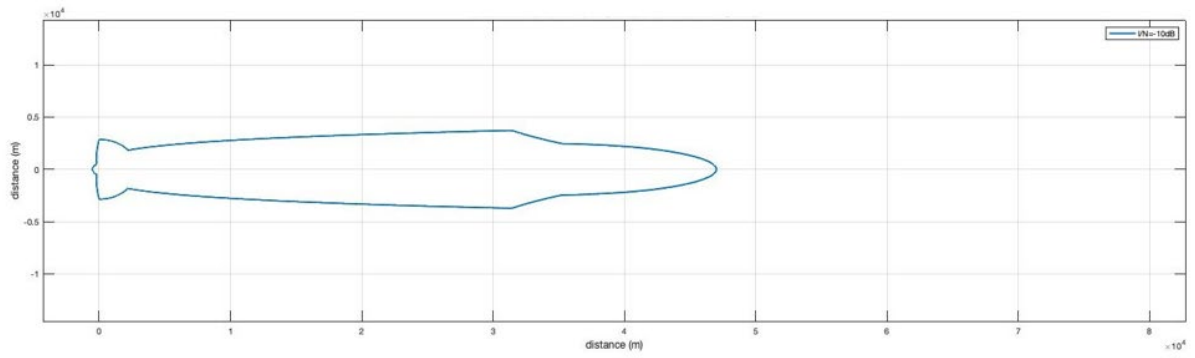


図 6.3-29 Pattern2-1 (電波法関係審査基準, VLP, 25mW, Outdoor, Body Loss なし)

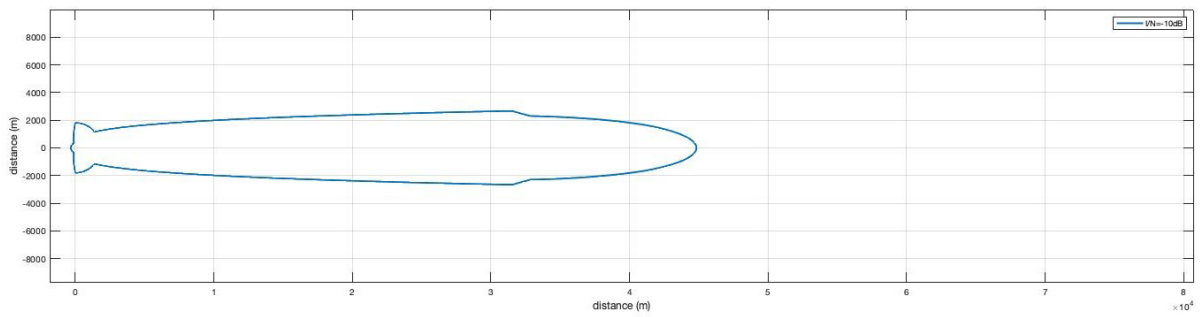


図 6.3-30 Pattern3-1 (電波法関係審査基準, VLP, 25mW, Outdoor, Body Loss あり)

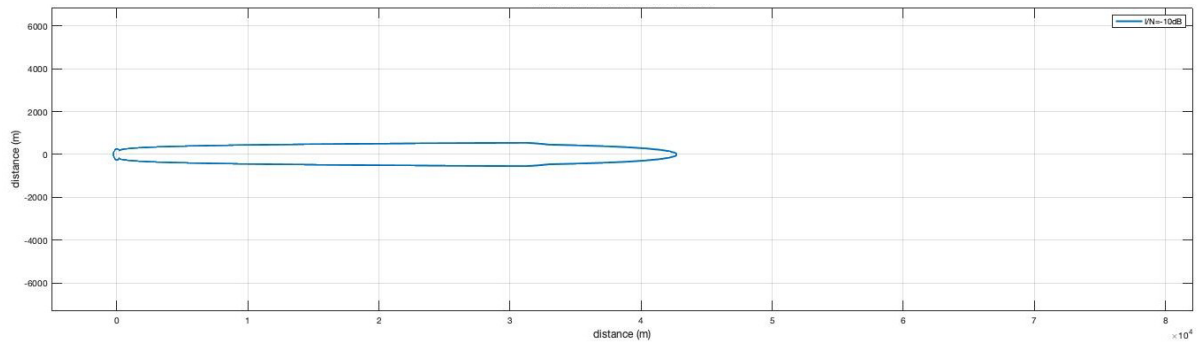


図 6.3-31 Pattern1-2 (ITU-R F.1245, LPI, 200mW, Indoor)

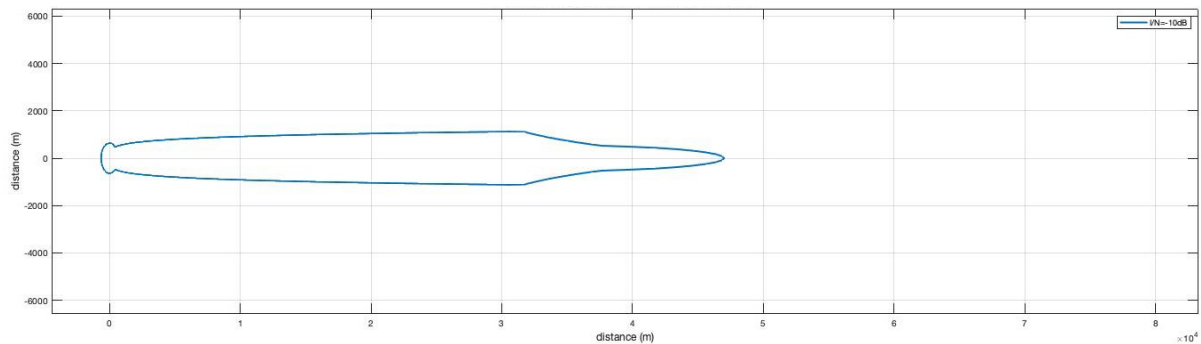


図 6.3-32 Pattern2-2 (ITU-R F.1245, VLP, 25mW, Outdoor, Body Loss なし)

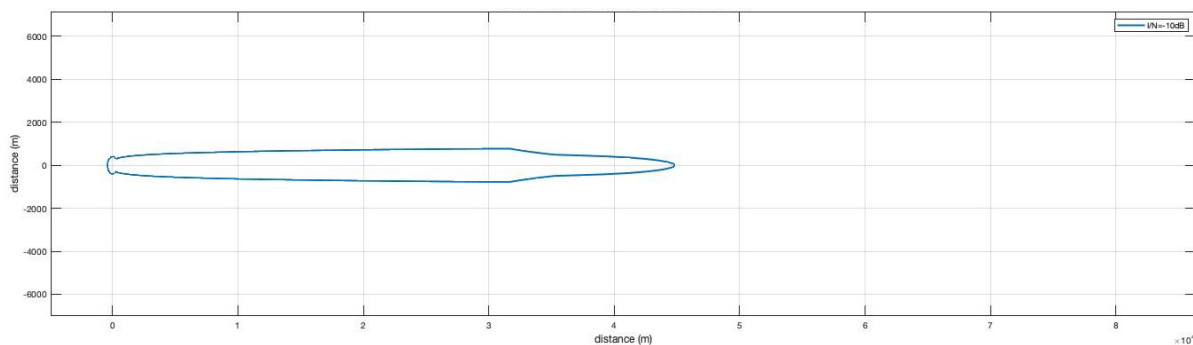


図 6.3-33 Pattern3-2 (ITU-R F.1245, VLP, 25mW, Outdoor, Body Loss あり)

シングルエントリーによる計算で算出した必要離隔距離の最大値と最小値について表 6.3-20 にまとめた。

表 6.3-20 シングルエントリー結果のまとめ 電通・公共・一般用 (6570-6870MHz)

	電波法関係審査基準 ⁷	ITU-R F.1245 Pattern (48.0dBi)
LPI (200mW, 屋内)	42.75 km (Max) 0.207 km (Min)	42.75 km (Max) 0.258 km (Min)
VLP (25mW, 屋外、人体損失無し)	47.01 km (Max) 0.510 km (Min)	47.01 km (Max) 0.637 km (Min)
VLP (25mW, 屋外、人体損失有り)	44.83 km (Max) 0.322 km (Min)	44.83 km (Max) 0.402 km (Min)

見通し内、与干渉端末が正対する位置の最悪条件下での必要離隔距離は 40-50km 程度になるが、与干渉端末が正対する位置からずれると離隔距離は大きく減少し、電波法関係審査基準では 0.51km 以内、ITU-R F.1245 では 0.64km 以内となった。

(2) アグリゲーション

ア. シミュレーション条件

6.3.3.1. (2). アの条件と同一

イ. シミュレーション結果

被干渉アンテナの高さで分けて以下の 6 シナリオでシミュレーションを実施した。

⁷ 別紙 2 第 2 4 (4) ウ (ウ) C 表 5

表 6.3-21 被干渉アンテナの異なる6シナリオ

シナリオ	被干渉アンテナ地上高	被干渉アンテナ最大利得	被干渉アンテナパターン	人口密度 [人/km ²]
1	110 m	47.3dBi	電波法関係審査基準 ⁸	15,500 (大都市)
2	55 m	47.3dBi	電波法関係審査基準 ⁷	15,500 (大都市)
3	20 m	47.3dBi	電波法関係審査基準 ⁷	2,000 (郊外)
4	110 m	47.3dBi	ITU-R F.1245	15,500 (大都市)
5	55 m	47.3dBi	ITU-R F.1245	15,500 (大都市)
6	20 m	38.7dBi	ITU-R F.1245	2,000 (郊外)

試行を 30,000,000 回繰り返し、I/N を算出した結果は以下のとおりである。

結果の図の中の赤線はアンテナパターンに電波法関係審査基準の値を用いた時の結果、青線はアンテナパターンに ITU-R F.1245 の値を用いた時の結果を示している。

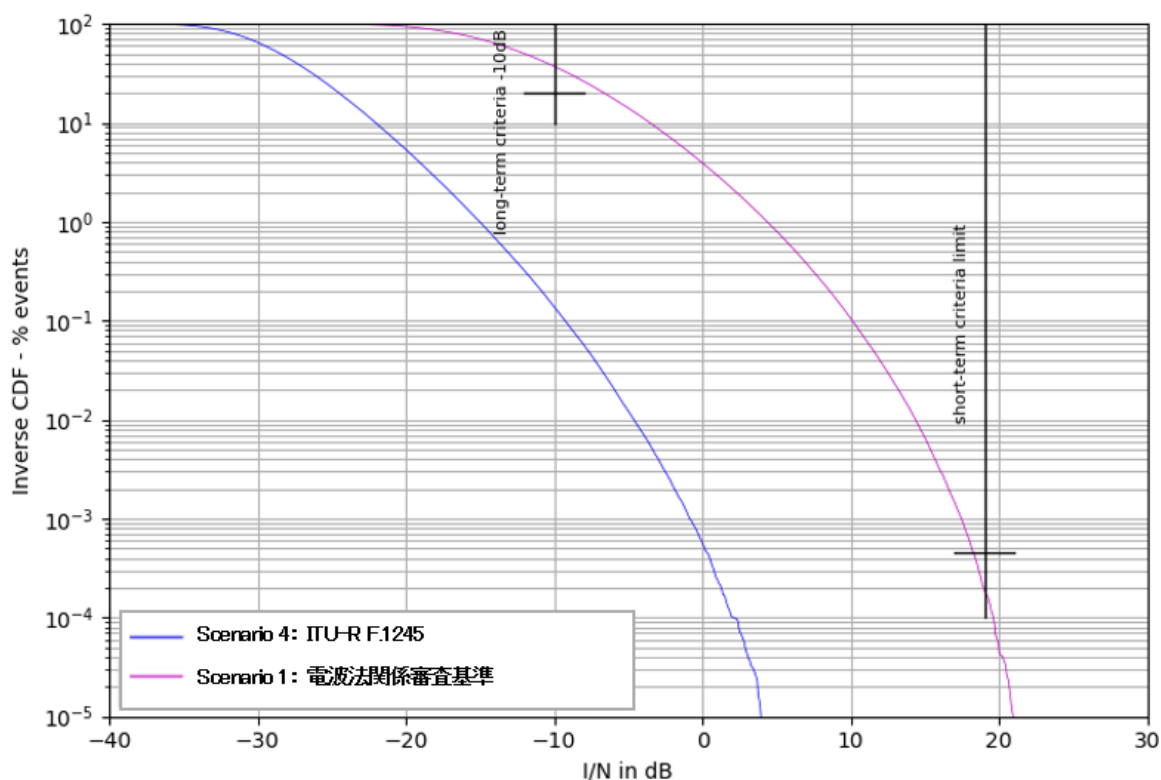


図 6.3-34 被干渉アンテナ地上高 110m の場合の結果 (シナリオ 1, 4)

⁸ 別紙2 第24 (4) ウ (ウ) C 表 5

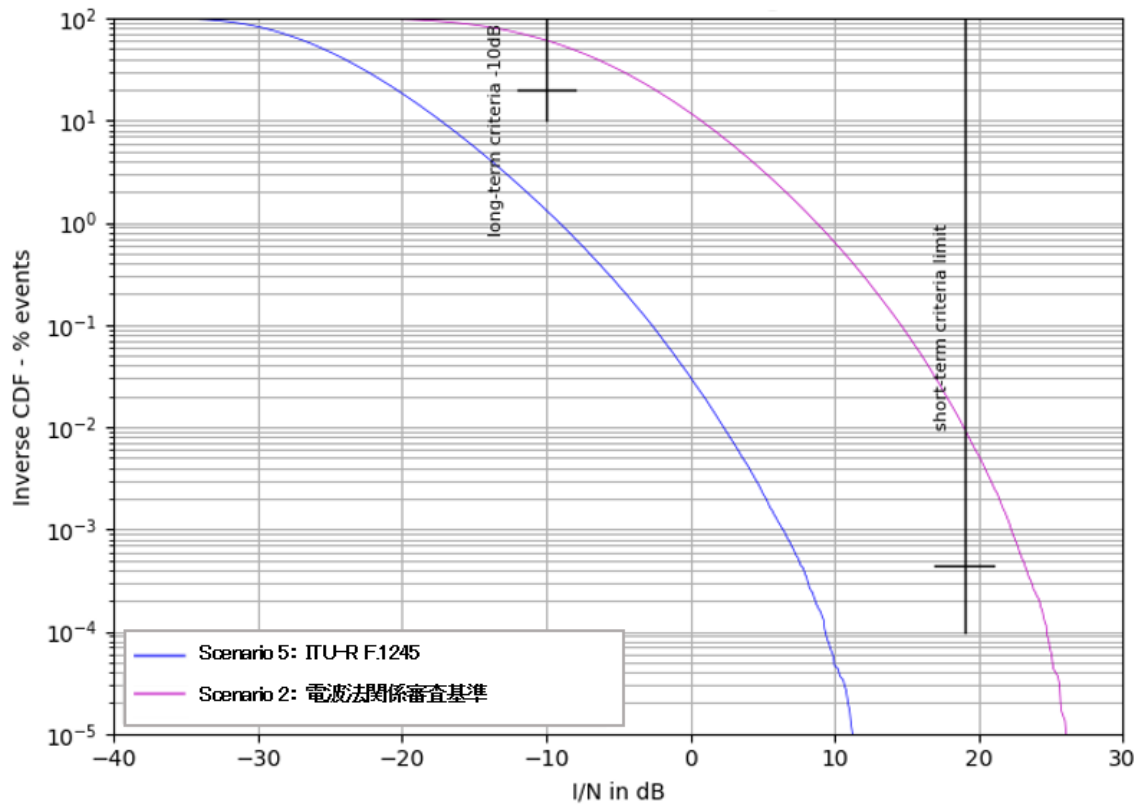


図 6.3-35 被干渉アンテナ地上高 55m の場合の結果 (シナリオ 2, 5)

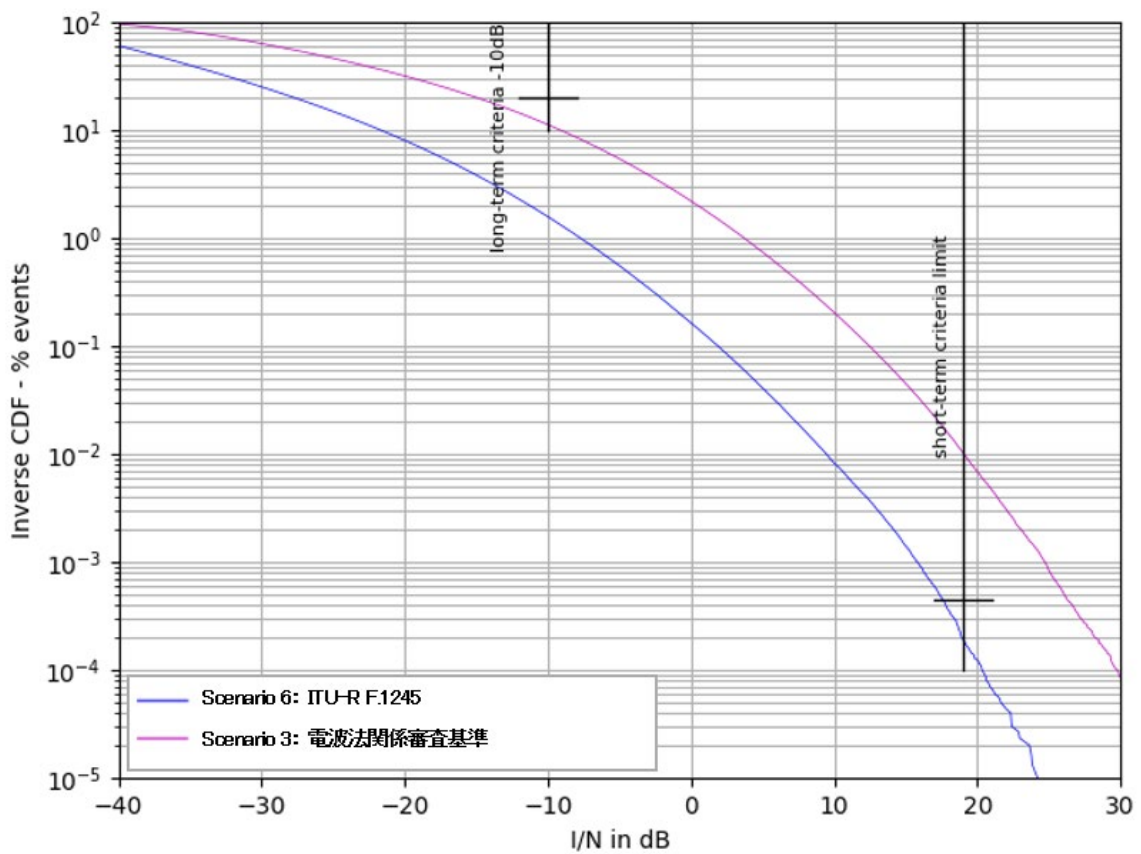


図 6.3-36 被干渉アンテナ地上高 20m の場合の結果 (シナリオ 3, 6)

ITU-R F. 758-7 の長時間干渉基準、短時間干渉基準共に、電波法関係審査基準のアンテナパターンでは概ね基準を満足できないものの、ITU-R F. 1245 のアンテナパターンでは、I/N=-10dB 条件下で、ITU-R F. 758-7 の干渉基準をそれぞれ満足することを確認した。

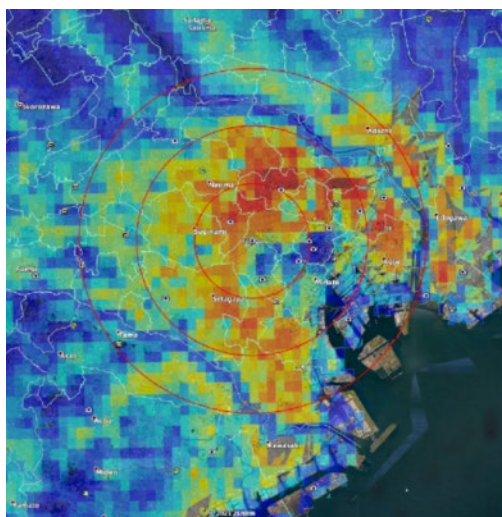
人口密集地での追加検討

サンプル評価として、新宿区設置の固定局を想定し、シミュレーション半径を10km、15km まで広げた時の I/N を評価した。

被干渉局モデル

- 設置場所：東京都新宿区
- アンテナ地上高：232m
- アンテナパターン：ITU-R F. 1245

その他、シミュレーション条件は電通・公共・一般用(6570-6870MHz)と同様とする



0-5km: Density: 17188/km²
5-10km: Density: 14195/km²
10-15km: Density: 10113/km²

図 6.3-37 新宿区周辺人口密度分布

試行を 30,000,000 回繰り返し、I/N を算出した結果は以下のとおり（半径10km、15km それぞれ表示）である。今回用いた条件下においては、人口密集地に設置された局においても、長時間干渉基準、短時間干渉基準をそれぞれ満足することを確認した。

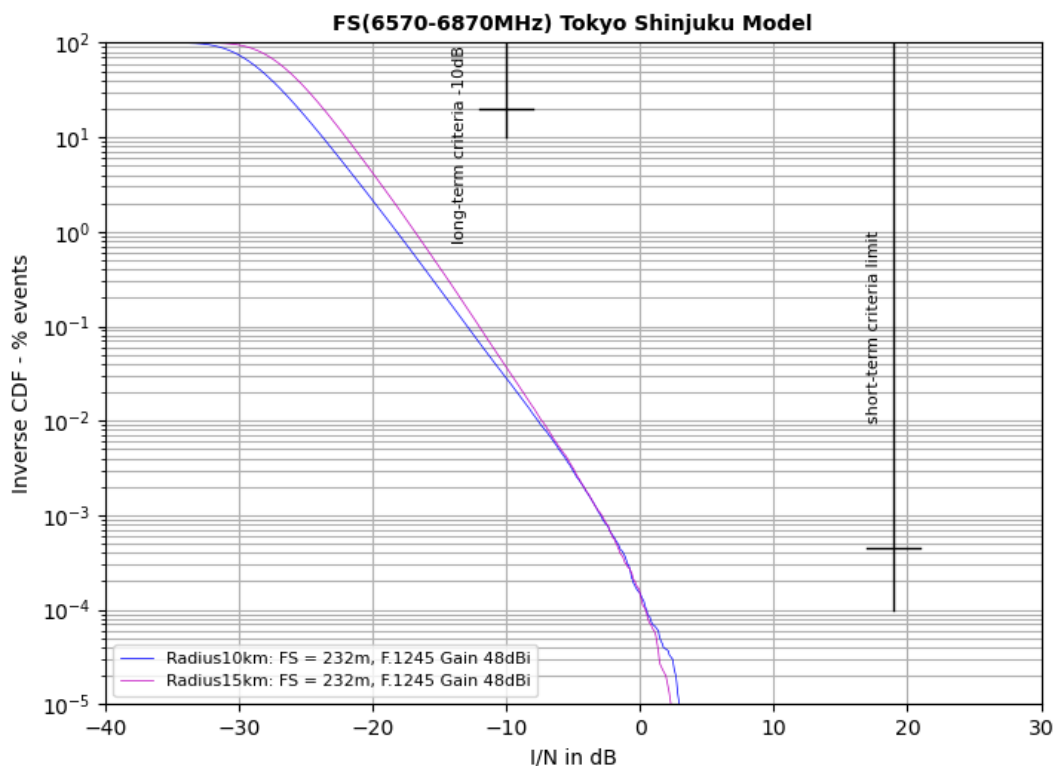


図 6.3-38 人口密集地での結果

ウ. 回線瞬断率による干渉検討

公共事業者で使用されている実回線情報に基づき、アグリゲートモデルによる C/I カーブから算出される確率密度から総合回線瞬断率を求めた。

表 6.3-22 回線瞬断率の結果

回線	受信方式	変調方式	占有帯域幅	ARIB 干渉検討資料から				審査基準 アンテナ	ITU- R. F1245 アンテナ	被干渉 アンテナ 地上高
				伝送路種別	受信入力 (dBm)	区間距離 (km)	所要区間瞬断率 Pis · d			
A	単一	128QAM	19MHz	平野	-49.6	8	3.04. E-06	OK	OK	55m
B	SD	128QAM	19MHz	海上	-42.1	25	9.84. E-06	NG	OK	55m
C	SD	128QAM	19MHz	山岳	-43.5	68	2.73. E-05	NG	OK	55m
D	単一	128QAM	19MHz	平野	-45.4	21	8.36. E-06	OK	OK	55m
E	単一	128QAM	28.5MHz	平野	-45.1	8	3.12. E-06	OK	OK	55m
F	SD	16QAM	19MHz	海上	-48.9	17	6.92. E-06	NG	OK	55m
G	単一	128QAM	19MHz	平野	-45.1	11	4.24. E-06	OK	OK	110m
H	SD	128QAM	19MHz	平野	-46.9	39	1.54. E-05	OK	OK	55m
I	SD	128QAM	9.5MHz	平野	-46.8	28	1.10. E-05	OK	OK	55m
J	SD	128QAM	19MHz	平野	-45.7	25	1.00. E-05	NG	NG	55m

回線瞬断率の計算結果、電波法関係審査基準アンテナを用いた場合は基準を満足する回線と満足しない回線があった。ITU-R F.1245 アンテナを用いた場合は基準を満足する回線が多かった。計算手法は簡易計算であるので、懸念のある回線

については、実運用アンテナパターンを含む実回線情報を用いて詳細検討する必要がある。

シミュレーションの条件は、大都市の人口密集地のケースを使用している。地方の回線においては影響を受ける範囲の人口密度が小さく、無線 LAN の台数も少なくなり、干渉が少なくなるため、よりマージンがあると考えられる。

(3) 検討手法に関する意見

公共・一般業務システム側では、回線瞬断率の計算において、無線 LAN がランダムに配置され、その干渉量を確率的に計算しているが、宅内やオフィス内の無線 LAN 装置は固定的に設置されるため、被干渉アンテナ近傍に無線 LAN 装置が設置されれば、被干渉アンテナは定常的に干渉を受けるため、モンテカルロ法による瞬断率の計算は適当ではないという意見があった。

シングルエントリーの検討において、回線保護基準による検討の中に、「被干渉システムと与干渉システムの位置関係によって算出される Polarization Loss を考慮する」とあるが、アクセスポイントの設置の方法や、端末の使用法により偏波が特定できないのではないかとこの意見があった。

以上のように、公共・一般業務システム側と無線 LAN 事業者間で回線瞬断率や回線保護基準による検討手法に対して、見解の相違があることが分かった。

6.3.3.4. 固定通信システムのシミュレーションによる検討のまとめ

シングルエントリーによるシミュレーションの結果は、 $I/N=-10\text{dB}$ での長時間干渉基準において、固定通信システムの受信アンテナのボアサイト方向での離隔距離が $40\text{km}\sim 50\text{km}$ と大きくなった。一方、サイドローブ及び後方への離隔距離は、最大で 1.18km (電通業務 $6425\sim 6570, 6870\sim 7125\text{MHz}$) という結果となり、それ以外の条件ではほとんどが 0.5km 以内で必要離隔距離は大きく減少した。電波法関係審査基準と ITU-R F.1245 のアンテナパターンでは、ITU-R F.1245 はボアサイトから少しずれると必要離隔距離が小さくなる傾向となった。

アグリゲーションによるシミュレーションの結果は、ITU-R F.1245 のアンテナパターンを使用した場合、全てのシナリオで $I/N=-10\text{dB}$ での長時間干渉基準及び短時間干渉基準を満足することが確認できた。電波法関係審査基準のアンテナパターンでは、シナリオ 3 のみ長時間干渉基準を満足したが、それ以外のシナリオでは長時間干渉基準及び短時間干渉基準を満足しなかった。また、人口密集地での影響を調べるため、東京都新宿区に設置の固定局を想定し、シミュレーション半径を 10km と 15km で評価 (ITU-R F.1245 のアンテナパターンを使用) したが、長時間干渉基準と短時間干渉基準のそれぞれを満足する結果となった。

電波法関係審査基準に基づく簡易計算による回線瞬断率検討の結果、電波法関係審査基準アンテナを用いた場合は基準を満足する回線と満足しない回線があった。ITU-R F.1245 アンテナを用いた場合は基準を満足する回線が多かった。計算手法は簡易計算であるので、懸念のある回線については、実運用で使用されているアンテナパターンを含む実回線情報を用いて詳細検討する必要がある。また、回線瞬断率や回線保護基準による検討手法に関して更なる検討が必要である。

6.3.3.5. 実証試験による検証

(1) 屋内実証試験

屋内実証試験では、被干渉側であるマイクロ回線の送信装置、受信装置、及び与干渉側である無線 LAN 機器を有線で接続し、被干渉側であるマイクロ回線送受信装置を通信状態にした上で、与干渉側である無線 LAN 機器からの信号を干渉させ、その影響を確認する。

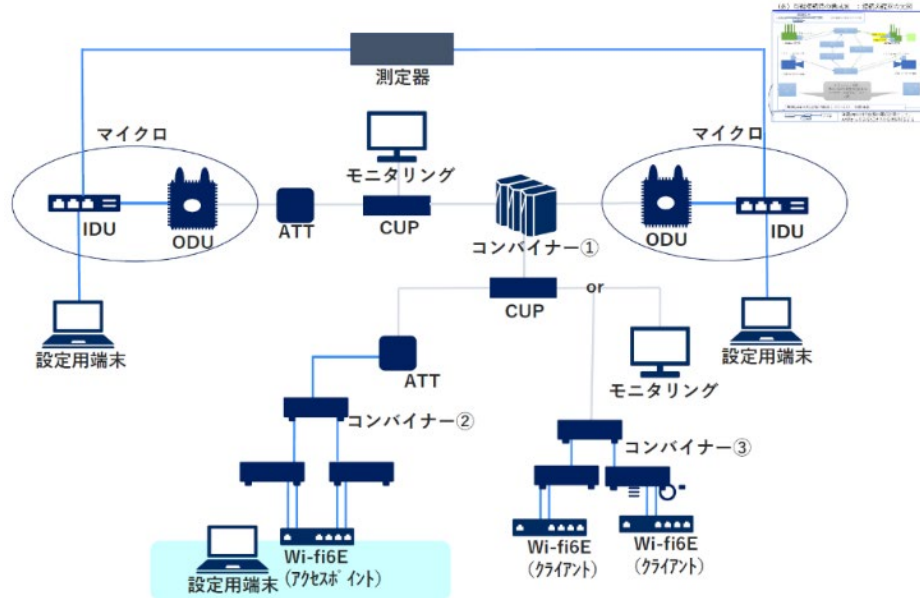


図 6.3-39 屋内実証試験の構成

ア. 基本動作試験

被干渉側（固定系）の動作の確認を行うため、最大通信速度維持限界（被干渉受信電力と与干渉電力の関係確認）を検証した。

表 6.3-23 基本動作確認

被干渉電力 [dBm]	-60	-54.5	-37	-31
最大伝送速度が維持できなくなる 与干渉波受信電力 [dBm]	-75.29	-69.29	-63.64	-57.04
換算距離（見通しの場合） [m]	610	320	130	70
換算距離（屋内 16dB の減衰想定） [m]	100	60	20	<10

被干渉信号：帯域幅 30 MHz、256-QAM 中心周波数 6675MHz（送信バンド幅約 30MHz）
与干渉信号：帯域幅 20 MHz、連続送信モード トータルパワー一定

表 6.3-23 で示されるとおり、“被干渉搬送波”の電力が高いほど、与干渉波の電力も高くなる関係を確認できた。

また、与干渉側の動作として衝突検出動作（リッスンビフォートーク動作）を検証した。

表 6.3-24 無線 LAN 衝突検出動作確認

被干渉信号	256-QAM	128-QAM
干渉検出レベル [dBm]	-69.9	-71.09

被干渉波を検出し、与干渉端末が送信停止/周波数移動することを確認した。

イ. 無線 LAN からのバースト干渉試験

中心周波数として電気通信業務 5970MHz 及び公共一般業務 6675MHz を選択し無線 LAN からの連続波干渉試験を実施した。

- ・ 同一帯域試験（重なり試験）

表 6.3-25 同一帯域試験結果

被干渉	種別	電気通信		公共一般		公共一般	
	中心周波数 [MHz]	5970		6675		6675	
	被干渉電力 [dBm]	-37		-37		-37	
	変調方式	256-QAM		256-QAM		128-QAM	
	帯域幅 [MHz]	30 (28.5)		30 (28.5)		30 (28.5)	
与干渉	チャンネル	Ch. 5	Ch. 15	Ch. 145	Ch. 143	Ch. 145	Ch. 143
	バンド幅 [MHz]	20	160	20	160	20	160
	最大伝送速度が維持できなくなる干渉波受信電力 [dBm]	-61.4	-61.8	-62.5	-62.0	-60.9	-59.3
	換算距離（見通しの場合） [m]	110	110	120	120	110	100
	換算距離（屋内 16dB の減衰想定） [m]	20	20	20	20	20	20
	DU 比	24.4	24.8	25.5	25.0	23.9	22.3

同一帯域の試験では“被干渉搬送波の利用帯域内の与干渉波電力”が支配的であった。広帯域の 160MHz 幅の信号を干渉させても、狭帯域の 20MHz 幅を干渉させても、大きな差が無かった。

また、変調方式の異なる 128-QAM と 256-QAM とでは 128-QAM の方が少し干渉耐力が高いことが確認できた。

- ・ 隣接帯域試験

表 6.3-26 隣接帯域試験結果

被干渉	種別	電気通信		公共一般	
	中心周波数 [MHz]	5970		6675	
	被干渉電力 [dBm]	-37		-37	
	変調方式	256-QAM		256-QAM	
	帯域幅 [MHz]	30 (28.5)		30 (28.5)	
与干渉	チャンネル	Ch. 9	Ch. 11	Ch. 155	Ch. 155
	バンド幅 [MHz]	20	160	40	40
	離隔幅 被干渉バンド幅見なし 30MHz 時の与干渉との離隔幅 [MHz]	0		15	
	最大伝送速度が維持できなくなる干渉波受信電力 [dBm]	-24.23	-23.38	測定上限以上	
	換算距離（見通しの場合） [m]	<10	<10	<10	<10
	換算距離（屋内 16dB の減衰想定） [m]	<10	<10	<10	<10
	DU 比	-12.8	-13.6	<-17	<-17

隣接帯域の試験では、離隔幅 0 で、与干渉 20MHz と 160MHz での差は大きくないことがわかった。

また、離隔幅 15MHz 以上では、今回測定限界でも速度低下の影響を与えることができなかった。

6.3.4. 衛星通信システム（アップリンク）との共用検討

ア. シミュレーション条件

衛星通信システムのアップリンクに与える影響を評価するために、ECG report 302にあるように、アグリゲートモデルを用いてフットプリント内の与干渉端末からの干渉総和量を算出した。

衛星通信システムへの干渉寄与（I/N）は以下の式で計算される。

$$I/N = P_{TxEIRP} - L_{Building} - L_{body} - L_{Path} - L_p - L_{Clutter} - L_s + G/T - 10 \log_{10}(kB)$$

ここで、

- P_{TxEIRP} : 与干渉端末の e. i. r. p. [dBW]
- $L_{Building}$: 与干渉端末が建物内にあった場合の壁等による損失 [dB]
- L_{body} : 人体損失⁹ [dB]
- L_{Path} : 自由空間損失 [dB]
- L_p : 偏波損失 = 3 [dB]
- $L_{Clutter}$: クラッタ損失 [dB]
- L_s : スペクトル損失 [dB]
- G/T : 衛星受信機の G/T [dB/K]
- k : ボルツマン定数 = 1.380649×10^{-23} [J/K]
- B : 衛星のチャンネル帯域幅 [Hz]
- I/N : 干渉保護基準

上記 I/N を衛星通信チャンネル毎にフットプリント内全ての与干渉端末について算出し、総和をとった(図 6.3-40)。

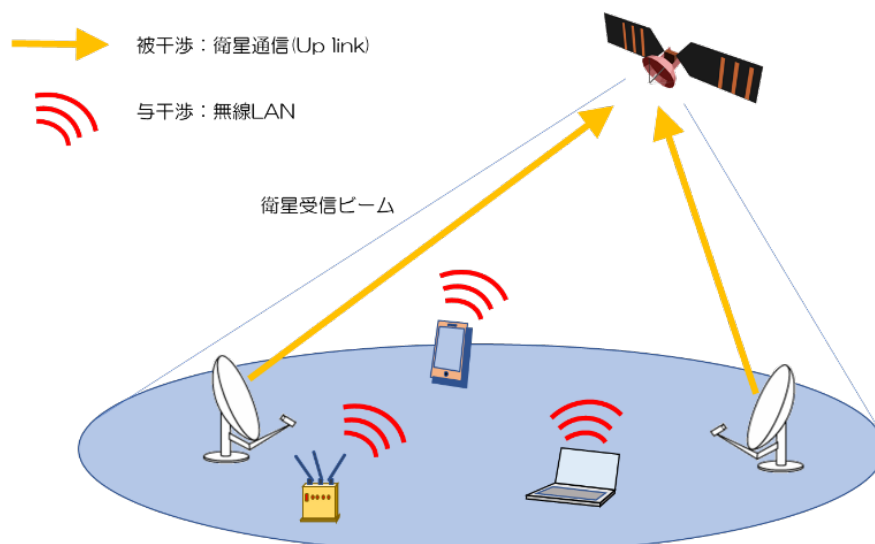


図 6.3-40 無線 LAN から静止衛星システム(Uplink)への与干渉

⁹ ウェアラブル端末等の人体損失が想定される場合に適用する。

イ. シミュレーション結果

日本国内で運用されている代表的な衛星システムに対する干渉の検討を行った。

表 6.3-27 検討を行った衛星システム

衛星システム	JCSAT-5A	JCSAT-2B	JCSAT-3A	N-Star e
経度	E-132°	E-154°	E-128°	E-136°
カバレッジ内総人口	4,775,600,000	1,247,600,000	4,775,600,000	77,807,046
受信機特性 G/T	非公開	非公開	非公開	非公開
自由空間伝搬ロス平均値 (dB)	199.5	199.65	199.9	199.96
クラッタ損失平均値 (dB)	4.1	4.1	3.6	1.8
干渉許容値	I/N = -13.5 dB (ITU-R WP5A Contribution 874*1 [25]に記載の I/N=-10.5dB に-3dBのサービス分配を加味)			
I/N [dB]	<-23.2	<-24.3	<-25.3	-21.5*2

*1: ITU-R Working Party 4A (2018). Reply liaison statement to Working Party 5A - WRC-19 agenda item 1.16 (RLAN) で規定されているものだが、周波数帯が隣接しており、かつ周波数の分配状況がほぼ同一なので拡張して適用。ITU-R S.1432-1 [24]に基づき、ある仮定の下特定の環境下について算出される値と一致する。
 *2: 6345-6425MHz (80MHz 幅)のシングルチャネルのためグラフ表示はしていない

図 6.3-41 に示す位置関係に基づき計算を行った。

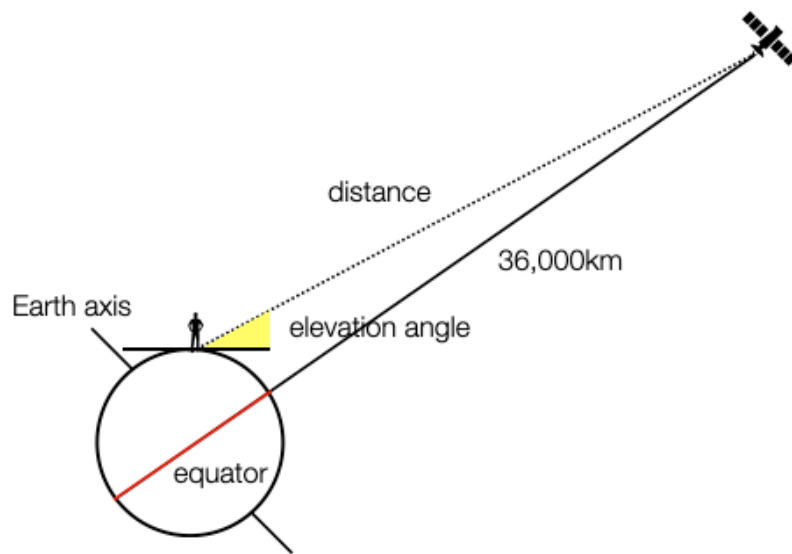


図 6.3-41 固定衛星局と地球上の与干渉端末の位置関係

$$distance = \sqrt{r^2 + R^2 - 2rR \cos(\varphi_u) \cos(L_\delta)}$$

$$elevationAngle = \arctan\left[\frac{\cos(\varphi_u) \cos(L_\delta) - r/R}{\sqrt{1 - \cos^2(\varphi_u) \cos^2(L_\delta)}}\right]$$

r 地球の半径: 6371km
 R 地球の中心から衛星までの距離
 φ_u 観測点の緯度
 L_u 観測点の経度
 L_δ 観測点の経度 - 衛星の経度

各衛星に対して、チャンネル毎にカバレッジ内の与干渉端末からの干渉総和量を算出し、I/N を計算した結果は以下のとおりである。

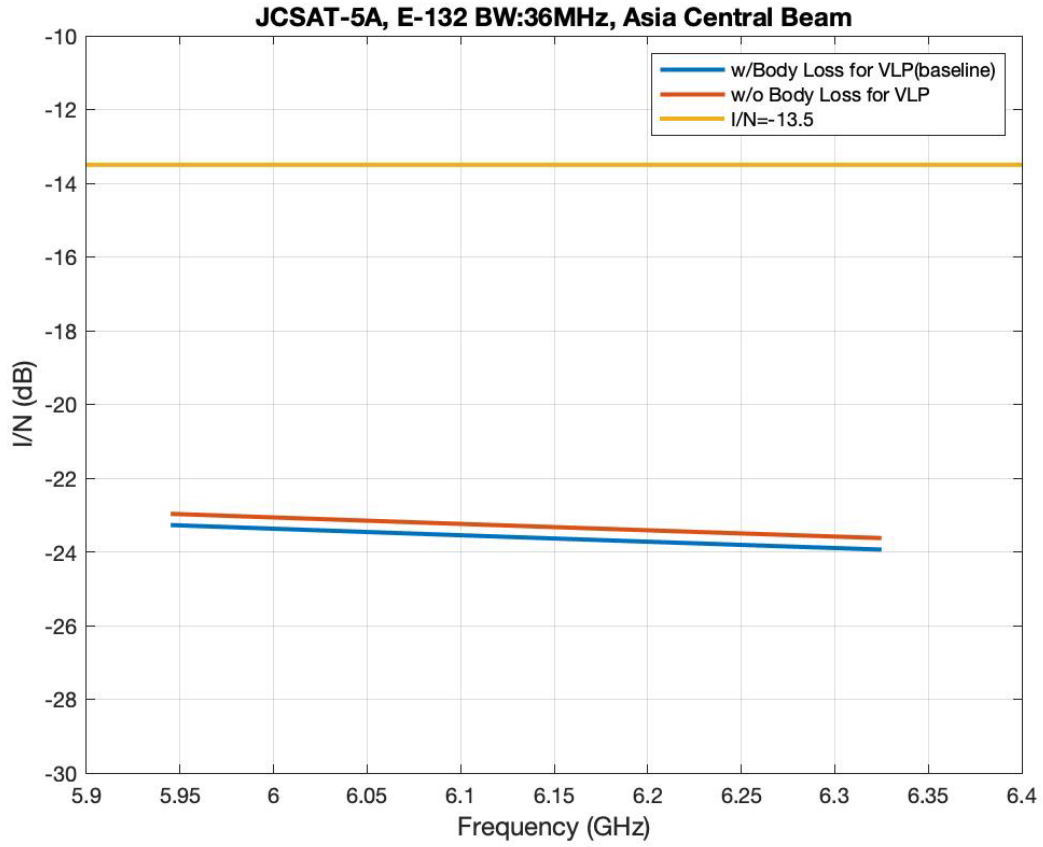


图 6.3-42 JCSAT-5A

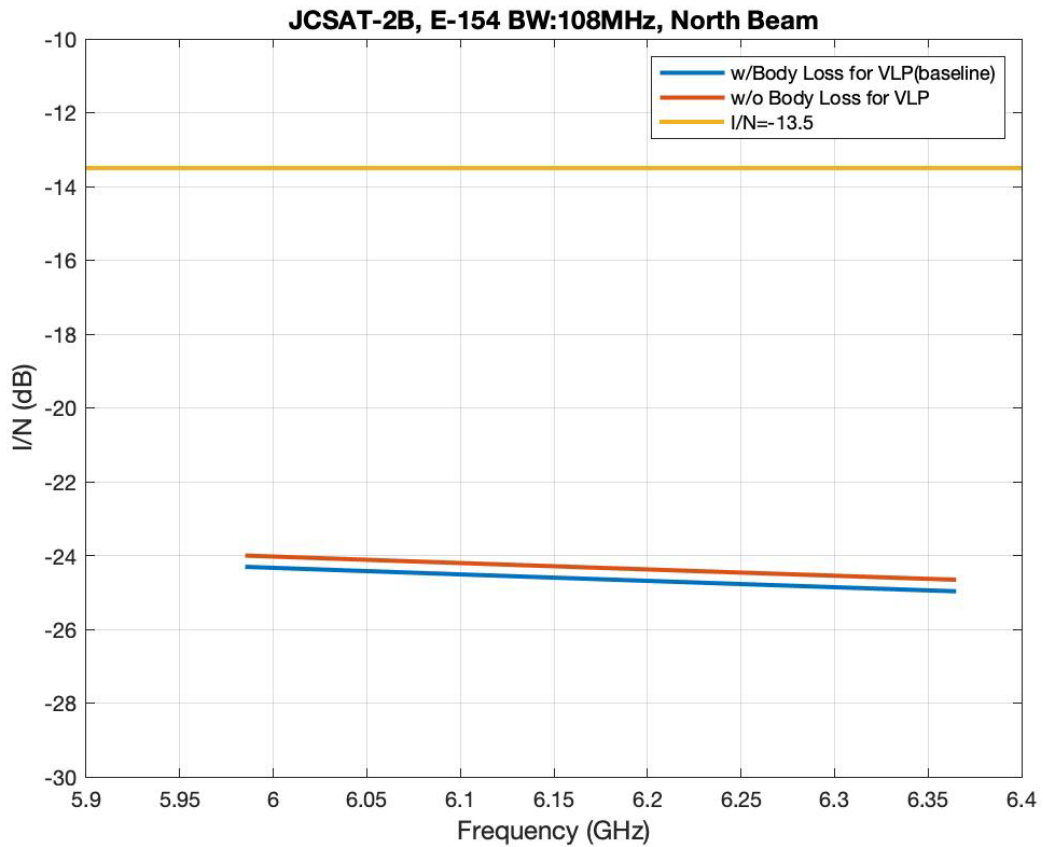


图 6.3-43 JCSAT-2B

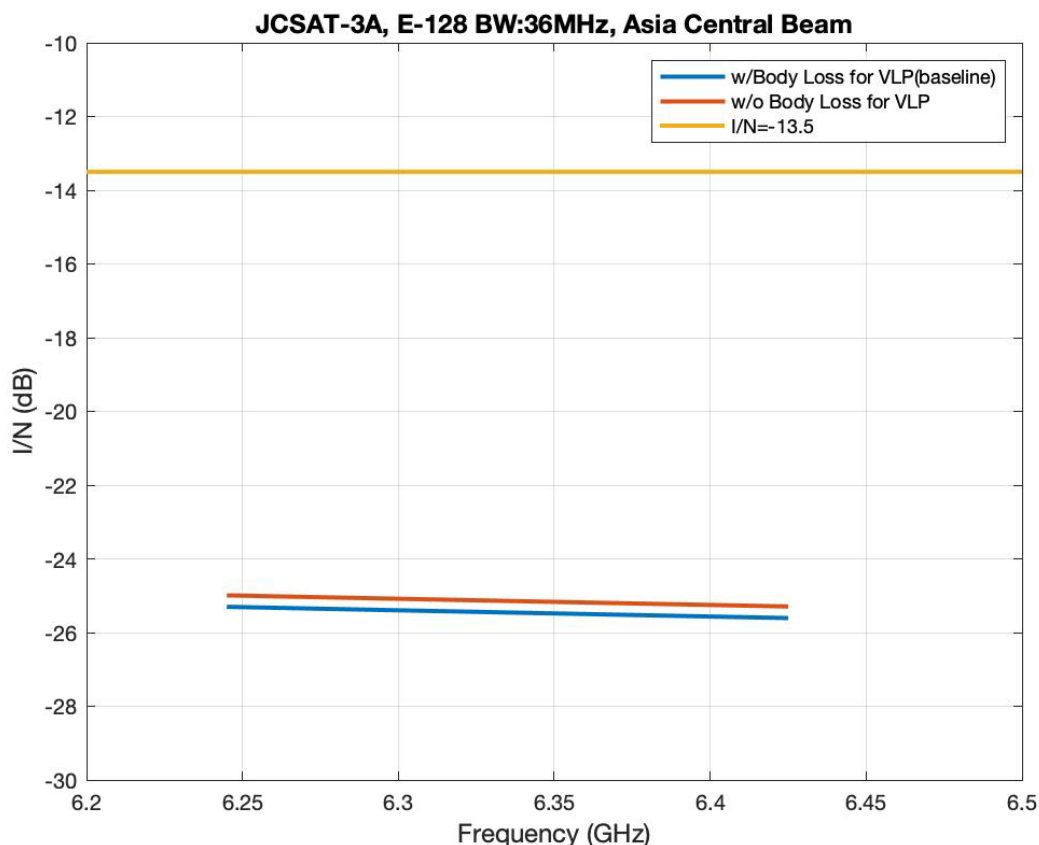


図 6.3-44 JCSAT-3A

LPI モード及び VLP モードによる干渉を想定したシミュレーションの結果、上記 3 個の衛星に対する影響は、I/N=-13.5dB の基準に対し、8dB 程度のマージンを確認した。

