

平成 24 年度

**情報通信審議会 情報通信技術分科会
携帯電話等高度化委員会報告
(素案)**

諮問第 81 号

「携帯電話等の周波数有効利用方策」のうち

「第 4 世代移動通信システム (IMT-Advanced) の技術的条件」

情報通信審議会 情報通信技術分科会
携帯電話等高度化委員会報告

目次（案）

I	検討事項	1
II	委員会及び作業班の構成	1
III	検討経過	1
IV	検討概要	
第1章	第4世代移動通信システム（IMT-Advanced）の概要	
1. 1	調査開始の背景	
1. 2	移動通信をめぐるトレンド	
1. 2. 1	世界の移動通信システムの進化	
1. 2. 2	トラヒックの増加傾向	
1. 2. 3	第4世代移動通信システム（IMT-Advanced）の技術概要	
1. 2. 4	国際標準化動向	
1. 2. 5	携帯電話用周波数の動向	
第2章	3.4GHzを超え4.2GHz以下の周波数帯における第4世代移動通信システム（IMT-Advanced）相互間及び第4世代移動通信システム（IMT-Advanced）と他システムとの干渉検討	
2. 1	検討対象システムと干渉検討の方法	
2. 1. 1	他業務における3.4-4.2GHz帯の利用状況について	
2. 1. 2	検討対象となる干渉形態	
2. 1. 3	干渉検討の方法	
2. 2	第4世代移動通信システムの干渉検討パラメータ	
2. 2. 1	基地局のパラメータ	
2. 2. 2	陸上移動局のパラメータ	

2. 2. 3	陸上移動中継局のパラメータ	.....
2. 2. 4	小電力レピータのパラメータ	.....
2. 2. 5	干渉検討に用いる伝搬式	.....
2. 3	第4世代移動通信システム (IMT-Advanced) 相互間の干渉検討	.....
2. 3. 1	基地局間の干渉	.....
2. 3. 2	移動局間の干渉	.....
2. 3. 3	第4世代移動通信システム (IMT-Advanced) 相互間の干渉 検討結果まとめ	.....
2. 4	放送事業用無線局との干渉検討	.....
2. 4. 1	検討を実施する干渉携帯	.....
2. 4. 2	基地局との干渉検討	.....
2. 4. 3	移動局との干渉検討	.....
2. 4. 4	陸上移動中継局との干渉検討	.....
2. 4. 5	小電力レピータとの干渉検討	.....
2. 4. 6	放送事業用無線局との干渉検討結果まとめ	.....
2. 5	衛星業務システムとの干渉検討	.....
2. 5. 1	検討を実施する干渉形態	.....
2. 5. 2	基地局→衛星地球局の干渉形態	.....
2. 5. 3	移動局→衛星地球局の干渉形態	.....
2. 5. 4	陸上移動中継局→衛星地球局の干渉形態	.....
2. 5. 5	小電力レピータ→衛星地球局の干渉形態	.....
2. 5. 6	衛星地球局との干渉検討結果まとめ	.....
2. 6	航空機電波高度計との干渉検討	.....
2. 7	干渉検討結果まとめ	.....

第3章 既存の周波数帯における第4世代移動通信システム (IMT-Advanced) 相互間及び第4世代移動通信システム (IMT-Advanced) と他システムとの干渉検討

3. 1	既存の携帯電話周波数への第4世代移動通信システムの導入	.....
3. 2	既存帯域へ導入することが期待されている新技術	.....
3. 2. 1	キャリアアグリゲーション	.....
3. 2. 2	MIMO伝送技術の拡張	.....
3. 2. 3	ヘテロジーニアスネットワーク	.....
3. 2. 4	セル間協調 (CoMP) 送受信	.....
3. 2. 5	リレー伝送技術	.....

3. 2. 6	まとめ	.....
第4章	第4世代移動通信システム（IMT-Advanced）の技術的条件	...
4. 1	無線諸元	.....
4. 2	システム設計上の条件	.....
4. 3	無線設備の技術的条件	.....
4. 4	測定法	.....
4. 5	端末設備として移動局に求められる技術的な条件	.....
V	検討結果	.....
別表1	携帯電話等高度化委員会 構成員	.....
別表2	第4世代移動通信システム作業班 構成員	.....
参考資料		.....
参考資料1	干渉検討で使用した各無線システムのスペック等	.....
参考資料1-1	3.4GHz帯音声STL（アナログ方式）のスペック	.....
参考資料1-2	3.4GHz帯音声FPU（アナログ方式）のスペック	.....
参考資料1-3	衛星ダウンリンク（Gバンド）のスペック	.....
参考資料1-4	航空機電波高度計のスペック	.....
参考資料2	干渉検討で使用した伝搬モデル等について	.....
1	共用検討に用いる伝搬式の検討	.....
2	干渉検討における共通のパラメータについて	.....
3	屋内における遮蔽物による減衰	.....
4	SEAMCATで用いる伝搬モデルについて	.....
参考資料3	干渉検討における計算の過程	.....
参考資料3-1	第4世代移動通信システム（IMT-Advanced）相互間の干渉検討における計算の過程	.....
参考資料3-2	放送監視制御回線との干渉検討における計算の過程	.....

参考資料 3 - 3	3. 4GHz帯音声FPUとの干渉検討における計算の過程
参考資料 3 - 4	3. 4GHz帯音声STL/TTL/TSLとの干渉検討における 計算の過程
参考資料 3 - 5	衛星ダウンリンク (Cバンド) との干渉検討における 計算の過程
参考資料 3 - 6	移動衛星フィーダリンクのダウンリンク (Cバンド) との干渉検討における計算の過程
参考資料 4	主な略語とその名称

I 検討事項

携帯電話等高度化委員会（以下「委員会」という。）は、電気通信技術審議会諮問第 81 号「携帯電話等の周波数有効利用方策」（平成 7 年 7 月 24 日諮問）のうち、「第 4 世代移動通信システム（IMT-Advanced）の技術的条件」について検討を行った。

II 委員会及び作業班の構成

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、委員会が調査のために必要とする情報を収集し、技術的条件についての調査を促進することを目的とした、第 4 世代移動通信システム作業班（以下「作業班」という。）を設置した。作業班の構成は、別表 2 のとおりである。

III 検討経過

1 委員会での検討

① 第 10 回委員会（平成 24 年 4 月 16 日）

委員会の運営方針及び調査の進め方について検討を行ったほか、検討の促進を図るため、委員会の下に作業班を設置した。

また、次回委員会において、第 4 世代移動通信システム（IMT-Advanced）の技術的条件について、広く意見陳述の機会を設けることとした。その後、5 月 15 日から 6 月 5 日まで希望者を募集したが、意見陳述の申出はなかった。

② 第 11 回委員会（平成 24 年 11 月 22 日）

作業班より、国際標準化の動向、IMT-Advanced の概要や干渉検討の進め方についての検討状況が報告された。

③ 第 12 回委員会（平成 25 年 3 月 5 日）

作業班より、干渉検討に関する検討状況の報告が行われ、それを踏まえて報告書の素案について検討を行った。

2 作業班での検討

① 第 1 回作業班（平成 24 年 6 月 6 日）

調査の進め方について検討を行った。検討を効率的に行うため、作業班内にアドホックグループを設置した。

第 4 世代移動通信システム（IMT-Advanced）の概要・動向・将来展望や干渉検討に向けた前提条件・運用上考慮すべき事項等について、関係構成員等によるプレゼンテーションを実施することとし、第 1 回目のプレゼンテーションが行われた。

② 第 2 回作業班（平成 24 年 7 月 4 日）

第 4 世代移動通信システム（IMT-Advanced）及び干渉検討対象となる固定衛星業務の無線システムについてプレゼンテーションが行われた。

- ③ 第3回作業班（平成24年8月9日）
第4世代移動通信システム（IMT-Advanced）及び干渉検討対象となる放送事業用の無線システムについてプレゼンテーションが行われた。
- ④ 第4回作業班（平成24年9月5日）
第4世代移動通信システム（IMT-Advanced）についてプレゼンテーションが行われた。
- ⑤ 第5回作業班（平成24年10月17日）
第4世代移動通信システム（IMT-Advanced）についてプレゼンテーションが行われた。
干渉検討の組み合わせと検討モデルについて議論され、委員会への検討状況の報告案が検討された。
- ⑥ 第6回作業班（平成24年12月12日）
干渉検討の検討状況が報告された。

IV 検討概要

第1章 第4世代移動通信システム（IMT-Advanced）の概要

1. 1 調査開始の背景

我が国の携帯電話の加入者数及び人口普及率は、それぞれ1億2991万加入、101.9%となっており（平成24年6月末現在）、1人で複数台の端末を利用するような使い方も確実に広がってきている。

ここ数年のワイヤレスブロードバンドシステムの世界的な普及拡大を背景に、移動通信システムの世界においても、スマートフォンの利用や、高速データ通信の利用が急激に拡大しており、利用者からは、より高速・大容量で利便性の高い第4世代移動通信システム（IMT-Advanced）の早期導入に大きな期待が寄せられている。

このような背景を踏まえ、国内外の技術進化の動向及び周波数の一層の有効利用を考慮して、第4世代移動通信システム（IMT-Advanced）の導入に向け、必要な技術的条件等の検討を行ったものである。

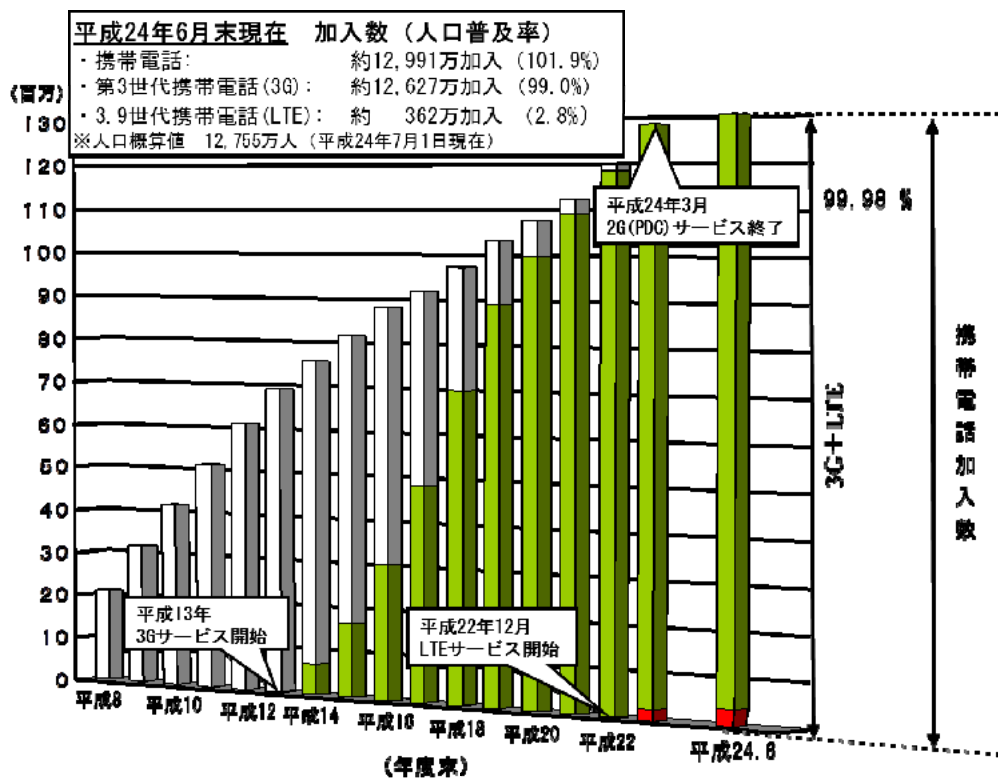


図1. 1-1 我が国の携帯電話加入者数の推移

1. 2 移動通信をめぐるトレンド

1. 2. 1 世界の移動通信システムの進化

移動通信システムの世界では、概ね 10 年に1度の頻度で大きな技術革新に伴う新たな方式の導入が行われている。1990 年代の終わりごろから、従来の音声中心の利用形態から、携帯電話からインターネットへアクセスするようなモバイルインターネットの時代が始まり、2000 年代からは、高速データ通信とマルチメディアへの親和性の高い、いわゆる第3世代システム（IMT-2000）の普及が始まっている。国際電気通信連合無線通信部門（ITU-R）が定めた IMT-2000 システムにはいくつかの方式があるが、世界的には、W-CDMA と CDMA2000 の2つのシステムが広く商用展開されている。

2010 年代に入ると、更なる高速・大容量のシステムとして、第3世代システムから大きく飛躍した性能を有する LTE（Long Term Evolution）システムが、世界的に利用され始めている。LTE は、最大 300Mbit/sec の伝送速度を達成可能な超高速の移動通信システムであり、2013 年1月現在、世界中で 66 カ国 145 のネットワークが商用サービスされている（※1）。

（※1）http://www.gsacom.com/downloads/charts/LTE_global_map.php4

上記のような技術進化とともに、携帯電話システムにおけるトラフィック量も急激に増加してきており、これに応えるため、更なる超高速・大容量システムの実現が期待されている。以下に詳述するように、ITU-R では 2000 年ごろからいわゆる第4世代システム（IMT-Advanced）の標準化作業を進めてきており、2012 年1月には IMT-Advanced システムの無線詳細規格（勧告 ITU-R M. 2012）が承認され、2015 年ごろには実用化されることが期待されている。

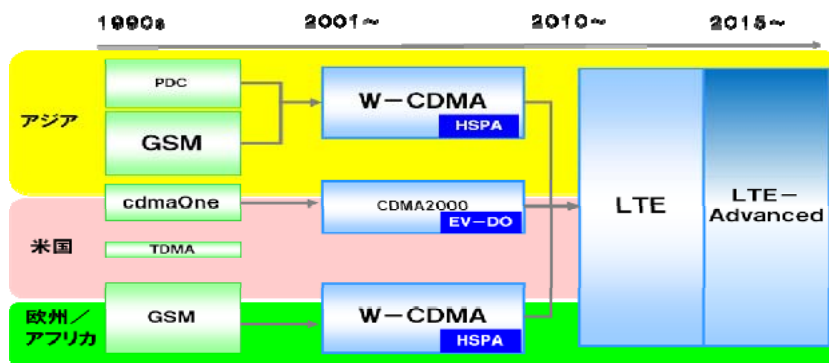


図1. 2. 1-1 世界の移動通信システムの進化

1. 2. 2 トラフィックの増加傾向

移動通信関連の技術革新の速度は著しく、スマートフォンに代表されるように、インターネット接続環境での利用を重視した端末の急速な普及や、それに伴う様々な利用環境の拡大が続いている。例えば、電子書籍を扱う端末やサービス、プラットフォーム等を巡る動きが活発化し、移動通信ネットワークを介して新聞、雑誌、新刊書籍等を入手するだけでなく、M2Mのように、あらゆる物体に小型の端末を埋め込んでインターネットへ接続しビジネス環境を構築する時代が幕開けようとしている。このほかにも、ハイビジョン映像のアップロード、映像教

材のストリーミング、大容量データ伝送による家電機器との連携、大容量のサイネージ情報の配信や医療画像伝送による遠隔医療などのサービスが普及・拡大する等、様々なコンテンツの大容量化が急速に進んできている。

これらの動きは、すでに急増状態にある携帯電話トラフィックの更なる増大を加速することとなる。総務省のいくつかの審議会において、将来トラフィックの予測を行っているが、これらによれば、移動通信システムのサービスによるトラフィックは、今後、年率1.7倍～2倍程度に増大するものと予測されている（図1. 2. 2-1）。総務省が移動通信事業者5社の協力を得て、継続的に調査している移動通信トラフィックデータ（非音声）の集計・分析結果においても、実際のトラフィックは年率約2倍で増加しており、これらの予測に合致したペースでトラフィックが増加していることがわかる（図1. 2. 2-2）。

従って、今後、多様な分野において、ワイヤレスブロードバンド環境を実現するには、より一層需要に的確に対応した周波数確保が求められることとなる。

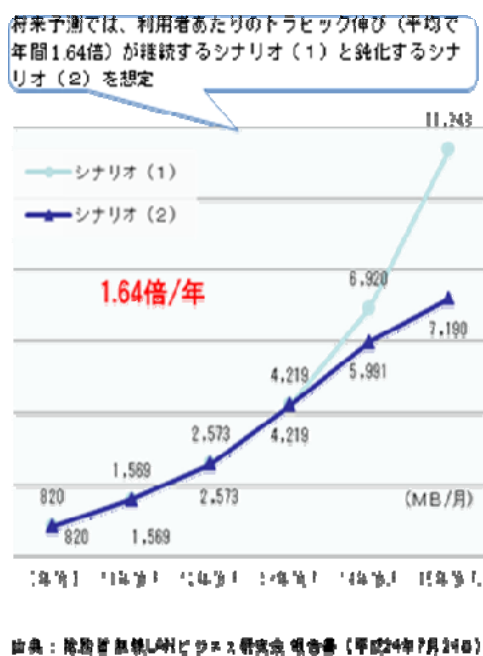
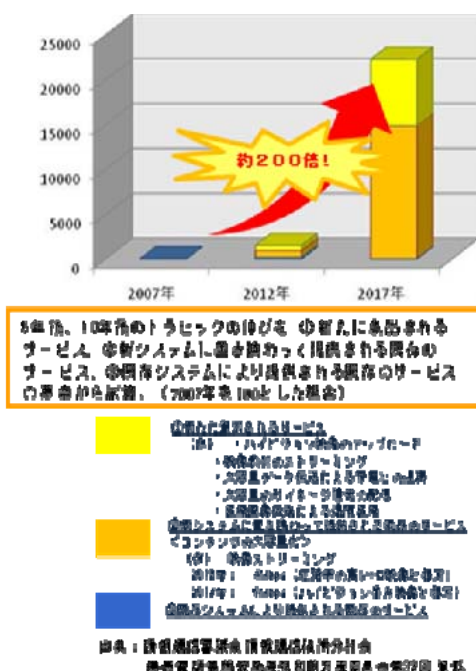
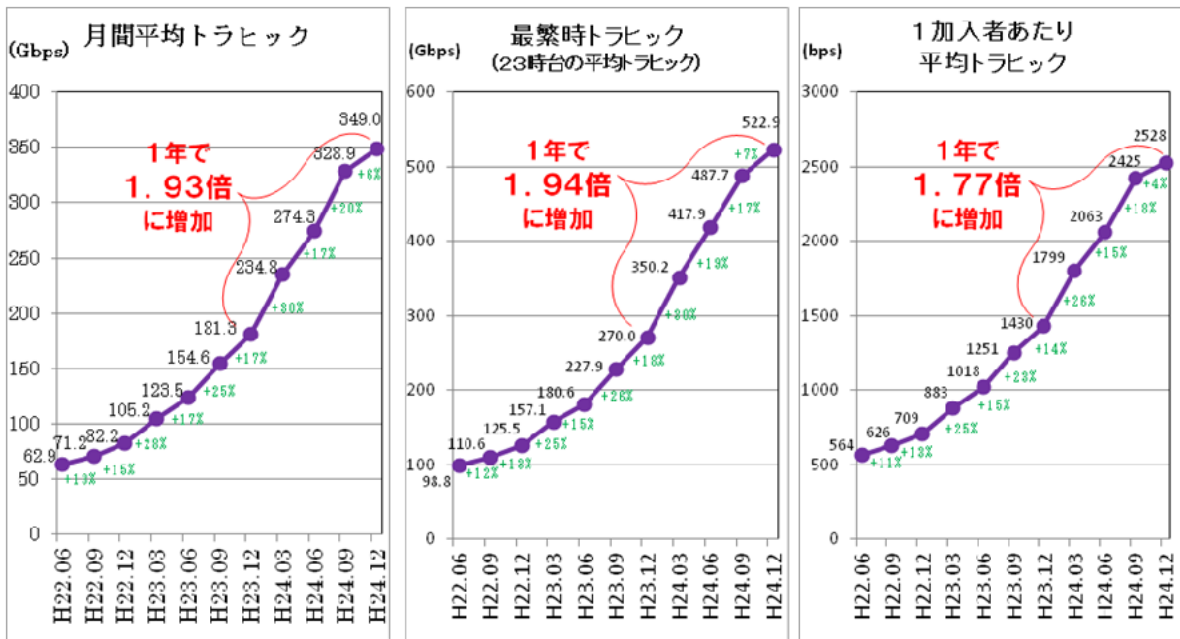


図1. 2. 2-1 移動通信トラフィックの将来予測



○直近四半期で伸びが鈍くなったものの、年間約2倍のペースで移动通信トラフィックは増加している。
 (各社のスマートフォン利用者数の増加や、動画等の大容量コンテンツの利用増加等が主要因と推測される。)

図 1. 2. 2-2 移动通信トラフィックの現状 (総務省集計による平成24年12月期)

1. 2. 3 第4世代移動通信システム (IMT-Advanced) の技術概要

1. 2. 3. 1 LTE-Advanced技術の概要

LTE-Advancedは、LTEとの後方互換性を確保しつつ、LTEよりも高速・大容量なシステムを実現することを目標に開発されたシステムである。LTE-Advancedの主要な機能を以下に示す。

表 1. 2. 3. 1-1 LTE-Advancedの主な技術的特徴

機能	概要	3GPPにおける標準化状況
キャリアアグリゲーション (CA)	複数のLTEキャリア(不連続 or 連続の周波数帯)を束ねた送受信(最大100MHz幅)を行い、伝送速度を高速化	(リリース10) 基本仕様完成 (リリース11以降) 異なるバンド間の上りCAの無線仕様規定は、検討完了までに、相当の時間がかかる見込み
MIMOの拡張	MIMO多重伝送数の拡張(下り:最大8、上り:最大4) マルチユーザMIMOの拡張・適用	(リリース10) 基本仕様完成 (リリース11以降) 上り4アンテナMIMOの無線仕様規定が未検討
ヘテロジニアスネットワーク (HetNet)	異なる基地局(例:送信電力等)を同一エリア内で混在させて展開するネットワーク ネットワーク内で基地局間連携を行い、セル端スループット等を改善する技術も検討	(リリース10) 基本仕様完成 (リリース11以降) 送信電力38dBmの基地局規定がリリース11に追加される予定
セル間協調送受信 (CoMP)	複数の基地局で協調して信号を送受信し、セル端スループット等を改善	(リリース11以降) 基本仕様の完成は最速でリリース11となる見込みだが、無線仕様規定に関わる仕様変更は不要
リレー伝送	再生中継による無線でのバックホールリンクのサポート可能とし、カバレージ、エリア展開の柔軟性を確保	(リリース10) 基本仕様完成 (リリース11以降) 無線仕様規定の完成は最速でリリース11となる見込み。

(1) キャリアアグリゲーション (CA)

LTEでは、最小1.4 MHz幅から最大20 MHz幅までの、いずれか1つの周波数帯域での運用が可能である。一方、LTE-Advancedの要求条件として設定された最大通信速度1 Gbit/secを実現するためには、20 MHz幅以上の、より広い周波数帯域を利用する必要がある。そこで、LTE-Advancedでは、LTEとの互換性を保ちつつ、最大100 MHz幅までの周波数帯域での運用をサポートするため、キャリアアグリゲーションという技術が用いられている。

この技術は、LTEがサポートしている周波数帯域(最大20 MHz幅)を複数束ねて同時に利用することを可能とするものである。束ねる周波数帯域については、同一の周波数バンド内で連続する周波数を利用する場合だけでなく、異なる周波数バンドにまたがって周波数を利用することも可能である。

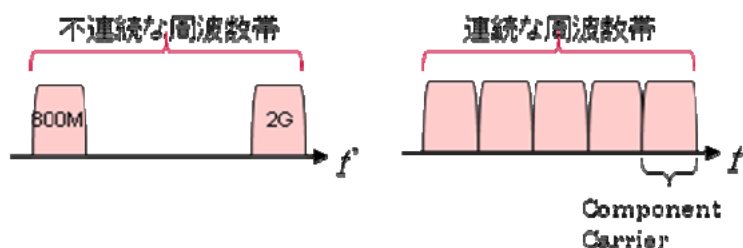


図 1. 2. 3. 1-1 キャリアアグリゲーション (CA) の例

(2) MIMO 伝送技術の拡張

LTEでは、基地局から端末への通信（下りリンク）において、複数の基地局送信アンテナから異なるデータ信号を送信しつつ、複数の端末受信アンテナで信号を受信し、信号処理技術により送信アンテナ毎のデータ信号に分離を行うMIMO伝送技術が採用されている。MIMO伝送技術を用いることにより、送信アンテナ数に比例して通信速度を向上させることが可能であり、LTEの場合には、20 MHz幅の周波数帯域で4アンテナ送信を行なうことにより、最大通信速度300 Mbit/secを実現する仕様が規定されている。LTE-Advancedでは、より高速な通信速度を実現するため、最大8アンテナ送信のMIMO伝送技術への対応が規定されており、キャリアアグリゲーションを用いた100 MHz幅の周波数帯域利用と組み合わせることにより、最大3 Gbit/secの通信速度を実現する仕様が規定されている。さらに、LTE-Advancedでは、通信速度の拡大だけでなく、異なる端末向けの信号を同時送信（多重）するマルチユーザMIMO伝送技術についても、LTEに比較して改良が図られており、周波数利用効率を改善することが可能となっている。

一方、端末から基地局への通信（上りリンク）については、LTEでは、端末の送信回路構成の簡易化や低消費電力化のためMIMO伝送技術は適用されていなかった。LTE-Advancedでは、上りリンクの通信速度の改善が要求条件として設定されており、最大4アンテナ送信のMIMO伝送技術の利用が可能となっている。

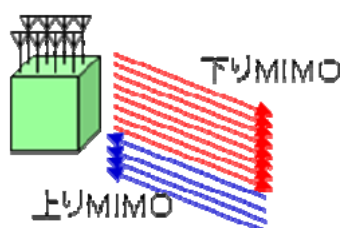


図 1. 2. 3. 1-2 MIMO 拡張

(3) ヘテロジニアスネットワーク (HetNet)

LTE-Advancedでは、鉄塔やビルの屋上に設置される標準的な携帯電話基地局（マクロセル基地局）でカバーされているエリアに、送信電力等が小さい小型基地局（スモールセル基地局、ピコセル基地局などと呼ぶ）を、階層的に展開するネットワーク構成（ヘテロジニアスネットワーク）を考慮した検討が行われている。ヘテロジニアスネットワークは、ユーザが集中する高トラフィックエリアにおいて、スモールセル基地局を設置してトラフィックをオフロードし、マクロセル基地局の負荷を軽減する方法により、無線容量を増大させる技術として期待されている。

ヘテロジニアスネットワークでは、マクロセル基地局のエリア内にスモールセル基地局を展開するため、これらの基地局が使用する電波の干渉を考慮した展開が必要となる。

特に、マクロセル基地局とスモールセル基地局間で同じ周波数バンドを用いる場合には、送信電力の大きいマクロセル基地局からの電波による干渉の影響により、端末がスモールセル基地局に接続可能なエリアが限定的となる。このような条件下では、スモールセル基地局へのトラフィックのオフロード効果を十分に得ることができない。そこでLTE-Advanced

では、マクロセル基地局からの電波による干渉の影響を低減するため、各基地局が使用する無線リソースを制御する（eICIC: enhanced Inter-Cell Interference Coordination）技術がサポートされている。eICICは、**図 1. 2. 3. 1-3**に示すように、マクロセル基地局の一部の無線リソースの送信を止める（あるいは送信電力を低減する）ことにより、スモールセル基地局に接続した端末に対するセル間干渉を低減し、通信速度を改善する技術である。本制御を行った場合、マクロセル基地局が利用できる無線リソースは減少するものの、スモールセル基地局へのオフロードにより端末あたりの通信速度は増加するケースがある。マクロセル及びスモールセル基地局間のトラヒックの状態に応じて、スモールセル基地局への無線リソースの割当を適応的に行なうことにより、高トラヒックエリアでの効率のよい運用を行うことができる。

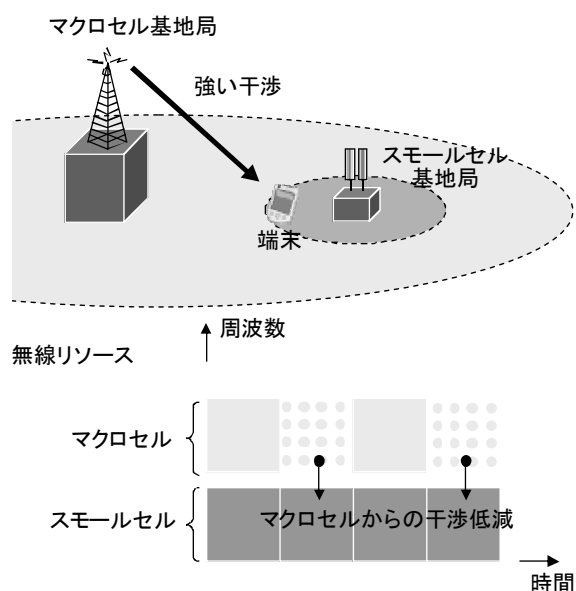


図 1. 2. 3. 1-3 ヘテロジニアスネットワークにおける eICIC

一方、複数の周波数バンドが利用可能である場合には、マクロセル基地局とスモールセル基地局で異なる周波数バンドを用いて展開を行う方法が適用可能であり、**図 1. 2. 3. 1-4**に示すような、マクロセル基地局とスモールセル基地局間でキャリアアグリゲーションを行う展開方法が考えられる。この方法では、移動していく端末との通信はマクロセル基地局で維持しつつ、端末がスモールセル基地局のエリアに入った場合には、マクロセル及びスモールセルの両基地局との間でキャリアアグリゲーションを行なうことにより、スモールセル基地局へのトラヒックオフロードや高速通信を行うことが可能である。

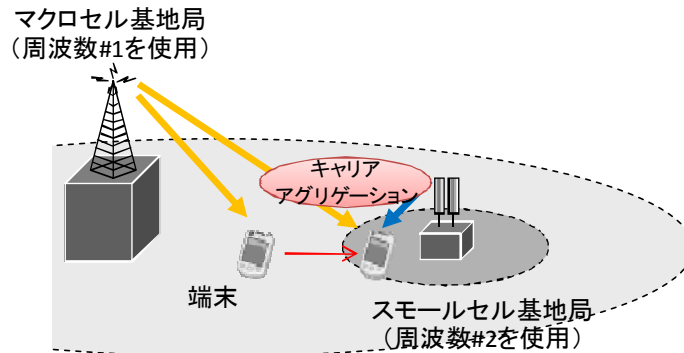


図 1. 2. 3. 1-4 ヘテロジニアスネットワークにおけるキャリアアグリゲーション

(4) セル間協調 (CoMP) 送受信

セル間協調送受信 (CoMP: Coordinated Multi-point transmission/reception) 技術は、単一あるいは複数の端末に対して、複数の基地局 (送受信ポイント) が協調して送受信信号の信号処理を行うことにより、特に隣接基地局間のエリア境界付近での通信速度を改善する技術である。例えば下りリンクの通信では、協調を行う複数の基地局から送信された信号が、端末の受信点において強め合っ受受信されるように、各基地局であらかじめ信号処理を施した上で送信を行う (図 1. 2. 3. 1-5)、あるいは隣接基地局配下の端末へ与える干渉を低減するように、基地局間で協調して信号が送信される。一方、上りリンクの通信では、端末から送信された信号を複数の基地局で受信し、これらの信号が強め合うような形で信号処理が行なわれる。

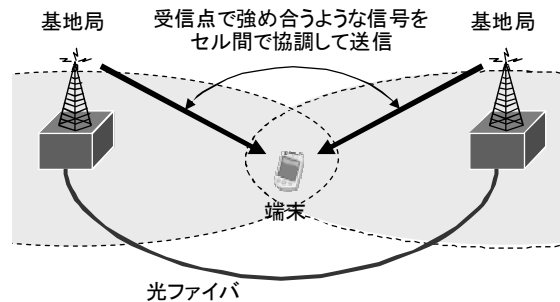


図 1. 2. 3. 1-5 CoMP

(5) リレー伝送技術

リレー伝送は、図 1. 2. 3. 1-6 に示すように基地局と端末の間の無線伝送を中継する技術であり、新たに基地局を設置することなく、エリア拡大を実現できるメリットがある。これまでの携帯電話システムで幅広く利用されている陸上移動中継局や小電力レピータは、当該無線局において受信された無線信号をそのまま電力増幅して中継伝送する、非再生中継伝送が主流であった。

一方、LTE-Advanced で検討されたリレー伝送技術は、レイヤ3リレーと呼ばれる再生中継伝送である。レイヤ3リレーでは、リレー局で受信した信号を復調・復号してデータの再生を行った後、再度データ伝送を行なうための処理 (秘匿、データ分割・結合処理など) を行い、無

線信号に変換して中継が行なわれる。このような再生中継伝送においては、信号処理に必要な遅延時間が増加するものの、データを再生することにより干渉や雑音によるデータ誤りの影響を軽減／除去することで信号伝送の品質を改善することが可能であるとともに、中継の際に無線信号に再度変換する一連の処理は基地局と同じ機能であるため、リレー伝送固有の標準仕様策定や実装上の影響が少ないことが特長として挙げられる。

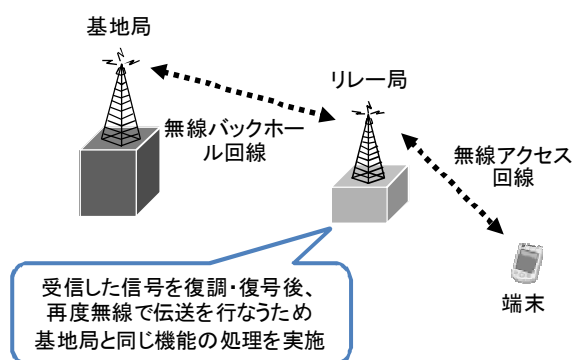


図 1. 2. 3. 1-6 リレー伝送技術

1. 2. 3. 2 WirelessMAN-Advanced技術の概要

WirelessMAN-Advancedは、IMT-Advancedの一つの技術方式として、ITUにて選定されたシステムである。WirelessMAN-Advancedの主な技術仕様を表 1. 2. 3. 2-1 に、最大通信速度（理論値）を表 1. 2. 3. 2-2 に、既存技術からの主な仕様変更点を表 1. 2. 3. 2-3 に示す。

WirelessMAN-Advancedの技術仕様の特徴は、既存WiMAXに比べ無線インターフェース部分を改善し、下記の内容を実現している。

- ・ 周波数利用効率の向上
- ・ ネットワーク容量の増加
- ・ 低遅延化
- ・ 高速移動対応
- ・ 後方互換性

表 1. 2. 3. 2-1 WirelessMAN-Advancedの主な技術仕様（既存WiMAXとの比較）

		Mobile WiMAX		WirelessMAN-Advanced
		Rel. 1.0方式	Rel. 2.0方式	
国際標準	IEEE802.16	IEEE Std 802.16-2012	IEEE Std 802.16m-2011	IEEE Std 802.16.1-2012
	WiMAX Forum	System Profile Rel.1.0	System Profile Rel.2.0	
変調方式		OFDMA		OFDMA
複信方式		TDD	TDD/FDD/H-FDD	TDD/FDD/H-FDD
周波数		2,500~2,690MHz、ほか	WiMAX Forum定義による	ITU定義による
帯域幅		3.5/5/7/8/8.75/10MHz	5/7/8.75/10/20MHz ^{※2}	20MHz × N (N ≤ 5)
変調方式	下り	QPSK/16QAM/64QAM	QPSK/16QAM/64QAM	QPSK/16QAM/64QAM
	上り	QPSK/16QAM	QPSK/16QAM/64QAM	QPSK/16QAM/64QAM
MIMO構成	下り	2×2	4×4 ^{※3}	4×4
	上り	1×2	4×4	2×4
ピーク速度	下り	40.4Mbps ^{※1}	165Mbps ^{※4}	別表の通り
	上り	15.4Mbps ^{※1}	27.5Mbps ^{※4}	別表の通り

※1： 上下比率29:18、下り2×2MIMO適用時の値

※2： 端末カテゴリでは2×20MHzまでサポート

※3： IEEE標準では下り最大8ストリーム

※4： 上下比率5:3、下り4×4MIMO適用時の値(帯域幅20MHz)

表 1. 2. 3. 2-2 WirelessMAN-Advancedの最大通信速度 (理論値)

単位：Mbps

帯域幅		20MHz	40MHz	60MHz	80MHz	100MHz
TDD ^{※1}						
5:3	下り	165	330	495	660	825
	上り	27.5	55	82.5	110	137.5
6:2	下り	198	396	594	792	990
	上り	18	36	54	72	90
FDD/H-FDD ^{※2}						
	下り	264	528	792	1,056	1,320
	上り	73	146	220	293	366

※1： 下り4×4MIMO適用時

※2： 下り4×4MIMO適用時 (TDDに比べ2倍の帯域幅が必要)

表 1. 2. 3. 2-3 WirelessMAN-Advancedの主な技術仕様変更点

仕様変更	効果
MIMO機能拡張(下り最大8ストリーム)	<ul style="list-style-type: none"> 周波数利用効率の向上 ネットワーク容量の増加
広帯域化(最大20MHz、マルチキャリア対応)	
フレーム構成の見直し	<ul style="list-style-type: none"> 低遅延化 高速移動対応 後方互換性

また、WirelessMAN-Advancedの利用においては、以下を基本コンセプトとしている。

(1) 利用イメージ

3.9G携帯電話システムや、BWAシステムなどの主にマクロBSでエリア構築され、広域なサービスエリアを確保している既存ネットワーク上に、4Gシステムをオーバーレイしてネットワークを構築し、一体的に通信サービスを提供することを想定している。

4Gシステムとしては、主にマイクロセルが採用され、屋内、スポット及び狭域エリア等において固定光ファイバー回線をしのぐ超高速データ通信がモバイル環境にて提供される。

また、既存ネットワーク～4Gシステム間のシームレスなサービス提供を可能とするヘテロジニアスネットワーク技術や、異バンド間でのキャリアアグリゲーション技術などにより更なる通信速度の増速を提供することが可能となることを想定している。

以下にヘテロジニアスネットワークの一例について示す。

① Single RAT (Radio Access Technology)

Single RAT (Radio Access Technology)による概念図を **図 1. 2. 3. 2-1** に示す。同一無線方式の複数基地局 (マクロ/ピコ/フェムト/レピータ等) が連携し、送信出力制御による干渉回避や効率的なスケジューリングが可能となるネットワーク。

