

情報通信審議会 情報通信技術分科会
陸上無線通信委員会
報告（案）

諮問第2008号

「UWB（超広帯域）無線システムの技術的条件」のうち

「マイクロ波帯を用いたUWB無線システムの屋外利用の技術的条件」

報告書 目次案

I 審議事項

II 委員会及び作業班の構成

III 審議経過

IV 審議概要

第1章 UWB（超広帯域）無線システムの概要

1-1 審議の背景

1-2 UWB 無線システムの概要

1-3 UWB 無線システムの定義

1-4 UWB 無線システムの新たな利用ニーズ

第2章 諸外国における取り組み

2-1 国際標準化動向

2-2 諸外国の動向

第3章 UWB 無線システムの普及予測

3-1 使用周波数帯の前提

3-2 普及予測

3-3 普及密度

3-4 利用密度

第4章 他の無線システムとの共用条件

4-1 干渉検討の条件

4-2 固定マイクロ

4-3 放送

4-4 衛星

4-5 電波天文

第5章 UWB 無線システムの新たな利用に向けた技術的条件

5-1 屋外利用のUWB 無線システムの技術的条件

第6章 今後の検討課題

V 審議結果

別表 1 情報通信審議会 情報通信技術分科会 陸上無線通信委員会 構成員

別表 2 情報通信審議会 情報通信技術分科会 陸上無線通信委員会

UWB 無線システム屋外利用検討作業班

I 審議事項

陸上無線通信委員会（旧移動通信システム委員会）は、情報通信審議会諮問第 2008 号「UWB（超広帯域）無線システムの技術的条件」（平成 14 年 9 月 30 日）について審議を行った。

II 委員会及び作業班の構成

委員会の構成については、別表1のとおり。

なお、検討の促進を図るため、委員会の下に作業班を設けて検討を行った。作業班の構成については、別表2のとおり。

III 審議経過

1 委員会での検討

(1) 第 1 回（平成 30 年 6 月 12 日）

UWB 無線システムの新たな用途に向けた検討を行うため、委員会の下に作業班を設置することとし、調査の進め方及びスケジュールについて審議を行った。

(2) 第 2 回（平成 30 年 9 月〇日）予定

報告案について審議を行い、意見募集をかけることが了承された。

(3) 第 3 回（平成 30 年 11 月〇日）予定

陸上無線通信委員会報告（案）に対する意見募集の結果及び考え方について審議を行い、陸上無線通信委員会報告をとりまとめ、情報通信技術分科会に報告することとした。

2 作業班での検討

(1) 第 1 回（平成 30 年 6 月 15 日）

作業班での検討の進め方、作業班運営方針、作業班の検討体制及び今後のスケジュール、屋外利用 UWB 無線システムの利用シーン、屋外利用 UWB 無線システムの基本仕様について審議を行った。

(2) 第 2 回（平成 30 年 7 月 3 日）

技術基準の見直し案及び測定法について検討を行った。

(3) 第 3 回（平成 30 年 8 月 1 日）

技術基準の見直し案について検討を行った。

(4) 第 4 回（平成 30 年 8 月 23 日）予定

陸上無線通信委員会報告（案）をとりまとめ、陸上無線通信委員会に報告することとなった。

IV 審議概要

第 1 章 UWB（超広帯域）無線システムの概要

1-1 審議の背景

非常に広い帯域幅にわたって電力を拡散させる無線技術の UWB（超広帯域）無線システムは、近距離でのワイヤレス通信において数百 Mbps の高速通信を可能とするほか、高精度な測位等を可能とするものとして、平成 18 年 8 月にデータ伝送用途としてマイクロ波帯（3.4GHz 帯を超え 4.8GHz、7.25GHz を超え 10.25GHz 以下）を用いた UWB 無線システムが、平成 22 年 4 月に 22GHz～29GHz 帯を利用した UWB レーダーシステムが、平成 25 年 12 月に、センサー用途等に利用を拡大した UWB 無線システム（7.25GHz を超え 10.25GHz 以下）が我が国に導入されている。

平成 18 年の通信用途検討時（3.4-4.8GHz 帯、7.25-10.25GHz 帯）は、屋外での利用に関しては他の無線システムに与える干渉の可能性が高くなることから、まずは利用者ニーズの高い屋内利用に限定し検討が行われた。平成 25 年のセンサー用途検討時（7.25-10.25GHz 帯）は、実運用としては主に製造業や流通業の建物内での使用が想定されるため、屋内利用に限定して検討された。しかしながら、諸外国においては屋内に限らず屋外でも利用もされており、様々な利用シーンに活用されている。

今般、あらゆるものがネットワークにつながる IoT 時代の到来により、様々な利用シーンを想定した各種の無線アプリケーションの登場が見込まれている。多くのものを多様な利用シーンで接続するために、様々な無線通信技術を用いて柔軟なネットワークを構築することが求められている中、UWB 無線システムも無線通信技術の有力な手段として期待されている。我が国においても、新たなソリューションの導入やデバイス間通信などのため、UWB 無線システムの屋外利用を求めるニーズが高まってきている。UWB 無線システムは外国からの持ち込み／外国への持ち出しが自由に行えるという利用者の利便性の確保、国際市場の拡大による UWB 無線システムの低廉化の観点から、できるだけ国際的なハーモナイゼーションの確保が可能な規定とすることが求められる。本検討は、こうした国内の利用者ニーズや国際的な状況を踏まえ、UWB 無線システムの技術的条件の見直しを行うものである。

なお、UWB 無線システムの割当帯域は広く共用システムが多く存在するため、IEEE 802.15.4-2015 の Table 16-11 - HRP UWB PHY band allocation において、必ず使用するよう指定されている 9 チャンネル（中心周波数：7987.2MHz、帯域幅：499.2MHz）に焦点を当てて検討を進めることとする。

1-2 UWB 無線システムの概要

UWB 無線システムは、非常に広い帯域幅（図 1-1 参照）にわたって電力を拡散させる無線システムである。電力を抑え、周波数を重畳して利用することにより他の無線システムと共用を図る新たな技術として注目されている。“ultra-wideband”の名称は、非常に広い帯域幅に電波を放射することに由来している。

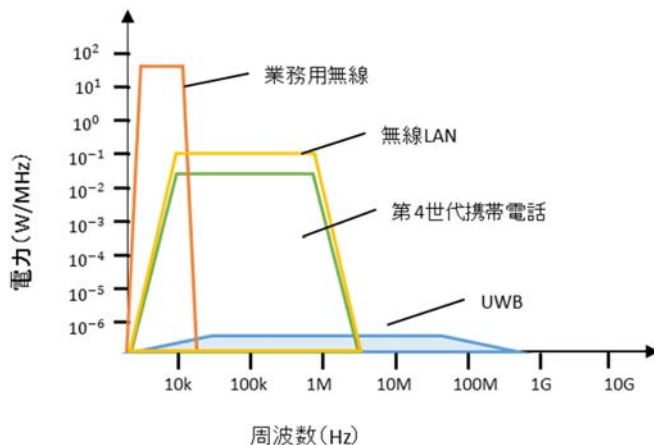


図 1-1 UWB 無線システムの周波数利用の概念

1-3 UWB 無線システムの定義

UWB 無線システムは、UWB の技術的特性に関する ITU-R 勧告 SM.1755 (Characteristics of ultra-wideband technology) において、以下のとおり定義されている。

定義

UWB 技術を用いたデバイスは、500MHz 以上の帯域幅（※）を有するもの、又は帯域幅（※）を中心周波数 (f_c) で割った帯域幅率 (μ_{-10}) が 0.2 以上のものであることとする。

（※）最高輻射周波数 (f_M) に対して、輻射電力が 10dB 下がった周波数 ($f_L, f_H; f_L < f_H$) 間の幅を帯域幅 (B_{-10}) とする。

$$B_{-10} = f_H - f_L$$

$$\mu_{-10} = B_{-10} / f_c$$

$$f_c = (f_H + f_L) / 2$$

なお、発射する電波の中心周波数を変化させる方式（周波数ホッピング、チャープ等）については、瞬時に電力を輻射する帯域幅が 500MHz 以上の帯域を有するもの、又は帯域幅率が 0.2 以上のものであることとする。

1-4 UWB 無線システムの新たな利用ニーズ

(1) UWB 無線システム (3.4-4.8GHz 帯、7.25-10.25GHz 帯) の現状

我が国においては、3.4-4.8GHz 帯、7.25-10.25GHz 帯の UWB 無線システムは通信用途やセンサー用途での制度整備がされている。しかしながら、屋内利用限定となっていることから、諸外国に比べると限定的な使用形態となっている。

通信用途としては、PC とプリンタ、ビデオカメラ間のデータ伝送として利用 (図 1-2) されており、近い距離であれば高い伝送速度を確保できるため、優位性があったが、無線 LAN の高速化により、UWB 無線システムを用いたデータ伝送は減少傾向にある。

また、センサー用途では、自動車製造工場のライン管理、平置倉庫管理、カゴ車作業管理、工業作業員見守り支援、製造工場セキュリティなどに利用されている (図 1-3)。しかしながら、屋内使用に限定されているため、屋外を含む構内での利用に制限があるため、導入を見送るケースが見受けられる。



図 1-2 : データ伝送用途 (屋内利用) イメージ

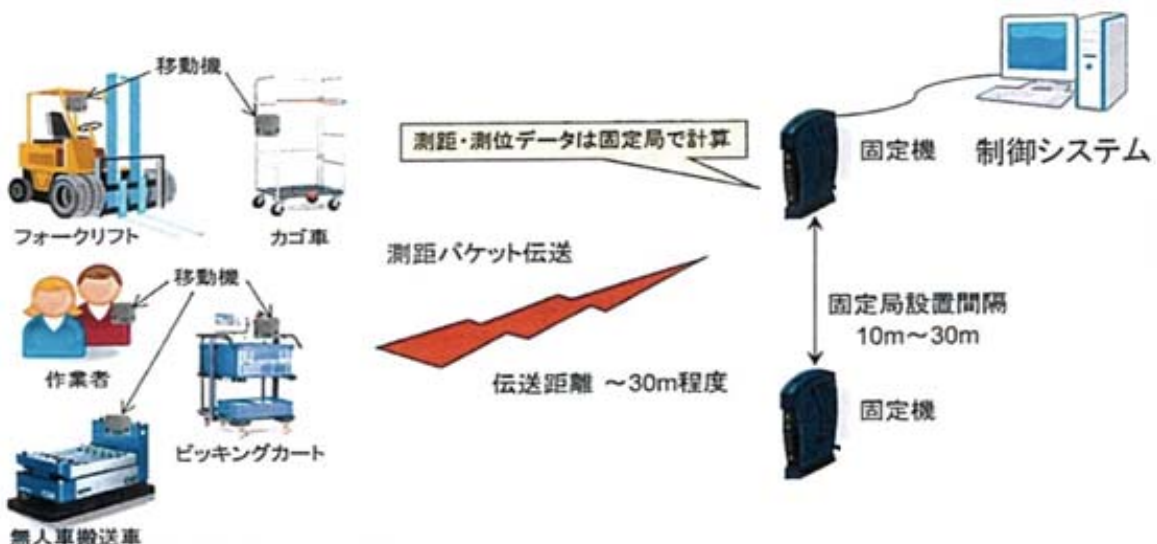


図 1-3 : センサー用途 (屋内利用) イメージ

(2) UWB 無線システム (3.4-4.8GHz 帯、7.25-10.25GHz 帯) の新たな利用ニーズ

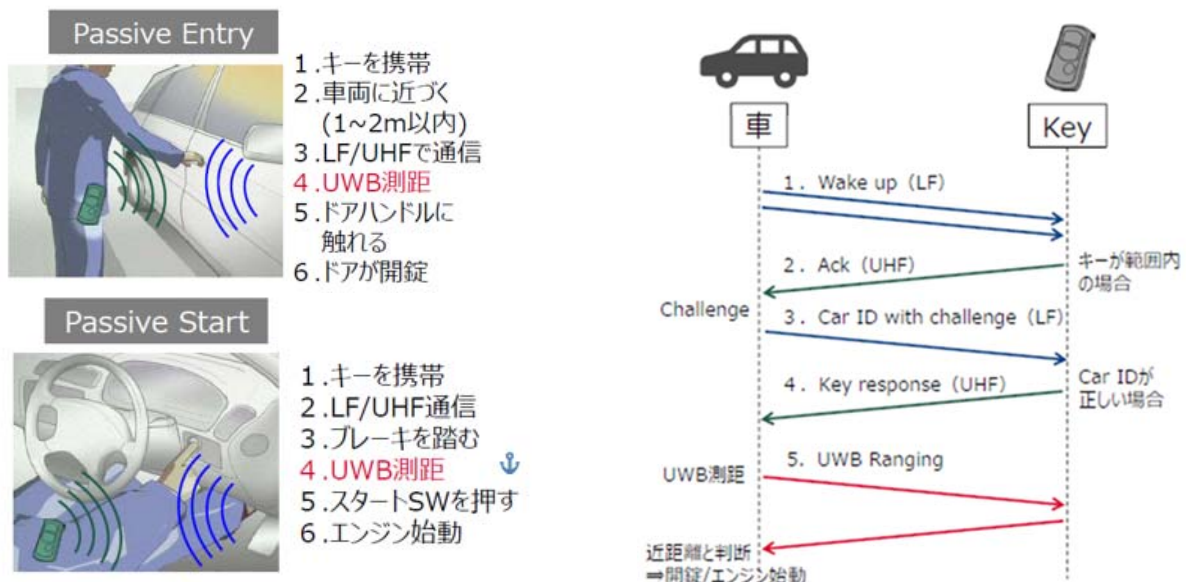
UWB 無線システムの新たな利用ニーズとしては、車のドアを自動開錠できるスマートキーの盗難防止機能を強化したシステム及びハンドヘルドデバイス間のデータ伝送や測距 (図 1-4) などが有望である。

自動車業界においては、車のドアを自動開錠できるスマートキーの弱点を突いた盗難が問題となっている。盗難手法は、車やキーから送信される電波を中継し、キーを所有している人が気付くことなくドアを開錠し、更にエンジンを始動して車を盗む方法 (リレーアタック) である。その対策の 1 つとして、UWB 無線システムの ToF (Time Of Flight) により、スマートキーの位置を推定することで、電波が中継されているかを判別しリレーアタックを防ぐことができ、セキュリティ強化として利用が期待されている (図 1-5)。

その他、UWB 無線システムは、現在は屋内利用に限定されているため、工場内でのライン管理や作業管理に使用されているが、屋外利用が可能となると、既存の設備が屋外でも利用可能となるだけでなく、新たなユースケースも利用可能となる。



図 1-4 : ハンドヘルドデバイス間の新たなユースケース (イメージ)



出所 : UWB の屋外利用検討会第 1 回会合 株式会社デンソー殿資料より抜粋

図 1-5 : UWB 測距技術を用いたリレーアタック対策例

第2章 諸外国における取り組み

2-1 諸外国の利用動向

UWB 無線システムの諸外国における屋外利用については、コンシューマー向け用途と産業向け用途に分けて以下に現状を記すこととする。

2-1-1 コンシューマー向け用途における UWB 無線システム

既に屋外での UWB 無線システム利用が可能な諸外国においては、スマートフォンに専用アプリをインストールすることで、専用のタグの位置を 3 次元空間において特定できるシステム（図 2-1）が 2015 年 12 月に発売され、利用されている。また、現状の車用キーレスエントリーシステムに対して、リレーアタックなどの新たな盗難手法が出現し、欧米では既に相当数の自動車盗難が認知されているが、その対策として、UWB 無線システムを用いたキーレスエントリーシステム端末の高精度な測距能力により、新しい盗難手法を封じ込める検討が始まっている。また、所有者の後を自動で追跡するスーツケース（図 2-2）がある。これらは UWB 無線システムの特徴の一つである広帯域特性に伴う高精度な位置検知・測距性能を活かしたシステムの屋外使用の例である。