追加検討 (SP モード)

SP モードを考慮した検討のため、SP モードを加味した与干渉送信機空中線電力分配を用いてこれまで同様の手法で干渉の総和を計算した。

また、屋外設置の無線 LAN に対して仰角による電力制限 (図 6.3-45) を考慮した場合の検討も実施した。

表 6.3-28 衛星システムのパラメータ

衛星システム	JCSAT-5A	JCSAT-2B	JCSAT-3A	N-Star e
経度	E-132°	E-154°	E-128°	E-136°
カバレッジ内総人口	4,775,600,000	1,247,600,000	4,775,600,000	77,807,046
干渉許容値	I/N = -13.5 dB (ITU-R WP5A Contribution 874*1に記載の I/N=-10.5dB に-3dBのサービス分配を加味)			
I/N [dB]*3	< -19.6	< -20.8	< -21.5	< -18.2*2

*1: ITU-R Working Party 4A (2018). Reply liaison statement to Working Party 5A - WRC-19 agenda item 1.16 (RLAN) で規定されているものだが、周波数帯が隣接しており、かつ周波数の分配状況がほぼ同一なので拡張して適用。ITU-R S.1432-1 [24]に基づき、ある仮定の下特定の環境下について算出される値と一致する。

*2: 6345-6425MHz (80MHz 幅)のシングルチャネルのためグラフ表示はしていない

*3: 屋外 SP 端末に対して仰角による電力制限を考慮した場合及び考慮しない場合の両方で検討を行ったが、ここでは仰角による電力制限を考慮した I/N の数値を記載

固定衛星システムの干渉保護基準

屋外の無線LAN：地平線からの仰角30度を超える範囲の最大EIRP = 21 dBm (125 mW)

FCC 20-51 : Unlicensed Use of the 6 GHz Band, April 24, 2020

図 6.3-45 固定衛星通信システムの干渉保護基準

また、屋内と屋外で使用される無線LANのe.i.r.p.の分布としては、RKFレポート [26]に記載されている分布条件（表 6.3-29）に従った。

表 6.3-29 RKF レポートに記載されている無線LANのe.i.r.p.の分布

RKFレポートに記載されている無線LANのEIRPの分布

Indoor Use Case	Weight	Weighted EIRP Distribution (mW)							Total
		4000	1000	250	100	50	13	1	
Client	26.32%	0.00%	0.00%	0.00%	1.82%	12.03%	12.47%	0.00%	26.32%
Enterprise AP	2.63%	0.00%	0.00%	1.06%	0.90%	0.58%	0.09%	0.01%	2.63%
Consumer AP	66.31%	0.00%	0.00%	7.90%	2.76%	11.20%	38.94%	5.51%	66.31%
High-Performance Gaming Router	4.74%	0.67%	0.42%	1.43%	1.01%	0.83%	0.34%	0.04%	4.74%
Sub-Total	100.00%	0.67%	0.42%	10.39%	6.49%	24.64%	51.84%	5.56%	100.00%

全体の99%

Table 3-7 - Indoor RLAN Source EIRP Distribution (mW)

Outdoor Use Case	Weight	Weighted EIRP Distribution (mW)							Total
		4000	1000	250	100	50	13	1	
High Power AP	20%	2.83%	1.77%	6.04%	4.21%	3.55%	1.44%	0.17%	20.00%
Low Power AP	30%	0.00%	0.25%	3.41%	1.33%	5.73%	16.87%	2.41%	30.00%
Client	50%	0.00%	0.00%	0.00%	3.46%	22.85%	23.68%	0.00%	50.00%
Sub-Total	100.00%	2.83%	2.02%	9.45%	9.00%	32.13%	41.99%	2.58%	100%

全体の1%

Table 3-8 - Outdoor RLAN Source EIRP Distribution (mW)

RKF report : Frequency Sharing for Radio Local Area Networks in the 6 GHz Band, January 2018 Version 3

(RKF レポート URL <https://s3.amazonaws.com/rkfengineering-web/6USC+Report+Release+-+24Jan2018.pdf>)

各衛星に対して、チャンネル毎にカバレッジ内の与干渉端末からの干渉総和量を算出し、I/Nを計算した結果を図 6.3-46～図 6.3-48 に示す。

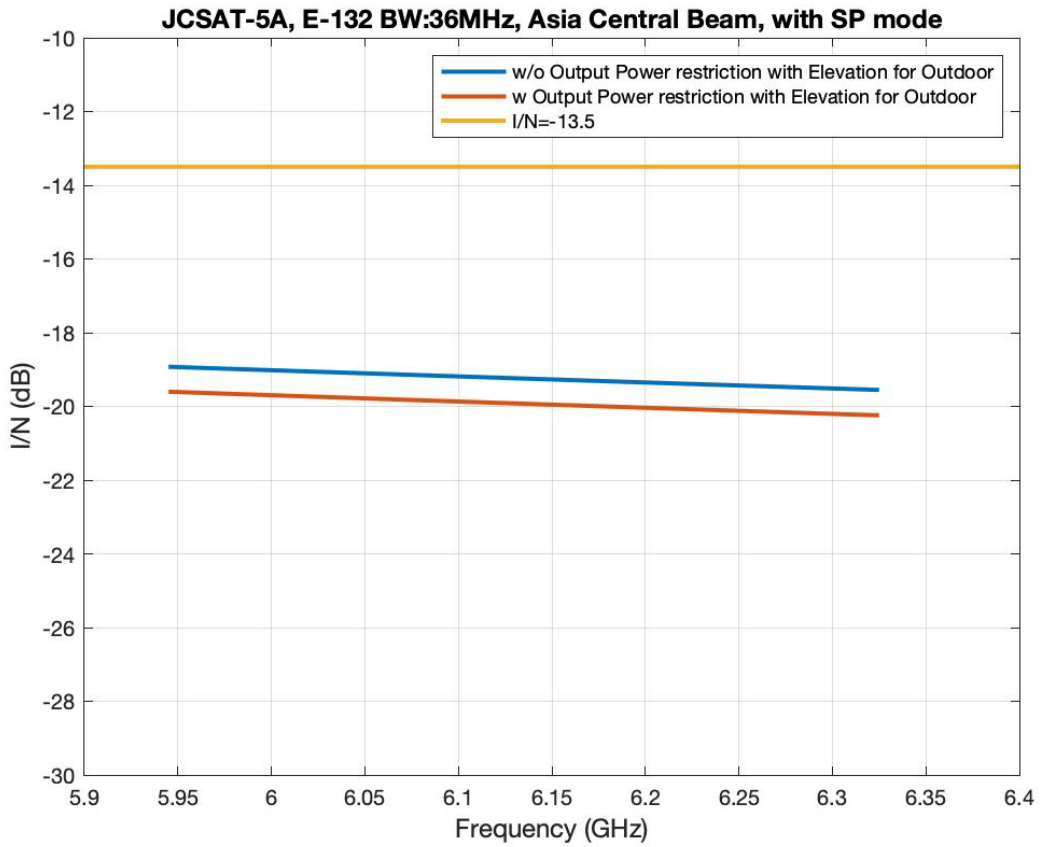


图 6.3-46 JCSAT-5A

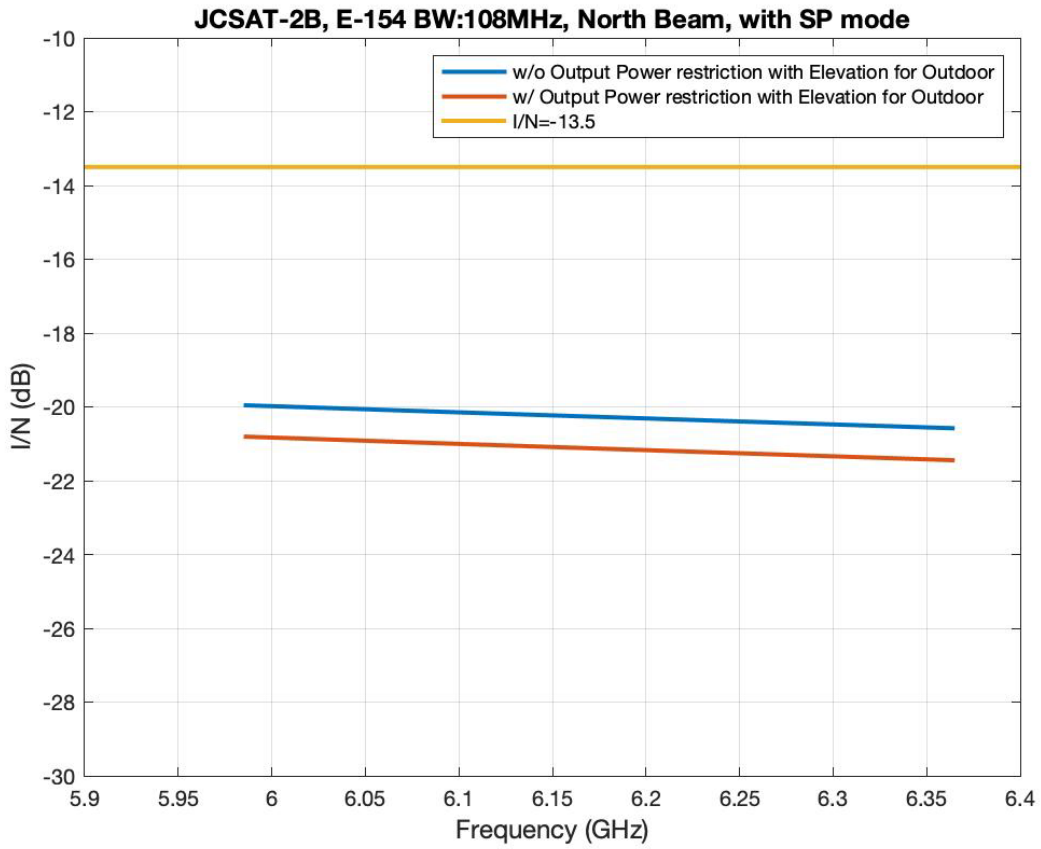


图 6.3-47 JCSAT-2B

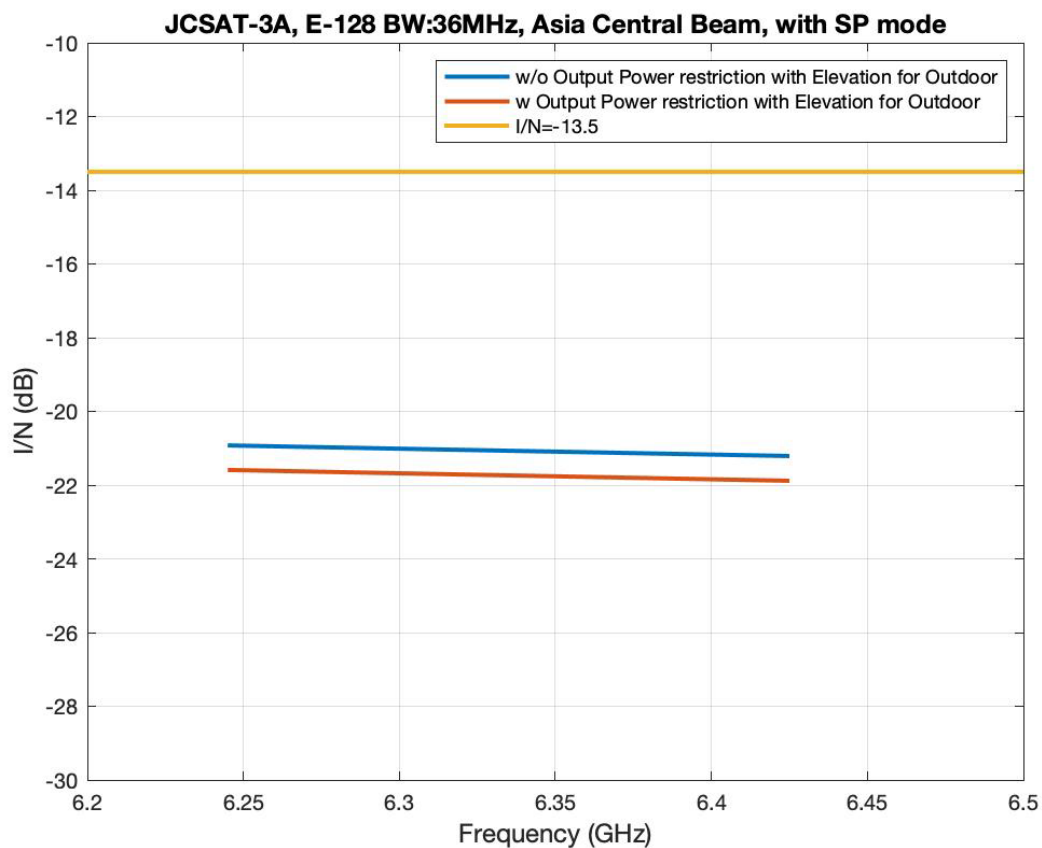


図 6.3-48 JCSAT-3A

LPI モード及び VLP モードを考慮した前述の検討結果と比較をすると I/N が大きくなったが、SP モードを考慮した場合においても I/N=-13.5dB の基準を満足し、また、仰角に応じた電力制限を加味する場合には 5dB 程度のマージンを確認した。

ウ. シミュレーション結果のまとめ

検討対象局のフットプリントを考慮して干渉の総和を計算した結果、I/N=-13.5dB の基準に対して 5dB 程度のマージンを確認したことから、無線 LAN と固定衛星との共用は可能と考えられる。

6.3.5. 放送番組中継システムとの共用検討

6.3.5.1. シミュレーション条件

(1) 被干渉システムの諸元

- ・周波数

映像 STL：6,430.5MHz (C-1)、映像 FPU：6,425MHz (C-1)

音声 STL：6,700.625MHz (MAF-1)、監視制御用固定回線：6,700.5MHz (MS-1)

- ・送受信空中線高

使用範囲内の最低地上高

- ・使用アンテナ

干渉モデルの受信アンテナにおいて、最も利得が大きいものを使用

(2) 与干渉システムの諸元

- ・周波数および帯域幅

被干渉システムと同一 CH 周波数及び隣接 CH 周波数を使用

帯域幅 20MHz

- ・送信空中線高

放送受信アンテナ高、地上高：1.5m、地上高：28.5m

- ・送信出力

25mW (屋外利用時の送信出力)

200mW (屋内利用時の送信出力)

※無線 LAN 帯域幅 20MHz 当たりの送信最大電力を被干渉帯域幅に換算した電力値で計算

- ・シングルエントリーの検討モデル

表 6.3-30 放送番組中継シングルエントリーの検討モデル (28 パターン)

NO.	被干渉システム					与干渉システム	
	種類	送信		受信		伝搬距離 水平方向 [km]	使用場所 (送信高) [m]
		送信場所	送信高 [m]	受信場所	受信高 [m]		
1	映像 STL	演奏所	30	親局	100	15	100/1.5/28.5
2	映像 TTL	上位局送信所	100	下位局送信所	100	50	100/1.5/28.5
3	映像 TSL	FPU 受信基地局	100	演奏所	30	50	30/1.5/28.5
4	映像 FPU (固定)①	地上 (イントレ)	3.5	FPU 受信基地局	100	50	100/1.5/28.5
5	映像 FPU (固定)②	中継車	12	演奏所	30	10	30/1.5/28.5
6	映像 FPU (固定)③	中継車	12	FPU 受信基地局	100	50	100/1.5/28.5
7	映像 FPU (固定)④	中継車	12	ビル屋上	30	3	30/1.5/28.5
8	映像 FPU (固定)⑤	ビル屋上	30	FPU 受信基地局	100	50	100/1.5/28.5
9	映像 FPU (固定)⑥	ビル屋上	30	中継車	3.5	3	3.5/1.5/28.5
10	映像 FPU (固定)⑦	屋内窓越し	15	FPU 受信基地局	100	50	100/1.5/28.5

11	映像 FPU(固定)⑧	屋内窓越し	15	中継車	3.5	3	3.5/1.5/28.5
12	映像 FPU(移動)①	建物内	1.5	建物内	2.5	0.2	2.5/1.5/28.5
13	映像 FPU(移動)②	街中、競技場等	2	中継車、ビル、イントレ	3.5	3	3.5/1.5/28.5
14	映像 FPU(移動)③	バイク	2	中継車	3.5	1	3.5/1.5/28.5
15	映像 FPU(移動)④	中継車	3.5	バイク	2.0	1	2.0/1.5/28.5
16	映像 FPU(移動)⑤-1	地上 (rural)	2	ヘリ	300	0	1.5/28.5
17	映像 FPU(移動)⑤-2	地上 (urban)	2	ヘリ	600	0	1.5/28.5
18	映像 FPU(移動)⑥	ヘリ	300	演奏所	30	50	30/1.5/28.5
19	映像 FPU(移動)⑦	ヘリ	300	FPU 受信基地局	100	50	100/1.5/28.5
20	映像 FPU(移動)⑧	ヘリ	300	中継車	3.5	50	3.5/1.5/28.5
21	音声 STL	演奏所	30	親局	100	15	100/1.5/28.5
22	音声 TTL	上位局送信所	100	下位局送信所	100	50	100/1.5/28.5
23	音声 TSL	FPU 受信基地局	100	演奏所	30	50	30/1.5/28.5
24	音声 FPU①	ビル屋上	30	FPU 受信基地局	100	50	100/1.5/28.5
25	音声 FPU②	屋内窓越し	15	中継車	3.5	3	3.5/1.5/28.5
26	監視制御用固定回線①	送信所・基地局	100	演奏所	30	50	30/1.5/28.5
27	監視制御用固定回線②	送信所・基地局	100	送信所・基地局	100	50	100/1.5/28.5
28	映像 FPU(移動)⑨	競技場トラック等	2	競技場内受信施設	3.5	0.2	3.5/1.5/28.5

6.3.5.2. シングルエントリーでのシミュレーション結果

ア. シミュレーション結果

放送番組中継の利用シーンモデル 28 パターンのうち影響が大きくなる条件の受信空中線利得が大きい代表 8 種について、所要離隔距離と、被干渉受信施設近傍で無線 LAN が運用される想定最短距離（5～800m）における所要改善量を算出した。

1) 映像 STL : 演奏所→親局

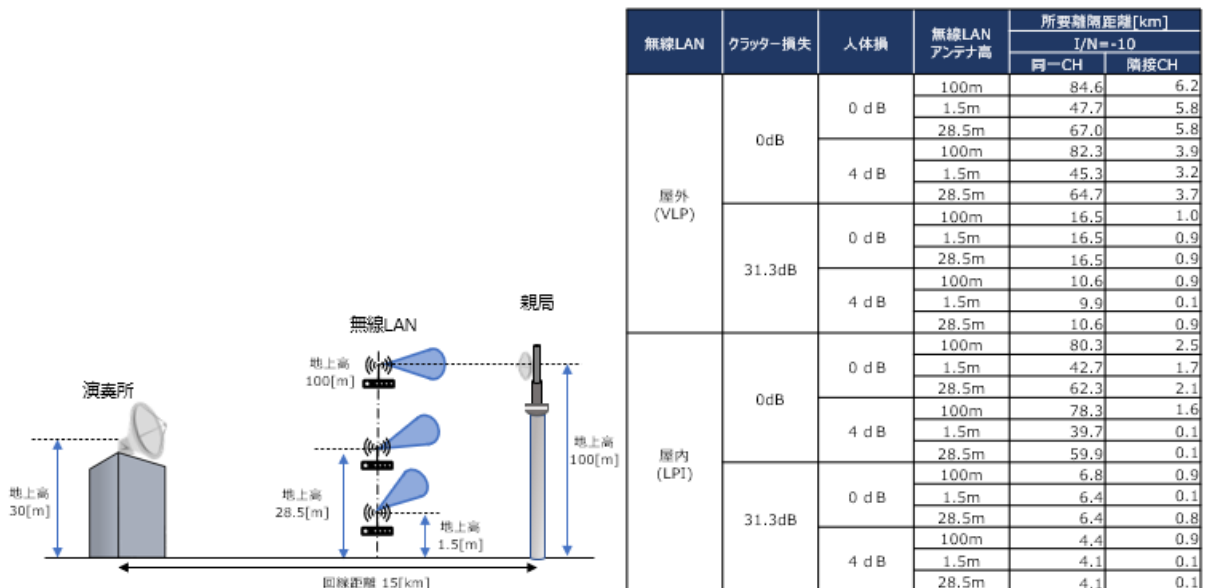
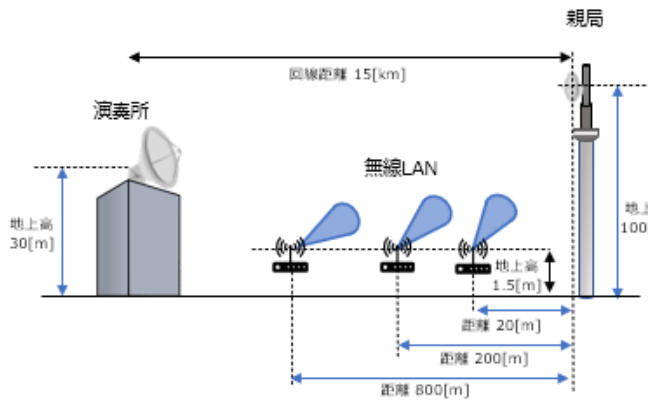


図 6.3-49 映像 STL : 演奏所→親局の条件と所要離隔距離

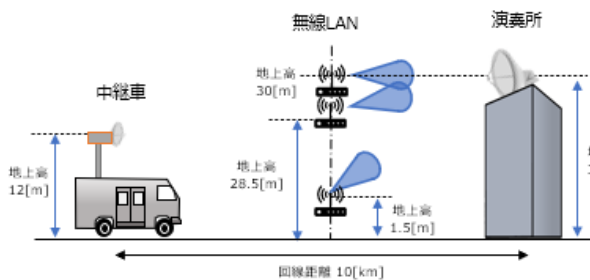


無線LAN	人体損	距離	所要改善量[dB]	
			I/N=-10	
			同一CH	隣接CH
屋外 (VLP)	0 dB	20m	33.2	-6.9
		200m	36.5	-3.5
		800m	39.0	-1.0
	4 dB	20m	29.2	-10.9
		200m	32.5	-7.5
		800m	35.0	-5.0
屋内 (LPI)	0 dB	20m	25.4	-14.7
		200m	28.7	-11.3
		800m	31.2	-8.8
	4 dB	20m	21.4	-18.7
		200m	24.7	-15.3
		800m	27.2	-12.8

■ 所要改善量がプラスを示す。

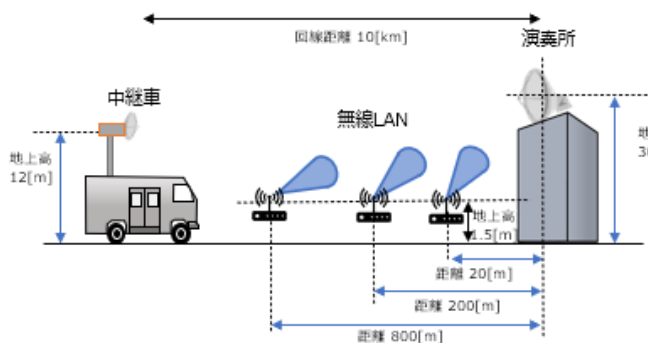
図 6.3-50 映像 STL : 演奏所→親局の条件と所要改善量

2) 映像 FPU(固定) : 中継車→演奏所



無線LAN	クラッター損失	人体損	無線LAN アンテナ高	所要離隔距離[km]	
				I/N=-10	
				同一CH	隣接CH
屋外 (VLP)	0dB	0 dB	30m	42.3	1.4
			1.5m	23.1	1.1
			28.5m	41.7	1.4
		4 dB	30m	39.9	0.9
			1.5m	20.6	0.1
			28.5m	39.3	0.9
	31.3dB	0 dB	30m	3.5	0.9
			1.5m	3.5	0.1
			28.5m	3.5	0.9
		4 dB	30m	2.3	0.9
			1.5m	1.8	0.1
			28.5m	2.3	0.9
屋内 (LPI)	0dB	0 dB	30m	37.5	0.6
			1.5m	18.3	0.1
			28.5m	37.0	0.6
		4 dB	30m	31.7	0.4
			1.5m	15.9	0.1
			28.5m	31.7	0.4
	31.3dB	0 dB	30m	1.5	0.6
			1.5m	1.2	0.1
			28.5m	1.5	0.6
		4 dB	30m	1.0	0.4
			1.5m	1.0	0.1
			28.5m	1.0	0.4

図 6.3-51 映像 FPU(固定) : 中継車→演奏所の条件と所要離隔距離



無線LAN	人体損	距離	所要改善量[dB]	
			I/N=-10	
			同一CH	隣接CH
屋外 (VLP)	0 dB	20m	32.3	-7.8
		200m	36.4	-3.6
		800m	37.5	-2.5
	4 dB	20m	28.3	-11.8
		200m	32.4	-7.6
		800m	33.5	-6.5
屋内 (LPI)	0 dB	20m	24.5	-15.6
		200m	28.6	-11.4
		800m	29.7	-10.3
	4 dB	20m	20.5	-19.6
		200m	24.6	-15.4
		800m	25.7	-14.3

図 6.3-52 映像 FPU(固定) : 中継車→演奏所の条件と所要改善量

3) 映像 FPU(移動) : 街中・競技場→中継車

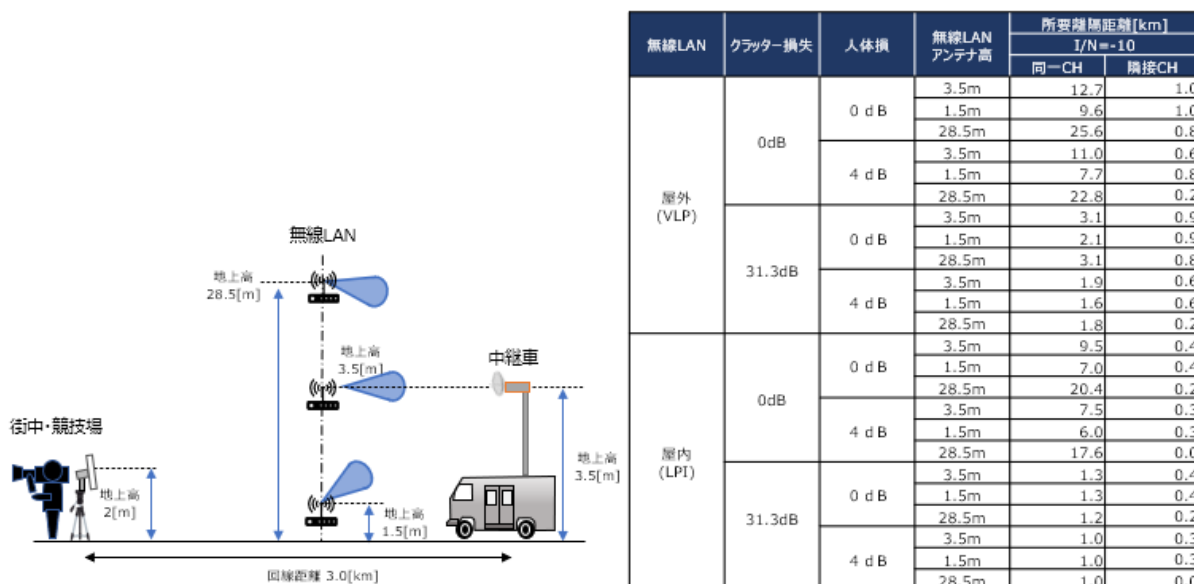


図 6.3-53 映像 FPU(移動) : 街中・競技場→中継車の条件と所要離隔距離

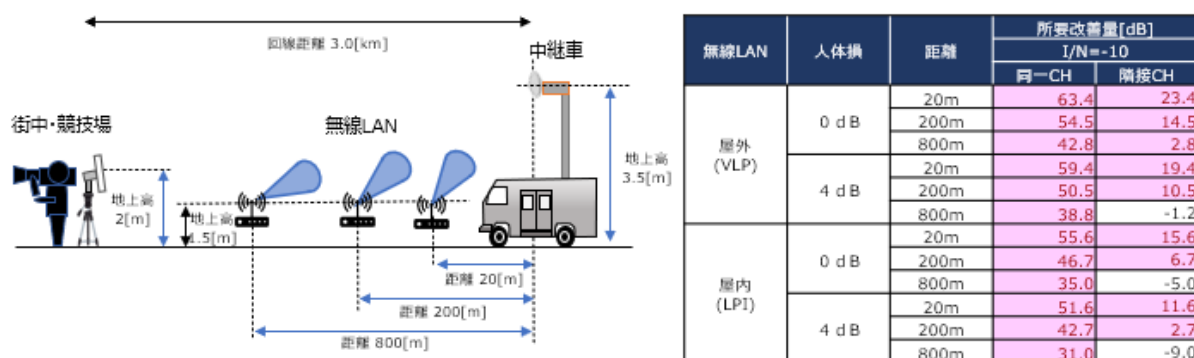


図 6.3-54 映像 FPU(移動) : 街中・競技場→中継車の条件と所要改善量

4) 映像 FPU(移動) : 地上→ヘリコプター (rural)

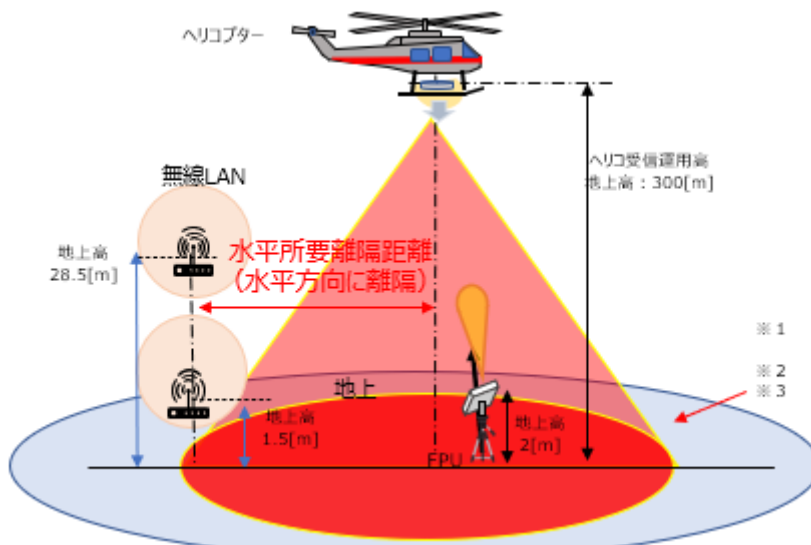


図 6.3-55 映像 FPU(移動) : 地上→ヘリコプター(rural)の条件

※ 1 無線LAN送信アンテナは、無指向性で計算しておりどの方位に

- 対しても最大の伝搬となる条件で計算した。
- ※2 ヘリコプターの受信アンテナ指向性は、真下方向に向いている。
 - ※3 ヘリコプター受信の離隔条件は、FPU送信地点から水平方向に離隔を取る必要がある。所要離隔距離以下の赤色の範囲は無線LANの影響を受ける条件となる。

表 6.3-31 垂直所要離隔距離（高度方向）

無線 LAN	クラッタ損失	人体損	所要離隔距離 [km]
			I/N=-10
屋外 (VLP)	0dB	0dB	23.0
屋内 (LPI)	0dB	0dB	9.0

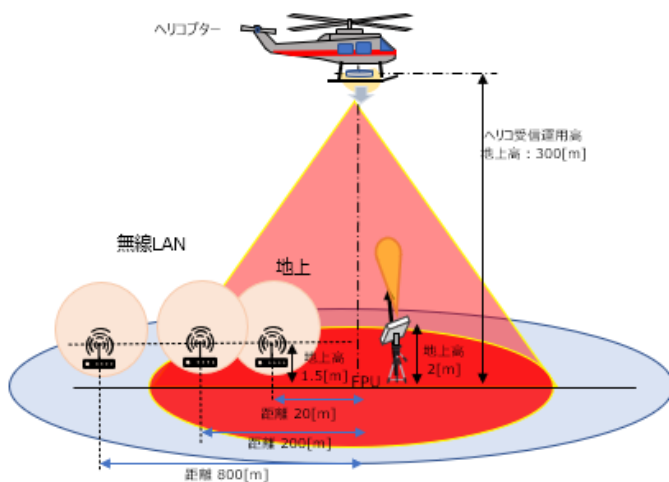
※ ヘリコプター受信アンテナの受信範囲中心位置に無線 LAN があった場合の高度方向の所要離隔距離

ヘリコプター受信の運用高度は、300~500mであるのに対し、計算結果の垂直離隔距離は23~70kmと大きな乖離があるため垂直方向の共用検討は困難となる。そのため水平離隔を参考に計算する。

表 6.3-32 水平所要離隔距離

無線 LAN	クラッタ損失	人体損	無線 LAN アンテナ高	所要離隔距離 [km]	
				I/N=-10	
				同一 CH	隣接 CH
屋外 (VLP)	0dB	0dB	1.5m	1.5	0.3
			28.5m	1.5	0.3
		4dB	1.5m	1.0	0.3
			28.5m	1.0	0.3
屋内 (LPI)	0dB	0dB	1.5m	0.8	0.3
			28.5m	0.8	0.3
		4dB	1.5m	0.6	0.3
			28.5m	0.6	0.3

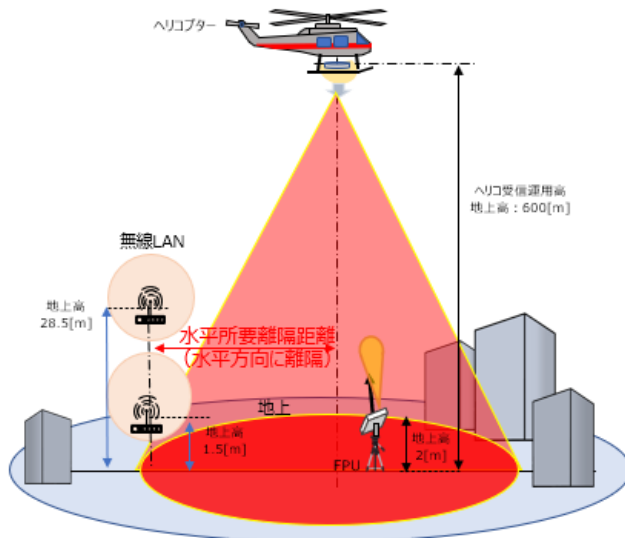
※ ITU-R P.2108-0 のクラッタ損失は、rural におけるヘリ受信運用高 300m の場合、建築物等の影響がないためクラッタ損失は 0dB とした。



無線 LAN	人体損	距離	所要改善量 [dB]	
			I/N=-10	
			同一 CH	隣接 CH
屋外 (VLP)	0 dB	20m	37.1	-2.9
		200m	21.6	-18.4
		800m	5.6	-34.4
	4 dB	20m	33.1	-6.9
		200m	17.6	-22.4
		800m	1.6	-38.4
屋内 (LPI)	0 dB	20m	29.3	-10.8
		200m	13.8	-26.2
		800m	-2.2	-42.2
	4 dB	20m	25.3	-14.8
		200m	9.8	-30.2
		800m	-6.2	-46.2

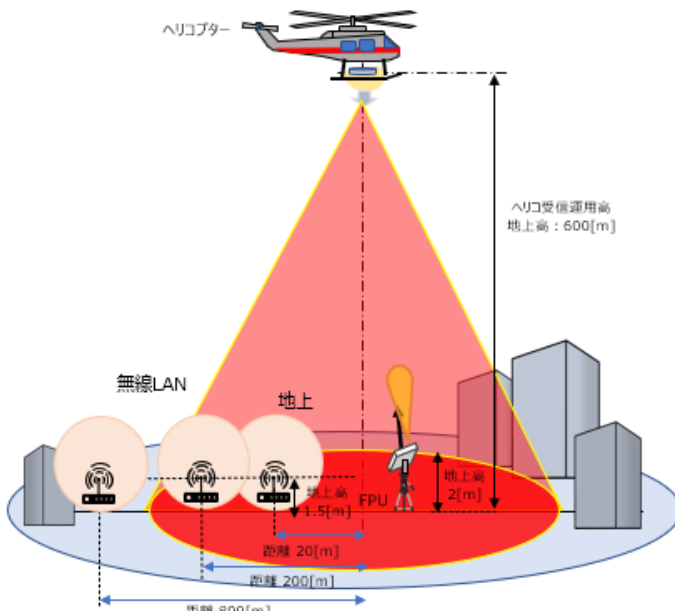
図 6.3-56 映像 FPU(移動) : 地上→ヘリコプター(rural) の条件と所要改善量

5) 映像 FPU(移動) : 地上→ヘリコプター (urban)



無線LAN	クラッター損失	人体損	無線LAN アンテナ高	所要離隔距離[km]	
				I/N=-10	
				同一CH	隣接CH
屋外 (VLP)	ITU-R P.2108	0dB	1.5m	1.3	0.61
			28.5m	1.2	0.58
		4dB	1.5m	1.0	0.61
			28.5m	1.0	0.58
屋内 (LPI)	ITU-R P.2108	0dB	1.5m	0.8	0.61
			28.5m	0.9	0.58
		4dB	1.5m	0.8	0.61
			28.5m	0.9	0.58

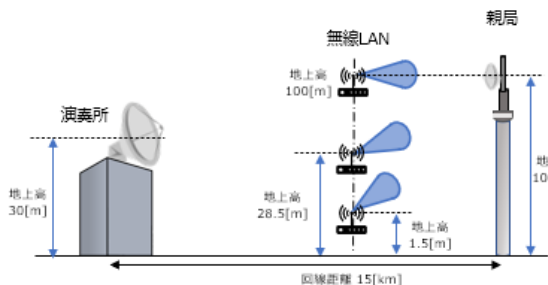
図 6.3-57 映像 FPU(移動) : 地上→ヘリコプター (urban) の条件と所要離隔距離



無線LAN	人体損	距離	所要改善量[dB]	
			I/N=-10	
			同一CH	隣接CH
屋外 (VLP)	0 dB	20m	31.2	-8.8
		200m	27.2	-12.8
		800m	3.5	-36.5
		20m	27.2	-12.8
屋外 (VLP)	4 dB	200m	23.2	-16.8
		800m	-0.5	-40.5
		20m	23.4	-16.6
		200m	19.4	-20.6
屋内 (LPI)	0 dB	200m	19.4	-20.6
		800m	-4.3	-44.3
		20m	19.4	-20.6
		200m	15.4	-24.6
屋内 (LPI)	4 dB	800m	-8.3	-48.3

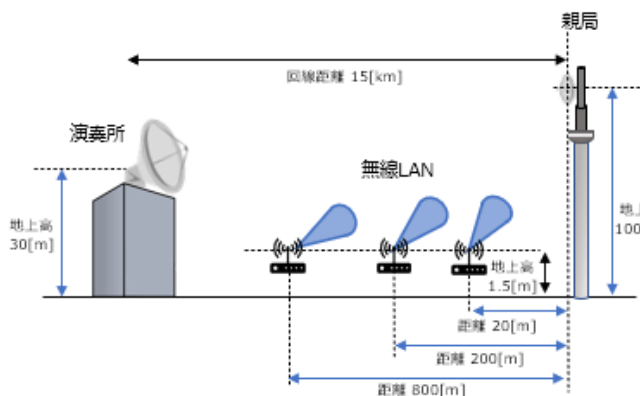
図 6.3-58 映像 FPU(移動) : 地上→ヘリコプター (urban) の条件と所要改善量

6) 音声 STL : 演奏所→親局



無線LAN	クラッター損失	人体損	無線LAN アンテナ高	所要離隔距離[km]	
				I/N=-10	
				同一CH	隣接CH
屋外 (VLP)	0dB	0 dB	100m	84.6	6.2
			1.5m	47.8	5.3
			28.5m	66.9	5.3
	4 dB		100m	82.3	3.9
			1.5m	45.5	2.3
			28.5m	64.7	3.4
31.3dB	0 dB	100m	16.5	1.0	
		1.5m	16.5	0.1	
		28.5m	16.5	0.1	
	4 dB	100m	10.5	0.9	
		1.5m	9.1	0.1	
		28.5m	10.5	0.1	
屋内 (LPI)	0dB	0 dB	100m	80.3	2.5
			1.5m	42.9	0.1
			28.5m	62.4	0.1
			100m	78.4	1.6
			1.5m	40.0	0.1
			28.5m	60.0	0.1
	31.3dB	0 dB	100m	6.9	0.9
			1.5m	5.9	0.1
			28.5m	5.9	0.1
		4 dB	100m	4.3	0.9
			1.5m	3.8	0.1
			28.5m	3.8	0.1

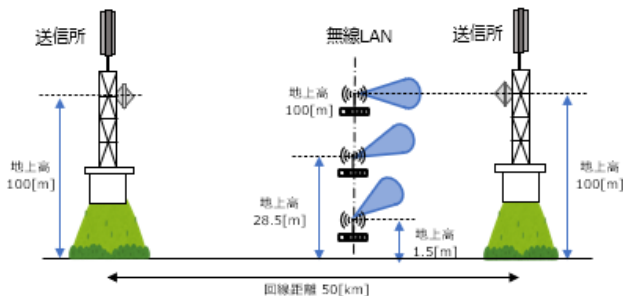
図 6.3-59 音声 STL : 演奏所→親局の条件と所要離隔距離



無線LAN	人体損	距離	所要改善量[dB]	
			I/N=-10	
			同一CH	隣接CH
屋外 (VLP)	0 dB	20m	27.8	-12.2
		200m	26.0	-14.0
		800m	30.5	-9.5
	4 dB	20m	23.8	-16.2
		200m	22.0	-18.0
		800m	26.5	-13.5
屋内 (LPI)	0 dB	20m	20.0	-20.0
		200m	18.2	-21.8
		800m	22.7	-17.3
	4 dB	20m	16.0	-24.0
		200m	14.2	-25.8
		800m	18.7	-21.3

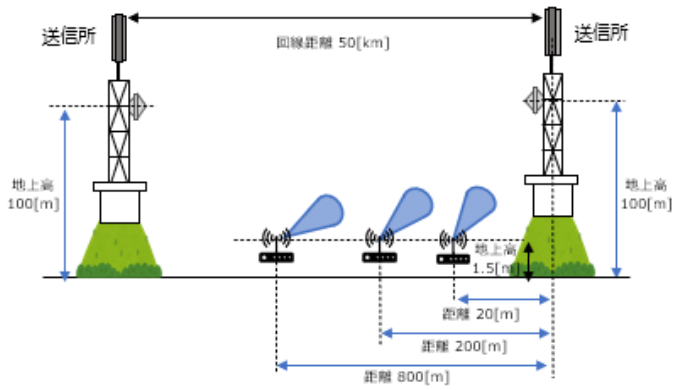
図 6.3-60 音声 STL : 演奏所→親局の条件と所要改善量

7) 監視制御用固定回線 : 送信所→送信所



無線LAN	クラッター損失	人体損	無線LAN アンテナ高	所要離隔距離[km]	
				I/N=-10	
				同一CH	隣接CH
屋外 (VLP)	0dB	0 dB	100m	83.6	5.1
			1.5m	47.0	4.4
			28.5m	66.2	4.4
	4 dB		100m	81.5	3.2
			1.5m	44.5	2.3
			28.5m	64.0	2.8
31.3dB	0 dB	100m	13.8	1.0	
		1.5m	13.8	0.1	
		28.5m	13.8	0.1	
	4 dB	100m	8.7	1.0	
		1.5m	7.6	0.1	
		28.5m	8.7	0.1	
屋内 (LPI)	0dB	0 dB	100m	79.5	2.1
			1.5m	41.7	0.1
			28.5m	61.3	0.1
			100m	77.7	1.3
			1.5m	38.7	0.1
			28.5m	58.9	0.1
	31.3dB	0 dB	100m	5.7	1.0
			1.5m	4.9	0.1
			28.5m	5.0	0.1
		4 dB	100m	3.6	0.9
			1.5m	1.0	0.1
			28.5m	3.1	0.1

図 6.3-61 監視制御用固定回線 : 送信所→送信所の条件と所要離隔距離



無線LAN	人体損	距離	所要改善量[dB]	
			I/N=-10	
			同一CH	隣接CH
屋外 (VLP)	0 dB	20m	26.2	-13.8
		200m	24.4	-15.6
		800m	28.9	-11.1
屋外 (VLP)	4 dB	20m	22.2	-17.8
		200m	20.4	-19.6
		800m	24.9	-15.1
屋内 (LPI)	0 dB	20m	18.4	-21.6
		200m	16.6	-23.4
		800m	21.1	-18.9
	4 dB	20m	14.4	-25.6
		200m	12.6	-27.4
		800m	17.1	-22.9