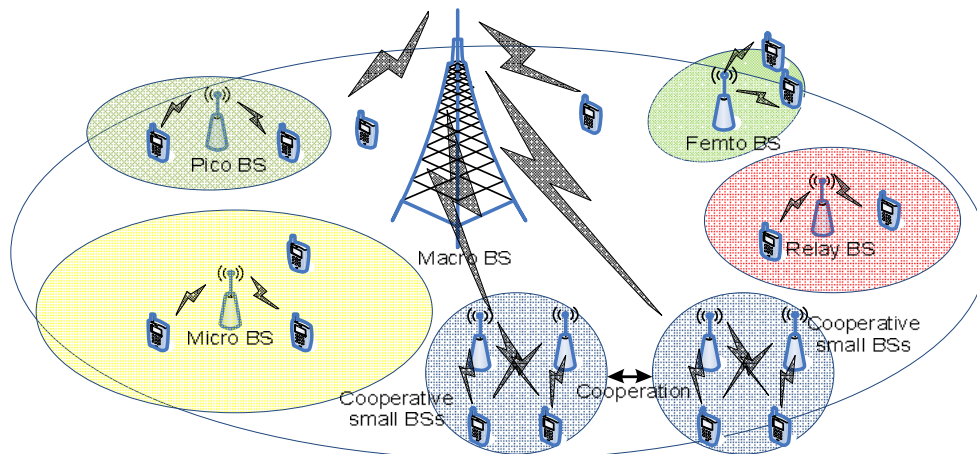


図 1. 2. 3. 2-1 ヘテロジニアスネットワークの概念

※参考

IEEE802.16 PPC (Project Planning Committee)

http://ieee802.org/16/ppc/docs/80216ppc-11_0009.doc

② Multi RAT (Radio Access Technology)

Multi RAT (Radio Access Technology)による概念図を **図 1. 2. 3. 2-2** に示す。異なるバンド間、方式間の連携でハンドオーバー/相互運用、データオフロードをサポートし、当該方式間アグリゲーションによる通信回線の増速が可能となるネットワーク。

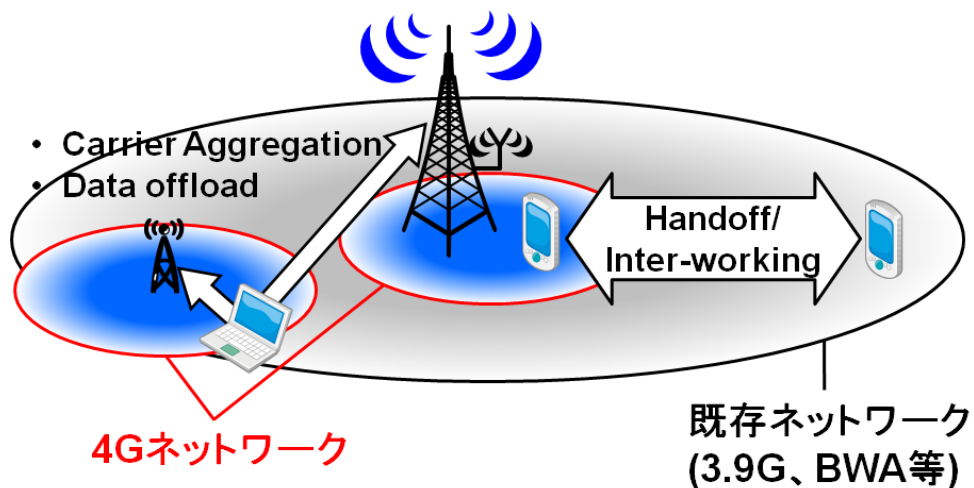


図 1. 2. 3. 2-2 Multi-RATネットワーク概念図

(2) 期待される機能

単一キャリア（例：20MHz）を複数束ねるキャリアアグリゲーションや、異通信方式（例：既存ネットワーク、4Gシステム）間における相互連携、キャリアアグリゲーションといった技術の利用が期待されている。

表 1. 2. 3. 2-4 にキャリアアグリゲーション技術の一例を示す。

表 1. 2. 3. 2-4 キャリアアグリゲーション技術（一例）

	Intra-band (同一バンド内)	Inter-band (異バンド間)
Contiguous (連続)	<p style="text-align: center;">Aggregation</p> <p style="text-align: center;">3.4GHz帯</p>	
Non-contiguous (非連続)	<p style="text-align: center;">Aggregation</p> <p style="text-align: center;">3.4GHz帯</p>	<p style="text-align: center;">Aggregation</p> <p style="text-align: center;">2.5GHz帯他 3.4GHz帯</p>

1. 2. 4 国際標準化動向

1. 2. 4. 1 ITU-Rにおける国際標準化動向

IMT システムの国際標準化は、ITU-R を中心として、3GPP (3rd Generation Partnership Project)、IEEE 等の国際標準化団体並びに各国・各地域の標準化機関等との密接な連携に基づいて行われている。

ITU-R では、移動通信の将来的なデータ通信需要の高まりを想定し、より広い周波数帯域幅を用いて下り最大1 Gbit/sec を実現する第4世代移動通信システム (IMT-Advanced) の標準化作業を2000年から進めてきた。これらの検討は、2007年10月～11月に開催された世界無線通信会議 WRC-07 において、IMT用の新たな周波数帯域が特定されたことを受けてより具体化することとなった。

2008年、ITU-R は、IMT-Advanced 無線インタフェース技術を3GPP等の外部標準化団体等へ提案募集することとし、IMT-Advancedの最小要求条件や、評価方法を決定するとともに、候補技術の提案を呼びかけた。3GPP等の外部標準化団体では、これに応える形で検討が行われ、IMT-Advancedの要求条件を満たしつつ、3.9世代移動通信システムとの後方互換性(バックワードコンパチビリティ)も重視したシステムが検討され、5つの国・機関から合計6つの無線方式がITUへ提案された。

ITU-Rでの評価作業において、これらの無線方式はいずれもIMT-Advancedの最小要求条件を満たしているとの合意に達し、さらに、ITU-R 勧告における重複規定を避けるため、技術的な観点から、採用技術を3GPP技術(LTE-Advanced)とIEEE技術(WirelessMAN-Advanced)の2つの技術に収斂することとなった。

IMT-Advanced規格は、最終的に、2012年1月に開催されたITU-R無線通信総会において、勧告M.2012“Detailed specifications of the terrestrial radio interfaces of International Mobile Telecommunications Advanced (IMT-Advanced)”として承認された。

◎2012年(平成24年)1月の無線通信総会において、IMT-Advancedの無線規格として、3GPPで検討が行われた「LTE-Advanced」とIEEEで検討が行われた「WirelessMAN-Advanced」の2方式を承認。
 ◎ITUにおいて携帯電話帯域(IMT帯域)を特定。2015年(平成27年)開催予定の世界無線通信会議では追加周波数の検討が議題の一つ。3GPPでは、ITUのIMT帯域や各区分当てを勘案し、バンドプランを策定。

ITU-RにおけるIMT-Advancedの現状

- IMT-Advancedのコンセプト (ITU 勧告M.1645)
 - ✓ IMT-2000 (高度化含む)の能力を継承するシステム
 - ✓ 伝送速度として、10Gbit/s (高速移動時)、10Gbit/s (低速移動時)を目標
- IMT-Advancedの要求条件 (Req.ITU-R M.2133)

サービス	・様々な種類のサービスをサポート可能
周波数	・IMT帯域での運用が可能
技術性能	・周波数利用効率、遅延、モビリティ、ハンドオーバー、VoIP容量 ・帯域幅は、両方向域をサポートして40MHz幅をサポート (Req.ITU-R M.2134で規定)
- IMT-Advancedの無線規格 (ITU 勧告M.2012)
 - ✓ 要求条件を満足する規格として、LTE-AdvancedとWirelessMAN-Advancedを策定

ITUのIMT帯域

周波数帯域 [MHz]
450-470
700-800
1710-2025
2110-2200
2300-2400
2500-2600
3400-3800

出典：ITU Radio Regulations

出典：携帯電話等高度化委員会資料11-2より抜粋
 携帯電話等高度化委員会資料11-2より抜粋

図 1. 2. 4. 1-1 ITU-Rでの標準化状況
 (携帯電話等高度化委員会資料11-2より抜粋)

1. 2. 4. 2 3GPPにおける国際標準化動向

(1) LTE-Advanced基本仕様(リリース10, 11)の策定

3GPPにおいては、2008年からLTE-Advancedの検討が開始されている。検討においては、性能向上だけでなく、LTEからLTE-Advancedへのスムーズなシステム移行が実現できるよう、LTEとLTE-Advancedとの互換性が重要な要求条件とされている。図1. 2. 4. 2-1に示すように、既存のLTE端末は、新しいLTE-Advancedネットワークに接続できるとともに、新しいLTE-Advanced端末も、既存のLTEネットワークに接続できることとなっている。

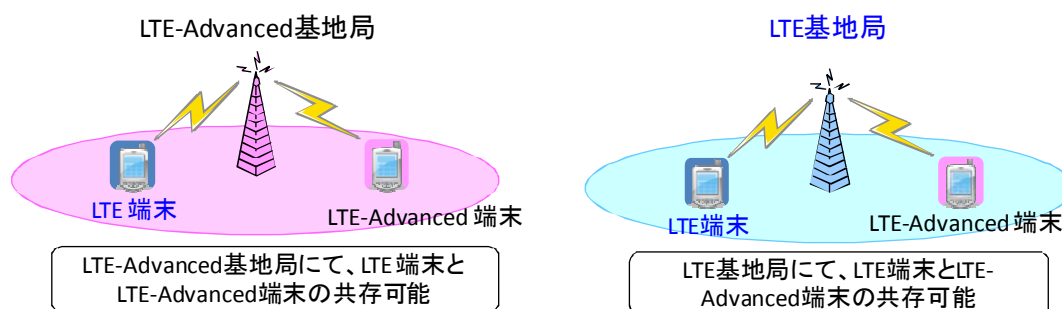


図1. 2. 4. 2-1 LTE-AdvancedとLTEの互換性

表1. 2. 4. 2-1に、性能面での主な要求条件を示す。最大通信速度として、1 Gbit/sec (端末受信)、500 Mbit/sec (端末送信)を実現することや、周波数利用効率や無線容量の向上が求められている。さらに、隣接する基地局との境界エリア(セル端)では、隣接する基地局からの電波の干渉により、一般的に通信速度が低下するが、そのようなセル端のエリアでも端末の通信速度を改善することが要求条件として求められた。

表1. 2. 4. 2-1 LTE-Advancedの要求条件

		LTE-Advanced	(参考) LTE	
最大通信速度 (bit/sec)	端末受信(下りリンク)	1 G	300 M	
	端末送信(上りリンク)	500 M	75 M	
最大周波数利用効率 (bit/sec/Hz)	下りリンク	30	15	
	上りリンク	15	3.75	
無線容量 (bit/sec/Hz/cell)	下りリンク	2 x 2	2.4	1.69
		4 x 2	2.6	1.87
		4 x 4	3.7	2.67
	上りリンク	1 x 2	1.2	0.74
		2 x 4	2.0	-
		4 x 2	0.07	0.05
セル端ユーザスループット (bit/sec/Hz/cell/user)	下りリンク	2 x 2	0.07	0.05
		4 x 2	0.09	0.06

		4 x 4	0.12	0.08
	上りリンク	1 x 2	0.04	0.02
		2 x 4	0.07	-

要求条件が合意された後、携帯電話事業者や関連メーカー等からの提案に基づいて、LTE-Advanced への機能拡張や、新しい機能の追加に関する実現性検討が行われた。2009年10月には、これらの検討を通して取りまとめられた性能評価結果により、全ての要求条件を満たすことが確認された。2009年12月からは、詳細な標準仕様の検討が開始され、2011年6月にLTE-Advancedの第1版の仕様にあたる3GPP リリース10仕様が完成した。3GPPでは、継続してLTE-Advancedの高機能化・高度化にむけたリリース11の策定作業が続けられており、CAの高度化、eICIC技術の高度化、CoMP技術の仕様完成などが盛り込まれる予定である。3GPP リリース11仕様は、2013年3月頃の完成予定を目途としている。



図1. 2. 4. 2-2 LTE-Advanced仕様策定スケジュール

(2) LTE-Advanced高度化仕様規定（リリース12及びそれ以降）の流れ

3GPPではリリース12及びそれ以降の仕様検討にあたり、標準化作業を効率的かつ円滑に進めるために、関係各社・団体の関心の高い要求条件や技術内容を明確化して、適切に標準化作業プランを策定することを目的とし、2012年6月に無線アクセスネットワークの将来に関するワークショップを開催した。本ワークショップにおいて、関係各社から提示された要求条件は、更なる大容量化、低電力消費、NWコスト低減、多種多様なアプリケーションとトラヒックタイプに対する効率的サポート、ユーザ体感スループットの改善、基地局伝送路の改善、などに集約される。

3GPPでは、これらの要求条件を実現するため、リリース12及びそれ以降の仕様検討において、様々な候補技術について検討を進めている。特に、注目を集めているのは、Small Cell Enhancement (SCE) という、小セルを用いた無線ネットワークに対する拡張技術である。これは、マクロセルと異なる周波数、特に高い周波数帯を小セルに用いて高い周波数帯を有効活用しつつ、マクロセルが小セルを適切に制御するセル構成が着目されている。これらは、LTE-Aの発展系ということで、LTE-Bとして表現されることも多い。

図1. 2. 4. 2-3に3GPPにおける技術進化のScopeを示す。Rel12については、2013年より作業が開始されており、仕様作成完了は2014年6月を予定している

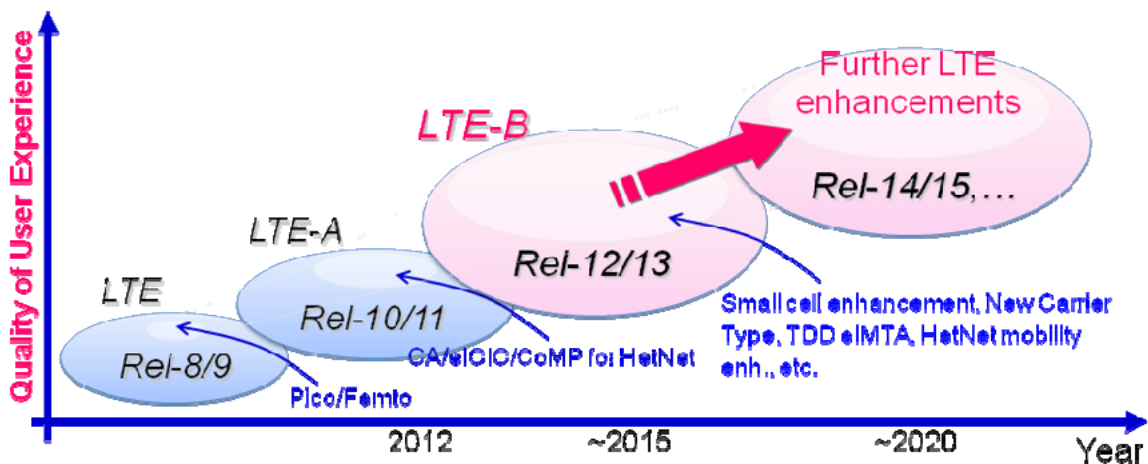


図 1. 2. 4. 2-3 3GPPにおける技術進化のScope

1. 2. 4. 3 IEEE、WiMAXフォーラムにおける国際標準化動向

WirelessMAN-Advancedの標準化は、IEEEとWiMAXフォーラムの2つの組織が連携する形で検討が行なわれた。IEEE802.16WG (Working Group) は、無線MAN (Metropolitan Area Network) に関する物理層とMAC層の標準規定を作成しており、WiMAXフォーラムは、802.16標準規格に基づく製品の相互運用性を承認するとともに、レイヤ3のネットワーク・アーキテクチャの仕様作成を行っている。

WirelessMAN-Advancedの標準化に際してIEEE802.16WGでは、IEEE Std 802.16-2009 (既存標準化文書) に対する追加仕様としてIEEE Std 802.16m-2011標準化文書 (差分のみ規定) を策定した。その後、IEEEでは、IEEE Std 802.16m-2011を独立した技術仕様とすべく、IEEE Std 802.16.1標準文書として改めて策定を行った。一方、WiMAXフォーラムでは、IEEE Std 802.16m標準化文書をもとに、必要機能を抽出したシステムプロファイルRelease2を策定した。

WirelessMAN-Advancedに関するIEEEとWiMAXフォーラムにおける技術標準の関連を図1. 2. 4. 3-1に、性能面での主な要求条件及びITUにおける評価結果を表1. 2. 4. 3-1にそれぞれ示す。

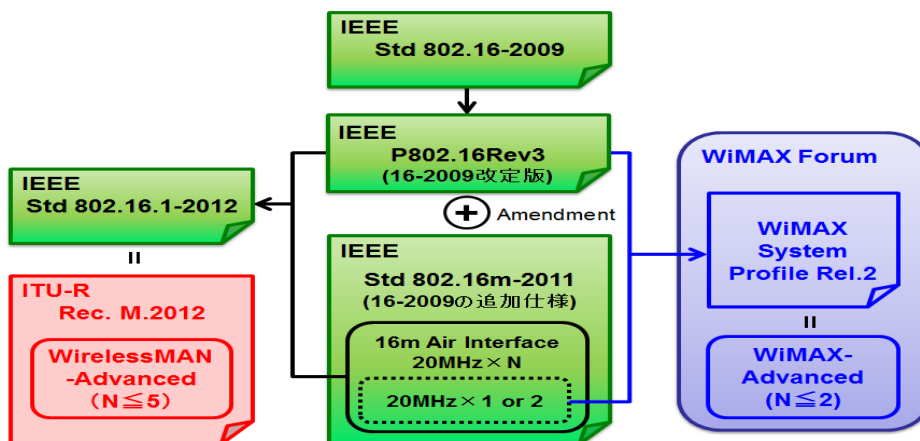


図 1. 2. 4. 3-1 IEEE、WiMAXフォーラムにおける技術標準の関連

表 1. 2. 4. 3-1 IMT-Advanced の要求条件と WirelessMAN-Advanced の評価結果

			ITU-R			WirelessMAN-Advanced(TDD)		
			屋内	屋外	高速移動	屋内	屋外	高速移動
周波数効率 (bps/Hz/cell)	セル 当り	下り	3	2.2	1.1	6.93	2.41	3.23
		上り	2.25	1.4	0.7	5.99	2.57	2.66
	最大	下り	15			16.96		
		上り	6.75			9.22		
	セル エッジ	下り	0.1	0.06	0.04	0.26	0.069	0.093
		上り	0.07	0.03	0.015	0.426	0.109	0.119
帯域幅			40MHz			N x 20MHz(N ≤ 5)		
遅延時間	Control plane		100ms以下			81ms未満		
	User plane		10ms以下			7.32ms		
移動時の上りデータレート (bps/Hz)			1	0.55	0.25	3.41-3.76	1.3-1.72	1.23-1.7
VoIPユーザ数 (人/sector/MHz)			50	40	30	140	74	89

<http://www.itu.int/md/R07-IMT.ADV-C-0004/en>

1. 2. 5 携帯電話用周波数の動向

1. 2. 5. 1 既存周波数帯域（～3 GHz）

既存の携帯電話システムは、主に、3 GHz以下の周波数帯域を利用している。これらの周波数帯域は、他の業務でも多く利用されていることから、固まった広い帯域を確保することができず、概ね数十MHz幅単位で細切れに割り当てられている国が多い。

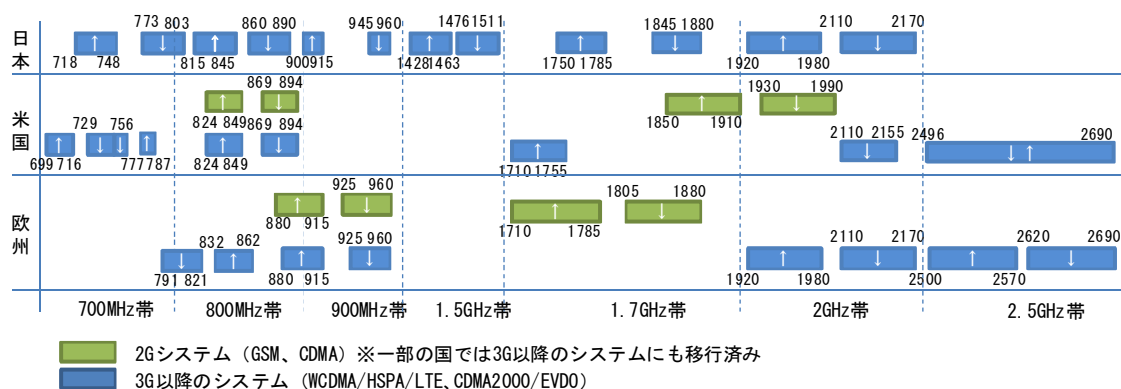


図 1. 2. 5. 1-1 日米欧の主な携帯電話帯域

一方、携帯電話システムの技術進展とともに、より高速・大容量なシステムを提供することが求められていることから、既存の携帯電話帯域において、いかにして要求に応えるかが課題とされてきた。

3GPPにおいては、この課題を解決するための方策として、複数の帯域を束ねることにより高速伝送を実現するCA等の技術が検討されている。表 1. 2. 5. 1-1 に、検討されている主な周波数帯の組み合わせを示す。

表 1. 2. 5. 1-1 3GPPで検討されている主なCAの組合せ

周波数の組み合わせ		提案事業者
Band 1 (2. 1G)	Band 5 (850M)	モデルケースとして検討
Band 3 (1. 8G)	Band 7 (2. 6G)	Orange、Telecom Italia、Telefonica、Telia Sonera
Band 4 (1. 7G/2. 1G)	Band 17 (700M)	AT&T
Band 4 (1. 7G/2. 1G)	Band 13 (700M)	Verizon
Band 4 (1. 7G/2. 1G)	Band 12 (700M)	Cox Communications、Cellular South、US Cellular
Band 5 (850M)	Band 12 (700M)	Cox Communications、Cellular South、US Cellular
Band 20 (800M)	Band 7 (2. 6G)	Orange、Telia Sonera、Telefonica
Band 2 (1. 9G)	Band 17 (700M)	AT&T
Band 4 (1. 7G/2. 1G)	Band 5 (850M)	AT&T
Band 5 (850M)	Band 17 (700M)	AT&T

Band 1 (2.1G)	Band 7 (2.6G)	China telecom
Band 3 (1.8G)	Band 5 (850M)	SKT, LGU+
Band 4 (1.7G/2.1G)	Band 7 (2.6G)	Rogers, Bell Canada
Band 20 (800M)	Band 3 (1.8G)	Vodafone, Deutsche Telekom, Orange, Telecom Italia, Telia Sonera
Band 20 (800M)	Band 8 (900M)	Vodafone, Deutsche Telekom, Orange
Band 11 (1.5G)	Band 18 (850M)	KDDI
Band 1 (2.1G)	Band 18 (850M)	KDDI
Band 1 (2.1G)	Band 19 (850M)	NTT DOCOMO
Band 1 (2.1G)	Band 21 (1.5G)	NTT DOCOMO
Band 1 (2.1G)	Band 8 (900M)	SOFTBANK MOBILE
Band 3 (1.8G)	Band 8 (900M)	KT

1. 2. 5. 2 追加周波数帯域（3GHz以上）

(1) ITU WRC-07での周波数特定

3GHz以上の周波数帯域であれば、広帯域な割当ての実現性が比較的高いことから、ITUでは2007年に開催された世界無線通信会議（WRC-07）において、第4世代システムを導入することを目指し、3.4～3.6GHz帯を新たにIMT用に特定した。

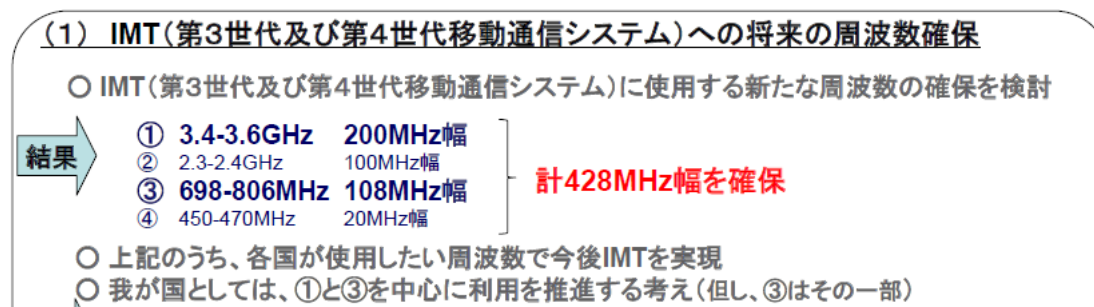


図 1. 2. 5. 2 - 1 WRC-07におけるIMT周波数の拡張

(第55回情報通信審議会技術分科会資料より抜粋)

(2) 各国での検討状況

この帯域は、世界的には固定衛星システムやFWAシステムで運用されているが、WRC-07の結果により、将来的な第4世代システムによる超高速サービスの提供が期待されるようになってきている。以下に当該帯域における各国の検討状況を示す。

<欧州地域>

欧州では、もともと3.4～3.8GHz帯がBWAやFWA用途としての利用での検討が先行し、一部の国では事業者への周波数の割り当ても実施されている。その後、WRC-07の結果を受け、ECCにおいて周波数関連事項を扱うECC Project Team1 (PT1) が、携帯電話での利用も考慮して、これ

らの帯域の適切なバンドプランについて検討をしている。ECC PT1での議論を踏まえ、2011年12月に発行されたECC Decision(11)06では、3.4-3.6GHz帯についてはTDD及びFDDのバンドプラン、3.6-3.8GHz帯についてはTDD（Downlinkのみの利用も含む）のバンドプランが規定されている。なお3.4-3.6GHz帯については、一つのバンドプランへの絞込みをすることを目指して、ECC PT1において議論が継続している状況である。

Country	Uplink frequency range [MHz]		Downlink Frequency range [MHz]		Duplex arrangement	Duplex separation for FDD	Block sizes [MHz]
Austria	3410	3494	3510	3594	FDD, TDD	100 MHz	21, 28, 35, 42
Belgium	3450	3500	3550	3800	FDD, TDD	100 MHz	25
Bosnia & Herzegovina	3410	3494	3510	3594	FDD	100 MHz	21
Czech Republic	3410	3480	3510	3580	FDD, TDD	100 MHz	3.5 (raster)
France	3432.5	3495	3532.5	3595	FDD, TDD	100 MHz	15
Germany	3410	3494	3510	3594	FDD, TDD	100 MHz	21
Hungary	3410	3494	3510	3594	FDD, TDD	100 MHz	14
Ireland	3410	3500	3510	3800	FDD, TDD	100 MHz	11, 25, 35
Italy	3425	3500	3525	3800	FDD, TDD	100 MHz	21
Macedonia (FYROM)	3410	3494	3510	3594	FDD, TDD	100 MHz	31.5, 14
Norway	3413.5	3500	3513.5	3800	FDD, TDD	100 MHz	3.5 (raster)
Portugal	3410	3438	3510	3538	FDD, TDD	100 MHz	28
Russian Federation	3400	3450	3500	3550	FDD, TDD	100 MHz	
Sweden	3410	3494	3510	3594	FDD, TDD	100 MHz	28
Switzerland	3410	3497.5	3510	3597.5	FDD, TDD	100 MHz	17.5, 21, 28
United Kingdom	3480	3500	3580	3800	FDD, TDD	100 MHz	20*

図 1. 2. 5. 2-2 欧州における3.4~3.6GHz帯の割当て状況
(携帯電話等高度化委員会第4世代作業班資料3-4より抜粋)

<米州地域>

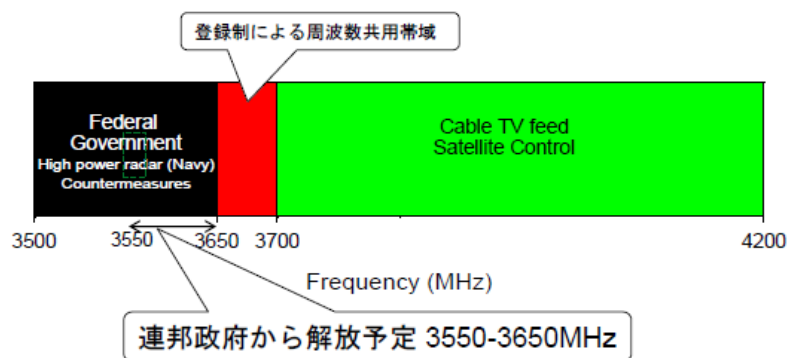
南北米州地域においては、衛星やFWA等が運用されているケースが多い。WRC-07の結果を受け、米州の地域標準化組織であるCITELが、当該帯域の将来的な利用意向についての調査を行っている（※2）。それによると、ブラジル、コスタリカ、ベネズエラが将来的にIMTシステムを導入することを計画しているとの回答を寄せている。

米国では、3650-3700MHz帯について登録制により、モバイルブロードバンド向けの地上移動業務への利用が可能となっている。また、3550-3650MHz帯について、既存システムとの共存を考慮して小セルでの基地局展開や地理的、時間的な周波数共用についての検討が進められている（※3）。

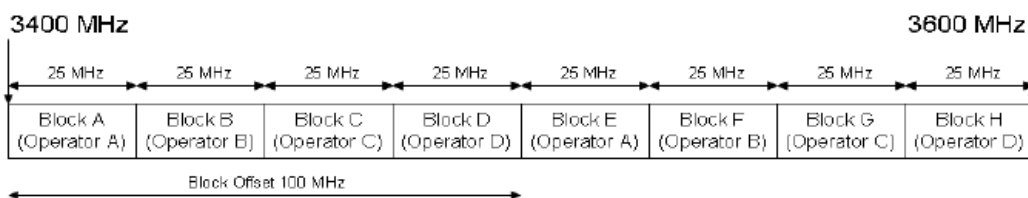
（※2）CITEL Report "REPORT ON IMPLEMENTATION PLANS IN THE AMERICAS FOR THE BANDS IDENTIFIED FOR IMT IN THE ITU RADIO REGULATIONS"

（※3）http://transition.fcc.gov/Daily_Releases/Daily_Business/2012/db1219/FCC-12-148A1.pdf

図 1. 2. 5. 2-3 に米州諸国における割当の状況を示す（※4）。図(a)の米国については、地上移動業務用途としては、3.55GHzから3GPPのバンド43に跨るバンド構想が存在する。



(a) 米国における3.5～4.2GHz帯の割当て状況



(b) 南米（メキシコ、ペルー）における3.4～3.6GHz帯の割当て例

図 1. 2. 5. 2-3 米州地域における3.5GHz帯付近の割当て状況

(携帯電話等高度化委員会第4世代作業班資料3-4より抜粋)

(※4) 3GPP TR37.801 V10.0.0 (2011-10)

<アジア太平洋地域>

アジア太平洋地域では、APT配下の無線システム関連のフォーラムであるAWGにおいて、地域内の国に対して3.4～3.6GHz帯の使用状況と今後のバンド利用計画についてのアンケートを行っており、当該諸国からの回答をまとめている作業文書がある(※1)。それによると、日本を始めとして、豪州、中国、韓国、シンガポールなどいくつかの国が、将来的にIMTシステムを導入する計画を有しているとの回答を寄せている。

(※1) Document AWG-13/TMP-27 “Working document towards APT Report on Frequency Usage of the Band 3400-3600 MHz”

各国における具体的な検討状況としては、中国における衛星業務(FSS)との共存のためのフィールド実験が挙げられる。中国では、3.4-3.6GHz帯におけるIMTシステムと衛星業務との共存条件を検討するためのフィールド試験を実施継続中であり、2012年時点で、IMT基地局の出力が低い場合においては、共存可能性があるとの暫定的見通しを導いている(図1.2.5.2-4)。

衛星(FSS*)システムとの干渉検討－中国

* FSS (Fixed Satellite Service)

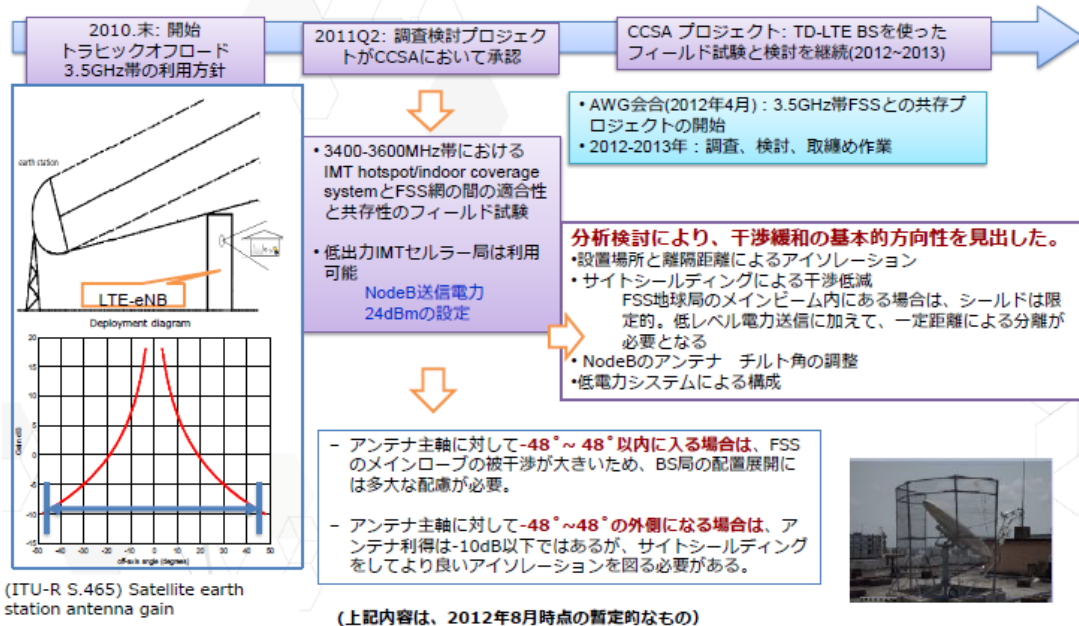


図 1. 2. 5. 2-4 中国における衛星システムとの干渉検討

(携帯電話等高度化委員会第4世代作業班資料4-7より抜粋)

(3) ITU WRC-15に向けた動き

2015年に開催される予定のWRC15では、更なるIMT等への周波数追加が検討されることとなっており、多くの国においてモバイルブロードバンドプランの検討が行われている(表 1. 2. 5. 2-1)。

表 1. 2. 5. 2-1 2020年に向けた世界のモバイルブロードバンドプラン

	ブロードバンドプランにおける割り当て幅(2020年までの計画)	検討されている追加割り当て候補帯域	備考
日本	1100MHz程度	3600-4200、4400-4900MHz	*1
米国	500MHz程度	225-3700MHz、等	*2
英国	500MHz程度	2700-3400、4400-5000MHz、等	*3
豪州	300MHz程度	1.5GHz帯、2700-2900、3600-4200MHz、等	*4
韓国	600MHz程度	5GHz以下で200MHz幅	*5

*1 総務省「ワイヤレスブロードバンド実現のための周波数検討ワーキンググループ」とりまとめ、http://www.soumu.go.jp/main_content/000094917.pdf

*2 Connecting America :The National Broadband Plan, <http://download.broadband.gov/plan/national-broadband-plan.pdf>

*3 Britain 's Superfast Broadband Future, December 2010, <http://www.culture.gov.uk/images/publications/10-1320-britains-superfast-broadband-future.pdf>

*4 Towards 2020- Future spectrum requirements for mobile broadband, Australian Communications and Media Authority,

http://www.acma.gov.au/WEB/STANDARD/pc-PC_312514

*5 INFORMATION OF NATIONAL MOBILE BROADBAND PLAN by Republic of Korea, AWG-12/INP-74

第2章 3.4GHzを超え4.2GHz以下の周波数帯における第4世代移動通信システム(IMT-Advanced)相互間及び第4世代移動通信システム(IMT-Advanced)と他システムとの干渉検討

2. 1 検討対象システムと干渉検討の方法

2. 1. 1 他業務における3.4-4.2GHz帯の利用状況について

3.4-4.2GHz帯においては、放送事業用システム、及び衛星業務システムが運用されている。

このうち3.4-3.456GHz帯は、放送事業用の伝送回線として利用されており、その概要を図2.1.1-1に示す。これらの無線局は、総務省周波数再編アクションプランにより、(i)3.5GHz帯音声STL/TTL/TSL及び放送監視制御回線については、Mバンド(6570-6870MHz)又はNバンド(7425-7750MHz)に、(ii)3.4GHz帯音声FPUについては、Bバンド(5850-5925MHz)又はDバンド(6870-7125MHz)に、最長で平成34年11月30日までに周波数移行するとされている。平成21年現在の免許人数は112、無線局数は497となっている。

放送事業用無線局の干渉検討に用いたパラメータは、参考資料1-1、2、3参照。

放送事業用の伝送回線

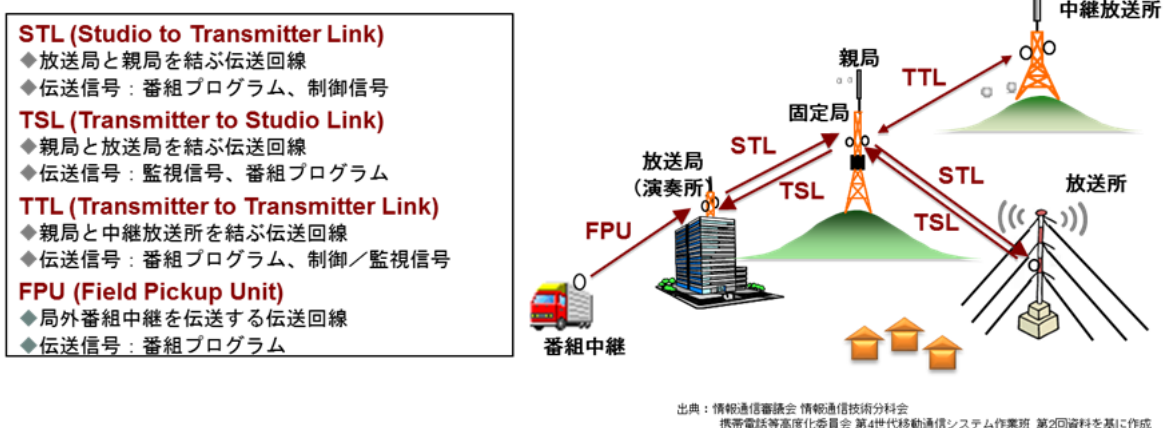


図2. 1. 1-1 放送事業用システムの概要

(携帯電話等高度化委員会資料11-2より抜粋)