一方、ペットなどの動物に首輪形状の UWB 無線システムを内蔵した健康状態をモニターするシステム（図 2-3）が実用化されている。

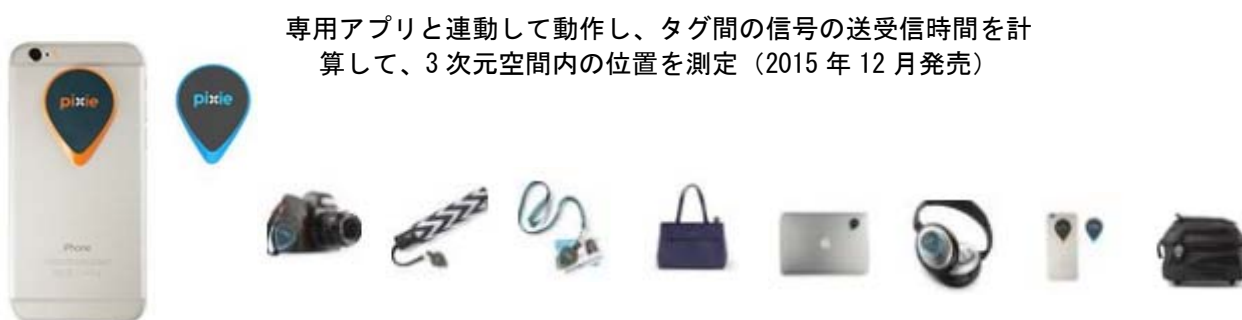


図 2-1：ピクシーポイント（タグ）

出所：<https://getpixie.com/>

UWB により、所有者との位置情報を把握し、かつ独自のバランス技術との組合せで、所有者の後を自動的に追跡する。



図 2-2：Runmi Technology 社（上海）のスーツケース

動物の健康管理を目的に、体温、行動／動き、心肺等のデータを測定



図 2-3: ウェアラブル首輪

2-1-2 産業向け用途における UWB 無線システム

産業用途における UWB 無線システムの活用事例としては、コンシューマー用途でも挙げたように、高精度な位置検知・測距性能を工場や物流現場で活用している点である。対象物の構内における位置を正確に把握することで、生産性を向上させる取り組みがなされている。図 2-4 に英国の Ubisense 社の自動車組み立てラインにおける UWB センサーの使用例を示す。また、図 2-5 に米国の Zebra Technologies 社の製品加工ラインにおける UWB タグシステムの使用例を示す。その他、ボディアエリアネットワークへの活用（図 2-6）や屋内利用ではあるが、パルス幅の短いシャープなパルスを生成できる UWB 無線システムの特徴を活かし、心筋と血液とのわずかな反射強度を認識することで心臓の状態を把握する心臓造影、同様に空気/胸部/肺の境界面や血管境界を認識することによる肺イメージング、衣服の上からでも簡単に乳児の状態を観測可能な産科画像などのイメージング分野での利用が広がっている。

また、入退室管理システムやドローンの飛行位置の監視ドローンなどの遠隔制御システムなどが構想されている。加えて、農業、自動車、自動工場、ヘルスケア、倉庫及び物流、ワイヤレスゲートウェイなどの様々な分野への活用が検討されている。

自動車製造、航空宇宙製造、輸送、防衛など、さまざまな業界向けに
UWB ベースの RTLS ソリューションを提供

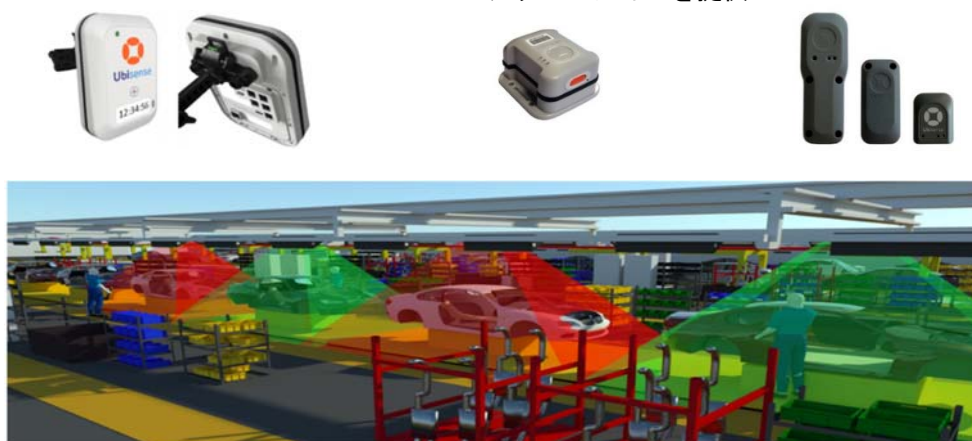


図 2-4 : Ubisense Group Plc (英国)

出所 : <https://ubisense.net/en/>

医療・産業製造部門の資産及び人員を追跡するための
UWB-RTLS ソリューションを提供



- ・医療
- ・製造
- ・運輸物流
- ・小売
- ・ホスピタリティ

図 2-5 : Zebra Technologies (米国)

ボディエリアネットワーク (BAN) において各種生体データを収集

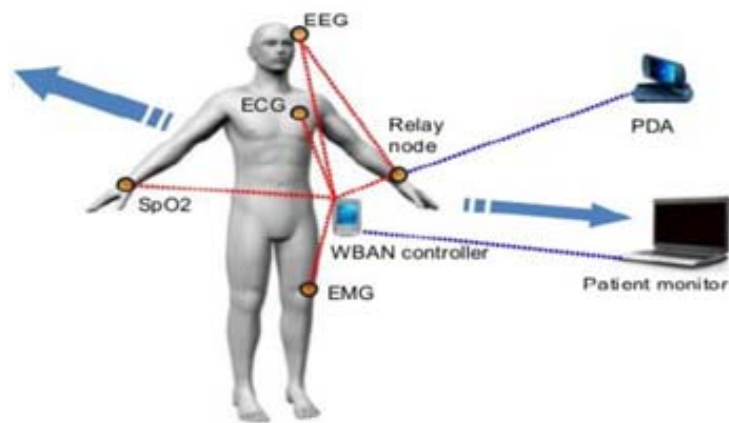


図 2-6 : センサーネットワーク

2-2 諸外国の規制動向

諸外国におけるUWB無線システムの技術基準として、欧州、米国、中国及び韓国での規制については、表2-1の通りである。原則、屋外でのUWB無線システムの利用が可能であるが、自動車や列車などの移動体への実装、航空機や船舶内での使用については制限を設けている事例が見受けられる。

米国では、連邦通信委員会（FCC）規則パート15（無線周波数デバイス）サブパートF（UWB運用）が根拠規定となるが、周波数帯は3.1-10.6GHz帯であり、干渉軽減機能は不要、屋内利用とともに屋外利用が認められている。また、UWB無線システムのうち、地中探査レーダー・壁探知システム、監視システム、医療画像診断システムなどについては、そのシステムの利用目的に照らして、使用者が限定されるなどの制度的な制限がある。ハンドヘルドUWB無線システムについては、対向する受信機が存在する場合に送信することとされている。

欧州では、欧州全体で調和のとれたUWB無線システムの利用を認める欧州連合決議2014/702/EUに基づき、欧州通信規格機関（ETSI）が定めるECC/DEC（06）04、ECC/DEC/（12）03によって、周波数帯は3.1-4.8GHz、6-9GHzとされ、屋内利用とともに屋外利用が認められている。干渉軽減機能については、表4.4-1のとおり、9チャンネルを中心とした帯域には制限がないが、3.1-4.8GHzについてはDAA（Detect and Avoid）又はLDC（Low Duty Cycle）が必須、8.5-9.0GHzはDAAが必須として定められている。また、屋外利用に際しては、固定設置あるいは固定アンテナの運用は認められていない。

中国の場合、超宽带(UWB)设备技术要求和测试方法Professional Standard of the People's Republic of China: YD/T 2237-2011によって、周波数帯は4.2-4.8GHz、6.0-9.0GHzとされ、米国・欧州と同様に屋内利用とともに屋外利用が認められている。干渉軽減機能については、9チャンネルを中心とした帯域に制限はないが、4.2-4.8GHzについてはDAAがない場合の送信電力密度は70dBm/MHzに制限されている。

韓国では、申告せずに開設することができる無線局の無線設備の技術基準（科学技術情報通信部告示第2017-10号）において、周波数帯は3.735-4.8GHz、7.2-10.2GHzとされ、同様に屋内利用とともに屋外利用が認められている。干渉軽減機能については、9チャンネルを中心とした帯域には制限がないが、3.735-4.8GHzについては、LDや、アンテナ絶対利得を含む平均電力密度は-70dBm/MHz以下等が必要とされている。

また、いずれの国においても、航空機、船舶、衛星等での利用については、使用が制限されている。

表2-1 諸外国における技術基準

項目		日本	欧州 (ETSI)	米国 (FCC)	中国	韓国
根拠規定		無線設備規則第49条の27、告示第475号、第507号、第166号	ECC/DEC/(06)04 ECC/DEC/(12)03	FCC規則パート15 (無線周波数デバイス) サブパートF (UWB運用)	超宽带 (UWB) 技術周波数使用規定	申告せず開設することができる無線局の無線設備の技術基準 (科学技術情報通信部告示第2017-10号)
周波数帯		3.4-4.8 GHz 7.25-10.25 GHz	3.1-4.8 GHz 6.0-9.0 GHz	3.1-10.6 GHz	4.2-4.8 GHz 6.0-9.0 GHz	3.735-4.8 GHz 7.2-10.2 GHz
空中線電力	平均電力	-41.3 dBm/MHz以下	規制なし	規制なし	規制なし	規制なし
	尖頭電力	0dBm/50MHz	規制なし	規制なし	規制なし	規制なし
EIRP制限	平均電力	EIRPは、絶対利得0dBiの空中線に上記の電力を加えたときの値が上記以下となる場合、その低下分をアンテナ利得で補える。	-41.3 dBm/MHz以下	-41.3 dBm/MHz以下	-41.0dBm/MHz以下	-41.3 dBm/MHz以下
	尖頭電力		0dBm/50MHz	0dBm/50MHz	規制なし	0dBm/50MHz
空中線利得		絶対利得 0 dBi 以下	規制なし	規制なし	規制なし	規制なし
周波数帯域幅		450 MHz 以上	50MHz 以上	500MHz 以上	500MHz 以上	450MHz 以上
干渉軽減機能		3.4-4.8 GHzは以下の干渉軽減機能が必要 15kHzの帯域幅fで-36dBmの同一周波数を検知した場合空中線電力を-70dBm/MHz以下とする 信号検出時間を5秒以上 信号検出確率99%以上 信号検出間隔60秒以上	3.1-4.8GHz は DAA 及びLDCが必要 8.5-9.0GHzは DAAが必要	不要	4.2-4.8 GHzはDAAが無い場合の送信電力密度は-70dBm/MHz に制限	3.735-4.8 GHzは、LDC又はDAAが必要
屋内利用		○	○	○	○	○
屋外利用		×	○ (一部制限あり)	○	○	○

項目	日本	欧州 (ETSI)	米国 (FCC)	中国	韓国
屋外利用 (詳細)	屋外利用 不可	屋外利用可 ただし、屋外の固定設置あるいは固定アンテナの運用を認めない。 自動車や列車に搭載されたUWB機器使用は、干渉軽減技術が必要 (仰角0°以上への外部への放射は-53.3dBm/MHz 以下)	屋外利用可 ただし、以下の制限あり <ul style="list-style-type: none"> 地中探査レーダー・壁探知システム： 運用は、法執行機関、緊急救助隊等に限定。 監視システム： 法執行機関、緊急救助隊、又は、製造業、石油、電力の免許人が運用する固定監視システムに制限。 医療画像診断システム： 免許を有する医療関係者の指示又は監督の下で利用される画像診断に制限。 ハンドヘルドUWBシステム： 対向する受信機が存在する場合にのみ送信可能。対向受信機からのACKを受信できない場合には10秒以内に送信を停止する、又は、10秒毎にACKの確認を行う。ただし、通信リンクの確立又は再確立に使用する周期的な信号を除く。 	屋外利用可 ただし、天文台周辺1キロメートル以内でのUWBは使用不可。	屋外利用可 ただし、3.735-4.8GHzの屋外固定利用の場合、連続送信時間は5ミリ秒以下、休止時間は1秒以上とする。
9ch (7737.6-8236.8MHz) が関係する屋外運用上の条件・制限等					—
(参考) 航空機、船舶、衛星等での利用制限	利用不可	制限あり 船舶、衛星では利用不可 航空機内では、6.0-8.5GHzについて、電波天文 (メタノール線) 及び固定衛星業務、気象衛星業務の保護のための制限付で使用可	玩具の操作を含め利用不可	利用不可	航空機、船舶、衛星、模型飛行機への適用を禁止

2-3 主要国におけるスペクトルマスクの現状

現状のスペクトルマスクを図2-7に示す。国内では、今回の検討の焦点となる9チャンネルを含むハイバンド（7.25-10.25GHz）において、-41.3dBm/MHzまでの出力が可能である。

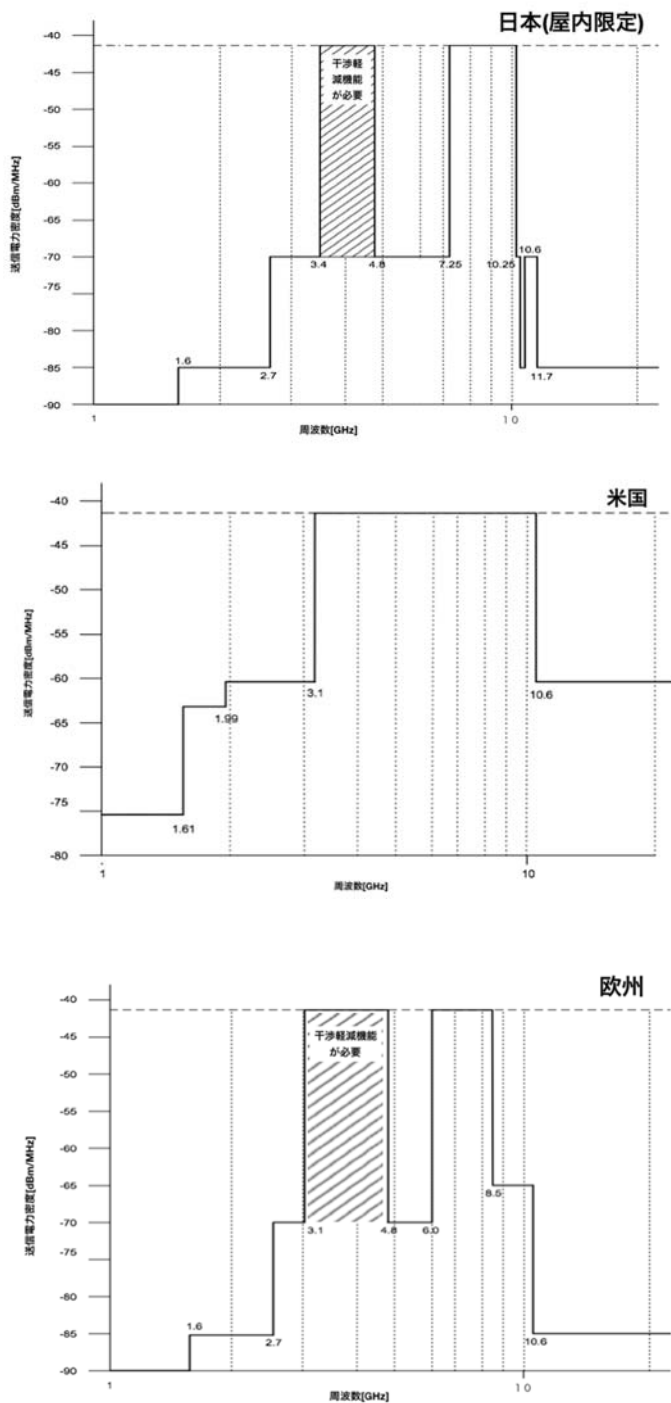


図2-7：主要国のスペクトラムマスク

2-4 国際標準化動向

IEEE802 標準化委員会は無線LAN (WLAN; Wireless LAN) の標準規格802.11 シリーズや、Bluetooth の標準規格IEEE802.15.1などを策定したことでよく知られている。IEEE802 標準化委員会の傘下に20を超えるワーキンググループ (WG; Working Group) があるが、それらの中でワイヤレスパーソナルエリアネットワーク (WPAN; Wireless Personal AreaNetwork. なお、現在WSN; Wireless Specialty Networksに改名されている) を対象とするワーキンググループIEEE802.15 は、これまでUWB無線システムを用いた標準規格を3つ策定した。以下、策定された順にこの3つの標準規格を記述する。

(1) IEEE802.15.4a

IEEE802.15.4a は2007年3月に策定された初めてのUWBを用いた国際標準規格である。表2-2にIEEE802.15.4aの無線チャンネルの割当を示す。UWBのローバンド (3.1-4.9GHz) およびハイバンド (6-10.6GHz) を対象とするが、ローバンドとハイバンドを同時に用いる必要はないため、ローバンドとハイバンドのそれぞれの必須バンドを定義している。また、1つのチャンネルの帯域幅は499.2MHzを基本としているが、より良い測距性能を得るために1GHz以上の広帯域チャンネルを4つ定義した。表2のIEEE802.15.4aで定義されているチャンネルの中で、ローバンドではチャンネル3、ハイバンドではチャンネル9-15は国内のUWBバンドに合致する。チャンネルの定義は図2-8であり、9チャンネルのPSDマスクは図2-9となる。

表2-2 : IEEE802.15.4aの無線チャンネル

チャンネル番号	中心周波数 (MHz)	-3dB周波数帯域幅 (MHz)	必須/オプション
1	3494.4	499.2	オプション
2	3993.6	499.2	オプション
3	4492.8	499.2	ローバンド必須
4	3993.6	1331.2	オプション
5	6489.6	499.2	オプション
6	6988.8	499.2	オプション
7	6489.6	1081.6	オプション
8	7488.0	499.2	オプション
9	7987.2	499.2	ハイバンド必須
10	8486.4	499.2	オプション

11	7987.2	1331.2	オプション
12	8985.6	499.2	オプション
13	9484.8	499.2	オプション
14	9984.0	499.2	オプション
15	9484.8	1354.97	オプション

16.4.6 Transmit PSD mask

The transmitted spectrum shall be less than -10 dB relative to the maximum spectral density of the signal for $0.65/T_p < |f-f_c| < 0.8/T_p$ and -18 dB for $|f-f_c| > 0.8/T_p$. For example, the transmit spectrum mask for channel 4 is shown in Figure 16-14. The measurements shall be made using a 1 MHz resolution bandwidth and a 1 kHz video bandwidth.