図 6.3-62 監視制御用固定回線：送信所→送信所の条件と所要改善量

8) 映像 FPU(移動) : 競技場トラック等→競技場内受信施設

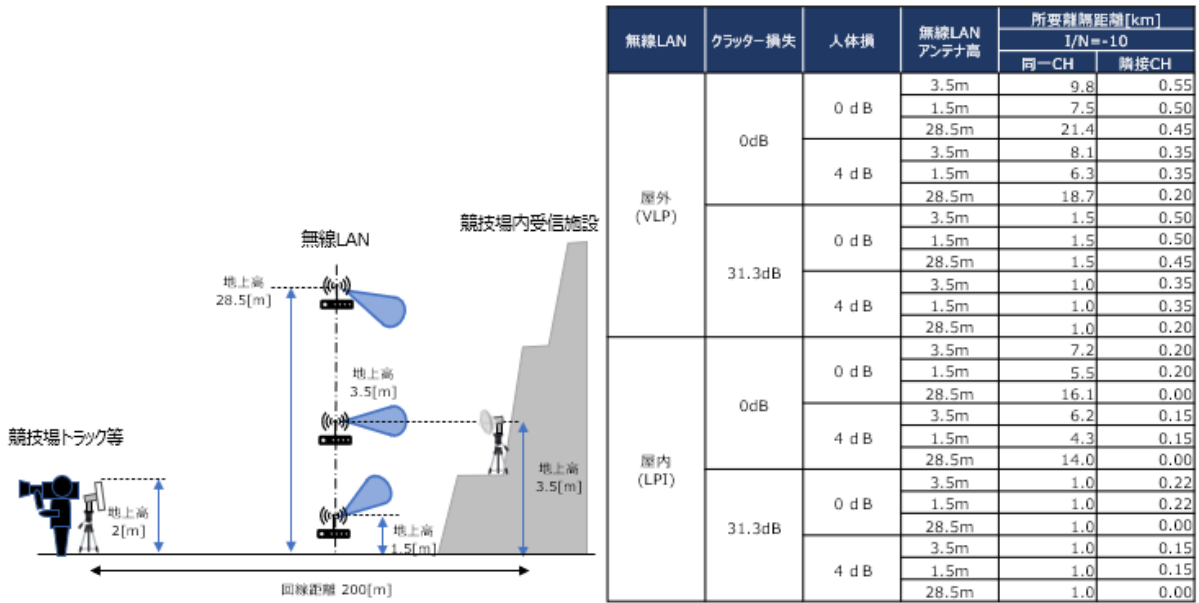


図 6.3-63 映像 FPU(移動) : 競技場トラック等→競技場内受信施設の条件と所要離隔距離

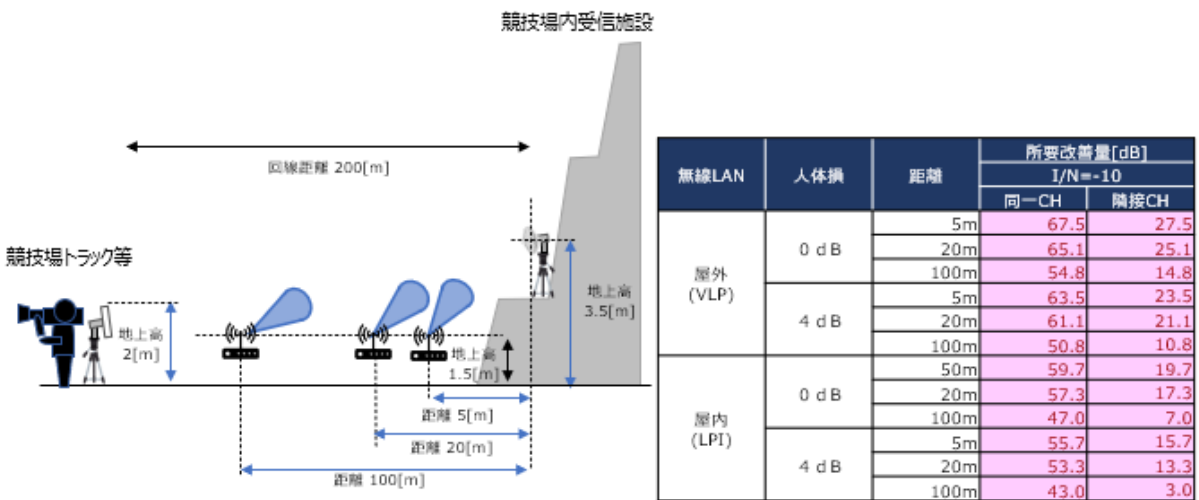


図 6.3-64 映像 FPU(移動) : 競技場トラック等→競技場内受信施設の条件と所要改善量

イ. シングルエントリーのまとめ

今回の検討では、利用シーンに応じた検討モデル 28 パターンを計算し、そのうち影響が大きくなる条件の受信空中線利得が大きいパターンの代表 8 種について記載した。

計算の結果、所要離隔距離が大きくなる条件は、受信空中線利得が大きい場合及び放送用無線システムの受信伝搬路に無線 LAN が近接する（受信アンテナの指向方向内に入る正対関係）場合であることが改めて確認された。

また、システム毎の離隔距離、所要改善量の傾向は以下のとおりである。

- ・ 受信空中線の利得が大きい STL/TTL/TSL システムでは、数十 km オーダーの離隔距離が必要。

- ・受信空中線の利得が比較的小さい条件で運用する FPU では数 km オーダーの離隔距離が必要。
- ・離隔距離が大きい結果となった場合は、所要改善量も大きく残る結果となった。
- ・同一チャネルヘリコプター移動受信局は、機体の移動や傾き（バンク）とともに影響範囲が瞬時に大きく変化するため、所要改善量だけでは検討が難しい。

ウ. 実回線のシミュレーション

実際に運用されている放送番組中継システムの固定回線に対し、実在する高層ビルにおいて、希望波との角度差が少ない位置に同一周波数の無線LAN（LPIモードおよびVLPモード）が設置され、無線LANの干渉波が固定回線の受信システムに到来することを想定して、シングルエントリーの干渉検討を実施した。これは6.3.5.2で実施したシングルエントリーの干渉検討に、より具体性を持たせたものである。

今回は回線を5件選定し、事例1～3は映像TSL回線、事例4～5は音声STL回線の計算結果である。なお、事例1と事例2は同一の回線に対し、それぞれ異なる高層ビルからの無線LANの干渉を計算した。

表 6.3-33 実回線における LPI モードでの干渉検討結果

項目	項目	事例 1		事例 2		事例 3		事例 4		事例 5	
	アンテナ種別	電波法 関係 審査 基準	実アン テナ	電波法 関係 審査 基準	実アン テナ	電波法 関係 審査 基準	実アン テナ	電波法 関係 審査 基準	実アン テナ	電波法 関係 審査 基準	実アン テナ
放送 事業用 回線	回線距離 (km)	52.53		52.53		72.76		8.8		1.827	
	周波数バンド	D バンド		D バンド		D バンド		M バンド		M バンド	
無線 LAN 条件	距離 (km)	3.80		3.67		3.72		8.24		0.628	
	送信出力 (mW)	200		200		200		200		200	
	送信電力 (dBm)	23.01		23.01		23.01		23.01		23.01	
	送信電力 (dBm/MHz)	10.00		10.00		10.00		10.00		10.00	
	送信帯域幅 (kHz)	20000.00		20000.00		20000.00		20000.00		20000.00	
	送信利得損失 (dB)	1.00		1.00		1.00		0.00		0.00	
伝搬系 損失	人体損 (dB)	0.00		0.00		0.00		0.00		0.00	
	建物侵入損 (dB)	16.80		16.80		16.80		16.80		16.80	
	伝搬損失 (dB)	120.91		120.32		120.82		127.40		104.92	
受信系 損失	受信 ANT 利得 (dBi)	42.70		42.70		42.30		35.60		33.20	
	受信系損失 (dB)	7.10		7.10		3.50		10.00		15.40	
	受信仰角角度差 損失 (dB)	0.60	-	0.10	-	0.00	-	0.00	-	0.00	-
	受信水平角度差 損失 (dB)	0.10	-	1.10	-	0.20	-	0.00	-	10.60	-
	受信立体角角度差 損失 (dB)	-	7.48	-	13.88	-	2.09	-	0.00	-	9.79
	Polarization Loss (dB) ※1	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.50
	受信帯域幅 (kHz)	14000.00		14000.00		14000.00		375.00		375.00	
	受信電力 (dB/MHz) I	-93.81	-102.09	-93.96	-107.90	-90.02	-93.41	-108.60	-110.10	-104.52	-105.21
	受信電力 (dBm/ 受信帯域幅)	-82.35	-90.63	-82.50	-96.44	-78.56	-81.94	-112.86	-114.36	-108.78	-109.47
受信機雑音レベル (dB/MHz) N	-109.80		-109.80		-109.80		-109.80		-109.80		
計算 結果	I/N (dB)	15.99	7.71	15.84	1.90	19.78	16.39	1.20	-0.30	5.28	4.59
	所要改善量 (dB) I/N=-10	25.99	17.71	25.84	11.90	29.78	26.39	11.20	9.70	15.28	14.59
	標準受信入力-3dB (dBm/受信帯域幅) C	-61.50		-61.50		-61.50		-68.50		-68.50	
	C/I (dB) ※2	20.85	29.13	21.00	34.94	17.06	20.44	44.36	45.86	40.28	40.97

※1 : ECC REPORT 316 - Page 23

※2 : フェージングマージンは考慮せず (Cの値は標準受信入力-3dB)

表 6.3-34 実回線における VLP モードでの干渉検討結果

項目	項目	事例 1		事例 2		事例 3		事例 4		事例 5	
	アンテナ種別	電波法 関係 審査 基準	実アン テナ	電波法 関係 審査 基準	実アン テナ	電波法 関係 審査 基準	実アン テナ	電波法 関係 審査 基準	実アン テナ	電波法 関係 審査 基準	実アン テナ
放送 事業用 回線	回線距離 (km)	52.53		52.53		72.76		8.8		1.827	
	周波数バンド	D バンド		D バンド		D バンド		M バンド		M バンド	
無線 LAN 条件	距離 (km)	3.80		3.67		3.72		8.24		0.628	
	送信出力 (mW)	25		25		25		25		25	
	送信電力 (dBm)	13.98		13.98		13.98		13.98		13.98	
	送信電力 (dBm/MHz)	1.00		1.00		1.00		1.00		1.00	
	送信帯域幅 (kHz)	20000.00		20000.00		20000.00		20000.00		20000.00	
	送信利得損失 (dB)	1.00		1.00		1.00		0.00		0.00	
伝搬系 損失	人体損 (dB)	4.00		4.00		4.00		4.00		4.00	
	建物侵入損 (dB)	0.00		0.00		0.00		0.00		0.00	
	伝搬損失 (dB)	120.91		120.32		120.82		127.40		104.92	
受信系 損失	受信 ANT 利得 (dBi)	42.70		42.70		42.30		35.60		33.20	
	受信系損失 (dB)	7.10		7.10		3.50		10.00		15.40	
	受信仰角角度差 損失 (dB)	0.60	-	0.10	-	0.00	-	0.00	-	0.00	-
	受信水平角度差 損失 (dB)	0.10	-	1.10	-	0.20	-	0.00	-	10.60	-
	受信立体角角度差 損失 (dB)	-	7.48	-	13.88	-	2.09	-	0.00	-	9.79
	Polarization Loss (dB) ※1	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.50
	受信帯域幅 (kHz)	14000.00		14000.00		14000.00		375.00		375.00	
	受信電力 (dB/MHz) I	-90.01	-98.29	-90.16	-104.10	-86.22	-89.61	-104.80	-106.30	-100.72	-101.41
	受信電力 (dBm/受 信帯域幅)	-78.55	-86.83	-78.70	-92.64	-74.76	-78.14	-109.06	-110.56	-104.98	-105.67
受信機雑音レベル (dB/MHz) N	-109.80		-109.80		-109.80		-109.80		-109.80		
計算 結果	I/N (dB)	19.79	11.51	19.64	5.70	23.58	20.19	5.00	3.50	9.08	8.39
	所要改善量 (dB) I/N=-10	29.79	21.51	29.64	15.70	33.58	30.19	15.00	13.50	19.08	18.39
	標準受信入力-3dB (dBm/受信帯域幅) C	-61.50		-61.50		-61.50		-68.50		-68.50	
	C/I (dB) ※2	17.05	25.33	17.20	31.14	13.26	16.64	40.56	42.06	36.48	37.17

※1 : ECC REPORT 316 - Page 23

※2 : フェージングマージンは考慮せず (Cの値は標準受信入力-3dB)

今回採用したパラメータのもとでは、表に示したとおり、いずれの回線についても、LPIとVLPの両方で干渉波の電力がI/N=-10dBを上回り、相当の所要改善量が残る結果となった。

6.3.5.3. アグリゲーションでのシミュレーション結果

代表的な映像STL/TSL及び映像FPUの8パターン、及び計算半径を50kmに広げ、東京23区の人口密度を想定した映像STLの6パターンについて、モンテカルロシミュレーションを実施した。

表 6.3-35 アグリゲーションでのシミュレーション結果

パターン	放送システム							人口密度 [人/km ²]	シミュレーション範囲 [km]	計算範囲内の台数 [台]	計算回数(百万回)	
	システム 周波数 帯域幅	送信アンテナ地上高 [m]	受信アンテナ地上高 [m]	送受信間距離 [km]	放送システム 送受信間距離 注	アンテナパターン	受信アンテナ最大利得 [dBi]					給電損失 [dB]
1	映像 STL 6430.5 6.7	30	100	15	A	47.6	4	15,500 (東京 23 区一律)	15/5	3,791 (15km 範囲)	30	
2					B				15			421 (5km 範囲)
3			30		A				2,000 (suburban) (ECC Report302/316)	15/5		489
4					B					15		
5	映像 TSL 6435 14.0	100	100	50	C	49.5	4.6	15,500 (0~15km) (東京 23 区一律) 2,000 (suburban) (15~50km) (ECC Report302/316)	50	8,730		
6			30						2,000 (suburban) (ECC Report302/316)			50
7	映像 FPU 6435 17.5	12	30	10	D	35	5	15,500 (東京 23 区一律)	10/5	3,791 (15km 範囲) 421 (5km 範囲)	3	
8									B			10
a	映像 STL 6430.5 6.7	30	100	15	A	47.6	4	15,500 (urban) (~15km) (東京 23 区一律) 2,000 (suburban) (15~50km) (ECC Report302/316)	50	8,730	5	
b					B							
c					A				~5km: 17,188/km ² 5~10km: 14,195/km ² 10~15km: 10,113/km ² 15~50 km : 2,000/km ² (東京 23 区内人口密度詳細)	50		7,942
d					B							
e					A							
f					B							

注 アンテナパターンの記号は以下のとおり

A: 電波法関係基準 別紙 2 第 5 1 別紙 (3)-7 表 3 (C バンド)

B: ITU-R F. 1245

C: 電波法関係基準 別紙 2 第 5 1 別紙 (4)-1 3 (C バンド)

D: ITU-R F. 699 [27]

ア. シミュレーション結果

① 映像STL パターン1、2

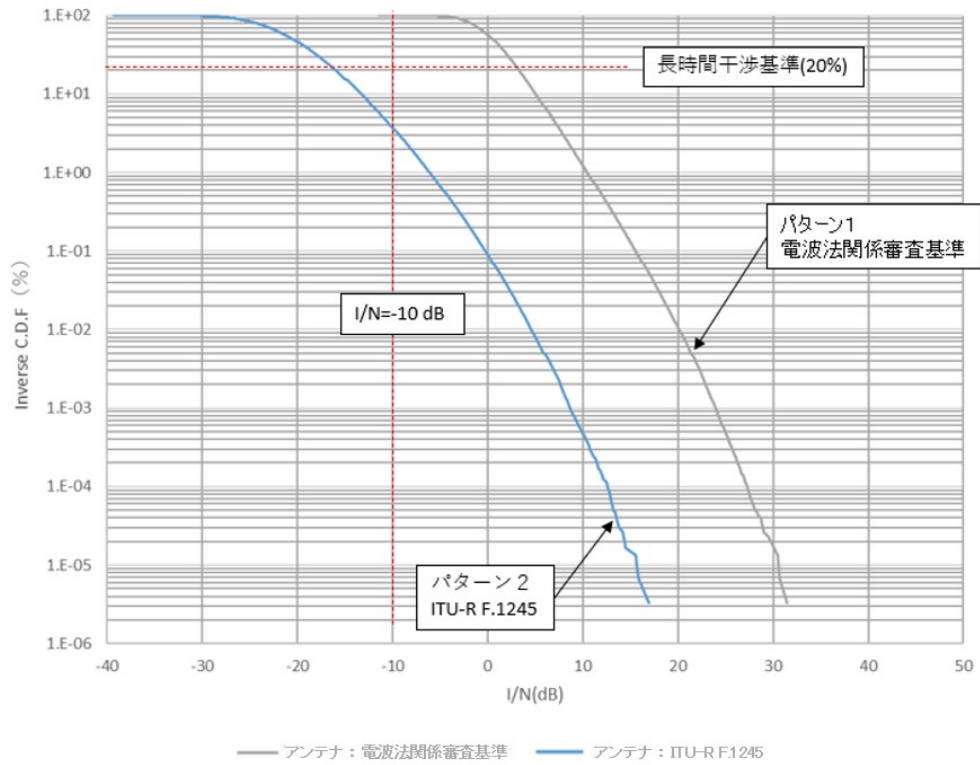


図 6.3-65 映像 STL パターン1、2

② 映像STL パターン3、4

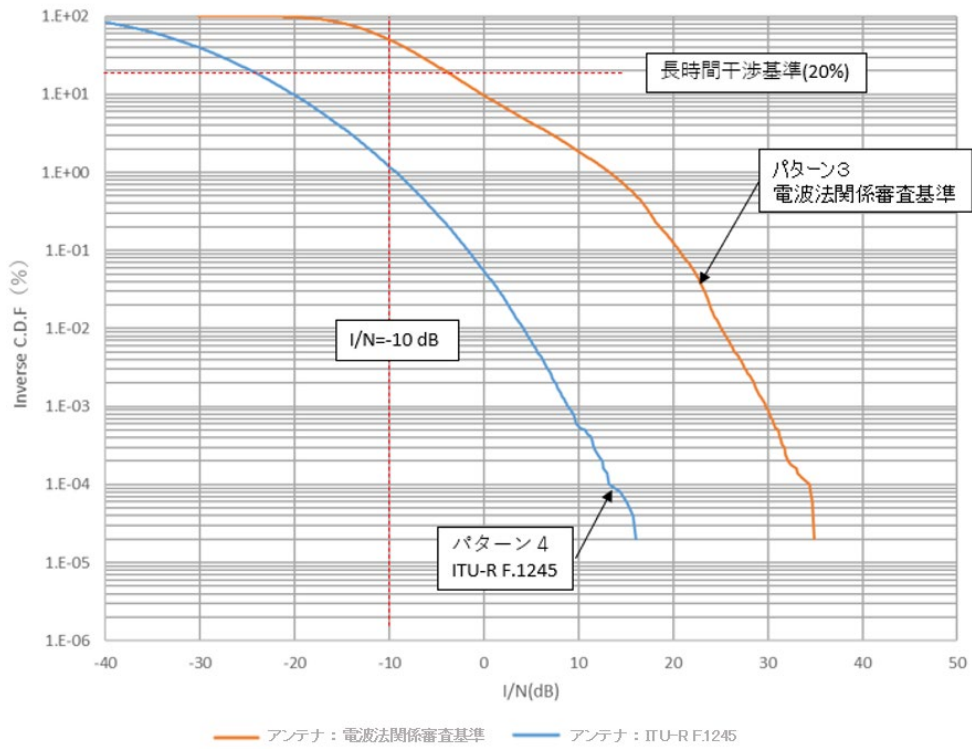


図 6.3-66 映像 STL パターン 3、4

③ 映像TSL パターン5

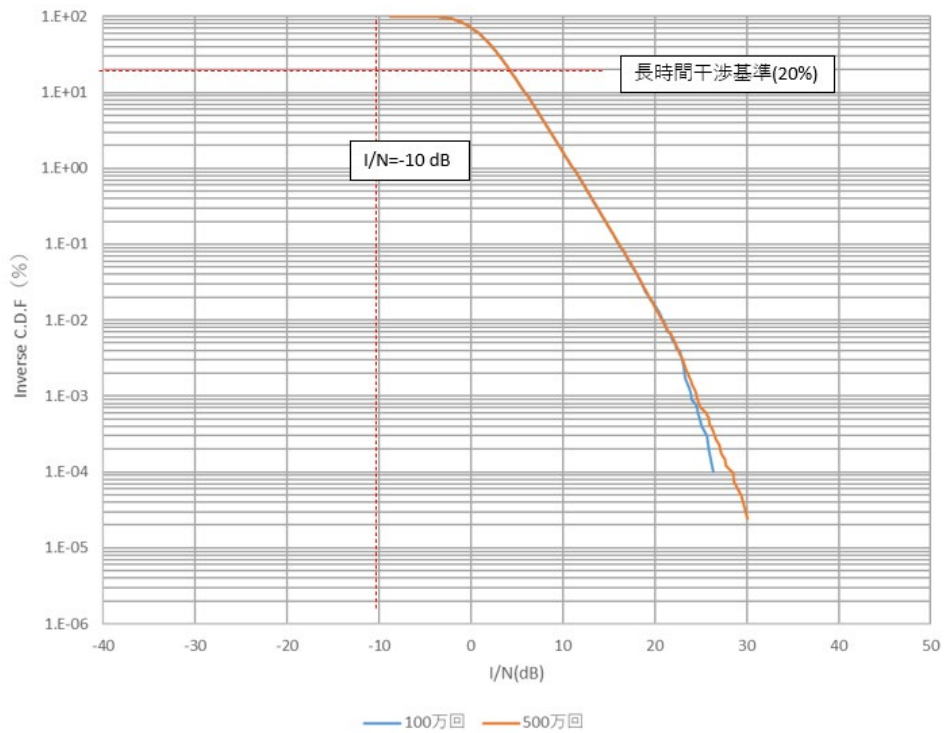


図 6.3-67 映像 TSL パターン 5

④ 映像TSL パターン6

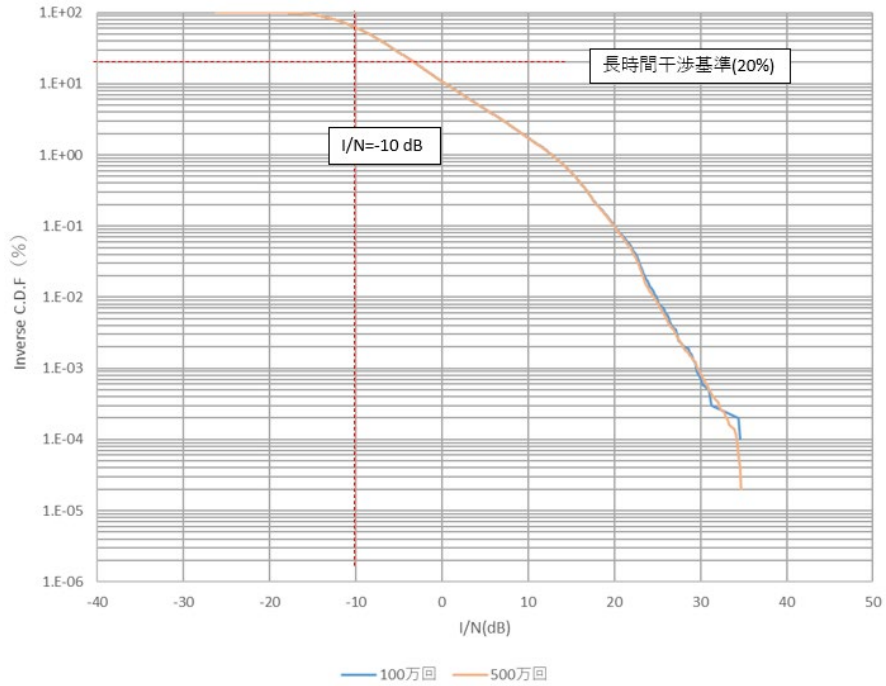


図 6.3-68 映像 TSL パターン 6

⑤ FPU パターン7, 8

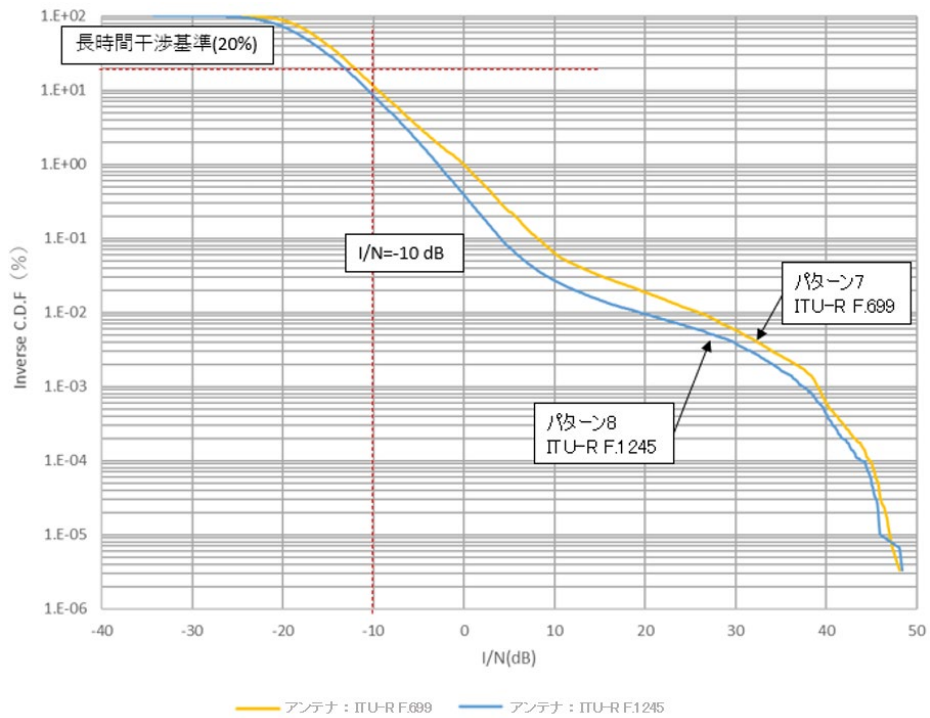


図 6.3-69 FPU パターン 7、8

モンテカルロシミュレーション結果の一覧を以下に示す。

シミュレーションの結果、長時間干渉基準 $I/N=-10\text{dB}$ (時間率 20%) を満たすパターンは 2, 4, 7, 8, b, d, f、長時間干渉基準を満たさないパターンは 1, 3, 5, 6, a, c, e であった。

表 6.3-36 モンテカルロシミュレーション結果一覧 (1/2)

パターン	放送システム	受信アンテナ地上高	放送システム アンテナパターン	人口密度 [人 /km ²]	シミュレーション 範囲	シミュレーション結果
1	映像 STL	100m	電波法関係審査基準 別紙 2 第 5 1 別紙 (3)- 7 表 3 (C バンド)	15,500 (東京 23 区一律)	15km/5 km	長時間干渉基準 (20%) について、 $I/N=-10\text{dB}$ を満たさなかった。
2			ITU-R F. 1245		15km	長時間干渉基準 (20%) について、 $I/N=-10\text{dB}$ を満たした。
3	映像 TSL	30m	電波法関係審査基準 別紙 2 第 5 1 別紙 (3)- 7 表 3 (C バンド)	2,000 (郊外)	15km/5 km	長時間干渉基準 (20%) について、 $I/N=-10\text{dB}$ を満たさなかった。
4			ITU-R F. 1245		15km	長時間干渉基準 (20%) について、 $I/N=-10\text{dB}$ を満たした。
5	映像 TSL	100m	電波法関係審査基準 別紙 2 第 5 1 別紙 (4)- 1 3 (C バンド)	0~15km: 15,500 (東京 23 区 一律) 15~50km: 2,000 (郊外)	50km	長時間干渉基準 (20%) について、 $I/N=-10\text{dB}$ を満たさなかった。
6		30m		2,000 (郊外)	50km	長時間干渉基準 (20%) について、 $I/N=-10\text{dB}$ を満たさなかった。
7	映像 FPU	30m	ITU-R F. 699	15,500 (東京 23 区一律)	15km/ 5 km	長時間干渉基準 (20%) について、 $I/N=-10\text{dB}$ を満たした。
8			ITU-R F. 1245		10km	長時間干渉基準 (20%) について、 $I/N=-10\text{dB}$ を満たした。

表 6.3-37 モンテカルロシミュレーション結果一覧 (2/2)

パターン	放送システム	受信アンテナ高	放送システム アンテナパターン	人口密度 [人 /km ²]	シミュレーション 範囲	シミュレーション結果
a	映像 STL 6430.5 MHz 6.9MHz	100m	電波法関係審査基準 別紙 2 第 5 1 別紙 (3)-7 表 3 (C バンド)	0~15km: 15,500 (東京 23 区一律) 15~50km: 2,000 (郊外) (ECC Report316 を参照)	50km	長時間干渉基準 (20%) について、 $I/N=-10\text{dB}$ を満たさなかった。
b			ITU-R F. 1245			長時間干渉基準 (20%) について、 $I/N=-10\text{dB}$ を満たした。
c			電波法関係審査基準 別紙 2 第 5 1 別紙 (3)-7 表 3 (C バンド)	0~5km: 17,188 5~10km: 14,195 10~15km: 10,113 15~50 km: 2,000 (東京 23 区内人口密度詳細)	50km	長時間干渉基準 (20%) について、 $I/N=-10\text{dB}$ を満たさなかった。
d			ITU-R F. 1245			長時間干渉基準 (20%) について、 $I/N=-10\text{dB}$ を満たした。
e			電波法関係審査基準 別紙 2 第 5 1 別紙 (3)-7 表 3 (C バンド)	~5km: 17,188/km ² 5~10km: 14,195/km ² 10~15km: 10,113/km ² (東京 23 区内人口密度詳細)	15km	長時間干渉基準 (20%) について、 $I/N=-10\text{dB}$ を満たさなかった。
f			ITU-R F. 1245			長時間干渉基準 (20%) について、 $I/N=-10\text{dB}$ を満たした。

イ. 被干渉受信アンテナパターンについての追加検討

ITU-R F. 1245のアンテナパターンと電波法関係審査基準のアンテナパターンとの比較検討を行った。

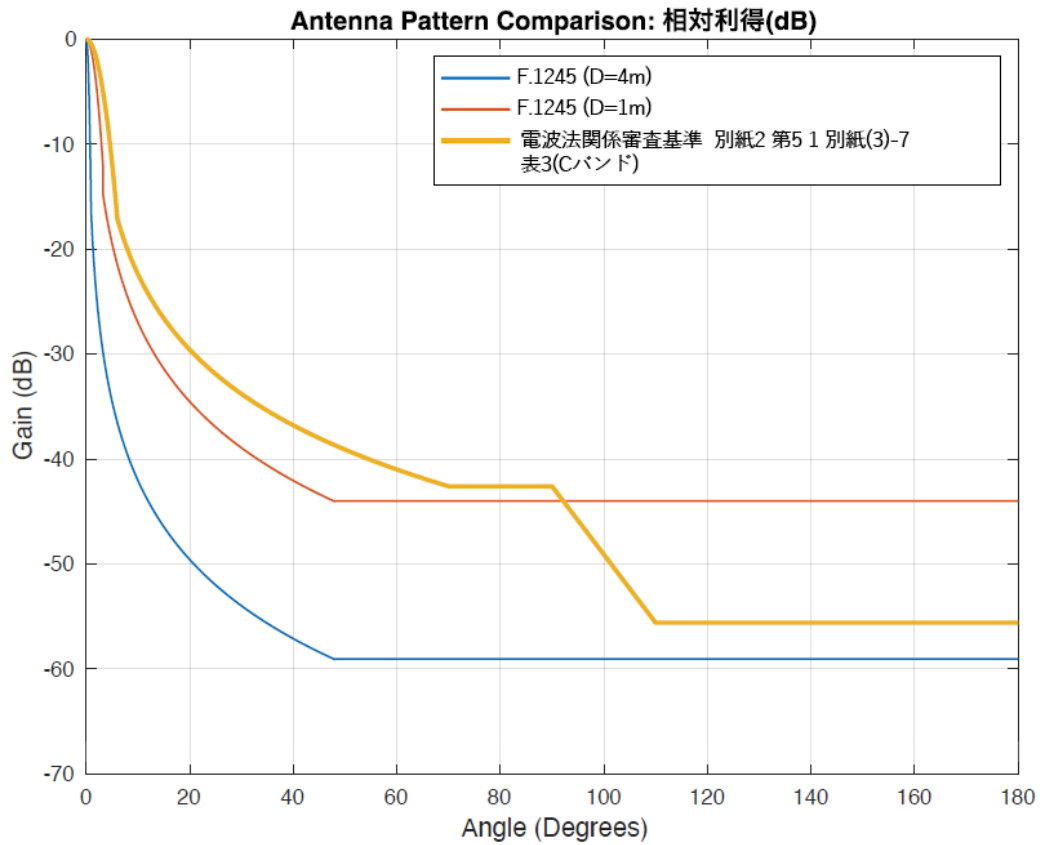


図 6.3-70 アンテナパターンの比較

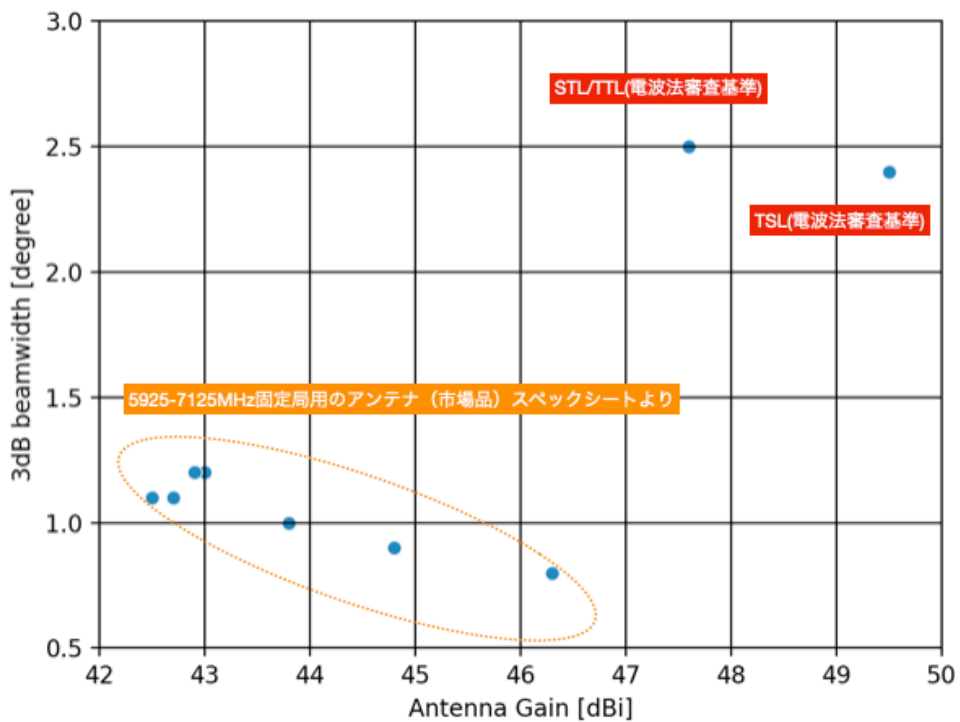


図 6.3-71 アンテナ最大利得と半値角の比較

- ・メインローブのビーム幅については、電波法関係審査基準のアンテナパターンは、ITU-R F. 1245 に比べると広いことが確認された。これは、電波法関係審査基準のアンテナパターンが干渉計算に用いられるパターンであり、干渉の影響が大きくなる開口径の小さいアンテナを包含するように安全方向に規定されているためと考えられる。
- ・サイドローブについては、ITU-R F. 1245 (D=4m) と電波法関係審査基準を比較すると、ITU-R F. 1245 (4m 相当) のほうが、相対利得が低いことが確認された。
- ・ITU-R F. 1245 で口径の小さいもの (D=1m) と電波法関係審査基準を比較すると、90 度以上では電波法関係審査基準のほうが、相対利得が低いことが確認された。
- ・電波法関係審査基準のアンテナと市販アンテナのアンテナパターンを比較したところ、アンテナ利得及びビーム幅に違いがあることがわかった。

以上により、ITU-R F. 1245 のアンテナパターンで口径の小さいもの（例えば、D=2m, D=1m）も検討することで、実際のアンテナアンテナパターンも考慮した検討が可能と考えられるため、ITU-R F. 1245 をベースに口径の小さいものを含めて検討、評価していくことが適当と考えられる。

ウ. 計算半径の追加検討

都市部では無線 LAN の利用者が多く、放送システムへ影響する範囲が広がるため、計算半径を広くしたケースについても検討を行った。

そのため、大都市（東京都新宿区を中心）を想定し、シミュレーション半径を 50km まで拡大したときの影響を確認した。

半径 15km までは前述の新宿区周辺の人口密度分布を用いて、15km-50km のエリアは表 6.3-36 郊外モデルに従い、2,000/km² とする（その他の詳細な条件は後述）。半径 50km の条件で試行を 500 万-3,000 万回繰り返し、電波法関係審査基準及び ITU-R F. 1245 のアンテナパターンそれぞれで I/N を算出した結果は以下のとおり。

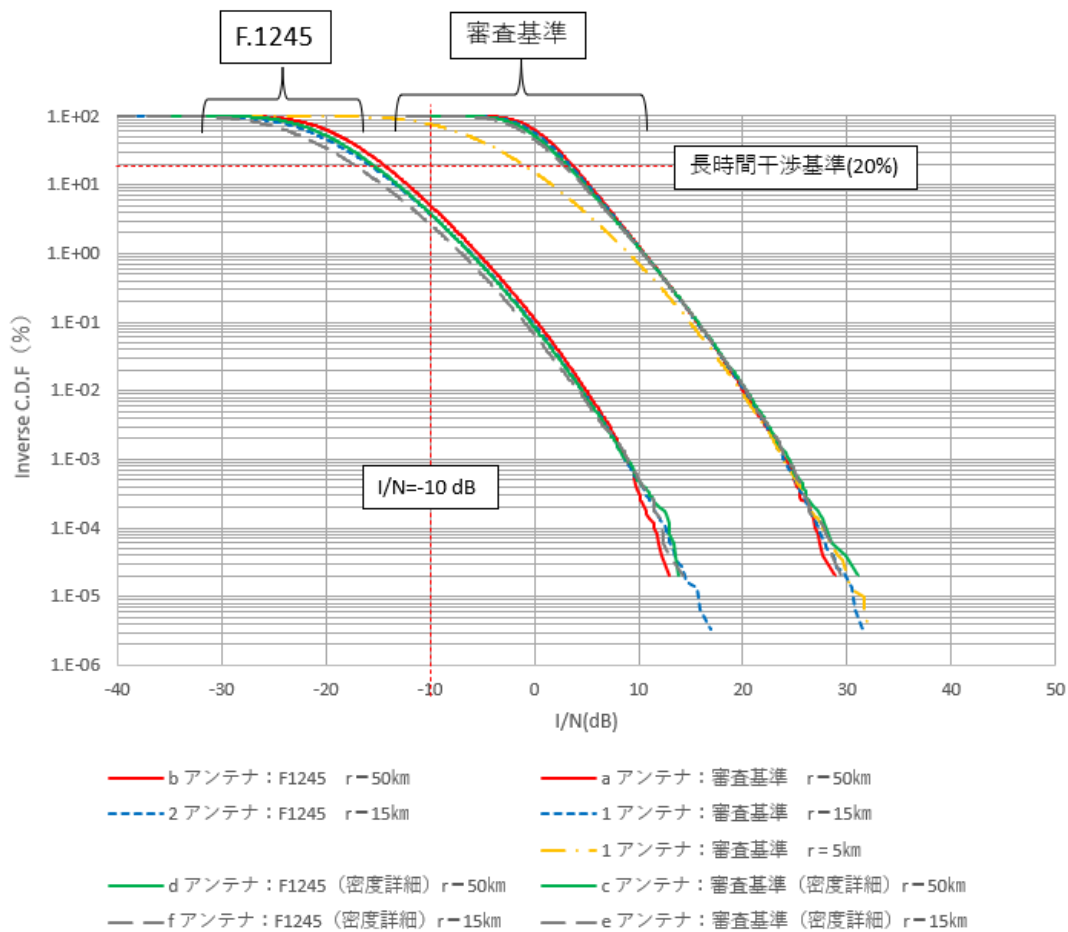


図 6.3-72 電波法関係審査基準および ITU-RF. 1245 の計算半径比較

- 電波法関係審査基準のアンテナパターンを用いた検討では、半径 15km と 50km ではシミュレーション半径に関わらずほぼ同等の結果となった。
- ITU-R F. 1245 のアンテナパターンを用いた検討では、長時間干渉基準で時間率として 1~2%程度、I/N で 1~2dB 程度の差分が確認されたが、シミュレーション半径に関わらず同様の傾向であり、I/N=-10dB は満たす結果となった。

エ. 与干渉アンテナ地上高の追加検討

大都市などでは高層建築物が多くあることから、与干渉端末の高さについて、最大 28.5m ではなく、実際の建築物の高さに基づいたケースでの検証をする必要がある。そのため、与干渉端末の空中線地上高の分配について、東京都建物高比率計算を元に与干渉送信機の空中線分配テーブルを作成し、モンテカルロ法を用いたアグリゲーションのシミュレーション結果への影響を確認した。

表 6.3-38 に新しい与干渉送信機空中線地上高の分配を示す。

表 6.3-38 新しい与干渉送信機空中線の地上高分配

空中線の地上高 (m)	1.5	4.5	7.5	10.5	13.5	16.5	19.5	22.5	25.5	28.5	31.5	34.5	37.5	40.5	43.5
Outdoor 分配率 (%)	24.09	24.09	19.57	7.23	5.51	4.18	3.60	2.96	2.51	1.84	1.20	0.86	0.61	0.43	0.20
Indoor 分配率 (%)	24.09	24.09	19.57	7.23	5.51	4.18	3.60	2.96	2.51	1.84	1.20	0.86	0.61	0.43	0.20

下表へ続く

空中線の地上高 (m)	58.5	73.5	88.5	103.5	118.5	133.5	148.5	163.5	合計
Outdoor 分配率 (%)	0.60	0.30	0.19	0.11	0.07	0.03	0.02	0.01	100
Indoor 分配率 (%)	0.60	0.30	0.19	0.11	0.07	0.03	0.02	0.01	100

表 6.3-39にECC Report316の手法で計算した無線LAN配置台数を示す。

表 6.3-39 無線 LAN 配置台数

パターン	すべて	
放送システム	STL/TTL	
人口密度 (人/km ²)	17,188 (東京 23 区) (0~5km) 14,195 (東京 23 区) (5~10km) 10,113 (東京 23 区) (10~15km) 2,000 (suburban) (15~50 km)	
シミュレーション範囲	50km	
屋外・屋内	屋外局数	屋内局数
20m~40m エリア	1	1
40m~1km エリア	1	18
1km~エリア	5 (1~5 km) 12 (5~10 km) 14 (10~15 km) 49 (15 km~50 km)	444 (1~5 km) 1145 (5~10 km) 1359 (10~15 km) 4893 (15 km~50 km)

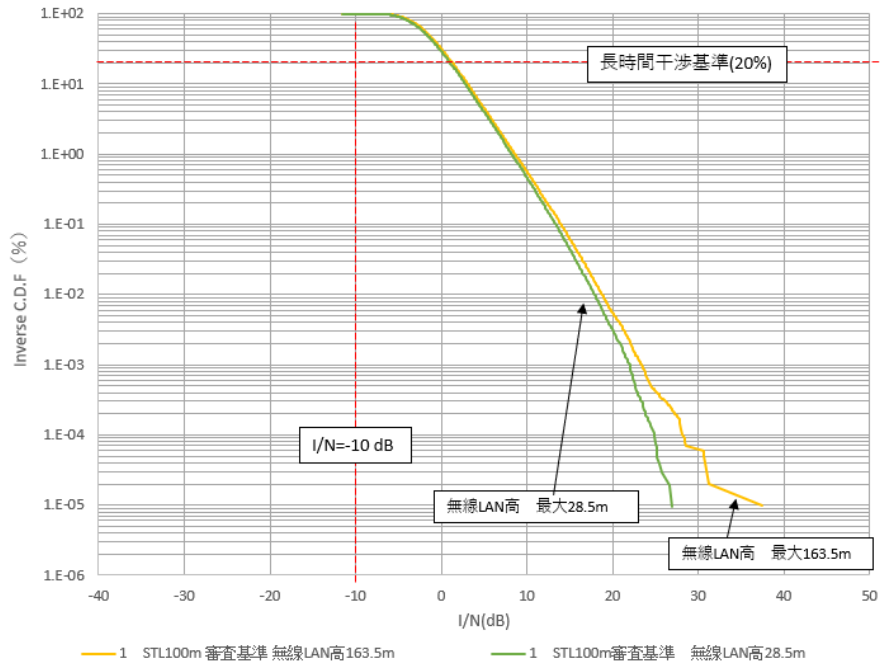
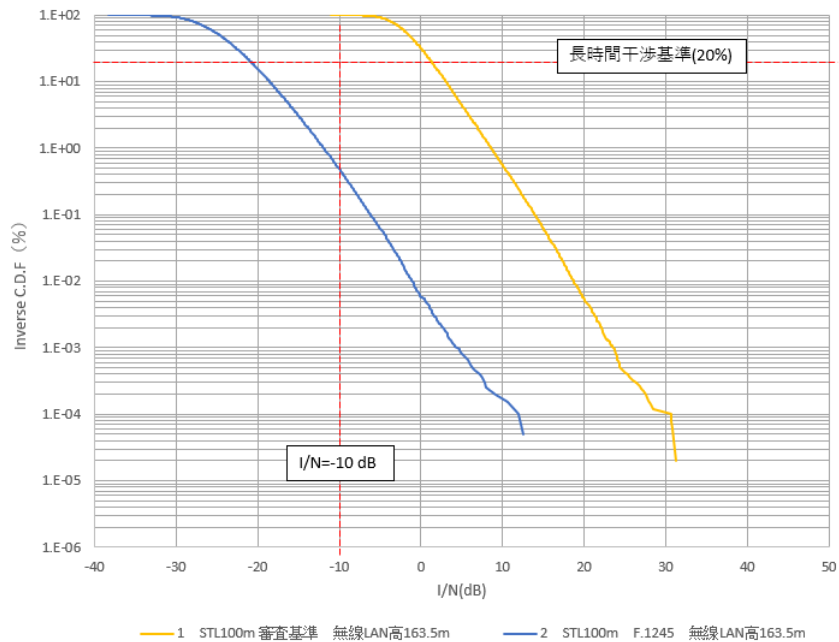


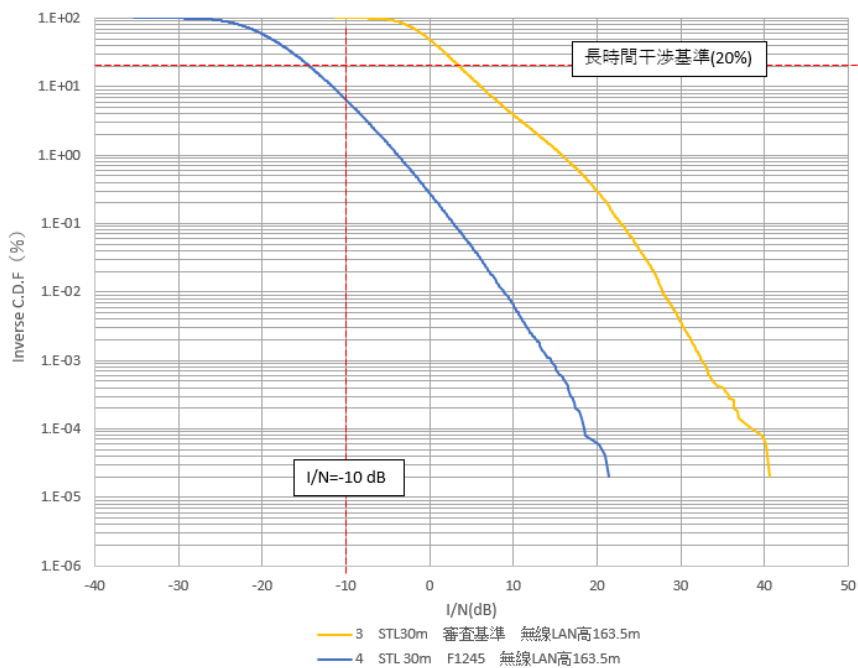
図 6.3-73 無線 LAN アンテナ地上高の比較

図 6.3-74に示すように、無線LANの高さ分配を見直したところ、大都市を想定して与干渉源が被干渉アンテナのメインビーム付近に分布する確率がこれまでの条件より増加し、I/Nが大きくなる時間率が大きくなった。