3.4-4.2GHz帯においては、電気通信事業者により、衛星業務用システムが運用されている。地球局向けに、国内通信(離島向け通信、衛星移動通信)、国際通信(直接通信、中継サービス)、船上地球局、回線監視、衛星管制を提供するために使用されているほか、電気通信事業者が提供する静止衛星を用いた衛星移動通信サービスのうち、人工衛星局と地上に接続する各移動地球局からの通信を地上の公衆回線網などに送る業務用通信等(フィーダーリンク)にも利用されている。平成25年2月現在で、免許人数は7、無線局数は33となっている。

また、国内には、国外免許による固定衛星からの信号や、海外の衛星放送配信を受信する受信設備も存在している。調査結果によると、これらの総数は約3万程度と想定される(別紙

* 参照)。

衛星業務用システムの干渉検討に用いたパラメータは、参考資料 1-4、5 参照。

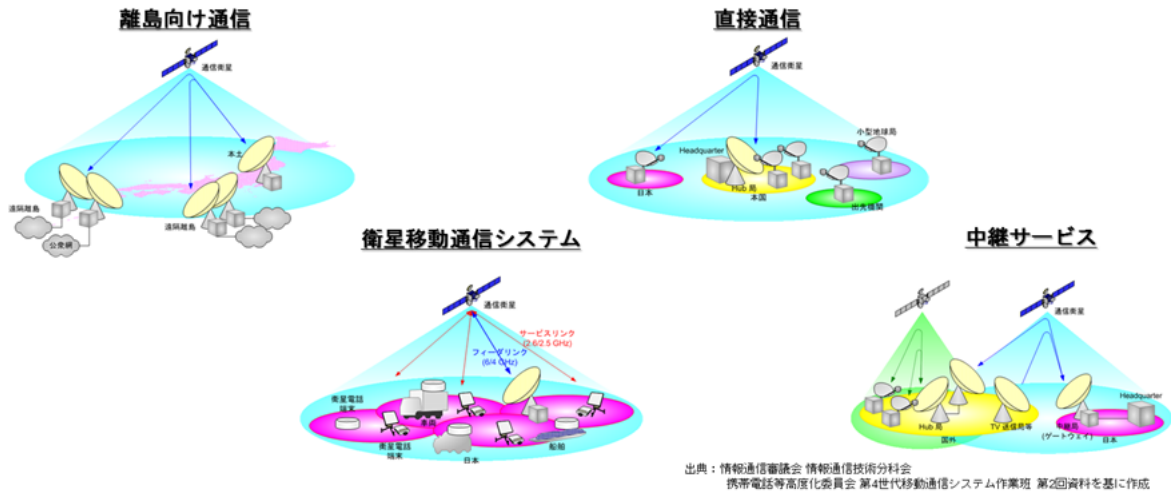


図 2. 1. 1-2 衛星業務用システムの概要
(携帯電話等高度化委員会資料11-2より抜粋)

また、隣接帯域となる4.2-4.4GHz帯においては、航空機電波高度計システムが運用されている。これは、運用航空機から地表に向け電波を放射し、反射波が戻ってくるまでの時間を測定することで高度を知る計器である。飛行中は高度と気圧の関係を用いた気圧高度計で高度を計測するが、低高度（2500ft 以下）では気圧高度計が正常に動作しないため、着陸時は電波高度計で飛行高度を測定するものである。

平成21年現在の免許人数は141、無線局数は1187となっている。

干渉検討に用いたパラメータは、参考資料 1-6 参照。

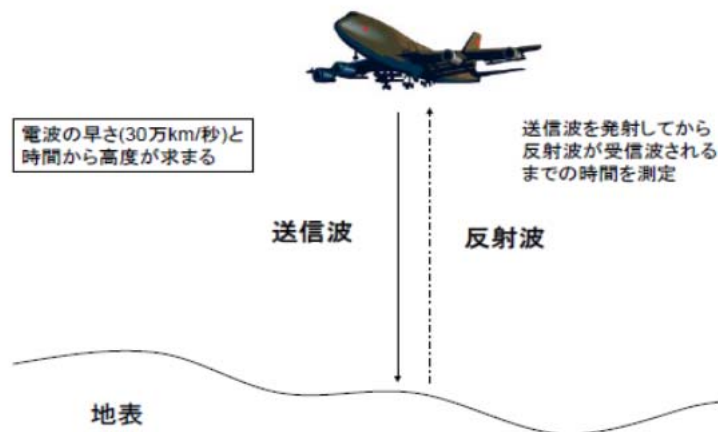
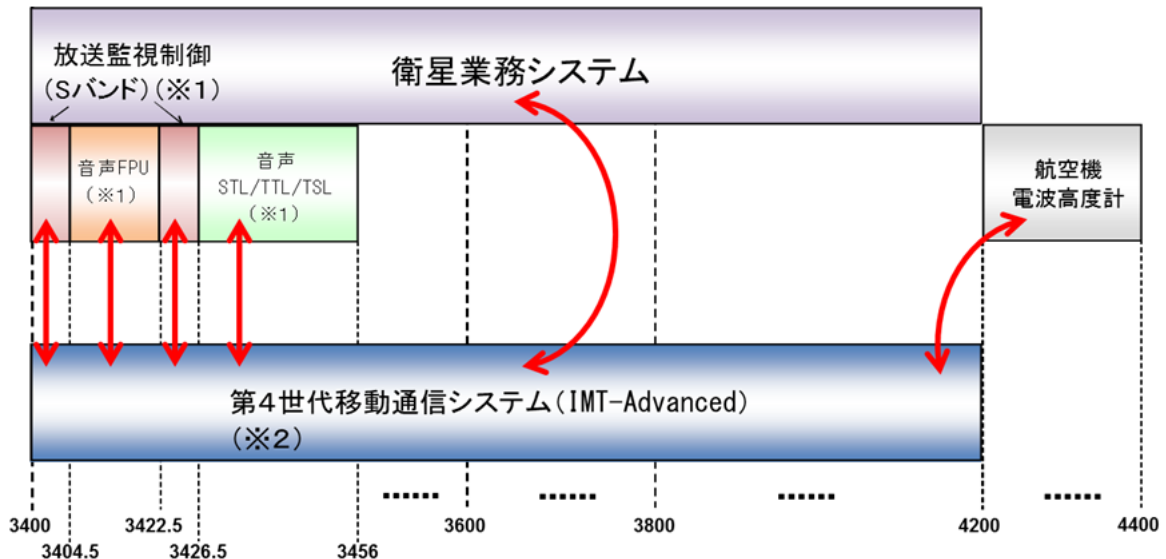


図 2. 1. 1-3 航空機電波高度計の概要

2. 1. 2 検討対象となる干渉形態

2. 1. 1章で示した他業務による当該帯域の利用状況に基づき、対象となる干渉システムを図 2. 1. 2-1 に示す。



(※1) 最長で平成34年11月30日まで

(※2) 周波数再編アクションプランで第4世代移動通信システム用途として検討することが記載されている帯域。

3400-3600MHzは、WRC-07でIMT用途に特定済み。3600-3800MHzは、欧州でバンドプランあり。

周波数帯域	干渉検討対象システム
3400-3600MHz	<ul style="list-style-type: none"> 放送事業用システム（音声FPU、音声STL/TTL/TSL及び放送監視制御回線） 衛星業務システム
3600-3800MHz	<ul style="list-style-type: none"> 衛星業務システム
3800-4200MHz	<ul style="list-style-type: none"> 衛星業務システム 航空機電波高度計システム

図 2. 1. 2-1 検討対象となる干渉システム

また、第4世代移動通信システムの周波数配置として、FDD、及びTDDを想定した場合に検討対象となる干渉形態を、図 2. 1. 2-2 及び 3 中の矢印で示す。

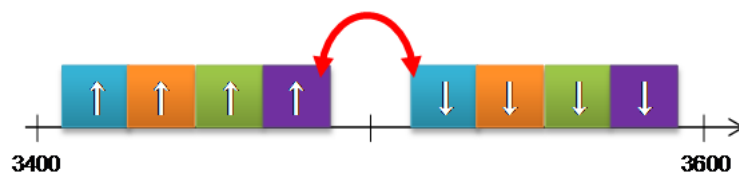


図2. 1. 2-2 第4世代移動通信システムの周波数配置がFDDである場合の検討対象となる干渉形態（本図面は4事業者の例）

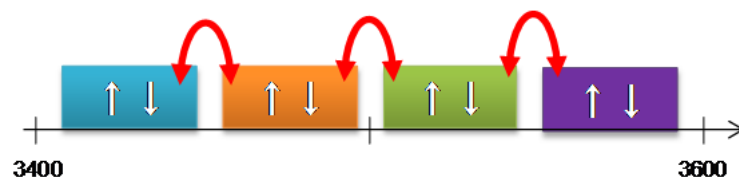


図2. 1. 2-3 第4世代移動通信システムの周波数配置がTDDである場合の検討対象となる干渉形態（本図面は4事業者の例）

2. 1. 3 干渉検討の方法

第4世代移動通信システムにおいて、従前の携帯電話システムと同様に、「基地局」、「陸上移動局」、「携帯無線通信の中継を行う無線局のうち陸上移動中継局（以下、陸上移動中継局）」、及び「携帯無線通信の中継を行う無線局のうち陸上移動局（以下、小電力レピータ）」の4種類を考慮する。また、第4世代移動通信システムのFDD、TDD等の周波数配置のパターンが未定であるため、既存の無線システムとの干渉検討については、FDD、TDDに応じた場合分けは行なわないで、基地局送信、陸上移動局送信等の場合として検討を行う。

具体的な干渉検討においては、被干渉局の許容干渉レベルに対する所要改善量を求めた上で、システム間の所要離隔距離や、最小ガードバンド幅及びその共存条件を考察する。なお、被干渉局の干渉評価の尺度として、許容干渉レベルの他に相応しい尺度がある場合は、当該尺度との関係について求める。

図2. 1. 2-1、2、3中の矢印でされた検討対象となる干渉形態に基づいて組み合わせのまとめを表2. 2-1に示す。

表2. 2-1 検討対象となる干渉形態の組み合わせ（まとめ）

与干渉 被干渉	携帯電話↑ (陸上移動局、 中継を行う無線 局(基地局対向 器))	携帯電話↓ (基地局、中継 を行う無線局 (陸上移動局 対向器))	放送監 視制御 (Sバ ンド)	音声 FPU	音声 STL/ TTL/ TSL	衛星業 務シス テム (↓)	航空機電 波高度計 システム
携帯電話↑	—	○	○	○	○	○	○

(基地局、中継を行う無線局(陸上移動局対向器))							
携帯電話↓ (陸上移動局、中継を行う無線局(基地局対向器))	○	—	○	○	○	○	○
放送監視制御 (Sバンド)	○	○	—	—	—	—	—
音声FPU	○	○	—	—	—	—	—
音声STL /TTL /TSL	○	○	—	—	—	—	—
衛星業務システム (↓)	○	○	—	—	—	—	—
航空機電波高度計システム	○	○	—	—	—	—	—

2. 2 第4世代移動通信システムの干渉検討パラメータ

第4世代移動通信（IMT-Advanced）システムとして、勧告 ITU-R M.2012 で勧告された、LTE-Advanced、及び WirelessMAN-Advanced を対象とする。しかしながら、両方式とも干渉検討に使用するパラメータは同様な値であり、それぞれに対する干渉検討を行なうことは非効率である。このような場合、過去の情報通信審議会では、作業の迅速化を図る目的から、類似の特性を持つ方式の中から一方式を選択して干渉検討を行っており、直近の検討ではLTEに基づいた検討が行なわれている。そこで今回の干渉検討に用いるパラメータは、LTEを拡張・発展させた方式であるLTE-Advancedに基づいた値を採用することとし、WirelessMAN-Advancedの干渉検討は、LTE-Advanced（以下、LTE-Aと表記）の干渉検討に包含できるものとした。

2. 2. 1 基地局のパラメータ

(1) 送受信特性

表2.2.1-1及び2に干渉調査に用いた基地局（以下、通常基地局と表記）の送受信特性を示す。なお、一部の干渉調査においては、空中線電力の大きさ等が小さい基地局の例（以下、小セル基地局と表記）について追加検討を行っているが、それらのパラメータの値も併せて示す。

表2.2.1-1 送信側に係る情報

	通常基地局	小セル基地局
送信周波数帯	3.5GHz、あるいは 検討対象システムの最小周波数を使用	
空中線電力	36 dBm/MHz 注1	20 dBm/MHz 注3
空中線利得	17 dBi 注1	5 dBi 注3
給電線損失	5 dB 注1	0 dB 注3
アンテナ指向特性（水平）	図2.2.1-1	オムニ注3
アンテナ指向特性（垂直）	図2.2.1-2	オムニ注3
送信空中線高	40 m 注1	10 m 注3
チャンネル帯域幅（BWChannel）	20、40、60、80、100 MHz	
隣接チャンネル漏えい電力 注2	下記または-13dBm/MHzの高い値 -44.2dBc（20MHz離調）、-44.2dBc（40MHz離調） 参照帯域幅は18MHz	
スプリアス強度 注2 （30MHz-1GHz）	-13 dBm/100kHz -13 dBm/MHz（周波数帯の端から10MHz以上の範囲に適用）	

(1GHz-18GHz)	
スペクトラムマスク特性	規定なし
送信フィルタ特性	表 2. 2. 1-3 図 2. 2. 1-3

注 1 : 携帯電話等周波数有効利用方策委員会報告 (平成 18 年 12 月 21 日)

注 2 : 3GPP 仕様から引用

注 3 : 3GPP での評価パラメータから引用 (3GPP TR36. 814)

表 2. 2. 1-2 受信側に係る情報

	通常基地局	小セル基地局
受信周波数	3.5GHz、あるいは 検討対象システムの最小周波数を使用	
許容干渉電力	-119 dBm/MHz 注 1 (I/N = -10 dB)	-114 dBm/MHz 注 3 (I/N = -10 dB)
許容感度抑圧電力 注 2	-43 dBm	
受信空中線利得	17 dBi 注 1	5 dBi 注 3
給電損失	5 dB 注 1	0 dB 注 3
空中線高	40 m 注 1	10 m 注 3

注 1 : 携帯電話等周波数有効利用方策委員会報告 (平成 18 年 12 月 21 日)

注 2 : 3GPP 仕様から引用

注 3 : 3GPP での評価パラメータから引用 (3GPP TR36. 814)

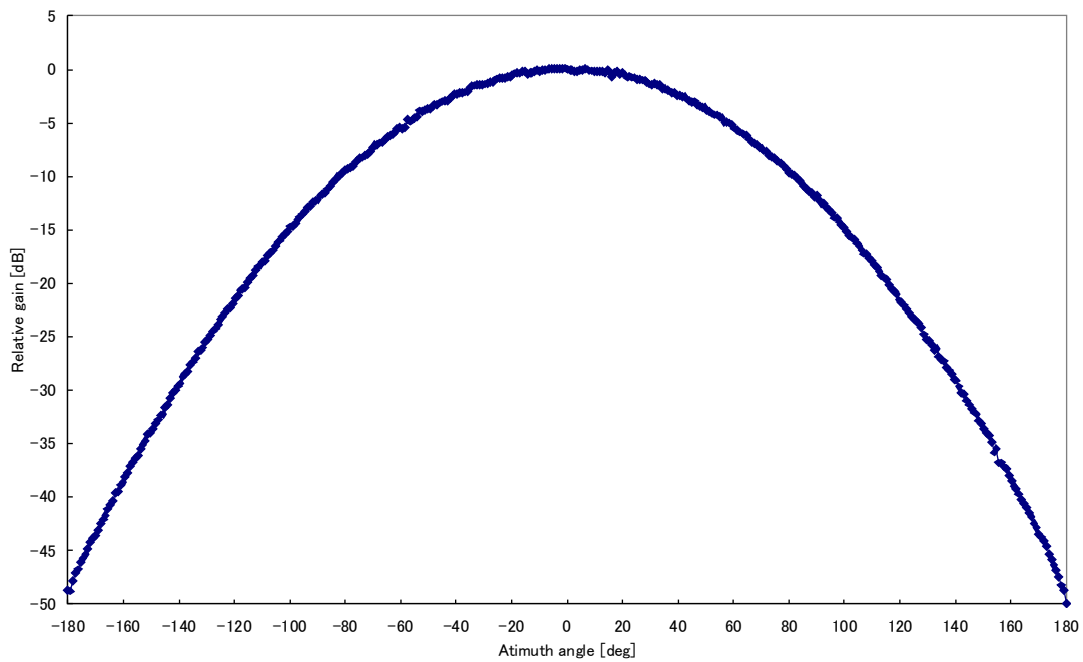


図 2. 2. 1-1 基地局の送受信アンテナパターン(水平面)

(携帯電話等周波数有効利用方策委員会報告(平成18年12月21日) 図3. 2-1を引用)

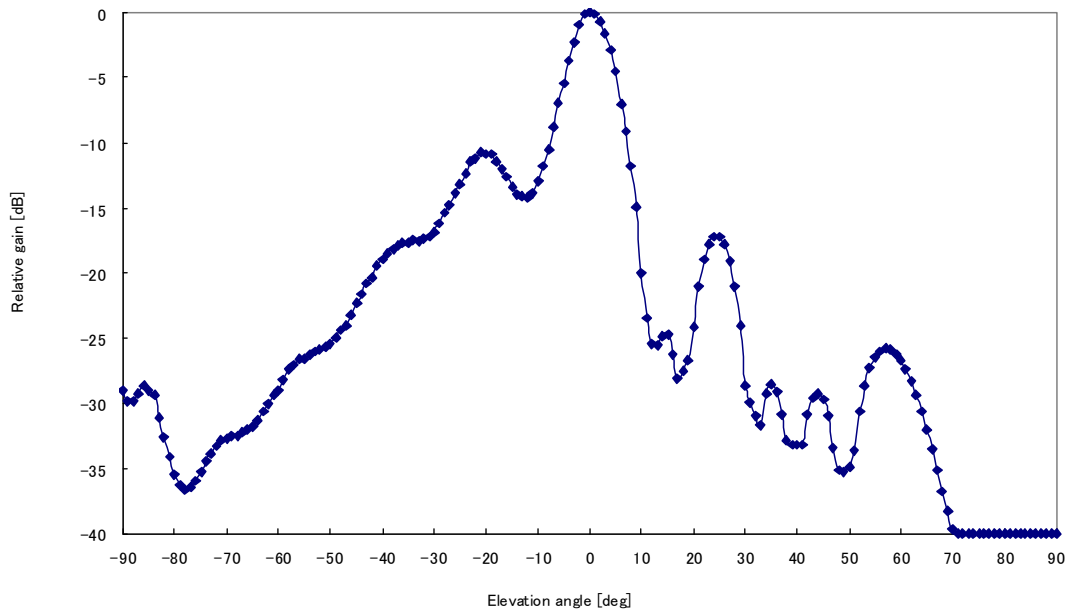


図 2. 2. 1-2 基地局の送受信アンテナパターン(垂直面)

(携帯電話等周波数有効利用方策委員会報告(平成18年12月21日)の図3. 2-2に基づきシミュレーションを用いて仰角10度以上に拡張)

表 2. 2. 1-3 基地局の送受信フィルタ特性

通過帯域端からの 離調周波数 (MHz)	通過帯域端からの減衰量特性 (dB)		
	チャンネル帯域幅 20、40、60 MHz	チャンネル帯域幅 80 MHz	チャンネル帯域幅 100 MHz
0	1.8	3.3	3.7
1	2.1	3.7	4.0
2	2.6	4.7	4.5
3	4.0	7.6	6.2
4	7.3	13.1	10.5
5	12.2	19.4	16.8
6	17.7	25.6	23.3
7	23.0	31.4	29.6
8	28.2	37.0	35.5
9	33.2	42.3	41.3
10	38.1	47.5	46.9
11	43.0	52.5	52.4
12	48.0	57.6	58.1
13	53.1	62.7	63.8
14	58.6	67.9	69.9
15	65.0	73.4	76.5
16	73.3	79.4	84.1
17	84.8	86.3	93.7
18	79.3	95.1	107.7
19	76.3	107.6	106.0
20	75.4	103.8	106.1
25	79.2	118.2	104.2
30	87.2	104.4	105.7
35	98.6	102.9	120.0
40	116.0	104.3	107.1
45	104.4	106.6	103.4
50	103.2	109.3	102.3
55	103.8	112.2	102.4
60	105.1	115.1	103.0
65	106.7	118.0	103.9
70	108.5	120.0	105.1
75	110.3	120.0	106.3
80	112.2	120.0	107.6
85	114.0	120.0	108.9
90	115.9	120.0	110.3
95	117.7	120.0	111.7

100	119.5	120.0	113.1
-----	-------	-------	-------

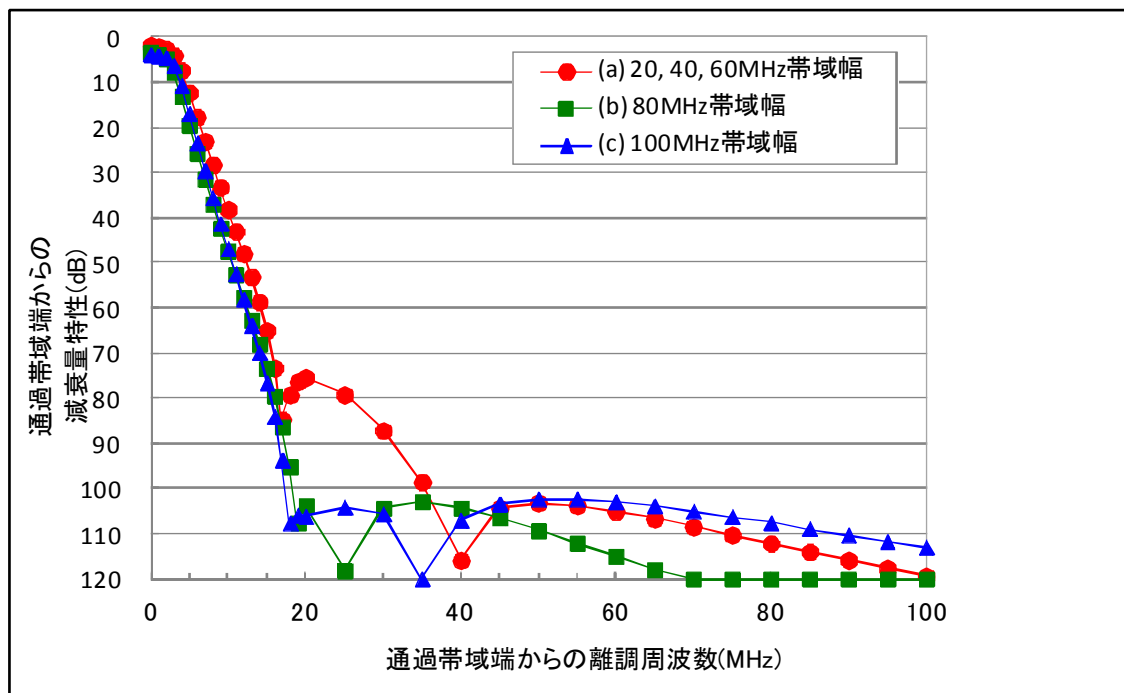


図 2. 2. 1-3 基地局の送受信フィルタ特性

干渉検討においては、基地局は1アンテナ送信として検討する。基地局において複数アンテナ送信を行う場合でも、1アンテナ送信の場合と総送信電力は等しいと想定されることや、共用検討に用いる隣接チャネル漏洩電力は、送信電力に対して相対的な値であるため、1アンテナ送信の検討結果と等しくなるためである。

一方、チャネル端から10 MHzを越えるスプリアス強度については、最悪ケースとしてアンテナ数倍干渉電力が増大する可能性があるが、周波数離調が大きくフィルタによる改善が見込まれる。

2. 2. 2 陸上移動局のパラメータ

(1) 送受信特性

表 2. 2. 2-1、及び 2 に干渉調査に用いた陸上移動局の送受信特性を示す。

表 2. 2. 2-1 送信側に係る情報

送信周波数帯	3.5GHz、あるいは 検討対象システムの最小周波数を使用
空中線電力 注2	23 dBm
空中線利得 注1	0 dBi
給電線損失 注1	0 dB
アンテナ指向特性 (水平)	オムニ

アンテナ指向特性（垂直）	オムニ
送信空中線高 ^{注1}	1.5m
チャンネル帯域幅 (BWChannel)	20、40、60、80、100MHz
隣接チャンネル漏えい電力 ^{注2}	下記または-50dBm/3.84MHz の高い値 -33dBc (BWChannel/2+2.5MHz 離調) -36dBc (BWChannel/2+7.5MHz 離調) 下記または-50dBm/BWChannel MHz の高い値 -30dBc (BWChannel 離調)
スプリアス強度 ^{注2} (9KHz-150KHz) (150KHz-30MHz) (30MHz-1GHz) (1GHz-18GHz)	-36dBm/1kHz -36dBm/10kHz -36dBm/100kHz -30dBm/MHz
スペクトラムマスク特性	表 2. 2. 2-1
送信フィルタ特性	—
その他損失 ^{注1}	8 dB (人体吸収損)

注 1：携帯電話等周波数有効利用方策委員会報告（平成 18 年 12 月 21 日）

注 2：3GPP 仕様から引用（3GPP 仕様での規定は最大 40MHz 幅。本報告では、60、80、100MHz の場合にも適用できるとの想定で検討）

表 2. 2. 2-2 受信側に係る情報

受信周波数	3.5GHz、あるいは 検討対象システムの最小周波数を使用
許容干渉電力 ^{注1}	-110.8 dBm/MHz (I/N=-6dB)
許容感度抑圧電力 ^{注2}	-56dBm (BWChannel/2+7.5MHz 離調) -44dBm (BWChannel/2+12.5MHz 離調)
受信空中線利得 ^{注1}	0 dBi
給電損失 ^{注1}	0 dB
空中線高 ^{注1}	1.5 m
その他損失 ^{注1}	8 dB (人体吸収損)

注 1：携帯電話等周波数有効利用方策委員会報告（平成 18 年 12 月 21 日）

注 2：3GPP 仕様から引用（3GPP 仕様での規定は最大 40 MHz 幅。本報告では、60、80、100 MHz の場合にも適用できるとの想定で検討）

表 2. 2. 1-1 陸上移動局のスペクトラムエミッションマスク特性^{注1}

Δf_{006} (MHz)	チャンネル幅					測定帯域幅
	20MHz	40MHz	60MHz	80MHz	100MHz	
$\pm 0-1$	-21	-24	-26	-27	-28	30 kHz

± 1-5	-10	-10	-10	-10	-10	1 MHz
± 5-20	-13	-13	-13	-13	-13	1 MHz
± 20-25	-25	-13	-13	-13	-13	1 MHz
± 25-40		-13	-13	-13	-13	1 MHz
± 40-45		-25	-13	-13	-13	1 MHz
± 45-60			-13	-13	-13	1 MHz
± 60-65			-25	-13	-13	1 MHz
± 65-80				-13	-13	1 MHz
± 80-85				-25	-13	1 MHz
± 85-100					-13	1 MHz
± 100-105					-25	1 MHz

注1：3GPP仕様から引用（3GPP仕様での規定は最大40 MHz幅。本報告では、60、80、100MHzの値については40 MHzまでの仕様値から想定される値を利用。）

(2) 確率的検討のパラメータ

1対1の対向モデルでは共存可能性が判断できず、与干渉システム、被干渉システムの特性を考慮し、確率的な調査が適用可能と判断された場合においては、モンテカルロ・シミュレーションによる評価を行う。モンテカルロ・シミュレーションによる干渉検討のイメージを **図2. 2-1** に示す。図中の「与」は与干渉局、「被」は被干渉局を示す。

モンテカルロ・シミュレーションとは、陸上移動局間の干渉、または与干渉、被干渉のいずれかが陸上移動局である干渉形態について、複数の陸上移動局の相対的位置関係により変化する被干渉受信機への総受信電力等の影響を考慮して、確率論的に干渉影響を評価する手法である。具体的には、被干渉局から対象半径Rの範囲に、同一タイミングで送信する複数の陸上移動局をランダムに配置して、これらの複数の与干渉局からの被干渉局に到達する総干渉電力を求める。この与干渉局の配置パターンを変化させて複数回の計算を実施し、この値が許容干渉レベルを超える確率を求める。

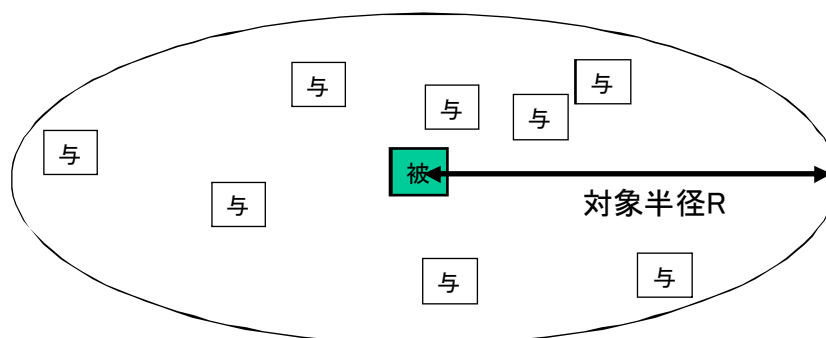


図2. 2. 2-1 モンテカルロ・シミュレーションによる干渉検討イメージ

図2. 2. 2-2 に確率的調査に用いた陸上移動局の送信電力累積確率を示す。本送信電力累積確率は、陸上移動局の送信帯域幅が20 MHzである場合の分布であるが、第4世代移動通信システムのシステム帯域幅が20 MHzより大きい場合の検討にも、本分布を用いて確率調査を実施する。これは、例えばシステム帯域幅が100 MHzの場合であっても、複数の陸上移動局が同

一タイミングで送信している条件では、これらの陸上移動局間は100 MHz幅の中で、異なる周波数を使って送信を行うため、陸上移動局毎の送信帯域幅は100 MHzよりも小さくなるためである。同一タイミングで送信する陸上移動局の台数は、携帯電話システムの技術的条件の検討に関わる情報通信審議会での従前の検討に従い、1 MHz及び1 km²当たり40.62台、評価半径は半径100 mとして検討を行なう。これらの条件は、陸上移動局からの干渉量を見積もる上で、十分大きな値である。

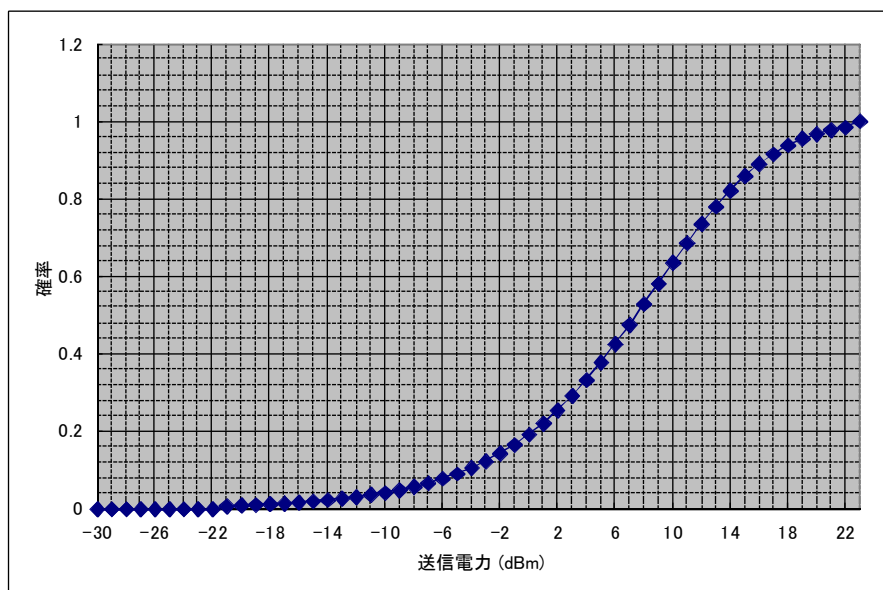


図2.2.2-2 陸上移動局の送信電力累積確率

2.2.3 陸上移動中継局のパラメータ

(1) 送受信特性

表2.2.3-1、及び2に干渉調査に用いた陸上移動中継局の送受信特性を示す。陸上移動中継局には、屋外、及び屋内エリア用に設置するタイプがあるが、検討対象とする無線システムは、屋外にアンテナが設置されているため、干渉条件としてより厳しい「屋外エリア用の陸上移動中継局」に基づき、パラメータを設定した。

表2.2.3-1 送信側に係る情報

	陸上移動局対向器	基地局対向器
送信周波数帯	3.5GHz、あるいは検討対象システムの最小周波数を使用	
最大送信出力	38 dBm	23 dBm
送信空中線利得	11 dBi	13 dBi
送信給電線損失	8 dB	8 dB
アンテナ指向特性 (水平)	図2.2.3-1	図2.2.3-3

アンテナ指向特性（垂直）	図 2. 2. 3-2	図 2. 2. 3-4
送信空中線高	15 m	15 m
隣接チャネル漏えい電力	送信周波数帯域端から 2.5 MHz 離れ（送信周波数帯域を除く）： -44.2 dBc/3.84 MHz 以下 又は、 -7.2 dBm/3.84 MHz 以下 送信周波数帯域端から 7.5 MHz 離れ（送信周波数帯域を除く）： -44.2 dBc/3.84 MHz 以下 又は、 -7.2 dBm/3.84 MHz 以下	送信周波数帯域端から 2.5 MHz 離れ（送信周波数帯域を除く）： -32.2 dBc/3.84 MHz 以下 送信周波数帯域端から 7.5 MHz 離れ（送信周波数帯域を除く）： -35.2 dBc/3.84 MHz 以下
スプリアス強度	30 MHz-1 GHz（送信周波数帯域端から 10MHz 以上離れ（送信周波数帯域を除く））： -13 dBm/100kHz 以下 1 GHz-12.75 GHz 未満 -13 dBm/1MHz	30 MHz-1 GHz（送信周波数帯域端から 10MHz 以上離れ（送信周波数帯域を除く））： -36 dBm/100kHz 以下 1 GHz-12.75 GHz 未満 -30 dBm/1MHz
帯域外利得	帯域端から 200kHz 離れ：60 dB 帯域端から 1 MHz 離れ：45 dB 帯域端から 10MHz 離れ：35 dB	帯域端から 200kHz 離れ：60 dB 帯域端から 1 MHz 離れ：45 dB 帯域端から 10MHz 離れ：35 dB

表. 2. 2. 3-2 受信側に係る情報

	陸上移動局対向器	基地局対向器
送信周波数帯	3.5GHz、あるいは検討対象システムの最小周波数を使用	
許容干渉電力	(帯域内) -118.9 dBm/MHz (帯域外) -44 dBm	(帯域内) -110.9 dBm/MHz (帯域外) -56dBm (5 MHz離調) -44dBm (10 MHz離調)
受信空中線利得	11 dBi	13 dBi
受信給電線損失	8 dB	8 dB
アンテナ指向特性（水平）	図 2. 2. 3-1	図 2. 2. 3-3
アンテナ指向特性（垂直）	図 2. 2. 3-2	図 2. 2. 3-4
受信空中線高	15 m	15 m

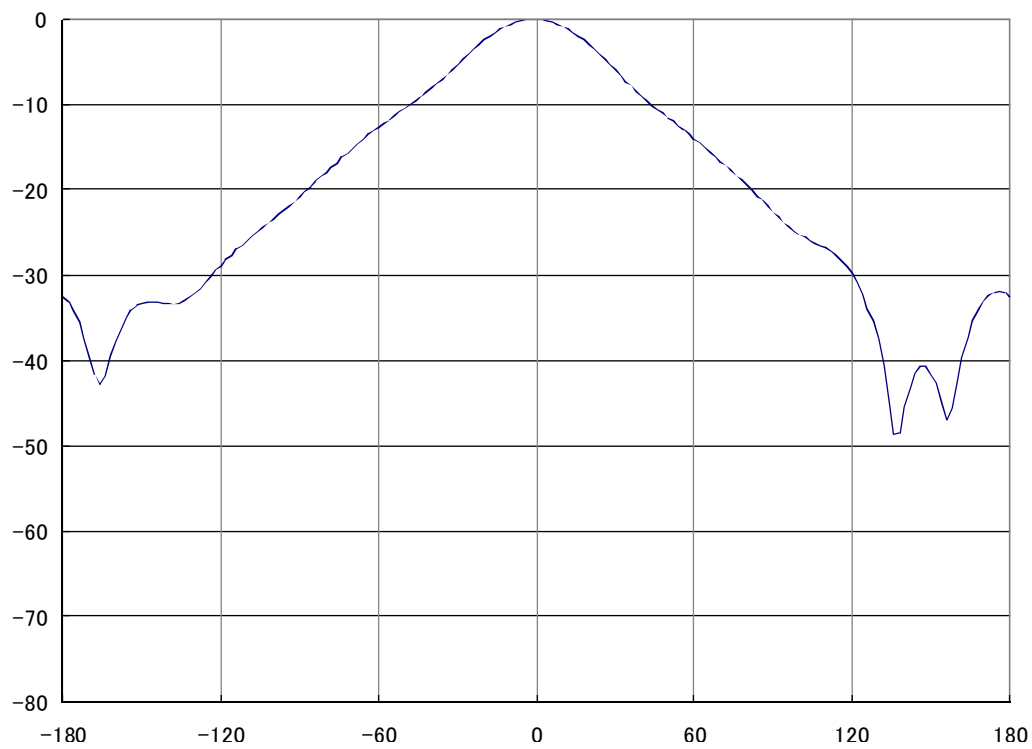


図 2. 2. 3-1 陸上移動局対向器のアンテナ指向特性 (水平)