(仮訳) 16.4.6 送信 PSD マスク

送信スペクトルは、信号の最大スペクトル密度に対して、 $0.65/T_p < |f - f_c| < 0.8/T_p$ の場合は -10 dB 未満となり、 $|f - f_c| > 0.8/T_p$ の場合は -18 dB 未満となります。図 16-14 は、チャンネル 4 の送信スペクトルマスクの例を示します。測定は、 1 MHz の分解能帯域幅と 1 kHz のビデオ帯域幅を使用して実施する必要があります。

(IEEE802.15.4aから抜粋)

図2-8 : IEEE802.15.4aのチャンネルの定義

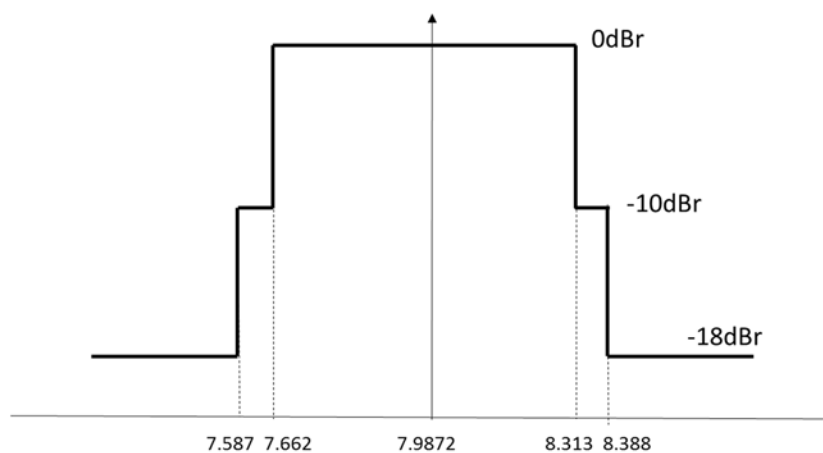


図2-9 : 9チャンネルのPSDマスク

(2) IEEE802.15.6

IEEE802.15.6 は医療とヘルスケアデータを優先的に取り扱うボディエリアネットワーク (BAN; Body Area Network) の標準規格で、2012 年2 月に策定された。先の IEEE802.15.4a は既存規格 IEEE802.15.4 の PHY の追加仕様を定義する標準規格

(MAC はIEEE802.15.4 を利用する) であるのに対して、IEEE802.15.6 は独自のPHY と独自のMACを定義するスタンドアロン標準規格である。図2-10に示すようにIEEE802.15.6 は1 つのMAC と3つのPHY から構成されている。すなわち、狭帯域 (Narrow Band) PHY、 UWB PHY および人体通信 (HBC; Human Body Communication) PHY である。UWB を用いたPHY は他の2つのPHY に対してより高いデータレートを提供できる。

IEEE802.15.6 のチャンネル割当はシステム間の共存と協調を図るため、IEEE802.15.4aのそれを踏襲している (表2-3)。ただし、IEEE802.15.6 は帯域幅が499.2 MHz のチャンネルのみを採用し、帯域幅が1 GHz 以上のチャンネルを使用しない。チャンネルの定義は図2-11であり、9チャンネルのPSDマスクは図2-12となる。

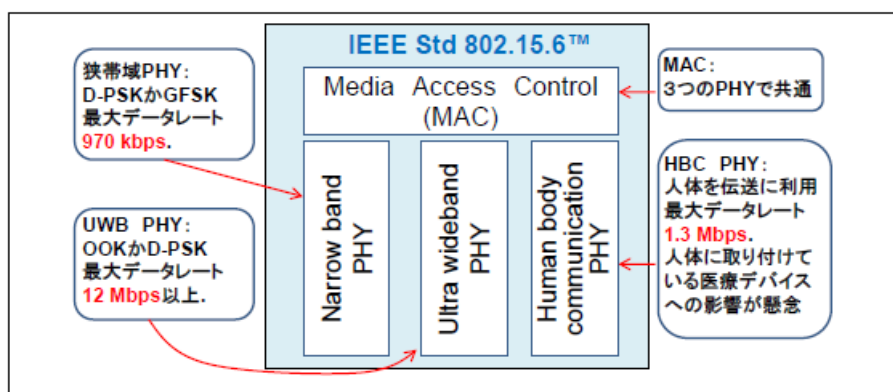


図2-10 : IEEE802.15.6 の構成

表2-3 : IEEE802.15.6の無線チャンネル

チャンネルグループ	チャンネル番号	中心周波数 (MHz)	-3dB周波数帯域幅 (MHz)
Low band	1	3494.4	499.2
	2 Mandatory	3993.6	499.2
	3	4492.8	499.2
High band	4	6489.6	499.2
	5	6988.8	499.2
	6	7488.0	499.2
	7 Mandatory	7987.2	499.2

	8	8486.4	499.2
	9	8985.6	499.2
	10	9484.8	499.2
	11	9984.0	499.2

9.13 Transmit spectral mask

The transmit spectral mask for IR-UWB and FM-UWB shall be given by Equation (104):

$$M(f) = \begin{cases} 0 & |f - f_c| < \frac{0.5}{T} \\ -60[|f - f_c|T - 0.5] & \frac{0.5}{T} \leq |f - f_c| < \frac{0.8}{T} \text{ (dBr)} \\ -10[|f - f_c|T - 0.8] - 18 & \frac{0.8}{T} \leq |f - f_c| \leq \frac{1}{T} \\ -20 & |f - f_c| > \frac{1}{T} \end{cases}$$

where $T = 1/499.2$ MHz. $f_c =$ 中心周波数、 $1/T =$ chip rate

(IEEE Std 802.15.6™-2012から抜粋)

図2-11 : IEEE802.15.6の無線チャネルの定義

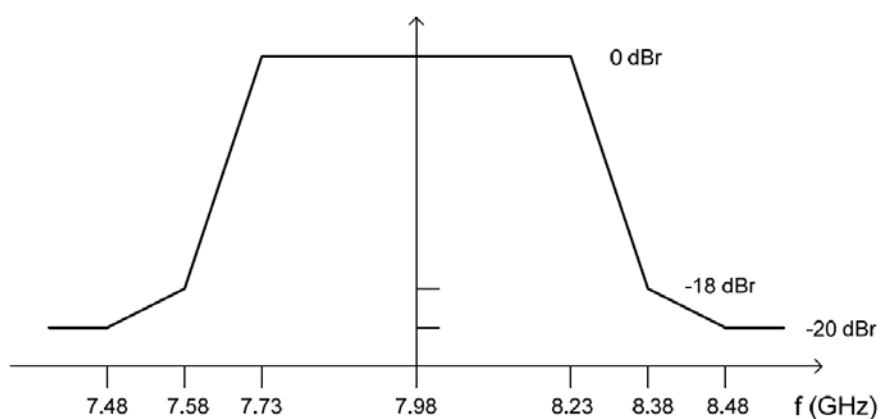


Figure 144—Transmit spectral mask for band 7

(IEEE Std 802.15.6™-2012から抜粋)

図2-12 : IEEE802.15.6の7チャンネルのPSDマスク

(3) IEEE802.15.4f

IEEE802.15.4f は2012 年2月に策定された標準規格で、IEEE802.15.4 のPHY の追加仕様を定義し、MAC はIEEE802.15.4 を利用するものである。

IEEE802.15.4f では3つのPHY が定義されており、その中のUWB PHY は特に測距利用を優先した仕様となっている。変調としてOOK またはPPM (Pulse Position Modulation) を用いることが可能である。前述の2つの標準規格と違って、IEEE802.15.4f はUWB ハイバンドのみを対象とし、より良い測距性能を得るためにチャンネルの帯域幅に制限を設けず、各国のUWB 制度で許容される電力マスクに委ねた。表4にIEEE802.15.4f のチャンネル割当を示す。ハイバンドにおいて3つのチャンネルが定義され、最大帯域幅は2 GHz 以上である。

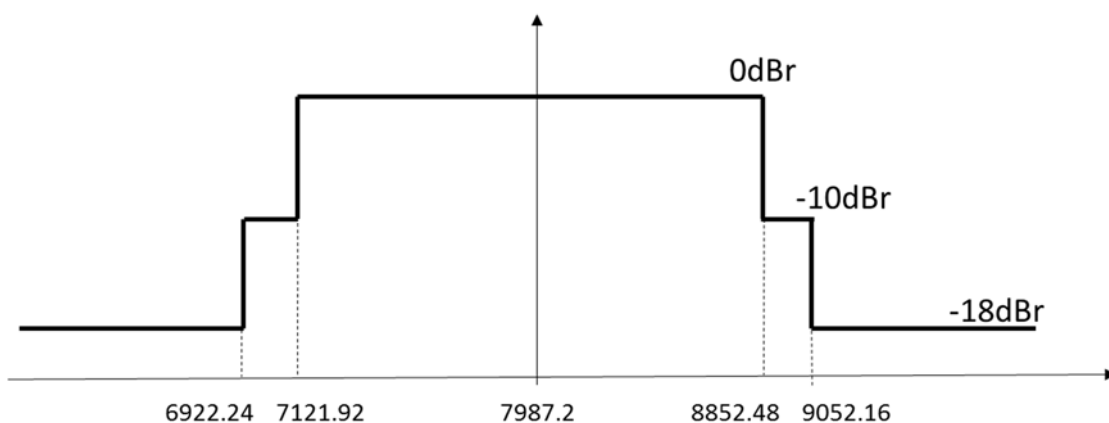
表2-4 : IEEE802.15.4f のチャンネル割当

チャンネルグループ	チャンネル番号	中心周波数 (MHz)	最大帯域幅 (MHz)
High band	0	6489.6	1730.56
	1	6988.8	2296.32
	2	7987.2	2129.92

表2-5 : IEEE802.15.4f のUWB PHY のPSDマスク

Band number	f_n (MHz)	Frequency (MHz)	PSD limit (dBr)
0	6489.6	< 5624.32	-18
		5624.32 to 5786.56	-10
		5786.56 to 7192.64	0
		7192.64 to 7354.88	-10
		> 7354.88	-18
1	6988.8	< 6090.24	-18
		6090.24 to 6165.12	-10
		6165.12 to 8311.68	0
		8311.68 to 8386.56	-10
		> 8386.56	-18
2	7987.2	< 6922.24	-18
		6922.24 to 7121.92	-10
		7121.92 to 8852.48	0
		8852.48 to 9052.16	-10
		> 9052.16	-18

(IEEE Std 802.15.4f™-2012から抜粋)



(IEEE Std 802.15.4f™-2012から抜粋)

図2-13 : IEEE802.15.4f の2チャンネルのPSDマスク図

第3章 UWB 無線システムの普及予測

3-1 普及予測

(1) グローバル

「MarketsandMarkets, Ultra-Wideband (UWB) Market Global Forecast to 2020」によると、諸外国においては、図3-1及び3-2に示すとおり、市場規模をアプリケーション別でみた場合、現状は、リアルタイム位置測位システム（RTLS: Real Time Location System）及び無線センサーネットワーク（WSN: Wireless Sensor Network）の利用が多く、イメージングでは、医療用イメージング、壁等の内部の異物を非侵襲で探査するWallradar等レーダーシステム等で利用され、今後2022年までの予測においても普及台数ベースで年平均成長率：10.72%(合計)、市場規模で5.21%の伸びが予測されている。

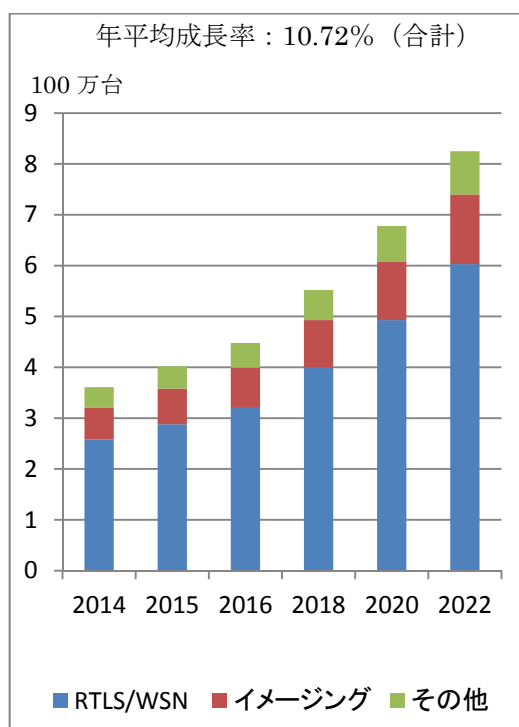


図 3-1：普及台数
(アプリケーション別)

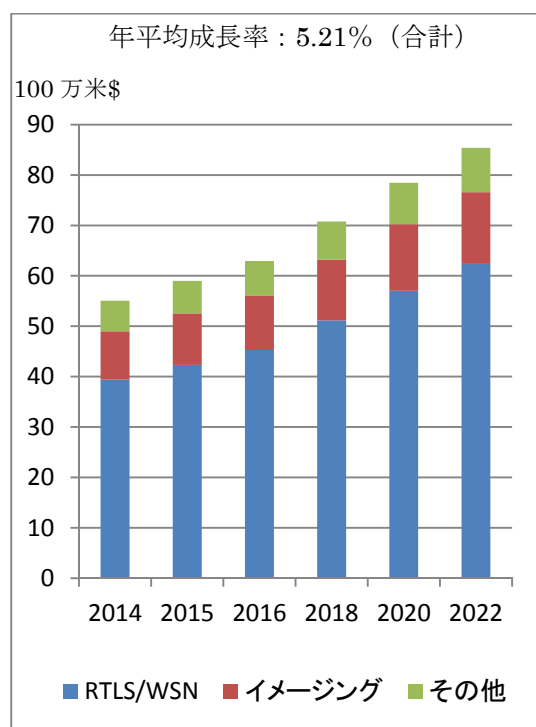


図 3-2：市場規模
(アプリケーション別)

略語：RTLS: Real Time Location System（リアルタイム位置測位システム）、WSN: Wireless Sensor Network（無線センサーネットワーク）

一方、図 3-3 及び 3-4 に示すとおり、エンドユーザー別でみた場合、ヘルスケア、

住宅関連での伸びが大きく、ヘルスケアでは医療機器や患者・医療従事者の追跡等、住宅関連では屋内測位システム等での利用拡大が進むなど位置測位やセンサーネットワークにおける利用が進むものと考えられる。