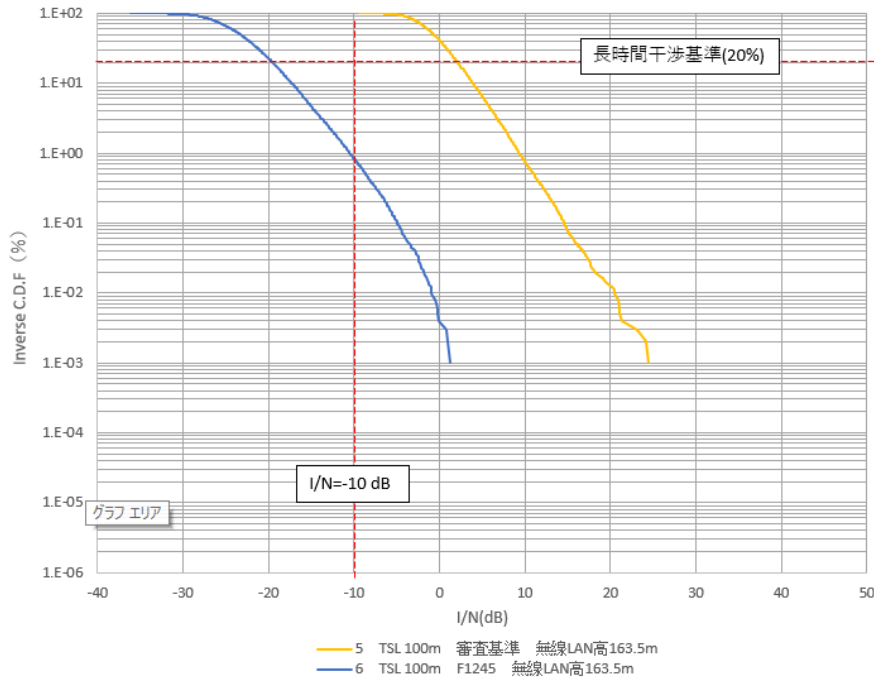
無線LAN高の分布を変えて最大28.5mから最大163.5mまで計算した結果、累積分布0.1%以上の範囲では概ね同じ傾向を示し、累積分布0.1%未満の範囲で違いが確認された。



(1) 映像STLのシミュレーション結果 (受信高100m)



(2) 映像STLのシミュレーション結果 (受信高30m)



(3) 映像TSLのシミュレーション結果（受信高100m）

図 6.3-74 新しい無線 LAN アンテナ地上高分配によるシミュレーション結果

電波法関係審査基準のアンテナは、 $I/N=-10\text{dB}$ の長時間干渉基準（20%）を満たさない結果となったが、F. 1245のアンテナパターンは、 $I/N=-10\text{dB}$ で長時間干渉基準（20%）を満たす結果となった。

オ. シミュレーション結果のまとめ

1) シミュレーション回数

- ・シミュレーション回数が少ない場合でも、確率 0.1%以上では計算結果が収束されている。
- ・シミュレーション回数が増えると、確率頻度が極めて少ない 0.1%未満の領域も計算結果が収束されていく。

2) 被干渉アンテナ

- ・シミュレーションに用いる被干渉受信アンテナの特性により、シミュレーション結果が大きく異なる。電波法関係審査基準よりも、ITU-R F. 1245 を用いると影響は少なくなる結果になる。

3) シミュレーション範囲

- ・映像 STL のシミュレーションの計算半径が 15km と 5km の比較の場合、確率 1%以上で変化が見られた。1%以下での変化は大きな差が見られない。
- ・映像 FPU のシミュレーションの計算半径が 10km と 5km の比較の場合、確率 5%以上で変化が見られた。5%以下での変化は大きな差が見られない。
- ・シミュレーションの計算半径が 50km と 15km の比較の場合、計算半径が広いほうが無線 LAN からの影響が大きくなり、 I/N 値が悪くなる傾向であった。

- ・ 計算半径が 50km と 15km の長時間干渉基準（時間率 20%）で比較すると、電波法関係審査基準では 1dB 程度、ITU-R F. 1245 では 2～2.5dB 程度悪くなる。

4) 人口密度

- ・ シミュレーションの人口密度については、15 km内の範囲を東京 23 区人口密度に詳細設定した場合と ECC Report316 に基づき 一律に設定した場合で比較すると、東京 23 区人口密度に詳細設定としたほうが I/N 値が良くなる傾向であった（半径 5km 以内は ECC Report316 の 15,500 人/m² よりも大きい）。
- ・ 長時間干渉基準（時間率 20%）で東京 23 区人口密度の詳細設定と ECC Report316 を比較すると、電波法関係審査基準のアンテナでの計算では 1dB 程度、ITU-R F. 1245 のアンテナでの計算では、2dB 程度の差が確認された。

6.3.5.4. 実証試験による検証

(1) 屋内実証試験

ア. 試験概要

放送番組中継システム（被干渉システム）と無線 LAN（与干渉システム）の屋内干渉試験を実施し、被干渉システムが破綻しないときの与干渉システムの最大入力電力を測定した。

被干渉システムに対して、同一チャネル、および上・下隣接チャネル関係となる周波数にて試験を実施した。

なお、実用機による試験のため、それぞれの実装周波数で試験を行ったことから、与被干渉の周波数配置関係は周波数によって異なる。

・ 試験システム系統図

試験システム系統を図 6.3-75 に示す。

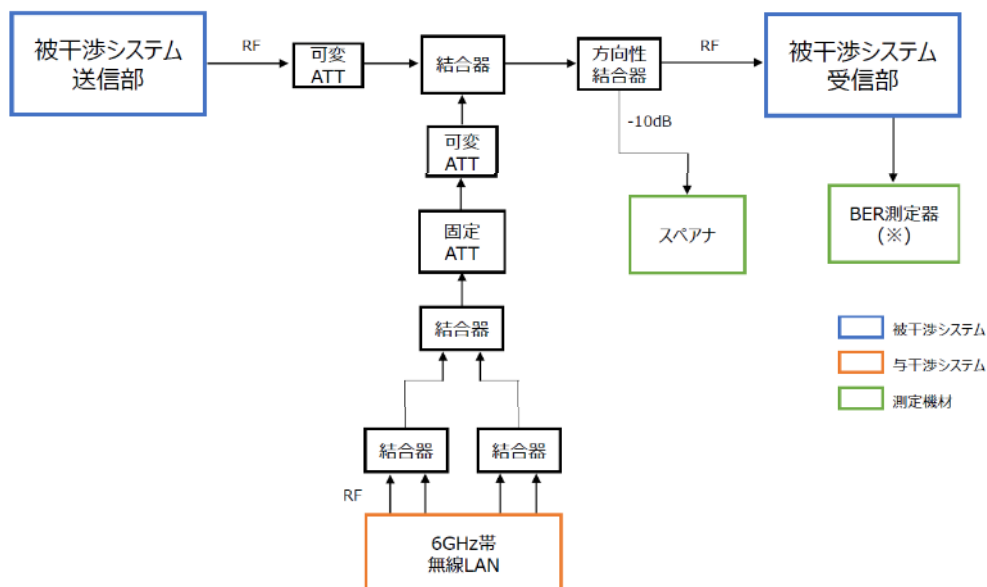


図 6.3-75 試験システム系統

・ 屋内実証試験で使用した放送番組中継システムの一覧

屋内実証試験で使用した放送番組中継システムを表 6.3-40 示す。

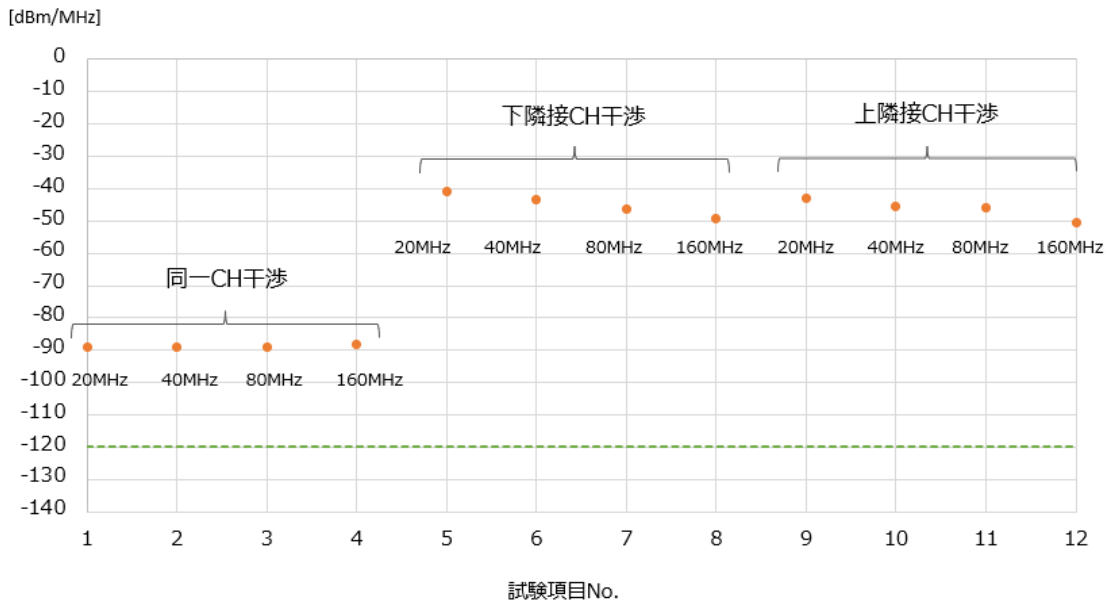
表 6.3-40 屋内実証試験で使用した放送番組中継システムの一覧

被干渉システム	変調方式		希望波 受信機入力
	一時変調	二次 変調	
映像 STL/TTL (TS 方式)	64QAM 畳み込み符号 符号化率：5/6	—	-54.5dBm (標準受信機入力)
映像 STL/TTL (IF 方式)	64QAM 畳み込み符号 符号化率：3/4	OFDM	-58.5dBm (標準受信機入力)
映像 STL/TTL	64QAM LDPC 符号 符号化率：469/500	—	-65.5dBm (標準受信機入力)
監視制御用固定回線	64QAM RS 符号 符号化率：239/255	—	-66.5dBm (標準受信機入力)
映像 FPU (OFDM 方式)	64QAM 畳み込み符号 符号化率：5/6	OFDM	-55dBm (標準受信機入力) -70dBm (標準受信入力に対し 15 dB 減力させた値)
映像 FPU (シングルキャリア方式)	64QAM 畳み込み符号 符号化率：5/6	—	-61dBm (標準受信機入力) -76dBm (標準受信入力に対し 15 dB 減力させた値)
映像 FPU (OFDM 方式 SHV 対応)	4096QAM LDPC 符号 符号化率：5/6 UC. SISO	OFDM	-55dBm (標準受信機入力) -70dBm (標準受信入力に対し 15 dB 減力させた値)
音声 FPU	16QAM LDPC 符号 符号化率：3/4	OFDM	-65.5dBm (標準受信機入力) -80dBm (標準受信入力に対し 14.5 dB 減力させた値)

イ. 試験結果

・ 映像 FPU (OFDM 方式) 受信機入力：-55dBm (標準受信入力) 試験

測定したD/Uが得られた1MHzあたりの無線LANの入力電力を結果として示す。



● 無線LANの入力電力[dBm/MHz] - - - - IN=-10[dBm/MHz]

図 6.3-76 -55dBm (標準受信入力) 試験の結果

・ 映像FPU (OFDM方式) 受信機入力：-70dBm試験

(標準受信入力に対し 15dB 減力させた値)

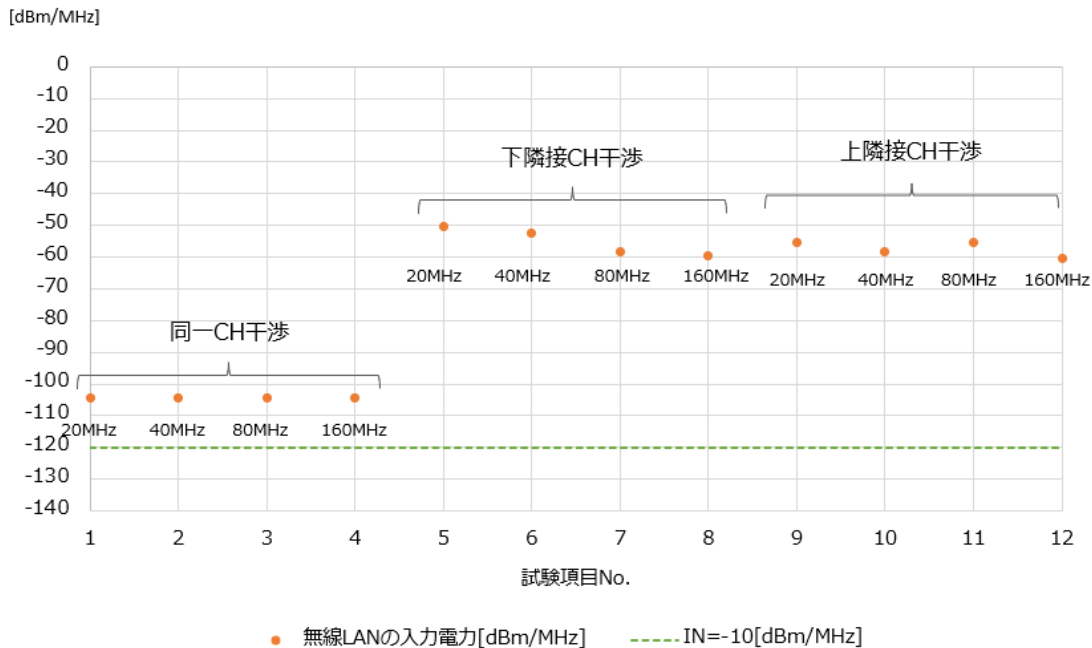


図 6.3-77 -70dBm 試験の結果

・映像STL/TTL (TS方式) 受信機入力：-54.5dBm (標準受信入力) 試験

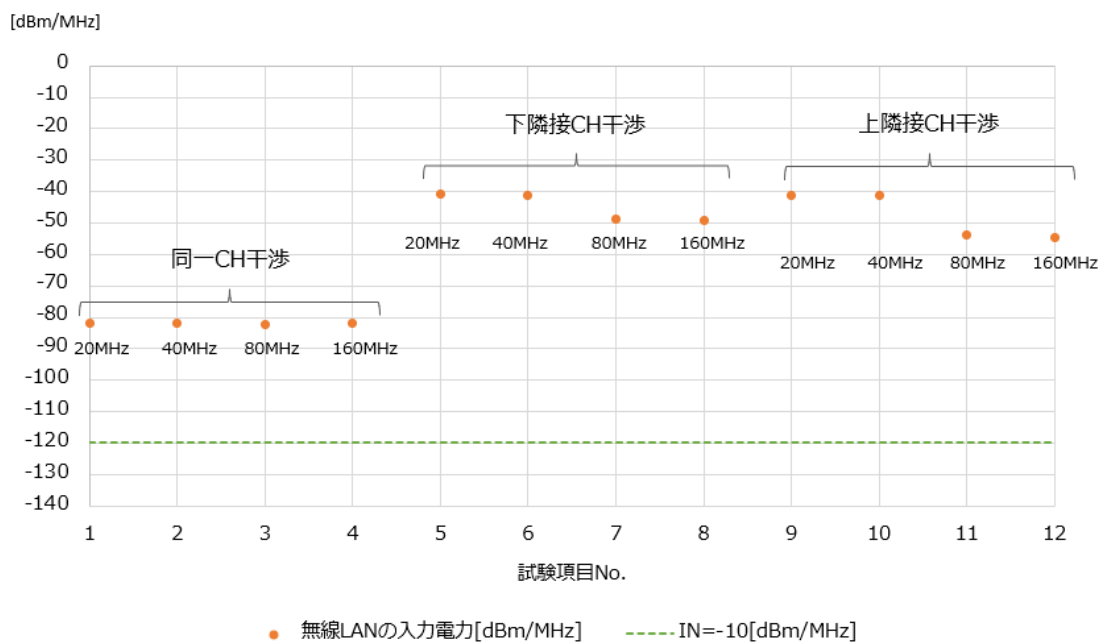


図 6.3-78 -54.5dBm (標準受信入力) 試験の結果

・音声FPU 受信機入力：-65.5dBm (標準受信入力) 試験

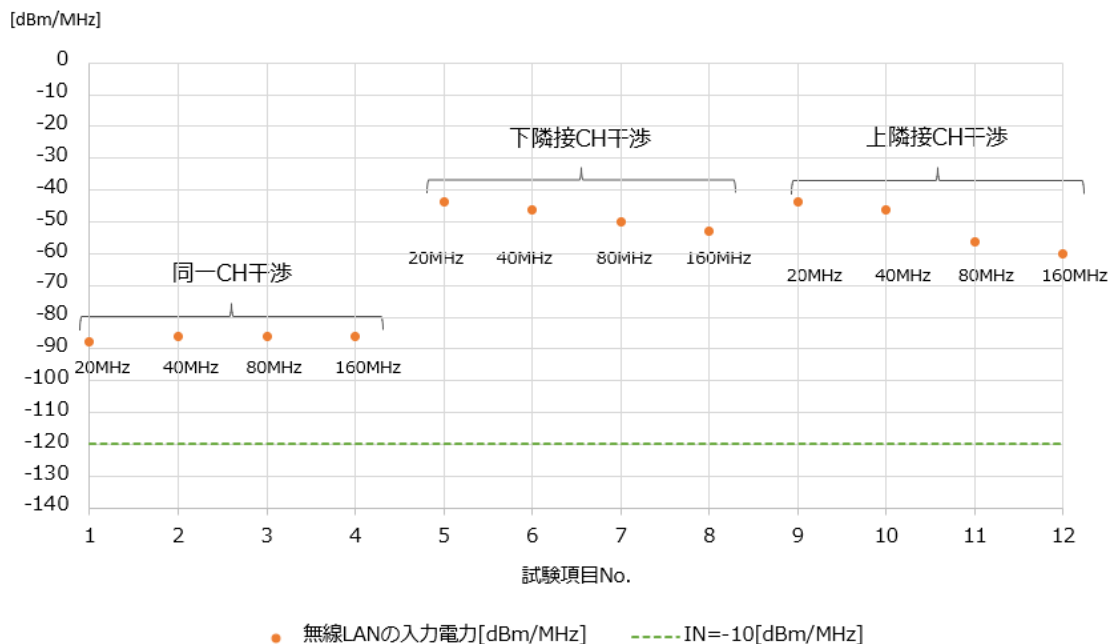


図 6.3-79 -65.5dBm(標準受信入力)試験の結果

放送番組中継システムの計8システムに対して、6GHz帯無線LANとの干渉試験を実施した。

同一チャネル干渉において、被干渉システムの標準受信入力での無線LANから受ける干渉は、概ね、被干渉システムの標準受信入力から各システムの所要C/Nを差し引いた値となった。映像音声FPUの受信機入力が標準受信入力よりも約10, 15dB低い条件の場合は、I/N=0dB付近の結果になった。

隣接チャネル干渉については、試験装置の実装周波数で試験を実施したことから、相互の周波数位置関係、ガードバンド関係が一定にならない条件となっている。ガードバンド幅が一定のときは、無線LANの帯域幅を広げると無線LANの電力密度が下がることにより最大入力電力も下がる傾向になった。

(2) 建物資材の透過損失試験

6GHz帯無線LANの周波数帯域において、建物侵入損/壁遮蔽損失の妥当性を検証するため、実際の建物資材による電波の透過性・遮蔽性がどの程度あるのかを電波暗室にて傾向を確認した。本試験は、6GHz帯無線LANの共用検討を行うに当たり、建物遮蔽損失に関係する建築資材の評価を試行的に行うものである。試験は限定された条件で行うものであり、既存の測定結果等(ITU-R P. 2040, Rep. ITU-R P. 2346等)の見直しを目的としたものではない。

1) 試験の実施内容

電波暗室内において、電波の送受信間に建物資材(壁材質)を設置し、建材が有るときと、無いときの電波の受信レベル差を測定し、透過損失値を算出する。また、試験建材については一般的な建物資材を複数種類用意して検証を行う。

2) 試験条件

試験条件を以下に示す。試験では、回折波の影響を考慮し、建材と受信アンテナとの距離を極力近づけ、また受信アンテナの周囲を電波吸収体で覆うような形で試験実施した。

表 6.3-41 試験条件

項目	内容
送信機材	信号発生器
受信機材	スペクトラムアナライザ
試験信号	CW
測定周波数	5955MHz 6535MHz 7115MHz
送受信アンテナ	ホーンアンテナ
アンテナ高	1.1m
建材と送受信アンテナとの高さの差分	0.5m
測定距離	4m ・送信ANT～建材間：3.75m ・建材～受信ANT間：0.25m
建材に対する入射角	0°

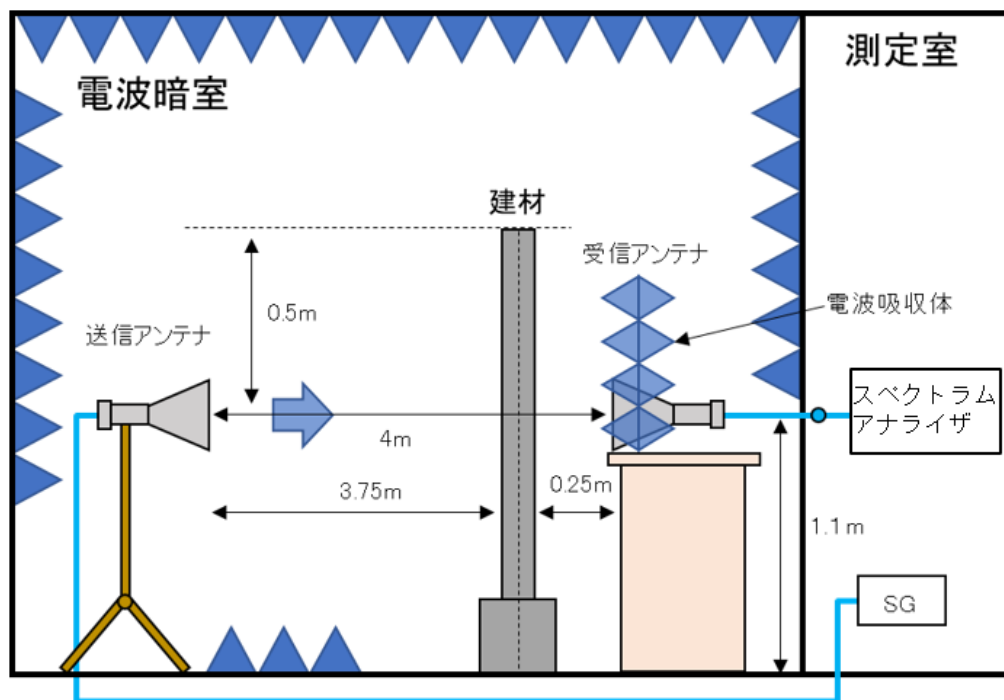


図 6.3-80 透過損失試験の試験系統

※受信アンテナの周囲には電波吸収体を設置。

今回の試験で使用した建物資材を表 6.3-42 に示す。

表 6.3-42 試験で使用した建物資材リスト

No.	建材	厚み
1	鉄筋コンクリート	100mm
2	ALC 材	37mm
3	木板	12mm
4	一般ガラス	5mm
5	耐火ガラス	5mm
6	強化ガラス	5mm
7	電波遮断型ガラス	5mm
8	鉄板	2.6mm
9	トタン板	0.19mm
10	スレート板	5mm

3) 試験の様子

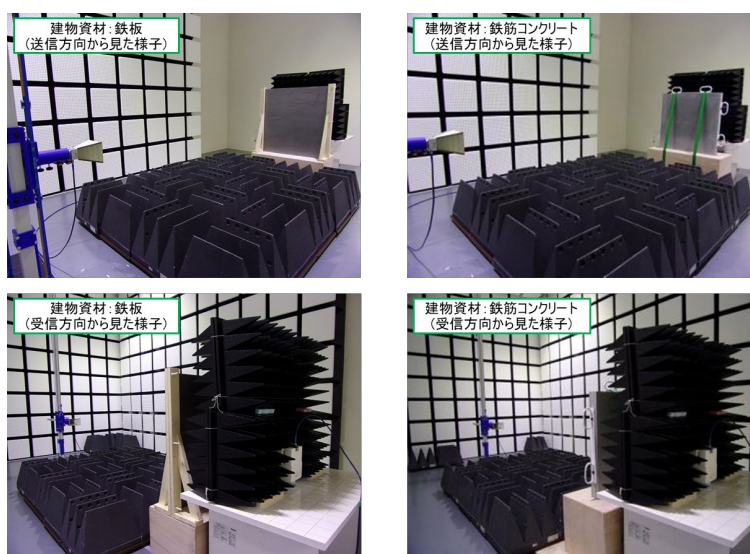


図 6.3-81 試験の様子

4) 試験結果

試験で測定した各建物建材の透過損失について、3周波数で測定した結果を図 6.3-82 に示し、測定値の単純平均値を表 6.3-43 にまとめた。

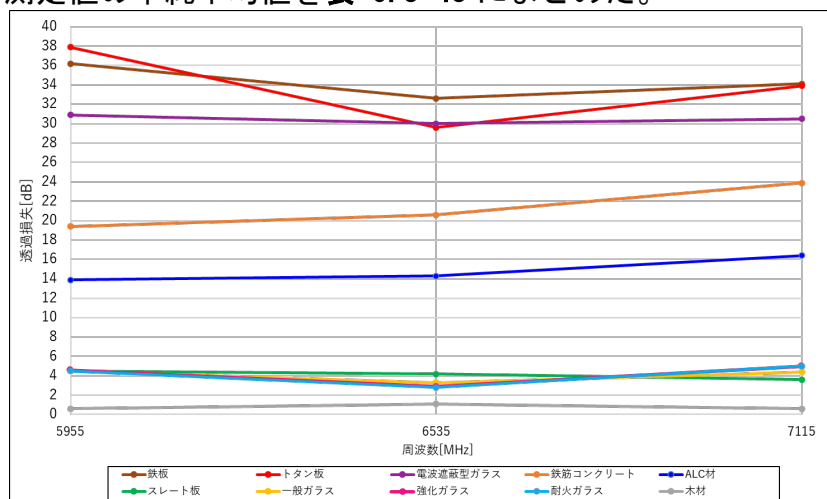


図 6.3-82 各建物建材の透過損失

表 6.3-43 各建物資材の透過損失の平均値

No.	建材	厚み[mm]	透過損失の平均値[dB]
1	鉄筋コンクリート	100	21.3
2	ALC 材	37	14.9
3	木板	12	0.8
4	一般ガラス	5	4.1
5	耐火ガラス	5	4.1
6	強化ガラス	5	4.2
7	電波遮断型ガラス	5	30.5
8	鉄板	2.6	34.3
9	トタン板	0.19	33.8
10	スレート板	5	4.1

5) 結果の考察

実際の建物では複数の建材の組み合わせで使用されていることから測定結果をそのまま共用検討で使用する透過損失として議論はできないが、建材による電波の透過性・遮蔽性の傾向を確認することができた。

木材や多くのガラスは 6GHz 帯の電波を比較的良好に透過する結果となった。一方、オフィスビルやマンションに使用されている建材は電波の透過率が低い結果となり、建物遮蔽損失に関しては ITU-R 勧告の値を適用することが適当と判断される。

(3) 屋外実証試験

6GHz 帯無線 LAN 信号の実伝搬路におけるマイクロ回線への干渉量を確認する試験を実施した。

1) 試験の目的

実フィールドにおける 6GHz 帯無線 LAN の電波伝搬状況及び被干渉アンテナへの飛び込みを確認し、与干渉波（6GHz 帯無線 LAN）の到来条件を変えたときの被干渉アンテナ（受信アンテナ側）で受信される信号レベル（受信電力）を確認する。

2) 試験結果の評価

測定した無線 LAN との相互位置関係（距離、高さ、角度）における信号レベル（受信電力）をもとにシングルエントリーで計算した値との比較評価を行う。

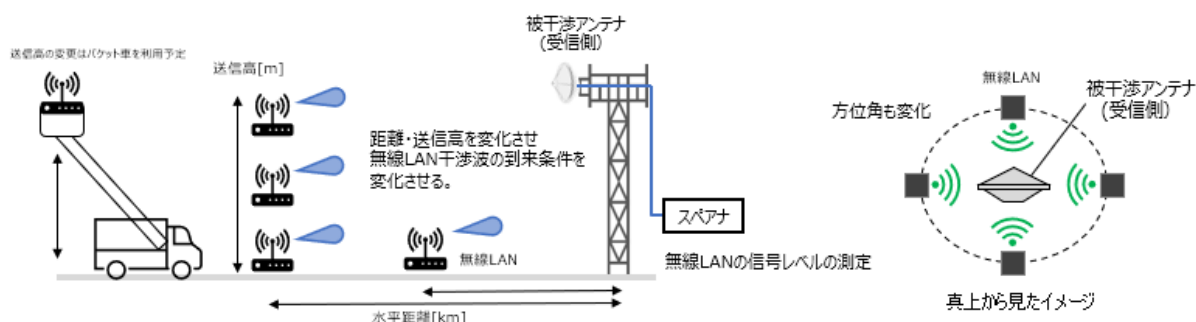


図 6.3-83 試験システムイメージ

表 6.3-44 6GHz 無線 LAN アクセスポイントの送信電力設定

帯域幅 [MHz]	中心周波数 [MHz]	1 アンテナあ たりの空中 線電力[dBm]	ストリーム 数	ストリーム 合成利得 [dB]	内部アッテネ ーション [dB]	1 アンテナあ たりのアンテ ナ利得 [dBi]	4 アンテナ合成時 (最大)		電力密度 [dBm/MHz]
							空中線電力 [dBm]	e. i. r. p. [dBm]	
20	6675	9	4	6	0	3	15	18	2
40	6725	12							-1
160	6665	18							-7

3) 試験方法

- ・ 無線 LAN を所定の諸元に設定（表 6.3-44 を参照）。
- ・ 被干渉アンテナは、放送用 M バンド 2mφ 垂直偏波で試験を実施。
- ・ 無線 LAN 送信アンテナの偏波面は、被干渉アンテナと同じ垂直偏波に設定。
- ・ 無線 LAN の送信場所は、被干渉アンテナが見通しとなる 8 地点を選定し、表 6.3-45 のとおりカテゴリ A~D に分類した。
- ・ 無線 LAN の送信は、地点により送信高を変化させ被干渉アンテナの指向特性との関係を検証した。

表 6.3-45 送信地点一覧

無線 LAN の 送信地点	送信地 点 カテゴリー	無線 LAN 送信地点緯度	無線 LAN 送信地点経度	水平距離 [m]	水平角 度差 [°]	垂直角度差 [°] (-:俯角, +:仰角)			
						送信高 1.3m	送信高 10m/10.3m	送信高 25m	送信高 31.3m
①	A	35.58.06.22	139.21.23.27	470.16	-0.42	-	-	-	-0.01
②	B	35.58.11.08	139.21.35.69	125.37	-5.11	-	-13.94	-7.41	-
③	C	35.58.12.05	139.21.33.30	167.67	19.22	-	-10.14	-5.15	-
④	B	35.58.10.06	139.21.33.03	184.97	0.87	-11.64	-8.97	-	-
⑤	D	35.58.08.07	139.21.28.03	323.24	1.32	-6.04	-	-	-
⑥	D	35.58.04.06	139.21.190.9	568.13	-0.98	-	-1.84	-	-
⑦	D	35.58.00.80	139.21.09.07	848.94	0.12	-1.29	-	-	-
⑧	D	35.58.00.22	139.21.08.79	877.37	-0.24	-	-0.61	-	-

[送信地点のカテゴリについて]

- A: 被干渉アンテナと無線 LAN が、ほぼ正対関係となるケース
- B: 被干渉アンテナと無線 LAN の距離が近く、被干渉アンテナとの方位角差が小さいケース
- C: 被干渉アンテナと無線 LAN の距離が近く、被干渉アンテナとの方位角差が大きいケース
- D: 被干渉アンテナと無線 LAN の距離が遠く、被干渉アンテナとの方位角差が小さいケース



図 6.3-84 無線 LAN の送信地点

4) 測定結果

表 6.3-46 測定結果

無線 LAN の送信地点	送信地点カテゴリ	見通し環境	最大 e.i.r.p. [dBm]	自由空間損失[dB]			フィーダー損[dB]			受信 ANT 利得 [dBi]	角度差による減衰量 [dB] (立体格考慮)	無線 LAN の受信電力 計算値 [dBm]			無線 LAN の受信電力 測定値 [dBm] 括弧内は計算値との偏差		
				帯域幅 20MHz	帯域幅 40MHz	帯域幅 160MHz	帯域幅 20MHz	帯域幅 40MHz	帯域幅 160MHz			帯域幅 20MHz	帯域幅 40MHz	帯域幅 160MHz	帯域幅 20MHz	帯域幅 40MHz	帯域幅 160MHz
①	A	内	18	102.37	102.44	102.36	6.01	6.26	6.49	40.7	-1.1	-50.7	-51	-51.2	-55.8 (-5.1)	-53.2 (-2.2)	-53 (-1.8)
②	B	内	18	90.89	90.95	90.88	6.01	6.26	6.49	40.7	-41.56	-79.7	-80	-	-86.9 (-7.2)	-85 (-5.0)	-
	B	内	18	90.89	90.95	90.88	6.01	6.26	6.49	40.7	-33.99	-72.1	-72.5	-	-82.8 (-10.7)	-79.1 (-6.6)	-
③	C	内	18	93.41	93.48	93.4	6.01	6.26	6.49	40.7	-48.55	-89.2	-89.6	-	-82.4 (+6.8)	-82.6 (+7.0)	-
	C	内	18	93.41	93.48	93.4	6.01	6.26	6.49	40.7	-44.91	-85.6	-85.9	-	-81.9 (+3.7)	-85.5 (+0.4)	-
④	B	内	18	94.27	94.33	94.25	6.01	6.26	6.49	40.7	-44.75	-86.3	-86.6	-86.8	-89.1 (-2.8)	-86.3 (+0.3)	-81.1 (+5.7)
	B	内	18	94.27	94.33	94.25	6.01	6.26	6.49	40.7	-33.9	-75.4	-75.7	-75.9	-83.4 (-8.0)	-81.6 (-5.9)	-80.1 (-4.2)
⑤	D	内	18	99.12	99.18	99.1	6.01	6.26	6.49	40.7	-33.04	-79.4	-79.7	-79.9	-82.3 (-2.9)	-81.9 (-2.2)	-78.7 (+1.2)
⑥	D	内	18	104.01	104.08	104	6.01	6.26	6.49	40.7	-20.9	-72.2	-72.5	-	-80.8 (-8.6)	-77.4 (-4.9)	-
⑦	D	内	18	107.5	107.57	107.49	6.01	6.26	6.49	40.7	-10.25	-65	-65.3	-65.5	-67.9 (-2.9)	-64.4 (+0.9)	-64 (+1.5)
⑧	D	外	18	107.79	107.85	107.78	6.01	6.26	6.49	40.7	-2.6	-57.6	-58	-58.1	-69.3 (-11.7)	-67.6 (-9.6)	-67.7 (-9.6)

(※1) 無線 LAN のアンテナ利得の補正については、全送信地点の被干渉アンテナと無線 LAN との垂直角度差が 30° 以内であるため、干渉電力の計算では補正値を 0dB としている。(無線 LAN のアンテナパターン: ITU-R M.1652-1)

(※2) 無線 LAN の帯域幅ごとに中心周波数が異なるため、自由空間伝搬損失とフィーダー損もそれに応じて異なる値となる。(無線 LAN の送信諸元は表 6.3-44 を参照)

(※3) 送信地点⑧については、無線 LAN の設置環境の都合上、被干渉アンテナが建物の背後に隠れてしまい、見通し外環境で測定を行った。

- 被干渉アンテナと無線 LAN 送信点が正対するケース (カテゴリ A、地点①) では、理論値に近い干渉電力が被干渉アンテナに混入することが確認された。
- 被干渉アンテナから無線 LAN 送信点が近く、方位角度差が大きいケース (カテゴリ C、地点③) では、無線 LAN 高 25m は、理論値に近い干渉電力が確認された。

また、無線 LAN 高 10m では干渉電力と理論値に差が生じる結果となった。これは、被干渉アンテナへの入射角度差の関係で、サイドローブ角付近はアンテナの利得特性の変動が大きいことが起因しているものと考えられる。

- 被干渉アンテナの主指向方向に近い距離で無線 LAN を設置したケース（カテゴリ B および D）では、理論値と同程度の干渉電力が被干渉アンテナに混入することが確認された。

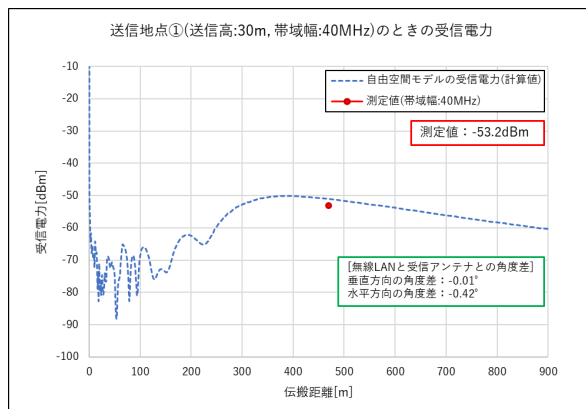


図 6.3-85 測定結果と理論値との比較
送信地点①(カテゴリ A)

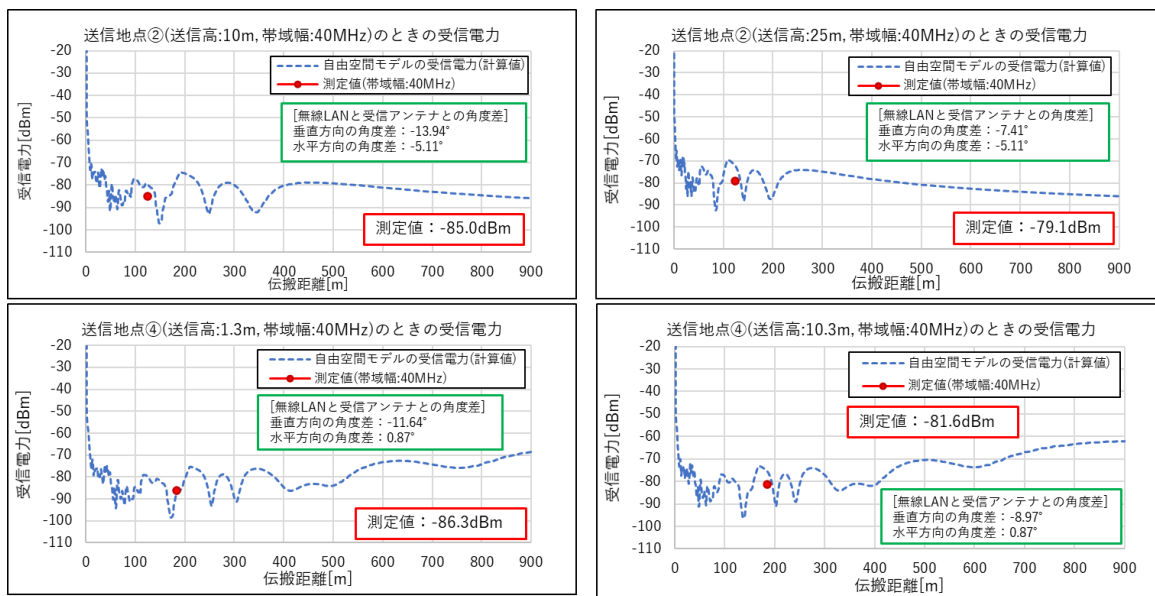


図 6.3-86 測定結果と理論値との比較
送信地点②④(カテゴリ B)

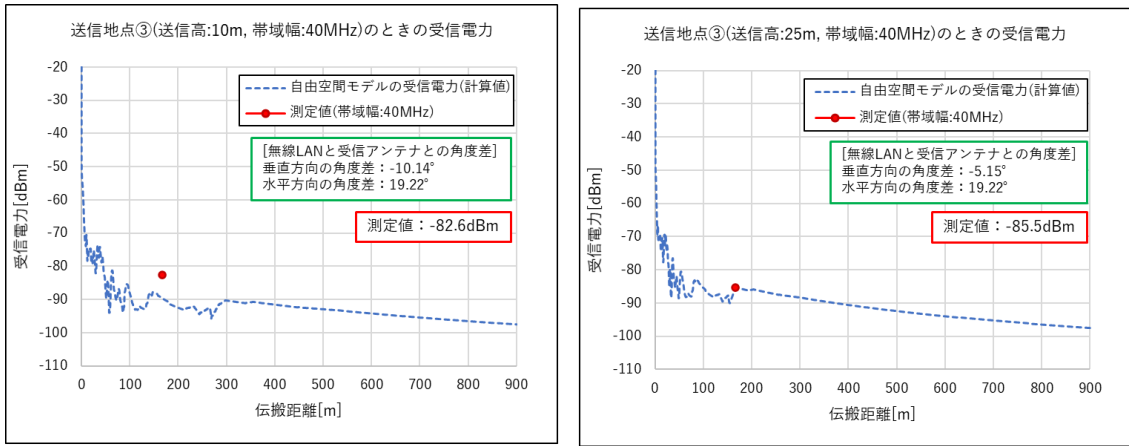


図 6.3-87 測定結果と理論値との比較
送信地点③(カテゴリ C)

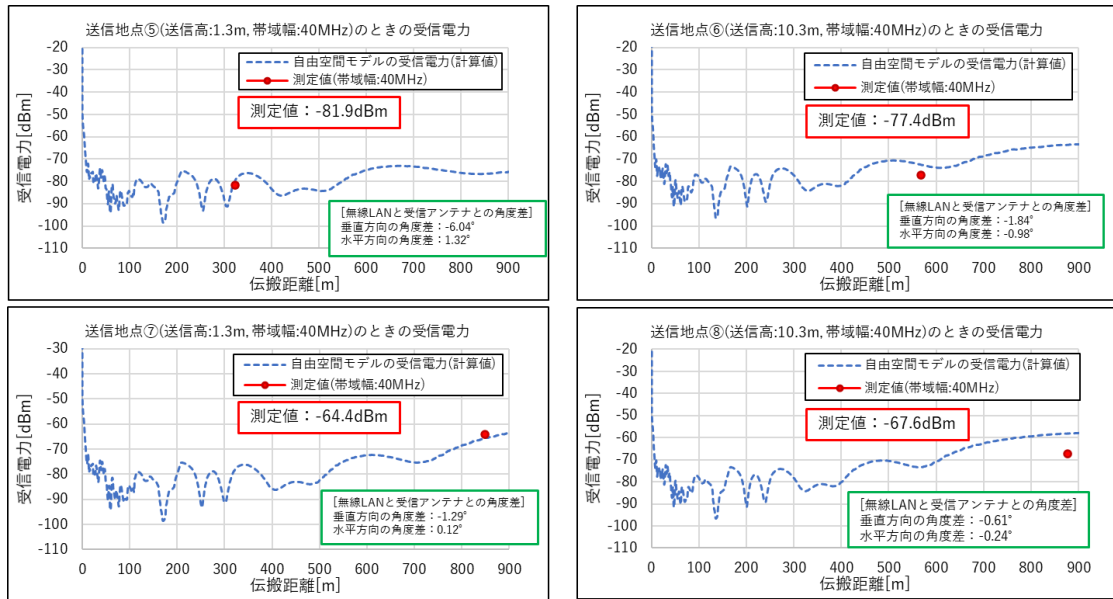


図 6.3-88 測定結果と理論値との比較
送信地点⑤⑥⑦⑧(カテゴリ D)

5) 結果の考察

- 被干渉アンテナの主指向性方向に無線 LAN が配置される場合は、理論値と同程度の干渉電力が被干渉アンテナに混入することが確認された。
- 被干渉アンテナの主指向方向から離れた角度差が大きいサイドローブでは、被干渉アンテナの利得特性に変動が大きいことが起因し、理論値と多少の差が生じるケースも確認された。
- 試験の結果、最大干渉電力は自由空間伝搬損失の理論値で計算した電力が、被干渉アンテナに混入することが確認され、机上検討によるシミュレーションでは見通し区間となる伝搬路において自由空間伝搬損失で計算をすることが妥当であることを検証できた。

6.3.5.5. 周波数共用に関する見解

これまで共用検討の議論を重ねたが、放送事業者と無線 LAN 事業者間でまだ見解の相違が見られ、今後も継続して議論を進める必要がある。

① 干渉検討の評価基準

放送事業者： 短時間の伝送遮断であっても放送中止事故や不体裁に直結することから、放送事業者は干渉評価に時間率を考慮しないシングルエントリーに由来から依拠しており、アグリゲートモデルによる干渉検討はあくまで参考として確認するとの見解である。また、当該システムにおける電波法関係審査基準等の雑音配分の規定により、他システムからの干渉は I/N 基準で検討すべきものとする。C/I 基準を他システムからの干渉に適用することは、雑音配分に反しており不合理である。仮に伝送への影響を C/I で評価するとすれば、混信保護比に加え、20dB 程度のマージンを確保することが不可欠、との見解である。

無線 LAN 事業者： モンテカルロ法によるシミュレーション結果の評価に I/N と時間率を用いるのは、ITU でも勧告され国際的にも認められた基準であり、無線 LAN との共用検討においても有効であるとする。また、20dB のマージンに関し、無線 LAN のキャリアセンスの仕組みにより、2 台あれば 3dB 上がるわけではないので、慎重に検討して欲しい、との見解であった。

② 回線瞬断率による共用可能性検討

無線 LAN 事業者： シングルエントリーの検討モデル最悪条件を想定したシングルエントリーの検討は、基本的な技術条件を検討するうえで必要であると認識しているが、そのケースが実際に起こりうる確率も考慮する必要がある。発生する確率を含めて回線への影響を検討するのが適当である。電波法関係審査基準に回線瞬断率の規定のある M バンド (6570 - 6870 MHz) について、総務省陸上無線通信委員会の方針に基づく検討を先行して実施したい、との提案が出ている。

放送事業者： 回線瞬断率による計算手法は、モンテカルロ法に関する検討であり、アグリゲートモデルの有効性が判断できないため、共用検討への適用の妥当性を判断できないとの意見であった。

③ 建物侵入損

無線 LAN 事業者： ITU-R P. 2109-1 で定義される建物侵入損失の予測値は、100MHz を超える電波伝搬における建物侵入損失の影響を考慮し、様々な材質、条件での測定値に基づいて定義されたものである。建物の構造等により Traditional と Thermally-efficient の 2 つに分類され、Thermally-efficient は日本における他の共用検討や本報告のモンテカルロシミュレーションでも使用されているので、本共用検討でのシングルエントリーの計算において

も Thermally-efficient の計算結果も併記するようにしたい、との提案があった。

放送事業者： Thermally-efficient は窓など開口部の影響が懸念され、シングルエントリーの計算や実回線のシミュレーションでは過大評価となるため採用できないとの意見があった。