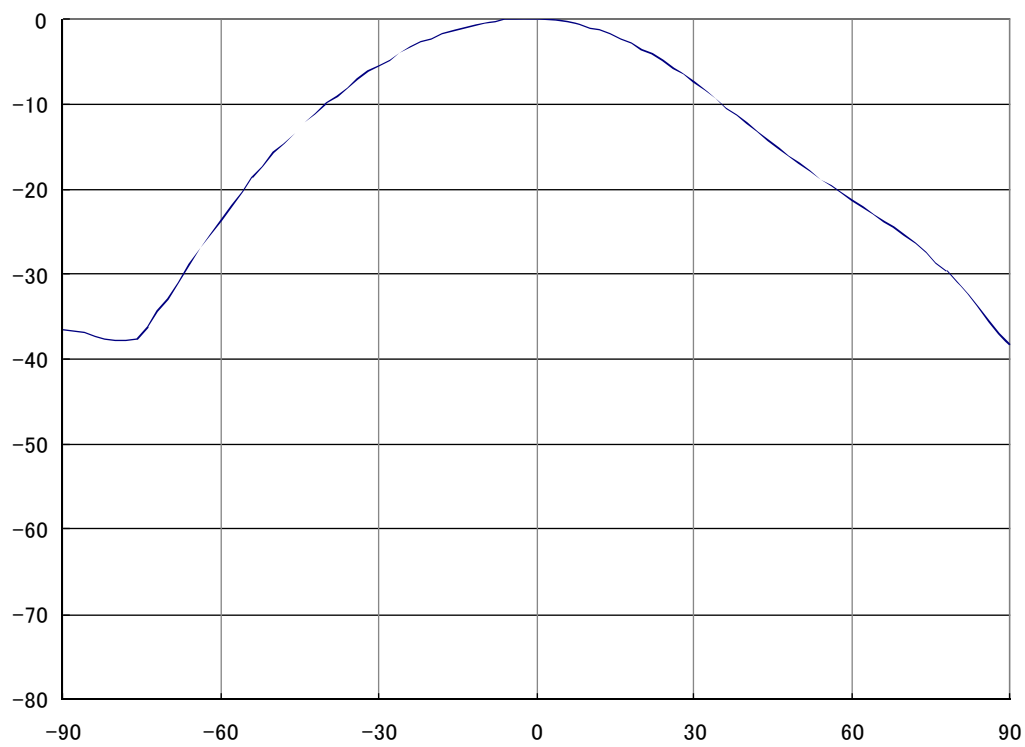


図 2. 2. 3-2 陸上移動局対向器のアンテナ指向特性 (垂直)

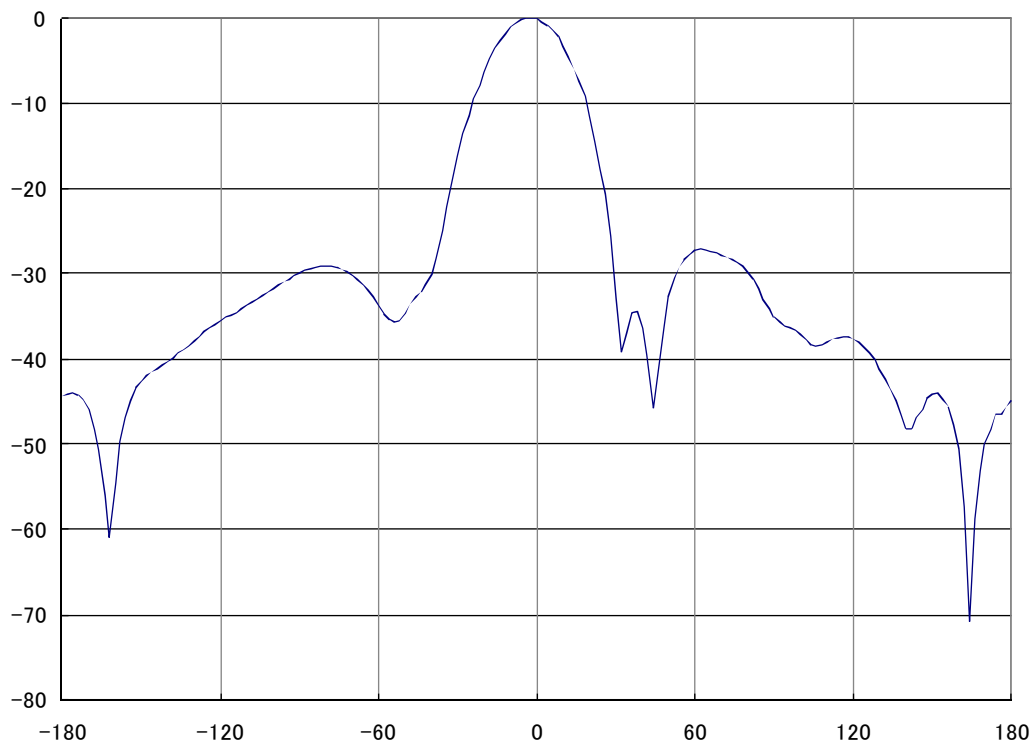


図 2. 2. 3-3 基地局対向器のアンテナ指向特性 (水平)

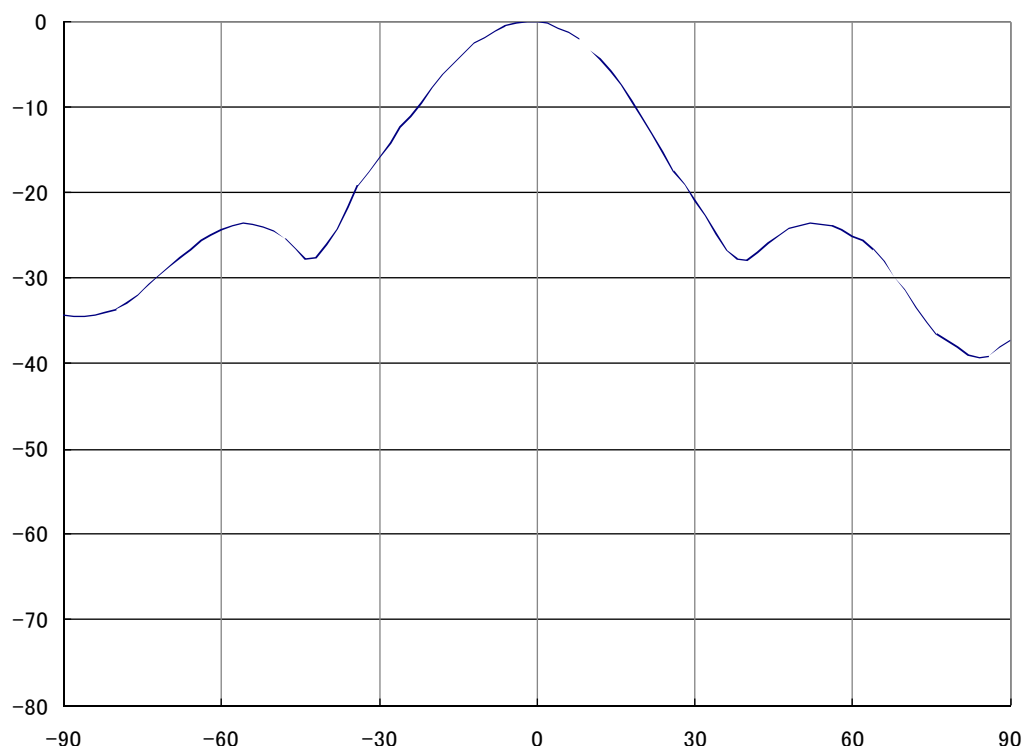


図 2. 2. 3-4 基地局対向器のアンテナ指向特性 (垂直)

2. 2. 4 小電力レピータのパラメータ

(1) 送受信特性

表2. 2. 4-1、及び2に干渉調査に用いた小電力レピータの送受信特性を示す。小電力レピータは一体型と分離型の構成があるが、干渉条件としてより厳しい「一体型」に基づき、パラメータを設定した。

表2. 2. 4-1 送信側に係る情報

	陸上移動局対向器	基地局対向器
送信周波数帯	3.5GHz、あるいは検討対象システムの最小周波数を使用	
最大送信出力	24 dBm	16 dBm
送信空中線利得	0 dBi	9 dBi
送信給電線損失	0 dB	0 dB
アンテナ指向特性（水平）	オムニ	図2. 2. 4-1
アンテナ指向特性（垂直）	オムニ	図2. 2. 4-2
送信空中線高	2 m	2 m
隣接チャンネル漏えい電力 ^{注1}	送信周波数帯域端から2.5 MHz離れ（送信周波数帯域を除く）： -13 dBm/MHz以下 送信周波数帯域端から7.5 MHz離れ（送信周波数帯域を除く）： -13 dBm/ MHz以下	送信周波数帯域端から2.5 MHz 離れ（送信周波数帯域を除く）： -32.2 dBc/3.84 MHz 以下 又は-13 dBm/MHz 以下 送信周波数帯域端から7.5 MHz 離れ（送信周波数帯域を除く）： -35.2 dBc/3.84 MHz 以下 又は-30 dBm/MHz 以下
スプリアス強度 ^{注1}	30 MHz-1 GHz（送信周波数帯域端から10 MHz 以上離れ（送信周波数帯域を除く））： -13 dBm/100 kHz以下 1 GHz-12.75 GHz -13 dBm/100 kHz以下	30 MHz-1 GHz（送信周波数帯域端から10 MHz 以上離れ（送信周波数帯域を除く））： -36 dBm/100 kHz 以下 1 GHz-12.75 GHz -30 dBm/100 kHz 以下
帯域外利得	帯域端から5 MHz 離れ：35 dB 帯域端から40 MHz 離れ：0 dB	帯域端から5 MHz 離れ：35 dB 帯域端から40 MHz 離れ：0 dB

表2. 2. 4-2 受信側に係る情報

	陸上移動局対向器	基地局対向器
受信周波数帯	3.5GHz、あるいは検討対象システムの最小周波数を使用	
許容干渉電力	（帯域内） -118.9 dBm/MHz （帯域外）	（帯域内） -110.9 dBm/MHz （帯域外）

	-44 dBm	-56 dBm (5 MHz離調) -44 dBm (10 MHz離調)
受信空中線利得	0 dBi	9 dBi
受信給電線損失	0 dB	0 dB
アンテナ指向特性 (水平)	オムニ	図 2. 2. 4-1
アンテナ指向特性 (垂直)	オムニ	図 2. 2. 4-2
受信空中線高	2 m	2 m

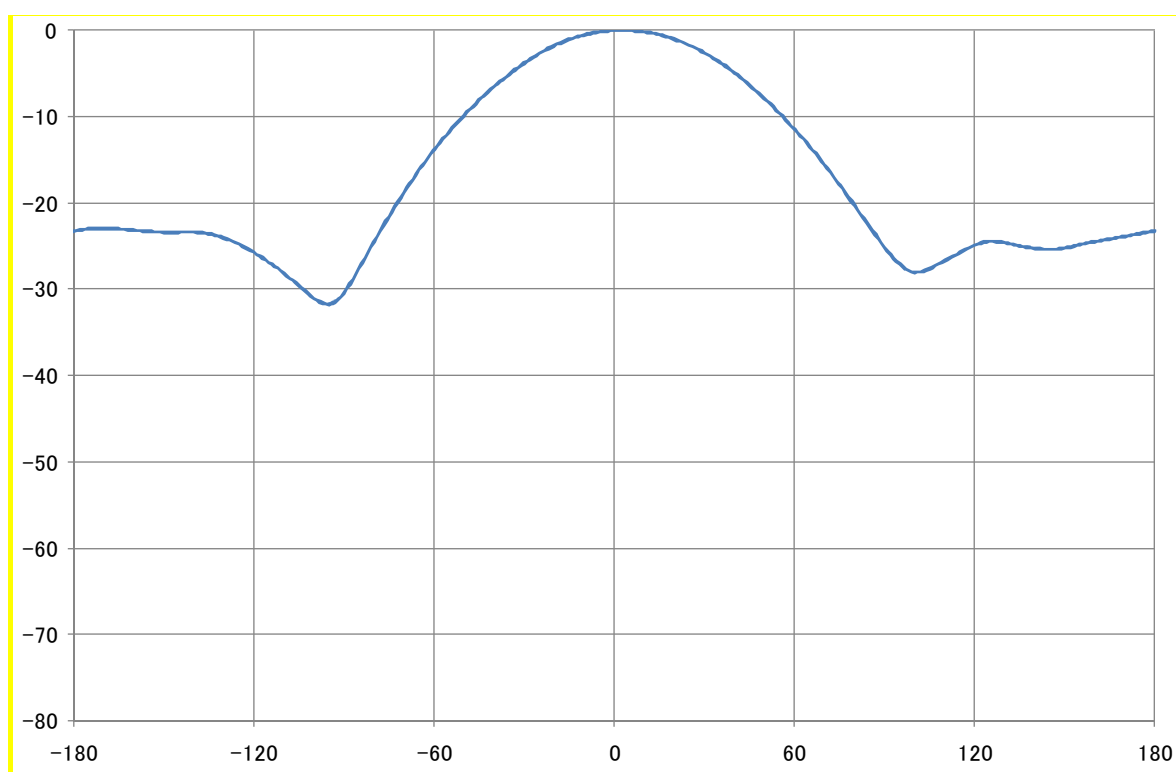


図 2. 2. 4-1 基地局対向器のアンテナ指向特性 (水平)

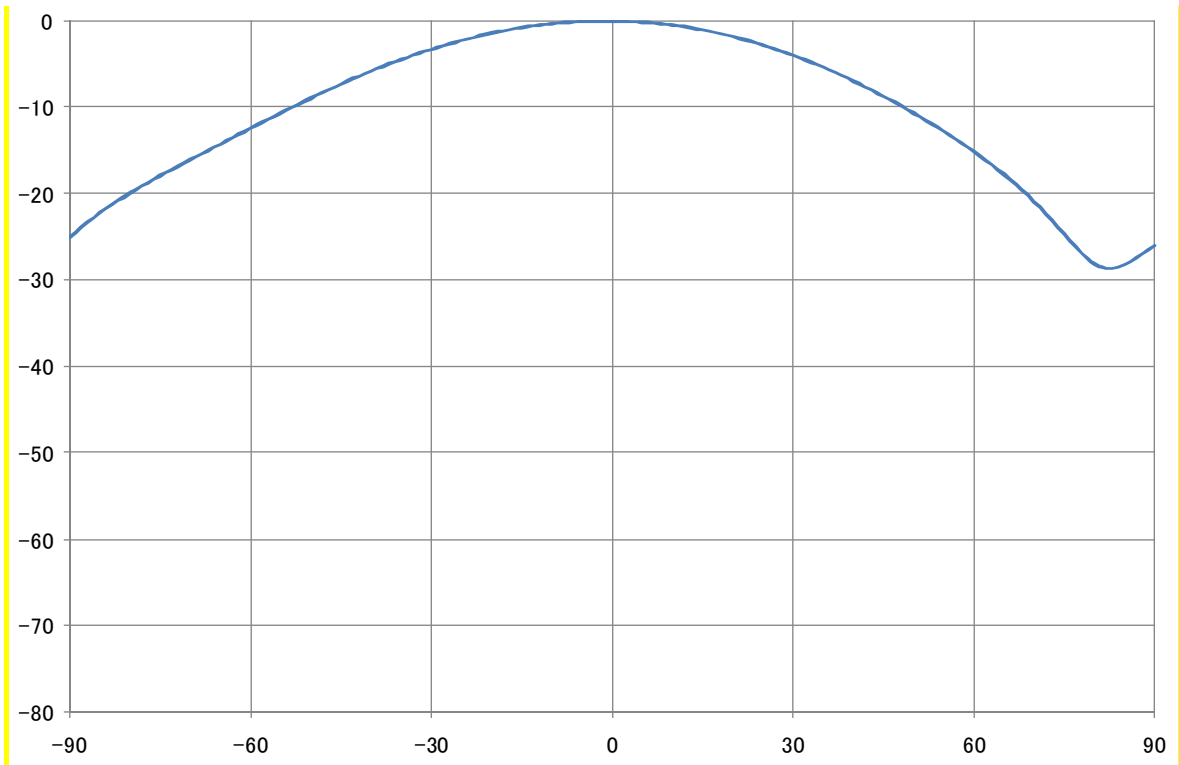


図 2. 2. 4-2 基地局対向器のアンテナ指向特性（垂直）

2. 2. 5 干渉検討に用いる伝搬式

伝搬式として、「自由空間損失」、及び「拡張秦式」の2つを用いた。 f は周波数（MHz）、 h_b は基地局アンテナ高（m）、 h_m は移動局アンテナ高（m）、 H_b は h_b と h_m の大きい方の値、 H_m は h_b と h_m の小さいほうの値、 d は距離（km）を表す。

（1）自由空間損失

$$L [\text{dB}] = 32.4 + 20\log(f) + 10\log\left(d^2 + (H_b - H_m)^2 / 10^6\right)$$

$$H_b = \max(h_b, h_m)$$

$$H_m = \min(h_b, h_m)$$

（2）拡張秦式

拡張秦式として、報告ITU-R SM. 2078で定義されているモデルを用いた。適用可能な周波数は3 GHzまでと定義されているが、近似的に3.5GHzでも適用可能と仮定して評価を行った（参考資料2を参照）。

- $d \leq 0.04 \text{ km}$

$$L [\text{dB}] = 32.4 + 20\log(f) + 10\log\left(d^2 + (H_b - H_m)^2 / 10^6\right)$$

- $d \geq 0.1 \text{ km}$

$$a(H_m) = (1.1 \log f - 0.7) \min(10, H_m) - (1.56 \log f - 0.8) + \max(0, 20 \log(H_m/10))$$

$$b(H_b) = \min(0, 20 \log(H_b/30))$$

$$\alpha = \begin{cases} 1 & \text{for } d \leq 20 \text{ km} \\ 1 + (0.14 + 1.87 \times 10^{-4} f + 1.07 \times 10^{-3} H_b) \left(\log \frac{d}{20} \right)^{0.8} & \text{for } 20 \text{ km} < d \leq 100 \text{ km} \end{cases}$$

の場合に、

Urbanモデル

$$L [\text{dB}] = [44.9 - 6.55 \log(\max\{30, H_b\})] (\log d)^\alpha - a(H_m) - b(H_b) - 13.82 \log(\max\{30, H_b\})$$

$$+ \begin{cases} 69.6 + 26.2 \log(150) - 20 \log(150/f) & \text{for } 30 < f \leq 150 \text{ MHz} \\ 69.6 + 26.2 \log f & \text{for } 150 < f \leq 1500 \text{ MHz} \\ 46.3 + 33.9 \log f & \text{for } 1500 < f \leq 2000 \text{ MHz} \\ 46.3 + 33.9 \log(2000) + 10 \log(f/2000) & \text{for } 2000 < f \leq 3000 \text{ MHz} \end{cases}$$

Sub-urbanモデル

$$L [\text{dB}] = L(\text{urban}) - 2 \{ \log [(\min\{\max\{150, f\}, 2000\})/28] \}^2 - 5.4$$

Open areaモデル

$$L [\text{dB}] = L(\text{urban}) - 4.78 \{ \log [\min\{\max\{150, f\}, 2000\}] \}^2$$

$$+ 18.33 \log [\min\{\max\{150, f\}, 2000\}] - 40.94$$

- $0.04 < d < 0.1 \text{ km}$

$$L [\text{dB}] = L(0.04) + \frac{\log d - \log(0.04)}{\log(0.1) - \log(0.04)} \{ L(0.1) - L(0.04) \}$$

また、上記の各式で得られる伝搬損失 L が自由空間損失よりも小さな値の場合、 L は自由空間損失の値に変更する。

2. 3 第4世代移動通信システム (IMT-Advanced) 相互間の干渉検討

第4世代移動通信システム相互間の干渉検討として、異なる事業者間の無線局の干渉シナリオを考慮して評価を行った。検討においては、基地局間、及び移動局間の干渉について評価を行った。陸上移動中継局間の干渉は基地局間の共存条件、小電力レピータ間の干渉については、既存の携帯電話周波数帯域での小電力レピータの共存条件と同様となると想定されるため、共存可能であると判断し、検討を省略した。

また、TDD の場合、複数の事業者間でネットワーク同期を行う場合（利用するシステムが同一、かつ上り、下りの使用比率が同一、かつ送受信タイミングが時間的に同期されている場合）には、一般には、ガードバンド0 MHz で共用可能である。

2. 3. 1 基地局間の干渉

基地局間の干渉シナリオとして、異なる事業者の基地局アンテナが同一サイトに併設置されているモデル（**図2. 3. 1-1**）での評価を行った。

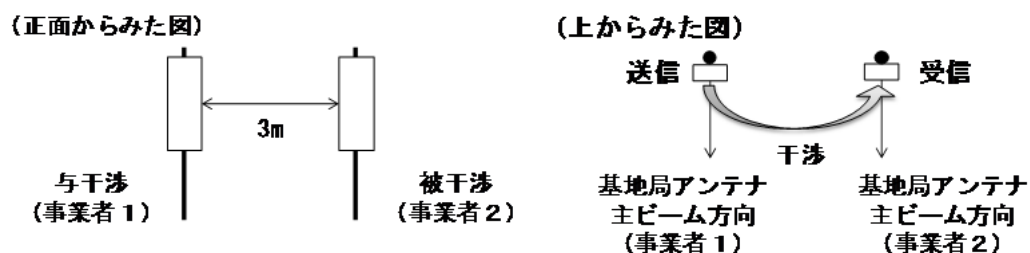


図2. 3. 1-1 基地局併設置モデル

事業者1の基地局送信周波数と事業者2の基地局受信周波数のガードバンド幅を5、10 MHzとした場合の、基地局間干渉の影響を調査した結果を**表2. 3. 1-1**に示す。

ガードバンド幅が5 MHz の場合には、帯域内、及び帯域外干渉を抑圧するためのフィルタを、それぞれ与干渉、及び被干渉側の基地局に挿入するだけでは所要改善量が残存する。したがって、設置する基地局アンテナ間の離隔距離を大きくする等のサイトエンジニアリングを行って残りの所要改善量をマイナス、あるいは十分に小さくすることができれば、共用可能である。

ガードバンド幅が10 MHz の場合には、帯域内干渉を抑圧するためのフィルタを与干渉側の基地局に挿入することにより所要改善量は1.3 dB となるため、不要発射強度やフィルタの実力値を考慮すれば共用可能である。また、帯域外干渉を抑圧するためのフィルタを被干渉側の基地局に挿入することにより、所要改善量がマイナスとなるため共用可能である。

表2. 3. 1-1 所要改善量 (基地局↓→基地局↑)

干渉形態	伝搬モデル	ガードバンド幅	チャンネル帯域幅 (MHz)	所要改善量 (dB)	所要改善量 (フィルタ挿入後) (dB)
帯域内干渉	自由空間	5 MHz	20~100	44.6	32.4

帯域外干渉			20	25.4	13.2
			40	28.4	16.2
			60	30.2	18.0
			80	31.4	19.2
			100	32.4	20.2
帯域内干渉	自由空間	10 MHz	20~100	39.4	1.3
帯域外干渉			20	25.4	-13.7
			40	28.4	-10.7
			60	30.2	-8.9
			80	31.4	-7.7
			100	32.4	-6.7

2. 3. 2 移動局間の干渉

異なる事業者の移動局間の干渉シナリオについて、確率的調査により評価した。

(1) FDD の場合

3GPPで規定されているBand 22（上り周波数：3410-3490MHz、下り周波数：3510-1590MHz、センターギャップ：20MHz幅）の受信周波数帯に対するスプリアス強度の保護レベル（-40.0 dBm/MHz）を用い、モンテカルロ・シミュレーションによる確率的調査（伝搬モデル：自由空間）を行った。帯域内干渉の結果を表2.3.2-1に、帯域外干渉の結果を表2.3.2-2に示す。

表2.3.2-1 帯域内干渉の所要改善量（移動局↑→移動局↓）

チャンネル 帯域幅 (MHz)	測定 帯域幅 (MHz)	許容干渉レベル (dBm/測定帯域幅)	干渉電力 (dBm/測定帯域幅)	所要改善量 (dB)
20	18	-98.2	-106.7	-8.5
40	38	-95.0	-104.5	-9.5
60	58	-93.2	-101.8	-8.6
80	78	-91.9	-99.9	-8.1
100	98	-90.9	-99.0	-8.1

表2.3.2-2 帯域外干渉の所要改善量（移動局↑→移動局↓）

チャンネル 帯域幅 (MHz)	許容干渉レベル (dBm)	干渉電力 (dBm/測定帯域幅)	所要改善量 (dB)
20	-44.0	-55.3	-11.3
40	-44.0	-53.6	-9.5
60	-44.0	-51.5	-7.5

80	-44.0	-50.0	-6.0
100	-44.0	-49.5	-5.5

いずれのケースにおいても所要改善量がマイナスであるため、Band 22で規定されている受信周波数帯に対するスプリアス強度の保護レベル（-40.0 dBm/MHz）を確保することにより、共用可能である。

(2) TDD の場合

複数事業者間のネットワーク同期が実現できない場合（非同期運用の場合）には、隣接する事業者の間に、ガードバンドを設けて運用することが必要である。3GPP の検討では、同一の TDD バンド内では隣接するチャンネルが同期運用されることを前提に仕様規定されており、Band 22 のような受信周波数帯に対するスプリアス強度に対する保護レベルが規定されていない。そこで、帯域内干渉の検討には、近接領域については隣接チャンネル漏洩電力を使用し、スプリアス領域については一般のスプリアス強度（-30 dBm/MHz）を用いてモンテカルロ・シミュレーションによる確率的調査（伝搬モデル：自由空間）を行った。帯域内干渉の結果を表 2. 3. 2-3 に、帯域外干渉の結果を表 2. 3. 2-4 に示す。

表 2. 3. 2-3 帯域内干渉の所要改善量（移動局↑→移動局↓）

チャンネル幅 (MHz)	測定帯域幅 (MHz)	ガードバンド (MHz)	許容干渉レベル (dBm/測定帯域幅)	干渉電力 (dBm/測定帯域幅)	所要改善量 (dB)
20	18	0	-98.2	-78.7	19.5
		1	-98.2	-80.2	18.1
		5	-98.2	-80.7	17.6
		20	-98.2	-94.9	3.3
		25	-98.2	-97.3	1.0
40	38	0	-95.0	-83.5	11.5
		20	-95.0	-85.6	9.4
		40	-95.0	-89.1	5.9
		45	-95.0	-90.9	4.1
60	58	0	-93.2	-82.1	11.1
		40	-93.2	-83.1	10.1
		60	-93.2	-87.1	6.1
		65	-93.2	-86.8	6.4
80	78	0	-91.9	-80.7	11.2
		60	-91.9	-83.2	8.7
		80	-91.9	-84.6	7.3
		85	-91.9	-85.1	6.8
100	98	0	-90.9	-78.5	12.4
		70	-90.9	-82.2	8.6

		100	-90.9	-82.7	8.2
		105	-90.9	-82.9	8.0

表 2. 3. 2-4 帯域外干渉の所要改善量（移動局↑→移動局↓）

チャンネル帯域幅 (MHz)	ガードバンド (MHz)	許容干渉レベル (dBm)	干渉電力 (dBm/測定帯域幅)	所要改善量 (dB)
20	0	-56.0	-56.2	-0.2
	1	-56.0	-57.4	-1.4
	5	-56.0	-56.2	-0.2
	20	-44.0	-56.2	-12.2
	25	-44.0	-56.8	-12.8
40	0	-56.0	-53.5	2.5
	20	-44.0	-53.7	-9.7
	40	-44.0	-52.8	-9.8
	45	-44.0	-53.7	-9.7
60	0	-56.0	-52.1	3.9
	40	-44.0	-50.7	-6.7
	60	-44.0	-52.3	-8.3
	65	-44.0	-51.4	-7.4
80	0	-56.0	-50.7	5.3
	60	-44.0	-50.8	-6.8
	80	-44.0	-50.8	-6.8
	85	-44.0	-51.0	-7.0
100	0	-56.0	-48.5	7.5
	70	-44.0	-50.5	-6.5
	100	-44.0	-49.8	-5.8
	105	-44.0	-49.8	-5.8

チャンネル帯域幅が20 MHzの場合には、ガードバンドとして25 MHzを確保することで、帯域内干渉の所要改善量が1.0 dBとなり、実装マージンを考慮すれば共用可能である。一方、チャンネル帯域幅が40 MHz以上の場合には、チャンネル帯域幅と同じ程度の幅のガードバンドを確保しても、帯域内干渉の所要改善量が残り、この評価結果のみでは共用可能性の判断をすることが困難である。

そこで上記の3GPPの仕様値での評価検討に加えて、3.5 GHz帯の実デバイスのスプリアス強度の実力値を加味した検討を行った。

⇒今後追記

2. 3. 3 第4世代移動通信システム（IMT-Advanced）相互間の干渉検討結果まとめ

表 2. 3. 3-1 に、第4世代移動通信システム（IMT-Advanced）相互間の干渉検討結果を示す。

表 2. 3. 3-1 第4世代移動通信システム（IMT-Advanced）相互間の最小GB幅

		与干渉	
		基地局送信	移動局送信
被干渉	基地局受信	5 MHz (※1) / 0MHz (※2) (※1) フィルタ挿入及びサイトエンジニアリングにより共用可能	—
	移動局受信	—	** MHz (※3) / 0MHz (※2) (※3) スプリアス強度 (-30dBm/MHz) の実力値を考慮した場合

※2 TDD かつ複数の事業者間でネットワーク同期を行う場合（利用するシステムが同一、かつ上り、下りの使用比率が同一、かつ送受信タイミングが時間的に同期されている場合）

2. 4 放送事業用無線局との干渉検討

2. 4. 1 検討を実施する干渉形態

検討対象となる放送事業用無線局の種類、及び設置場所は、表2.4.1-1の通りである。なお、監視制御回線については、干渉検討に用いるパラメータが音声STL/TSL/TTLと同様であるため、検討を省略し、音声STL/TSL/TTLの検討結果が適用できるものとした。

表2.4.1-1 放送事業用無線局の干渉検討対象の無線局

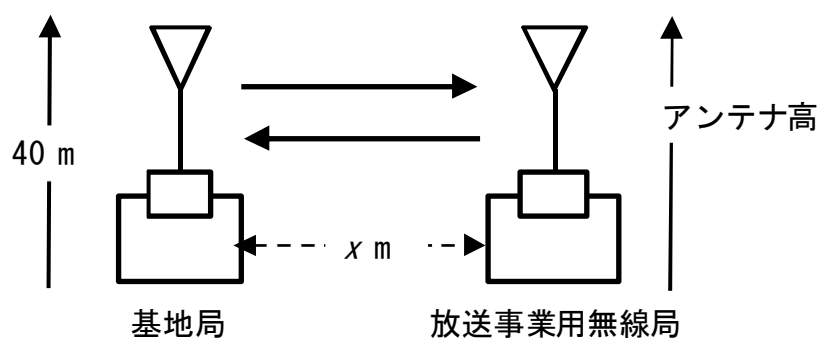
①	音声FPU（都市部）
②	音声FPU（山間部）※1
③	音声STL/TSL/TTL（都市部）
④	音声STL/TSL/TTL（山間部）
⑤	監視制御回線

※1 音声FPU（山間部）は送信のみ存在

2. 4. 2 基地局との干渉検討

基地局との干渉検討モデルとして、図2.4.2-1の評価モデルを用いた。また、図中の放送事業用無線局のアンテナ高を、表2.4.2-1に示す。また、拡張秦式を用いる際には、都市部ではUrbanモデル、山間部はOpen areaモデルを使用した。

与干渉局、被干渉局が1対1で対向する調査モデルでの検討を行い、アンテナパターン等を考慮した上で最も干渉条件が厳しくなる水平距離の条件（結合損が最小となる条件、ただし水平距離が10 m以上の条件）で、許容干渉電力に対する所要改善量の算出を行った。



水平方向角：0度
 垂直方向角：6.5度（基地局↓→FPU受信） ※1
 0度（FPU送信→基地局↑） ※1
 3度（基地局⇄STL） ※2

※1 携帯電話等高度化委員会報告（700MHz 帯を使用する移動通信システムの技術的条件）より

※2 携帯電話等高度化委員会報告（900MHz 帯を使用する移動通信システムの技術的条件）より

図2.4.2-1 基地局との干渉検討モデル

表2.4.2-1 放送事業用無線局のアンテナ高

放送事業用無線局	アンテナ高 (m)
----------	-----------

送信側	音声 FPU (山間部)	105
	音声 FPU (都市部)	70
受信側	音声 FPU (都市部)	219
音声 STL (山間部)		160
音声 STL (都市部)		45

(1) 音声 FPU との干渉検討 (机上検討)

(ア) 同一チャネルにおける干渉検討

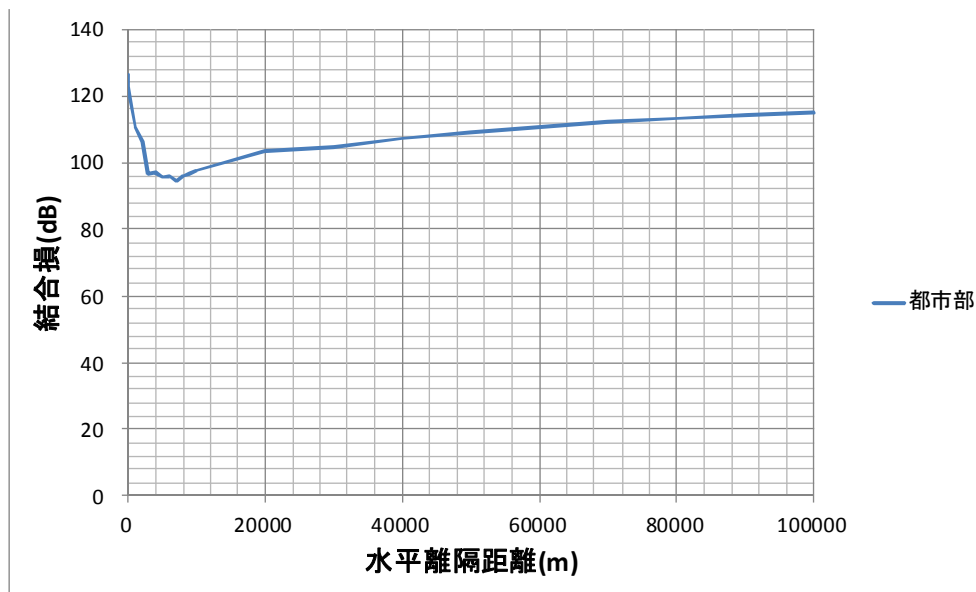
表 2. 4. 2-2 に基地局と音声 FPU について、同一チャネル干渉の条件における所要改善量を示す。条件により異なるが、30~60 dB 弱の所要改善量が残ることが分かる。

表 2. 4. 2-2 同一チャネル干渉における所要改善量

与干渉	被干渉	伝搬モデル	水平距離	所要改善量 (dB)
基地局 送信	FPU 受信 (都市部)	自由空間	7 km	57.8
		拡張秦式	7 km	57.8
FPU 送信 (都市部)	基地局 受信	自由空間	600 m	40.1
		拡張秦式	600 m	40.1
FPU 送信 (山間部)	基地局 受信	自由空間	1 km	33.4
		拡張秦式	1 km	33.4

これらの所要改善量について、お互いの無線局の離隔距離を広げることにより、どの程度低減できるかの評価を行った。図 2. 4. 2-2 は、一例として、基地局送信→FPU 受信 (都市部) において、お互いの無線局の水平距離を広げた場合の結合損 (カップリングロス) の変化を示したものである。この図より、伝搬による減衰量の大きさは徐々に小さくなるため、たとえ水平距離を大きくしても結合損が増大せず、結果として所要改善量の大きな改善は見込めないことが分かる。

図 2. 4. 2-2 基地局→FPU 受信 (都市部) の条件で水平距離を大きくする効果



更なる所要改善量の低減のため、空中線電力、及びアンテナ高等を小さくした小セル基地局の場合の追加評価を音声FPU（都市部）との条件で行った。基地局のモデルとしては、3GPPの検討で用いられている小セル基地局のパラメータ（空中線電力：20 dBm /MHz、空中線利得：5 dBi、給電線損失：0 dBi、アンテナ指向性：オムニ、空中線高：10 m）に準拠した。表2.4.2-3に計算結果を示す。

表2.4.2-3 同一チャネル干渉における所要改善量（小セル基地局の場合）

与干渉	被干渉	伝搬モデル	水平距離	所要改善量 (dB)
基地局送信	FPU受信 (都市部)	自由空間	3 km	47.6
		拡張秦式	2 km	45.9
FPU送信 (都市部)	基地局受信*	自由空間	600 m	36.7
		拡張秦式	500 m	35.5

*許容干渉電力は：-114dBm/MHz (NF=10dB、I/N=-10dB)

本結果より、所要改善量の低減効果が得られるもの、引き続き35～50 dB弱の所要改善量が残ることが分かる。

(イ) 隣接チャネルにおける干渉検討

表2.4.2-4に基地局と音声FPUについて、隣接チャネル干渉の条件における所要改善量を示す。

ガードバンド幅が0 MHzの場合には、基地局送信→FPU受信（都市部）の干渉シナリオにおいて、帯域内干渉で13.6 dB、帯域外干渉で1.4 dBの所要改善量が必要である。帯域内干渉の13.6 dBについては、不要発射強度の実力値に加えて、基地局とFPUのアンテナ設置条件のサイトエンジニアリング等を行うことで解消可能であると考えられる。また、帯域外干渉の1.4 dB

については、**[FPUの受信装置の実力値を考慮すれば解消可能であると考えられる]**。さらに、それ以外の干渉シナリオ（FPU（都市部）／同（山間部）→基地局）については、いずれも所要改善量がマイナスとなっている。

一方、ガードバンド幅が5 MHzの場合には、基地局→FPU（都市部）の干渉シナリオにおいても、基地局へのフィルタ挿入により帯域内干渉の所要改善量が1.4 dBとなり、不要発射強度やフィルタの実力値も加味すれば共用可能である。

[以上より、基地局と音声FPUが隣接チャネルの条件で運用する場合には、ガードバンド0 MHzでは、基地局へのフィルタ挿入とサイトエンジニアリング、ガードバンド5 MHzでは基地局へのフィルタ挿入により、共用可能である。]