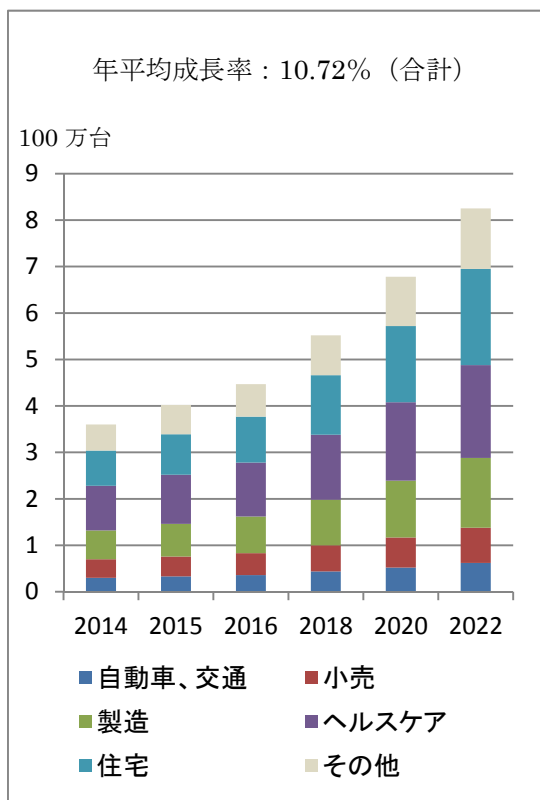


図 3-3：普及台数

(エンドユーザー別)

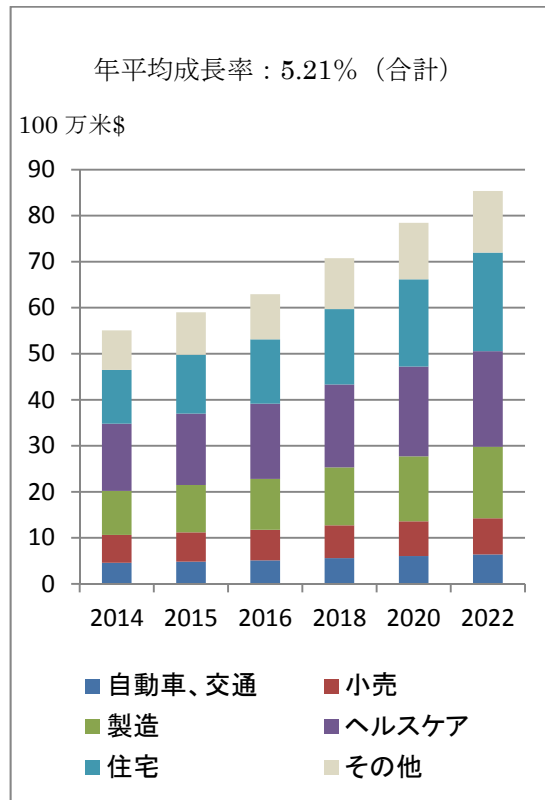


図 3-4：市場規模

(エンドユーザー別)

(2)日本

「MarketsandMarkets, Ultra-Wideband (UWB) Market Global Forecast to 2020」によると、3.4-4.8GHz帯及び7.25-10.25GHz帯のUWB無線システムの日本の普及予測は、図3-5及び3-6、3-7、3-8に示すとおりである。今後2022年までの予測においても普及台数ベースで年平均成長率：10.72%(合計)、市場規模で6.62%の伸びが予測されている。（屋外利用は含まれていない。）

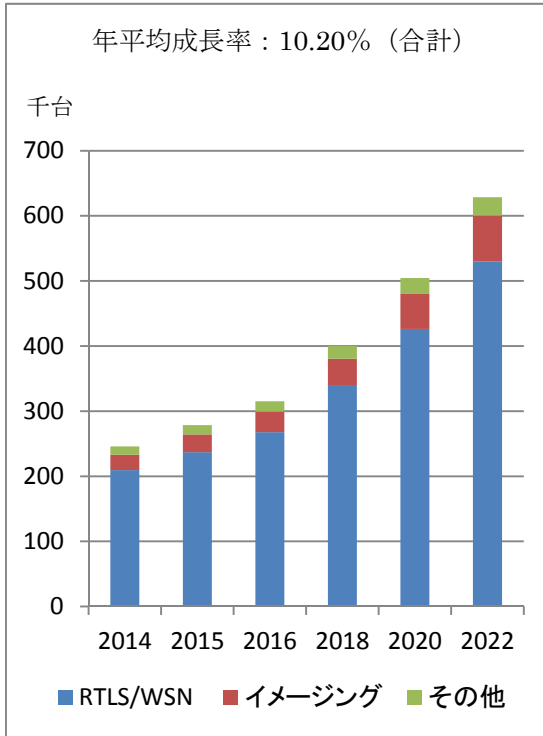


図 3-5：普及台数
(アプリケーション別)

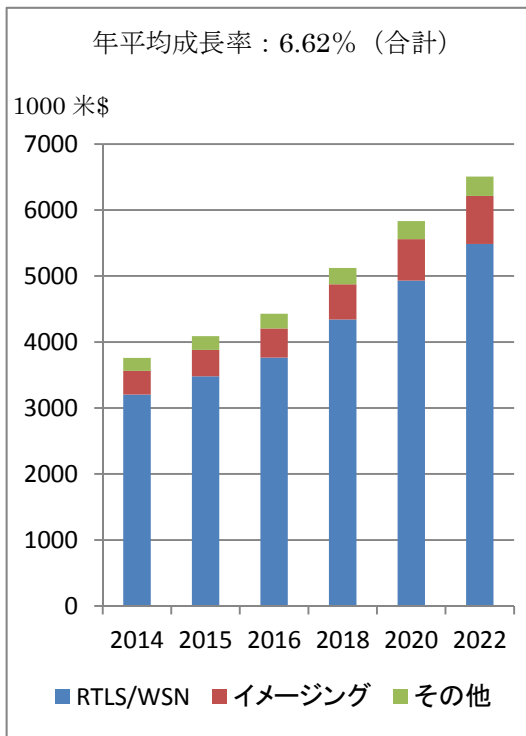


図 3-6：市場規模
(アプリケーション別)

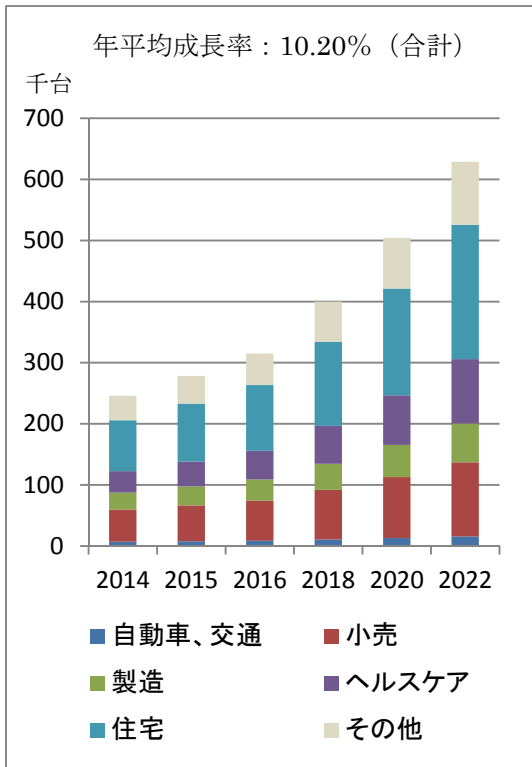


図 3-7：普及台数
(エンドユーザー別)

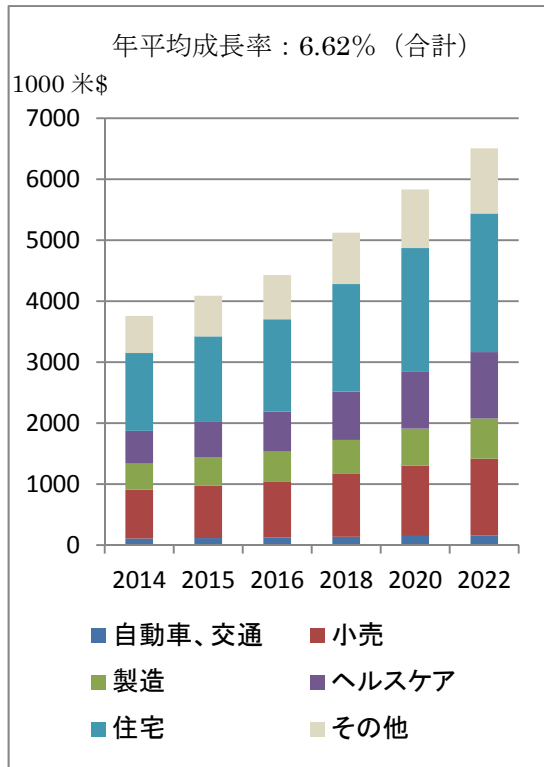


図 3-8：市場規模
(エンドユーザー別)

現在、要望されている屋外の利用シーンは、ハンドヘルドデバイス（例えば、タブレット、スマートフォン、ノートPC、キーレスエントリー等）に搭載されるものであり、今後大幅にUWB無線システムが増加することが想定される。

3-2 普及密度

ハンドヘルドデバイスは、一般的に、一人が複数台の端末を同時に操作することは想定されず、一人が一台の端末を操作することとなる。このため、UWB無線システムの普及密度は、東京都の人口密度（都道府県別で一番人口密度が高い）に、スマートフォンの普及率（ハンドヘルドデバイスの中で一番普及率が高い）を乗算した数値と推定することができ、表3-1の通りとなる。

表3-1：ハンドヘルドデバイスの普及密度の考え方

項目	数値
東京都の人口※1	1351万5271人
東京都の面積※2	2,193.96km ²
東京都の人口密度※3	6,160/ km ²
スマートフォンの普及率※4	55.7%
東京都におけるスマートフォンの普及密度※5	3,491/ km ²

※1 平成27年度国勢調査によると、東京都の人口は、1351万5271人（平成27年10月1日現在）

※2 国土地理院の「平成29年全国都道府県市区町村別の面積」によると、東京都の面積は、2,193.96km²（平成29年10月1日現在）

※3 東京都の人口を東京都の面積で除算し算出

※4 平成29年通信利用動向調査の結果

http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/statistics/data/180525_1.pdf

※5 東京都の人口密度にスマートフォンの普及率を乗算し算出

なお、本検討で使用するアグリゲートモデルのUWB無線システムの普及密度は、衛星システム及び電波天文・測地VLBIについては、上記の考え方を採用し、被干渉局を中心にして、平成27年度の国勢調査の人口統計値を元に、その周辺10kmの生産人口の80%が送信局を保有していると仮定して普及密度を設定した。

その他の無線システムについては、郊外やルーラルエリアなど様々な場所に設置がされることから、表3-2のITU-Rレポート SM.2057の数値を使用した。

表3-2：デバイス密度（ITU-Rレポート SM.2057）

アグリゲートモデル	デバイス密度
都市(Dense Urban)	10000/km ²
郊外(Suburban)	1000/km ²
ルーラル(Rural)	100/km ²

第4章 他の無線システムとの共用条件

4-1 干渉検討の条件

4-1-1 干渉検討における基本的な考え方

本章では、以下の基本的な考え方に基づき干渉検討を行った。

- (1)周波数は有限な資源であり、その利用については、国際的なルールを遵守しつつ、将来における適正な利用が妨げられることがないように配慮する。
- (2)共用条件の検討は、干渉に関する考え方として、ITU-R 勧告 SM.1756 及び R A.769（電波天文）に準拠し、RR4.4 を適用して行う。
- (3)諸外国からの持ち出し、諸外国への持ち込みができるよう、国際的なハーモナイゼーションが確保できるように検討する。
- (4)UWB 無線システムは、IEEE の規格に準拠しているものも多いため、IEEE802.15.4a のうち必ず使用するよう規定されている 9 チャンネル（中心周波数：7987.2MHz）の電力マスクを満たすよう検討する。（図 4-1）
- (5)使用周波数帯は、7.587GHz を超え 8.388GHz 未満として検討する。
- (6)7.25GHz を超え 7.587GHz 未満の周波数、8.388GHz を超え 10.25GHz 未満の送信設備の不要発射の強度の許容値は、現行の UWB 無線システムの性能等を鑑み検討する。
- (7)7.25GHz以下、10.25GHzを超えて使用するUWB 無線システムの送信設備の不要発射の強度の許容値は、無線設備規則別表の第3の規定の値のとおりとする。

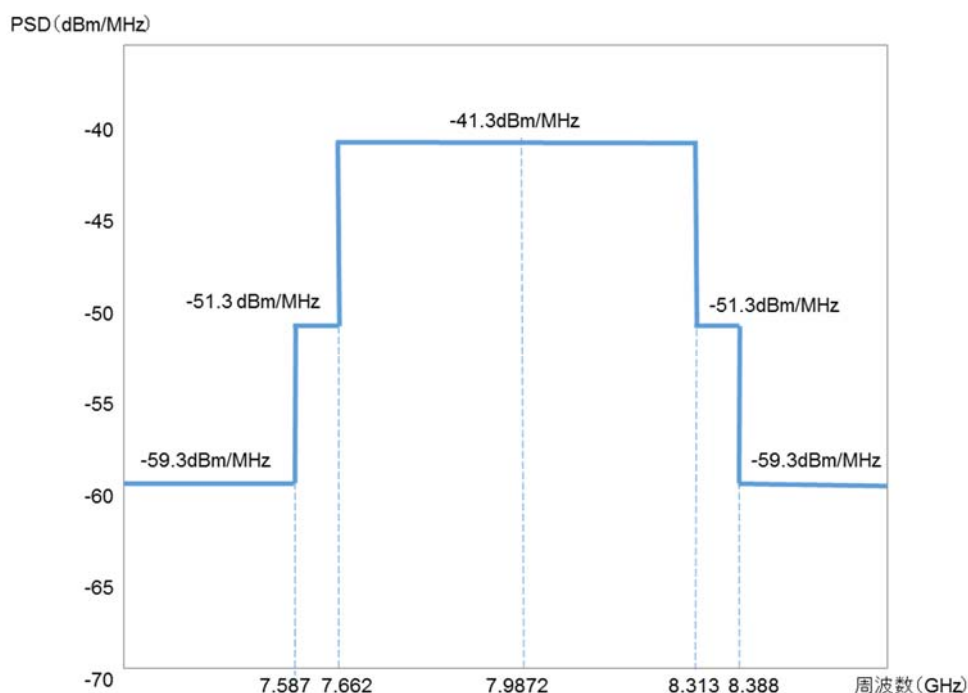


図 4-1：平均電力-41.3dBm/MHz とした場合の PSD マスク

4-1-2 対象無線局

対象無線局としては、使用周波数帯として検討する 7.587GHz を超え 8.388GHz 未満と同帯域内である固定マイクロ通信システム、放送関係システム (STL/TTL/TSL)、衛星システム (地球探査衛星業務地球局)、電波天文・測地 VLBI システムとする。

4-1-3 干渉検討の手法

シングルエントリーモデル及びアグリゲートモデルの干渉検討を行う。アグリゲートモデルの干渉検討に関しては、干渉確率シミュレーション手法を用いることとする。

干渉確率シミュレーションは、様々な科学技術分野で用いられているモンテカルロ法を採用する。与干渉リンクと被干渉リンクの送受信局を実際の運用で起こりうる範囲で無作為に配置したスナップショットを 1 回の試行とし、各試行において、被干渉局における所望信号と干渉信号の受信電力を算出する。被干渉局における雑音レベル、干渉信号レベル及び所望信号のレベルの関係が予め定めた基準を満足しない試行を干渉発生と判定し、全試行に対する割合を干渉確率として評価した。シミュレーションツールとしては、ITU-R レポート SM.2028 に記載されている SEAMCAT (Spectrum Engineering Advanced Monte-Carlo Analysis Tool) に代表さ

れる。本ツールは過去の情報通信審議会における干渉検討においても使用された実績があり、以下の3つの評価モードを備えている。

また、屋内利用と屋外利用の割合に関してはITU-R レポート SM. 2057 を参照して、屋内 80%、屋外 20%を基本とする。

4-1-4 許容干渉レベルの基準と評価法

SEAMCAT では、 C/I 、 $C/(I+N)$ 、 $(I+N)/N$ 、 I/N の4つの許容干渉レベルの基準によって確率計算が可能であるが、本節ではITU-Rレポート SM. 2057 及び情報通信審議会 情報通信技術分科会 陸上無線通信委員会報告（平成18年3月20日）

「UWB 無線システム委員会報告」（以下、「平成17年度報告書」という。）の干渉検討実績において用いられている I/N を用いる。シミュレーションで求めた干渉値の総和が、被干渉システムの最大干渉許容値を超えないかどうかの評価を行う。

4-1-5 利用環境

(1) 利用制限

現在、UWB無線システムの利用は、屋内利用に限定されているが、本検討では屋内利用のみならず屋外利用を含めて検討を行うこととする。

(2) 航空機、船舶、衛星、上空での利用禁止

平成17年度報告書及び情報通信審議会 情報通信技術分科会陸上無線通信委員会（平成25年9月17日）陸上無線通信委員会（以下、「平成25年度報告書」という。）同様に、万一の場合を考慮し、主運行のために搭載されている他の無線機器に影響を与え、人命等に危険を及ぼすことがないように、航空機、船舶、衛星内ではUWB無線システムを利用しないこととする。また、利用シーンから上空での利用は想定していない。