今後は、Traditional と Thermally-efficient の両方の結果を併記することで進めることで合意したが、最終的な判断は継続検討となった。

以上のように、放送事業者側には周波数共用検討にあたっての設定条件や、アグリゲーションによるシミュレーション検討手法に対して十分に理解が得られていないことが浮き彫りとなった。

6.3.6. 電波天文との共用検討 (6650-6675.2MHz)

6.3.6.1. シングルエントリーでの検討

与干渉端末 1 局からの干渉量(シングルエントリー)を評価し、MCL (Minimum Coupling Loss) および 必要離隔距離をシミュレーションによって算出した。対象として近隣の状況から影響を最も大きく受けると考えられる和歌山大学電波天文アンテナを選んでいる。MCL の算出には下記式を使用した。

$$P_{\text{TxEIRP}} - L_{\text{Path}} - L_{\text{Clutter}} - L_{\text{BuildingEntry}} + G_{\text{Rx}} \leq 10 \log(kT_0B) + NF_N + \frac{I}{N}$$

シミュレーションの条件としては

伝搬モデル:	ITU-R P.452-16 (クラッタ損失等なし)
無線 LAN アンテナ:	無指向性アンテナ 0dBi
電波天文アンテナ:	地上高 7.5m (和歌山大学)
電波天文アンテナ:	0dBi (無指向性)

を設定した。屋内無線 LAN からの影響について建物区分として通常の建物 (Traditional Type) の場合 (Pattern1) と断熱された建物 (Thermally Type) の場合 (Pattern2) の 2 パターンについて、屋外の無線 LAN からの影響については体による遮蔽損失を考慮した場合 (Pattern3) と考慮しない場合 (Pattern4) の 2 パターンの計 4 パターンについてシミュレーションを実施した。

表 6.3-47 シミュレーション条件とパターン

	No.	項目	単位	Pattern 1	Pattern 2	Pattern 3	Pattern 4	記事
与干渉	(1)	送信周波数 Tx Frequency	MHz	6662.6	6662.6	6662.6	6662.6	(6.65+6.6752)/2=6.6626GHz
	(2)	送信電力 Tx Output Power Level	dBm	23	23	14	14	
	(3)	送信バンド幅 Tx Bandwidth	MHz	20	20	20	20	
	(4)	最大空中線利得 Peak Antenna Gain	dBi	0	0	0	0	
	(5)	空中線指向性減衰 Antenna directive attenuation	dB	0	0	0	0	
	(6)	等価等方放射総電力 e. i. r. p. Total Power	dBm	23	23	14	14	(2)+(4)+(5)
	(7)	等価等方放射電力 電力スペクトル密度 e. i. r. p. PSD	dBm/ MHz	10.0	10.0	1.0	1.0	(6)-10log[(3)]
	(8)	建物侵入損失 Building Entry Loss	dB	16.8	32.4	0.0	0.0	ITU-R P.2109-1, Traditional Type: 16.84 ITU-R P.2109-1, Thermally Type: 32.43
	(9)	人体遮蔽 Body Loss	dB	0.0	0.0	0.0	4.0	
被干渉	(10)	最大空中線利得 Peak Antenna Gain	dBi	0	0	0	0	ITU-R RA.769
	(11)	空中線指向性減衰 Antenna directive attenuation	dB	0	0	0	0	

(12)	基準 Criteria	dBm/25 .2MHz	-173	-173	-173	-173	ITU-R RA.769
(13)	最小カップリング損失 MCL (Minimum Cou- pling Loss)	dB	179.2	163.6	187.0	183.0	(2)-(8)-(9)-(12)

表 6.3-48 屋内無線 LAN のシミュレーション結果

Pattern	条件	屋内送信出力 23dBm (LPI)
1	ITU-R P.452-16 (クラッタなし) + ITU-R P.2109-1 BEL (通常の建物)	35.5km
2	ITU-R P.452-16 (クラッタなし) + ITU-R P.2109-1 BEL (断熱された建物)	27.2km

表 6.3-49 屋外無線 LAN のシミュレーション結果

Pattern	条件	屋外送信出力 14dBm (VLP)
3	ITU-R P.452-16 (クラッタなし) + w/o Body Loss (人体遮蔽)	39.8km
4	ITU-R P.452-16 (クラッタなし) + w Body Loss (人体遮蔽)	37.6km

見通し内条件下での必要離隔距離は 40km 程度となることがわかった。
また、LPI 条件下で、地形等による減衰を加味した場合でも必要離隔距離は 1km 程度となることがわかった。

図 6.3-89 の地図内に干渉基準を満たす境界線を青線で示す。

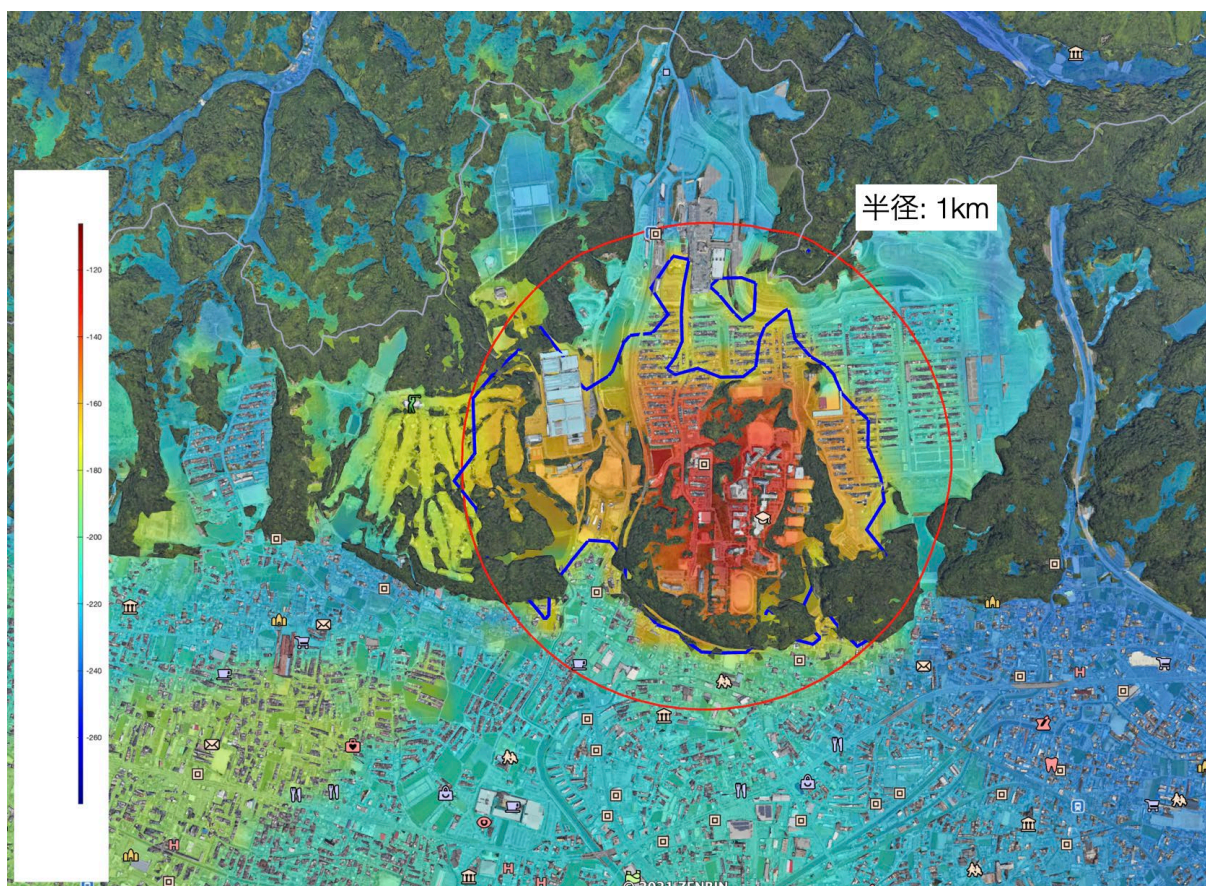


図 6.3-89 和歌山局周辺の地形データを考慮したシングルエントリーの結果

シミュレーションの条件は以下とした。

伝搬モデル等： 表 6.3-50 参照

電波天文アンテナ高さ： 地上高 7.5m (和歌山大学)

電波天文アンテナ： ITU-R SA. 509 [28]、直径 12m、仰角 10 度 (方位：南)

表 6.3-50 伝搬モデル、クラッタ損失、建物侵入損失

被干渉局からの距離	伝搬モデル
$0m \leq d < 20m$	Exclusion Zone
$20m \leq d < 40m$	Free Space Path Loss
$40m \leq d < 1000m$	ITU-R P. 452-16 (time percentage:50%) + ITU-R P. 452-16 Clutter Loss (Suburban for Tx and Rx)
$d \geq 1000m$	ITU-R P. 452-16 (time percentage:50%) + ITU-R P. 2108-1 Clutter Loss (P=50%)
Building Entry Loss	ITU-R P. 2109-1 (Thermally-efficient, P=50%)

6.3.6.2. アグリゲーションでの検討

シングルエントリー 同様に、和歌山大学周辺を想定し、与干渉側はより干渉の影響が少ない LPI に限定して、アグリゲーションのシミュレーションを実施した。

アグリゲーションモデルとしては、被干渉側アンテナ（電波天文のアンテナ）の近傍 20m に干渉源（無線 LAN のアクセスポイント）がないこと、アクセスポイントが存在する範囲は半径 20km までとして、その累積干渉電力をモンテカルロ法により算出した。

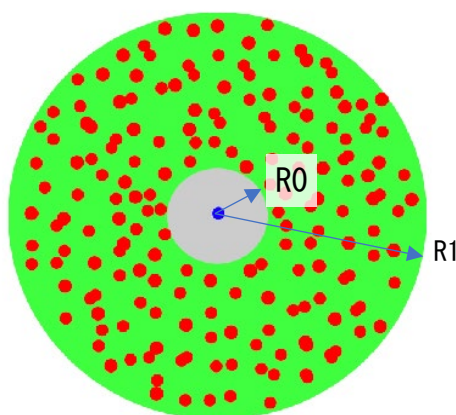


図 6.3-90 シミュレーションの範囲

アグリゲーションモデル

- R0 : Exclusion zone (20m)

- R1 : R0 to 20km

使用した伝搬モデルは下記のとおりである。

表 6.3-51 使用した伝搬モデル

	伝搬モデル
20m <= D < 40m	自由空間伝搬モデル
40m <= D < 1000m	ITU-R P.452-16 (with including diffraction, clutter) Tx and Rx with suburban
D >=1000m	ITU-R P.452-16 + ITU-R P.2108-1 Clutter (P=50%)
建物侵入損失 (for Indoor)	ITU-R P.2109-1 (Traditional: Thermally = 7:3)

また、無線 LAN 側のパラメータとしては、下記を使用した。

表 6.3-52 無線 LAN パラメータ

項目	値	備考
デバイス密度 Device Density	1116/km ²	和歌山大学を想定
ビジーアワー要因 Busy Hour Factor	62.7%	ECC Report 302/316, ITU-R Document 5A/100-E
6GHz 要因 6GHz Factor	69%	1200MHz (7125-5925MHz) / (1200+538.5MHz) = 69%
オーバーラップ要因 Overlap Factor	8.54%	資料「6GHzFactor_OverlapFactor について」
市場適応要因 Market Adaptation Factor	50%	ECC Report 302: 50% (high) FCC Study: 45%
無線アクティビティ要因 RF Activity Factor	2%	ECC Report 302/316: 1.97% FCC Study= 0.44 %

結果を以下に示す。LPI のみの想定においても、電波天文側のアンテナパターンとして無指向性アンテナ、指向性アンテナ (SA.509) 共に干渉基準をほぼ 100% の時間率で超え、所要改善量は 50dB 以上となった。

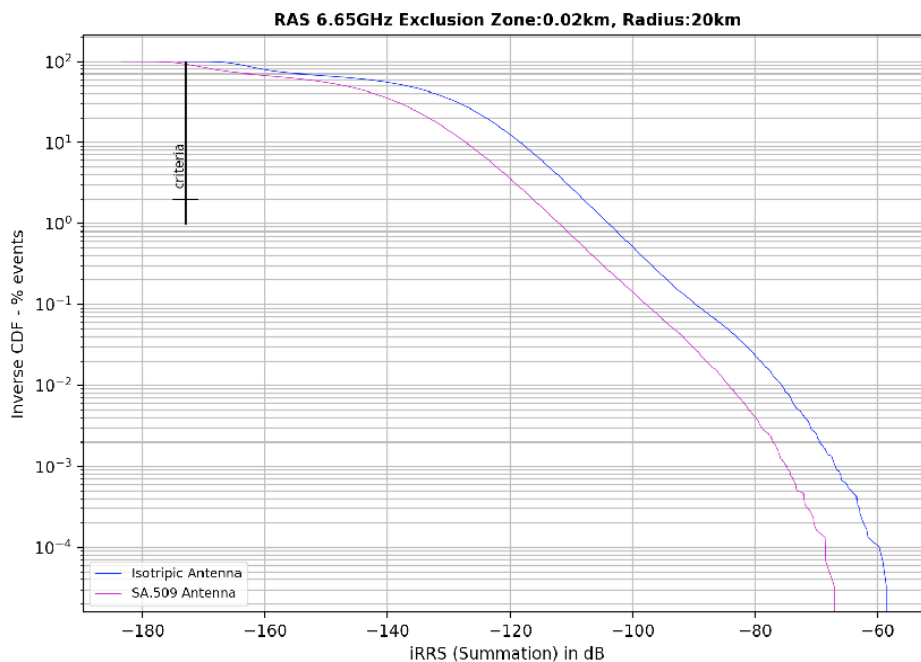


図 6.3-91 アグリゲーションの結果

6.3.6.3. 電波天文との共用検討のまとめ

無線 LAN を LPI (Low Power Indoor)、帯域外運用としてそれぞれ周波数共用、両立性検討を行ったところ、検討対象とした和歌山局のような市街地に位置する局との共用・両立は難しく、潜在的な干渉レベルが干渉許容値を超える結果となることが分かった。

干渉電力の緩和要素・措置として、電波天文の運用帯域に対して 20 MHz ずつのガードバンド (GB: 6630 - 6650 MHz、6675.2 - 6695.2 MHz) を設け、LPI、VLP モードに電波天文の運用帯域およびガードバンドを含む無線 LAN のチャンネルの運用を禁止することが適切である。同周波数帯を含む広帯域の無線 LAN チャンネルも運用が制限される。図 6.3-92 に 6GHz 帯無線 LAN システムの周波数チャンネル配置の中で使用不可能となるチャンネルを示す。



図 6.3-92 電波天文の保護のための使用禁止チャンネル

6.3.7. 6GHz 無線 LAN の運用条件と筐体条件

LPI モードや VLP モードの 6GHz 帯無線 LAN は、既存無線システムに有害な干渉を生じさせることのないよう、運用面において最大限の配慮が必要である。

5.2GHz 帯無線 LAN システムは移動衛星システムと周波数を共有するため、登録局で運用をする場合を除いて屋内限定での運用となっている。5.2GHz 帯無線 LAN と移動衛星システムとの共用検討では衛星通信システムへのアグリゲート干渉が問題となり、一定の干渉量までは無線 LAN が屋外で利用されても衛星システムが共用可能との結論が得られている。

また、5.3 GHz 帯無線 LAN システムも同様に屋内限定での運用となっているが、周波数共用の相手方は気象レーダーであり、無線 LAN 親局に DFS を搭載することで干渉を回避する仕組みが導入されている。このように、周波数共用の相手によって既存の無線 LAN の運用条件は異なっている。

6 GHz 帯では DFS などの干渉回避をする仕組みが適用できないため、共用検討におけるシングルエントリーやモンテカルロシミュレーションで前提としている屋内のみの運用や e. i. r. p. の上限をより厳密に守る必要がある。特に、固定マイクロ回線との周波数共用の検討にあたって、ビル等の屋内設置の無線 LAN から屋外に漏れ出す電波による影響を考慮し、屋内利用においてアンテナ利得を規定値

以上に設定されることのないように、また屋外に持ち出して利用されないように、諸外国での無線 LAN の運用実態や制度面を参考に 6GHz 帯無線 LAN の運用に関しては厳格に規定することとした。

既に 6GHz 帯を無線 LAN に開放している米国では、LPI モードの無線 LAN 親局に対しバッテリー駆動の禁止、全天候への非対応が要求されている¹⁰。欧州については ETSI 標準¹¹によりバッテリー駆動での運用が禁止されている。また、LPI モードの無線 LAN 親局の空中線については欧米ともに容易に取り外せない構造で、外部アンテナを接続できるような機能を持たせないことが要求されている。

以上を鑑み、我が国における 6GHz 帯無線 LAN の運用に関して、以下の制限を課すことが考えられる。

(1) 屋内限定の運用条件

- バッテリー駆動の禁止

LPI モードの無線 LAN 親局がバッテリーで動作できる状態では、容易に移動させることが可能となる。電源ケーブルを接続して使用することによって、移動範囲に一定の制約を持たせる。

- 全天候への非対応

LPI モードの無線 LAN 親局に屋外で利用することを前提とした防塵、防水機能を持たせないことによって屋外に常設することを防ぐ。LPI モードの無線 LAN 親局が耐候性を持つ基準の目安として、IPX3 相当以上の防水性を持たせないこととする。

屋内利用限定の利用者の周知の方法については、既存のシステムと同様に無線 LAN 機器（親局、子局）に屋内利用限定である旨の表記（電磁的方法含む）を行うことが望ましい。

(2) 筐体の条件

LPI モードの無線 LAN 親局の筐体条件として、空中線は容易に取り外せない構造で、外部アンテナを接続できるような機能を持たせない。

VLP モードについては、マイナスゲインの空中線が利用されている場合に限り、空中線電力を増加して補うことが可能であるため、VLP モードの無線 LAN 親局の筐体条件に関しても、空中線は容易に取り外せない構造で、外部アンテナを接続できるような機能を持たせない。

無線 LAN 子局の運用に関しては、親局の制御のもとに行われる。このため親局の運用が十分に管理されていれば、そのカバレッジ内でのみで運用される子局に対しては 6GHz 特有の筐体条件を設ける必要はない。5GHz と同様に子局は空中線を除く変調部および高周波部は容易に開けられない条件とする。

¹⁰ https://apps.fcc.gov/kdb/GetAttachment.html?id=t6B09M024I9UWP10%2BDEuQ%3D%3D&desc=987594%20D01%20UNII%206GHz%20General%20Requirements%20v01r02&tracking_number=277034

¹¹ EN303687

6.3.8. SPモードの考察

6GHz 帯無線 LAN と既存無線システムとの共用にあたっては、高出力や屋外で利用する無線 LAN については既存無線システムの運用に有害な混信を生じさせることのないよう、予め既存無線システムの使用場所を把握し、十分な離隔距離を確保した後使用する必要がある。

6GHz 帯無線 LAN の屋外利用を促進するために、米国等で導入が計画されている AFC (Automated Frequency Coordination¹²) について調査し、我が国における導入可能性について考察した。

(1) AFC に求められる要件

AFC システムに登録された既存無線システムの無線局情報と、新たに利用予定の無線 LAN のアクセスポイント (AP¹³) の使用場所とを照らし合せて干渉計算を実施し、既存無線システムに有害な混信が生じない範囲で、無線 LAN の利用可能な周波数や周波数毎の最大送信電力値を算出し、AFC システムが無線 LAN AP に提供する必要がある。AFC をサポートする AP は、提供された周波数と送信電力で運用する。

(2) AFC システムの構成及び運用方法

AFC システムの主要機能及び無線 LAN と既存無線システムとの関係を、図 6.3-93 に示す。

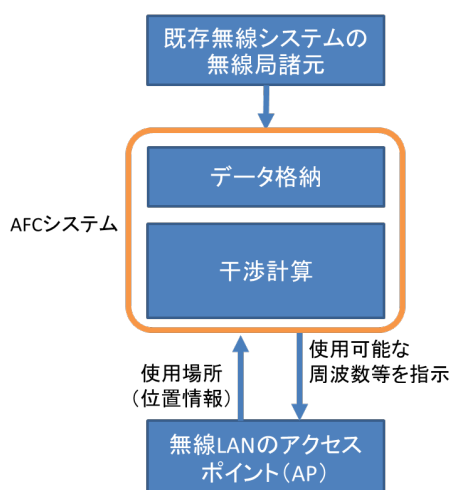


図 6.3-93 AFC システム構成図

以下に、米国において導入予定の AFC の運用方法について示す。

<AFC の運用方法>

- ・ SP (Standard Power) モードの AP (Access Point)、および固定端末の登録、認証、認可を行う。
- ・ ある場所で運用される SP モードの AP、および固定端末の運用 が停止されるまで、登録情報を安全なデータベースに保管する。3 か月間アクセスがない場合は登録情報を抹消する。

¹² Automated Frequency Coordination: データベースに保存された既存システムの技術諸元等を参照し、特定の場所での無線 LAN の使用可能な周波数と最大送信電力を決定する仕組み

¹³ 複数のアクセスポイントを制御する装置 (実装依存) が AFC をサポートする場合もあるが、本報告書ではそのケースも含めすべてアクセスポイントとして記載する。

- ・登録のあった場所で利用可能な周波数と周波数ごとの最大送信電力の情報を適切な伝搬モデルと許容干渉量を用いて決定し、AP に提供する。

【伝搬モデル】

30 m 以下：自由空間伝搬モデル

30 m ～1km 以下：WINNER II (with site specific information)

1km～：Irregular Terrain Model with clutter model

【AFC の位置特定】

SP モードの AP や固定デバイスは、内蔵、または安全に接続された外部装置により 95%の信頼度で位置情報を取得する機能を有する。

SP モードの AP や固定デバイスは電源起動時に、AFC に位置を報告する必要がある。

- ・AFC をサポートする AP は一日に 1 回、利用可能な周波数と周波数ごとの最大送信電力の情報を得るため AFC システムにアクセスを行う。
- ・AFC システムの運用者は 5 年間の認可期間をもつ。その後、それまでの運用実績を評価し再認可されることが可能である。

(3) AFC システムの導入に向けた課題等

我が国において、AFC システムの導入にあたっては、まだ全ての課題を洗い出せていないが、以下のような課題がある。

ア 技術面

AFC システムは、登録された既存無線システムの技術諸元や運用情報と、設置予定の無線 LAN AP の使用場所とを照らし合わせて干渉計算を実施するが、具体的には、データベース間の同期を不要とするため AFC システムを簡素化、シングルエントリーによる所要離隔距離の計算方法を確立し、また実運用時の既存無線システムの技術諸元を用いて干渉計算を行うことが望ましい。

なお、既存無線システムを過度に保護しようとして、シングルエントリーの最悪条件を積み重ねてしまうと、所要離隔距離が大きくなる値となり、無線 LAN AP の利用可能なエリアが限定的となってしまう、無線 LAN と既存無線システムとの周波数共用が進まない恐れがあるため十分な留意が必要である。

なお、屋内利用の場合においては、建物侵入損を考慮すべきである一方、AFC のデータベースにアクセスする際に位置情報のほか建物内にあることを担保する必要があり、これらの計算手法や仕組みについても検討が必要である。

イ 運用面

米国では FCC の認可を受けた者が、AFC システムの運用者としてデータベースを管理し、SP モードの AP に対して運用可能な周波数と最大送信電力を算出する。

我が国に AFC システムを導入する際には、運用者として国（総務省）又は国から認可を受けた企業・団体が行うかについて検討が必要である。また、AFC システムの運用や維持管理等に係る費用を誰が負担するかについても慎重な検討が必要である。

AFC システムが管理する既存無線システムの技術諸元や運用情報が外部に漏洩することのないよう保護するとともに、不正アクセス防止のためのセキュリティ対策を行う必要がある。

ウ 有害な干渉発生時の対応

既存の無線システムの運用者が、有害な干渉を検知した場合、どこに、どのような報告を行うか、またその報告を受けた AFC システムの運用者（国又は国から認可を受けた企業・団体等）が干渉源を特定し、迅速に有害な干渉を抑圧するための方策を検討する必要がある。

6.3.9. 既存システムから無線 LAN への干渉の扱いについて

無線 LAN は、利用する周波数が他のシステム、または他の無線 LAN によって使用されている可能性があることを前提に運用されている。このため閾値を超える干渉を受けた場合は送信を行わない、あるいはそのチャンネルを利用しないなどの措置が取られる。従って、既存システムが与干渉、無線 LAN が被干渉となるケースの検討は不要である。

6.3.10. 6GHz 帯の無線 LAN 以外の免許不要システムの扱いについて

本作業班においては、6GHz 帯無線 LAN の導入可能性について検討を行ってきたが、国際的には、IEEE802.11 標準に準拠した無線 LAN のみならず免許不要システムの導入に関して幅広く検討がなされている。

本作業班の検討においても、国際協調の観点から 6GHz 帯の周波数においては、無線 LAN に係る IEEE 802.11 の規定に特化せず、他の免許不要システムにも適用可能な技術的条件を検討すべき（技術ニュートラル）との意見があり、また、令和 3 年 6 月に実施した「無線 LAN 高度化利用に係る技術的条件」に関する提案募集の結果を踏まえ、以下のとおり対応することとする。

(1) NR-U (Unlicensed) (5925-7125MHz 帯)

令和 3 年 6 月の「無線 LAN 高度化利用に係る技術的条件」に関する提案募集において、NR-U の提案がなされた。

NR-U は、2020 年に 3GPP において標準化が完了し、3GPP リリース 16 において免許不要帯域を用いる 5G 仕様として規格が策定された。NR-U の適用周波数帯は 5GHz 帯 (5150-5925MHz) 及び 6GHz 帯 (5925-7125MHz) の 2 つであり、5150 - 5925MHz では CA (Carrier Aggregation: 複数のチャンネルを束ねて通信するモード) の仕様も一部完了 (最大 220MHz)、5925 - 7125MHz では CA の仕様が議論中¹⁴となっている。いずれのバンドでも CA 無しで最大 80MHz での通信が可能となっている。

NR-U は、キャリアセンスにより他の NR-U や無線 LAN システムとの共存を実現し、IEEE802.11 と同等の技術条件になるように設計されており、本報告書で規定する無線 LAN の技術条件が IEEE802.11 規格を包含する場合には、NR-U も当該技術条件を満たすこととなる。

(2) 狭帯域無線 (Narrow Band) システム (5925-6425MHz 帯)

作業班第 3 回会合において、「欧州では、5925-6425MHz 帯において無線 LAN や無線アクセスシステムの利用に加え、帯域幅 20MHz 以下でホッピング動作する狭

¹⁴ 2022 年 1 月現在の状況

帯域無線（Narrow Band¹⁵：以下「NB」という。）システムについて割当てを行うこととしている [29]。ETSI で無線 LAN のワイドバンドシステムと当該 NB システムとの共存方法について検討が行われている。」との紹介がなされた。

また、令和 3 年 11 月に策定の周波数再編アクションプラン（令和 3 年度版）に関する意見提出において、国内外のメーカー等から欧州の動向を踏まえ、我が国の 6GHz 帯の検討において NB システムを含めるよう要望が寄せられた。

NB システムに関しては、利用ニーズの把握を行い、ETSI の検討状況等を注視しつつ、必要に応じて、無線 LAN システム等、他の免許不要システムとの共用方法など技術的条件に関する検討を進めていくことが適当である。

6. 4. 周波数共用検討結果のまとめ

以上の検討を踏まえ、LPI モード及び VLP モードの無線 LAN システムと他システムの共用検討結果を以下にまとめる。

なお、SP モードの無線 LAN システムに関しては、共用検討対象の全ての周波数において、固定衛星を除く共用相手方に対して十分な検討がなされておらず、共用可否について結論が出せなかった。

(1) 電気通信業務用固定局 (5925～6425MHz、6425～6570、6570～6870MHz、6870～7125MHz)

シングルエントリーによる検討の結果、固定通信回線の見通し内で無線 LAN と正対する最悪条件下での必要離隔距離は 42～46km 程度となるが、固定通信のルート内に無線 LAN が存在する可能性は低いものと考えられる。一方、無線 LAN との正対位置がずれた場合には、必要離隔距離は 0.6km 以下となり、固定通信のルート付近での無線 LAN 運用に留意が必要である。

アグリゲートモデルによる検討の結果、電波法関係審査基準のアンテナパターンでは干渉許容基準を満足できないものの、実運用アンテナのパターンに近い ITU-R F. 1245 のアンテナパターンでは、長時間干渉基準及び短時間干渉基準をそれぞれ満足することを確認した。

また、LPI モード及び VLP モードを想定したアグリゲートモデルで計算された C/I カーブに基づき、回線瞬断率による干渉検討を行った結果、無線 LAN から既存の固定通信回線に対して有害な干渉を及ぼす恐れはないことを確認した。

以上のことから、無線 LAN と電気通信業務用固定局との共用は可能と考えられる。

(2) 公共・一般業務用固定局 (6570～6870MHz)

シングルエントリーによる検討の結果、 $I/N=-10\text{dB}$ を基準とした場合、電波法関係審査基準と ITU-R F. 1245 のアンテナパターンにおいて、見通し内で正対する最悪条件下での必要離隔距離は 42～47km 程度になったが、与干渉機器が正対する位置がずれると必要離隔距離は大きく減少し、最短では 0.64km 以下となった。

アグリゲートモデルによる検討の結果、 $I/N=-10\text{dB}$ を基準とした場合、電波法関係審査基準のアンテナパターンでは概ね基準を満足できないものの、ITU-R

¹⁵ Narrow Band: 帯域幅 20MHz 以下でホッピング動作するものは最大 PSD: 10dBm/MHz まで許容 (e. i. r. p. は 14dBm)

F. 1245 のアンテナパターンでは、 $I/N=-10\text{dB}$ 条件下で、長時間干渉基準及び短時間干渉基準をそれぞれ満足することを確認した。

LPI モード及び VLP モードを想定し、実回線情報を使った回線瞬断率による干渉検討を行った結果、電波法関係審査基準のアンテナパターンでは回線瞬断率の基準を満足する回線と満足しない回線があり、また ITU-R F. 1245 のアンテナパターンでは基準を満足する回線が多かった。

以上の検討を踏まえた結果、公共・一般業務用固定局の既存免許人から設置条件によっては定常的に干渉を受ける可能性があり、共用可能であるか判断しきれないとの意見があり、現時点において、周波数共用に関して双方の合意点を見出すことは出来なかった。

今後は、実アンテナパターンや回線の位置情報等を活用してアグリゲートモデルについて、引き続き検討するとともに、フィールド実証試験等の活用による検証手法等の検討が必要である。

(3) 衛星通信システム (5925~6425MHz)

LPI モード及び VLP モードを想定したアグリゲートモデルで干渉検討を行った結果、 $I/N=-13.5\text{dB}$ の干渉許容基準を満足することを確認した。

また、SP モードを想定した場合も同様に、 $I/N=-13.5\text{dB}$ の干渉許容基準を満足し、無線 LAN が仰角に応じた電力制限を行うことにより衛星通信システムへの影響を軽減できることを確認した。

以上のことから、5925~6425MHz 帯における無線 LAN と衛星通信システムとの共用は可能と考えられる。

(4) 放送番組中継システム (6425~7125MHz)

シングルエントリーによる検討の結果、 $I/N=-10\text{dB}$ を基準とした場合、実使用アンテナにおいて、クラッタ損失が 0dB で人体損失が 0dB のときに必要離隔距離が $30\text{--}80\text{km}$ 、所要改善量が $30\text{--}60\text{dB}$ となった。クラッタ損失や人体損失を加味すると大きく改善された。

アグリゲートモデルによる検討の結果、 $I/N=-10\text{dB}$ 、長時間干渉基準 20% の参考値を基準とした場合、多くの条件で、電波法関係審査基準のアンテナパターンでは参考値を上回る結果となり、ITU-R F. 1245 のアンテナパターンでは参考値を下回り、基準を満足する結果となった。

放送事業者からは、シングルエントリーによる干渉検討で所要離隔距離及び所要改善量に大きな値が必要であり、実在する複数の固定回線をモデルとしたシングルエントリーの干渉検討においても所要改善量が残ることから、共用は困難との見解が示された。なお、放送番組中継システムの伝送遮断は短時間であっても放送中止事故や不体裁に直結することから、放送事業者は干渉評価に時間率を考慮しないシングルエントリーに由来から依拠しており、アグリゲートモデルによる干渉検討はあくまで参考として確認するとの見解である。

無線 LAN 事業者からは、LPI モードに限定することにより、実アンテナに近い ITU-R F. 1245 アンテナや実運用の条件を用いた検討により、固定システムにおいては共用可能性があるとの見解が示された。

現時点において、周波数共用に関して双方の合意点を見出すことは出来なかった。

今後は、放送番組中継システムに対する周波数共用検討手法として、アグリゲートモデルの有効性を深掘りするため、フィールド実証試験等の活用による検証手法等の検討が必要である。

(5) 電波天文 (6650~6675.2MHz)

電波天文と無線 LAN との周波数共用検討の結果、潜在的な干渉レベルが干渉許容値を超えることとなり、電波天文と無線 LAN との共用は困難であることが判明した。

干渉電力の緩和要素・措置として、電波天文の運用帯域に対して 20 MHz ずつのガードバンド(GB: 6630 - 6650 MHz、6675.2- 6695.2 MHz)を設け、LPI、VLP モードに電波天文の運用帯域およびガードバンドを含む無線 LAN のチャンネルの運用を禁止することが適当である。

第 7 章 6GHz 帯無線 LAN システムの技術的条件

7.1. 一般的条件

7.1.1. 無線周波数帯

6GHz無線LANシステムの導入に際しては、IEEE802.11axにおいて標準化が進められている技術方式を前提とし、欧州、米国を始めとする諸外国で、無線LANが6GHz帯に割り当てられていること、及び前章での共用検討結果を踏まえ、無線周波数帯は、5925～6425MHzとすることが適当である。

表 7.1-1 6GHz 帯無線 LAN システムが使用する帯域

システム種別	周波数帯の呼称	周波数帯
6GHz帯無線LANシステム	6GHz帯	5925～6425MHz

7.1.2. 周波数チャンネル配置

周波数チャンネル配置は、以下のとおりとすることが適当である。この場合、1チャンネルあたりの帯域幅を最大で160MHzとする。

表 7.1-2 6GHz 帯無線 LAN システムの周波数チャンネル配置

占有周波数帯幅	中心周波数	チャンネル数
20MHz以下の場合	5955～6415MHz間の20MHz毎	24
20MHzを超え40MHz以下の場合	5965～6405MHz間の40MHz毎	12
40MHzを超え80MHz以下の場合	5985～6385MHz間の80MHz毎	6
80MHzを超え160MHz以下の場合	6025MHz, 6185MHz, 6345MHz	3

※5935MHzを中心周波数とする20MHzの帯域は隣接帯域からの干渉回避に利用する。

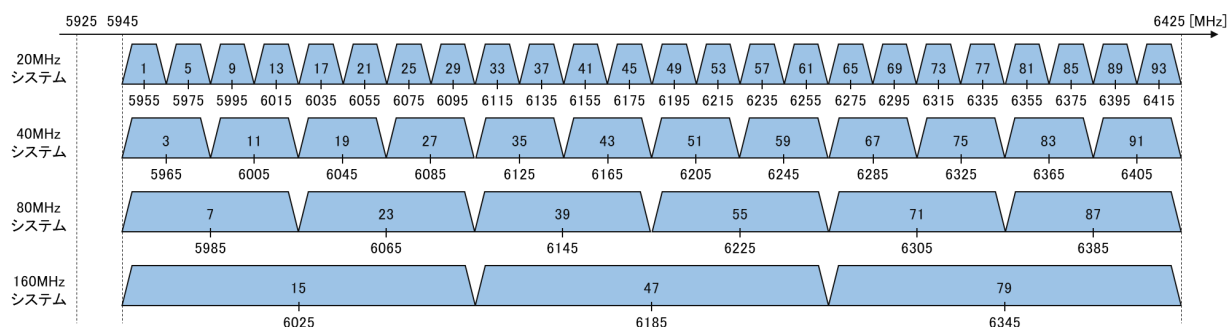


図 7.1-1 6GHz帯無線LANシステムの周波数チャンネル配置

7.1.3. 周波数チャンネル使用順位等

LPI モードにおける周波数チャンネルの使用順位については、無線 LAN がキャリアアセスによる周波数を共用するシステムであり、また、機器製造の柔軟性を確

保する必要があることも考慮すると、メーカーや運用者が個別に対応することが適当であると考えられるため、特段規定しないことが適当である。

VLPモードにおける周波数チャンネルの使用順位については、無線LAN端末が5.9 GHz ITSシステム¹⁶を搭載した車両内で使用される可能性があることを考慮し、6000 MHz以上での使用を優先することが望ましい。

7.1.4. 周波数の使用条件

アクセスポイントが設置される条件下において、第6章に示される電気通信用マイクロ回線、衛星通信システムとの周波数共用条件に従い、LPIモードにおける最大 e. i. r. p. は200mW以下とし、VLPモードにおける最大 e. i. r. p. は25mW以下とすることが適当である。

LPIモードについては、周波数の使用を屋内に限ることが適当である。また、親局はLPIモードで運用される場合において、屋内運用に限定するために、以下の実装を満たすことが適当である。

- 空中線は容易に取り外せない構造で、外部アンテナを接続できるような機能を持たない。
- 耐候性¹⁷を持たせない。
- バッテリー駆動にしない。
- 屋内限定の表記をする（電磁的方法含む）。

LPIモードでの子局の運用については、以下の実装を満たすことが適当である。

- 空中線を除く変調部および高周波部は容易に開けられない。
- 屋内限定の表記をする（電磁的方法含む）。

VLPモードでの親局の運用については、以下の実装を満たすことが適当である。

- 空中線は容易に取り外せない構造で、外部アンテナを接続できるような機能を持たない。

VLPモードでの子局の運用については、以下の実装を満たすことが適当である。

- 空中線を除く変調部および高周波部は容易に開けられない。

7.1.5. 伝送速度（周波数利用効率）

伝送速度は、表 7.1-3 のとおりとすることが適当である。

¹⁶ 5.9 GHz の ITS システムへの割当ては、国際的には既に行われている地域もあり、国内においても検討中である。

¹⁷ 耐候性は、IPX3 相当以上の耐水性を持たせないことを目安とする。。

表 7.1-3 6GHz 帯無線 LAN システムの伝送速度

占有帯域幅	伝送速度
20MHz 以下	20Mbps 以上
20MHz を超え 40MHz 以下	40Mbps 以上
40MHz を超え 80MHz 以下	80Mbps 以上
80MHz を超え 160MHz 以下	160Mbps 以上

7.1.6. 通信方式

通信方式は、現行どおり、単向通信方式、単信方式、同報通信方式、半複信方式又は複信方式とすることが適当である。

7.1.7. 接続方式

接続方式は、現行どおり、各 20MHz チャンネルを基本とした送信権の獲得を公平にし、共存を実現できることが適当である。

7.1.8. 変調方式

変調方式は、直交周波数分割多重 (OFDM : Orthogonal Frequency Division Multiplex) 方式とすることが適当である。

なお、1MHz の帯域幅あたりの搬送波の数が 1 以上であることとする。

7.1.9. 監視制御機能システム設計上の条件

監視制御機能システム設計上の条件は、以下とすることが適当である。

ア. 誤り訂正機能

回線の信頼性の向上のためには一般的に具備することが望ましいが、再送制御による高レイヤでの品質向上を図るには、伝搬距離が短い場合で誤り訂正符号を使用しなくともサービスに必要な回線の信頼度が得られる場合、アプリケーションによっては高速性を優先するため誤り訂正における符号化率を最小限にする場合等があることから、運用の柔軟性を確保するためにも誤り訂正符号を義務づけないことが適当である。

イ. 監視制御機能

監視制御のための補助信号は、無線主信号に内挿して伝送するものとし、特殊なキャリア又は変調等を使用しないものであることが適当である。

ウ. システム設計上の条件

違法使用を防止する対策のため、本システムが情報処理機器に組み込まれて利用される場合を考慮して、送信装置の主要な部分 (空中線系を除く高周波部及び変調部) を容易に開けることができない構造とすることが適当である。

エ. 子局の制御

親局により子局の周波数チャンネル選択及び送信電力を制御することが適当である。

オ. 同一システム間の共用方策

6GHz 帯無線 LAN システム間の共用方策に関しては、キャリアセンスレベル等について、5GHz 帯の小電力データ通信システム間の共用策と同様とすることが適当である。

7.2. 無線設備の技術的条件

7.2.1. 送信装置

ア. 周波数の許容偏差

周波数の許容偏差は、 $\pm 20\text{ppm}$ 以下とすることが適当である。

イ. 占有周波数帯幅の許容値

占有周波数帯幅の許容値は、表 7.2-1 のとおりとすることが適当である。

表 7.2-1 6GHz 帯無線 LAN システム

占有周波数帯幅	占有周波数帯幅の許容値
20MHz 以下	20MHz
20MHz を超え 40MHz 以下	40MHz
40MHz を超え 80MHz 以下	80MHz
80MHz を超え 160MHz 以下	160MHz

ウ. 空中線電力

空中線電力は表 7.2-2 のとおりとすることが適当である。なお、空中線利得が 0dBi を下回る場合においては、e. i. r. p. が下記オ. 等価等方輻射電力の項で表記する最大等価等方輻射電力以下となる範囲で空中線電力をもって補うことができる。

表 7.2-2 6GHz 帯無線 LAN システムの空中線電力

占有周波数帯幅	空中線電力 (LPI モード)	空中線電力 (VLP モード)
20MHz 以下	10 mW/MHz 以下	1.25 mW/MHz 以下
20MHz を超え 40MHz 以下	5 mW/MHz 以下	0.625 mW/MHz 以下
40MHz を超え 80MHz 以下	2.5 mW/MHz 以下	0.3125 mW/MHz 以下
80MHz を超え 160MHz 以下	1.25 mW/MHz 以下	0.15625 mW/MHz 以下

エ. 空中線電力の許容偏差

空中線電力の許容偏差は、上限+20%。下限-80%とすることが適当である。

オ. 等価等方輻射電力

等価等方輻射電力については、表 7.2-3 のとおりとすることが適当である。

表 7.2-3 6GHz 帯無線 LAN システムの等価等方輻射電力

占有周波数帯幅	等価等方輻射電力 (LPI モード)	等価等方輻射電力 (VLP モード)
20MHz 以下	10 mW/MHz 以下	1.25 mW/MHz 以下
20MHz を超え 40MHz 以下	5 mW/MHz 以下	0.625 mW/MHz 以下
40MHz を超え 80MHz 以下	2.5 mW/MHz 以下	0.3125 mW/MHz 以下
80MHz を超え 160MHz 以下	1.25 mW/MHz 以下	0.15625 mW/MHz 以下

カ. 送信空中線

1) 送信空中線利得

送信空中線利得は、規定しないことが適当である。e. i. r. p. が最大空中線電力以下の場合には、その低下分を空中線利得で補うことができるものとする。また、空中線利得が 0dBi を下回る場合においては、最大 e. i. r. p. 以下となる範囲で空中線電力をもって補うことができるものとし、その最大値は 200mW とする。

2) 送信空中線の主輻射の角度の幅

送信空中線の主輻射の角度の幅は、規定しないことが適当である。

キ. 隣接チャネル漏えい電力等

隣接チャネル漏えい電力は、表 7.2-4 のとおりとすることが適当である。

表 7.2-4 6GHz 帯無線 LAN システムの隣接チャネル漏えい電力

占有周波数帯幅	隣接チャネル漏えい電力
20MHz 以下	搬送波の周波数から 20MHz 及び 40MHz 離れた周波数の $\pm 10\text{MHz}$ の帯域内に輻射される平均電力が、搬送波の平均電力よりそれぞれ 25dB 及び 40dB 以上低い値
20MHz を超え 40MHz 以下	搬送波の周波数から 40MHz 及び 80MHz 離れた周波数の $\pm 20\text{MHz}$ の帯域内に輻射される平均電力が、搬送波の平均電力よりそれぞれ 25dB 及び 40dB 以上低い値
40MHz を超え 80MHz 以下	搬送波の周波数から 80MHz 及び 160MHz 離れた周波数の $\pm 40\text{MHz}$ の帯域内に輻射される平均電力が、搬送波の平均電力よりそれぞれ 25dB 及び 40dB 以上低い値
80MHz を超え 160MHz 以下	搬送波の周波数から 160MHz 及び 320MHz 離れた周波数の $\pm 80\text{MHz}$ の帯域内に輻射される平均電力が、搬送波の平均電力よりそれぞれ 25dB 及び 40dB 以上低い値

ク. 周波数チャネル当たりのスペクトラム特性

周波数チャネル当たりのスペクトラム特性は、無線 LAN の帯域内では隣接チャネル漏えい電力で規定されているため、周波数チャネル当たりのスペクトラムマスクは規定しないものとする。

ケ. 不要輻射の強度

スプリアス領域および帯域外領域における不要発射の強度の許容値は、以下のとおりとすることが適当である。

1) 帯域外領域

表 7.2-5 6GHz 帯無線 LAN システムの帯域外領域

占有周波数帯幅	帯域外領域
20MHz 以下	5925MHz 未満及び 6425MHz 以上
20MHz を超え 40MHz 以下	5925MHz 未満及び 6425MHz 以上
40MHz を超え 80MHz 以下	5925MHz 未満及び 6425MHz 以上
80MHz を超え 160MHz 以下	5925MHz 未満及び 6425MHz 以上

2) 不要発射の強度の許容値

6GHz 帯無線 LAN システムの不要発射の強度の許容値については、以下のとおりとすることが適当である。

表 7.2-6 6GHz 帯無線 LAN システムの不要発射の強度の許容値

(LPI モード)

占有周波数帯域	基準チャンネル	周波数帯	不要発射の強度の許容値 (任意の1MHzの帯域幅における等価等方輻射電力)	基準チャンネルからの差の周波数(f)
20MHz 以下	5955MHz	5925MHz 以下	2 μ W 以下	30MHz 以上
	6415MHz	6425MHz 以上 6435.9MHz 未満	50 μ W 以下	10MHz 以上 25.9MHz 未満
		6435.9MHz 以上	12.5 μ W 以下	25.9MHz 以上
20MHz 超え 40MHz 以下	5965MHz	5925MHz 以下	2 μ W 以下	40MHz 以上
	6405MHz	6425MHz 以上 6440.1MHz 未満	50 μ W 以下	20MHz 以上 35.1MHz 未満
		6440.1MHz 以上	12.5 μ W 以下	35.1MHz 以上
40MHz 超え 80MHz 以下	5985MHz	5925MHz 以下	2 μ W 以下	60MHz 以上
	6385MHz	6425MHz 以上 6440.4MHz 未満	50 μ W 以下	40MHz 以上 55.4MHz 未満
		6440.4MHz 以上	12.5 μ W 以下	55.4MHz 以上
80MHz を超え 160MHz 以下	6025MHz	5925MHz 以下	2 μ W 以下	100MHz 以上
	6345MHz	6425MHz 以上 6425.5MHz 未満	50 μ W 以下	80MHz 以上 80.5MHz 未満
		6425.5MHz 以上	12.5 μ W 以下	80.5MHz 以上

(VLP モード)