表2. 4. 2-4 隣接チャネル干渉における所要改善量

与干渉	被干渉	干渉形態	伝搬モデル	ガードバンド幅 (MHz)	水平距離	所要改善量 (dB)	基地局フィルタ挿入後の所要改善量 (dB)
基地局送信	FPU受信都市部	帯域内	自由空間	0 MHz	7 km	13.6	—
			拡張秦式		7 km	13.6	—
			自由空間	5 MHz	7 km	13.6	1.4
			拡張秦式		7 km	13.6	1.4
		帯域外	自由空間	0 MHz	7 km	1.4	—
			拡張秦式		7 km	1.4	—
FPU送信都市部	基地局受信	帯域内	自由空間	0 MHz	600 m	-5.9	—
			拡張秦式		600 m	-5.9	—
		帯域外	自由空間		600 m	-35.9	—
			拡張秦式		600 m	-35.9	—
FPU送信山間部	基地局受信	帯域内	自由空間	0 MHz	1 km	-12.6	—
			拡張秦式		1 km	-12.6	—
		帯域外	自由空間		1 km	-42.6	—
			拡張秦式		1 km	-42.6	—

(2) 音声 STL/TTL/TSL、監視制御回線との干渉検討（机上検討）

(ア) 同一チャネルにおける干渉検討

表2. 4. 2-5に基地局と音声STL/TTL/TSL、監視制御回線（以下、STLと表記）との、同一チャネル干渉の条件における所要改善量を示す。都市部では90 dB以上、山間部でも70 dB以上の所要改善量が必要である。

更なる所要改善量の低減のため、**表2. 4. 2-6**に、小セル基地局を想定した場合の、同一チャネル干渉の条件における所要改善量を示す。都市部において、引き続き60 dB以上の所要改善量が必要である。

表2. 4. 2-5 同一チャネル干渉における所要改善量

与干渉	被干渉	伝搬モデル	水平距離	所要改善量 (dB)
基地局送信	STL受信 (都市部)	自由空間	100 m	98.9
		拡張秦式	100 m	98.9
STL送信 (都市部)	基地局受信	自由空間	100 m	95.5
		拡張秦式	100 m	95.5
基地局送信	STL受信 (山間部)	自由空間	3.5 km	74.2
		拡張秦式	3.5 km	74.2
STL送信 (山間部)	基地局受信	自由空間	3.5 km	70.7
		拡張秦式	3.5 km	70.7

表 2. 4. 2-6 同一チャネル干渉における所要改善量 (小セル基地局の場合)

与干渉	被干渉	伝搬モデル	水平距離	所要改善量 (dB)
基地局送信	STL受信 (都市部)	自由空間	1100 m	63.6
		拡張秦式	300 m	60.0
STL送信 (都市部)	基地局受信※	自由空間	1100 m	71.1
		拡張秦式	300 m	67.5

※許容干渉電力は：-114dBm/MHz (NF=10dB、I/N=-10dB)

(イ) 隣接チャネルにおける干渉検討

表 2. 4. 2-7 に基地局とSTLとの、隣接チャネル干渉の条件における所要改善量を示す。ガードバンド幅が0 MHzの場合は共存条件が厳しいため、ガードバンド幅が5 MHz、及び10 MHzの場合の検討結果をまとめた。

都市部においては、基地局送信→STL受信 (都市部) の干渉シナリオにおいて、ガードバンド幅が5 MHz、及び10 MHzの条件で、基地局へのフィルタ挿入後に、帯域内干渉の所要改善量は42.5 dB、及び11.4 dBとなる。ここでの所要改善量は、基地局とSTLの水平距離が100 mのときの値であるため、双方の無線局の離隔距離をさらに拡大し、かつ、アンテナ設置条件のサイトエンジニアリング等を行えば、所要改善量をマイナス、あるいは十分に小さくすることができると思われる。帯域外干渉については40 dB程度の所要改善量が残るため、・・・。

一方、STL送信 (都市部) →基地局受信の干渉シナリオにおいては、ガードバンド幅が5 MHzの条件で、基地局へのフィルタ挿入後に、帯域外干渉は7.3 dBの所要改善量が残るが、基地局とSTLのアンテナ設置条件のサイトエンジニアリング等を行えば、解消できると考えられる。また、帯域内干渉については45 dB程度の所要改善量となるが、・・・。

山間部においては、基地局送信→STL受信 (山間部) の干渉シナリオにおいて、帯域内干渉について、ガードバンド幅が5 MHzではフィルタ挿入後も17.8 dBの所要改善量が残るため、アンテナ設置条件のサイトエンジニアリング等が必要であるが、ガードバンド幅が10 MHzの条件では、基地局へのフィルタ挿入で所要改善量はマイナスとなる。また、帯域外干渉については20 dB程度の所要改善量が残るが、・・・。

一方、STL送信（山間部）→基地局受信の干渉シナリオにおいて、帯域外干渉について、ガードバンド幅が5 MHzの条件で、基地局へのフィルタ挿入により所要改善量がマイナスとなる。また、帯域内干渉については20 dB程度の所要改善量となるが、・・・

表 2. 4. 2-7 隣接チャネル干渉における所要改善量

与干渉	被干渉	干渉形態	伝搬モデル	ガードバンド幅 (MHz)	水平距離	所要改善量 (dB)	基地局フィルタ挿入後の所要改善量 (dB)
基地局送信	STL 受信 (都市部)	帯域内	自由空間	5 MHz	100 m	54.7	42.5
			拡張秦式		100 m	54.7	42.5
		帯域外	自由空間		100 m	42.5	—
			拡張秦式		100 m	42.5	—
		帯域内	自由空間	10 MHz	100 m	49.5	11.4
			拡張秦式		100 m	49.5	11.4
			帯域外	自由空間	100 m	42.5	—
				拡張秦式	100 m	42.5	—
STL 送信 (都市部)	基地局受信	帯域内	自由空間	5 MHz	100 m	45.5	—
			拡張秦式		100 m	45.5	—
		帯域外	自由空間		100 m	19.5	7.3
			拡張秦式		100 m	19.5	7.3
基地局送信	STL 受信 (山間部)	帯域内	自由空間	5 MHz	3.5 km	30.0	17.8
			拡張秦式		3.5 km	30.0	17.8
		帯域外	自由空間		3.5 km	17.7	—
			拡張秦式		3.5 km	17.7	—
		帯域内	自由空間	10 MHz	3.5 km	24.7	-13.4
			拡張秦式		3.5 km	24.7	-13.4
			帯域外	自由空間	3.5 km	17.7	—
				拡張秦式	3.5 km	17.7	—
STL 送信 (山間部)	基地局受信	帯域内	自由空間	5 MHz	3.5 km	20.7	—
			拡張秦式		3.5 km	20.7	—
		帯域外	自由空間		3.5 km	-5.3	-17.5
			拡張秦式		3.5 km	-5.3	-17.5

(3) 実機を用いた音声評価による干渉検討

.....

2. 4. 3 移動局との干渉検討

移動局との干渉検討モデルとして、図 2. 4. 3-1 の評価モデルを用いた。なお、図中の

放送事業用無線局のアンテナ高は、表 2. 4. 2-1 と同一である。また、拡張秦式を用いる際には、都市部では Urban モデル、山間部は Open area モデルを使用した。

基本的には、与干渉局、被干渉局が 1 対 1 で対向する調査モデルでの検討を行い、アンテナパターン等を考慮した上で最も干渉条件が厳しくなる水平距離の条件で、許容干渉電力に対する所要改善量の算出を行った。さらに、移動局が被干渉となる条件では、モンテカルロ・シミュレーションによる確率的調査も追加で行った。

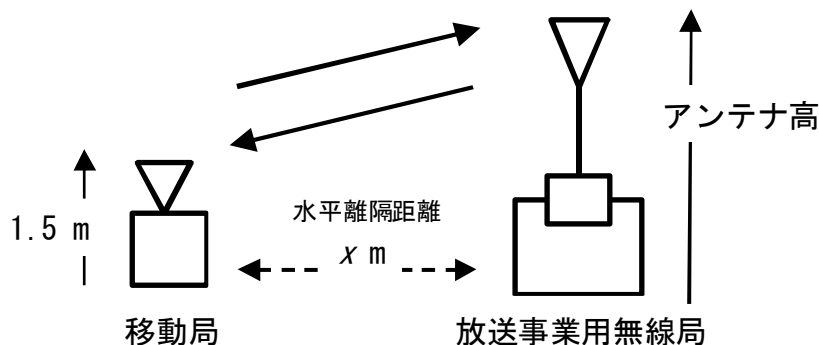


図 2. 4. 3-1 移動局との干渉検討モデル

(1) 音声 FPU との干渉検討 (机上検討)

(ア) 同一チャネルにおける干渉検討

表 2. 4. 3-1 に移動局と音声 FPU との、同一チャネル干渉の条件における所要改善量を示す。いずれの条件においても、20 dB 程度以上の所要改善量が必要である。

表 2. 4. 3-1 同一チャネル干渉における所要改善量

与干渉	被干渉	伝搬モデル	計算条件	水平距離	所要改善量 (dB)
移動局送信	FPU受信 (都市部)	自由空間	1 対 1	3.6 km	22.6
		拡張秦式	1 対 1	1 m	18.4
FPU送信 (都市部)	移動局受信	自由空間	1 対 1	960 m	48.2
			確率的検討	—	22.6
		拡張秦式	1 対 1	1 m	44.5
FPU送信 (山間部)	移動局受信	自由空間	1 対 1	1.5 km	44.6
			確率的検討	—	19.1
		拡張秦式	1 対 1	1.5 km	44.6

(イ) 隣接チャネルにおける干渉検討

表 2. 4. 3-2 に移動局と音声 FPU との、隣接チャネル干渉の条件における所要改善量を示す。FPU送信 (都市部) → 移動局受信の 1 対 1 の検討において、自由空間損失を考慮した条件のみ所要改善量がプラスとなるが、それ以外の干渉シナリオでは所要改善量がマイナスとな

っている。またFPU送信（都市部）→移動局受信の場合でも、確率的調査を考慮すれば、所要改善量がマイナスとなる。

以上より、隣接チャネルの条件においては、移動局と音声FPUは、ガードバンド0 MHzで共用可能である。

表2.4.3-2 隣接チャネル干渉における所要改善量

与干渉	被干渉	干渉形態	伝搬モデル	ガードバンド幅	計算条件	水平距離	所要改善量 (dB)
移動局送信	FPU受信 (都市部)	帯域内	自由空間	0MHz	1対1	3.6 km	-7.4
			拡張秦式			1 m	-11.6
		帯域外	自由空間		1対1	3.6 km	-9.9
			拡張秦式			1 m	-14.0
FPU送信都市部	移動局受信	帯域内	自由空間	0MHz	1対1	960 m	2.2
			確率的検討		—	-11.0	
			拡張秦式		1対1	1 m	-1.6
		帯域外	自由空間		1対1	960 m	-6.6
			確率的検討		—	-19.7	
			拡張秦式		1対1	1 m	-10.3
FPU送信山間部	移動局受信	帯域内	自由空間	0MHz	1対1	1.5 km	-1.4
			確率的検討		—	-14.4	
			拡張秦式		1対1	1.5 km	-1.4
		帯域外	自由空間		1対1	1.5 km	-10.2
			確率的検討		—	-23.2	
			拡張秦式		1対1	1.5 km	-10.2

(2) 音声 STL/TTL/TSL、監視制御回線との干渉検討 (机上検討)

(ア) 同一チャネルにおける干渉検討

表2.4.3-3に移動局と音声STL/TTL/TSL、監視制御回線（以下、まとめてSTLと表記）との、同一チャネル干渉の条件における所要改善量を示す。都市部では30dB以上、山間部でも20 dB以上の所要改善量が必要である。

表2.4.3-3 同一チャネル干渉における所要改善量

与干渉	被干渉	伝搬モデル	計算条件	水平距離	所要改善量 (dB)
移動局送信	STL受信 (都市部)	自由空間	1対1	1.1 km	36.3
		拡張秦式		1 m	31.2
STL送信	移動局	自由空間	1対1	1.1 km	50.7

(都市部)	受信		確率的検討	—	32.8
		拡張秦式	1対1	1 m	45.6
移動局 送信	STL受信 (山間部)	自由空間	1対1	4.1 km	25.6
		拡張秦式		3.5 km	25.3
STL送信 (山間部)	移動局 受信	自由空間	1対1	4.1 km	40.0
			確率的検討	—	22.8
		拡張秦式	1対1	3.5 km	39.6

(イ) 隣接チャンネルにおける干渉検討

表2.4.3-4に移動局とSTLとの、隣接チャンネル干渉の条件における所要改善量を示す。一部の条件においては、自由空間損失を用いた場合には所要改善量がプラスとなる。しかしながら、拡張秦式や確率的な調査を適用すると、プラスとなる所要改善量は移動局送信→STL受信(都市部)の干渉シナリオにおける帯域内干渉1.2 dBであり、移動局のスプリアス強度の実力値を考慮すれば、解消可能である。

以上より、隣接チャンネルの条件においては、移動局とSTLは、ガードバンド0 MHzで共用可能である。

表2.4.3-4 隣接チャンネル干渉における所要改善量

与干渉	被干渉	干渉形態	伝搬モデル	ガードバンド幅	計算条件	水平距離	所要改善量 (dB)
移動局 送信	STL受信 (都市部)	帯域内	自由空間	0 MHz	1対1	1.1 km	6.3
			拡張秦式			1 m	1.2
		帯域外	自由空間			1.1 km	3.9
			拡張秦式			1 m	-1.2
STL送信 (都市部)	移動局 受信	帯域内	自由空間	0 MHz	1対1	1.1 km	4.7
			確率的検討		—	-0.5	
			拡張秦式		1 m	-0.4	
		帯域外	自由空間		1対1	1.1 km	-4.1
			確率的検討		—	-9.2	
			拡張秦式		1 m	-9.2	
移動局 送信	STL受信 (山間部)	帯域内	自由空間	0 MHz	1対1	4.1 km	-4.4
			拡張秦式			3.5 km	-4.7
		帯域外	自由空間			4.1 km	-6.8
			拡張秦式			3.5 km	-7.2
STL送信 (山間部)	移動局 受信	帯域内	自由空間	0 MHz	1対1	4.1 km	-6.1
			確率的検討		—	-11.0	
		拡張秦式	1対1		3.5 km	-6.4	
		帯域外	自由空間		1対1	4.1 km	-14.8

				確率的検討	—	-19.8
			拡張秦式	1対1	3.5 km	-15.2

(3) 実機を用いた音声評価による干渉検討

.....

2. 4. 4 陸上移動中継局との干渉検討

陸上移動中継局との干渉検討モデルとして、**図2. 4. 4-1**の評価モデルを用いた。なお、図中の放送事業用無線局のアンテナ高は、**表2. 4. 2-1**と同一である。また、拡張秦式を用いる際には、都市部ではUrbanモデル、山間部はOpen areaモデルを使用した。

与干渉局、被干渉局が1対1で対向する調査モデルでの検討を行い、アンテナパターン等を考慮した上で最も干渉条件が厳しくなる水平距離の条件（結合損が最小となる条件、ただし水平距離が10 m以上の条件）で、許容干渉電力に対する所要改善量の算出を行った。なお、同一チャネル干渉の条件の評価は、基地局の場合と同様な共用条件が必要になると想定されるため省略し、隣接チャネル干渉条件の評価のみを行った。

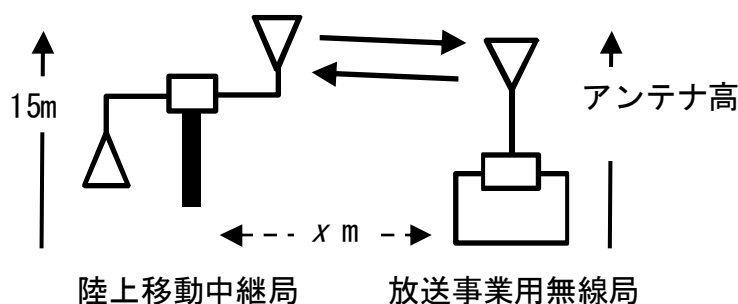


図2. 4. 4-1 陸上移動中継局との干渉検討モデル

(1) 音声 FPU との干渉検討（机上検討）

表2. 4. 4-1に陸上移動中継局と音声FPUとの、隣接チャネル干渉の条件における所要改善量（ガードバンド0 MHzでの値）を示す。

陸上移動中継局→FPU（都市部）の干渉シナリオにおいて、帯域内干渉で対基地局送信は12.4 dB、対移動局送信は10.7 dBの所要改善量が必要である。帯域外干渉はマイナスの所要改善量である。帯域内干渉については陸上移動中継局とFPUのアンテナ設置条件のサイトエンジニアリング等を行って、残りの所要改善量をマイナス、あるいは十分に小さくすることができれば、共用可能である。また、それ以外の干渉シナリオ（FPU（都市部）／（山間部）→陸上移動中継局）は、帯域内干渉で最大22.7 dB、帯域外干渉で最大7.7 dBの所要改善量となる。陸上移動中継局とFPUのアンテナ設置条件のサイトエンジニアリング等を行って、残りの所要改善量をマイナス、あるいは十分に小さくすることができれば、共用可能である。

表2. 4. 4-1 陸上移動中継局との干渉検討モデル

与干渉	被干渉	干渉形態	伝搬モデル	水平距離	所要改善量 (dB)
-----	-----	------	-------	------	------------

陸上移動中継局 対基地局送信	FPU 受信 (都市部)	帯域内	自由空間	3.4 km	12.3
			拡張秦式	3.4 km	12.4
		帯域外	自由空間	3.4 km	-27.7
			拡張秦式	3.4 km	-27.6
陸上移動中継局 対移動局送信	FPU 受信 (都市部)	帯域内	自由空間	3.3 km	10.6
			拡張秦式	3.4 km	10.7
		帯域外	自由空間	3.3 km	-14.4
			拡張秦式	3.4 km	-14.3
FPU 送信 (都市部)	陸上移動中継局 対移動局受信	帯域内	自由空間	650 m	22.7
			拡張秦式	650 m	22.7
		帯域外	自由空間	650 m	-6.2
			拡張秦式	650 m	-6.2
FPU 送信 (都市部)	陸上移動中継局 対基地局受信	帯域内	自由空間	760 m	16.6
			拡張秦式	760 m	16.6
		帯域外	自由空間	760 m	7.7
			拡張秦式	760 m	7.7
FPU 送信 (山間部)	陸上移動中継局 対移動局受信	帯域内	自由空間	1.3 km	18.8
			拡張秦式	1.2 km	18.7
		帯域外	自由空間	1.3 km	-10.1
			拡張秦式	1.2 km	-10.2
FPU 送信 (山間部)	陸上移動中継局 対基地局受信	帯域内	自由空間	1.2 km	12.2
			拡張秦式	1.3 km	12.3
		帯域外	自由空間	1.2 km	3.3
			拡張秦式	1.3 km	3.4

(2) 音声 STL/TTL/TSL、監視制御回線との干渉検討 (机上検討)

表 2. 4. 4-2 に陸上移動中継局と音声STL/TTL/TSL、監視制御回線 (以下、STLと表記) との、隣接チャネル干渉の条件における所要改善量 (ガードバンド 0 MHzでの値) を示す。

陸上移動中継局→STL (都市部) の干渉シナリオにおいて、帯域内干渉で対基地局送信は28.4 dB、対移動局送信は26.6 dBの所要改善量が必要である。帯域外干渉で対基地局送信は-11.6 dB、対移動局送信1.6 dBの所要改善量である。帯域内干渉については、ガードバンドが5 MHz程度あれば、陸上移動中継局のスプリアス強度の実力値を考慮し、陸上移動中継局とSTLのアンテナ設置条件のサイトエンジニアリング等を行って、残りの所要改善量をマイナス、あるいは十分に小さくすることができれば、共用可能である。また、それ以外の干渉シナリオ (STL (都市部) / (山間部) →陸上移動中継局) は、帯域内干渉で最大26.5 dB、帯域外干渉で最大11.4 dBの所要改善量となる。陸上移動中継局とSTLのアンテナ設置条件のサイトエンジニアリング等を行って、残りの所要改善量をマイナス、あるいは十分に小さくすることができれば、共用

可能である。

表 2. 4. 4-2 陸上移動中継局との干渉検討モデル

与干渉	被干渉	干渉形態	伝搬モデル	水平距離	所要改善量 (dB)
陸上移動中継局 対基地局送信	STL 受信 (都市部)	帯域内	自由空間	660 m	28.4
			拡張秦式	550 m	27.8
		帯域外	自由空間	660 m	-11.6
			拡張秦式	550 m	-12.2
陸上移動中継局 対移動局送信	STL 受信 (都市部)	帯域内	自由空間	660 m	26.6
			拡張秦式	550 m	26.2
		帯域外	自由空間	660 m	1.6
			拡張秦式	550 m	1.2
STL 送信 (都市部)	陸上移動中継局 対移動局受信	帯域内	自由空間	630 m	26.5
			拡張秦式	550 m	26.1
		帯域外	自由空間	630 m	-2.4
			拡張秦式	550 m	-2.8
STL 送信 (都市部)	陸上移動中継局 対基地局受信	帯域内	自由空間	660 m	20.3
			拡張秦式	550 m	19.7
		帯域外	自由空間	660 m	11.4
			拡張秦式	550 m	10.8
陸上移動中継局 対基地局送信	STL 受信 (山間部)	帯域内	自由空間	3.4 km	15.6
			拡張秦式	3.7 km	15.8
		帯域外	自由空間	3.4 km	-24.4
			拡張秦式	3.7 km	-24.2
陸上移動中継局 対移動局送信	STL 受信 (山間部)	帯域内	自由空間	3.4 km	13.8
			拡張秦式	3.7 km	14.0
		帯域外	自由空間	3.4 km	-11.2
			拡張秦式	3.7 km	-11.0
STL 送信 (山間部)	陸上移動中継局 対移動局受信	帯域内	自由空間	3.4 km	13.7
			拡張秦式	3.7 km	13.9
		帯域外	自由空間	3.4 km	-11.0
			拡張秦式	3.7 km	-15.2
STL 送信 (山間部)	陸上移動中継局 対基地局受信	帯域内	自由空間	3.4 km	7.5
			拡張秦式	3.7 km	7.7
		帯域外	自由空間	3.4 km	-1.4
			拡張秦式	3.7 km	-1.2

2. 4. 5 小電力レピータとの干渉検討

小電力レピータとの干渉検討モデルとして、**図2. 4. 5-1**の評価モデルを用いた。なお、図中の放送事業用無線局のアンテナ高は、**表2. 4. 2-1**と同一である。また、拡張秦式を用いる際には、都市部ではUrbanモデル、山間部はOpen areaモデルを使用した。

与干渉局、被干渉局が1対1で対向する調査モデルでの検討を行い、アンテナパターン等を考慮した上で最も干渉条件が厳しくなる水平距離の条件（結合損が最小となる条件、ただし水平距離が10 m以上の条件）で、許容干渉電力に対する所要改善量の算出を行った。なお、同一チャンネル干渉の条件の評価は、移動局の場合と同様な共用条件が必要になると想定されるため省略し、隣接チャンネル干渉条件の評価のみを行った。

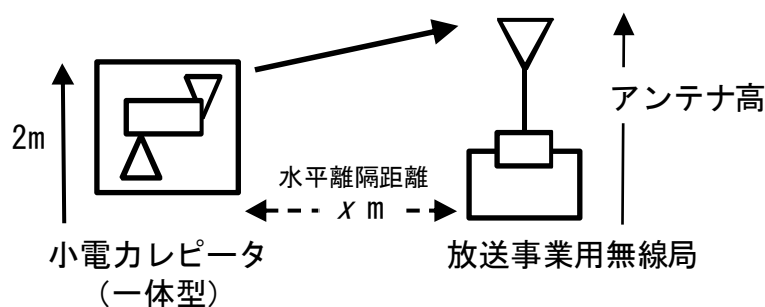


図2. 4. 5-1 小電力レピータ陸上移動中継局との干渉検討モデル

(1) 音声FPUとの干渉検討（机上検討）

表2. 4. 5-1に小電力レピータと音声FPUとの、隣接チャンネル干渉の条件における所要改善量（ガードバンド0 MHzでの値）を示す。

小電力レピータ→FPU都市部の干渉シナリオにおいて、帯域内干渉で対基地局送信は6.2 dB、対移動局送信はマイナスの所要改善量となる。帯域外干渉はマイナスの所要改善量である。帯域内干渉については、隣接チャンネル漏洩電力の実力値、小電力レピータとFPUのアンテナ設置条件のサイトエンジニアリング等を行って、残りの所要改善量をマイナス、あるいは十分に小さくすることができれば、共用可能である。また、それ以外の干渉シナリオ（FPU（都市部）／（山間部）→小電力レピータ）は、帯域内干渉で最大9.8 dB、帯域外干渉で最大0.9 dBである。小電力レピータとFPUのアンテナ設置条件のサイトエンジニアリング等を行って、残りの所要改善量をマイナス、あるいは十分に小さくすることができれば、共用可能である。

表2. 4. 5-1 小電力レピータとの干渉検討モデル

与干渉	被干渉	干渉形態	伝搬モデル	水平距離	所要改善量 (dB)
小電力レピータ 対基地局送信	FPU受信 (都市部)	帯域内	自由空間	3.5 km	6.2
			拡張秦式	630 m	-20.3
		帯域外	自由空間	3.5 km	-40.8
			拡張秦式	630 m	-67.3

小電力レピータ 対移動局送信	FPU受信 (都市部)	帯域内	自由空間	3.5 km	-2.7
			拡張秦式	10 m	-7.0
		帯域外	自由空間	3.5 km	-55.7
			拡張秦式	10 m	-60.0
FPU送信 (都市部)	小電力レピータ 対移動局受信	帯域内	自由空間	920 m	8.4
			拡張秦式	10 m	4.5
		帯域外	自由空間	920 m	-20.5
			拡張秦式	10 m	-24.4
FPU送信 (都市部)	小電力レピータ 対基地局受信	帯域内	自由空間	900 m	9.8
			拡張秦式	110 m	-6.3
		帯域外	自由空間	900 m	0.9
			拡張秦式	110 m	-15.2
FPU送信 (山間部)	小電力レピータ 対移動局受信	帯域内	自由空間	1.4 km	4.8
			拡張秦式	1.4 km	4.9
		帯域外	自由空間	1.4 km	-24.1
			拡張秦式	1.4 km	-24.0
FPU送信 (山間部)	小電力レピータ 対基地局受信	帯域内	自由空間	1.4 km	5.5
			拡張秦式	1.4 km	5.8
		帯域外	自由空間	1.4 km	-3.4
			拡張秦式	1.4 km	-3.1

(2) 音声 STL/TTL/TSL、監視制御回線との干渉検討（机上検討）

表 2. 4. 5-2 に小電力レピータと音声STL/TTL/TSL、監視制御回線（以下、STLと表記）との、隣接チャンネル干渉の条件における所要改善量（ガードバンド0 MHzでの値）を示す。

小電力レピータ→STL（都市部）の干渉シナリオにおいて、帯域内干渉で対基地局送信は20.7 dB、対移動局送信は11.1 dBの所要改善量が必要である。帯域外干渉はマイナスの所要改善量である。帯域内干渉については、小電力レピータは比較的 low 出力のため、ガードバンドが10 MHz程度有れば隣接チャンネルの干渉電力を低減可能であり、小電力レピータとSTLのアンテナ設置条件のサイトエンジニアリング等を行って、残りの所要改善量をマイナス、あるいは十分に小さくすることができれば、共用可能である。また、それ以外の干渉シナリオ（STL（都市部）／（山間部）→小電力レピータ）は、帯域内干渉で最大11.0 dB、帯域外干渉で最大3.7 dBである。小電力レピータとSTLのアンテナ設置条件のサイトエンジニアリング等を行って、残りの所要改善量をマイナス、あるいは十分に小さくすることができれば、共用可能である。

表 2. 4. 5-2 小電力レピータとの干渉検討モデル

与干渉	被干渉	干渉形態	伝搬モデル	水平距離	所要改善量 (dB)
-----	-----	------	-------	------	---------------

小電力レピータ 対基地局送信	STL受信 (都市部)	帯域内	自由空間	980 m	20.7
			拡張秦式	50 m	5.0
		帯域外	自由空間	980 m	-26.3
			拡張秦式	50 m	-42.0
小電力レピータ 対移動局送信	STL受信 (都市部)	帯域内	自由空間	1.1 km	11.1
			拡張秦式	10 m	5.6
		帯域外	自由空間	1.1 km	-41.9
			拡張秦式	10 m	-47.4
STL送信 (都市部)	小電力レピータ 対移動局受信	帯域内	自由空間	1.1 km	11.0
			拡張秦式	10 m	5.5
		帯域外	自由空間	1.1 km	-17.9
			拡張秦式	10 m	-23.4
STL送信 (都市部)	小電力レピータ 対基地局受信	帯域内	自由空間	1.1 km	12.6
			拡張秦式	10 m	-3.2
		帯域外	自由空間	1.1 km	3.7
			拡張秦式	10 m	-12.1
小電力レピータ 対基地局送信	STL受信 (山間部)	帯域内	自由空間	1.1 km	9.1
			拡張秦式	10 m	9.3
		帯域外	自由空間	1.1 km	-37.9
			拡張秦式	10 m	-37.7
小電力レピータ 対移動局送信	STL受信 (山間部)	帯域内	自由空間	1.1 km	0.1
			拡張秦式	10 m	0.3
		帯域外	自由空間	1.1 km	-52.9
			拡張秦式	10 m	-52.7
STL送信 (山間部)	小電力レピータ 対移動局受信	帯域内	自由空間	1.1 km	-0.3
			拡張秦式	10 m	0.2
		帯域外	自由空間	1.1 km	-29.2
			拡張秦式	10 m	-28.7
STL送信 (山間部)	小電力レピータ 対基地局受信	帯域内	自由空間	1.1 km	1.0
			拡張秦式	10 m	1.2
		帯域外	自由空間	1.1 km	-7.9
			拡張秦式	10 m	-7.7

2. 4. 6 放送事業用無線局との干渉検討結果まとめ

(1) 同一チャンネル干渉条件での共用条件

基地局との干渉検討において、干渉シナリオに応じて、音声 FPU は約 30~60 dB、音声

STL/TTL/TSL、監視制御回線は約 70~100 dB の所要改善量が必要な結果となった。また小セル基地局を想定した場合でも、音声 FPU は約 30~50 dB、音声 STL/TTL/TSL、監視制御回線は約 60~70 dB の所要改善量が必要な結果となった。さらに、実機を用いた検討結果を踏まえると、となる

これらの所要改善量を解消するため、互いの無線局の離隔距離を確保する場合、伝搬損から計算される所要離隔距離は非現実的な値となり、見通し以上の大きな離隔距離を確保する必要があるという結果になる。現実的には、お互いの無線局が見通し外の関係となるような位置関係で運用すれば、干渉が発生することはないと考えられることから、同一チャンネルにおける共存を図る場合には、見通し外での運用をすることが必要である。

また、移動局、陸上移動中継局や小電力レピータは、基地局からの電波が受信できるエリアで利用されるため、これらの無線局も放送事業用無線局とは、お互いに見通し外の位置関係で運用されることで、共用可能になると考えられる

(2) 隣接チャンネル干渉条件での共用条件

隣接チャンネル干渉における、放送事業用無線局との干渉検討結果のまとめを **表 2. 4. 6-1** に示す。

表 2. 4. 6-1 隣接チャンネル干渉における放送事業用無線局との干渉検討結果

与干渉 被干渉	携帯電話↑ (陸上移動局、中継を行う無線局(基地局対向器))	携帯電話↓ (基地局、中継を行う無線局(陸上移動局対向器))	音声FPU	音声 STL/TTL/TSL、監視制御回線
携帯電話↑ (基地局、中継を行う無線局(陸上移動局対向器))			最小GB幅 ** MHz	最小GB幅 ** MHz
携帯電話↓ (陸上移動局、中継を行う無線局(基地局対向器))			最小GB幅 ** MHz	最小GB幅 ** MHz
音声FPU	最小GB幅 0 MHz	最小GB幅 0 MHz (※1) (※1) 不要発射強度の実力値の考慮やサイトエンジニアリングにより共用可能		
音声 STL/TTL/TSL、監視制御回線	最小GB幅 5 MHz	最小GB幅 [5 or 10] MHz (※2)		

		(※2) フィルタの 挿入やサイトエン 지니어リングによ り共用可能		
--	--	---	--	--

2. 5 衛星業務システムとの干渉検討

2. 5. 1 検討を実施する干渉形態

2. 1. 1章に記載したように、3. 4-4. 2GHz 帯において運用されている衛星業務用システムは様々であるが、電気通信事業者が運用する衛星地球局は、日本全体で合計 45 サイトであることがわかっているため、これらのサイト個別のパラメータを用いて検討を行う。また、これらのサイトの多くは 3. 6GHz 以上の帯域で運用されていることから、干渉検討についても、3. 4-3. 6GHz 帯と 3. 6-4. 2GHz 帯に分けて検討を行う。

まず、**図 2. 5. 1-1**の 1 対 1 の対向モデルでの評価を行った。アンテナパターン等を考慮した上で最も干渉条件が厳しくなる水平距離の条件（結合損が最小となる条件、ただし基地局と陸上移動中継局、小電力レピータは水平距離が 10 m 以上の条件）で、許容干渉電力に対する所要改善量の算出を行った。さらに、所要改善量を低減させるため、いくつかのサイトを例にとり、異なる伝搬式での検討、地形情報を考慮した検討、小セルでの検討など、いくつかの追加検討による評価を行っている。

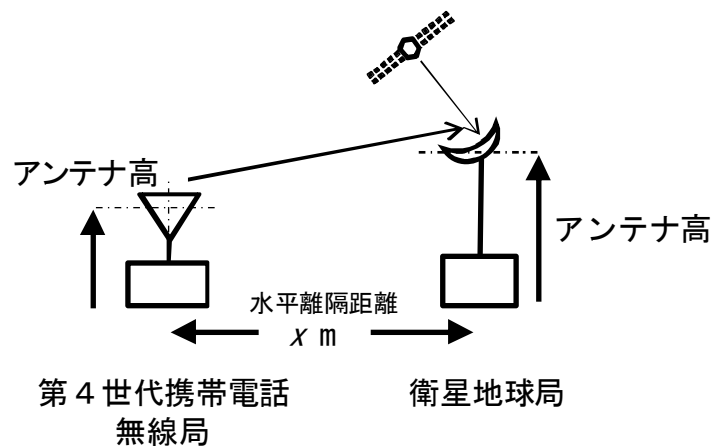


図 2. 5. 1-1 衛星地球局との干渉検討モデル

2. 5. 2 基地局→衛星地球局の干渉検討

(1) 1 対 1 対向モデルでの干渉検討

表 2. 5. 2-1に、基地局の送信周波数帯が 3, 400-3, 600 MHz である場合の、1 対 1 対向モデルでの干渉検討結果を示す。

同一チャネル干渉となる条件（45 サイトのうち、9 サイトが該当）では、結合損が最小となる各水平距離で、約 60 から 90 dB 程度の所要改善量が必要との結果となった。

一方、隣接チャネル干渉の条件では、帯域内干渉についてはガードバンドが 10 MHz 以上の条件においては、基地局へのフィルタ挿入により所要改善量はマイナスとなり、衛星地球局の許容干渉レベルを満たすことができる。ガードバンドが 0 MHz の条件では、衛星地球局により所要改善量の値が異なるが、最大で 25 km 程度の離隔距離を確保する必要があることが分かる。また、帯域外干渉については、衛星地球局により所要改善量の値が異なるが、最大で 20 km 程度の離隔距離を確保する必要があることが分かる。

表 2. 5. 2-1 1対1対向モデルでの干渉検討：基地局の送信周波数帯が3,400-3,600MHzの場合

(* 同一、隣接チャネル干渉の保護基準ともI/N=-12.2dBの場合の値、

隣接チャネル干渉の保護基準をI/N=-20dBとする場合には、所要改善量が7.8dB増加)

衛星地球局	衛星地球局 受信周波数 (MHz)	基地局 送信周波数 (MHz)	配置	ガードバ ンド幅 (MHz)	干渉形態	水平距離 (m)	所要改善量* (dB)	所要改善量0となる 水平距離 (m) (フィルタ適用に よる改善が見込め ない条件のみ記載、 同一 CH も未記載)	基地局フィルタ 挿入後の 所要改善量 (dB)
1	3700-4200	3400-3600	隣接 CH	100	帯域内干渉	400	22.4	—	-90.6
					帯域外干渉	400	19.9	7,800	—
2	3420-4200	3400-3600	隣接 CH	0	帯域内干渉	200	22.2	6,500	—
				10	帯域内干渉	200	16.9	—	-21.2
				0, 10	帯域外干渉	200	14.0	2,600	—
			同一 CH	—	帯域内干渉	200	66.4	—	—
3	3700-3720	3400-3600	隣接 CH	100	帯域内干渉	300	7.2	—	-105.8
					帯域外干渉	300	6.6	400	—
4	3700-3720	3400-3600	隣接 CH	100	帯域内干渉	800	-1.3	—	-114.3
					帯域外干渉	800	-1.5	800	—
				0, 10	帯域外干渉	800	-1.5	800	—
5	3700-4200	3400-3600	隣接 CH	100	帯域内干渉	100	26.1	—	-87.0
					帯域外干渉	100	25.9	2,100	—
6	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25	帯域内干渉	100	19.3	—	-59.9
					帯域外干渉	100	22.4	9,000	—

7	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25	帯域内干渉	100	22.6	—	-56.6
					帯域外干渉	100	16.6	9,000	—
8	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25	帯域内干渉	100	22.2	—	-57.0
					帯域外干渉	100	7.9	500	—
9	3400-4200	3400-3600	同一 CH	—	帯域内干渉	500	60.5	—	—
10	3700-4200	3400-3600	隣接 CH	100	帯域内干渉	500	24.3	—	-88.8
					帯域外干渉	500	13.4	5,200	—
11	3700-4200	3400-3600	隣接 CH	100	帯域内干渉	500	24.3	—	-88.8
					帯域外干渉	500	13.4	5,200	—
12	3700-4200	3400-3600	隣接 CH	100	帯域内干渉	500	24.3	—	-88.8
					帯域外干渉	500	13.4	5,200	—
13	3400-4200	3400-3600	同一 CH	—	帯域内干渉	500	74.5	—	—
14	3400-4200	3400-3600	同一 CH	—	帯域内干渉	500	74.5	—	—
15	3700-4200	3400-3600	隣接 CH	100	帯域内干渉	100	21.8	—	-91.2
					帯域外干渉	100	16.1	1,700	—
16	3700-4200	3400-3600	隣接 CH	100	帯域内干渉	100	21.8	—	-91.2
					帯域外干渉	100	16.1	1,700	—
17	3700-4200	3400-3600	隣接 CH	100	帯域内干渉	100	30.4	—	-82.7
					帯域外干渉	100	21.8	12,000	—
18	3700-4200	3400-3600	隣接 CH	100	帯域内干渉	500	15.6	—	-97.5
					帯域外干渉	500	-0.5	500	—
19	3700-4200	3400-3600	隣接 CH	100	帯域内干渉	600	15.0	—	-98.1
					帯域外干渉	600	-1.0	600	—
20	4120-4200	3400-3600	隣接 CH	520	帯域内干渉	700	-3.0	—	-116.1
					帯域外干渉	700	-1.8	700	—