(3) 壁の減衰値

平成17年度報告書及び平成25年度報告書においては、屋内利用を考慮した場合の減衰値は、当時5.2 GHz 帯の実測値をベースにした12 dB の値を使用している。UWB 帯の周波数ではさらに損失が大きくなる点を考慮し、ITU-Rレポート SM. 2057 を参照して13dB を用いることとする。

(4) 見通し外等の減衰値

特に都市部等の実環境において、全ての伝搬路が見通し内環境として自由空間伝搬損失のみで伝搬されることはないため、ITU-R SM. 2057 にKlos（見通し外等損失）として定義される見通し外等の減衰値14 dB をシミュレーションの条件

に応じて考慮することとする。（参考資料6）

(5) 利用密度

ITU-Rレポート SM.2057の普及密度は、市場に提供される全てのUWB無線システムを累計しており、実際に電波を発射するのは、そのうちの1部である。このことから UWB無線システムの実運用時の検討においては、利用シーンを考慮して利用密度を検討していく必要があり、平成25年度報告書においてもUWB無線システムは、ピコネット(*1)の考え方を採用している。この考え方に基づいて、UWB無線システムの利用密度＝普及密度×1/2とする。

*1 ピコネットとは、複数の無線機器が存在するオフィス環境及び家庭内において、ホストの役割を果たす PC または AV 機器に搭載された無線機器を中心としていくつかの無線機器がクライアントとなり相互に通信を行うネットワークのことである。ピコネット内においては、例えば PC がホスト、周辺機器がクライアントという関係を確立して初めて双方向の通信を行うため、最低2つの無線機器が必要となる。また、それぞれの無線機器は時分割に通信を行うことから、ある短時間においては1つのピコネット内では1つの無線機器のみが電波を送信している。したがって、例えば、PC、プリンタ、外付けハードディスク、デジタルカメラの各々に搭載された4つの無線機器からなるピコネットにおいても、ある短時間においては1つのピコネット内で1つの無線機器のみが電波を送信していることとなる。

UWB無線システムは、UWB無線システム同士がピコネットを構成して通信を行うことから、他の無線システムとの干渉検討の観点からは、複数のUWB無線システムから構成される1つのピコネットを1つのUWB無線システムと見なすこととしている（平成17年度報告書より抜粋）。

(6) 稼働率

UWB無線システムはパルス波形であり時間当たりの電波の発射は短時間である。このため、常時電波が発射されているものではないことから、稼働率を考慮することとした。平成25年度報告書においては、ITU-R 勧告SM.1755の最悪の値である5%として検討を行っていることを踏まえ、本検討においてもUWB稼働率については5%と仮定して検討した。図4-2にITU-R 勧告SM.1755におけるUWB無線システムの稼働率についての考え方を示すが、実運用環境においては、稼働率5%を超えるUWB無線システムのアプリケーションは考えにくく、実際にはさらに干渉の可能性は低くなる。

UWB技術を使用するデバイスに対する一般的なUWB時間送信モデル

一般的なUWB送信モデル

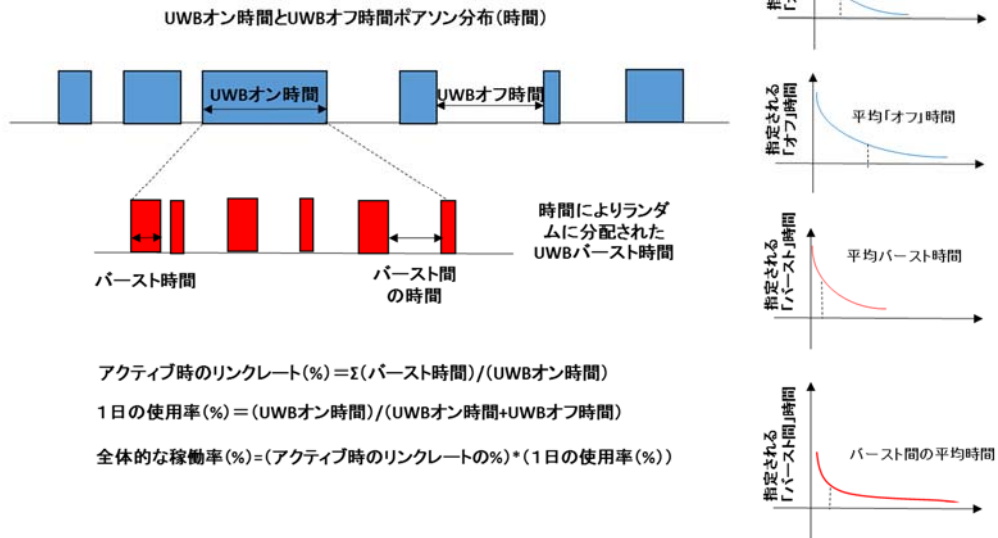


図 4-2 : 稼働率についての考え方

4-2 固定マイクロ

固定マイクロとの干渉検討を行った結果は、以下のとおりである。（詳細は参考資料 1 参照）

4-2-1 固定マイクロの概要と使用状況

固定マイクロの概要と使用状況を表 4-1 に、無線局諸元を表 4-2 に示す。

表 4-1：固定マイクロの概要と使用状況

周波数 (MHz)	局数 (局)	備考 (運用状態などの特記事項)
7125-7900	4,587	エントランス回線及びルーラル向けアクセス固定局を含む。

平成 30 年 3 月現在

表 4-2：固定マイクロの無線局諸元

アンテナ特性	指向性パラボラアンテナ (直径 0.6m~4m) 最大利得: 29.9~46.5 dBi アンテナ放射パターン: ITU-R F.699
地上からのアンテナ高さ [m]	40, 65
干渉許容値 [dBm/MHz]	-129.8

4-2-2 干渉検討結果

(1)シングルエントリーにおけるシミュレーションの結果、3種類のアンテナモデルで、被干渉アンテナの地上からの高さ 40m, 65m の条件で共に、最悪地点における干渉値が干渉許容値である-129.8 dBm/MHz 以下となった。

(2)アグリゲートにおけるシミュレーションの結果、最悪条件である都市部のモデルにおける屋外 100%の利用シーン、被干渉アンテナの地上からの高さ 40m の条件で干渉総和値は-140.1 dBm/MHz となり保護率 100%となった。また、許容干渉値-129.8 dBm/MHz に対して 10.3dB のマージンのある結果となった。アグリゲートの最悪条件である都市部モデルの 100%屋外利用シーンにおける結果を表 4-3 に示す。

表 4-3：アグリゲート都市部 100%屋外利用条件での計算結果

シミュレーションモデル	被干渉アンテナ地上からの高さ [m]	許容干渉値 [dBm/MHz]	干渉総和値 [dBm/MHz]	保護率 [%]	マージン [dB]

アグリゲート 都市(Dense Urban) 100% 屋外	40	-129.8	-140.1	100	10.3
	65	-129.8	-144.5	100	14.7

4-2-3 干渉評価

前節の表 4-3 の結果から、7.5 GHz 帯固定マイクロ回線の許容干渉レベル-129.8dBm/MHz に対して UWB 無線システムの干渉レベルは最悪値で-140.1 dBm/MHz となり、10.3 dB のマージンとなり、共用可能となる。

一方、エントランス回線や、ルーラル加入者電話の収容を目的としたルーラル向けアクセス固定回線などは、オフィスの屋上や自立柱等に設置され、UWB 無線システムとの高低差が 10m 以下の場合もある。エントランス回線やルーラル向けアクセス固定回線における干渉量はアンテナ高が低く、距離も短いため大きくなるが、実際の設置環境や使用されているアンテナパターンで干渉許容値を満たすため、共用可能と考えられる。

4-3 放送

放送関係システムとの干渉検討を行った結果は、以下のとおりである。（詳細は参考資料 2 参照）

4-3-1 放送関係システムの概要と使用状況

放送関係システム（STL/TTL/TSL の概要と使用状況を表 4-4 に諸元を表 4-5 にそれぞれ示す。

表 4-4：放送システムの概要と使用状況

周波数 (MHz)	局数 (局)	備考 (運用状態などの特記事項)
7425-7750	62	STL/TSL/TTL を含む。

表 4-5：放送システムの無線局諸元

アンテナ特性	指向性パラボラアンテナ (直径 2m) 最大利得: 35dBi アンテナ放射パターン: ITU-R F.699
地上からの アンテナ高さ[m]	30
干渉許容値 [dBm/MHz]	-129.8

4-3-2 干渉検討結果

(1)シングルエントリーにおけるシミュレーションの結果、最悪地点における干渉値が干渉許容値である-129.8 dBm/MHz 以下となった。

(2)アグリゲートにおけるシミュレーションの結果、最悪条件である都市部のモデルにおける屋外 100%の利用シーンで干渉総和値は-140.0 dBm/MHz となり保護率 100%となった。また、許容干渉値-129.8 dBm/MHz に対して 10.2 dB のマージンのある結果となった。

アグリゲートの最悪条件である都市部モデルの 100%屋外利用シーンにおける結果を表 4-6 に示す。

表 4-6 : アグリゲート都市部 100%屋外利用条件での計算結果

シミュレーション モデル	許容干渉値 [dBm/MHz]	干渉総和値 [dBm/MHz]	保護率 [%]	マージン [dB]
アグリゲート 都市(Dense Urban) 100% 屋外	-129.8	-140.0	100	10.2

4-3-3 干渉評価

上記シミュレーションの結果、共用可能と考えられる。

4-4-1 衛星システム（地球探査衛星業務地球局、宇宙研究業務地球局）

衛星（地球探査衛星業務地球局、宇宙研究業務地球局）システムとの干渉検討を行った結果は、以下のとおりである。（詳細は参考資料3参照）

4-4-1-1 衛星（地球探査衛星業務地球局）システムの概要と諸元

衛星システム（地球探査衛星業務地球局（受信設備を含む））の概要と使用状況を表4-7に、諸元を表4-8にそれぞれ示す。

表4-7：衛星システム（地球探査衛星業務地球局（受信設備を含む））の概要と使用状況

周波数 (MHz)	局数 (局)	備考 (運用状態などの特記事項)
8025-8400	十数局	JAXA 鳩山、つくば、勝浦など

表4-8：衛星システムの無線局諸元（JAXA局）

アンテナ特性	指向性パラボラアンテナ (直径 11m:鳩山、6m:つくば、20m:勝浦) 最大利得: 56.7 dBi:鳩山、51.6 dBi:つくば、61.8 dBi:勝浦 アンテナ放射パターン: :ITU-R SA.509 最小仰角: 3度
地上からのアンテナ高さ [m]	11.4:鳩山 25.3:つくば 11.8 勝浦
干渉許容値 [dBm/MHz]	-130

*-130dBm/MHz: ITU-R SA.1027-5 参照

4-4-1-2 干渉検討結果

シミュレーション結果を表4-9に示す。鳩山局のモデルにおいては、100%屋外利用の条件で離隔距離 132mの結果となったが、80%屋内、20%屋外利用の条件では、全ての局で離隔距離は必要ないという結果となった。

表 4-9 : 計算結果

無線局	UWB デバイス密度 [km^2]	干渉許容値 [dBm/MHz]	離隔距離(km) 100%屋外利用	離隔距離 (km) 80%/20% 屋内/屋外利用
鳩山	304	-130	0.132	0
つくば	313		0	0
勝浦	33		0	0

4-4-1-3 干渉評価

上記シミュレーションの結果より、共用可能と考えられる。

4-4-2-1 衛星（宇宙研究業務地球局）システムの概要と諸元

衛星システム（宇宙研究業務地球局（受信設備を含む））の概要と使用状況を表 4-10 に、諸元を表 4-11 にそれぞれ示す。

表 4-10 : 衛星システム（宇宙研究業務地球局（受信設備を含む））の概要と使用状況

周波数 (MHz)	局数 (局)	備考 (運用状態などの特記事項)
8400-8500	数局	JAXA 内之浦、臼田

表 4-11 : 衛星システムの無線局諸元（JAXA 局）

アンテナ特性	指向性パラボラアンテナ 最大利得: 66.9 dBi:内之浦、72 dBi:臼田 アンテナ放射パターン: (内之浦局、臼田局) 最小仰角: 3 度
地上からのアンテナ高さ [m]	26:内之浦 70:臼田
干渉許容値 [dBm/MHz]	-130.9*

*-130.9dBm/MHz: ITU-R SA.1157-1 参照

4-4-2-2 干渉検討結果

シミュレーション結果を表 4-12 に示す。

UWB 平均電力レベル-70dBm/MHz 条件下でのシミュレーションの結果、最悪地点における干渉値が干渉許容値である-130.9 dBm/MHz に対して、30dB 以上のマージンを確認した。

表 4-12 : 計算結果

無線局	干渉許容値 [dBm/MHz]	干渉総和値 [dBm/MHz]	マージン[dB]
内之浦	-130.9	-163.5	32.6
臼田		-172.7	41.8

4-4-2-3 干渉評価

上記シミュレーションの結果より、UWB 平均電力レベル-70dBm/MHz の条件で、30dB 以上のマージンを確認できたことから、8400-8500MHz における UWB 9ch の帯域外スプリアス発射又は不要輻射の強度として、IEEE Std. 802.15.4-2015 規定の PSD マスクの値-59.3dBm/MHz を満たすことで、共用可能と考えられる。

4-5 電波天文・測地 VLBI システム

電波天文及び測地 VLBI システムとの干渉検討を行った結果は、以下のとおりである（詳細は参考資料 4 参照）

4-5-1 電波天文・測地 VLBI システムの概要と諸元

電波天文及び測地 VLBI の概要と使用状況を表 4-13 に、NICT 小金井局の諸元を表 4-14 に、NICT 小金井局以外の無線局の諸元（平成 25 年度報告書同様）を表 4-15 に示す。

表 4-13：電波天文及び測地 VLBI の概要と使用状況

周波数 (MHz)	局数 (局)	備考 (運用状態などの特記事項)
7780-9080	十数局	NICT 小金井局、国立天文台水沢局、高萩局、国土地理院石岡局など

表 4-14：電波天文及び測地 VLBI の無線局諸元 (NICT 小金井局)

アンテナ特性	指向性パラボラアンテナ(直径 11m) 最大利得: 57 dBi アンテナ放射パターン: ITU-R SA.509 最小仰角: 7 度
地上からのアンテナ高さ [m]	12
干渉許容値 [dBm/MHz]	-136.5*

(注) -136.5dBm/MHz: (I/N ≤ -20dB、等価雑音 160K 仮定)

表 4-15：電波天文及び測地 VLBI の無線局諸元 (その他の局)

アンテナ特性	無指向性アンテナ 最大利得: 0 dBi
地上からのアンテナ高さ[m]	30
干渉許容値 [dBm/MHz]	-145*

(注) -145dBm/MHz: ITU-R RA. 769-2 表 3 (VLBI 向け) 記載の spectral pfd 閾値を Input Power 値に換算 (I/N ≤ -20dB、等価雑音 22K 仮定)

4-5-2 干渉検討結果

NICT 小金井局については、干渉観点で立地条件が最も厳しいと考えられるが、仰角 7 度の最悪条件で、保護率 100%となる必要離隔距離は 75m となり、離隔距離が NICT 小金井局の敷地内に収まるため、敷地内での UWB 無線システム利用を制限することで共用可能となると考えられる。

表 4-16：小金井局対象の計算結果

対象局	UWB デバイス密度 [Units/km ²]	許容干渉値 [dBm/MHz]	離隔距離 [km]
小金井	2302	-136.5	0.075

その他の局を対象したシミュレーション結果を表 4-17 に示す。それぞれの局で 130m もしくは 90m の離隔距離が確保される条件で屋外利用においても共用可能となった。

表 4-17：その他の局での計算結果

対象局	UWB デバイス密度 [Units/km ²]	許容干渉値 [dBm/MHz]	離隔距離 [km]
石岡（郊外）	98	-145	0.13
水沢（郊外）	70		0.13
石垣島（ルーラル）	36		0.09
入来（ルーラル）	18		0.09
小笠原（ルーラル）	2		0.09
高萩（郊外）	72		0.13
日立（郊外）	72		0.13
臼田（郊外）	72		0.13
山口（ルーラル）	47		0.09
あわら（ルーラル）	47		0.09