占有周波数帯域	基準チャンネル	周波数帯	不要発射の強度の許容値 (任意の1MHzの帯域幅における等価等方輻射電力)	基準チャンネルからの差の周波数(f)
20MHz 以下	5955MHz	5925MHz 以下	0.2 μ W 以下	30MHz 以上
	6415MHz	6425MHz 以上 6425.5MHz 未満	50 μ W 以下	10MHz 以上 10.5MHz 未満
		6425.5MHz 以上	12.5 μ W 以下	10.5MHz 以上
20MHz 超え 40MHz 以下	5965MHz	5925MHz 以下	0.2 μ W 以下	40MHz 以上
	6405MHz	6425MHz 以上 6425.4MHz 未満	50 μ W 以下	20MHz 以上 20.4MHz 未満
		6425.4MHz 以上	12.5 μ W 以下	20.4MHz 以上
40MHz 超え 80MHz 以下	5985MHz	5925MHz 以下	0.2 μ W 以下	60MHz 以上
	6385MHz	6425MHz 以上 6425.2MHz 未満	50 μ W 以下	40MHz 以上 40.2MHz 未満
		6425.2MHz 以上	12.5 μ W 以下	40.2MHz 以上
80MHz を超え 160MHz 以下	6025MHz	5925MHz 以下	0.2 μ W 以下	100MHz 以上
	6345MHz	6425MHz 以上 6425.1MHz 未満	50 μ W 以下	80MHz 以上 80.1MHz 未満
		6425.1MHz 以上	12.5 μ W 以下	80.1MHz 以上

コ. 帯域外漏えい電力

帯域外漏えい電力は、スプリアス領域および帯域外領域における不要発射の強度の許容値で規定されているため、規定しないものとする。

7.2.2. 受信装置

受信装置は、以下のとおりとすることが適当である。

ア. 副次的に発射する電波等の限度

副次的に発射する電波の強度は、1GHz 未満の周波数において 4nW 以下、1GHz 以上の周波数において 20nW 以下とする。

イ. 受信感度

受信感度は特段規定しないこととする。

ウ. 受信空中線特性

受信空中線特性は、無線機器製造の柔軟性を確保するため、特段規定しないことが適当である。なお、送信空中線特性と等価であることが望ましい。

7.2.3. 電気通信回線設備との接続

電気通信回線設備との接続は、識別符号を利用し、符号長は 19 ビット以上であること。また、システム設計条件（送信バースト長は 8ms 以下とすること、キャリアセンスを行うこと等）に適合すること。

7.2.4. 混信防止機能等

混信防止機能等は、以下のとおりとすることが適当である。

- 1) 混信防止機能は、識別符号を自動的に送信し、又は受信する機能を有すること。
- 2) バースト状の断続的なデータ送信を基本とすることが適当であり、送信バースト長は 8ms 以下とすること。
- 3) 無線設備は、新たな送信に先立ち、キャリアセンスによる干渉確認を実行した後、送信を開始すること。ただし、この新たな送信を行う無線設備を主とし、主局のキャリアセンスによる判断に従い送信を行う無線設備を従として、主及び従の相互間でこのキャリアセンスを起点として行われる通信に関しては、最大 8ms の間、主と従の無線設備におけるキャリアセンスは省略できるものとする。
- 4) キャリアセンスは、受信空中線の最大利得方向における電界強度が 100 mV/m 以上であることをもって、干渉を検出したチャンネルと同一のチャンネルでの電波の発射を停止させるものであること。

7.2.5. 電波防護指針

安全な電波利用の一層の徹底を図るため、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）により安全基準が規定されている。従来の小電力データ通信システムと同等であり、人体に与える影響は問題ないと考えられる。

7.2.6. 測定法

5.2GHz帯小電力データ通信システムと同様に、空中線測定端子あり（試験用端子を含む）のある無線設備と、空中線測定端子なし（アンテナ一体型）の無線設備の測定法の概要を示したものである。

7.2.6.1. 親局及び子局

複数の送受信空中線（複数の送信増幅部を有するもの）を有する単一の送受信装置の場合においては、以下のとおりとすることが適当である。

ア. 送信装置

(1) 周波数の偏差

① 空中線測定端子付きの場合

各空中線測定端子にて、無変調波（搬送波）を送信した状態で、周波数計を用いて平均値（バースト波にあってはバースト内の平均値）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こと。

② 空中線測定端子無しの場合

ア. 空中線ごとに測定する場合

周波数計をRF結合器又は空中線で結合し、①と同様にして測定することが適当である。

イ. 空中線ごとに測定することが困難な場合

ア.と同様にして測定することが適当である。

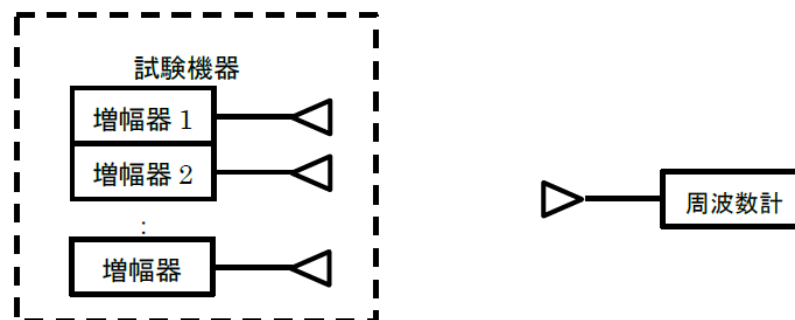


図 7.2-1 占有周波数帯幅測定系統図（空中線端子なしの場合）

(2) 占有周波数帯幅

② 空中線測定端子付きの場合

各空中線測定端子にて、標準符号化試験信号（符号長 511 ビット 2 値疑似雑音系列等。以下同じ。）を入力信号として加え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分析器等により測定し、併せて、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し、上限周波数から下限周波数を減じた周波数幅を占有周波数帯幅とすることが適当である。

② 空中線測定端子無しの場合

7. 空中線ごとに測定する場合

適当な RF 結合器又は空中線で結合し、①と同様にして測定することが適当である。

1. 空中線ごとに測定することが困難な場合

7. と同様にして測定することが適当である。

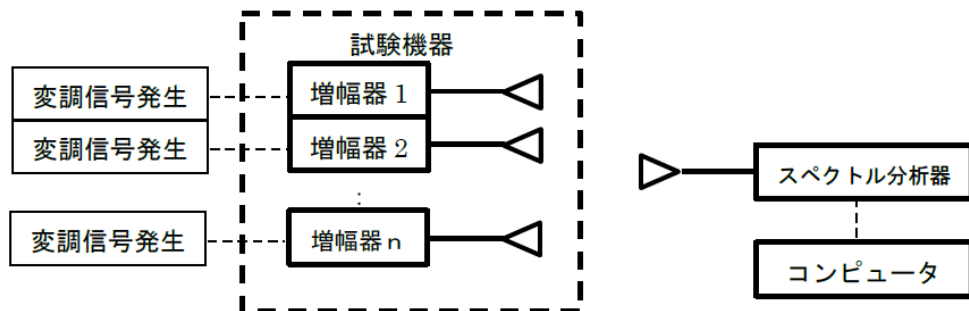


図 7.2-2 占有周波数帯幅測定系統図（空中線端子なしの場合）

(3) 空中線電力の偏差

① 空中線測定端子付きの場合

各空中線測定端子にて、標準符号化試験信号を入力信号端子に加えたときの平均電力をスペクトル分析器、高周波電力計等を用いて測定し、それぞれの空中線端子にて測定した測定値の総和を空中線電力とすること。この場合において、スペクトル分析器の分解能帯域幅を 1MHz とし、その帯域幅における平均電力が最大となる周波数において平均電力を測定すること。また、連続送信波により測定することが望ましいが、パースト送信波にて測定する場合は、送信時間率が最大となるパースト繰り返し周期よりも十分長い期間における平均電力を測定し、その測定値に最大の送信時間率の逆数を乗じて平均電力とすることが適当である。

② 空中線測定端子無しの場合

7. 空中線ごとに測定する場合

測定距離 3m 以上の電波暗室又は地面反射波を抑圧したテストサイトにおいて供試機器と同型式の機器を使用して校正された RF 結合器を用い、その他の条件は①と同様にして測定すること。この場合において、テストサイトの測定用空中線は、指向性のものを用いること。また、被測定対象機器が大きい場合は、遠方界条件を考慮のうえ測定距離を延ばすことが適当である。

イ. 空中線ごとに測定することが困難な場合

ア. と同様にして測定することが適当である。

ただし、複数の空中線の間隔のうち、最も離れる間隔が 13cm（不要発射の強度の測定の最高周波数（26GHz）において遠方界条件を満たす空中線間隔）を超える場合、空中線の種類及び利得が異なる場合においては、ア. を適用しないこと。

この場合においては、供試機器の空中線配置の中心を放射中心と仮定して測定し、偏波面が同一でない場合は、直交する偏波面についてそれぞれ測定した値の加算値を空中線電力とすること。

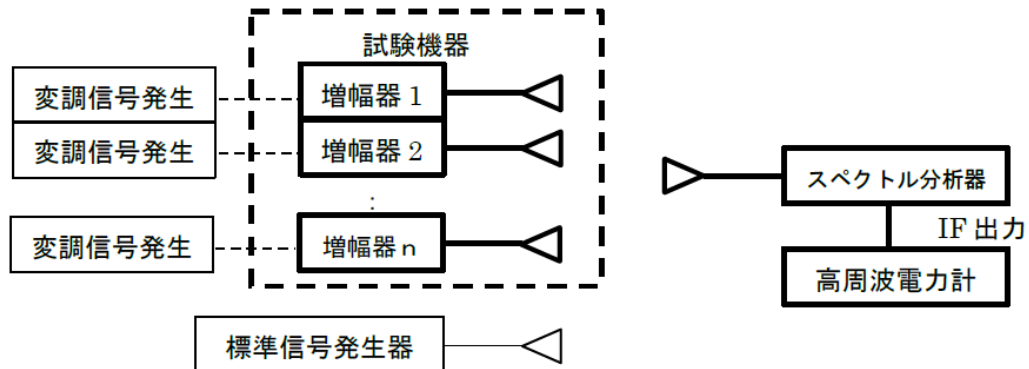


図 7.2-3 空中線電力測定系統図（空中線端子なしの場合）

(4) 隣接チャネル漏えい電力等

① 空中線測定端子付きの場合

各空中線端子にて、標準符号化試験信号を入力信号とし、パースト波にあっては、規定の隣接及び次隣接チャネル帯域内の電力をスペクトル分析器等を用いて、掃引速度が1サンプル点あたり1個以上のパーストが入るようにし、ピーク検波、マックスホールドモードで測定し、それぞれの測定値の総和を隣接及び次隣接チャネル漏えい電力とすること。連続波にあっては、電力測定受信機又はスペクトル分析器を用いて規定の隣接及び次隣接チャネル帯域の電力を測定し、それぞれの測定値の総和を隣接及び次隣接チャネル漏えい電力とすることが適当である。

② 空中線測定端子無しの場合

ア. 空中線ごとに測定する場合

測定距離 3m 以上の電波暗室又は地面反射波を抑圧したテストサイトにおいて供試機器と同型式の機器を使用して校正された結合器を用い、その他の条件は①と同様にして測定すること。この場合において、テストサイトの測定用空中線は、指向性のものを用いること。また、被測定対象機器が大きい場合は、遠方界条件を考慮のうえ測定距離を延ばすことが適当である。

イ. 空中線ごとに測定することが困難な場合

ア. と同様にして測定することが適当である。

ただし、複数の空中線の間隔のうち、最も離れる間隔が 13cm を超える場合、空中線の種類及び利得が異なる場合においては、ア. を適用しないこと。この場合においては、①と同様にして測定すること。また、偏波面が同一で

ない場合は、直交する偏波面についてそれぞれ測定した値の加算値を空中線電力とすること。

(5) 帯域外領域における不要発射の強度

① 空中線測定端子付きの場合

各空中線端子にて、標準符号化試験信号を入力信号として加えたときの不要発射の平均電力（バースト波にあつてはバースト内の平均電力）をスペクトル分析器等を用いて測定し、それぞれの測定値の総和を不要発射の強度とすること。この場合において、スペクトル分析器の分解能帯域幅は、1MHzに設定することが適当である。また、測定値に測定する周波数帯における給電線損失を含む送信空中線利得を乗じて、e. i. r. p. を換算して求めるものとする。

② 空中線測定端子無しの場合

7. 空中線ごとに測定する場合

測定距離 3m 以上の電波暗室又は地面反射波を抑圧したテストサイトにおいて供試機器と同型式の機器を使用して校正された RF 結合器を用い、その他の条件は①と同様にして測定すること。この場合において、テストサイトの測定用空中線は指向性のものを用いること。また、被測定対象機器が大きい場合は、遠方界条件を考慮のうえ測定距離を延ばすことが適当である。

4. 空中線ごとに測定することが困難な場合

7. と同様にして測定することが適当である。

ただし、複数の空中線の間隔のうち、最も離れる間隔が 13cm を超える場合、空中線の種類及び利得が異なる場合においては、7. を適用しないこと。この場合においては、①と同様にして測定すること。また、偏波面が同一でない場合は、直交する偏波面についてそれぞれ測定した値の加算値を空中線電力とすること。

(6) スプリアス領域における不要発射の強度

スプリアス領域における不要発射の強度の測定は、以下のとおりとすることが適当である。この場合において、参照帯域幅は 1MHz とし、スプリアス領域における不要発射の強度の測定を行う周波数範囲については、可能な限り 9kHz から 110GHz までとすることが望ましい。ただし、当面の間は 30MHz から 26GHz までとすることができる。

① 空中線測定端子付きの場合

各空中線端子にて、標準符号化試験信号を入力信号として加えたときの不要発射の平均電力（バースト波にあつてはバースト内の平均電力）を、スペクトル分析器を用いて測定し、それぞれの測定値の総和を不要発射の強度とすること。この場合において、スペクトル分析器の分解能帯域幅は、1MHzに設定することが適当である。

② 空中線測定端子無しの場合

7. 空中線ごとに測定する場合

測定距離 3m 以上の電波暗室又は地面反射波を抑圧したテストサイトにおいて供試機器と同型式の機器を使用して校正された RF 結合器を用い、その他の条件は①と同様にして測定すること。この場合において、テストサイトの測定用空中線は、指向性のものを用いること。また、被測定対象機器が大きい場合は、遠方界条件を考慮のうえ測定距離を延ばすことが適当である。

4. 空中線ごとに測定することが困難な場合

7. と同様にして測定することが適当である。

ただし、複数の空中線の間隔のうち、最も離れる間隔が 13cm を超える場合、空中線の種類及び利得が異なる場合においては、7. を適用しないこと。この場合においては、供試機器の空中線配置の中心を放射中心と仮定して測定し、偏波面が同一でない場合は、直交する偏波面についてそれぞれ測定した値の加算値を空中線電力とすること。

イ. 受信装置

(1) 副次的に発する電波等の限度

各空中線端子にて、スペクトル分析器を用いて測定し、それぞれの測定値の総和を副次的に発する電波等の強度とすること。IEC Pub. 60489-3 に準ずること。この場合、スペクトル分析器の分解能帯域幅は、1MHz に設定することが適当である。なお、空中線端子がない場合は、スプリアス領域における不要発射の強度の測定法の空中線端子がない場合に準ずることが適当である。

(7) 混信防止機能

複数の送受信装置を有する無線設備については、一体となって機能する送信装置の総体を無線設備の単位とし、当該無線設備から送出される識別符号について、代表する信号入出力端子（送信装置にそれぞれ信号入出力端子のある場合においては代表する端子）における送受信を確認することが適当である。

(8) 送信バースト長

① 空中線測定端子付きの場合

各空中線端子を供試機器と同型式の機器を使用して校正された RF 結合器で結合し、全ての送信装置からの信号を合成して測定することが適当である。

② 空中線測定端子無しの場合

測定距離 3m 以上の電波暗室又は地面反射波を抑圧したテストサイトにおいて供試機器と同型式の機器を使用して校正された RF 結合器を用い、全ての送信装置から送出されるバースト波を合成して測定することが適当である。

(9) キャリアセンス機能

代表する空中線端子にて、現行どおりの測定法とすることが適当である。反射波を抑えたテストサイトにて、被測定機器、観測用のスペクトル分析器及び干渉源用信号発生器を用いて行うものとする。

干渉源用信号発生器に所定の測定用空中線を接続し、規定値（100mV/m）以上となる場所に、被測定機器の空中線をその最大利得方向を干渉源の測定用空中線に向けて設置する。さらに、送信状況を近傍に置いた別の空中線で受信し、スペクトル分析器で観測する。被測定機器間での断続的な通信が行われる状況に設定した後、干渉源用信号発生器からの送信を開始し、8ms以内に被測定機器の送信が停止することを確認する。ただし、干渉源の信号には、被測定機器の送信スペクトルとは判別の付くもので、定包絡線を有する広帯域信号が望ましい。

なお、空中線測定端子を有する機器については、上記測定伝搬環境を模擬する疑似伝送路を用いて測定を行っても良い。ただし、この場合において、被測定機器の空中線測定端子には、使用する空中線利得から換算した干渉信号電力が加わる設定とすることが適当である。

第 8 章 今後の検討課題

6GHz 帯無線 LAN の更なる高度化及び既存無線システムとの周波数共用の促進に向けて、今後の検討課題を以下に述べる。

8.1. 無線 LAN の更なる高度化検討

IEEE 802.11 では、次世代の高速無線 LAN を目指し IEEE 802.11be の規格策定に向けた検討が行われている。具体的には、広帯域が確保できる 6GHz 帯において 320MHz 幅のチャンネルの導入や、無線 LAN の周波数帯（2.4GHz 帯、5GHz 帯、6GHz 帯）の中から複数の無線リンクを束ねて伝送する、マルチリンク伝送技術等が挙げられている。

IEEE 802.11be は 2024 年の規格策定を目標にしており、このような IEEE 等の標準化や最新の技術動向等を注視するとともに、新たな利用ニーズに迅速に対応するため、必要に応じて、無線 LAN の技術的条件を見直すことが適当である。

8.2. 無線 LAN と既存無線システムとの周波数共用の促進方策の検討

(1) 5925-6425MHz 帯

ア. 周波数共用検討の促進

5925-6425MHz 帯において、無線 LAN と電気通信業務用固定通信システム及び衛星通信システム（アップリンク）について周波数共用の可能性を見出し、無線 LAN は VLP モード及び LPI モードに関して技術的条件を定めている。

SP モードに関しては、AFC システムの導入が前提となることから、電気通信業務用固定通信システムとの離隔距離を確保するなど周波数共用条件を確立した上で、無線 LAN の適切な運用を図るなどの方策を検討する必要がある。このため、電波利用料財源に基づく技術試験事務において、AFC システムの技術計算手法や仕組み、運用面等について継続検討を行うことが適当である。

一方、将来 6GHz 帯無線 LAN の普及等により、電気通信業務用固定通信システム及び衛星通信システム（アップリンク）に及ぼす影響等を考慮し、必要に応じて、当該共用条件等の見直しを図ることが適当である。

また、電気通信業務用固定通信システムや衛星通信システムは将来のトラヒック需要等を踏まえ、運用計画の変更やシステムの高度化を行う際に、無線 LAN から影響を考慮した耐干渉に強いシステム設計の検討及び電波法関係審査基準の見直し等を図ることが適当である。

イ. ナローバンド（NB）システムとの共用検討

6GHz 帯の周波数において、世界的に無線 LAN をはじめとする免許不要システムの導入検討が進められている。我が国においても無線 LAN のみならず技術ニュートラルとして、幅広く免許不要システムの導入が望まれている。

欧州では、5925-6425MHz 帯において、無線アクセスシステム及び無線 LAN の利用を許可しているが、この中に、帯域幅 20MHz 以下で周波数ホッピングを行うナローバンド（NB）伝送を目的とするシステムを含んでいる。現在 ETSI において無線 LAN 等のワイドバンド（最大帯域幅 320MHz）とナローバンドの間での共存方法が議論されていることから、今後の動向等を注視し、必要に応じて、無線 LAN や既存無線システムとの周波数共用検討を行うことが適当である。

(2) 6425-7125MHz 帯

ア. 周波数共用検討の促進

シングルエントリーによるシミュレーションの結果、 $I/N=-10\text{dB}$ での干渉基準において、公共業務用及び放送事業用固定通信システムの受信アンテナのボアサイト方向での離隔距離が大きくなる回線が存在するほか、公共業務用回線については電波法関係審査基準に基づく回線瞬断率の計算を行ったところ、基準を満足しない回線が存在するため、今後、詳細検討が必要である。

また、当該通信システムを保護するためには、AFC システムを導入し、公共業務及び放送事業用固定通信システムに影響を及ぼさない範囲で無線 LAN の運用を図るなどの方策について検討を進める必要がある。

このため、電波利用料財源に基づく技術試験事務において、無線 LAN と公共業務用及び放送事業用固定通信システムとの共用検討について継続検討を行うことが適当である。

放送事業用移動通信システムにおいてもシングルエントリーによるシミュレーションでは、受信空中線の利得が比較的小さい条件で運用する FPU であっても数 km オーダーの離隔距離が必要という結果が出ているため、今後さらなる詳細検討が必要である。

なお、周波数再編アクションプランに従い、6425-7125MHz 帯における公共業務及び放送事業用固定・移動通信システムと無線 LAN との周波数共用検討状況については、電波監理審議会等においてフォローアップの報告を行うこととしている。

(注) 本報告書では、放送事業用固定・移動通信システムを「放送番組中継システム」と総称している。

イ. WRC-23 の議論を踏まえた検討

欧州では、6425-7125MHz 帯に関しては、無線 LAN と IMT への割当て可能性について、WRC-23 の結果を踏まえ、決定することとしている。

また、第 3 地域は 7025-7125MHz 帯が IMT 周波数候補に特定されており、ITU-R SG5 や APT-APG (WRC-23 に向けた対応) において議論がなされており、今後各国が WRC-23 に対する暫定見解等を表明することとしている。

このため、6425-7125MHz 帯においては、WRC-23 に向けた議論や諸外国の動向等を踏まえ、適切な周波数割当方針の策定が求められる。

【略語集】

AFC :	Automated Frequency Coordination
AR :	Augmented Reality
C/I :	Carrier-to-Interference Ratio
CEPT :	European Conference of Postal and Telecommunications Administrations
DFS :	Dynamic Frequency Selection
e. i. r. p. :	Equivalent Isotropically Radiated Power
FPU :	Field Pick-up Unit
GSMA :	Global System for Mobile Communications
I/N :	Interference-to-Noise Ratio
IMT :	International Mobile Telecommunications
ITU :	International Telecommunication Union
LPI :	Low Power Indoor
MCL :	Minimum Coupling Loss
MU-MIMO :	Multi User - Multiple Input Multiple Output
OFDM :	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
OFDMA :	Orthogonal Frequency Division Multiple Access
PSD :	Power Spectral Density
SP :	Standard Power
STL :	Studio to Transmitter Link
TTL :	Transmitter Transmitter Link
TSL :	Transmitter to Studio Link
VLP :	Very Low Power
VR :	Virtual Reality
WRC :	World Radiocommunication Conference

情報通信審議会 情報通信技術分科会
陸上無線通信委員会 構成員

(令和3年9月30日現在 敬称略)

	氏名	所 属
主査 委員	安藤 真	東京工業大学 名誉教授
主査代理 専門委員	豊嶋 守生	国立研究開発法人情報通信研究機構 ネットワーク研究所ワイヤレスネットワーク研究センター 研究センター長
委員	森川 博之	東京大学 大学院 工学系研究科 教授
専門委員	秋山 裕子	富士通株式会社 共通技術開発統括部 ソフトウェア化技術開発室長
〃	飯塚 留美	一般財団法人マルチメディア振興センター ICTリサーチ&コンサルティング部 シニア・リサーチディレクター
〃	伊藤 数子	特定非営利活動法人STAND 代表理事
〃	河野 隆二	横浜国立大学大学院 工学研究院 教授 兼 同大学 未来情報通信医療社会基盤センター長
〃	児玉 俊介	一般社団法人電波産業会 専務理事
〃	齋藤 一賢	日本電信電話株式会社 技術企画部門 電波室長
〃	田中 秀一	一般社団法人全国陸上無線協会 専務理事
〃	田丸 健三郎	日本マイクロソフト株式会社 技術統括室 業務執行役員 ナショナルテクノロジー オフィサー
〃	土田 健一	日本放送協会 放送技術研究所 伝送システム研究部 部長
〃	日野岳 充	一般社団法人日本アマチュア無線連盟 専務理事
〃	藤井 威生	電気通信大学 先端ワイヤレス・コミュニケーション研究センター 教授
〃	藤野 義之	東洋大学 理工学部 電気電子情報工学科 教授
〃	本多 美雄	欧州ビジネス協会 電気通信機器委員会 委員長
〃	松尾 綾子	株式会社東芝 情報通信プラットフォーム研究所 ワイヤレスシステムラボラトリー 室長
〃	三谷 政昭	東京電機大学 工学部 情報通信工学科 教授
〃	三次 仁	慶應義塾大学 環境情報学部 教授
〃	吉田 貴容美	日本無線株式会社 シニアエキスパート

情報通信審議会 情報通信技術分科会 陸上無線通信委員会

5. 2GHz 及び 6GHz 帯無線 LAN 作業班 構成員名簿

(敬称略：主任以外は五十音順、令和3年9月30日現在)

氏名	所属
梅比良 正弘	南山大学 理工学部 電子情報工学科 教授
足立 朋子	(株) 東芝 研究開発センター ワイヤレスシステムラボラトリー 研究主幹
石田 和人	フェイスブックジャパン (株) コンサルタント
伊藤 泰成	KDDI (株) 電波部 管理グループ マネージャー
井原 伸之	(株) フジテレビジョン 技術局計画部 部長職
大石 雅寿	大学共同利用機関法人 自然科学研究機構 国立天文台 天文情報センター 特任教授
岸 博之	東京都 総務局 総合防災部 防災通信課 統括課長代理
小橋 浩之	スカパーJSAT (株) 宇宙技術本部 通信システム技術部 第1チーム アシスタントマネージャー (令和3年9月7日以降)
小林 佳和	日本電気 (株) デジタルプラットフォーム事業部
斎藤 一賢	日本電信電話 (株) 技術企画部門 電波室 室長
城田 雅一	クアルコムジャパン合同会社 標準化本部長
高田 仁	(一社) 日本民間放送連盟 企画部 専任部長
鷹取 泰司	(一社) 電波産業会 無線 LAN システム開発部会 副委員長
津村 仁	内閣府 政策統括官 (防災担当) 付 参事官 (災害緊急事態対処担当) 付 参事官補佐 (通信担当)
中川 義克	インテル (株) 政策渉外部 日本担当ダイレクタ
中牟田 敏史	海上保安庁 情報通信課システム整備室 課長補佐
中村 淳一	国土交通省 大臣官房技術調査課 電気通信室 企画専門官
成清 善一	日本放送協会 技術局 計画管理部 副部長
成瀬 廣高	(株) バッファロー ネットワーク開発部 ODM 第一開発課 課長
蓮池 真樹	スカパーJSAT (株) 宇宙技術本部 通信システム技術部 第1チーム アシスタントマネージャー (令和3年9月6日まで)
畠山 浩輝	警察庁 情報通信局 通信施設課 課長補佐
菱倉 仁	(株) IP モーション モバイルソリューション事業部 チーフエンジニア
藤本 昌彦	シャープ (株) 研究開発事業本部 副本部長
古川 英夫	(一社) JASPAR コネクティビティ WG 主査
前田 規行	(株) NTT ドコモ 電波企画室 電波技術担当課長
前原 朋実	(一社) 無線 LAN ビジネス推進連絡会 技術・調査委員会 副委員長
三島 安博	Apple Japan, Inc. Wireless Design Regulatory Engineer
村上 誉	(国研) 情報通信研究機構 ネットワーク研究所 ワイヤレスネットワーク研究センター ワイヤレスシステム研究室 主任研究員
柳下 勇一	東京電力パワーグリッド (株) 電子通信部 通信ネットワーク技術センター ネットワーク総括グループマネージャー
安江 仁	電気事業連合会 情報通信部 副部長

参考文献

- [1] 周波数再編アクションプラン（令和2年度第2次改訂版），令和2年11月13日公表
- [2] 周波数再編アクションプラン（令和3年度版），令和3年11月15日公表
- [3] Cisco VNI Global IP Traffic Forecast, 2017-2022 Reference radiation patterns for fixed wireless system antennas for use in coordination studies and interference assessment in the frequency range from 100 MHz to 86 GHz
- [4] IEEE Std 802.11ax-2021: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications Amendment 1: Enhancements for High-Efficiency WLAN
- [5] Current Work Areas: Wi-Fi 7, <https://www.wi-fi.org/ja/product-finder>
- [6] 世界無線通信会議 2023 (WRC-23)
- [7] 決議 245(WRC-19): Studies on frequency-related matters for the terrestrial component of International Mobile Telecommunications identification in the frequency bands 3 300-3 400 MHz, 3 600-3 800 MHz, 6 425-7 025 MHz, 7 025-7 125 MHz and 10.0-10.5 GHz
- [8] EC Decision, 2021
- [9] 周波数利用展望 (Spectrum Outlook for Commercial and Innovative Use 2021- 2023)
- [10] Wi-Fi Alliance White Paper
- [11] 無線 LAN ビジネス推進連絡会レポート
- [12] ECC report 302: Sharing and compatibility studies related to Wireless Access Systems including Radio Local Area Networks (WAS/RLAN) in the frequency band 5925-6425 MHz
- [13] ETSI TR 103 524: System Reference document (SRdoc); Wireless access systems including radio local area networks (WAS/RLANs) in the band 5 925 MHz to 6 725 MHz
- [14] ITU-R M.1652-1: Dynamic frequency selection in wireless access systems including radio local area networks for the purpose of protecting the radiodetermination service in the 5 GHz band
- [15] Rep. ITU-R M.2292-0: Characteristics of terrestrial IMT-Advanced systems for frequency sharing/interference analyses
- [16] ITU-R P.452-16: Prediction procedure for the evaluation of interference between stations on the surface of the Earth at frequencies above about 0.1 GHz
- [17] ECC Report 316: Sharing studies assessing short-term interference from Wireless Access Systems including Radio Local Area Networks (WAS/RLAN) into Fixed Service in the frequency band 5925-6425 MHz
- [18] ITU-R F.758-7: System parameters and considerations in the development of criteria for sharing or compatibility between

- digital fixed wireless systems in the fixed service and systems in other services and other sources of interference
- [19] ITU-R SF.1650: The minimum distance from the baseline beyond which in-motion earth stations located on board vessels would not cause unacceptable interference to the terrestrial service in the bands 5 925–6 425 MHz and 14–14.5 GHz
 - [20] ITU-R P.2108-1: Prediction of clutter loss
 - [21] ITU-R P.2109-1: Prediction of building entry loss
 - [22] ITU-R F.1245: Mathematical model of average and related radiation patterns for point-to-point fixed wireless system antennas for use in interference assessment in the frequency range from 1 GHz to 86 GHz
 - [23] 船上地球局 (ESV) と他業務の無線局との周波数調整技術の調査検討報告書
 - [24] ITU-R S.1432-1: Apportionment of the allowable error performance degradations to fixed-satellite service (FSS) hypothetical reference digital paths arising from time invariant interference for systems operating below 30 GHz
 - [25] ITU-R WP5A Contribution 874
 - [26] RKF レポート: Frequency Sharing for Radio Local Area Networks in the 6 GHz Band January 2018 Version 3,”
<https://s3.amazonaws.com/rkfengineering-web/6USC+Report+Release+-+24Jan2018.pdf>
 - [27] ITU-R F.699: Reference radiation patterns for fixed wireless system antennas for use in coordination studies and interference assessment in the frequency range from 100 MHz to 86 GHz
 - [28] ITU-R SA.509: Space research earth station and radio astronomy reference antenna radiation pattern for use in interference calculations, including coordination procedures, for frequencies less than 30 GHz
 - [29] Official Journal of the European Union L232,
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=OJ:L:2021:232:FULL&from=EN>
 - [30] ITU-R P.452-17: Prediction procedure for the evaluation of interference between stations on the surface of the Earth at frequencies above about 0.1 GHz

参考資料

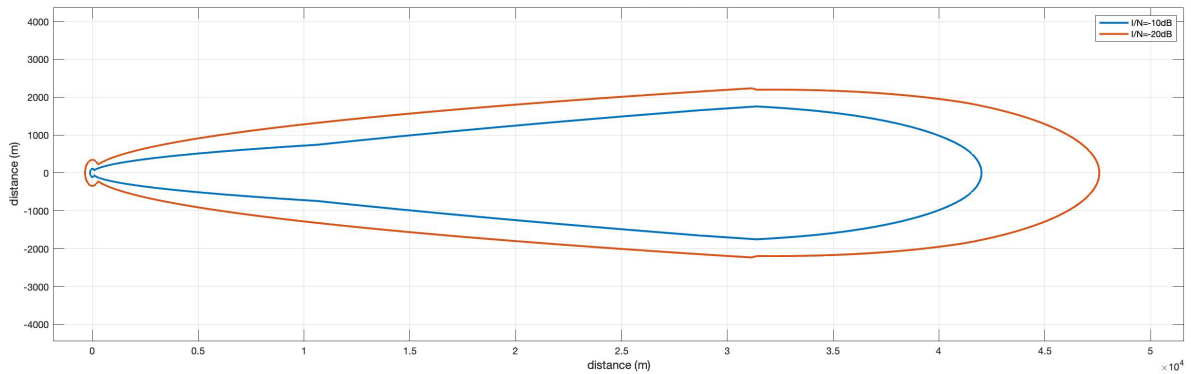
参考資料 1 $I/N=-10\text{dB}$ と $I/N=-20\text{dB}$ によるシミュレーション結果

参考資料 1 : I/N=-10dB と I/N=-20dB によるシミュレーション結果

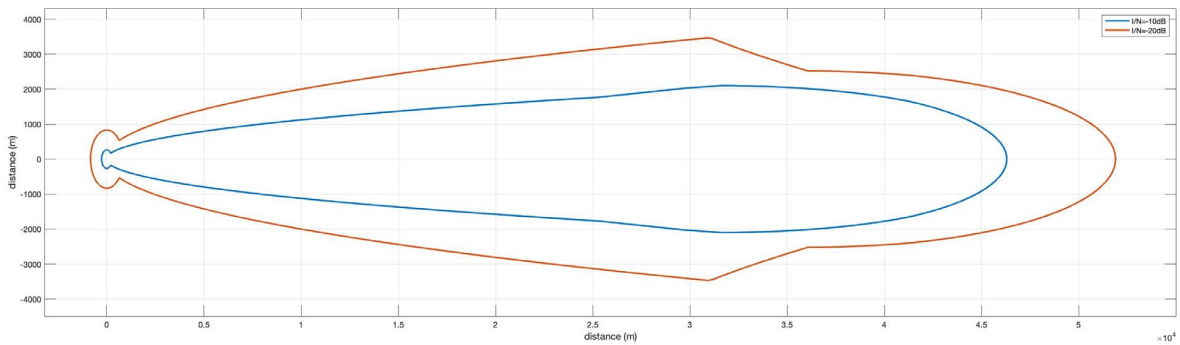
検討当初は、I/N=-10dB と I/N=-20dB の両方で評価を行った。参考のために、両方を併記した図表を以下に示す。なお、使用している図表番号は、第 6 章で使用されている図表番号に対応している。

6.3.3.1 電気通信業務用固定局 (5925~6425 MHz)

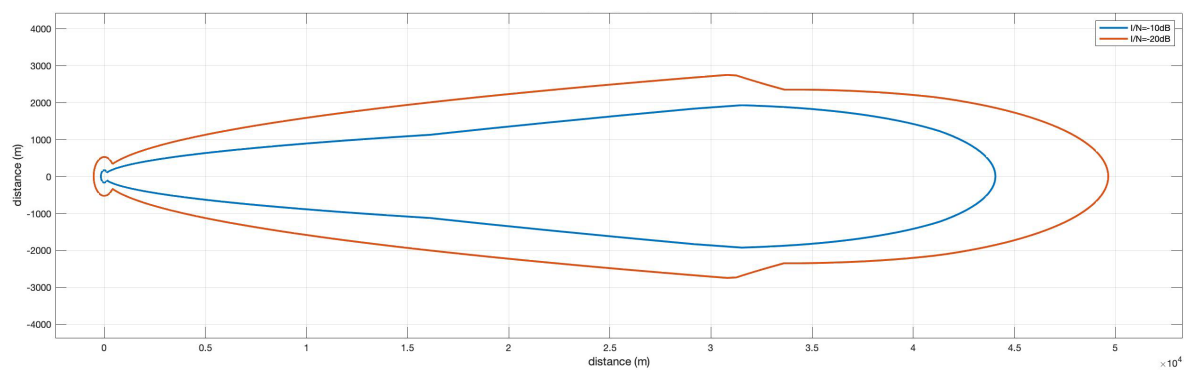
I/N=-10dB と I/N=-20dB を比較した場合、シングルエントリーでは、I/N=-20dB では一様に必要離隔距離が延びる結果となった。アグリゲーションによるシミュレーションでは、アンテナ地上高 55m が一番厳しく、I/N=-20dB で時間率 20% を満足しなかったが、それ以外のアンテナ地上高では基準を満足した。



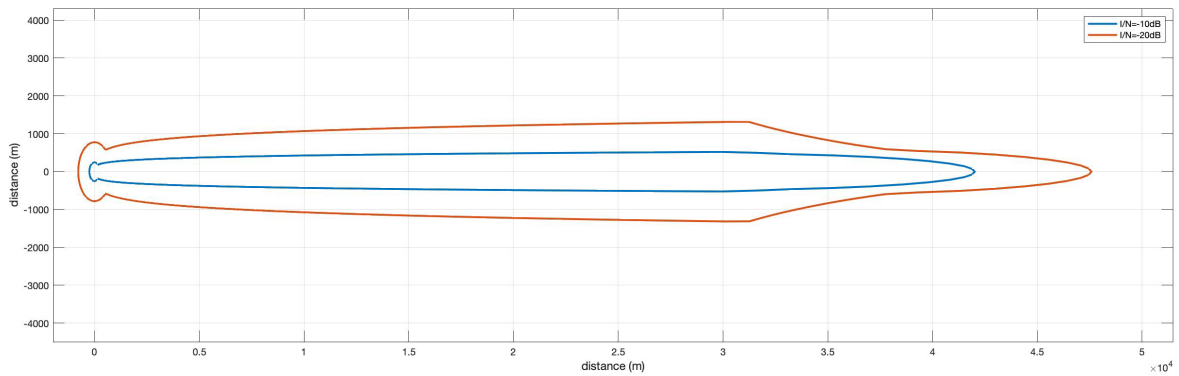
参考図 6.3-7 Pattern1-1 (電波法関係審査基準, LPI, 200mW, Indoor)



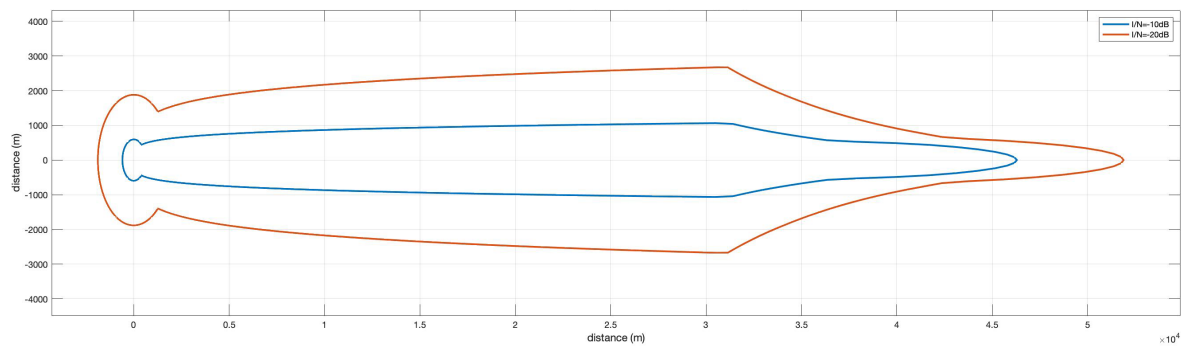
参考図 6.3-8 Pattern2-1 (電波法関係審査基準, VLP, 25mW, Outdoor, Body Loss なし)



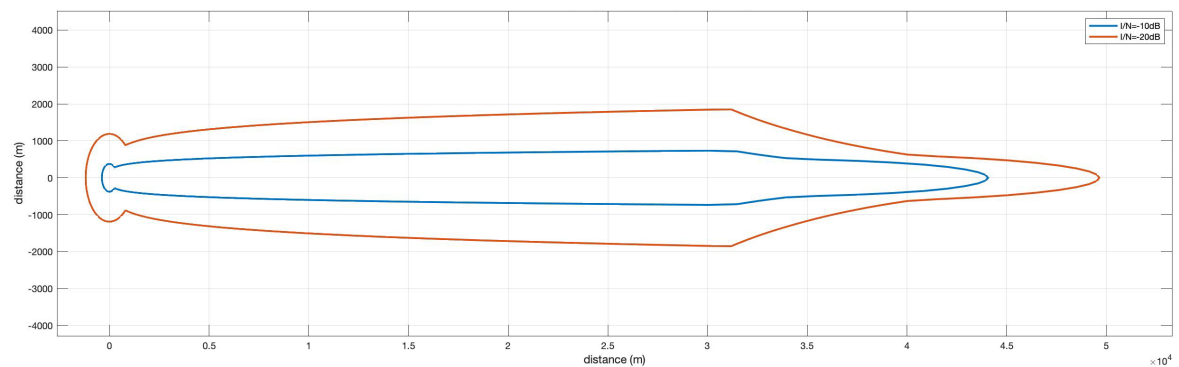
参考図 6.3-9 Pattern3-1 (電波法関係審査基準, VLP, 25mW, Outdoor, Body Loss あり)



参考図 6.3-10 Pattern1-2 (ITU-R F.1245, LPI, 200mW, Indoor)



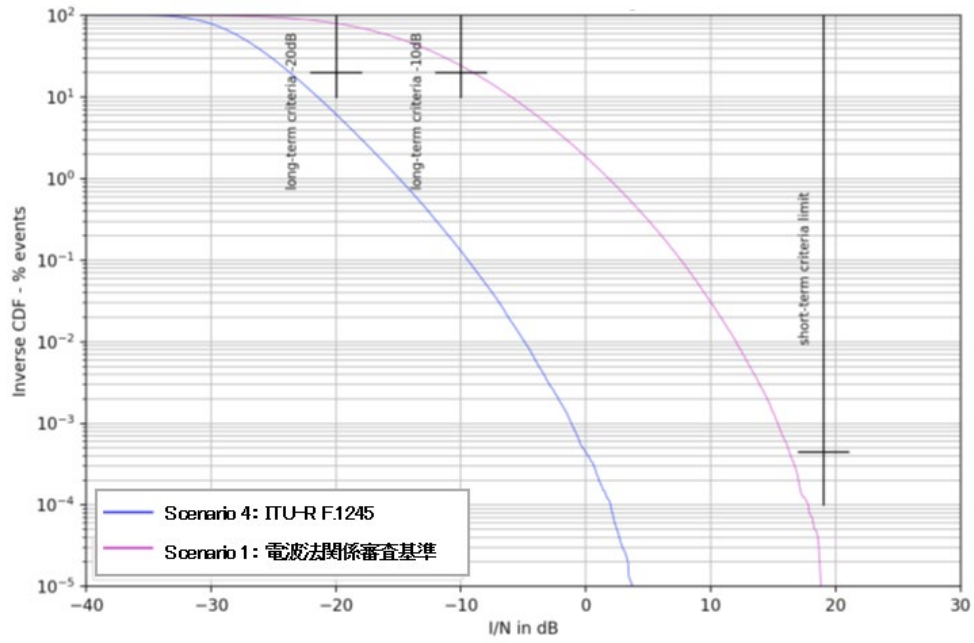
参考図 6.3-11 Pattern2-2 (ITU-R F.1245, VLP, 25mW, Outdoor, Body Loss なし)



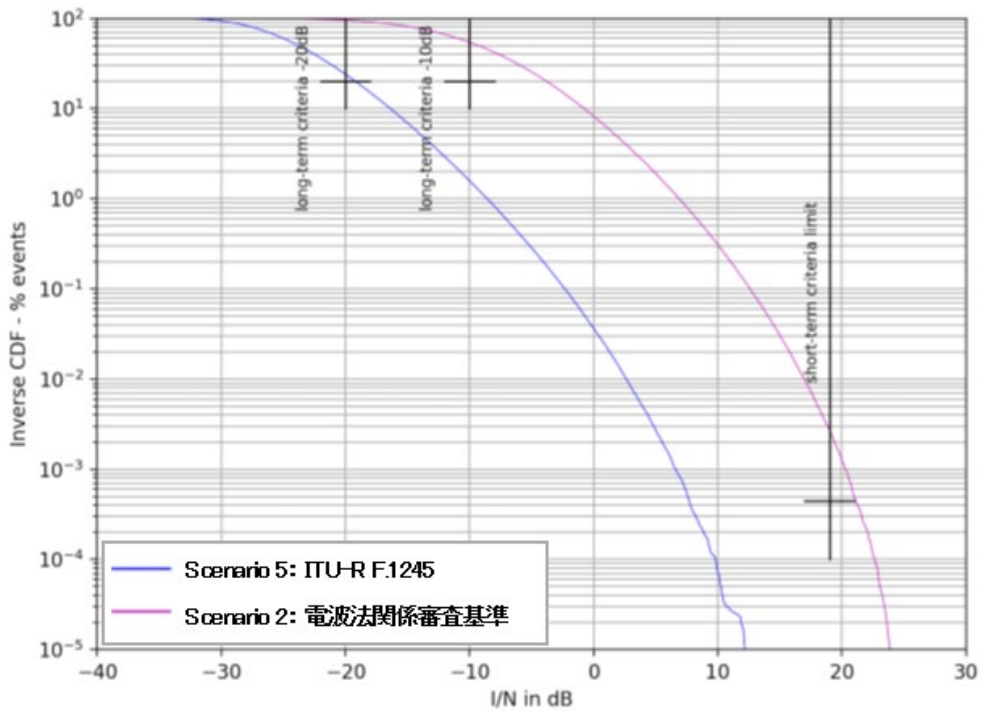
参考図 6.3-12 Pattern3-2 (ITU-R F.1245, VLP, 25mW, Outdoor, Body Loss あり)

参考表 6.3-8 シングルエントリー結果のまとめ 電気通信業務 (5925-6425MHz)