21	4120-4200	3400-3600	隣接 CH	520	帯域内干渉	300	4.6	—	-108.5
					帯域外干渉	300	5.3	400	—
22	3685-4200	3400-3600	隣接 CH	85	帯域内干渉	3,000	13.3	—	-95.7
					帯域外干渉	3,000	一部パラメータ不明のため未検討		—
23	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25	帯域内干渉	300	15.9	—	-63.3
					帯域外干渉	300	13.6	21,000	—
24	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25	帯域内干渉	300	10.8	—	-68.5
					帯域外干渉	300	6.9	1,900	—
25	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25	帯域内干渉	300	15.8	—	-63.4
					帯域外干渉	300	13.5	21,000	—
26	3700-4200	3400-3600	隣接 CH	100	帯域内干渉	300	9.9	—	-103.2
					帯域外干渉	300	7.7	2,900	—
27	3700-4200	3400-3600	隣接 CH	100	帯域内干渉	300	10.5	—	-102.5
					帯域外干渉	300	5.4	400	—
28	3400-4200	3400-3600	同一 CH	—	帯域内干渉	200	65.5	—	—
29	3400-4200	3400-3600	同一 CH	—	帯域内干渉	200	62.2	—	—
30	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25	帯域内干渉	300	10.0	—	-69.3
					帯域外干渉	300	7.0	400	—
31	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25	帯域内干渉	200	6.9	—	-72.3
					帯域外干渉	200	6.0	400	—
32	3599-4200	3400-3600	隣接 CH	0	帯域内干渉	300	19.3	24,000	—
				10	帯域内干渉	300	14.0	—	-24.1
				0, 10	帯域外干渉	300	13.1	9,600	—
33	3599-4200	3400-3600	隣接 CH	0	帯域内干渉	300	14.1	900	—
				10	帯域内干渉	300	8.8	—	-29.3

				0, 10	帶域外干涉	300	8.1	500	—
34	3599-4200	3400-3600	隣接 CH	0	帶域内干涉	200	17.6	700	—
				10	帶域内干涉	200	12.3	—	-25.8
				0, 10	帶域外干涉	200	10.0	400	—
				25	帶域内干涉	200	12.8	—	-66.5
35	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25	帶域外干涉	200	9.8	400	—
				25	帶域内干涉	100	35.2	—	-44.1
36	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25	帶域外干涉	100	31.8	2,900	—
				25	帶域内干涉	100	-2.4	—	-81.6
37	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25	帶域外干涉	100	19.4	2,400	—
				25	帶域内干涉	—	—	—	—
38	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25	帶域外干涉	200	8.9	300	-
				25	帶域内干涉	200	-10.8	—	-90.0
39	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25	帶域外干涉	200	9.9	300	-
				25	帶域内干涉	100	-0.6	-	-79.8
40	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25	帶域外干涉	100	21.8	2,200	-
				25	帶域内干涉	200	-14.4	—	-93.6
41	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25	帶域外干涉	200	9.5	300	—
				—	—	100	69.9	—	—
42	3400-4200	3400-3600	同一 CH	—	—	100	69.9	—	—
				100	帶域内干涉	100	19.2	—	-93.9
43	3700-4200	3400-3600	隣接 CH	100	帶域外干涉	100	11.4	1,600	—
				—	帶域内干涉	100	91.4	—	—
44	3400-4200	3400-3600	同一 CH	—	帶域内干涉	100	91.4	—	—
45	3400-4200	3400-3600	同一 CH	—	帶域内干涉	100	58.3	—	—

次に、表 2. 5. 2-2 に、基地局の送信周波数帯が 3,600-4,200 MHz である場合の、1対1対向モデルでの干渉検討結果を示す。なお、3,400-3,600 MHz の場合に、同一チャネル干渉の条件となった9サイトについては、同様な結論となるため、表の記載は省略した。

同一チャネル干渉の条件では、結合損が最小となる各水平距離で、約 35 から 90 dB 程度の所要改善量が必要との結果となった。

一方、隣接チャネル干渉の条件では、帯域内干渉についてはガードバンド10 MHzを確保して利用すれば、基地局へのフィルタ挿入により所要改善量はマイナスとなり、衛星地球局の許容干渉レベルを満たすことができる。ガードバンドが0 MHzの条件では、衛星地球局により所要改善量の値が異なるが、最大で60 km程度の離隔距離を確保する必要があることが分かる。また、帯域外干渉については、衛星地球局により所要改善量の値が異なるが、最大で20 km程度の離隔距離を確保する必要があることが分かる。

表 2. 5. 2-2 1対1対向モデルでの干渉検討（基地局の送信周波数帯が3,600-4,200MHzの場合）

（* 同一、隣接チャネル干渉の保護基準ともI/N=-12.2dBの場合の値、

隣接チャネル干渉の保護基準をI/N=-20dBとする場合には、所要改善量が7.8dB増加）

衛星地球局	衛星地球局 受信周波数 (MHz)	基地局 送信周波数 (MHz)	配置	ガード バンド幅 (MHz)	干渉形態	水平距離 (m)	所要改善量* (dB)	所要改善量 0 となる 水平距離 (m) (フィルタ適用に よる改善が見込め ない条件のみ記載、 同一 CH も未記載)	基地局フィルタ 挿入後の 所要改善量 (dB)
1	3700-4200	3600-4200	同一 CH	—	帯域内干渉	400	71.9	—	—
			隣接 CH	0	帯域内干渉	400	27.7	19,000	—
				10	帯域内干渉	400	22.4	—	-15.7
				0, 10	帯域外干渉	400	19.9	7,800	—
3	3700-3720	3600-4200	同一 CH	—	帯域内干渉	300	56.7	—	—
			隣接 CH	0	帯域内干渉	300	12.5	500	—
				10	帯域内干渉	300	7.2	—	-30.9
				0, 10	帯域外干渉	300	6.6	400	—
4	3700-3720	3600-4200	同一 CH	—	帯域内干渉	800	48.2	—	—
			隣接 CH	0	帯域内干渉	800	4.0	1,000	—
				10	帯域内干渉	800	-1.3	—	-39.4
				0, 10	帯域外干渉	800	-1.5	800	—
5	3700-4200	3600-4200	同一 CH	—	帯域内干渉	100	75.5	—	—
			隣接 CH	0	帯域内干渉	100	31.3	3,700	—
				10	帯域内干渉	100	26.1	—	-12.0
				0, 10	帯域外干渉	100	25.9	2,100	—

6	3625-4200	3600-4200	同一 CH	—	帶域内干涉	100	68.7	—	—
			隣接 CH	0	帶域内干涉	100	24.5	12,000	—
				10	帶域内干涉	100	19.3	—	-18.8
				0, 10	帶域外干涉	100	22.4	9,000	—
7	3625-4200	3600-4200	同一 CH	—	帶域内干涉	100	72.0	—	—
			隣接 CH	0	帶域内干涉	100	27.8	32,000	—
				10	帶域内干涉	100	22.6	—	-15.6
				0, 10	帶域外干涉	100	16.6	9,000	—
8	3625-4200	3600-4200	同一 CH	—	帶域内干涉	100	71.6	—	—
			隣接 CH	0	帶域内干涉	100	27.4	5,900	—
				10	帶域内干涉	100	22.2	—	-16.0
				0, 10	帶域外干涉	100	7.9	500	—
10	3700-4200	3600-4200	同一 CH	—	帶域内干涉	500	73.8	—	—
			隣接 CH	0	帶域内干涉	500	29.6	34,000	—
				10	帶域内干涉	500	24.3	—	-13.8
				0, 10	帶域外干涉	500	13.4	5,200	—
11	3700-4200	3600-4200	同一 CH	—	帶域内干涉	500	73.8	—	—
			隣接 CH	0	帶域内干涉	500	29.6	34,000	—
				10	帶域内干涉	500	24.3	—	-13.8
				0, 10	帶域外干涉	500	13.4	5,200	—
12	3700-4200	3600-4200	同一 CH	—	帶域内干涉	500	73.8	—	—
			隣接 CH	0	帶域内干涉	500	29.6	34,000	—
				10	帶域内干涉	500	24.3	—	-13.8
				0, 10	帶域外干涉	500	13.4	5,200	—
15	3700-4200	3600-4200	同一 CH	—	帶域内干涉	100	71.3	—	—

			隣接 CH	0	帯域内干渉	100	27.1	7,700	—				
				10	帯域内干渉	100	21.8	—	-16.3				
				0, 10	帯域外干渉	100	16.1	1,700	—				
16	3700-4200	3600-4200	同一 CH	—	帯域内干渉	100	71.3	—	—				
			隣接 CH	0	帯域内干渉	100	27.1	7,700	—				
				10	帯域内干渉	100	21.8	—	-16.3				
			隣接 CH	0, 10	帯域外干渉	100	16.1	1,700	—				
				17	3700-4200	3600-4200	同一 CH	—	帯域内干渉	100	79.8	—	—
							隣接 CH	0	帯域内干渉	100	35.6	57,000	—
10	帯域内干渉	100	30.4					—	-7.8				
			隣接 CH	0, 10	帯域外干渉	100	21.8	12,000	—				
				18	3700-4200	3600-4200	同一 CH	—	帯域内干渉	500	65.0	—	—
							隣接 CH	0	帯域内干渉	500	20.8	11,000	—
10	帯域内干渉	500	15.6					500	-22.6				
			隣接 CH	0, 10	帯域外干渉	500	-0.5	—	—				
				19	3700-4200	3600-4200	同一 CH	—	帯域内干渉	600	64.5	—	—
							隣接 CH	0	帯域内干渉	600	20.3	12,000	—
10	帯域内干渉	600	15.0					—	-23.1				
			隣接 CH	0, 10	帯域外干渉	600	-1.0	600	—				
				20	4120-4200	3600-4200	同一 CH	—	帯域内干渉	700	46.4	—	—
							隣接 CH	0	帯域内干渉	700	2.2	900	—
10	帯域内干渉	700	-3.0					—	-41.2				
			隣接 CH	0, 10	帯域外干渉	700	-1.8	700	—				
				21	4120-4200	3600-4200	同一 CH	—	帯域内干渉	300	54.0	—	—
							隣接 CH	0	帯域内干渉	300	9.8	400	—

				10	帯域内干渉	300	4.6	—	-33.6
				0, 10	帯域外干渉	300	5.3	400	—
22	3685-4200	3600-4200	同一 CH	—	帯域内干渉	3,000	62.7	—	—
			隣接 CH	0	帯域内干渉	3,000	18.5	63,000	—
				10	帯域内干渉	3,000	13.3	—	-24.9
				0, 10	帯域外干渉	一部パラメータ不明のため未検討			
23	3625-4200	3600-4200	同一 CH	—	帯域内干渉	300	65.4	—	—
			隣接 CH	0	帯域内干渉	300	21.2	46,000	—
				10	帯域内干渉	300	15.9	—	-22.2
				0, 10	帯域外干渉	300	13.6	21,000	—
24	3625-4200	3600-4200	同一 CH	—	帯域内干渉	300	60.2	—	—
			隣接 CH	0	帯域内干渉	300	16.0	14,000	—
				10	帯域内干渉	300	10.8	—	-27.4
				0, 10	帯域外干渉	300	6.9	1,900	—
25	3625-4200	3600-4200	同一 CH	—	帯域内干渉	300	65.3	—	—
			隣接 CH	0	帯域内干渉	300	21.1	46,000	—
				10	帯域内干渉	300	15.8	—	-22.3
				0, 10	帯域外干渉	300	13.5	21,000	—
26	3700-4200	3600-4200	同一 CH	—	帯域内干渉	300	59.4	—	—
			隣接 CH	0	帯域内干渉	300	15.2	12,000	—
				10	帯域内干渉	300	9.9	—	-28.2
				0, 10	帯域外干渉	300	7.7	2,900	—
27	3700-4200	3600-4200	同一 CH	—	帯域内干渉	300	60.0	—	—
			隣接 CH	0	帯域内干渉	300	15.8	12,000	—
				10	帯域内干渉	300	10.5	—	-27.6

				0, 10	帯域外干渉	300	5.4	400	—
30	3625-4200	3600-4200	同一 CH	—	帯域内干渉	300	59.4	—	—
			隣接 CH	0	帯域内干渉	300	15.2	5,900	—
				10	帯域内干渉	300	10.0	—	-28.2
				0, 10	帯域外干渉	300	7.0	400	—
31	3625-4200	3600-4200	同一 CH	—	帯域内干渉	200	56.3	—	—
			隣接 CH	0	帯域内干渉	200	12.1	4,800	—
				10	帯域内干渉	200	6.9	—	-31.2
				0, 10	帯域外干渉	200	6.0	400	—
32	3599-4200	3600-4200	同一 CH	—	帯域内干渉	300	63.5	—	—
33	3599-4200	3600-4200	同一 CH	—	帯域内干渉	300	58.3	—	—
34	3599-4200	3600-4200	同一 CH	—	帯域内干渉	200	61.8	—	—
35	3625-4200	3600-4200	同一 CH	—	帯域内干渉	200	62.2	—	—
			隣接 CH	0	帯域内干渉	200	18.0	5,700	—
				10	帯域内干渉	200	12.8	—	-25.4
				0, 10	帯域外干渉	200	9.8	400	—
36	3625-4200	3600-4200	同一 CH	—	帯域内干渉	100	84.6	—	—
			隣接 CH	0	帯域内干渉	100	40.4	7,600	—
				10	帯域内干渉	100	35.2	—	-3.0
				0, 10	帯域外干渉	100	31.8	2,900	—
37	3625-4200	3600-4200	同一 CH	—	帯域内干渉	100	47.1	—	—
			隣接 CH	0	帯域内干渉	100	2.9	300	—
				10	帯域内干渉	100	-2.4	—	-40.5
				0, 10	帯域外干渉	100	19.4	2,400	—
38	3625-4200	3600-4200	同一 CH	—	帯域内干渉	一部パラメータ不明のため未検討			

			隣接 CH	0	帯域内干渉				
				10	帯域内干渉				
			0, 10	帯域外干渉	200	8.9	300	—	
39	3625-4200	3600-4200	同一 CH	—	帯域内干渉	200	38.7	—	—
			隣接 CH	0	帯域内干渉	200	-5.5	—	—
				10	帯域内干渉	200	-10.8	—	-48.9
				0, 10	帯域外干渉	200	9.9	300	—
40	3625-4200	3600-4200	同一 CH	—	帯域内干渉	100	48.8	—	—
			隣接 CH	0	帯域内干渉	100	4.6	300	—
				10	帯域内干渉	100	-0.6	—	-38.8
				0, 10	帯域外干渉	100	21.8	2,200	—
41	3625-4200	3600-4200	同一 CH	—	帯域内干渉	200	35.1	—	—
			隣接 CH	0	帯域内干渉	200	-9.1	—	—
				10	帯域内干渉	200	-14.4	—	-52.5
				0, 10	帯域外干渉	200	9.5	300	—
43	3700-4200	3600-4200	同一 CH	—	帯域内干渉	100	68.6	—	—
			隣接 CH	0	帯域内干渉	100	24.4	9,200	—
				10	帯域内干渉	100	19.2	—	-19.0
				0, 10	帯域外干渉	100	11.4	1,600	—

(2) 所要改善量を低減するための追加検討

(ア) 地形情報を加味した場合の干渉検討

衛星地球局周辺の地形情報を加味した場合の検討も行った。この検討では、衛星地球局の仰角、方位角を考慮したアンテナパターンを設定し、衛星地球局を取り囲む 1.5 km² メッシュ毎に基地局 1 局を設置した場合に、各メッシュの基地局からの衛星地球局に与える干渉量が、許容干渉レベルを満たすかどうかを地図上に描画した。各メッシュから衛星地球局までの伝搬損は、自由空間伝搬に加え、遮蔽損（近接リッジ損）や山岳回折損を考慮した。

図 2. 5. 2-2 に、同一チャネル干渉の場合に、基地局を 1 局設置した場合に、衛星地球局の許容干渉レベルを超えるメッシュを地図上に塗りつぶした場合の結果を示す。左図は 2. 2. 1 章に記載の通常の基地局を設置した場合、右図は小セル基地局のパラメータ（空中線電力：20 dBm/MHz、空中線利得：5 dBi、給電線損失：0 dBi、アンテナ指向性：オムニ、空中線高：10 m）を用いた場合である。この図より、通常の基地局を設置する場合には、半径 40 km 圏内のほとんどの場所で、衛星地球局の許容干渉レベルを満たすことができないとともに、標高が高く見通しがきく条件では、130 km 程度の離隔距離の場合でも許容干渉レベルを満たせない地点があり得ることが分かる。一方、小セル基地局を設置する場合には、許容干渉レベルを満たせないエリアが減少しており、共用可能性を改善する手法として有効であることが分かる。

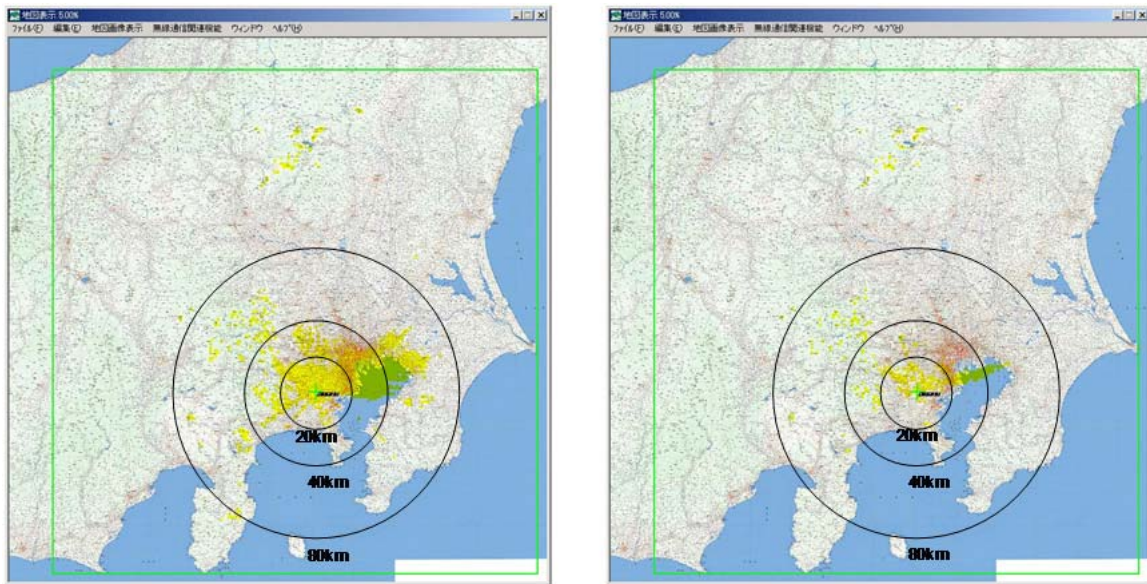
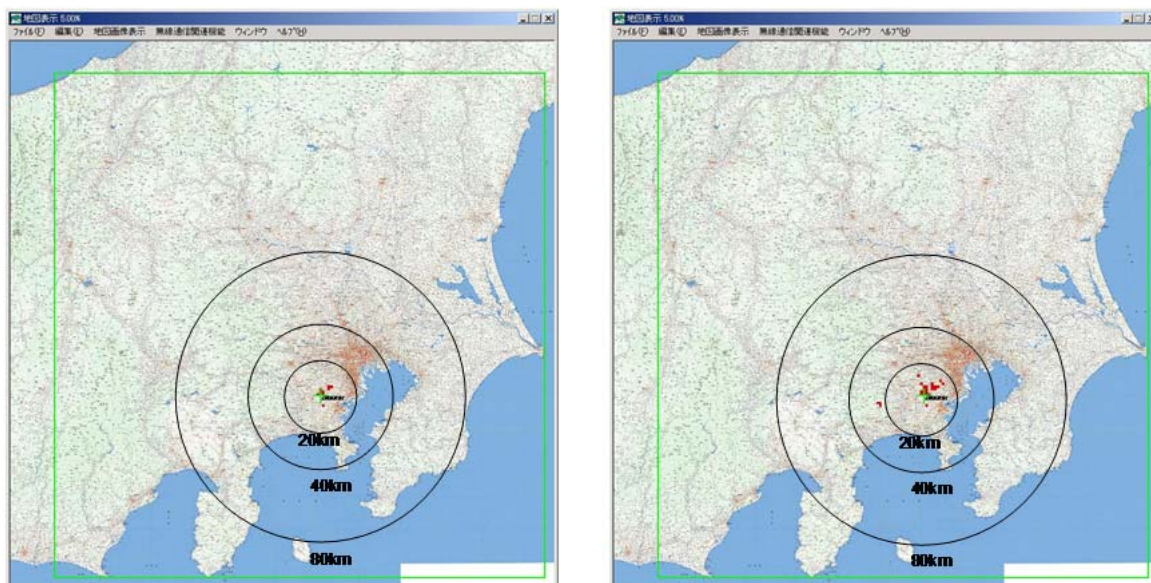
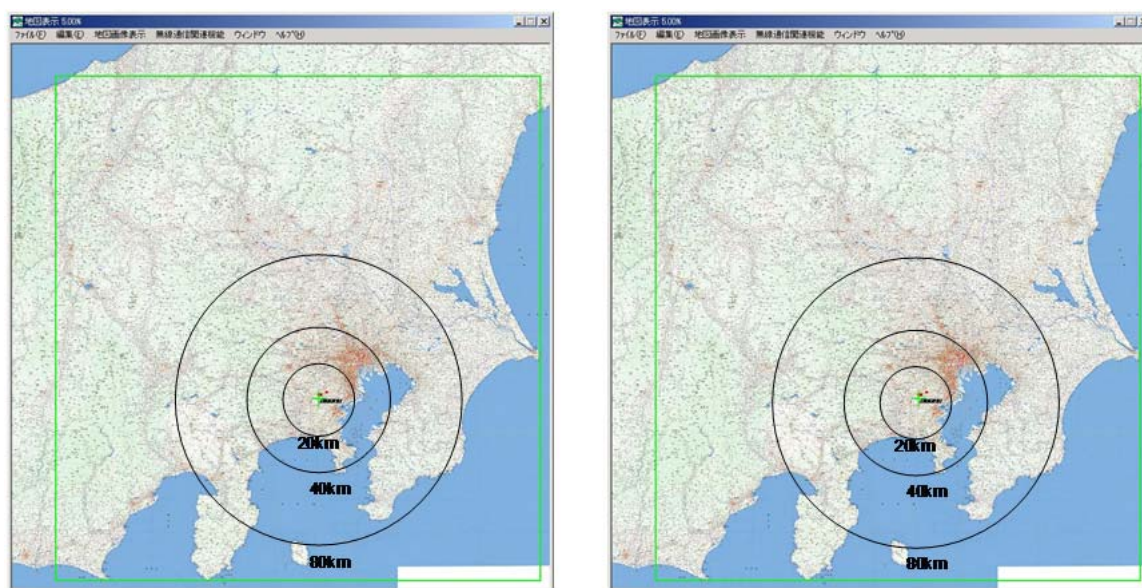


図 2. 5. 2-2 同一チャネル干渉の影響
(左図は通常の基地局、右図は小セル基地局)

図 2. 5. 2-3 に、隣接チャネル干渉の条件として、基地局 1 局の不要発射レベル（ガードバンド 0 MHz）の影響で、衛星地球局の許容干渉レベルを超えるメッシュを地図上に塗りつぶした場合の結果を示す。通常の基地局の条件、及び小セル基地局の双方を考慮した。これらの図より、地形情報を考慮した検討を行うと、衛星地球局の許容干渉レベルを満たすことが出来ないエリアは、限定的となることが分かる。さらに、通常基地局よりも小セル基地局の方が、当該エリアの大きさがさらに減少していることが分かる。



通常の基地局の場合



小セル基地局の場合

図 2. 5. 2-3 隣接チャネル干渉の影響

(許容干渉レベルとして、左図は $I/N = -12.2$ dB、右図は $I/N = -20$ dB)

(イ) 検討対象エリアに応じた伝搬式での干渉検討

大都市の中心部のような平均建物が高いエリアに、アンテナ高の低い小セル基地局を設置する場合には、建物の遮蔽による見通し外環境が基本となるため、自由空間損失では干渉の影響を過大に評価してしまう可能性がある。この点を踏まえ、伝搬式として 2. 2. 5 章で説明した拡張式を用いた場合と、自由空間損失を用い場合の比較結果を、図 2. 5. 2-4 に示す。小セル基地局のパラメータとして、空中線電力：20 dBm /MHz、空中線利得：5 dBi、給電線損失：0 dBi、アンテナ指向性：オムニ、空中線高：10m または 5 m

を設定した。この図より、拡張秦式の適用により所要改善量が大きく改善しており、検討対象エリアに応じて適切な伝搬式を用いることが有効であることが分かる。

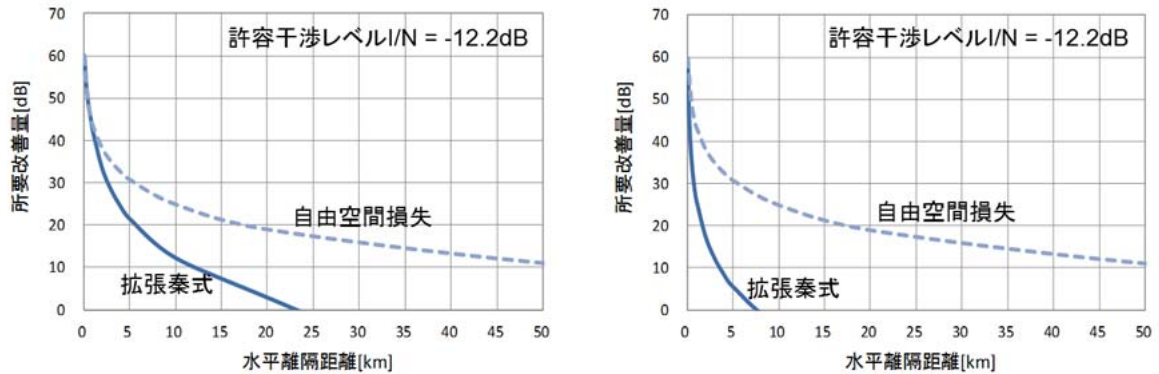
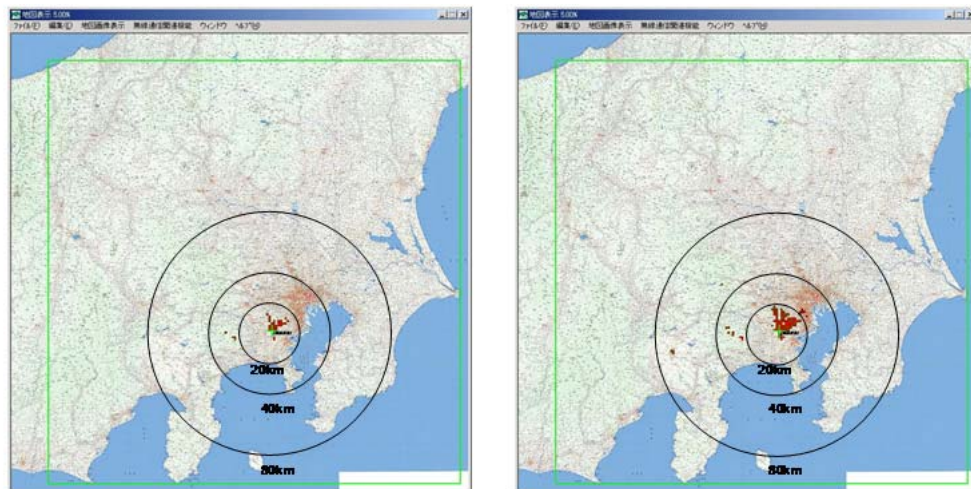


図 2. 5. 2-4 用いる伝搬式の影響
(同一チャネル干渉、小セル基地局のアンテナ高が左図は 10 m、右図は 5 m)

(ウ) 複数基地局の場合の干渉検討

第 4 世代移動通信システムのエリア展開を行うにあたっては、複数の基地局が設置されるため、衛星地球局への干渉の影響もこの点を考慮する必要がある。そこで、簡易的に、衛星地球局の許容干渉レベルを、10 dB 刻みで下げていった場合に、地図上の塗りつぶしエリアがどのように変化するかを、**図 2. 5. 2-5** に示す。図において、許容干渉レベル $I/N = -12.2$ dB (または -20 dB) に対して、10 dB 低い条件で塗りつぶされるメッシュ内に基地局を 10 局設置すると、衛星地球局の許容干渉レベルを超える可能性があることを示している。同様に、20 dB 低い条件で塗りつぶされるメッシュ内に基地局を 100 局、30 dB 低い条件で塗りつぶされるメッシュ内に 1,000 局設置すると、衛星地球局の許容干渉レベルを超える可能性があることを示している。これらの図より、基地局の設置局数が増えるにつれて、許容干渉レベルを満たせないエリア範囲が徐々に広がっていく様子が分かる。



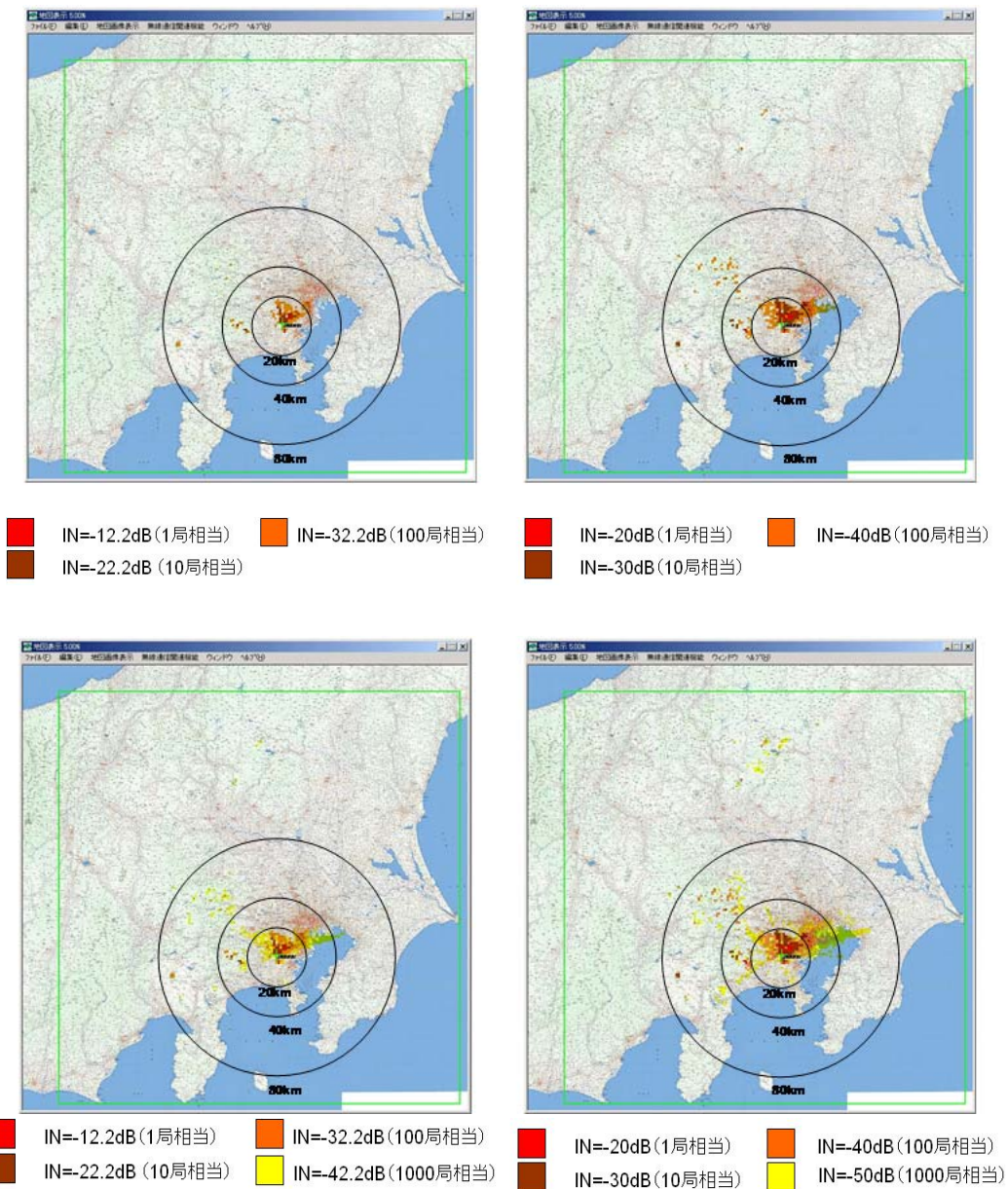


図 2. 5. 2-5 複数の基地局からの干渉影響（通常の基地局）

（許容干渉レベルとして、左図は $I/N = -12.2 \text{ dB}$ 、右図は $I/N = -20 \text{ dB}$ ）

同様な評価を、小セル基地局を用いた場合に行った結果を、図 2. 5. 2-6 に示す。複数の基地局からの干渉の影響を考慮する場合においても、衛星地球局の許容干渉レベルを超えるエリアの広がり方が、通常の基地局を設置する場合に比較して、緩やかであることが確認できる。

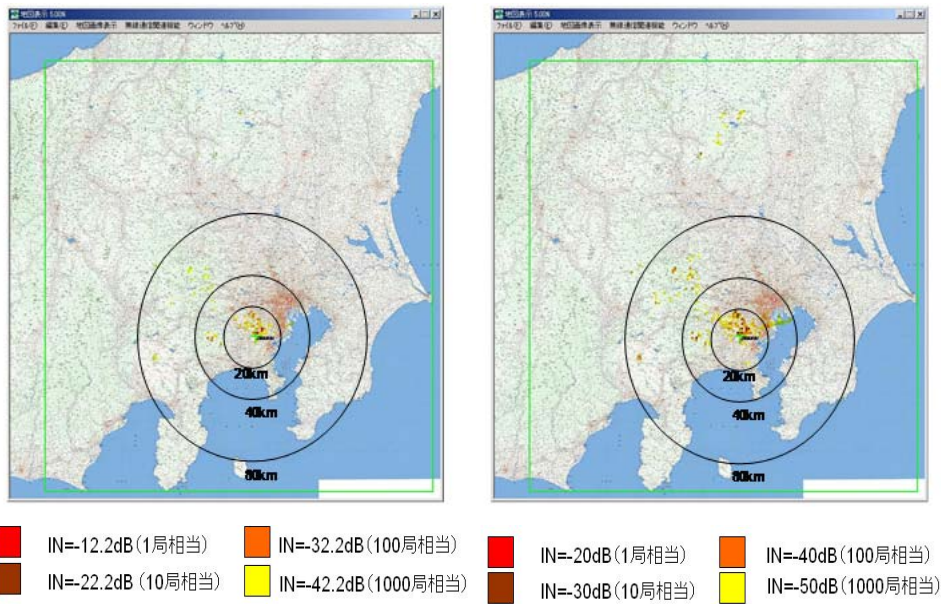


図 2. 5. 2-6 複数の基地局からの干渉影響（通常の基地局）

（許容干渉レベルとして、左図は $I/N = -12.2$ dB、右図は $I/N = -20$ dB）

2. 5. 3 移動局→衛星地球局の干渉検討

（1）1対1対向モデルでの干渉検討

表 2. 5. 3-1 に、移動局の送信周波数帯が 3,400-3,600 MHz である場合の、1対1対向モデルでの干渉検討結果を示す。

同一チャネル干渉となる条件（45 サイトのうち、9 サイトが該当）では、結合損が最小となる各水平距離で、約 40 から 50 dB 程度の所要改善量が必要であり、最大で 50 km 程度の離隔距離を確保する必要があることが分かる。

一方、隣接チャネル干渉の条件では、帯域内干渉、帯域外干渉とも衛星地球局により所要改善量の値が異なるが、最大で 600 m 程度の離隔距離を確保する必要があることが分かる。

表 2. 5. 3-1 1対1対向モデルでの干渉検討：

移動局の送信周波数帯が3,400-3,600MHzの場合

（* 同一、隣接チャネル干渉の保護基準とも $I/N=-12.2$ dB の場合の値、

隣接チャネル干渉の保護基準を $I/N=-20$ dB とする場合には、所要改善量が 7.8 dB 増加）

衛星地球局	衛星地球局 受信周波数 (MHz)	移動局 送信周波数 (MHz)	配置	ガード バンド幅 (MHz)	干渉形態	水平 距離 (m)	所要 改善量 (dB)*	所要改善量 0 となる 水平距離 (m)
1	3700-4200	3400-3600	隣接 CH	100.0	帯域内干渉	10	7.4	122
					帯域外干渉	10	-10.2	10
2	3420-4200	3400-3600	隣接 CH	0.0	帯域内干渉	10	17.0	363