4-5-3 干渉評価

電波天文・測地 VLBI システムについては、今回屋外における実証実験（参考6）を行ったことから、それらを踏まえ干渉評価を行う。

実証実験では、UWB 信号に起因する非常に狭帯域なスパイク信号が観測されたが、連続波観測における実質的な影響は限定的であると考えられる。一方で、スペクトル線観測においては、影響の可能性は考えられる。また、被干渉局アンテナと高低差が小さく、近距離で設置される場合は、スパイク信号でなく、ある程度幅を持った帯域で UWB 送信波に起因する信号が検出されることから、UWB 無線システムから電波天文・測地 VLBI システムへの与干渉を考慮し、当該システムとの共存が可能となるよう十分な配慮をすることが必要である。そのため、特に観測局敷地内においては、例えば、被干渉アンテナ施設への訪問者に対して表示や説明等を通じて UWB 信号を発する端末の電源をオフにするよう注意喚起するなどの対応が求められ、当該運用調整を行うことで UWB 無線システムと電波天文・測地 VLBI システムとの共存が可能と考えられる。

また、将来、UWB 無線システムの実態等の前提に変更が生じるなど UWB 無線システムとの干渉が問題となるようなケースが生じる場合には、与干渉を考慮した運用協議を行うほか、必要に応じて技術的条件の見直しを行うなどの対応が必要となる。

第 5 章 UWB 無線システムの新たな利用に向けた技術的条件

第 4 章までの検討結果を踏まえ、本章ではマイクロ波帯を用いた UWB 無線システムの新たな利用に向けた技術的条件を以下のとおり取りまとめた。

5-1 屋外利用の UWB 無線システムの技術的条件

5-1-1 一般的条件

(1) UWB 無線システムの定義

最高輻射周波数 (f_M) に対して、輻射電力が 10dB 下がった一番外側の周波数 (f_L, f_H ; $f_L < f_H$) 間の幅を帯域幅 (B_{-10}) とし、450MHz 以上の帯域幅を有するもの、又は、帯域幅を中心周波数 (f_C) で割った帯域幅率 (μ_{-10}) が 0.2 以上のものを UWB 無線システムとする。

なお、周波数ホッピング、チャープ等の発射する電波の中心周波数を変化させる方式については、瞬時に電力を輻射する帯域幅が 450MHz 以上の帯域を有するもの、又は、帯域幅率が 0.2 以上のものを UWB 無線システムとする。

$$\begin{aligned} B_{-10} &= f_H - f_L \\ \mu_{-10} &= B_{-10}/f_C \\ f_C &= (f_H + f_L)/2 \end{aligned}$$

(2) 使用周波数帯

屋外利用の UWB 無線システムの使用周波数帯については、7587MHz から 8400MHz までを使用可能な周波数帯とすることが適当である。

また、当該周波数帯におけるセンサー用途 UWB 無線システムの運用については、他の無線システムへの有害な混信を与えないと共に、これらの無線システムからの混信を容認するものとする。

(3) 空中線電力

空中線電力は、諸外国との技術基準の整合を図り、等価等方輻射電力として表 1 を満たすことが適当である。

表 1 空中線電力 (等価等方輻射電力)

周波数帯 (MHz)	平均電力	尖頭電力
7587~8400	-41.3 dBm/MHz 以下	0dBm/50MHz 以下

(4) 通信方式及び変調方式

通信方式については、利用形態を踏まえ、単信方式、複信方式及び半複信方式とする。

また、変調方式については、現在インパルス方式、DS-UWB方式又はMB-OFDM方式等複数の変調方式が利用されているが、国際的にも特に限定されていないことから、我が国への導入においても限定しないこととする。

(5) 拡散帯域幅

(1) に基づき、電力最大点から 10dB 下がった周波数帯幅が 450MHz 以上であること。ただし、今後の国際的な検討動向等も踏まえ、必要であれば、整合性を図ることとする。

(6) 送信速度

送信速度は特設設定しないものとする。

(7) 混信防止機能

識別符号を自動的に送信し、又は受信する機能を有していること。

(8) 端末設備内において電波を使用する端末設備

- ① 端末設備を構成する一の部分と他の部分相互間において電波を使用するものは、48 ビット以上の識別符号を有すること。
- ② 特定の場合を除き、使用する電波の空き状態について判定を行い、空き状態の時のみ通信路を設定するものであること。

(9) 運用制限

上空での利用を禁止する。

(10) 違法改造への対策

違法改造への対策として、筐体は、容易に開けることができない構造であること。

(11) 電波防護指針への適合

電波防護指針では、電波が人体に好ましくない作用を及ぼさないレベルであるかどうかを判断するための指針値等を示しており、これに基づき、UWB 無線システムの運用状態に応じて、電波防護指針に適合するようシステム諸元の設定に配慮する必要がある。

UWB 無線システムから発射される電波については、最大の送信電力を想定

した場合においても、送信空中線からの距離が 2.7mm 以上であれば、電波の強さが指針値よりも低くなることから、UWB 無線システムの利用形態を鑑み、特段支障はない。（参考資料 6 参照）

(12) 電磁環境対策

UWB 無線システムと医療用電子機器との相互の電磁干渉に対しては、十分な配慮が払われていること。

5-1-2 無線設備の技術的条件

(1) 送信装置

ア 占有周波数帯幅の許容値

通信用途・センサー用途の UWB 無線システムは現行の無線設備規則との整合を図る観点から、輻射帯域幅ではなく、占有周波数帯幅の許容値を定めており、屋外利用の UWB 無線システムについても同様の考え方とすることが適当である。占有周波数帯幅の許容値は、変調方式等の技術仕様及び無線機器の製造品質等により個々に異なり、輻射帯域幅との関係を一概に明確にすることは困難であるが、UWB 無線システムの使用周波数帯を踏まえ、738MHz 以内とすることが適当である。

イ 不要発射の強度の許容値

センサー用途 UWB 無線システムは、周波数帯域、電力マスクがハイバンドの通信用途 UWB 無線システムと同一である。通信用途 UWB 無線システムの導入の際、不要発射の強度の許容値は我が国の他の無線システムとの干渉を考慮して定められたものであることから、屋外利用の UWB 無線システムの導入においても同様とすることが適当である。不要発射については、使用周波数帯の外側をスプリアス領域とし、そのスプリアス領域における不要発射の強度の許容値を表 2 のとおりとする。

表 2 不要発射の強度の許容値（等価等方輻射電力）

周波数 (MHz)	平均電力	尖頭電力
1600 未満	-90.0dBm/MHz 以下	-84.0dBm/MHz 以下
1600～2700	-85.0dBm/MHz 以下	-79.0dBm/MHz 以下
2700～7250	-70.0dBm/MHz 以下	-64.0dBm/MHz 以下
7250～7587 未満	-59.3 dBm/MHz 以下	(調整中)
7587～7662 未満	-51.3 dBm/MHz 以下	(調整中)
8400～8500 未満	-59.3 dBm/MHz 以下	(調整中)

8500～1025 未満	(調整中)	(調整中)
1025～10600 未満	-70 dBm/MHz 以下	(調整中)
10600～10700 11700～12750	-85.0dBm/MHz 以下	-79.0dBm/MHz 以下

ウ 参照帯域幅

不要発射の強度の許容値における参照帯域幅は、1MHz とする。

エ 筐体輻射

等価等方輻射電力が、不要発射の強度の許容値以下であること。

(2) 受信装置

使用周波数帯においては、等価等方輻射電力が 1 MHz 当たり 4 nW (-54dBm/MHz) 以下とし、その他の周波数は、不要発射の強度の許容値以下とする。

5-1-3 測定方法

(1) 周波数の偏差

周波数は、占有周波数帯幅の測定において占有周波数帯幅の上限の周波数及び下限の周波数が指定周波数帯内にあることをもって確認する。

(2) 占有周波数帯幅

ア 空中線測定端子付きの場合

標準符号化試験信号を入力信号として加えたときに得られるスペクトル分布の全電力を、スペクトルアナライザ等を用いて測定し、スペクトル分布の上限及び下限部分における電力の和が、それぞれ全電力の 0.5%となる周波数幅を測定すること。

なお、標準符号化試験信号での変調が不可能な場合には通常運用される信号のうち占有周波数帯幅が最大となる信号で変調をかける。

イ 空中線測定端子無しの場合

適当な RF 結合器又は空中線で結合し、アと同様にして測定すること。

(3) 空中線電力

ア 空中線端子付きの場合

① 平均電力の測定

スペクトルアナライザの分解能帯域幅を 1 MHz として測定することとし、等価雑音帯域幅の補正を行うことによって矩形フィルタに換算すること。等価インパルス帯域幅の補正は用いない。

連続送信波によって測定することが望ましいが、運用状態において連続送信状態にならない場合バースト波にて測定する。

バースト波にて測定する場合は、送信時間率（電波を発射している時間／バースト繰り返し周期）が最大となる値で一定の値としてバースト繰り返し周期よりも十分長い区間における平均電力を測定し、送信時間率の逆数を乗じてバースト内平均電力を求める。次に 1ms（ミリ秒）内の最大送信時間率（電波を発射している時間／1ms）を求め、バースト内平均電力に乗じて 1 ms 内の最大値を求めることが適当である。

また、試験用端子が空中線端子と異なる場合は、空中線端子と試験用端子の間の損失等を補正する。

② 尖頭電力の測定

スペクトルアナライザの分解能帯域幅を 50MHz 以下の任意の幅として(*)ピーク検波で測定し、電力最大となる点の値を求める。この値にスペクトルアナライザの分解能帯域幅の実測値から算出した分解能帯域幅換算値を加えて 50MHz 当たりに換算した値を測定値とする。この場合、スペクトルアナライザのビデオ帯域幅は分解能帯域幅の 3 倍程度(**)に設定する。

*スペクトルアナライザの IF フィルタの特性に留意し、適切な分解能帯域幅を選択すること。（例：3~50MHz の任意の分解能帯域幅）

**スペクトルアナライザの VBW の最大設定が RBW の 3 倍に満たない場合は、VBW を OFF にするか RBW 以上の値に設定すること

イ 空中線端子無しの場合

測定距離 3 m の電波暗室又は地面反射波を抑圧したオープンサイト若しくはそれらのテストサイトにおいて供試機器と同型式の機器を使用して校正された RF 結合器を用い、その他の条件はアと同様にして測定すること。

この場合、テストサイトの測定用空中線は、指向性のものを用いること。また、被測定対象機器の大きさが 60cm を超える場合は、測定距離をその 5 倍以上として測定することが適当である。

なお、偏波面の特定が困難な場合は、水平偏波及び垂直偏波にて求めた空中線電力の最大に 3 dB 加算すること。

(4) 不要発射の強度の許容値

ア 空中線端子付きの場合

標準符号化試験信号を入力信号として加えたときのスプリアス成分の平均電力（バースト波にあっては、バースト内の平均電力（ホッピングする不要発射の場合は個々のバースト内の平均電力））を、スペクトルアナライザ等を用いて測定すること。

この場合、スペクトルアナライザ等の分解能帯域幅は、技術的条件で定められた参照帯域幅に設定することが適当である。また、試験用端子が空中線端子と異なる場合は、空中線端子と試験用端子の間の損失等を補正する。

なお、標準符号化試験信号での変調が不可能な場合には通常運用される信号で変調をかける。また、尖頭電力を測定する場合は、スペクトルアナライザの分解能帯域幅を参照帯域幅としビデオ帯域幅を分解能帯域幅の3倍程度として測定する。

測定周波数範囲は、30MHz から 26GHz とするが、発射周波数帯が 5.2GHz 以下の場合は、上限周波数を5倍高調波とすることができる。

イ 空中線端子付きの場合

測定距離 3 m の電波暗室又は地面反射波を抑圧したオープンサイト若しくはそれらのテストサイトにおいて供試機器と同型式の機器を使用して校正された RF 結合器を用い、その他の条件はアと同様にして測定すること。

この場合、テストサイトの測定用空中線は、指向性のものを用いること。また、被測定対象機器の大きさが 60cm を超える場合は、測定距離をその5倍以上として測定すること。

なお、偏波面の特定が困難な場合は、水平偏波及び垂直偏波にて求めた不要発射の最大値に 3 dB 加算すること。

(5) 拡散帯域幅

ア 空中線端子付きの場合

標準符号化試験信号を入力信号として加えたときに得られるスペクトル分布の全電力をスペクトルアナライザで分解能帯域幅を 1 MHz として測定し、スペクトル分布の最大電力点から 10dB 減衰する上限及び下限の周波数を求め周波数幅を測定すること。

なお、標準符号化試験信号での変調が不可能な場合には運用される信号のうち拡散帯域幅が最大となる信号で変調をかける。

イ 空中線測定端子無しの場合

適当な RF 結合器又は空中線で結合し、アと同様にして測定すること。

(6) 受信装置の副次的に発射する電波等の限度

ア 空中線端子付きの場合

スペクトルアナライザ等を用いて測定すること。この場合、スペクトルアナライザ等の分解能帯域幅は、技術的条件で定められた参照帯域幅に設定すること。

イ 空中線端子無しの場合

測定距離 3 m の電波暗室又は地面反射波を抑圧したオープンサイト若しくはそれらのテストサイトにおいて供試機器と同型式の機器を使用して較正された RF 結合器を用い、その他の条件はアと同様にして測定すること。

この場合、テストサイトの測定用空中線は、指向性のものを用いること。また、被測定対象機器の大きさが 60cm を超える場合は、測定距離をその 5 倍として測定すること。

なお、偏波面の特定が困難な場合は、水平偏波及び垂直偏波にて求めた副次的に発射する電波等の限度の最大値に 3 dB 加算すること。

(7) 筐体輻射

(4)ーイと同様に測定すること。

第6章 今後の検討課題

本検討においては、IEEE802.15.4a の9チャンネルに焦点をあて他業務との周波数共用検討を行った。今後、UWB 無線システム搭載製品の普及状況や国際的な動向、メーカー等からのニーズを鑑み、他の周波数帯域においても周波数共用検討を継続することが適当である。

V 審議結果

UWB（超広帯域）無線システムについて審議を行い、別添のとおり、「UWB（超広帯域）無線システムの技術的条件」のうち「マイクロ波帯を用いたUWB無線システムの屋外利用の技術的条件」について一部答申（案）を取りまとめた。

別添の内容は第5章と同じ。
このため、現段階では記載は省略する。

情報通信審議会 情報通信技術分科会 陸上無線通信委員会

(平成30年〇月〇日現在 敬称略)

氏名	主要現職
主査委員 安藤 真	独立行政法人国立高等専門学校機構・理事
委員 森川 博之	東京大学大学院 工学系研究科 教授
専門委員 飯塚 留美	一般財団法人マルチメディア振興センター 電波利用調査部 研究主幹
〃 市川 武男	日本電信電話株式会社 技術企画部門 電波室長
〃 伊藤 数子	特定非営利活動法人STAND 代表理事
〃 大寺 廣幸	一般社団法人日本民間放送連盟 顧問
〃 小花 貞夫	電気通信大学 情報理工学研究科 教授
〃 河野 隆二	横浜国立大学大学院 工学研究院 教授 兼 同大学 未来情報通信医療社会基盤センター長
〃 鈴木 薫	一般社団法人全国陸上無線協会 専務理事
〃 玉眞 博義	一般社団法人日本アマチュア無線連盟 専務理事
〃 田丸 健三郎	日本マイクロソフト株式会社 技術統括室 業務執行役員 ナショナル テクノロジーオフィサー
〃 中原 俊二	日本放送協会 放送技術研究所 伝送システム研究部長 国立研究開発法人情報通信研究機構
〃 浜口 清	ワイヤレスネットワーク総合研究センター総合研究センター 長
〃 本多 美雄	欧州ビジネス協会 電気通信機器委員会 委員長
〃 松井 房樹	一般社団法人電波産業会 専務理事・事務局長
〃 松尾 綾子	株式会社東芝 研究開発センター 研究主務
〃 三谷 政昭	東京電機大学 工学部 情報通信工学科 教授
〃 矢野 由紀子	日本電気株式会社 セキュリティ研究所 シニアエキスパート
〃 吉田 貴容美	日本無線株式会社 研究所 新領域開発企画部 エキスパートリーダー

情報通信審議会 情報通信技術分科会 陸上無線通信委員会

UWB 無線システム屋外利用検討作業班 構成員

(平成 30 年〇月〇日時点)