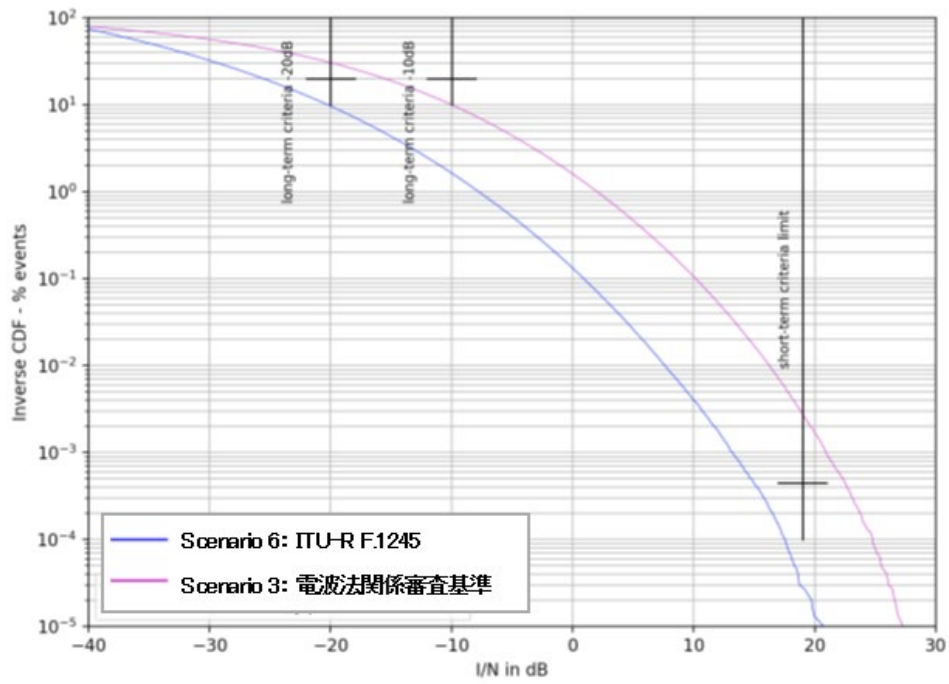
	電波法関係審査基準 別紙2 第21(7)カ(イ)B(B)a		ITU-R F1245 Pattern (47.3dBi)	
	IN=-10dB	IN=-20dB	IN=-10dB	IN=-20dB
LPI (200mW, Indoor)	42.01km (Max) 0.109km (Min)	47.58km (Max) 0.34km (Min)	42.01km (Max) 0.246km (Min)	47.58km (Max) 0.777km (Min)
VLP (25mW, Outdoor, Body Loss なし)	46.29km (Max) 0.264km (Min)	51.88km (Max) 0.832km (Min)	46.29km (Max) 0.596km (Min)	51.88km (Max) 1.882km (Min)
VLP (25mW, Outdoor, Body Loss あり)	44.06km (Max) 0.167km (Min)	49.64km (Max) 0.525km (Min)	44.06km (Max) 0.376km (Min)	49.64km (Max) 1.188km (Min)



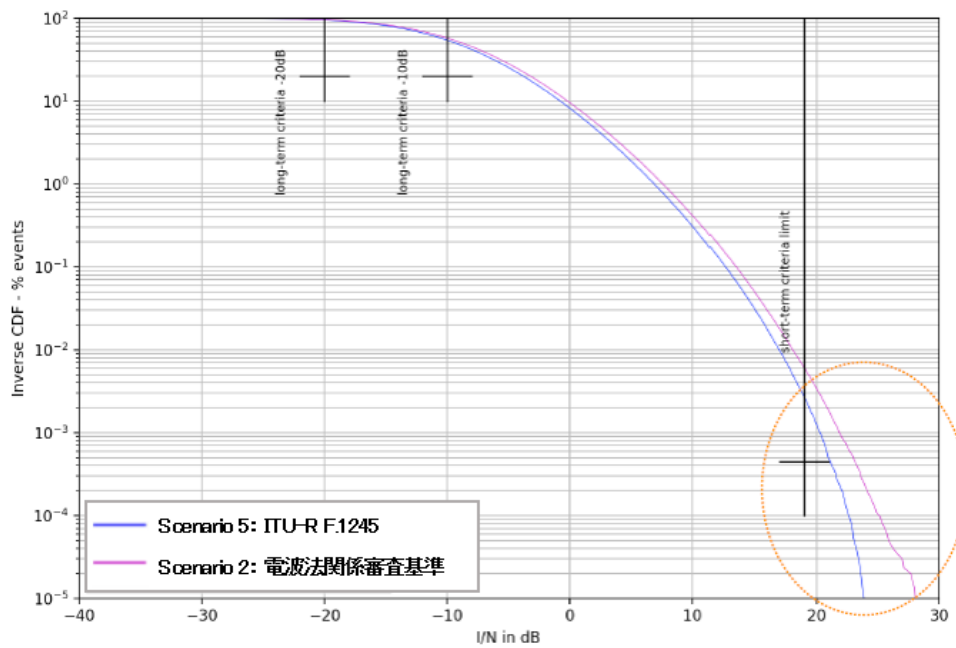
参考図 6.3-14 被干渉アンテナ地上高 110m の場合の結果 (シナリオ 1, 4)



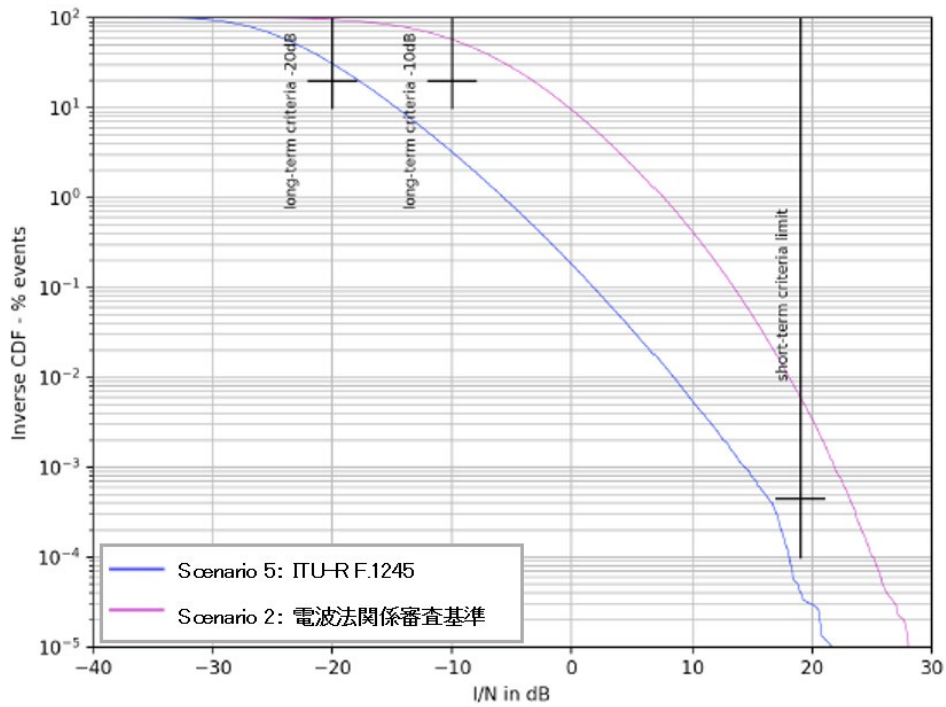
参考図 6.3-15 被干渉アンテナ地上高 55m の場合の結果 (シナリオ 2, 5)



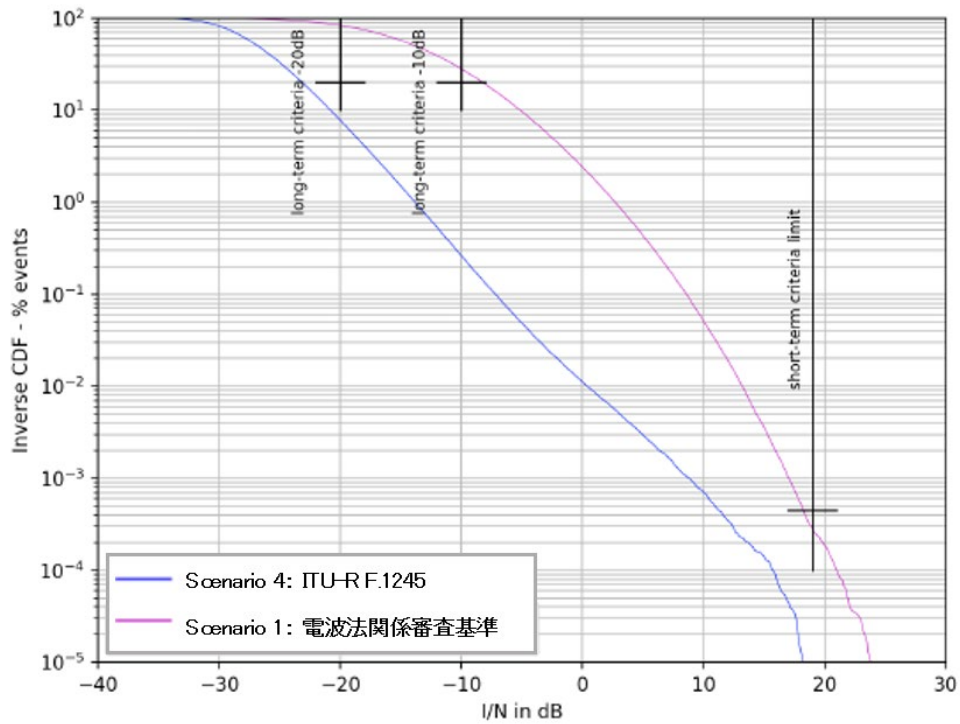
参考図 6.3-16 被干渉アンテナ地上高 25m の場合の結果 (シナリオ 3, 6)



参考図 6.3-17 与干渉アンテナ地上高分布の変化に伴う結果の比較



(1) 被干渉アンテナ地上高 55m

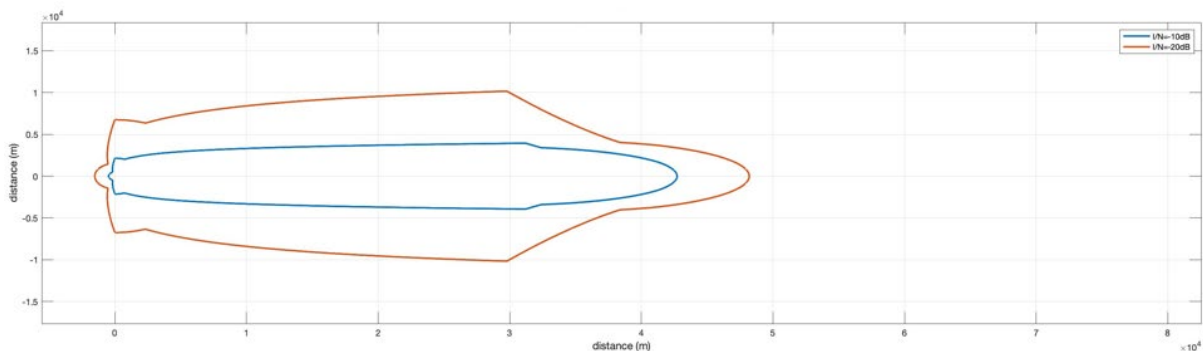


(2) 被干渉アンテナ地上高 110m

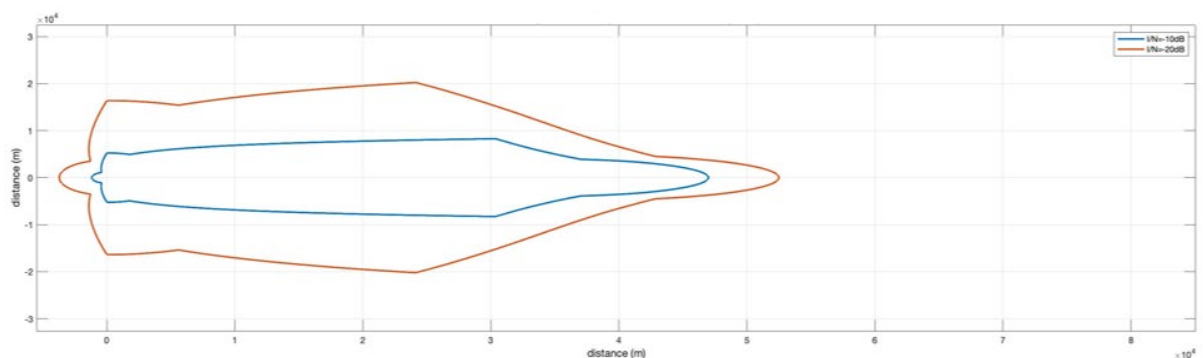
参考図 6.3-18 新与干渉アンテナ地上高によるシミュレーション

6.3.3.2 電気通信業務用固定局 (6425~6570 MHz 及び 6870~7125 MHz)

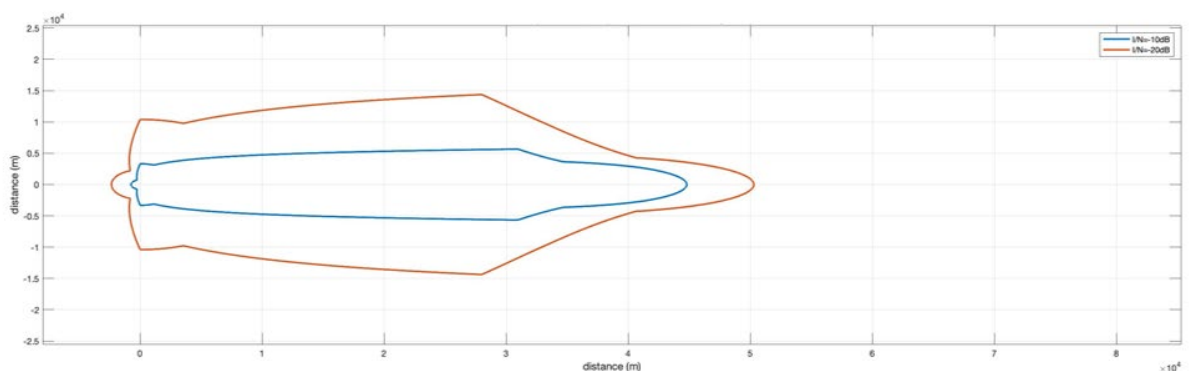
I/N=-10dB と I/N=-20dB を比較した場合、シングルエントリーでは、I/N=-20dB では一様に必要離隔距離が延びる結果となった。アグリゲーションによるシミュレーションでは、アンテナ地上高 55m が一番厳しく、I/N=-20dB で時間率 20% を満足しなかったが、それ以外のアンテナ地上高では基準を満足した。



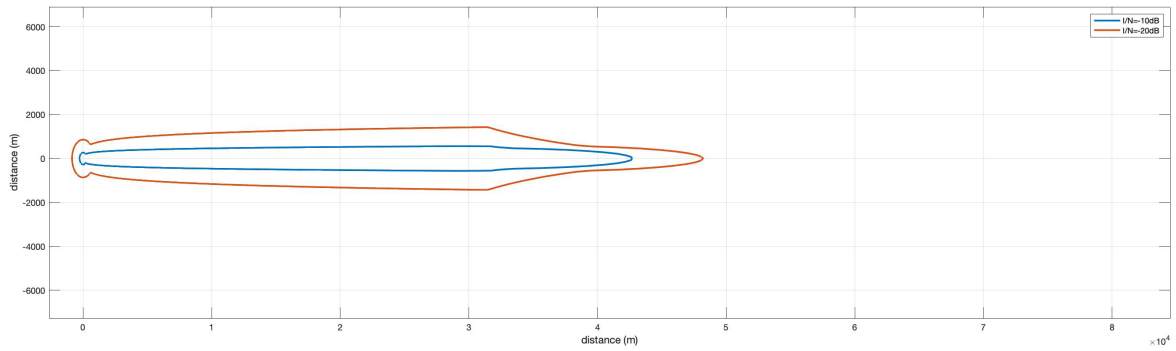
参考図 6.3-19 Pattern1-1 (電波法関係審査基準, LPI, 200mW, Indoor)



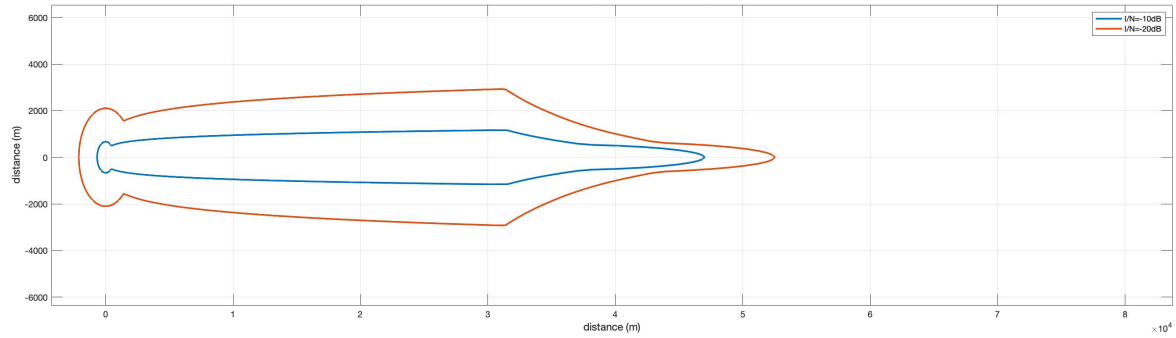
参考図 6.3-20 Pattern2-1 (電波法関係審査基準, VLP, 25mW, Outdoor, Body Loss なし)



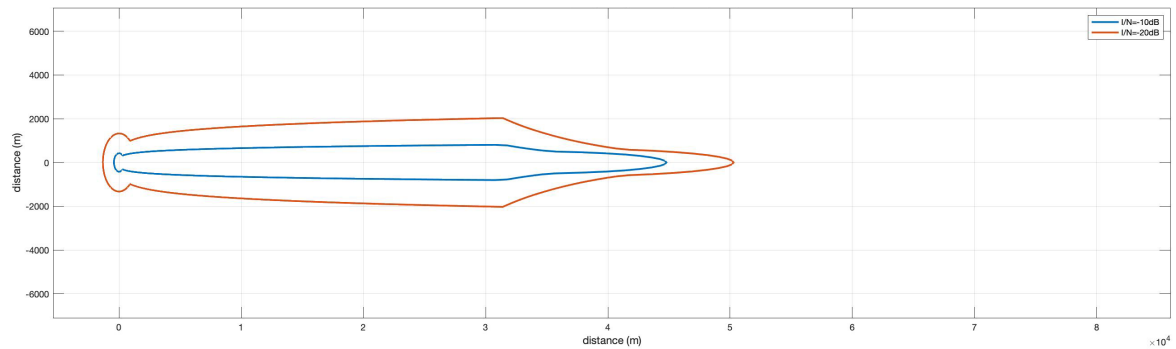
参考図 6.3-21 Pattern3-1 (電波法関係審査基準, VLP, 25mW, Outdoor, Body Loss あり)



参考図 6.3-22 Pattern1-2 (ITU-R F.1245, LPI, 200mW, Indoor)



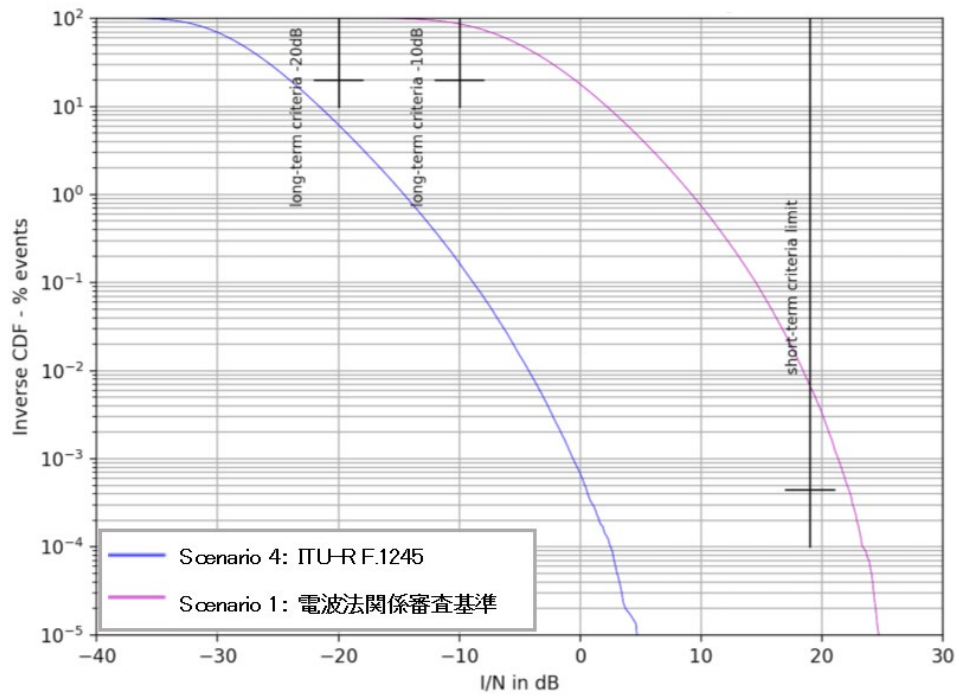
参考図 6.3-23 Pattern2-2 (ITU-R F.1245, VLP, 25mW, Outdoor, Body Loss なし)



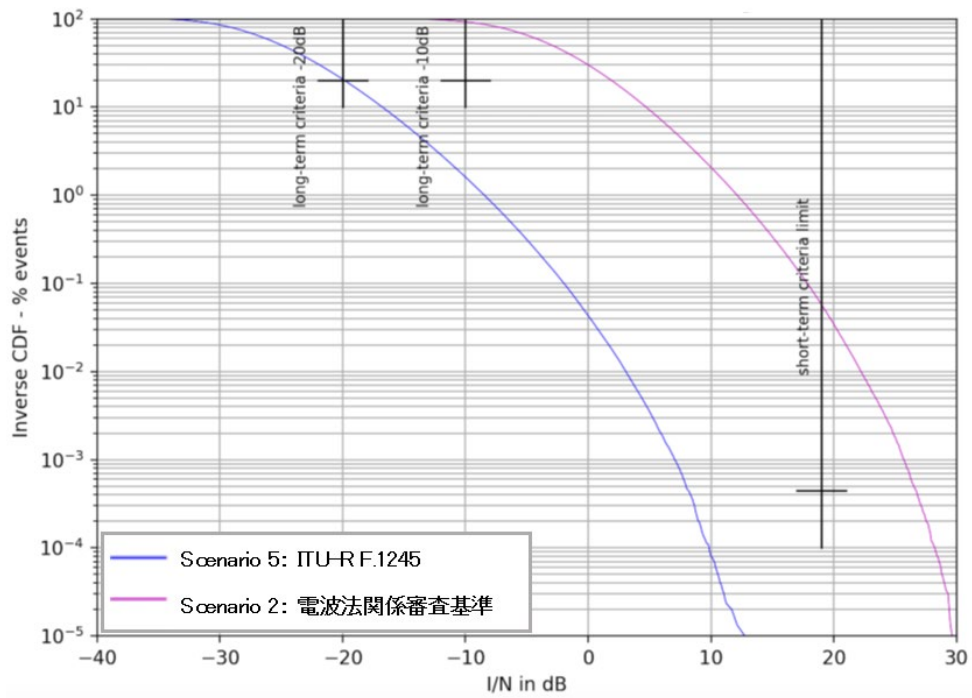
参考図 6.3-24 Pattern3-2 (ITU-R F.1245, VLP, 25mW, Outdoor, Body Loss あり)

参考表 6.3-16 シングルエントリー結果のまとめ 電気通信業務 (6425-6570, 6870-7125MHz)

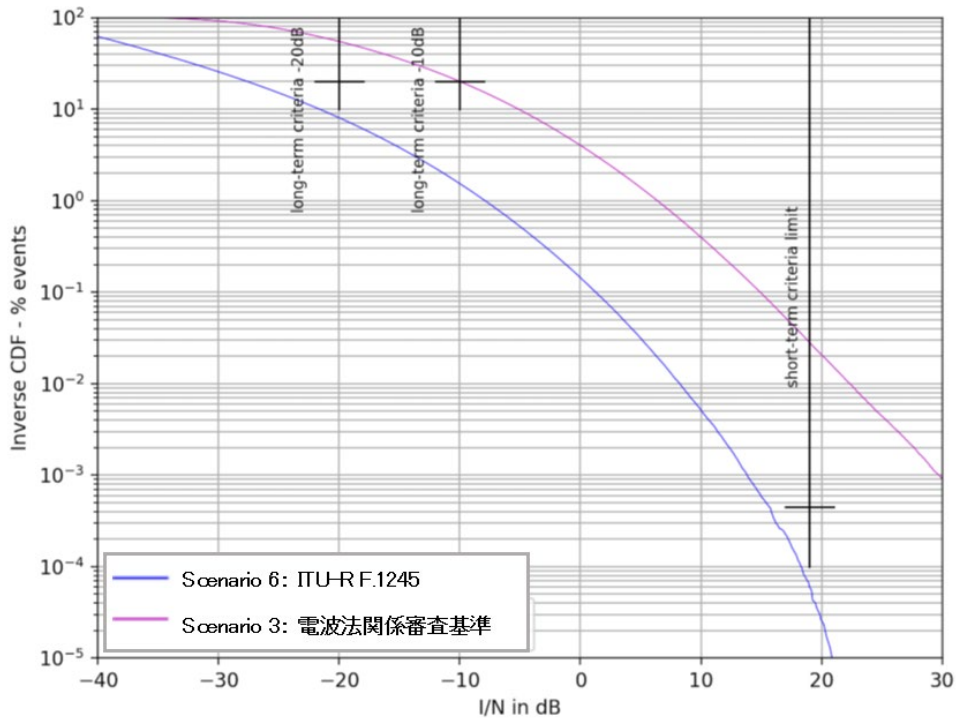
	電波法関係審査基準 別紙2 第21(6)エ(工)A(B)表5		ITU-R F1245 Pattern (47.6dBi)	
	IN=-10dB	IN=-20dB	IN=-10dB	IN=-20dB
LPI (200mW, Indoor)	42.72km (Max) 0.482km (Min)	48.2km (Max) 1.52km (Min)	42.72km (Max) 0.272km (Min)	48.2km (Max) 0.859km (Min)
VLP (25mW, Outdoor, Body Loss なし)	46.98km (Max) 1.18km (Min)	52.49km (Max) 3.719km (Min)	46.98km (Max) 0.666km (Min)	52.49km (Max) 2.102km (Min)
VLP (25mW, Outdoor, Body Loss あり)	44.79km (Max) 0.745km (Min)	50.28km (Max) 2.351km (Min)	44.79km (Max) 0.421km (Min)	50.28km (Max) 1.327km (Min)



参考図 6.3-25 被干渉アンテナ地上高 110m の場合の結果 (シナリオ 1, 4)



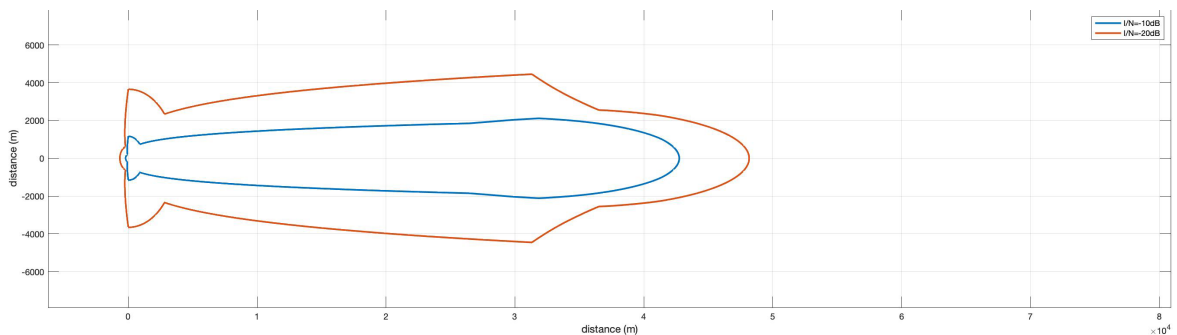
参考図 6.3-26 被干渉アンテナ地上高 55m の場合の結果 (シナリオ 2, 5)



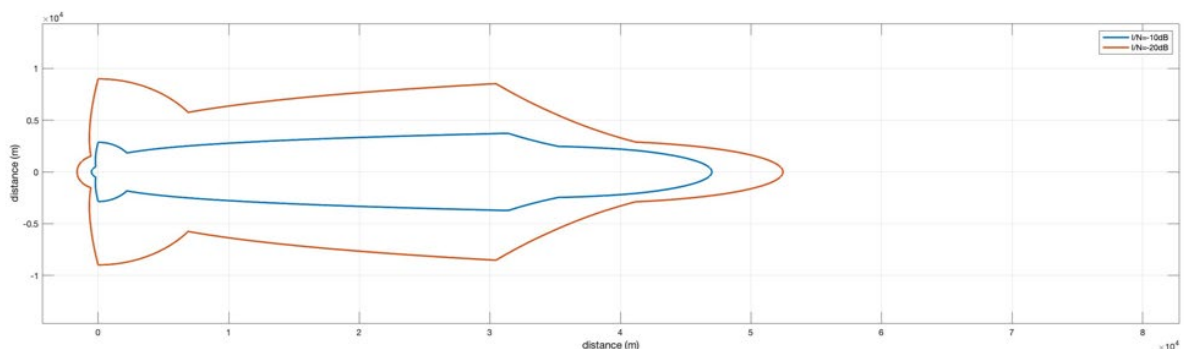
参考図 6.3-27 被干渉アンテナ地上高 25m の場合の結果 (シナリオ 3, 6)

6.3.3.3 電気通信業務・公共・一般業務用固定局 (6570~6870 MHz)

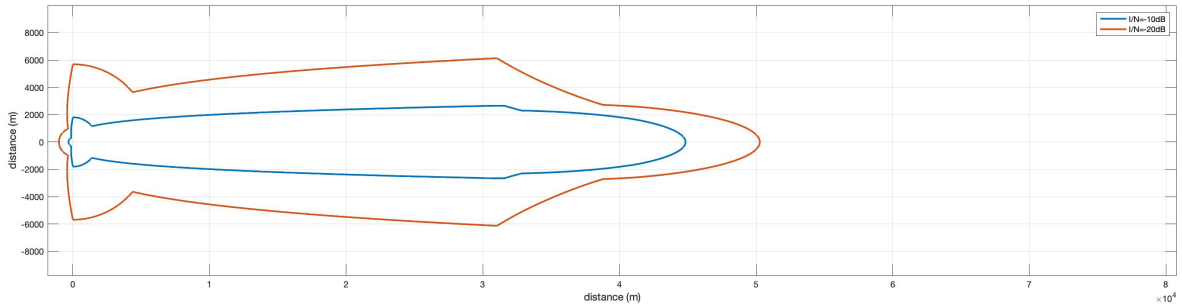
I/N=-10dB と I/N=-20dB を比較した場合、シングルエントリーでは、I/N=-20dB では一様に必要離隔距離が延びる結果となった。アグリゲーションによるシミュレーションでは、ITU-R F.1245 のアンテナパターンの場合、アンテナ地上高が 55m 含む 3 つのアンテナ高でも I/N=-20dB で時間率 20% を満足した。



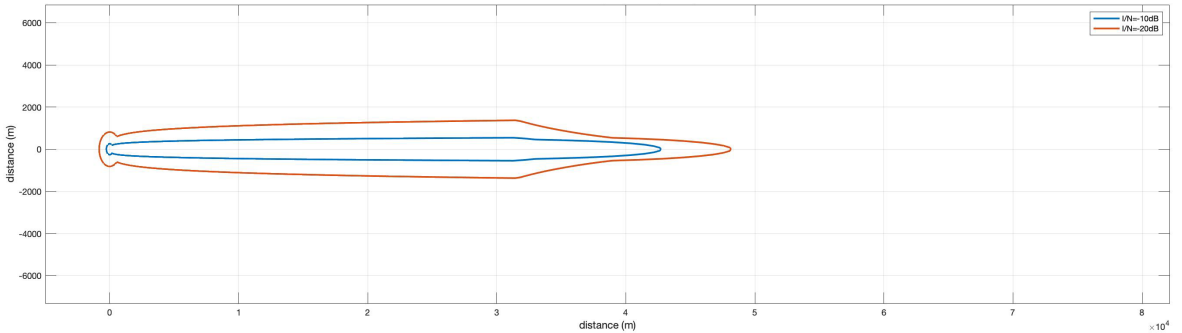
参考図 6.3-28 Pattern1-1 (電波法関係審査基準, LPI, 200mW, Indoor)



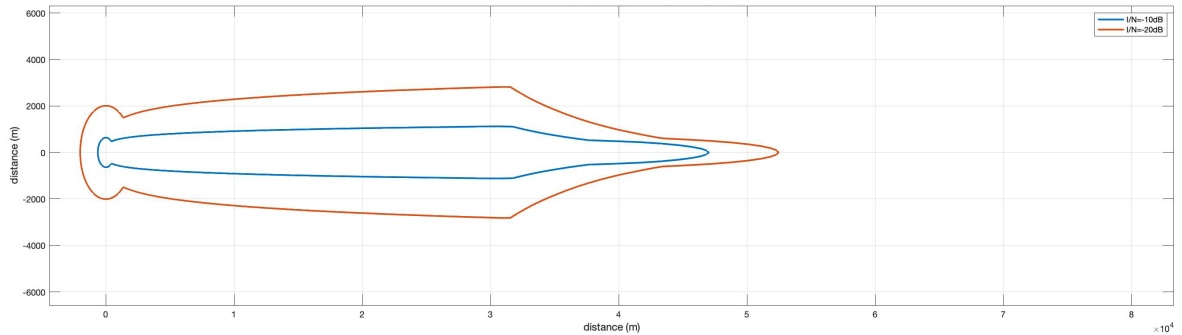
参考図 6.3-29 Pattern2-1 (電波法関係審査基準, VLP, 25mW, Outdoor, Body Loss なし)



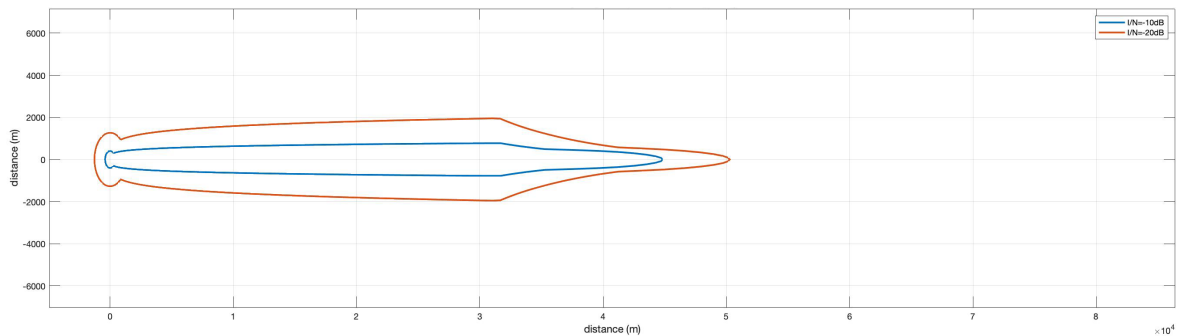
参考図 6.3-30 Pattern3-1 (電波法関係審査基準, VLP, 25mW, Outdoor, Body Loss あり)



参考図 6.3-31 Pattern1-2 (ITU-R F.1245, LPI, 200mW, Indoor)



参考図 6.3-32 Pattern2-2 (ITU-R F.1245, VLP, 25mW, Outdoor, Body Loss なし)

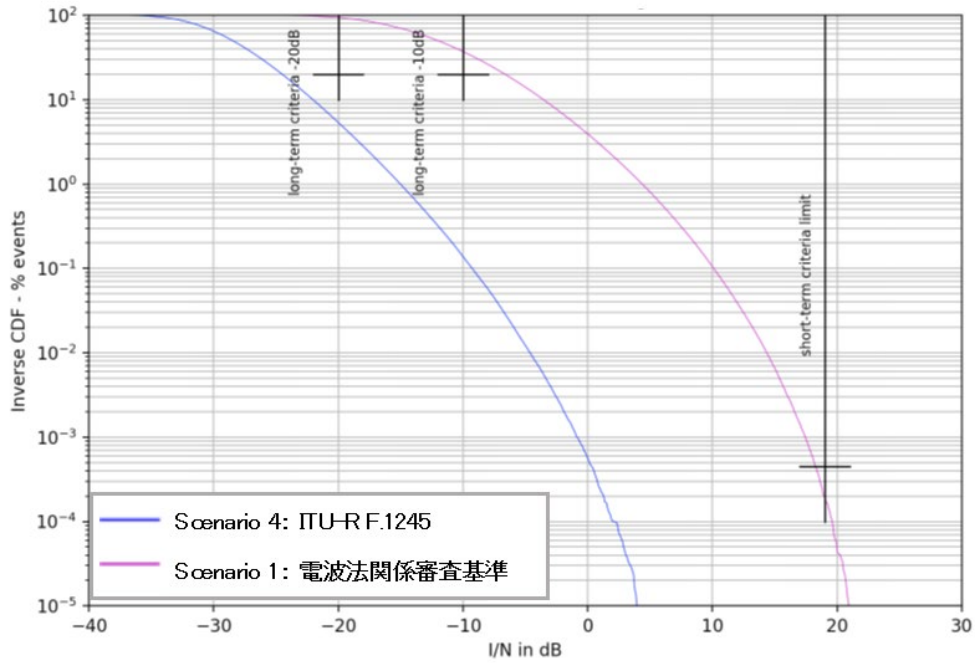


参考図 6.3-33 Pattern3-2 (ITU-R F.1245, VLP, 25mW, Outdoor, Body Loss あり)

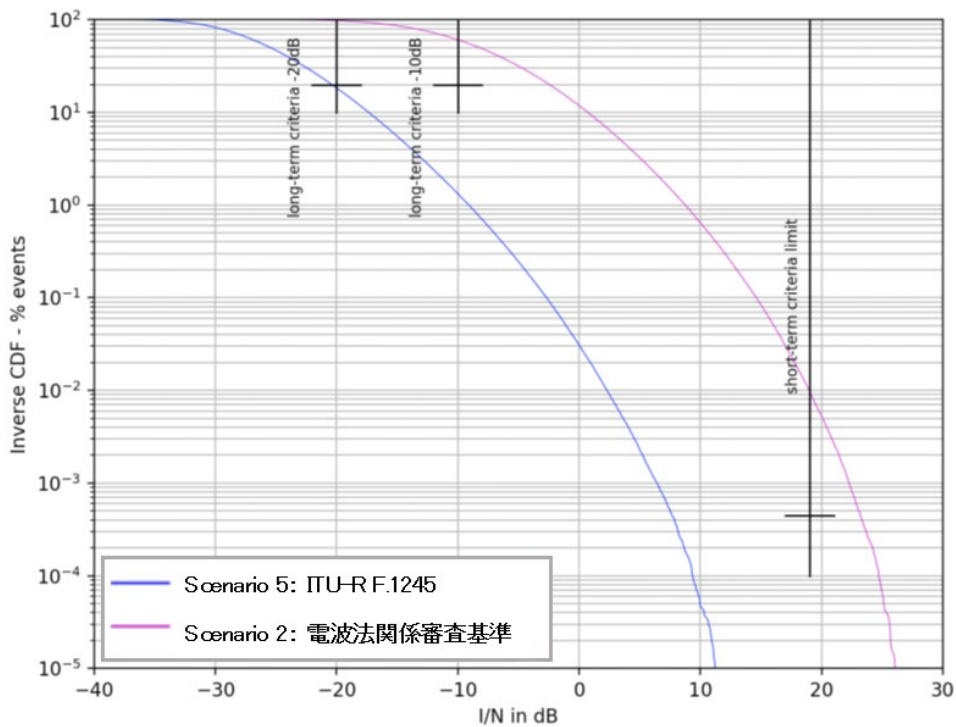
参考表 6.3-20 シングルエントリー結果のまとめ 電通・公共・一般用 (6570-6870MHz)

電波法関係審査基準 別紙 2 第 2 4 (4) ウ (ウ) C 表 5		ITU-R F1245 Pattern (48.0dBi)	
IN=-10dB	IN=-20dB	IN=-10dB	IN=-20dB

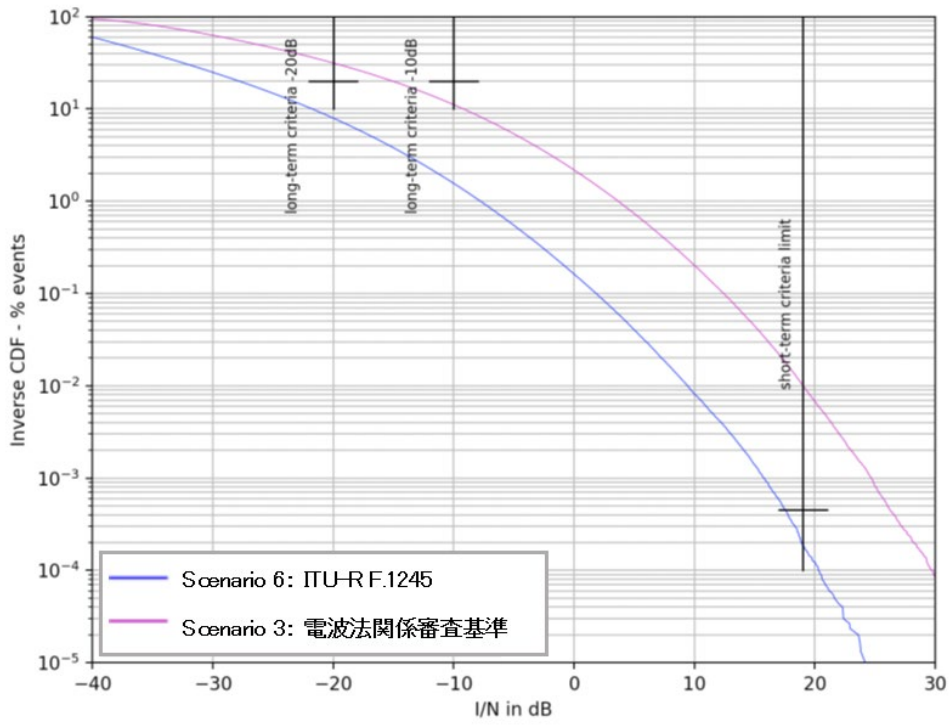
LPI (200mW, Indoor)	4275km (Max) 0.207km (Min)	48.17km (Max) 0.653km (Min)	42.75km (Max) 0.258km (Min)	48.17km (Max) 0.815km (Min)
VLP (25mW, Outdoor, Body Loss なし)	47.01km (Max) 0.51km (Min)	52.45km (Max) 1.61km (Min)	47.01km (Max) 0.637km (Min)	52.45km (Max) 2.009km (Min)
VLP (25mW, Outdoor, Body Loss あり)	44.83km (Max) 0.322km (Min)	50.27km (Max) 1.017km (Min)	44.83km (Max) 0.402km (Min)	50.27km (Max) 1.269km (Min)



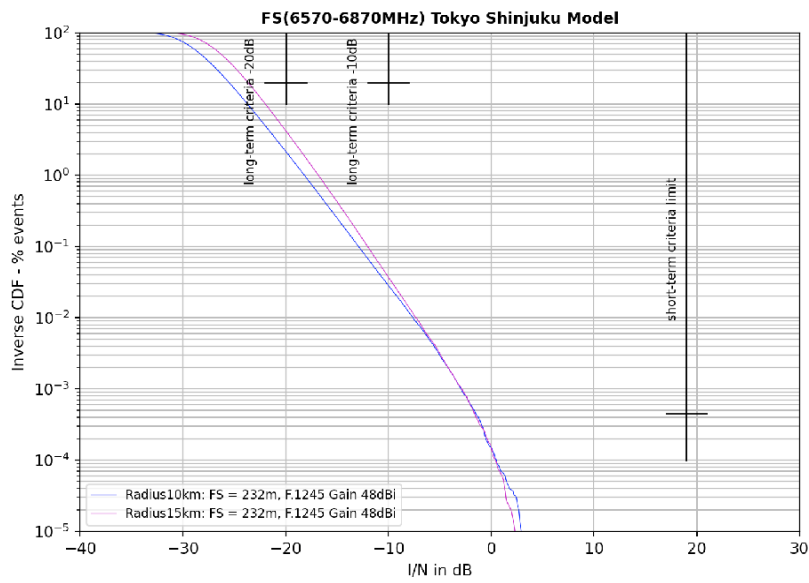
参考図 6.3-34 被干渉アンテナ地上高 110m の場合の結果 (シナリオ 1, 4)



参考図 6.3-35 被干渉アンテナ地上高 55m の場合の結果 (シナリオ 2, 5)



参考図 6.3-36 被干渉アンテナ地上高 20m の場合の結果 (シナリオ 3, 6)



参考図 6.3-38 人口密集地での結果

6.3.5 放送番組中継システムとの共用検討

I/N=-10dB と I/N=-20dB を比較した場合、シングルエントリーでは、I/N=-20dB では一様に所要離隔距離が延び、所要改善量が増える結果となった。アグリゲーションによるシミュレーションでは、放送システムの大半が I/N=-20dB で時間率 20% を満足しなかったが、映像 STL で ITU-R F. 1245 のアンテナパターンを使用した場合のみ基準を満足した。

無線LAN	クラッター損失	人体損	無線LAN アンテナ高	同一CH		隣接CH	
				I/N=-10	I/N=-20	I/N=-10	I/N=-20
				所要離隔 距離[km]	所要離隔 距離[km]	所要離隔 距離[km]	所要離隔 距離[km]
屋外 (VLP)	0dB	0dB	100m	84.6	90.7	6.2	19.3
			1.5m	47.7	53.2	5.8	19.3
			28.5m	67.0	72.6	5.8	19.3
		4dB	100m	82.3	88.4	3.9	12.1
			1.5m	45.3	51.0	3.2	12.1
			28.5m	64.7	70.3	3.7	12.1
	31.3dB	0dB	100m	16.5	49.9	1.0	1.0
			1.5m	16.5	31.4	0.9	1.7
			28.5m	16.5	49.9	0.2	1.7
		4dB	100m	10.6	32.1	1.0	1.0
			1.5m	9.9	27.8	0.9	0.1
			28.5m	10.6	32.1	0.6	1.7
屋内 (LPI)	0dB	0dB	100m	80.3	86.0	2.5	7.9
			1.5m	42.7	49.0	1.7	7.5
			28.5m	62.3	68.2	2.2	7.5
		4dB	100m	78.3	83.5	1.7	5.0
			1.5m	39.7	46.7	1.7	4.8
			28.5m	59.9	65.9	1.7	0.7
	31.3dB	0dB	100m	6.8	21.0	1.0	1.0
			1.5m	6.4	21.0	0.9	0.4
			28.5m	6.4	21.0	0.8	0.1
		4dB	100m	4.4	13.4	1.0	1.0
			1.5m	4.1	13.4	0.9	0.9
			28.5m	4.1	13.4	0.8	0.7

参考図 6.3-49 映像 STL : 演奏所→親局の条件と所要離隔距離

無線LAN	人体損	距離	同一CH		隣接CH	
			I/N=-10	I/N=-20	I/N=-10	I/N=-20
			所要改善 量[dB]	所要改善 量[dB]	所要改善 量[dB]	所要改善 量[dB]
屋外 (VLP)	0dB	20m	33.2	43.2	-6.9	3.1
		200m	36.5	46.5	-3.5	6.5
		800m	39.0	49.0	-1.0	9.0
	4dB	20m	29.2	39.2	-10.9	-0.9
		200m	32.5	42.5	-7.5	2.5
		800m	35.0	45.0	-5.0	5.0
屋内 (LPI)	0dB	20m	25.4	35.4	-14.7	-4.7
		200m	28.7	38.7	-11.3	-1.3
		800m	31.2	41.2	-8.8	1.2
	4dB	20m	21.4	31.4	-18.7	-8.7
		200m	24.7	34.7	-15.3	-5.3
		800m	27.2	37.2	-12.8	-2.8