					帯域外干渉	10	-9.7	10
			同一 CH	—	帯域内干渉	10	47.0	11,752
3	3700-3720	3400-3600	隣接 CH	100.0	帯域内干渉	10	-5.4	10
					帯域外干渉	10	-11.8	10
4	3700-3720	3400-3600	隣接 CH	100.0	帯域内干渉	10	-12.2	10
					帯域外干渉	10	-12.2	10
5	3700-4200	3400-3600	隣接 CH	100.0	帯域内干渉	10	4.0	50
					帯域外干渉	10	-10.6	10
6	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25.0	帯域内干渉	10	2.6	62
					帯域外干渉	10	-8.6	10
7	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25.0	帯域内干渉	10	4.1	83
					帯域外干渉	10	-16.4	10
8	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25.0	帯域内干渉	10	6.9	91
					帯域外干渉	10	-20.0	10
9	3400-4200	3400-3600	同一 CH	—	帯域内干渉	10	44.8	10,430
10	3700-4200	3400-3600	隣接 CH	100.0	帯域内干渉	10	5.6	97
					帯域外干渉	10	-19.3	10
11	3700-4200	3400-3600	隣接 CH	100.0	帯域内干渉	10	5.6	97
					帯域外干渉	10	-19.3	10
12	3700-4200	3400-3600	隣接 CH	100.0	帯域内干渉	10	5.6	97
					帯域外干渉	10	-19.7	10
13	3400-4200	3400-3600	同一 CH	—	帯域内干渉	10	46.8	21,248
14	3400-4200	3400-3600	同一 CH	—	帯域内干渉	10	46.8	21,248
15	3700-4200	3400-3600	隣接 CH	100.0	帯域内干渉	10	5.4	113
					帯域外干渉	10	-15.9	10
16	3700-4200	3400-3600	隣接 CH	100.0	帯域内干渉	10	5.4	113
					帯域外干渉	10	-15.9	10
17	3700-4200	3400-3600	隣接 CH	100.0	帯域内干渉	10	8.2	383
					帯域外干渉	10	-15.4	10
18	3700-4200	3400-3600	隣接 CH	100.0	帯域内干渉	10	6.7	113
					帯域外干渉	10	-25.0	10
19	3700-4200	3400-3600	隣接 CH	100.0	帯域内干渉	10	6.0	110
					帯域外干渉	10	-25.7	10
20	4120-4200	3400-3600	隣接 CH	520.0	帯域内干渉	10	-13.3	10
					帯域外干渉	10	-10.4	10
21	4120-4200	3400-3600	隣接 CH	520.0	帯域内干渉	10	-7.2	10
					帯域外干渉	10	-11.1	10
22	3685-4200	3400-3600	隣接 CH	85.0	帯域内干渉	10	-4.6	10
					帯域外干渉	一部パラメータ不明のため未検討		

23	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25.0	帯域内干渉	10	-3.0	10
					帯域外干渉	10	-6.7	10
24	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25.0	帯域内干渉	10	-0.9	10
					帯域外干渉	10	-10.3	10
25	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25.0	帯域内干渉	10	-3.2	10
					帯域外干渉	10	-6.7	10
26	3700-4200	3400-3600	隣接 CH	100.0	帯域内干渉	10	-0.7	10
					帯域外干渉	10	-12.1	10
27	3700-4200	3400-3600	隣接 CH	100.0	帯域内干渉	10	0.7	51
					帯域外干渉	10	-17.2	10
28	3400-4200	3400-3600	同一 CH	—	帯域内干渉	10	41.2	12,930
29	3400-4200	3400-3600	同一 CH	—	帯域内干渉	10	39.1	35,582
30	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25.0	帯域内干渉	10	-2.7	10
					帯域外干渉	10	-12.3	10
31	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25.0	帯域内干渉	10	-3.9	10
					帯域外干渉	10	-14.4	10
32	3599-4200	3400-3600	隣接 CH	0.0	帯域内干渉	10	6.1	565
					帯域外干渉	10	-7.7	10
33	3599-4200	3400-3600	隣接 CH	0.0	帯域内干渉	10	6.1	240
					帯域外干渉	10	-7.7	10
34	3599-4200	3400-3600	隣接 CH	0.0	帯域内干渉	10	9.1	303
					帯域外干渉	10	-11.4	10
35	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25.0	帯域内干渉	10	-0.9	10
					帯域外干渉	10	-13.4	10
36	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25.0	帯域内干渉	10	8.8	97
					帯域外干渉	10	-9.2	10
37	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25.0	帯域内干渉	10	-17.4	10
					帯域外干渉	10	-9.5	10
38	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25.0	帯域内干渉	一部パラメータ不明のため未検討		
					帯域外干渉	10	-12.4	10
39	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25.0	帯域内干渉	10	-24.7	10
					帯域外干渉	10	-14.5	10
40	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25.0	帯域内干渉	10	-18.6	10
					帯域外干渉	10	-9.9	10
41	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25.0	帯域内干渉	10	-27.3	10
					帯域外干渉	10	-14.1	10
42	3400-4200	3400-3600	同一 CH	—	帯域内干渉	10	45.1	18,964
43	3700-4200	3400-3600	隣接 CH	100.0	帯域内干渉	10	2.5	67
					帯域外干渉	10	-21.0	10

44	3400-4200	3400-3600	同一 CH	—	帯域内干渉	10	50.3	15,255
45	3400-4200	3400-3600	同一 CH	—	帯域内干渉	10	38.1	21,681

次に、表 2. 5. 3-2 に、移動局の送信周波数帯が 3,600-4,200 MHz である場合の、1対1対向モデルでの干渉検討結果を示す。なお、3,400-3,600 MHz の場合に、同一チャネル干渉の条件となった9サイトについては、同様な結論となるため、表の記載は省略した。

同一チャネル干渉となる条件では、結合損が最小となる各水平距離で、最大 50 dB 程度の所要改善量が必要であり、最大で 100 km 程度の離隔距離を確保する必要があることが分かる。

一方、隣接チャネル干渉の条件では、帯域内干渉、帯域外干渉とも衛星地球局により所要改善量の値が異なるが、最大で 3 km 程度の離隔距離を確保する必要があることが分かる。

**表 2. 5. 3-2 1対1対向モデルでの干渉検討：
移動局の送信周波数帯が 3,600-4,200MHz の場合**

(* 同一、隣接チャネル干渉の保護基準とも I/N=-12.2dB の場合の値、

隣接チャネル干渉の保護基準を I/N=-20dB とする場合には、所要改善量が 7.8dB 増加)

衛星地球局	衛星地球局 受信周波数 (MHz)	移動局 送信周波数 (MHz)	配置	ガード バンド幅 (MHz)	干渉形態	水平 距離 (m)	所要 改善量 (dB)	所要改善量 0 となる 水平距離 (m)
1	3700-4200	3600-4200	同一 CH	—	帯域内干渉	10	47.8	34,343
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	10	17.8	916
					帯域外干渉	10	-10.2	10
3	3700-3720	3600-4200	同一 CH	—	帯域内干渉	10	35.1	7,813
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	10	5.1	207
					帯域外干渉	10	-11.8	10
4	3700-3720	3600-4200	同一 CH	—	帯域内干渉	10	28.3	7,834
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	10	-1.7	10
					帯域外干渉	10	-12.2	10
5	3700-4200	3600-4200	同一 CH	—	帯域内干渉	10	44.4	6,688
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	10	14.4	206
					帯域外干渉	10	-10.6	10
6	3625-4200	3600-4200	同一 CH	—	帯域内干渉	10	43.0	20,239
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	10	13.0	557
					帯域外干渉	10	-8.6	10
7	3625-4200	3600-4200	同一 CH	—	帯域内干渉	10	44.5	11,836
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	10	14.5	342
					帯域外干渉	10	-16.4	10

8	3625-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	10	47.3	10,621
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	10	17.3	333
					帯域外干渉	10	-20.0	10
10	3700-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	10	46.0	14,009
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	10	16.0	372
					帯域外干渉	10	-19.3	10
11	3700-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	10	46.0	14,673
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	10	16.0	372
					帯域外干渉	10	-19.3	10
12	3700-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	10	46.0	15,557
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	10	16.0	379
					帯域外干渉	10	-19.7	10
15	3700-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	10	45.8	13,986
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	10	15.8	437
					帯域外干渉	10	-15.9	10
16	3700-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	10	45.8	18,455
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	10	15.8	445
					帯域外干渉	10	-15.9	10
17	3700-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	10	48.7	102,270
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	10	18.7	2,714
					帯域外干渉	10	-15.4	10
18	3700-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	10	47.1	18,620
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	10	17.1	473
					帯域外干渉	10	-25.0	10
19	3700-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	10	46.4	21,208
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	10	16.4	531
					帯域外干渉	10	-25.7	10
20	4120-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	10	27.2	6,800
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	10	-2.8	10
					帯域外干渉	10	-10.4	10
21	4120-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	10	33.3	6,167
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	10	3.3	141
					帯域外干渉	10	-11.1	10
22	3685-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	10	35.8	113,973
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	10	5.8	1,811
					帯域外干渉	一部パラメータ不明のため未検討		
23	3625-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	10	37.5	84,070
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	10	7.5	1,068
					帯域外干渉	10	-6.7	10

24	3625-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	10	39.5	25,478
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	10	9.5	437
					帯域外干渉	10	-10.3	10
25	3625-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	10	37.2	63,325
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	10	7.2	656
					帯域外干渉	10	-6.7	10
26	3700-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	10	39.8	25,111
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	10	9.8	518
					帯域外干渉	10	-12.1	10
27	3700-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	10	41.1	21,153
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	10	11.1	422
					帯域外干渉	10	-17.2	10
30	3625-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	10	37.8	13,938
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	10	7.8	311
					帯域外干渉	10	-12.3	10
31	3625-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	10	36.5	11,198
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	10	6.5	224
					帯域外干渉	10	-14.4	10
32	3599-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	10	36.1	43,474
33	3599-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	10	36.1	17,422
34	3599-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	10	39.1	11,325
35	3625-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	10	39.5	13,220
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	10	9.5	322
					帯域外干渉	10	-13.4	10
36	3625-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	10	49.3	13,649
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	10	19.3	366
					帯域外干渉	10	-9.2	10
37	3625-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	10	23.0	627
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	10	-7.0	10
					帯域外干渉	10	-9.5	10
38	3625-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	一部パラメータ不明のため未検討		
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉			
					帯域外干渉				10	-12.4	10
39	3625-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	10	15.7	657
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	10	-14.3	10
					帯域外干渉	10	-14.5	10
40	3625-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	10	21.9	540
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	10	-8.1	10
					帯域外干渉	10	-9.9	10

41	3625-4200	3600-4200	同一 CH	-	帶域内干涉	10	13.1	450
			隣接 CH	0.0	帶域内干涉	10	-16.9	10
					帶域外干涉	10	-14.1	10
43	3700-4200	3600-4200	同一 CH	-	帶域内干涉	10	42.9	16,624
			隣接 CH	0.0	帶域内干涉	10	12.9	354
					帶域外干涉	10	-21.0	10

2. 5. 4 陸上移動中継局→衛星地球局の干渉検討

(1) 1対1対向モデルでの干渉検討

表2.5.4-1に、陸上移動中継局の送信周波数帯が3,400-3,600 MHzである場合の、1対1対向モデルでの干渉検討結果を示す。陸上移動中継局の評価においては、より干渉条件の厳しい、移動局対向器送信（下り）の条件での評価を行った。

同一チャネル干渉となる条件（45サイトのうち、9サイトが該当）では、結合損が最小となる各水平距離で、約50から70 dB程度の所要改善量が必要との結果となった。

一方、隣接チャネル干渉の条件では、衛星地球局により所要改善量の値が異なるが、帯域内干渉については最大で35 dB程度、帯域外干渉は最大で15 dB程度となった。帯域内干渉については、ガードバンドが5 MHz程度あれば、陸上移動中継局のスプリアス強度の実力値を考慮し、陸上移動中継局のアンテナ設置条件のサイトエンジニアリング等を行えば、所要改善量を満たすことができると考えられる。また帯域外干渉についても、陸上移動中継局のアンテナ設置条件のサイトエンジニアリング等を行えば、所要改善量を満たすことができると考えられる。

表2.5.4-1 1対1対向モデルでの干渉検討：

陸上移動中継局の送信周波数帯が3,400-3,600MHzの場合

(* 同一、隣接チャネル干渉の保護基準とも I/N=-12.2dB の場合の値、

隣接チャネル干渉の保護基準を I/N=-20dB とする場合には、所要改善量が 7.8dB 増加)

衛星地球局	衛星地球局 受信周波数 (MHz)	陸上移動 中継局 送信周波数 (MHz)	配置	ガード バンド幅 (MHz)	干渉形態	水平 距離 (m)	所要 改善量 (dB)*
1	3700-4200	3400-3600	隣接 CH	100.0	帯域内干渉	140	28.6
					帯域外干渉	140	8.7
2	3420-4200	3400-3600	隣接 CH	0.0	帯域内干渉	80	27.1
			同一 CH	-	帯域外干渉	80	6.2
				帯域内干渉	80	65.6	
3	3700-3720	3400-3600	隣接 CH	100.0	帯域内干渉	280	12.9
					帯域外干渉	280	-4.5
4	3700-3720	3400-3600	隣接 CH	100.0	帯域内干渉	700	5.3
					帯域外干渉	700	-9.3
5	3700-4200	3400-3600	隣接 CH	100.0	帯域内干渉	60	24.2
					帯域外干渉	60	7.4
6	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25.0	帯域内干渉	300	22.6
					帯域外干渉	300	7.8
7	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25.0	帯域内干渉	170	29.7
					帯域外干渉	170	5.7
8	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25.0	帯域内干渉	70	27.4

					帯域外干渉	70	-4.2
9	3400-4200	3400-3600	同一 CH	-	帯域内干渉	110	62.1
10	3700-4200	3400-3600	隣接 CH	100.0	帯域内干渉	150	31.4
					帯域外干渉	150	2.6
11	3700-4200	3400-3600	隣接 CH	100.0	帯域内干渉	150	31.4
					帯域外干渉	150	2.6
12	3700-4200	3400-3600	隣接 CH	100.0	帯域内干渉	150	31.4
					帯域外干渉	150	2.5
13	3400-4200	3400-3600	同一 CH	-	帯域内干渉	150	70.5
14	3400-4200	3400-3600	同一 CH	-	帯域内干渉	150	70.5
15	3700-4200	3400-3600	隣接 CH	100.0	帯域内干渉	130	24.5
					帯域外干渉	130	1.3
16	3700-4200	3400-3600	隣接 CH	100.0	帯域内干渉	130.0	26.9
					帯域外干渉	130.0	3.6
17	3700-4200	3400-3600	隣接 CH	100.0	帯域内干渉	180.0	30.4
					帯域外干渉	180.0	4.6
18	3700-4200	3400-3600	隣接 CH	100.0	帯域内干渉	10.0	33.3
					帯域外干渉	10.0	0.5
19	3700-4200	3400-3600	隣接 CH	100.0	帯域内干渉	10.0	32.7
					帯域外干渉	10.0	-0.1
20	4120-4200	3400-3600	隣接 CH	520.0	帯域内干渉	640.0	4.0
					帯域外干渉	640.0	-9.0
21	4120-4200	3400-3600	隣接 CH	520.0	帯域内干渉	300.0	13.8
					帯域外干渉	300.0	-2.6
22	3685-4200	3400-3600	隣接 CH	85.0	帯域内干渉	670.0	20.5
					帯域外干渉	一部パラメータ不明のため未検討	
23	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25.0	帯域内干渉	330.0	20.5
					帯域外干渉	330.0	1.1
24	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25.0	帯域内干渉	350.0	16.7
					帯域外干渉	350.0	-4.0
25	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25.0	帯域内干渉	390.0	21.4
					帯域外干渉	390.0	1.9
26	3700-4200	3400-3600	隣接 CH	100.0	帯域内干渉	350.0	17.8
					帯域外干渉	350.0	-2.0
27	3700-4200	3400-3600	隣接 CH	100.0	帯域内干渉	250.0	21.5
					帯域外干渉	250.0	-1.6
28	3400-4200	3400-3600	同一 CH	-	帯域内干渉	380.0	59.8
29	3400-4200	3400-3600	同一 CH	-	帯域内干渉	390.0	59.7

30	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25.0	帯域内干渉	310.0	15.1
					帯域外干渉	310.0	-4.9
31	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25.0	帯域内干渉	230.0	16.9
					帯域外干渉	230.0	-1.2
32	3599-4200	3400-3600	隣接 CH	0.0	帯域内干渉	410.0	17.3
					帯域外干渉	410.0	-0.7
33	3599-4200	3400-3600	隣接 CH	0.0	帯域内干渉	400.0	12.4
					帯域外干渉	400.0	-4.1
34	3599-4200	3400-3600	隣接 CH	0.0	帯域内干渉	230.0	17.7
					帯域外干渉	230.0	-2.2
35	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25.0	帯域内干渉	230.0	18.0
					帯域外干渉	230.0	-2.5
36	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25.0	帯域内干渉	50.0	34.0
					帯域外干渉	50.0	13.1
37	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25.0	帯域内干渉	70.0	5.6
					帯域外干渉	70.0	9.5
38	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25.0	帯域内干渉	一部パラメータ不明のため未検討	
					帯域外干渉	180.0	-0.8
39	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25.0	帯域内干渉	210.0	-6.0
					帯域外干渉	210.0	-2.4
40	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25.0	帯域内干渉	70.0	3.7
					帯域外干渉	70.0	8.9
41	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25.0	帯域内干渉	190.0	-6.5
					帯域外干渉	190.0	0.2
42	3400-4200	3400-3600	同一 CH	-	帯域内干渉	140.0	64.0
43	3700-4200	3400-3600	隣接 CH	100.0	帯域内干渉	130.0	24.5
					帯域外干渉	130.0	-1.2
44	3400-4200	3400-3600	同一 CH	-	帯域内干渉	40.0	72.8
45	3400-4200	3400-3600	同一 CH	-	帯域内干渉	310.0	54.7

表 2.5.4-2 に、陸上移動中継局の送信周波数帯が 3,600-4,200 MHz である場合の、1 対 1 対向モデルでの干渉検討結果を示す。陸上移動中継局の評価においては、より干渉条件の厳しい、移動局対向器送信（下り）の条件での評価を行った。なお、3,400-3,600 MHz の場合に、同一チャネル干渉の条件となった 9 サイトについては、同様な結論となるため、表の記載は省略した。

同一チャネル干渉となる条件では、結合損が最小となる各水平距離で、約 30 から 70 dB 程度の所要改善量が必要との結果となった。

一方、隣接チャネル干渉の条件では、衛星地球局により所要改善量の値が異なるが、帯域内干渉については最大で 35 dB 程度、帯域外干渉は最大で 15 dB 程度となった。帯域内

干渉については、ガードバンドが5 MHz程度あれば、陸上移動中継局のスプリアス強度の実力値を考慮し、陸上移動中継局のアンテナ設置条件のサイトエンジニアリング等を行えば、所要改善量を満たすことができると考えられる。また帯域外干渉についても、陸上移動中継局のアンテナ設置条件のサイトエンジニアリング等を行えば、所要改善量を満たすことができると考えられる。

表 2. 5. 4-2 1対1対向モデルでの干渉検討：

陸上移動中継局の送信周波数帯が3,400-3,600MHzの場合

(* 同一、隣接チャンネル干渉の保護基準とも I/N=-12.2dB の場合の値、

隣接チャンネル干渉の保護基準を I/N=-20dB とする場合には、所要改善量が 7.8dB 増加)

衛星地球局	衛星地球局 受信周波数 (MHz)	陸上移動 中継局 送信周波数 (MHz)	配置	ガード バンド幅 (MHz)	干渉形態	水平 距離 (m)	所要 改善量 (dB)*
1	3700-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	140	67.0
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	140	28.6
					帯域外干渉	140	8.7
3	3700-3720	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	280	51.3
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	280	12.9
					帯域外干渉	280	-4.5
4	3700-3720	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	700	43.7
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	700	5.3
					帯域外干渉	700	-9.3
5	3700-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	60	62.6
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	60	24.2
					帯域外干渉	60	7.4
6	3625-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	300	61.0
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	300	22.6
					帯域外干渉	300	7.8
7	3625-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	170	68.1
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	170	29.7
					帯域外干渉	170	5.7
8	3625-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	70	65.8
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	70	27.4
					帯域外干渉	70	-4.2
10	3700-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	150	69.9
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	150	31.4
					帯域外干渉	150	2.6
11	3700-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	150	69.9

			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	150	31.4
					帯域外干渉	150	2.6
12	3700-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	150	69.8
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	150	31.4
					帯域外干渉	150	2.5
15	3700-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	130	63.0
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	130	24.5
					帯域外干渉	130	1.3
16	3700-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	130.0	65.4
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	130	26.9
					帯域外干渉	130	3.6
17	3700-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	180.0	68.9
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	180	30.4
					帯域外干渉	180	4.6
18	3700-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	10.0	71.8
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	10	33.3
					帯域外干渉	10	0.5
19	3700-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	10.0	71.2
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	10	32.7
					帯域外干渉	10	-0.1
20	4120-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	640.0	42.4
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	640	4.0
					帯域外干渉	640	-9.0
21	4120-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	300.0	52.2
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	300	13.8
					帯域外干渉	300	-2.6
22	3685-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	670.0	59.0
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	670	20.5
					帯域外干渉	一部パラメータ不明のため未検討	
23	3625-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	330.0	58.9
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	330	20.5
					帯域外干渉	330	1.1
24	3625-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	350.0	55.2
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	350	16.7
					帯域外干渉	350	-4.0
25	3625-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	390.0	59.9
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	390	21.4
					帯域外干渉	390	1.9

26	3700-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	350.0	56.3
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	350	17.8
					帯域外干渉	350	-2.0
27	3700-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	250.0	59.9
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	250	21.5
					帯域外干渉	250	-1.6
30	3625-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	310.0	53.5
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	310	15.1
					帯域外干渉	310	-4.9
31	3625-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	230.0	55.3
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	230	16.9
					帯域外干渉	230	-1.2
32	3599-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	410.0	55.8
33	3599-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	400.0	50.9
34	3599-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	230.0	56.1
35	3625-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	230.0	56.4
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	230	18.0
					帯域外干渉	230	-2.5
36	3625-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	50.0	72.4
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	50	34.0
					帯域外干渉	50	13.1
37	3625-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	70.0	44.0
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	70	5.6
					帯域外干渉	70	9.5
38	3625-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	一部パラメータ不明	
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	のため未検討	
					帯域外干渉	180	-0.8
39	3625-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	210.0	32.4
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	210	-6.0
					帯域外干渉	210	-2.4
40	3625-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	70.0	42.2
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	70	3.7
					帯域外干渉	70	8.9
41	3625-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	190.0	31.9
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	190	-6.5
					帯域外干渉	190	0.2
43	3700-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	130	62.9
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	130	24.5
					帯域外干渉	130	-1.2

2. 5. 5 小電力レピータ→衛星地球局の干渉検討

(1) 1対1対向モデルでの干渉検討

表2.5.5-1に、小電力レピータの送信周波数帯が3,400-3,600 MHzである場合の、1対1対向モデルでの干渉検討結果を示す。小電力レピータの評価においては、より干渉条件の厳しい、基地局対向器送信（上り）の条件での評価を行った。

同一チャネル干渉となる条件（45サイトのうち、9サイトが該当）では、結合損が最小となる各水平距離で、約30から40 dB程度の所要改善量が必要との結果となった。

一方、隣接チャネル干渉の条件では、衛星地球局により所要改善量の値が異なるが、帯域内干渉については最大で25 dB程度、帯域外干渉はマイナスとの結果になった。帯域内干渉については、ガードバンドが5 MHz程度あれば、小電力レピータのスプリアス強度の実力値を考慮し、小電力レピータのアンテナ設置条件のサイトエンジニアリング等を行えば、所要改善量を満たすことができると考えられる。

表2.5.5-1 1対1対向モデルでの干渉検討：

小電力レピータの送信周波数帯が3,400-3,600MHzの場合

(* 同一、隣接チャネル干渉の保護基準とも I/N=-12.2dB の場合の値、

隣接チャネル干渉の保護基準を I/N=-20dB とする場合には、所要改善量が 7.8dB 増加)

衛星地球局	衛星地球局受信周波数 (MHz)	小電力レピータ送信周波数 (MHz)	配置	ガードバンド幅 (MHz)	干渉形態	水平距離 (m)	所要改善量 (dB)
1	3700-4200	3400-3600	隣接 CH	100.0	帯域内干渉	100	19.5
					帯域外干渉	100	-15.4
2	3420-4200	3400-3600	隣接 CH	0.0	帯域内干渉	70	19.5
					帯域外干渉	70	-12.7
			同一 CH	-	帯域内干渉	70	35.9
3	3700-3720	3400-3600	隣接 CH	100.0	帯域内干渉	220	6.5
					帯域外干渉	220	-11.8
4	3700-3720	3400-3600	隣接 CH	100.0	帯域内干渉	480	-0.4
					帯域外干渉	480	-11.8
5	3700-4200	3400-3600	隣接 CH	100.0	帯域内干渉	2,100	-9.9
					帯域外干渉	2,100	-14.3
6	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25.0	帯域内干渉	60	13.3
					帯域外干渉	60	-12.9
7	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25.0	帯域内干渉	120	19.7
					帯域外干渉	120	-20.4
8	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25.0	帯域内干渉	70	19.3

					帯域外干渉	70	-21.9
9	3400-4200	3400-3600	同一 CH	-	帯域内干渉	100	33.0
10	3700-4200	3400-3600	隣接 CH	100.0	帯域内干渉	100	20.8
					帯域外干渉	100	-22.7
11	3700-4200	3400-3600	隣接 CH	100.0	帯域内干渉	100	20.8
					帯域外干渉	100	-22.7
12	3700-4200	3400-3600	隣接 CH	100.0	帯域内干渉	100	20.7
					帯域外干渉	100	-23.6
13	3400-4200	3400-3600	同一 CH	-	帯域内干渉	100	37.9
14	3400-4200	3400-3600	同一 CH	-	帯域内干渉	100	37.9
15	3700-4200	3400-3600	隣接 CH	100.0	帯域内干渉	3,900	-7.9
					帯域外干渉	3,900	-24.7
16	3700-4200	3400-3600	隣接 CH	100.0	帯域内干渉	120.0	17.5
					帯域外干渉	120.0	-23.0
17	3700-4200	3400-3600	隣接 CH	100.0	帯域内干渉	210.0	24.5
					帯域外干渉	210.0	-19.4
18	3700-4200	3400-3600	隣接 CH	100.0	帯域内干渉	90.0	18.4
					帯域外干渉	90.0	-33.1
19	3700-4200	3400-3600	隣接 CH	100.0	帯域内干渉	100.0	17.5
					帯域外干渉	100.0	-33.5
20	4120-4200	3400-3600	隣接 CH	520.0	帯域内干渉	540.0	-2.3
					帯域外干渉	540.0	-11.1
21	4120-4200	3400-3600	隣接 CH	520.0	帯域内干渉	200.0	4.9
					帯域外干渉	200.0	-11.1
22	3685-4200	3400-3600	隣接 CH	85.0	帯域内干渉	610.0	13.5
					帯域外干渉	一部パラメータ不明のため未検討	
23	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25.0	帯域内干渉	340.0	14.4
					帯域外干渉	340.0	-6.6
24	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25.0	帯域内干渉	190.0	11.5
					帯域外干渉	190.0	-10.6
25	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25.0	帯域内干渉	390.0	13.7
					帯域外干渉	390.0	-6.6
26	3700-4200	3400-3600	隣接 CH	100.0	帯域内干渉	310.0	10.1
					帯域外干渉	310.0	-12.8
27	3700-4200	3400-3600	隣接 CH	100.0	帯域内干渉	190.0	13.1
					帯域外干渉	190.0	-19.6
28	3400-4200	3400-3600	同一 CH	-	帯域内干渉	300.0	30.4
29	3400-4200	3400-3600	同一 CH	-	帯域内干渉	400.0	30.3

30	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25.0	帯域内干渉	230.0	9.5
					帯域外干渉	230.0	-12.6
31	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25.0	帯域内干渉	200.0	7.9
					帯域外干渉	200.0	-14.8
32	3599-4200	3400-3600	隣接 CH	0.0	帯域内干渉	440.0	12.2
					帯域外干渉	440.0	-7.8
33	3599-4200	3400-3600	隣接 CH	0.0	帯域内干渉	220.0	8.2
					帯域外干渉	220.0	-7.9
34	3599-4200	3400-3600	隣接 CH	0.0	帯域内干渉	190.0	11.2
					帯域外干渉	190.0	-12.0
35	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25.0	帯域内干渉	190.0	11.5
					帯域外干渉	190.0	-14.3
36	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25.0	帯域内干渉	50.0	21.7
					帯域外干渉	50.0	-13.5
37	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25.0	帯域内干渉	70.0	-4.4
					帯域外干渉	70.0	-13.0
38	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25.0	帯域内干渉	一部パラメータ不明のため未検討	
					帯域外干渉	140.0	-13.4
39	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25.0	帯域内干渉	190.0	-12.9
					帯域外干渉	190.0	-15.1
40	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25.0	帯域内干渉	70.0	-6.3
					帯域外干渉	70.0	-12.8
41	3625-4200	3400-3600	隣接 CH	25.0	帯域内干渉	150.0	-15.4
					帯域外干渉	150.0	-14.8
42	3400-4200	3400-3600	同一 CH	-	帯域内干渉	120.0	33.5
43	3700-4200	3400-3600	隣接 CH	100.0	帯域内干渉	110.0	15.0
					帯域外干渉	110.0	-29.4
44	3400-4200	3400-3600	同一 CH	-	帯域内干渉	40.0	39.6
45	3400-4200	3400-3600	同一 CH	-	帯域内干渉	270.0	26.2

表 2.5.5-2 に、小電力レピータの送信周波数帯が 3,600-4,200 MHz である場合の、1 対 1 対向モデルでの干渉検討結果を示す。小電力レピータの評価においては、より干渉条件の厳しい、基地局対向器送信（上り）の条件での評価を行った。なお、3,400-3,600 MHz の場合に、同一チャネル干渉の条件となった 9 サイトについては、同様な結論となるため、表の記載は省略した。

同一チャネル干渉となる条件では、結合損が最小となる各水平距離で、最大で 40 dB 程度の所要改善量が必要との結果となった。

一方、隣接チャネル干渉の条件では、衛星地球局により所要改善量の値が異なるが、帯域内干渉については最大で 25 dB 程度、帯域外干渉はマイナスとの結果になった。帯域内

干渉については、ガードバンドが5 MHz程度あれば、小電力レピータのスプリアス強度の実力値を考慮し、小電力レピータのアンテナ設置条件のサイトエンジニアリング等を行えば、所要改善量を満たすことができると考えられる。

表 2. 5. 5-2 1対1対向モデルでの干渉検討：

小電力レピータの送信周波数帯が3,600-4,200MHzの場合

(* 同一、隣接チャネル干渉の保護基準とも I/N=-12.2dB の場合の値、

隣接チャネル干渉の保護基準を I/N=-20dB とする場合には、所要改善量が 7.8dB 増加)

衛星地球局	衛星地球局 受信周波数 (MHz)	小電力 レピータ 送信周波数 (MHz)	配置	ガード バンド幅 (MHz)	干渉形態	水平 距離 (m)	所要 改善量 (dB)
1	3700-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	100	35.9
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	100	19.5
					帯域外干渉	100	-15.4
3	3700-3720	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	220	22.9
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	220	6.5
					帯域外干渉	220	-11.8
4	3700-3720	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	480	16.1
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	480	-0.4
					帯域外干渉	480	-11.8
5	3700-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	2,100	6.6
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	2,100	-9.9
					帯域外干渉	2,100	-14.3
6	3625-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	60	29.7
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	60	13.3
					帯域外干渉	60	-12.9
7	3625-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	120	36.2
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	120	19.7
					帯域外干渉	120	-20.4
8	3625-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	70	35.7
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	70	19.3
					帯域外干渉	70	-21.9
10	3700-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	100	37.2
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	100	20.8
					帯域外干渉	100	-22.7
11	3700-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	100	37.2
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	100	20.8
					帯域外干渉	100	-22.7

12	3700-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	100	37.1
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	100	20.7
						帯域外干渉	100	-23.6
15	3700-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	3,900	8.6
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	3,900	-7.9
						帯域外干渉	3,900	-24.7
16	3700-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	120.0	33.9
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	120	17.5
						帯域外干渉	120	-23.0
17	3700-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	210.0	40.9
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	210	24.5
						帯域外干渉	210	-19.4
18	3700-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	90.0	34.8
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	90	18.4
						帯域外干渉	90	-33.1
19	3700-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	100.0	34.0
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	100	17.5
						帯域外干渉	100	-33.5
20	4120-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	540.0	14.1
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	540	-2.3
						帯域外干渉	540	-11.1
21	4120-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	200.0	21.4
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	200	4.9
						帯域外干渉	200	-11.1
22	3685-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	610.0	30.0
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	610	13.5
						帯域外干渉	一部パラメータ不明のため未検討
23	3625-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	340.0	30.8
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	340	14.4
						帯域外干渉	340	-6.6
24	3625-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	190.0	27.9
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	190	11.5
						帯域外干渉	190	-10.6
25	3625-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	390.0	30.2
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	390	13.7
						帯域外干渉	390	-6.6
26	3700-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	310.0	26.6
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	310	10.1

					帯域外干渉	310	-12.8
27	3700-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	190.0	29.5
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	190	13.1
					帯域外干渉	190	-19.6
30	3625-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	230.0	25.9
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	230	9.5
					帯域外干渉	230	-12.6
31	3625-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	200.0	24.4
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	200	7.9
					帯域外干渉	200	-14.8
32	3599-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	440.0	28.7
33	3599-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	220.0	24.6
34	3599-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	190.0	27.7
35	3625-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	190.0	28.0
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	190	11.5
					帯域外干渉	190	-14.3
36	3625-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	50.0	38.2
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	50	21.7
					帯域外干渉	50	-13.5
37	3625-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	70.0	12.0
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	70	-4.4
					帯域外干渉	70	-13.0
38	3625-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	一部パラメータ不明のため未検討	
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉			140 -13.4
					帯域外干渉		
39	3625-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	190.0	3.5
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	190	-12.9
					帯域外干渉	190	-15.1
40	3625-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	70.0	10.2
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	70	-6.3
					帯域外干渉	70	-12.8
41	3625-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	150.0	1.0
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	150	-15.4
					帯域外干渉	150	-14.8
43	3700-4200	3600-4200	同一 CH	-	帯域内干渉	110	31.4
			隣接 CH	0.0	帯域内干渉	110	15.0
					帯域外干渉	110	-29.4

2. 5. 6 衛星地球局との干渉検討結果まとめ

- (1) 同一チャネル干渉条件での共用条件
- (2) 隣接チャネル干渉条件での共用条件
- (3) 衛星地球局への干渉軽減対策について

2. 6 航空機電波高度計との干渉検討

2. 7 干渉検討まとめ

(1) 最小ガードバンド幅

表2. 7-1 に干渉検討のまとめを示す。

表2. 7-1 干渉検討結果 (まとめ)

与干渉 被干渉	携帯電話 ↑ (陸上移動局、中継を行う無線局(基地局対向器))	携帯電話 ↓ (基地局、中継を行う無線局(陸上移動局対向器))	放送監視制御 (Sバンド)	音声FPU	音声STL/TTL/TSL	衛星システム (↓)	電波高度計システム
携帯電話↑ (基地局、中継を行う無線局(陸上移動局対向器))		最小ガードバンド幅 (※)	最小ガードバンド幅 (※)	最小ガードバンド幅 (※)	最小ガードバンド幅 (※)	最小ガードバンド幅 (※)	最小ガードバンド幅 (※)
携帯電話↓ (陸上移動局、中継を行う無線局(基地局対向器))	最小ガードバンド幅 (※)		最小ガードバンド幅 (※)	最小ガードバンド幅 (※)	最小ガードバンド幅 (※)	最小ガードバンド幅 (※)	最小ガードバンド幅 (※)
放送監視制御 (Sバンド)	最小ガードバンド幅 (※)	最小ガードバンド幅 (※)					
音声FPU	最小ガードバンド幅 (※)	最小ガードバンド幅 (※)					
音声STL/TTL/TSL	最小ガードバンド幅 (※)	最小ガードバンド幅 (※)					
衛星システム (↓)	最小ガードバンド幅	最小ガードバンド幅					

	(※)	(※)					
電波高度 計システム	○	○	-	-	-	-	-

第3章 既存の周波数帯における第4世代移動通信システム

(IMT-Advanced) 相互間及び第4世代移動通信システム (IMT-Advanced)

と他システムとの干渉検討

3. 1 既存の携帯電話周波数への第4世代移動通信システムの導入

第4世代移動通信システム (IMT-Advanced) は、ITU-R の検討 (報告 ITU-R M.2135) においても、既存の携帯電話周波数 (IMT 周波数) で運用可能であることが要求条件の1つとして規定され、詳細無線仕様の検討が進められた。実際に完成した仕様 (ITU-R 勧告 M.2012) は、既存の3.9世代移動通信システムをベースに機能拡張、新機能の追加という形で実現されており、第4世代移動通信システムは、既存の携帯電話周波数へ導入することが可能となっている。

本章では、第4世代移動通信システム (IMT-Advanced) で規定された新技術を既存の携帯電話周波数へ導入するにあたり、新たに干渉調査を実施する必要があるかどうかについて検討を行った。

3. 2 既存帯域へ導入することが期待されている新技術

第2章での検討と同様に、ここでも第4世代移動通信 (IMT-Advanced) システムとして、LTE-Advanced に基づいた検討を行う。LTE-Advanced では、表1. 2. 3. 1-1に示す5つの新技術 (キャリアアグリゲーション、MIMO 伝送技術の拡張、ヘテロロジーニアスネットワーク、セル間協調送受信、リレー伝送) の導入が期待されており、以下、それぞれの新技術について考察を行った。

3. 2. 1 キャリアアグリゲーション

キャリアアグリゲーションは、複数のLTEキャリア (1キャリアあたり最大20MHz幅のチャネル帯域幅) を束ねて同時に利用する技術である。束ねるLTEキャリアについては、異なる周波数バンドにまたがって束ねる場合、同一の周波数バンド内で連続、または不連続のLTEキャリアを束ねる場合のいずれのケースにも対応している。また、下り回線 (基地局送信→移動局受信)、及び上り回線 (移動局送信→基地局受信) の双方でサポートされている。

(1) 下り回線のキャリアアグリゲーション

下り回線のキャリアアグリゲーションは、基地局から複数のLTEキャリアを同時に送信し、移動局 (端末) がそれらのLTEキャリアを同時に受信することで実現される。キャリアアグリゲーションする場合の基地局送信は、既存のLTE基地局が複数のLTEキャリアを送信している状態と同一であり、基地局の干渉調査に関わる3GPP仕様の無線規格も、キャリアアグリゲーションの導入に伴って、従前のLTEから変更されている点はない。したがって、下り回線のキャリアアグリゲーションの導入において、基地局間の共存条件、及び他システムとの共存条件は、各周波数帯域で検討されてきた従前のLTE基地局の共存条件と同様である。以上の点から、下り回線のキャリアアグリゲーションの導入に際して、新たな干渉調査の実施は不要である。