氏名	所属、役職
主任 小林 岳彦	東京電機大学 工学部 情報通信工学科 教授
副主任 李 還幫	国立研究開発法人 情報通信研究機構 ワイヤレスネットワーク総合研究センター 総括研究員
飯塚 留美	一般財団法人 マルチメディア振興センター 電波利用調査部 研究主幹
小嶋 正一	国土交通省 大臣官房技術調査課 電気通信室 課長補佐
今村 浩一郎	日本放送協会 放送技術研究所 伝送システム研究部 上級研究員
上田 陽市	一般社団法人 電波産業会 研究開発本部 移動通信グループ 主任研究員
江原 隆	ビー・エム・ダブリュ株式会社 テクノロジー・オフィス シニア・エンジニア
鬼山 昭男	株式会社パスコ 衛星事業部 顧問
亀谷 收	大学共同利用機関法人 自然科学研究機構 国立天文台 電波天文周波数小委員会 副委員長
栗原 忍	国土交通省国土地理院 測地部 宇宙測地課 課長補佐
小出 孝治	国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構 周波数管理室長
坂本 信樹	株式会社 NTT ドコモ 電波部 電波企画担当 担当課長
篠田 卓士	株式会社デンソー ボデーエレクトロニクス技術部 開発室 課長
川西 直毅	KDDI 株式会社 技術企画本部 電波部 企画・制度グループ グループリーダー
谷澤 正彦	日本無線株式会社 事業本部 部長 技術統括担当
富樫 浩行	株式会社ディーエスピーリサーチ 認証部 部長
八軒 教男	西日本電信電話株式会社 設備本部 ネットワーク部 ネットワーク設備部門 コア NW 計画担当課長
林 直樹	日本テレビ放送網株式会社 技術統括局 専任局次長
松田 圭太	防衛省整備計画局情報通信課防衛部員
松本 浩幸	コンチネンタル・オートモーティブ・ジャパン株式会社 インテリア ボディ&セキュリティネットワーク製品グループ マネージャー
三島 安博	Apple Japan, Inc. Wireless Design

山下 秀二郎	株式会社 エム・シー・シー ネットワーク本部 電波部長
吉野 仁	ソフトバンク株式会社 先端技術研究部 担当部長

参考資料 目次

- 参考資料 1 固定マイクロとの共用条件について
- 参考資料 2 放送との共用条件について
- 参考資料 3 衛星局・地球局との共用条件について
- 参考資料 4 電波天文・測地 VLBI との共用条件について
- 参考資料 5 電波天文・測地 VLBI システムに対する屋外
での実証実験及び見通し外伝搬損失測定
- 参考資料 6 電波防護指針への適合

固定マイクロとの共用条件について

1 固定マイクロ無線システムの諸元と使用状況

固定マイクロ無線システムの使用状況としては、人口密度の低い郊外での長距離伝送を行う郊外ルートと、人口密度が高く、郊外ルートから都市内へ引き込む都市内ルートがあり、この中には比較的キャリア周波数の高いマイクロ周波数を利用する中継距離の短いエントランス回線も含まれる。また、ルーラルエリアでは、加入者電話等の収容を目的とした中継距離の短いアクセス回線として使用されることもある。

今回対象となるのは7.25GHz を超え10.25GHz 以下の周波数範囲の無線局であり、その内容は参表1-1であり、対象無線局の諸元は参表1-2のとおりである。

参表 1-1 固定マイクロの概要と使用状況

周波数 (MHz)	局数 (局)	備考 (運用状態などの特記事項)
7125-7900	4,587	エントランス回線及びルーラル向けアクセス固定局を含む。

平成 30 年 3 月現在

参表 1-2 固定マイクロの無線局諸元

アンテナ特性	指向性パラボラアンテナ (直径 0.6m~4m) 最大利得: 29.9~46.5 dBi アンテナ放射パターン: ITU-R F.699
地上からのアンテナ高さ [m]	40, 65
干渉許容値 [dBm/MHz]	-129.8

2 UWB 無線システムの諸元は参表 1-3 のとおり。

参表 1-3 UWB デバイスの諸元

UWB 平均電力レベル	-41.3dBm/MHz
地上からのアンテナ高さ [m]	1.5

3 シミュレーションモデル

シングルエントリーとアグリゲートそれぞれでシミュレーションを実施した。シングルエントリーのモデルでは、3種類のアンテナモデルを用いて最悪条件における干渉値を確認し、さらに、都市部、郊外、ルーラル、オフィス環境を想定したアグリゲートのモデルでは、直径 3m のアンテナモデルを用いて干渉総和値を計算した。

アンテナモデル、伝搬モデル及びシミュレーションモデル、アグリゲートのシミュレーションモデルに関して、参表 1-4、参表 1-5、参表 1-6 にそれぞれ示す。

参表 1-4 アンテナモデル

アンテナモデル	最大利得 [dBi]	直径 [m]	被干渉アンテナの地上からの高さ [m]	アンテナ放射特性
モデル-1	46.5	4.0	40, 65	ITU-R F.699
モデル-2	40.0	3.0	40, 65	
モデル-3	29.9	0.6	40, 65	

参表 1-5 伝搬モデル及びシミュレーションモデル

伝搬モデル	自由空間伝搬に伝搬係数 Kb/Klos を考慮* Kb(壁減衰): 13 dB、Klos(見通し外等損失): 14 dB
シミュレーションモデル	100% 屋外、80%/20% 室内/屋外、100% 屋内 都市、郊外、ルーラル シングルエントリー、アグリゲートそれぞれで実施

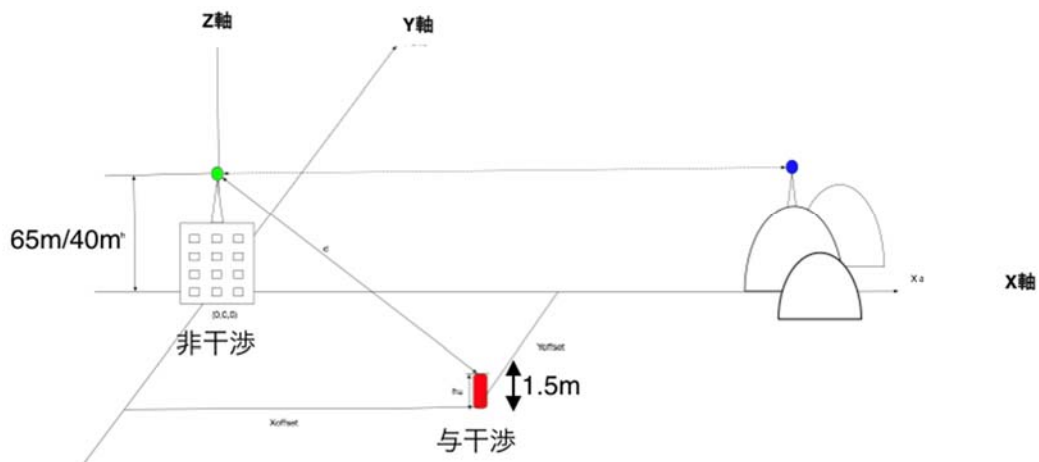
*ITU-R SM.2057 参照

参表 1-6 アグリゲートのシミュレーションモデル

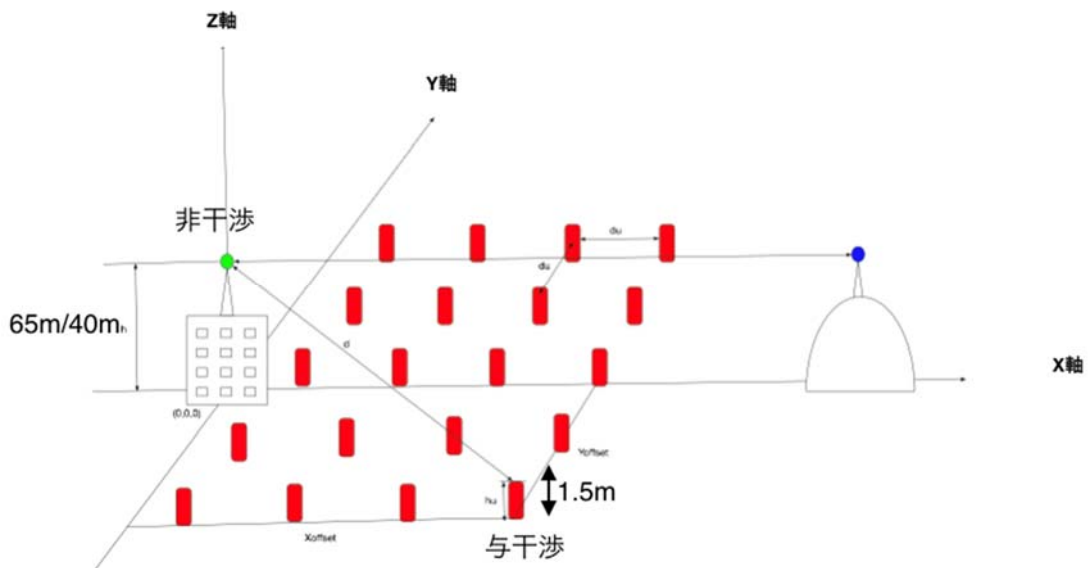
アグリゲートモデル	デバイス密度	稼働時間	稼働デバイス密度
都市(Dense Urban)	10000/km ²	5%	500/km ²
郊外(Suburban)	1000/km ²	5%	50/km ²
ルーラル(Rural)	100/km ²	5%	5/km ²

デバイス密度と稼働時間は、ITU-R レポート SM.2057 から参照している。

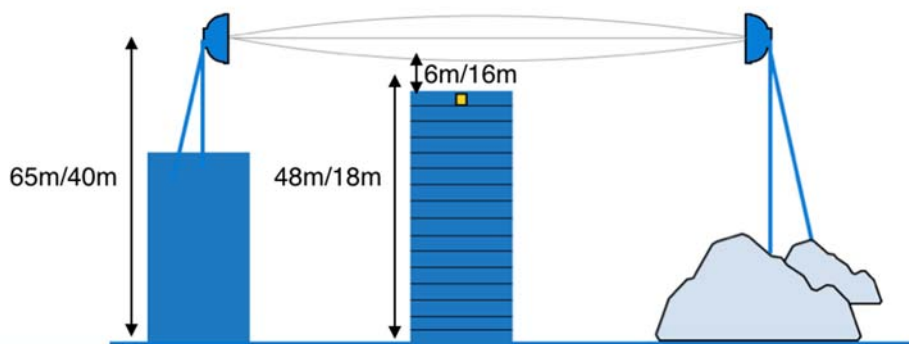
また、シングルエントリーとアグリゲートのモデルのシミュレーションのモデル図をそれぞれ参図 1-1、参図 1-2 及び参図 1-3 に示す。なお、参図 1-1 と参図 1-2 は、Kb を考慮し、参図 1-3 は Kb と Klos を考慮している。



参图 1-1 シングルエントリーモデル



参图 1-2 アグリゲートモデル（都市、郊外、ルーラル）



参图 1-3 アグリゲートモデル（オフィス）

4 干渉検討結果

- (1) シングルエントリーにおけるシミュレーションの結果、モデル1～3の全てのアンテナモデルで、被干渉アンテナの地上からの高さ 40m, 65m の条件で共に、最悪地点における干渉値が干渉許容値である-129.8 dBm/MHz 以下となった。詳細を参表 1-7 に示す。

参表 1-7 シングルエントリーにおけるシミュレーションの結果

シミュレーションモデル	被干渉アンテナ地上からの高さ [m]	アンテナモデル	許容干渉値 [dBm/MHz]	干渉総和値 [dBm/MHz]	保護率 [%]	マージン [dB]
シングルエントリー	40	モデル-1	-129.8	-133.6	100	3.8
		モデル-2		-135.3	100	5.5
		モデル-3		-131.9	100	2.1
	65	モデル-1	-129.8	-138.2	100	8.4
		モデル-2		-139.6	100	9.8
		モデル-3		-136.3	100	6.5

- (2) アグリゲートにおけるシミュレーションの結果、最悪条件である都市部のモデルにおける屋外 100%の利用シーン、被干渉アンテナの地上からの高さ 40m の条件で干渉総和値は-140.1 dBm/MHz となり保護率 100%となった。また、許容干渉値-129.8 dBm/MHz に対して 10.3dB のマージンのある結果となった。アグリゲートの最悪条件である都市部モデルの 100%屋外利用シーンにおける結果を参表 1-8 に示す。

参表 1-8 アグリゲート都市部 100%屋外利用条件での計算結果

シミュレーションモデル	被干渉アンテナ地上からの高さ [m]	許容干渉値 [dBm/MHz]	干渉総和値 [dBm/MHz]	保護率 [%]	マージン [dB]
アグリゲート都市(Dense Urban) 100% 屋外	40	-129.8	-140.1	100	10.3
	65	-129.8	-144.5	100	14.7

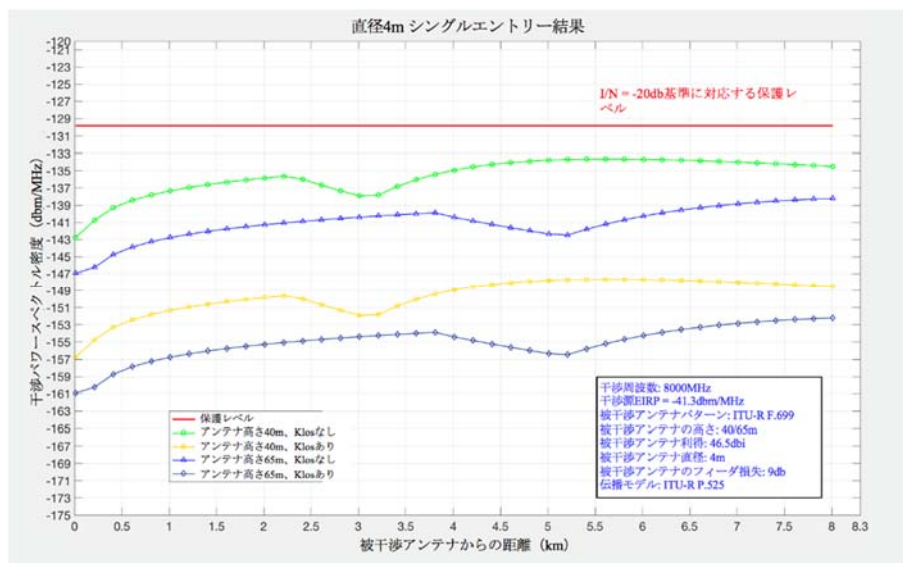
5 干渉評価

前節の参表 1-8 の結果から、7.5 GHz 帯固定マイクロ回線の許容干渉レベル-129.8 dBm/MHz に対して UWB システムの干渉レベルは最悪値で-140.1 dBm/MHz となり、10.3 dB のマージンとなり、共用可能となる。

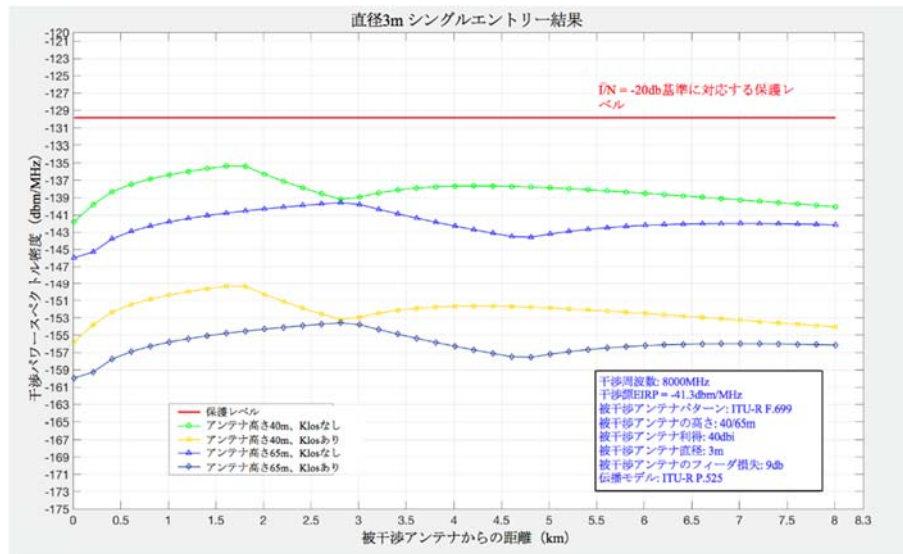
一方、エントランス回線や、ルーラル加入者電話の収容を目的としたルーラル向けアクセス固定回線などは、オフィスの屋上や自立柱等に設置され、UWB システムとの高低差が 10m 以下の場合もある。エントランス回線やルーラル向けアクセス固定回線における干渉量はアンテナ高が低く、距離も短いため 大きくなるが、実際のルーラル回線の設置環境や実際に使用されているアンテナパターンで干渉許容値を満たすため、共用可能と考えられる。