所要改善量がプラスを示す。

参考図 6.3-50 映像 STL : 演奏所→親局の条件と所要改善量

無線LAN	クラッター損失	人体損	無線LAN アンテナ高	同一CH		隣接CH	
				I/N=-10	I/N=-20	I/N=-10	I/N=-20
				所要離隔 距離[km]	所要離隔 距離[km]	所要離隔 距離[km]	所要離隔 距離[km]
屋外 (VLP)	0dB	0dB	30m	42.3	48.1	1.4	4.1
			1.5m	23.1	28.7	1.1	4.1
			28.5m	41.7	47.5	1.4	4.1
		4dB	30m	39.9	46.3	0.9	2.7
			1.5m	20.6	26.6	1.1	2.1
			28.5m	39.3	45.4	0.9	2.7
	31.3dB	0dB	30m	3.5	10.9	1.0	1.0
			1.5m	3.5	10.6	0.7	1.1
			28.5m	3.5	10.9	1.0	1.0
		4dB	30m	2.3	6.9	0.9	1.0
			1.5m	1.1	6.9	0.7	1.1
			28.5m	2.3	6.9	0.9	1.0
屋内 (LPI)	0dB	0dB	30m	37.5	43.6	0.6	1.7
			1.5m	18.3	24.4	1.1	0.8
			28.5m	37.0	43.1	0.6	1.7
		4dB	30m	31.7	41.2	0.6	1.1
			1.5m	15.9	22.0	1.1	1.1
			28.5m	31.7	40.7	0.6	1.1
	31.3dB	0dB	30m	1.6	4.6	0.6	1.0
			1.5m	1.2	4.6	0.7	0.8
			28.5m	1.6	4.6	0.6	1.0
		4dB	30m	1.0	2.9	0.6	1.0
			1.5m	1.0	2.4	0.7	0.7
			28.5m	1.0	2.9	0.6	1.0

参考図 6.3-51 映像 FPU(固定) : 中継車→演奏所の条件と所要離隔距離

無線LAN	人体損	距離	同一CH		隣接CH	
			I/N=-10 所要改善 量[dB]	I/N=-20 所要改善 量[dB]	I/N=-10 所要改善 量[dB]	I/N=-20 所要改善 量[dB]
屋外 (VLP)	0 dB	20m	32.3	42.3	-7.8	2.2
		200m	36.4	46.4	-3.6	6.4
		800m	37.5	47.5	-2.5	7.5
	4 dB	20m	28.3	38.3	-11.8	-1.8
		200m	32.4	42.4	-7.6	2.4
		800m	33.5	43.5	-6.5	3.5
屋内 (LPI)	0 dB	20m	24.5	34.5	-15.6	-5.6
		200m	28.6	38.6	-11.4	-1.4
		800m	29.7	39.7	-10.3	-0.3
	4 dB	20m	20.5	30.5	-19.6	-9.6
		200m	24.6	34.6	-15.4	-5.4
		800m	25.7	35.7	-14.3	-4.3

参考図 6.3-52 映像 FPU(固定) : 中継車→演奏所の条件と所要改善量

無線LAN	クラッター 損失	人体損	無線LAN アンテナ高	同一CH		隣接CH	
				I/N=-10 所要離隔 距離[km]	I/N=-20 所要離隔 距離[km]	I/N=-10 所要離隔 距離[km]	I/N=-20 所要離隔 距離[km]
屋外 (VLP)	0dB	0 dB	3.5m	12.2	16.0	1.0	3.4
			1.5m	9.6	13.7	1.0	2.2
			28.5m	25.6	31.3	0.3	3.5
		4 dB	3.5m	11.0	14.8	0.6	2.2
			1.5m	7.7	11.8	0.6	1.8
			28.5m	22.8	29.0	0.2	2.1
	31.3dB	0 dB	3.5m	3.1	5.5	1.0	1.0
			1.5m	2.1	3.5	1.0	1.0
			28.5m	3.1	9.0	0.3	1.0
		4 dB	3.5m	1.9	4.2	0.6	1.0
			1.5m	1.6	2.8	0.6	1.0
			28.5m	1.8	6.0	0.2	1.0
屋内 (LPI)	0dB	0 dB	3.5m	9.5	13.7	0.5	1.5
			1.5m	7.0	10.1	0.5	1.5
			28.5m	20.4	26.8	0.2	1.5
		4 dB	3.5m	7.5	11.9	0.3	0.8
			1.5m	6.0	8.7	0.3	0.8
			28.5m	17.6	23.9	0.2	0.8
	31.3dB	0 dB	3.5m	1.3	3.5	0.5	1.0
			1.5m	1.3	2.4	0.5	1.0
			28.5m	1.2	3.8	0.2	0.1
		4 dB	3.5m	1.0	2.4	0.3	0.8
			1.5m	1.0	1.9	0.3	0.8
			28.5m	1.0	2.4	0.2	0.8

参考図 6.3-53 映像 FPU(移動) : 街中・競技場→中継車の条件と所要離隔距離

無線LAN	人体損	距離	同一CH		隣接CH	
			I/N=-10 所要改善 量[dB]	I/N=-20 所要改善 量[dB]	I/N=-10 所要改善 量[dB]	I/N=-20 所要改善 量[dB]
屋外 (VLP)	0 dB	20m	63.4	73.4	23.4	33.4
		200m	54.5	64.5	14.5	24.5
		800m	42.8	52.8	2.8	12.8
	4 dB	20m	59.4	69.4	19.4	29.4
		200m	50.5	60.5	10.5	20.5
		800m	38.8	48.8	-1.2	8.8
屋内 (LPI)	0 dB	20m	55.6	65.6	15.6	25.6
		200m	46.7	56.7	6.7	16.7
		800m	35.0	45.0	-5.0	5.0
	4 dB	20m	51.6	61.6	11.6	21.6
		200m	42.7	52.7	2.7	12.7
		800m	31.0	41.0	-9.0	1.0

参考図 6.3-54 映像 FPU(移動) : 街中・競技場→中継車の条件と所要改善量

参考表 6.3-31 垂直所要離隔距離 (高度方向)

無線LAN	クラッター 損失	人体損	I/N=-10	I/N=-20
			所要離隔 距離[km]	所要離隔 距離[km]
屋外 (VLP)	0dB	0 dB	23.0	70.0
屋内 (LPI)	0dB	0 dB	9.0	29.0

参考表 6.3-32 水平所要離隔距離

無線LAN	クラッター損失	人体損	無線LAN アンテナ高	同一CH		隣接CH	
				I/N=-10	I/N=-20	I/N=-10	I/N=-20
				所要離隔 距離[km]	所要離隔 距離[km]	所要離隔 距離[km]	所要離隔 距離[km]
屋外 (VLP)	0dB	0dB	1.5m	1.5	4.5	0.3	0.4
			28.5m	1.5	4.5	0.3	0.3
		4dB	1.5m	1.0	2.9	0.3	0.3
			28.5m	1.0	2.9	0.3	0.3
屋内 (LPI)	0dB	0dB	1.5m	0.8	1.9	0.3	0.3
			28.5m	0.8	1.9	0.3	0.3
		4dB	1.5m	0.6	1.3	0.3	0.3
			28.5m	0.6	1.3	0.3	0.3

無線LAN	人体損	距離	同一CH		隣接CH	
			I/N=-10	I/N=-20	I/N=-10	I/N=-20
			所要改善 量[dB]	所要改善 量[dB]	所要改善 量[dB]	所要改善 量[dB]
屋外 (VLP)	0 dB	20m	37.1	47.1	-2.9	7.1
		200m	21.6	31.6	-18.4	-8.4
		800m	5.6	15.6	-34.4	-24.4
	4 dB	20m	33.1	43.1	-6.9	3.1
		200m	17.6	27.6	-22.4	-12.4
		800m	1.6	11.6	-38.4	-28.4
屋内 (LPI)	0 dB	20m	29.3	39.3	-10.8	-0.7
		200m	13.8	23.8	-26.2	-16.2
		800m	-2.2	7.8	-42.2	-32.2
	4 dB	20m	25.3	35.3	-14.8	-4.7
		200m	9.8	19.8	-30.2	-20.2
		800m	-6.2	3.8	-46.2	-36.2

参考図 6.3-55 映像 FPU(移動) : 地上→ヘリコプターの条件

無線LAN	クラッター損失	人体損	無線LAN アンテナ高	同一CH		隣接CH	
				I/N=-10	I/N=-20	I/N=-10	I/N=-20
				所要離隔 距離[km]	所要離隔 距離[km]	所要離隔 距離[km]	所要離隔 距離[km]
屋外 (VLP)	ITU-R P.2108	0dB	1.5m	1.3	2.0	0.61	0.63
			28.5m	1.2	2.0	0.58	0.61
		4dB	1.5m	1.0	1.6	0.61	0.61
			28.5m	1.0	1.6	0.58	0.58
屋内 (LPI)	ITU-R P.2108	0dB	1.5m	0.8	1.3	0.61	0.61
			28.5m	0.9	1.3	0.58	0.58
		4dB	1.5m	0.8	0.8	0.61	0.61
			28.5m	0.9	1.2	0.58	0.58

参考図 6.3-57 映像 FPU(移動) : 地上→ヘリコプター (urban) の条件と所要離隔距離

無線LAN	人体損	距離	同一CH		隣接CH	
			I/N=-10	I/N=-20	I/N=-10	I/N=-20
			所要改善 量[dB]	所要改善 量[dB]	所要改善 量[dB]	所要改善 量[dB]
屋外 (VLP)	0 dB	20m	31.2	41.2	-8.8	1.2
		200m	27.2	37.2	-12.8	-2.8
		800m	3.5	13.5	-36.5	-26.5
	4 dB	20m	27.2	37.2	-12.8	-2.8
		200m	23.2	33.2	-16.8	-6.8
		800m	-0.5	9.5	-40.5	-30.5
屋内 (LPI)	0 dB	20m	23.4	33.4	-16.6	-6.6
		200m	19.4	29.4	-20.6	-10.6
		800m	-4.3	5.7	-44.3	-34.3
	4 dB	20m	19.4	29.4	-20.6	-10.6
		200m	15.4	25.4	-24.6	-14.6
		800m	-8.3	1.7	-48.3	-38.3

参考図 6.3-58 映像 FPU(移動) : 地上→ヘリコプター (urban) の条件と所要改善量

無線LAN	クラッター損失	人体損	無線LANアンテナ高	同一CH		隣接CH	
				I/N=-10	I/N=-20	I/N=-10	I/N=-20
				所要離隔距離[km]	所要離隔距離[km]	所要離隔距離[km]	所要離隔距離[km]
屋外(VLP)	0 dB	0 dB	100m	84.6	90.6	6.2	19.1
			1.5m	47.8	53.2	5.3	19.1
			28.5m	66.9	72.4	5.3	19.1
		4 dB	100m	82.3	88.3	4.0	12.2
			1.5m	45.5	51.1	2.3	12.1
			28.5m	64.7	70.2	3.4	0.9
	31.3dB	0 dB	100m	16.5	50.0	1.0	1.0
			1.5m	16.5	31.8	0.9	0.7
			28.5m	16.5	50.0	0.7	0.2
		4 dB	100m	10.5	32.2	1.0	1.0
			1.5m	9.1	28.1	0.9	0.9
			28.5m	10.5	32.2	0.7	0.9
屋内(LPI)	0 dB	0 dB	100m	80.3	86.0	2.6	8.0
			1.5m	42.9	49.0	2.3	6.9
			28.5m	62.4	68.1	1.7	6.9
		4 dB	100m	78.4	83.6	1.6	5.0
			1.5m	40.0	46.8	2.3	4.3
			28.5m	60.0	66.0	1.7	4.3
	31.3dB	0 dB	100m	6.9	21.2	1.0	1.0
			1.5m	5.9	21.2	0.9	0.9
			28.5m	5.9	21.2	0.7	0.7
		4 dB	100m	4.3	13.5	1.0	1.0
			1.5m	2.5	13.5	0.9	0.9
			28.5m	3.8	13.5	0.7	0.7

参考図 6.3-59 音声 STL : 演奏所→親局の条件と所要離隔距離

無線LAN	人体損	距離	同一CH		隣接CH	
			I/N=-10	I/N=-20	I/N=-10	I/N=-20
			所要改善量[dB]	所要改善量[dB]	所要改善量[dB]	所要改善量[dB]
屋外(VLP)	0 dB	20m	27.8	37.8	-12.2	-2.2
		200m	26.0	36.0	-14.0	-4.0
		800m	30.5	40.5	-9.5	0.5
	4 dB	20m	23.8	33.8	-16.2	-6.2
		200m	22.0	32.0	-18.0	-8.0
		800m	26.5	36.5	-13.5	-3.5
屋内(LPI)	0 dB	20m	20.0	30.0	-20.0	-10.0
		200m	18.2	28.2	-21.8	-11.8
		800m	22.7	32.7	-17.3	-7.3
	4 dB	20m	16.0	26.0	-24.0	-14.0
		200m	14.2	24.2	-25.8	-15.8
		800m	18.7	28.7	-21.3	-11.3

参考図 6.3-60 音声 STL : 演奏所→親局の条件と所要改善量

無線LAN	クラッター損失	人体損	無線LANアンテナ高	同一CH		隣接CH	
				I/N=-10	I/N=-20	I/N=-10	I/N=-20
				所要離隔距離[km]	所要離隔距離[km]	所要離隔距離[km]	所要離隔距離[km]
屋外(VLP)	0 dB	0 dB	100m	83.6	89.6	5.2	15.9
			1.5m	47.0	52.4	2.9	15.9
			28.5m	66.2	71.5	4.5	15.9
		4 dB	100m	81.5	87.4	3.3	10.1
			1.5m	44.5	50.2	2.3	8.7
			28.5m	64.0	69.3	2.8	10.1
	31.3dB	0 dB	100m	13.8	42.1	1.1	1.1
			1.5m	13.8	30.3	0.9	0.9
			28.5m	13.8	42.1	0.8	0.4
		4 dB	100m	8.7	27.0	1.1	1.1
			1.5m	7.6	26.7	0.9	0.9
			28.5m	8.7	27.0	0.8	0.8
屋内(LPI)	0 dB	0 dB	100m	79.5	85.0	2.2	6.8
			1.5m	41.7	48.1	2.3	3.7
			28.5m	61.3	67.2	1.7	5.7
		4 dB	100m	77.7	82.6	1.4	4.2
			1.5m	38.7	45.9	2.3	2.4
			28.5m	58.9	65.0	1.7	3.6
	31.3dB	0 dB	100m	5.7	17.6	1.1	1.1
			1.5m	3.2	17.6	0.9	0.9
			28.5m	5.0	17.6	0.8	0.8
		4 dB	100m	3.6	11.2	1.1	1.1
			1.5m	2.3	9.7	0.9	0.9
			28.5m	2.0	11.2	0.8	0.8

参考図 6.3-61 監視制御用固定回線 : 送信所→送信所の条件と所要離隔距離

無線LAN	人体損	距離	同一CH		隣接CH	
			I/N=-10	I/N=-20	I/N=-10	I/N=-20
			所要改善量[dB]	所要改善量[dB]	所要改善量[dB]	所要改善量[dB]
屋外(VLP)	0 dB	20m	26.2	36.2	-13.8	-3.8
		200m	24.4	34.4	-15.6	-5.6
		800m	28.9	38.9	-11.1	-1.1
	4 dB	20m	22.2	32.2	-17.8	-7.8
		200m	20.4	30.4	-19.6	-9.6
		800m	24.9	34.9	-15.1	-5.1
屋内(LPI)	0 dB	20m	18.4	28.4	-21.6	-11.6
		200m	16.6	26.6	-23.4	-13.4
		800m	21.1	31.1	-18.9	-8.9
	4 dB	20m	14.4	24.4	-25.6	-15.6
		200m	12.6	22.6	-27.4	-17.4
		800m	17.1	27.1	-22.9	-12.9

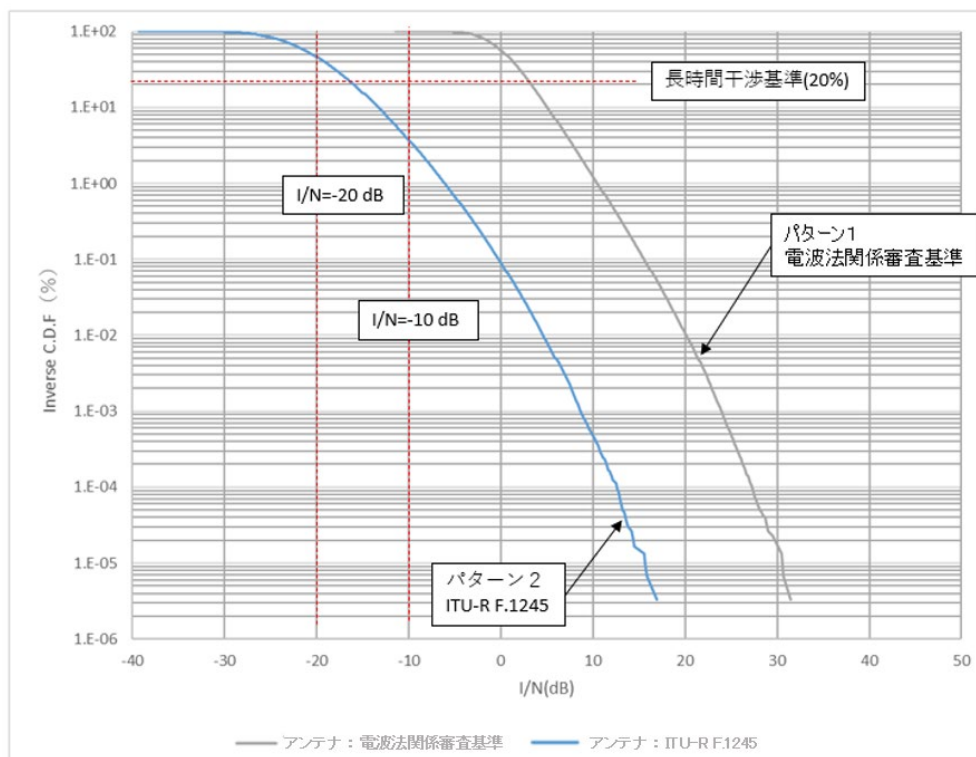
参考図 6.3-62 監視制御用固定回線 : 送信所→送信所の条件と所要改善量

無線LAN	クラッター損失	人体損	無線LANアンテナ高	同一CH		隣接CH	
				I/N=-10	I/N=-20	I/N=-10	I/N=-20
				所要離隔距離[km]	所要離隔距離[km]	所要離隔距離[km]	所要離隔距離[km]
屋外(VLP)	0 dB	0 dB	3.5m	9.8	14.4	0.55	1.65
			1.5m	7.5	11.2	0.55	1.55
			28.5m	21.4	27.6	0.45	1.65
		4 dB	3.5m	8.1	12.7	0.35	1.00
			1.5m	6.3	9.6	0.35	1.00
			28.5m	18.7	25.6	0.20	0.90
	31.3dB	0 dB	3.5m	1.5	3.8	0.55	1.00
			1.5m	1.5	2.7	0.55	1.00
			28.5m	1.5	5.2	0.45	1.00
		4 dB	3.5m	1.0	3.1	0.35	1.00
			1.5m	1.0	2.1	0.35	1.00
			28.5m	1.0	3.1	0.20	0.90
屋内(LPI)	0 dB	0 dB	3.5m	7.2	11.1	0.25	0.75
			1.5m	5.5	7.9	0.25	0.75
			28.5m	16.1	22.8	0.15	0.60
		4 dB	3.5m	6.2	9.5	0.15	0.45
			1.5m	4.3	7.0	0.15	0.45
			28.5m	14.0	20.4	0.15	0.25
	31.3dB	0 dB	3.5m	1.0	2.0	0.25	0.75
			1.5m	1.0	1.6	0.25	0.75
			28.5m	1.0	2.0	0.15	0.60
		4 dB	3.5m	1.0	1.3	0.15	0.45
			1.5m	1.0	1.3	0.15	0.45
			28.5m	1.0	1.3	0.15	0.25

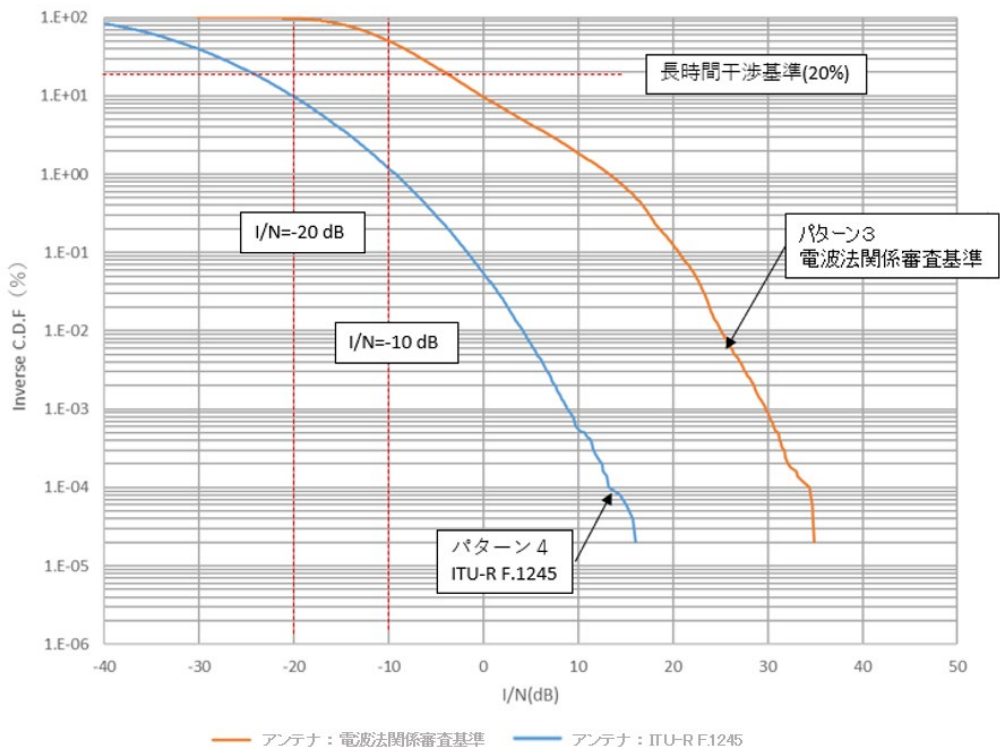
参考図 6.3-63 映像 FPU(移動) : 競技場トラック等→競技場内受信施設の条件と所要離隔距離

無線LAN	人体損	距離	同一CH		隣接CH	
			I/N=-10	I/N=-20	I/N=-10	I/N=-20
			所要改善量[dB]	所要改善量[dB]	所要改善量[dB]	所要改善量[dB]
屋外(VLP)	0 dB	5m	67.5	77.5	27.5	37.5
		20m	65.1	75.1	25.1	35.1
		100m	54.8	64.8	14.8	24.8
	4 dB	5m	63.5	73.5	23.5	33.5
		20m	61.1	71.1	21.1	31.1
		100m	50.8	60.8	10.8	20.8
屋内(LPI)	0 dB	50m	59.7	69.7	19.7	29.7
		20m	57.3	67.3	17.3	27.3
		100m	47.0	57.0	7.0	17.0
	4 dB	5m	55.7	65.7	15.7	25.7
		20m	53.3	63.3	13.3	23.3
		100m	43.0	53.0	3.0	13.0

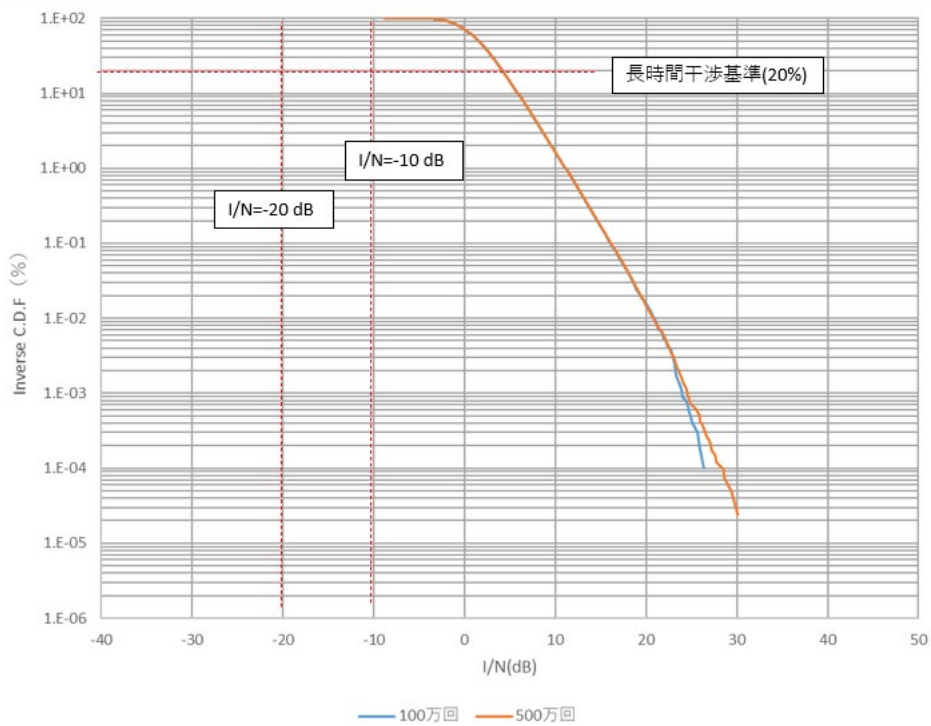
参考図 6.3-64 映像 FPU(移動) : 競技場トラック等→競技場内受信施設の条件と所要改善量



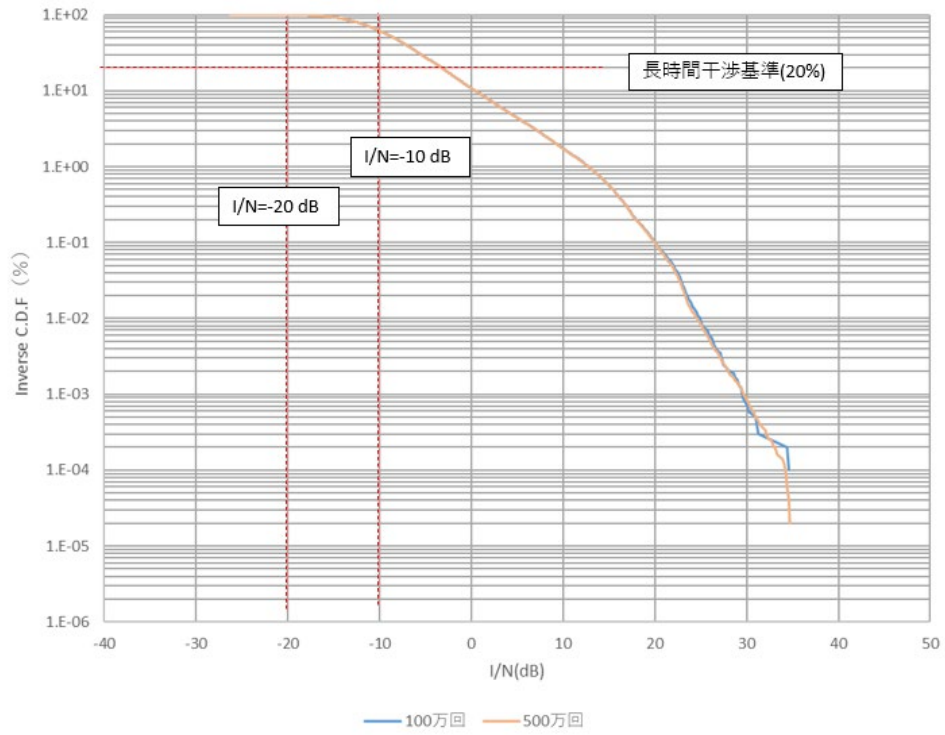
参考図 6.3-65 映像 STL パターン1、2



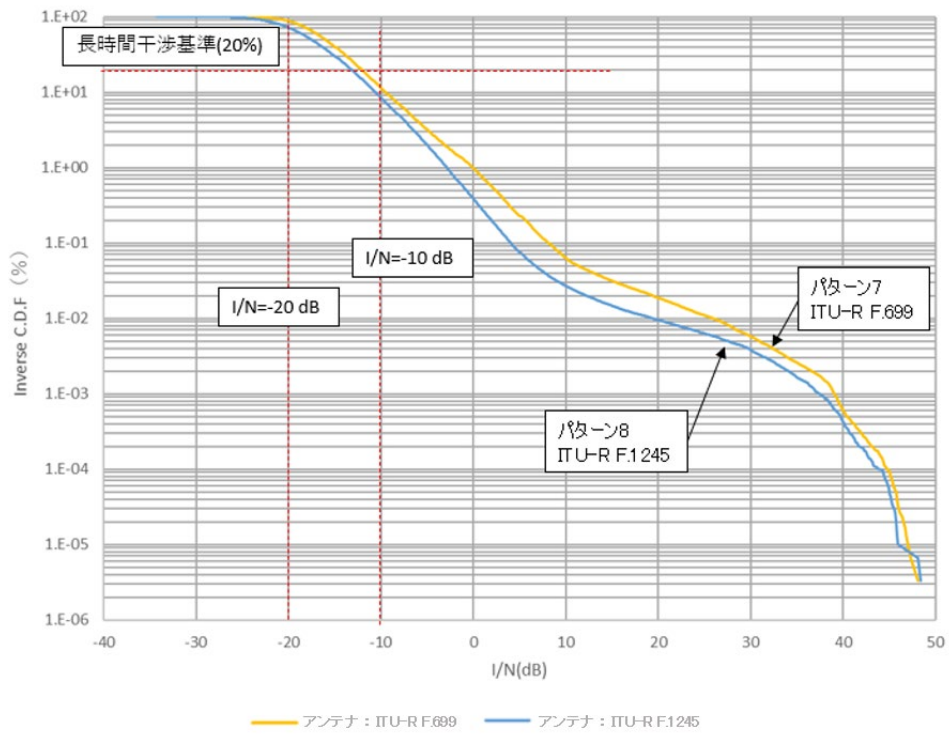
参考図 6.3-66 映像 STL パターン 3、4



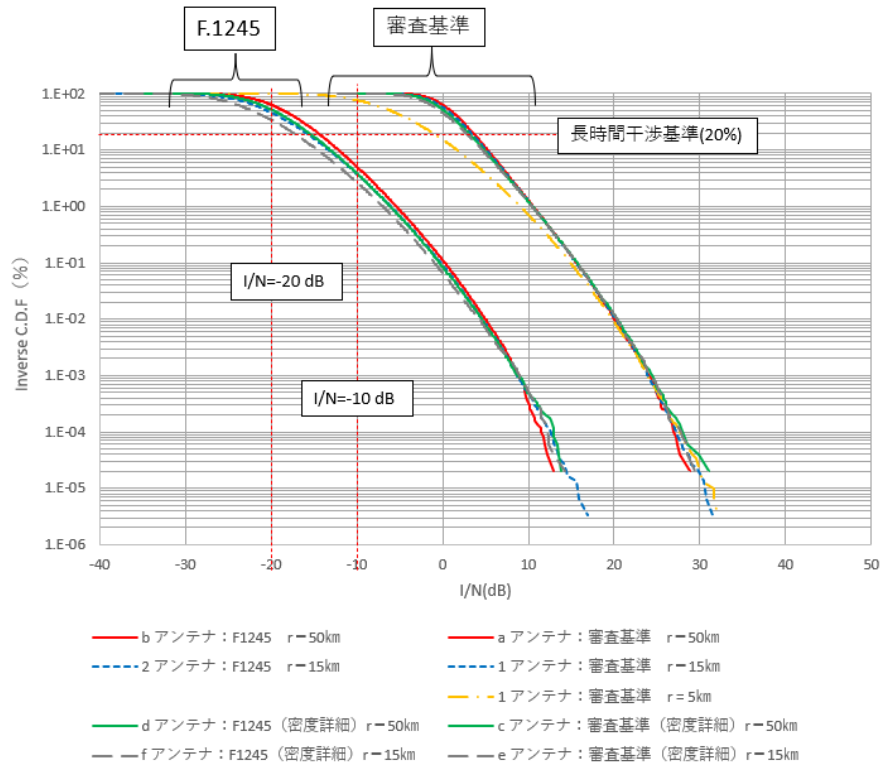
参考図 6.3-67 映像 TSL パターン 5



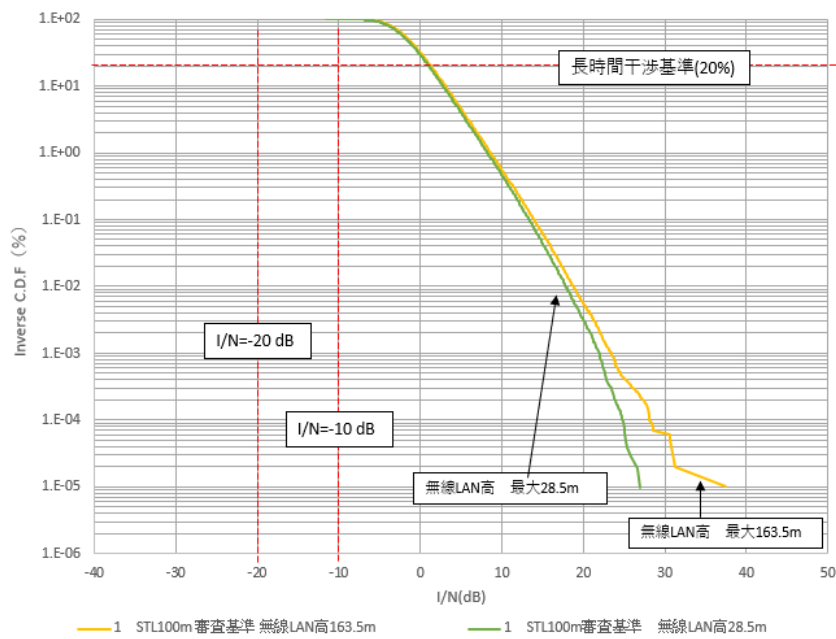
参考図 6.3-68 映像 TSL パターン 6



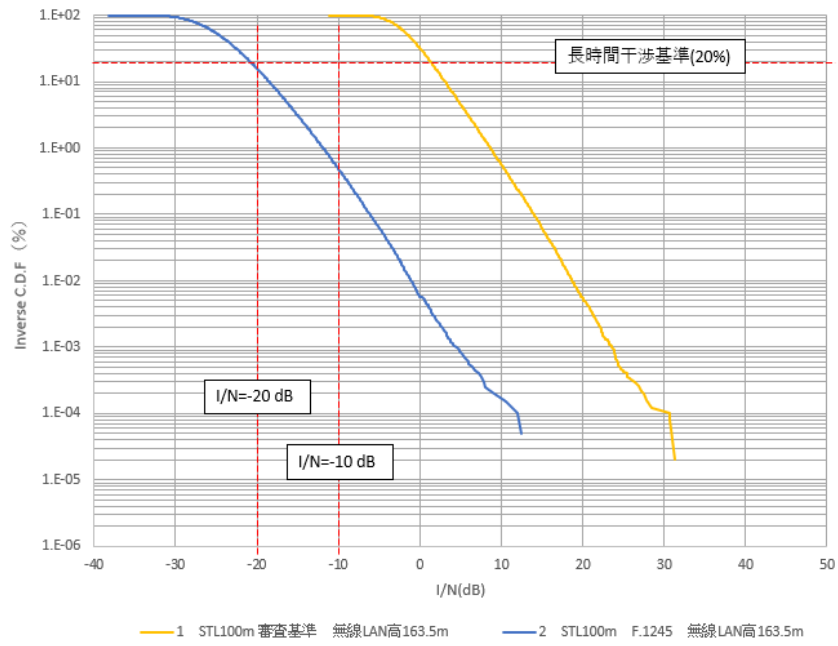
参考図 6.3-69 FPU パターン 7、8



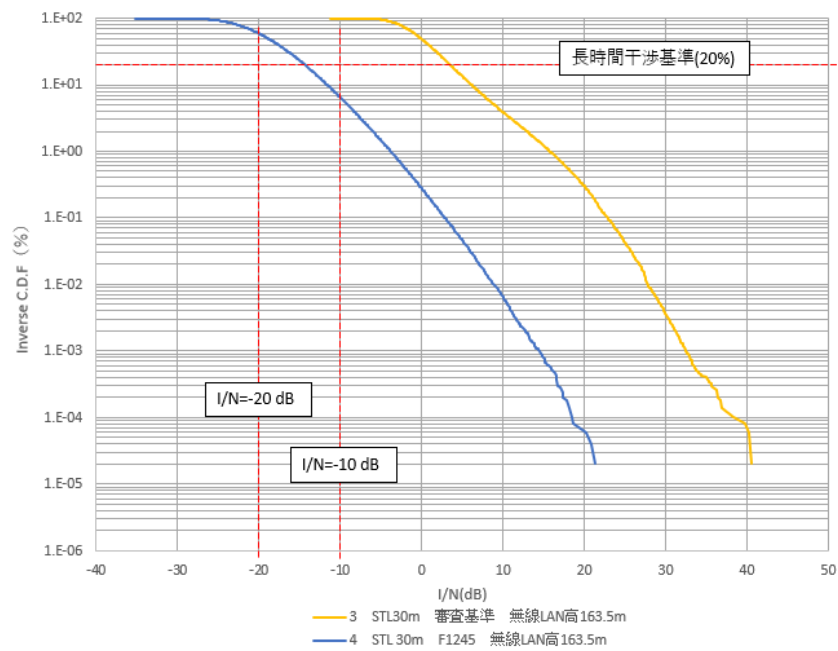
参考図 6.3-72 電波法関係審査基準および ITU-RF.1245 の計算半径比較



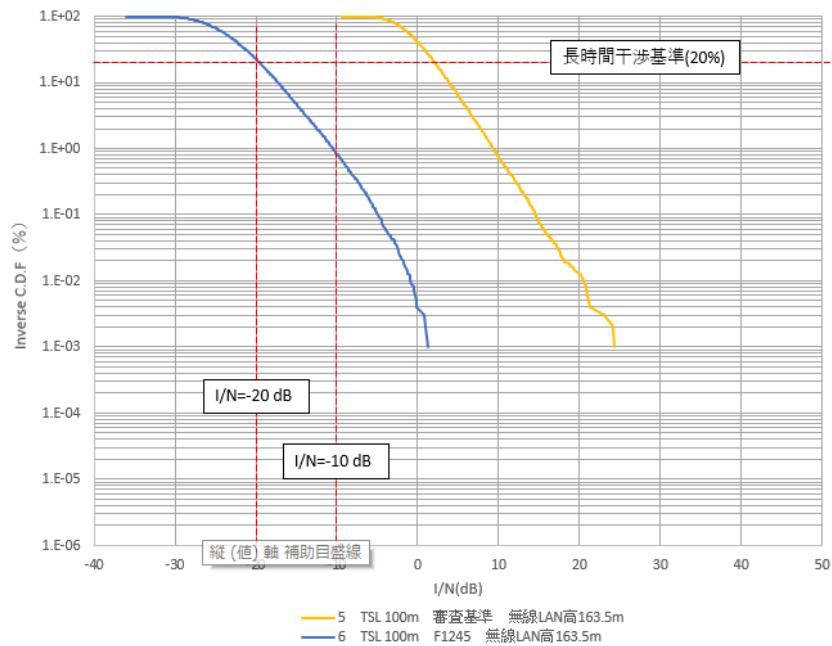
参考図 6.3-73 無線 LAN アンテナ地上高の比較



(1) 映像STLのシミュレーション結果（受信高100m）

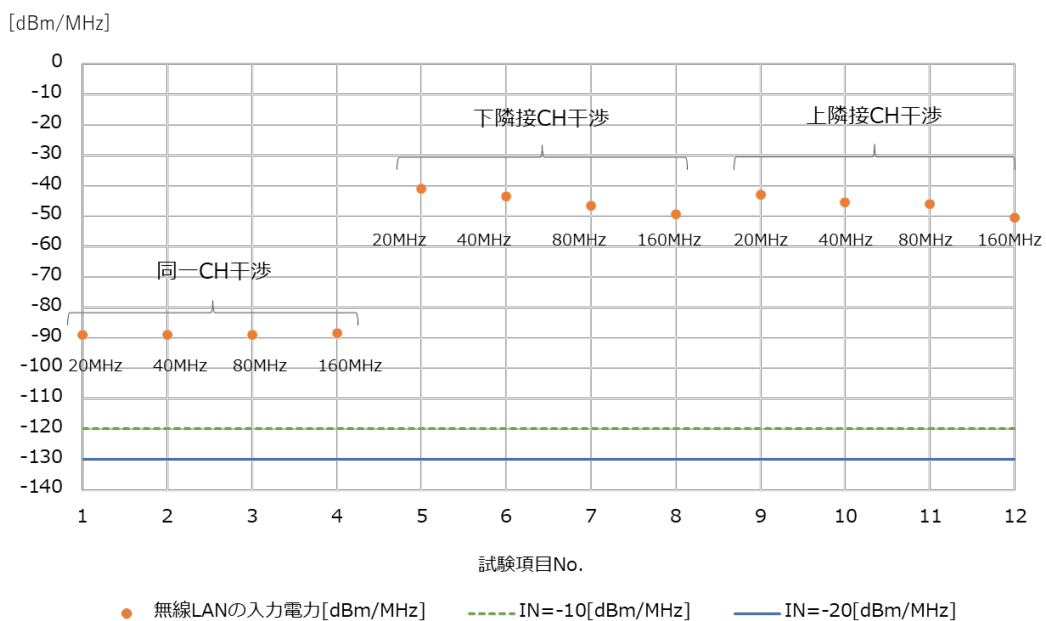


(2) 映像STLのシミュレーション結果（受信高30m）

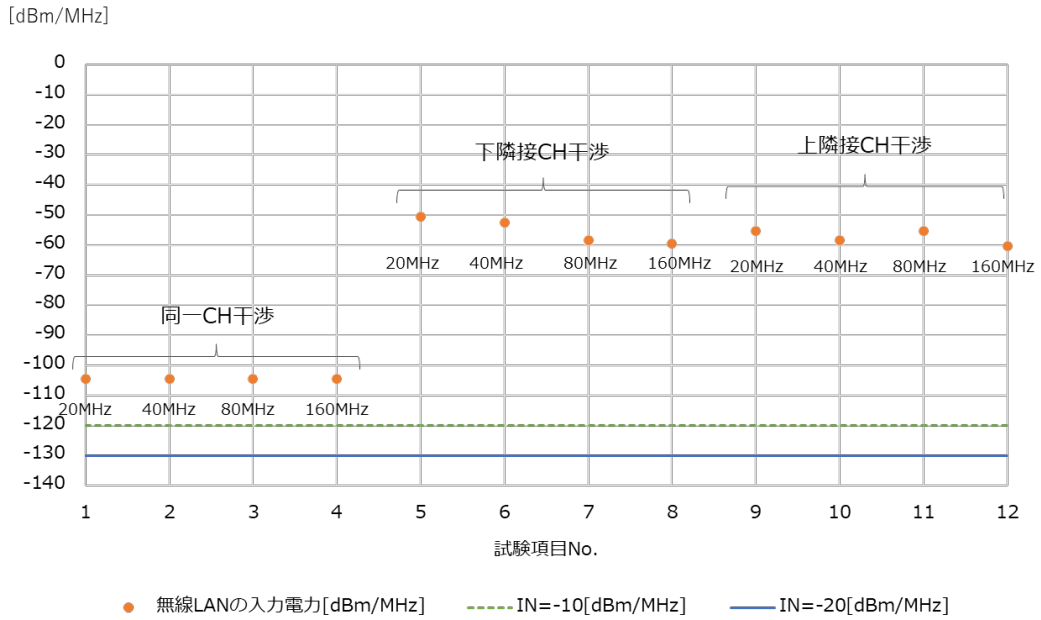


(3) 映像TSLのシミュレーション結果 (受信高100m)

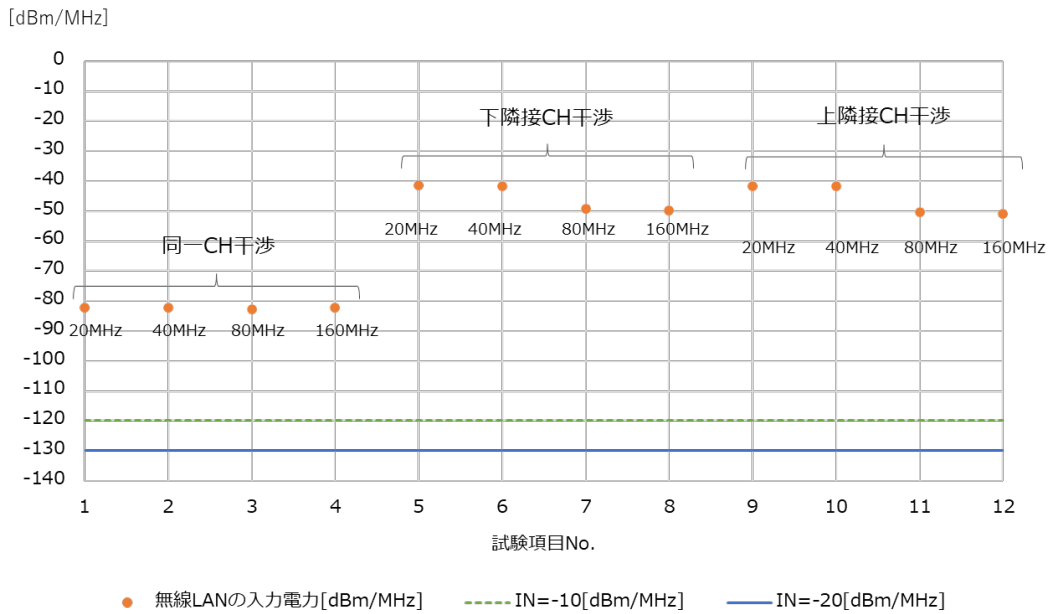
参考図 6.3-74 新しい無線 LAN アンテナ地上高分配によるシミュレーション結果



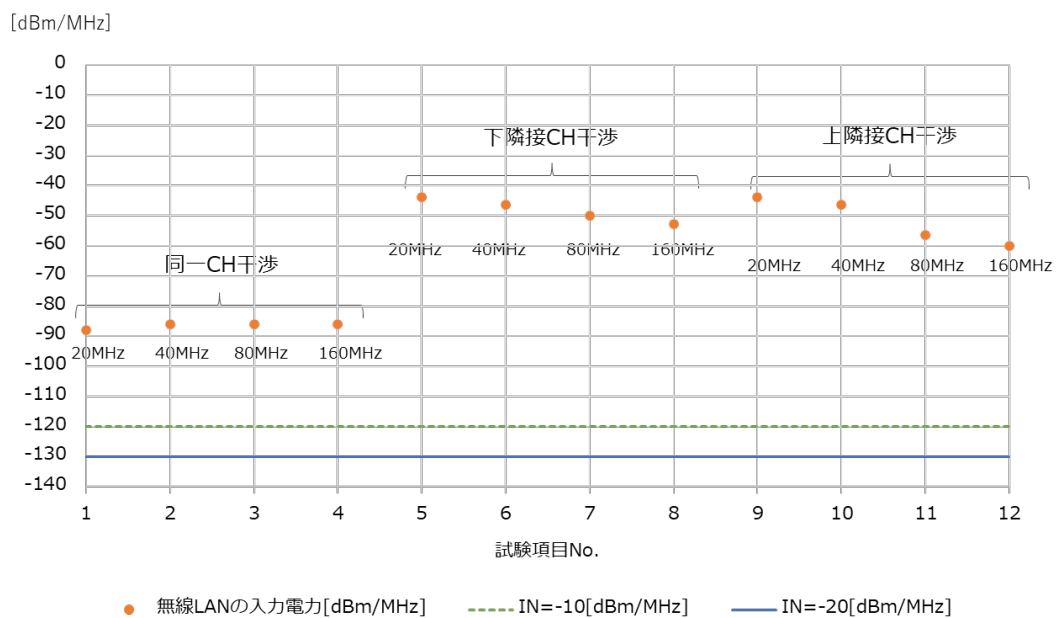
参考図 6.3-76 -55dBm (標準受信入力) 試験の結果



参考図 6.3-77 -70dBm 試験の結果



参考図 6.3-78 -54.5dBm(標準受信入力)試験の結果



参考図 6.3-79 -65.5dBm(標準受信入力)試験の結果