なお、下り回線のキャリアアグリゲーションにおいて、異なる周波数バンドのLTEキャリア

を束ねる場合、移動局は受信信号から異なる周波数バンドのLTEキャリアを分別し、双方の周波数バンドに対して受信処理を行う必要がある。異なる周波数バンドのLTEキャリアを分別する方法の1つとして、ダイプレクサ等のフィルタを用いることが想定されるが、このような追加素子が挿入されると、送受信無線回路での信号電力減衰の影響が発生する。本影響を考慮し、3GPP仕様では、移動局の最大空中線電力の偏差の下限值が、従来のLTE移動局の場合に比較して緩和されている。この緩和の影響は、移動局の最大空中線電力が低下する方向であり、従前の共存条件を厳しくする条件とはならないため、新たな干渉調査の実施は不要である。ただし、移動局の技術的条件の策定の観点からは、3GPP仕様との整合性を確保する形で、キャリアアグリゲーションに対応した移動局の最大空中線電力の偏差の下限値を規定することが望ましい。当該緩和量は、キャリアアグリゲーションで組み合わせる周波数バンドや、複数のキャリアアグリゲーションの組み合わせのサポート有無等の条件により異なっており、3GPP仕様が適宜更新されることが想定される。したがって、今後新たに、国内で利用可能なキャリアアグリゲーションに対する規定追加等が行われた場合には、最大空中線電力の偏差の下限値の緩和が、従前の干渉条件を厳しくするものではないことを踏まえ、新たな干渉調査を実施することなく、国際的な整合性を確保する観点から、適切かつ速やかに、3GPP仕様の規定を技術基準に直接反映していくことが望ましいと考えられる。

(2) 上り回線のキャリアアグリゲーション

上り回線(移動局送信→基地局受信)のキャリアアグリゲーションは、移動局から複数のLTEキャリアを同時に送信し、基地局がそれらのLTEキャリアを同時受信することで実現される。異なる周波数バンドにまたがる複数のLTEキャリアの同時送信は、既存のLTEシステムの移動局では実現されておらず、3GPPでも、詳細無線仕様の検討が順次進められている状況である。

上り回線のキャリアアグリゲーションの中で、3GPPでの検討が進んでいるものは、同一の周波数バンド内で連続したLTEキャリアを束ねる場合であり、一部の周波数バンドにおいて、仕様化が完了している。完成した仕様において、移動局がキャリアアグリゲーションを行った場合の最大空中線電力の総和は、従前のLTE移動局の最大空中線電力の値と同一となるように規定されている。さらに、アグリゲーションした場合のスペクトラムエミッションマスク、隣接チャネル漏えい電力等の干渉調査に用いる規定は、アグリゲーションされた合計のチャネル帯域幅(例えば5MHz+10MHz=15MHz)を1キャリア(15MHz)で送信する場合と同等の規定となっている。したがって、アグリゲーションする合計のチャネル帯域幅が、従前の検討範囲内の値であれば、移動局間の共存条件、及び他システムとの共存条件は、これまでのLTE移動局の共存条件と同様である。以上の点から、同一の周波数バンド内で連続したLTEキャリアを束ねるキャリアアグリゲーションの導入に際して、新たな干渉調査の実施は不要である。

一方、異なる周波数バンドにまたがってLTEキャリアを束ねる場合、あるいは同一の周波数バンド内で不連続のLTEキャリアを束ねる場合については、3GPPでの標準仕様策定に向けて、技術的な検討が開始された段階である。したがって、従前のLTE仕様からの差分、及び従前の共存条件の変更の可能性は、現時点で判断が難しい状況であり、今後、3GPP仕様が新たに規定された段階で、改めて判断することが望ましい。なお、国内の技術基準への反映に当たっては、策定された3GPP仕様が、従来のLTEと比較して干渉条件を厳しくするものでないと判断できる場合には、新たな干渉調査を実施することなく、国際的な整合性を確保する観点から、適切かつ速やかに、3GPP仕様の規定を技術基準に直接反映していくことが望ましいと考えられる。

3. 2. 2 MIMO 伝送技術の拡張

(1) 下り回線の MIMO 伝送技術

LTEの最大4アンテナ送信に比較して、LTE-Advancedでは最大8アンテナ送信での利用が可能である。従前のLTE基地局の干渉調査では、基地局は1アンテナ送信として検討を行っている。これは、複数アンテナ送信を行う場合の総送信電力は、1アンテナ送信の総送信電力と同じ条件で運用することが一般的であることや、共用検討に用いている隣接チャネル漏洩電力は、送信電力に対する相対値であるため、干渉検討の結果は、1アンテナ送信の検討結果と等しくなるためである。したがって、下り回線におけるMIMO伝送技術の8アンテナ送信への拡張に対して、新たな干渉調査の実施は不要である。

(2) 上り回線の MIMO 伝送技術

LTEでは上り回線においてMIMO伝送技術はサポートされていなかったが、LTE-Advancedでは最大4アンテナ送信での利用が可能となっている。3GPP仕様では、2アンテナ送信の場合の検討が先行して実施され、仕様化が完了している。当該仕様において、移動局当たりの最大空中線電力は、従前のLTE移動局の規格と同じにしつつ、スペクトラムエミッションマスク、隣接チャネル漏えい電力等の不要発射に関わる規格は、アンテナコネクタ毎に規定することとなった。不要発射関連の規格をアンテナコネクタ毎に規定するに際し、3GPPでは干渉条件の観点でも検討が行われ、下記のようにレポート（3GPP TR36.807、6.6B章）へのとりまとめが行われている。

「2アンテナ送信の上りリンクMIMO伝送において、アンテナコネクタ当たりの平均送信電力は、1アンテナコネクタで送信を行う端末の平均送信電力に比較して、3 dB減少する。したがって、平均的な不要発射レベルもそれに応じて、基本的に3 dB減少する。結果として、複数アンテナコネクタからの送信を行う場合の端末当たりの不要発射レベルの総和は、1アンテナコネクタで送信を行う場合の端末当たりの不要発射レベルと同様であると考えられる。以上より、上りリンクMIMO送信をサポートしている端末の総和の不要発射レベルの影響は、隣接バンドへの既存システムとの共存という観点で、LTE端末と同様である。」

以上の3GPPでの検討結果を踏まえれば、上り回線のMIMO伝送技術の導入に際して、移動局間の共存条件、及び他システムとの共存条件は、各周波数帯域で検討されてきた従前のLTE移動局の共存条件と同一となる。したがって、上り回線のMIMO伝送技術の導入に際して、新たな干渉調査の実施は不要であり、技術的条件については、3GPP仕様との整合性を確保する形で規定を行うことが望ましい。

3. 2. 3 ヘテロジーニアスネットワーク

ヘテロジーニアスネットワークは、標準的な基地局（マクロセル基地局）に加えて、送信電力等が小さい基地局を階層的に展開するネットワーク構成である。3GPP標準仕様では、新たな送信電力のクラス（Medium range）に関する基地局規定が行われている。従前のLTE基地局の干渉調査においては、マクロセル基地局に基づいた値での検討が行われているが、新たに3GPPで規定された送信電力のクラスは、当該マクロセル基地局よりも最大空中線電力が小さい条件

を想定した規定である。したがって、従前のLTE基地局の場合と比較して、共存条件を厳しくする方向とはならないため、新たな送信電力クラスの規定を行うに際して、新たな干渉調査の実施は不要である。

なお、ヘテロジーニアスネットワークにおいて、セル間干渉の影響を低減する技術として高度化セル間干渉コーディネーション（eICIC）技術が利用可能となるが、本技術は基地局間で連携して送信タイミング等を調整する技術である。したがって、LTE基地局の無線規格の変更を伴う内容ではないため、新たな干渉調査の実施は不要である。

3. 2. 4 セル間協調（CoMP）送受信

セル間協調送受信技術は、複数の基地局が協調してベースバンド信号処理を行うことにより、隣接基地局間のエリア境界付近での通信速度を改善する技術である。したがって、LTE基地局の無線規格の変更を伴う内容ではないため、新たな干渉調査の実施は不要である。

3. 2. 5 リレー伝送技術

従前の情報通信審議会において、携帯電話通信向けの中継伝送技術として、非再生中継伝送を前提として、「携帯無線通信の中継を行う無線局の技術的条件」が定められている。一方、LTE-Advancedで規定されたリレー伝送技術は、レイヤ3リレーと呼ばれる再生中継伝送技術を前提にしており、その無線規格は、基地局や端末の無線規格に基づいて規定されている。当該規定は、上記の「携帯無線通信の中継を行う無線局の技術的条件」とは異なる規定方法となっており、従前の共存条件が適用できるか等、より詳細な検討が必要である。現時点では、LTE-Advancedで規定されたリレー伝送技術の導入に向けた動きは顕在化しておらず、今後のニーズを踏まえて、別途検討することが望ましい。

3. 2. 6 まとめ

以上の考察を踏まえ、第4世代移動通信システム（IMT-Advanced）で規定された新技術を、既存の携帯電話周波数へ導入する際の干渉調査の必要性を、表3. 2. 6-1にまとめる。

表3. 2. 6-1 第4世代移動通信システム（IMT-Advanced）で規定された新技術を、既存の携帯電話周波数へ導入する際の干渉調査の必要性

技術項目		新たな干渉調査の必要性
キャリアアグリゲーション	下り回線	LTE基地局が複数のLTEキャリアを送信している状態と同一であり、干渉検討に関わる無線規格について、LTEからの変更がない。したがって、干渉検討の結果は、従前の検討と同じ結果となるため、新たな干渉調査の実施は不要である。
	上り回線	同一バンド内で連続するキャリアを用いる場合 複数キャリアを同時送信する際の端末の最大空中線電力の値は、キャリアアグリゲーションを行わない場合と同じである。また、アグリゲーションするチャネル帯域幅の合計値が、従前のLTEで検討されたチャネル帯域幅以内の条件であれば、干渉検討に関わる無線規格は同等である。したがって、干渉検討の結果は、従前の検討と同じ結果となり、新たな干

			渉調査の実施は不要である。
		上記以外	3GPP仕様が完成した時点で、改めて干渉調査の必要性の判断をすることが望ましい
MIMO伝送技術	下り回線		複数アンテナ送信を行う場合でも、1アンテナ送信の場合と総送信電力を同じにすることが一般的である。また、共用検討に用いる隣接チャネル漏洩電力の値は、送信電力からの相対値であるため1アンテナ送信時と同一である。したがって、干渉検討の結果は1アンテナ送信の場合と同じであるため、新たな干渉調査の実施は不要である。
	上り回線		移動局当たりの最大空中線電力は従前のLTEの規格と同一にしつつ、スペクトラムエミッションマスク、隣接チャネル漏えい電力等の不要発射規定については、アンテナコネクタ毎に規定されている。アンテナコネクタ毎の規定となっても、3GPPでの検討結果に示されるように、上りリンクMIMO送信をサポートしている端末の不要発射レベルの総和は、隣接バンドへの既存システムとの共存という観点で、従前のLTEの端末と同様であることから、新たな干渉調査の実施は不要である。
ヘテロジニアスネットワーク			基地局向けに新たに3GPPで規定された送信電力のクラスは、従前のマクロセル基地局よりも最大空中線電力が小さい場合の規定である。したがって、従前の共存条件を厳しくする方向とはならないため、新たな干渉調査の実施は不要である。また、セル間干渉コーディネーション (eICIC) 技術については、LTEの無線規格からの変更を伴う関連規定はないため、新たな干渉調査の実施は不要である。
セル間協調 (CoMP) 送受信			セル間協調送受信技術については、LTEの無線規格からの変更を伴う関連規定はないため、新たな干渉調査の実施は不要である。
リレー伝送			従前の「携帯無線通信の中継を行う無線局の技術的条件」とは規定方法が異なるため、より詳細な検討が必要。リレー伝送技術に対する今後のニーズを踏まえ、別途検討することが望ましい。

情報通信審議会 情報通信技術分科会
携帯電話等高度化委員会

(敬称略)

氏 名	主 要 現 職
【主査】服部 武	上智大学 理工学部 客員教授
荒木 純道	東京工業大学大学院 理工学研究科 教授
安藤 真	東京工業大学大学院 理工学研究科 教授 (～第11回)
石原 弘	ソフトバンクモバイル(株) 電波制度室長
伊東 晋	東京理科大学 理工学部 教授
入江 恵	(株)エヌ・ティ・ティ・ドコモ ネットワーク部長
大木 一夫	(一社)情報通信ネットワーク産業協会 専務理事(第11回～)
冲中 秀夫	KDDI(株) 常勤顧問
小畑 至弘	イー・アクセス(株) 専務執行役員
加藤 伸子	筑波技術大学 産業技術学部 准教授
河東 晴子	三菱電機(株) 情報技術総合研究所 主席技師長
黒田 道子	東京工科大学 コンピュータサイエンス学部長 教授
笹瀬 巖	慶應義塾大学 理工学部 情報工学科 教授
杉山 博史	(一財)移動無線センター 常務理事 事業本部長 兼 関東センター長 (～第11回)
資宗 克行	(一社)情報通信ネットワーク産業協会 専務理事(～第10回)
高田 純一	東京工業大学大学院 理工学研究科 教授
根本 香絵	国立情報学研究所 プリンシプル研究系 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
湧口 清隆	相模女子大学 人間社会部 社会マネジメント学科 学科長 教授
吉田 進	京都大学大学院 情報学研究科 通信情報システム専攻 教授
吉村 直子	(独)情報通信研究機構 ワイヤレスネットワーク研究所 宇宙通信システム研究室 主任研究員

若尾 正義

元(一社)電波産業会 専務理事

情報通信審議会 情報通信技術分科会 携帯電話等高度化委員会
第4世代移動通信システム作業班 構成員

(敬称略)

氏 名	主 要 現 職
【主任】若尾 正義	元(一社)電波産業会 専務理事
【主任代理】吉村 直子	(独)情報通信研究機構 ワイヤレスネットワーク研究所 宇宙通信システム研究室 主任研究員
石川 禎典	(株)日立製作所 通信ネットワーク事業部 モバイルシステム部 専門主任技師
石田 和人	クアルコムジャパン(株) 標準化部長(～第4回)
今井 亨	日本放送協会 技術局 計画部 副部長(第2回～)
上杉 浩之	日本電気(株) モバイルRAN事業部 技術マネージャー(～第1回)
上杉 充	パナソニック モバイルコミュニケーションズ(株) モバイルターミナル ビジネスユニット モバイル開発センター 要素開発グループ 第一チ ーム 参事(第5回～)
大川 祐二	日本放送協会 技術局 計画部 副部長(～第1回)
長内 忍	(株)TBSラジオ&コミュニケーションズ 技術推進センター
皆瀬 修	富士通(株) アクセスネットワーク事業本部 グローバルビジネス事業部 シニアマネージャ(第2回～)
川島 修	(株)エフエム東京 編成制作局 技術部長
河野 宇博	スカパーJ S A T(株) 技術運用本部 電波業務部 マネージャー
城田 雅一	クアルコムジャパン(株) 標準化グループ 標準化担当部長(第5回～)
菅田 明則	K D D I(株) 技術企画本部 電波部 担当部長
高田 仁	(一社)日本民間放送連盟 企画部 主幹
高橋 政博	(株)テレビ朝日 技術局 技術統括部 電波担当部長
田中 伸一	ソフトバンクモバイル(株) 技術統括 電波制度室 担当部長
谷口 正樹	富士通(株) アクセスネットワーク事業本部 グローバルビジネス事業部 部長(～第1回)
中川 永伸	(一財)テレコムエンジニアリングセンター 技術グループ 部長
中津川 征士	日本電信電話(株) 技術企画部門 電波室長(～第1回)
中村 光行	日本電気(株) モバイルRAN事業部 シニアマネージャー(第2回～)
日高 秀樹	京セラ(株) 研究開発本部 通信機器研究開発統括部 端末研究部

	第一研究部 副責任者
古川 憲志	(株)NTTドコモ 電波部 電波企画担当部長
三浦 望	パナソニック モバイルコミュニケーションズ(株) 技術渉外グループ 技術渉外チーム 主事(～第4回)
諸橋 知雄	イー・アクセス(株) 技術戦略室 室長
山崎 潤	ノキアシーメンスネットワークス(株) ガバメントリレーションズ統括 (～第5回)
山本 浩介	ノキアシーメンスネットワークス(株) ガバメントリレーションズ統括 部 マネージャー(第6回～)
山本 裕彦	シャープ(株) 通信システム事業本部 要素技術開発センター 次世代プラットフォーム開発部 部長
要海 敏和	UQコミュニケーションズ(株) 技術部門 副本部長 兼 ネットワーク技術部 部長
吉田 英邦	日本電信電話(株) 技術企画部門 電波室長(第2回～)
米本 成人	(独)電子航法研究所 監視通信領域 主幹研究員(第7回～)

参考資料 1-1 3.4GHz 帯音声 STL（アナログ方式）のスペック

ア. 音声STL（アナログ方式） 送信側パラメータ

	単位	山間部	都市部	備考
送信周波数帯	MHz	3427～3455	3427～3455	
出力	dBm	30.0	30.0	
占有周波数帯域幅	kHz	400	400	
送信給電系損失	dB	-1.0	-1.5	
不要発射の強度	dBc	-50	-50	
アンテナ開口径	m	2.0	2.0	
アンテナ利得	dBi	28.9	28.9	Rec. ITU-R F.1245-1(05/2000)摘要
アンテナ高	m	160	45	(地表高含む)
送信アンテナ指向特性		Rec. ITU-R F.1245-1(05/2000)摘要		

イ. 音声STL（アナログ方式） 受信側パラメータ

	単位	山間部	都市部	備考
受信周波数帯	MHz	3427～3455	3427～3455	
標準受信電力	dBm	-45.0	-45.0	
雑音レベル	dBm/100kHz	-116.0	-116.0	
所要 I/N	dB	-10	-10	
許容干渉電力	dBm/100kHz	-126.0	-126.0	
許容感度抑制電力	dBm	-40.0 -56.0 -71.0	-40.0 -56.0 -71.0	ガードバンド 1MHz 以上 ガードバンド 0.5～1MHz ガードバンド 0.3～0.5MHz
アンテナ開口径	m	2.0	2.0	
アンテナ利得	dBi	28.9	28.9	Rec. ITU-R F.1245-1(05/2000)摘要
受信給電系損失	dB	-1.0	-1.5	
アンテナ高	m	160	45	(地表高含む)
受信アンテナ指向特性		Rec. ITU-R F.1245-1(05/2000)摘要		

参考資料 1 - 2 3.4GHz 帯音声 FPU (アナログ方式) のスペック

ア. 音声 FPU (アナログ方式) 送信側パラメーター

	単位	山間部	都市部	備考
送信周波数帯	MHz	3405~3422	3405~3422	
出力	dBm	30.0	30.0	
占有周波数帯域幅	kHz	400	400	
送信給電系損失	dB	-0.5	-0.5	
不要発射の強度	dBc	-50	-50	
アンテナ開口径	m	0.9	0.9	
アンテナ利得	dBi	21.5	21.5	
アンテナ高	m	105	70	(地表高含む)
送信アンテナ指向特性		Rec. ITU-R F.1245-1 (05/2000)摘要		

イ. 音声 FPU (アナログ方式) 受信側パラメーター

	単位	都市部	備考
受信周波数帯	MHz	3405~3422	
標準受信電力	dBm	-45.0	
雑音レベル	dBm/100kHz	-116.0	
所要 I/N	dB	-10	
許容干渉電力	dBm/100kHz	-126.0	
許容感度抑制電力	dBm	-40.0 -56.0 -71.0	ガードバンド 1MHz 以上 ガードバンド 0.5~1MHz ガードバンド 0.3~0.5MHz
アンテナ開口径	m	1.2	
アンテナ利得	dBi	24.5	
受信給電系損失	dB	-1.5	
アンテナ高	m	219	(地表高含む)
受信アンテナ指向特性		Rec. ITU-R F.1245-1 (05/2000)摘要	

参考資料 1-3 衛星ダウンリンク（Cバンド）のスペック

ア. 固定衛星業務（Cバンドダウンリンク）のパラメータ

衛星地球局	1	2	3	4	5	6	7	8	9
下限周波数 [MHz]	3700	3420	3700	3700	3700	3625	3625	3625	3400
上限周波数 [MHz]	4200	4200	3720	3720	4200	4200	4200	4200	4200
衛星地球局	10	11	12	13	14	15	16	17	18
下限周波数 [MHz]	3700	3700	3700	3400	3400	3700	3700	3700	3700
上限周波数 [MHz]	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
衛星地球局	19	20	21	22	23	24	25	26	27
下限周波数 [MHz]	3700	4120	4120	3685	3625	3625	3625	3700	3700
上限周波数 [MHz]	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
衛星地球局	28	29	30	31	32	33	34	35	36
下限周波数 [MHz]	3400	3400	3625	3625	3599	3599	3599	3625	3625
上限周波数 [MHz]	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
衛星地球局	37	38	39	40	41	42	43	44	45
下限周波数 [MHz]	3625	3625	3625	3625	3625	3400	3700	3400	3400
上限周波数 [MHz]	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200

参考資料 1-4 航空機電波高度計のスペック

参考資料2 干渉検討で使用した伝搬モデル等について

1 共用検討に用いる伝搬式の検討

放送事業用無線局との干渉検討では、送受信間が見通しである場合に加えて、送受信間が地物により見通し外となる場合の伝搬損失推定が必要である。本章では送受信間が見通し外である場合の伝搬損失推定式として、報告 ITU-R SM. 2081 に記載の拡張秦式の 3.4-3.6 GHz 帯における有効性について検討した結果について述べる。

1.1 拡張秦式の定義

拡張秦式で用いるパラメータとその適用範囲を、表 B.1.1-1 に示す。

表 1.1-1 拡張秦式

パラメータ	適用範囲		
	市街地 (Urban)	郊外地 (Suburban)	開放地 (Open area)
送受信間距離 d (km)	~100 km		
周波数 f (MHz)	30 MHz ~ 3000 MHz		
基地局高 h_b (m)	~ 200 m		
移動局高 h_m (m)	~ 200 m		

これらのパラメータを用いて、伝搬損失 L は以下で与えられる。なお、 $h_b < h_m$ となる場合に対応するため、伝搬損失式では

$$H_b = \max(h_b, h_m), H_m = \min(h_b, h_m)$$

のパラメータが用いられる。

(1) $d \leq 0.04$ km の場合

$$L [\text{dB}] = 32.4 + 20 \log(f) + 10 \log(d^2 + (H_b - H_m)^2 / 10^6)$$

なお、本式は自由空間における伝搬損失式と等価である。

(2) $d \geq 0.1$ km の場合

移動局高と基地局高に対する補正項

$$a(H_m) = (1.1 \log f - 0.7) \min(10, H_m) - (1.56 \log f - 0.8) + \max(0, 20 \log(H_m / 10))$$

$$b(H_b) = \min(0, 20 \log(H_b / 30))$$

と $d > 20$ km に対する補正パラメータ

$$\alpha = \begin{cases} 1 & \text{for } d \leq 20 \text{ km} \\ 1 + (0.14 + 1.87 \times 10^{-4} f + 1.07 \times 10^{-3} H_b) \left(\log \frac{d}{20} \right)^{0.8} & \text{for } 20 \text{ km} < d \leq 100 \text{ km} \end{cases}$$

より、 $d \geq 0.1$ km の場合の伝搬損失は以下で与えられる。

(2-1) 市街地

$$L [\text{dB}] = [44.9 - 6.55 \log(\max\{30, H_b\})](\log d)^\alpha - a(H_m) - b(H_b) - 13.82 \log(\max\{30, H_b\})$$

$$+ \begin{cases} 69.6 + 26.2 \log(150) - 20 \log(150/f) & \text{for } 30 < f \leq 150 \text{ MHz} \\ 69.6 + 26.2 \log f & \text{for } 150 < f \leq 1500 \text{ MHz} \\ 46.3 + 33.9 \log f & \text{for } 1500 < f \leq 2000 \text{ MHz} \\ 46.3 + 33.9 \log(2000) + 10 \log(f/2000) & \text{for } 2000 < f \leq 3000 \text{ MHz} \end{cases}$$

(2-2) 郊外地

$$L [\text{dB}] = L(\text{urban}) - 2 \{ \log [(\min\{\max\{150, f\}, 2000\}) / 28] \}^2 - 5.4$$

(2-3) 開放地

$$L [\text{dB}] = L(\text{urban}) - 4.78 \{ \log [\min\{\max\{150, f\}, 2000\}] \}^2$$

$$+ 18.33 \log [\min\{\max\{150, f\}, 2000\}] - 40.94$$

なお、 $1 \leq d \leq 20$ km、 $150 \leq f \leq 1500$ MHz、 $300 \leq h_b \leq 200$ m、 $1 \leq h_m \leq 10$ m の場合、これらの式は奥村秦式と一致する。

(3) $0.04 < d < 0.1$ km の場合

$$L [\text{dB}] = L(0.04) + \frac{\log d - \log(0.04)}{\log(0.1) - \log(0.04)} \{ L(0.1) - L(0.04) \}$$

なお、(1)～(3)で得られる伝搬損失 L が自由空間損失よりも小さな値の場合、 L は自由空間損失の値に変更する。

以上が拡張秦式における伝搬損失推定式である。本推定式を前提とする場合、Shadowing による短区間変動は対数正規分布で与えられ、その標準偏差は表 B.1.1-2 で与えられる。

表 1.1-2 短区間変動の標準偏差

送受信間距離	標準偏差・[dB]
$d \leq 0.04$ km	$\sigma = 3.5$
$0.04 < d \leq 0.1$ km	$\sigma = 3.5 + \frac{12 - 3.5}{0.1 - 0.04} (d - 0.04)$ for propagation above the roofs
	$\sigma = 3.5 + \frac{17 - 3.5}{0.1 - 0.04} (d - 0.04)$ for propagation bellow the roofs
$0.1 < d \leq 0.2$ km	$\sigma = 12$ for propagation above the roofs
	$\sigma = 17$ for propagation bellow the roofs
$0.2 < d \leq 0.6$ km	$\sigma = 12 + \frac{9 - 12}{0.6 - 0.2} (d - 0.2)$ for propagation above the roofs

	$\sigma = 12 + \frac{9-17}{0.6-0.2}(d-0.2)$	for propagation below the roofs
$0.6\text{km} < d$	$\sigma = 9$	

1. 2 拡張秦式の特性

図 1.2-1~1.2-4 に、拡張秦式で得られる距離特性、周波数特性、基地局高特性、移動局高特性をそれぞれ示す。なお、周波数、基地局高、移動局高が本来の適用範囲を超えている部分については拡張秦式を外挿した結果であり、特に周波数が 3 GHz を超える場合には $2000\text{MHz} < f \leq 3000\text{MHz}$ の式を用いた。

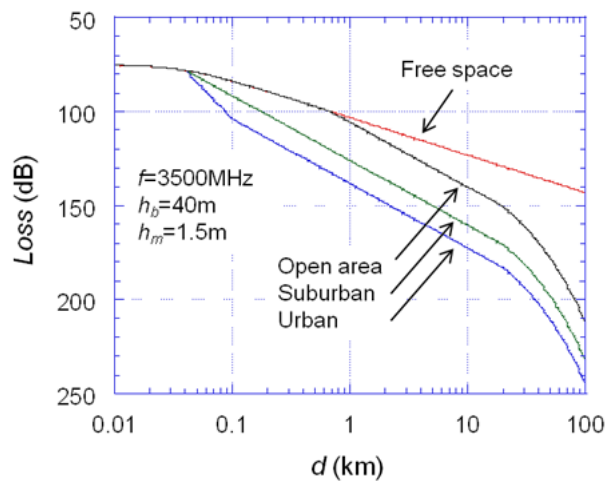


図 1.2-1 距離特性

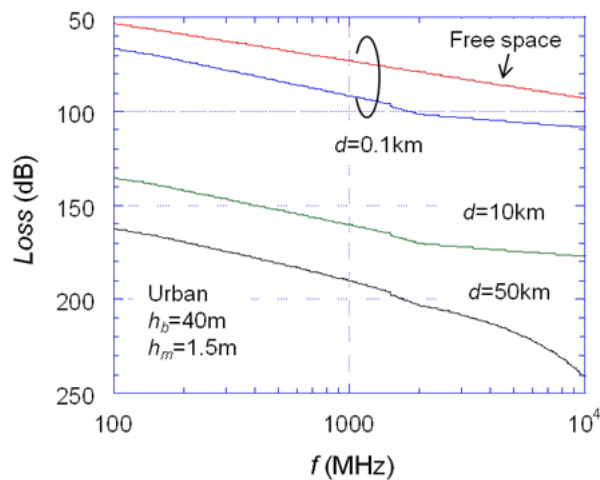


図 1.2-2 周波数特性

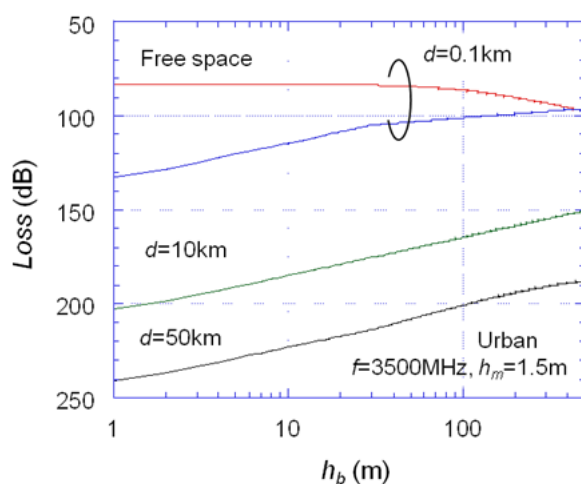


図 1.2-3 基地局高特性

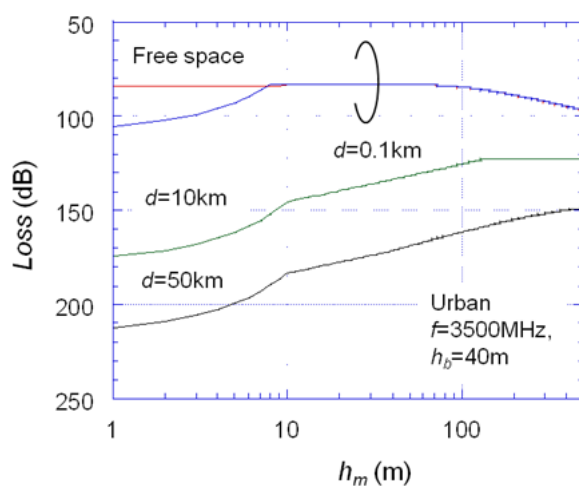


図 1.2-4 移動局高特性

1. 3 拡張秦式の精度評価

拡張秦式の 3.4–3.6GHz 帯における精度を評価するために、送受信間距離に対して比較的遠方までカバーしている文献 [1] の測定結果を比較する。文献 [1] の測定諸元を表 1.3-1 に示す。

文献 [1] : 太田喜元、表英毅、三上学、藤井輝也、“マイクロ波帯における伝搬損失推定式の検討”、信学技報 AP2003-319、pp. 51- 56、2004. 3.

表 1.3-1 測定諸元

		市街地		郊外地
		八丁堀	晴海	三鷹
周波数		3.35 GHz、5.77 GHz、8.45GHz		
送信電力		10W		
基地	アンテナ種別	コリニアアンテナ : 7.6 dBi (3.35GHz) 7.2 dBi (5.77)、8.25 dBi (8.45)		

	アンテナ高	50 m	145 m	30 m
移動局	アンテナ種別	スリーブアンテナ : 2.5 dBi (3.35)、 2.4 dBi (5.77)、 2.2 dBi (8.45)		
	アンテナ高	3 m		

測定データを重回帰分析し、得られた結果は次の通りである。

○伝搬損失：

$$L(d) = 100 - 7.1 \log W + 0.023\theta + 1.4 \langle H \rangle + 6.11 \log \langle H \rangle \\ - \{24.37 - 3.7(\langle H \rangle / h_b)^2\} \log(h_b) + (43.42 - 3.1 \log h_b) \log d \\ + 20 \log f - [3.2 \{ \log(11.75 h_m) \}^2 - 4.97]$$

○回帰残差： $\sigma \doteq 5$ dB

○パラメータと適用範囲

パラメータ	適用範囲
送受信間距離 d (km)	0.5 ~ 5 km
周波数 f (GHz)	0.8 ~ 8 GHz
基地局高 h_b (m)	20 ~ 100 m
移動局高 h_m (m)	1 ~ 10 m
平均建物高 $\langle H \rangle$ (m)	5 ~ 50 m (デフォルト値 : 20m) ※1
道路幅 W (m)	5 ~ 50 m (デフォルト値 : 20m) ※1
道路角 θ (deg.)	0 ~ 90° (デフォルト値 : 45°) ※2

※1 デフォルト値は市街地を想定した際のデフォルト値

※2 デフォルト値は道路角の平均値

伝搬環境を市街地として、距離特性と周波数特性を比較した結果を図 1.3-1、図 1.3-2 に、伝搬環境を郊外地として同様に比較した結果を図 1.3-3、図 1.3-4 にそれぞれ示す。ここで、文献[1]において市街地では $\langle H \rangle = 20$ m、 $\langle W \rangle = 20$ m、 $\theta = 45^\circ$ とし、郊外地では $\langle H \rangle = 5$ m、 $\langle W \rangle = 20$ m、 $\theta = 45^\circ$ としている。また、拡張秦式 (Modified Hata) および文献[1]ともに適用範囲を超える領域は外挿より求めた結果である。

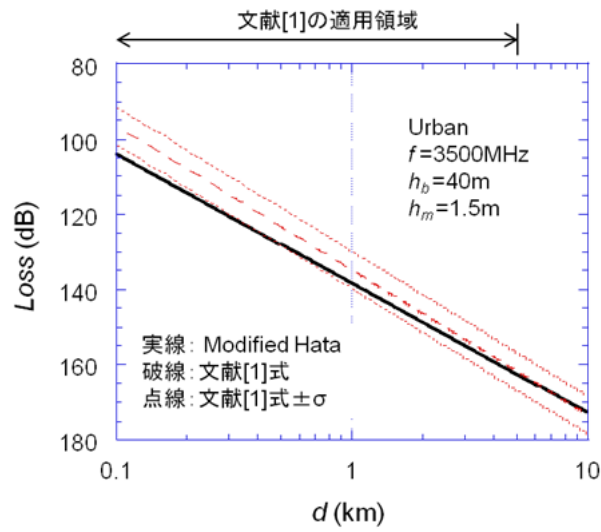


図 1.3-1 距離特性の比較結果（市街地）

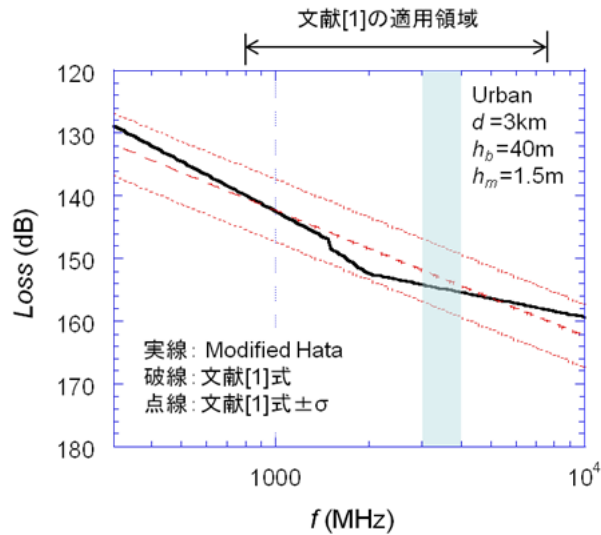


図 1.3-2 周波数特性の比較結果（市街地）

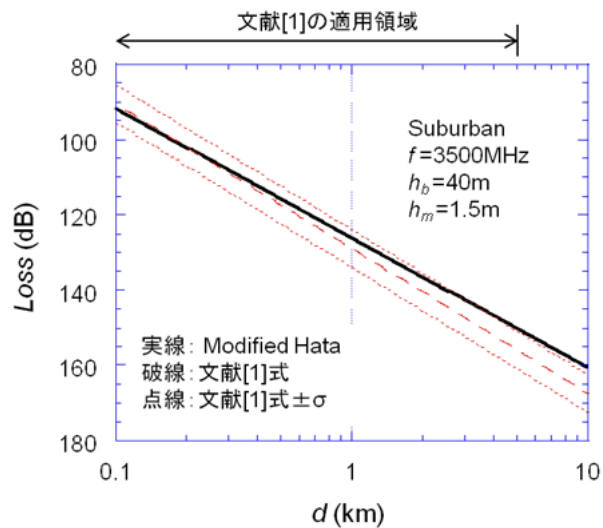


図 1.3-1 距離特性の比較結果（郊外地）

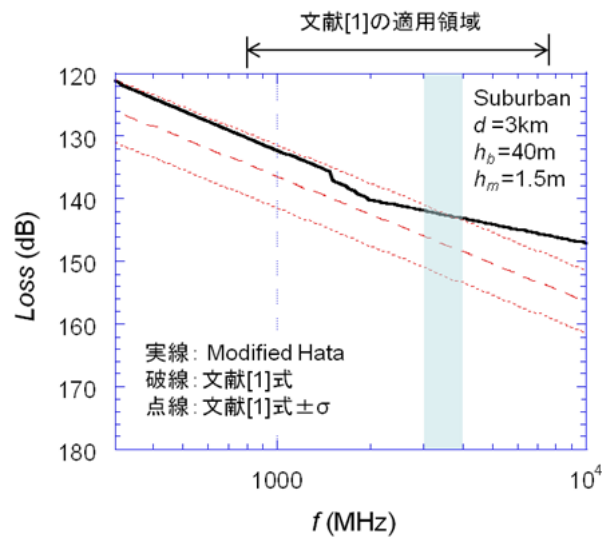


図 1.3-2 周波数特性の比較結果（郊外地）

拡張秦式における適用周波数の上限値は3 GHzであるが、図 1.3-1、及び図 1.3-3の結果より $f = 3.5$ GHz においても文献[1]の測定結果と比較的良好に推定できていることが分かる。一方、図 1.3-2、及び図B.1.3-4の周波数特性においても文献[1]の測定結果と良く一致している。ここで、1.1章で示したように、 $0.1 \leq d \leq 20\text{km}$ の場合、拡張秦式の周波数特性が送受信間距離に依存しないことを考慮すると、

- 拡張秦式は、距離:10km以下、周波数:3.4~3.6GHzにおいて適用可能であると言える。
- ただし、10km以遠については拡張秦式の周波数特性に距離依存性が生じてくる。