6 シミュレーションデータ等

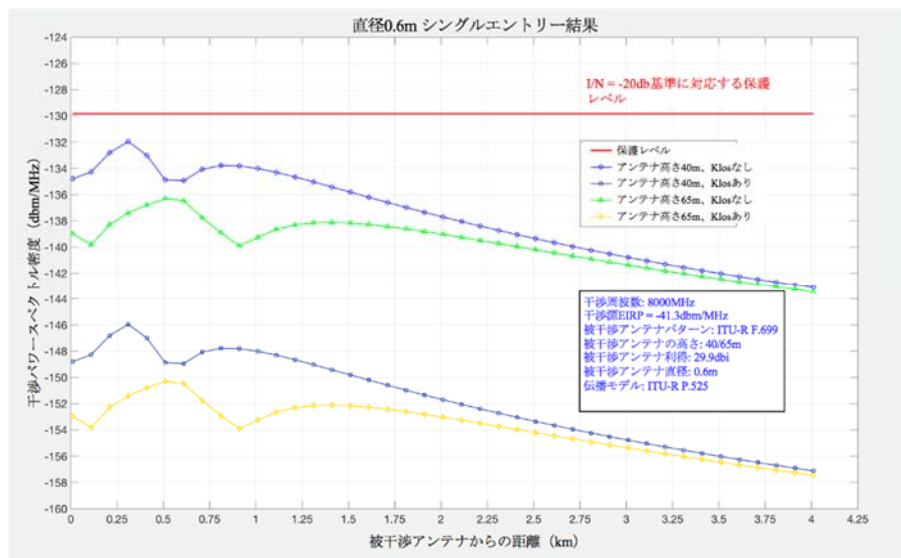
参図 1-4 から参図 1-6 に 3 種類のアンテナモデルを用いたシングルエントリーのシミュレーション結果をそれぞれ示す。



参図 1-4 固定マイクロシングルエントリーシミュレーション結果 (アンテナ直径 4m)

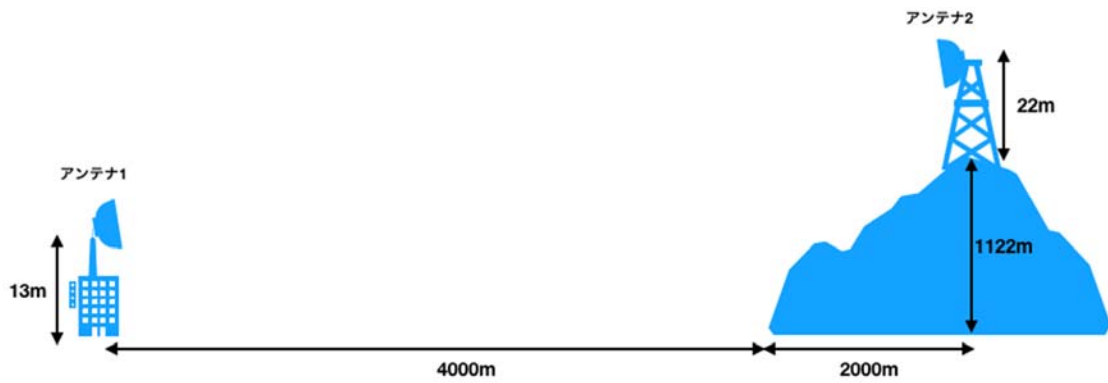


参図 1-5 固定マイクロシングルエントリーシミュレーション結果 (アンテナ直径 3m)

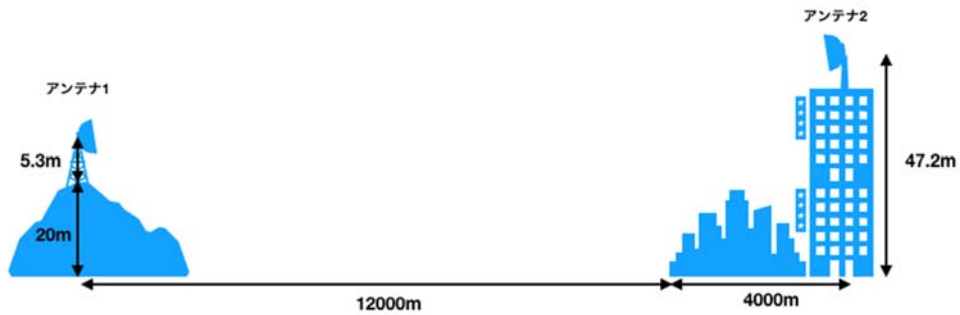


参図 1-6 固定マイクロシングルエントリーシミュレーション結果 (アンテナ直径 0.6m)

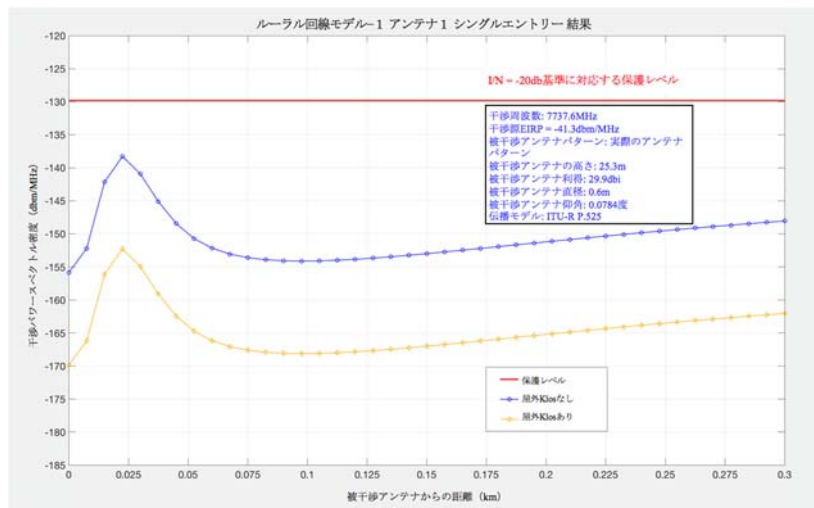
また、ルーラル回線のように、最悪条件として見通し内伝搬として干渉波が直接入ってくるケースを想定して、参図 1-7 と参図 1-8 に示す実際のルーラル回線の設置環境、実際に使用されているアンテナパターンを適用したシングルエントリーのシミュレーション結果を参図 1-9 から参図 1-12 に示す。



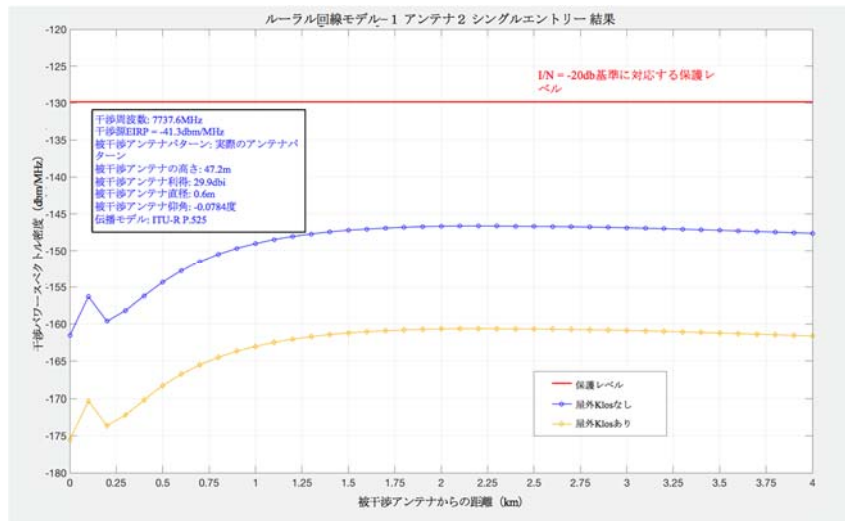
参図 1-7 ルーラル回線シミュレーションモデル-1



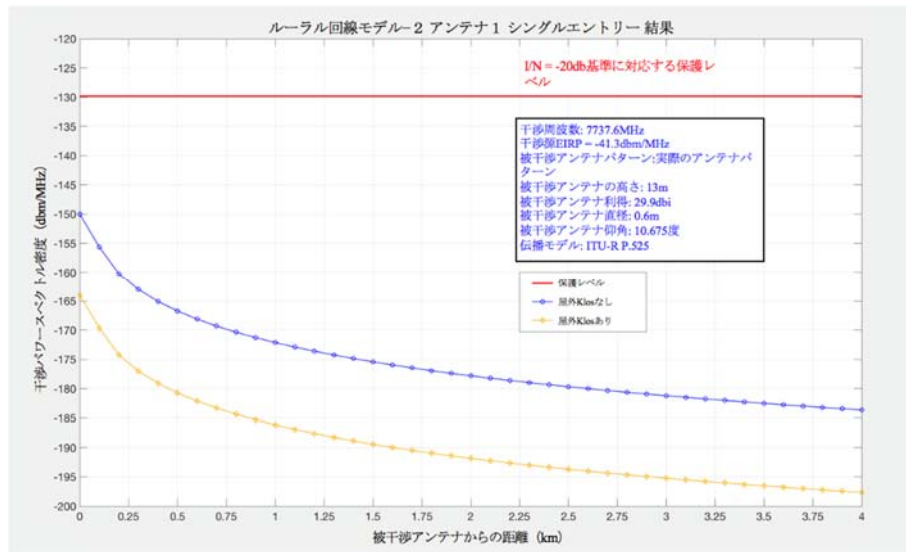
参図 1-8 ルーラル回線シミュレーションモデル-2



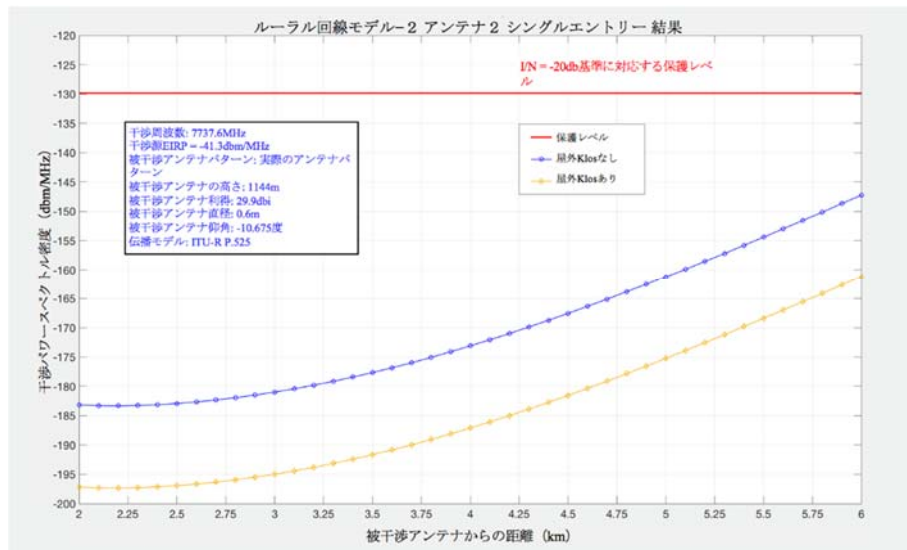
参図 1-9 ルーラル回線モデル-1のアンテナ1に対する
シングルエントリーシミュレーション結果



参図 1-10 ルーラル回線モデル-1のアンテナ2に対する
シングルエントリーシミュレーション結果

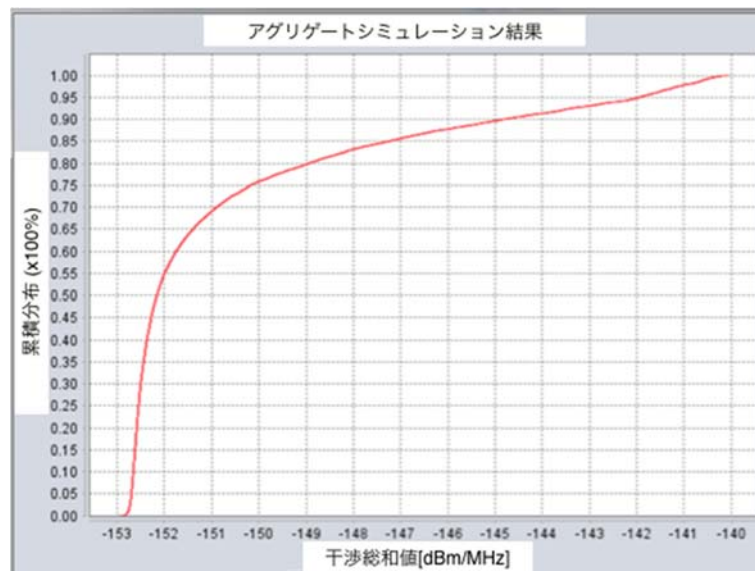


参図 1-11 ルーラル回線モデル-2のアンテナ1に対する
シングルエントリーシミュレーション結果

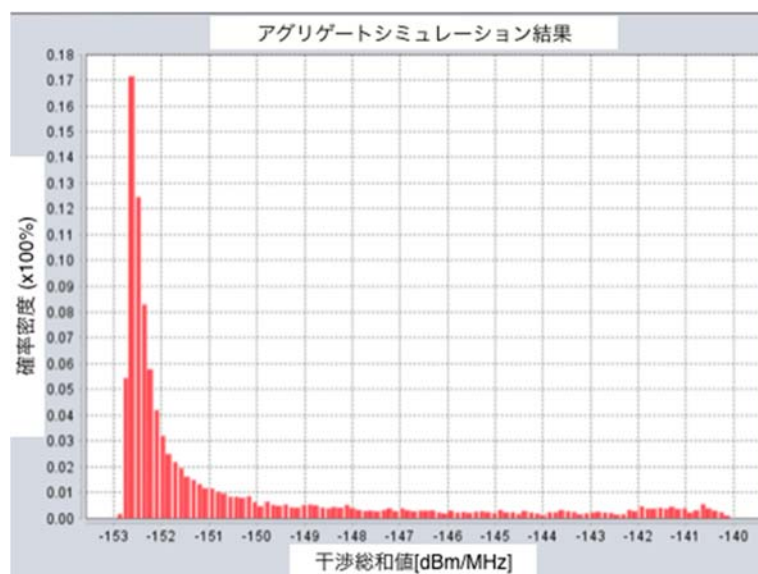


参図 1-12 ルーラル回線モデル-2のアンテナ2に対する
シングルエントリーシミュレーション結果

参図 1-13、参図 1-14 に アグリゲートにおける最悪条件である都市部、100%屋外利用、アンテナの地上からの高さ 40m 条件でのシミュレーション結果を示す。



参図 1-13 都市部、100%屋外利用、アンテナ高さ 40m のアグリゲート結果（累積分布）



参図 1-14 都市部、100%屋外利用、アンテナ高さ 40m のアグリゲート結果（確率密度）

放送との共用条件について

1 7.25GHz-10.25GHz 帯における対象放送システムの概要と諸元

放送関係システム（STL/TTL/TSL の概要と使用状況を参表 2-1 に諸元を参表 2-2 にそれぞれ示す。

参表 2-1 放送システムの概要と使用状況

周波数 (MHz)	局数 (局)	備考 (運用状態などの特記事項)
7425-7750	62	STL/TSL/TTL を含む。

平成 30 年 3 月末現在

参表 2-2 放送システムの無線局諸元

アンテナ特性	指向性パラボラアンテナ (直径 2m) 最大利得: 35dBi アンテナ放射パターン: ITU-R F.699
地上からのアンテナ高さ[m]	30
干渉許容値 [dBm/MHz]	-129.8

2 UWB 無線システムの諸元は参表 2-3 のとおり。

参表 2-3 UWB デバイスの諸元

UWB 平均電力レベル	-41.3dBm/MHz
地上からのアンテナ高さ [m]	1.5

3 シミュレーションモデル

シングルエントリーとアグリゲートそれぞれでシミュレーションを実施した。シングルエントリーを用いて、最悪条件における干渉値を確認し、さらに、都市部、郊外、ルーラルを想定したアグリゲートのモデルでは、直径 2m のアンテナモデルを用いて干渉総和値を計算した。

伝搬モデル及びシミュレーションモデル、アグリゲートのシミュレーションモデルに関して、参表 2-4、参表 2-5 にそれぞれ示す。

参表 2-4 伝搬モデル及びシミュレーションモデル

伝搬モデル	自由空間伝搬に伝搬係数 Kb/Klos を考慮* Kb(壁減衰): 13 dB、Klos(見通し外等損失): 14 dB
シミュレーションモデル	100% 屋外、80%/20% 屋内/室外 都市、郊外、ルーラル シングルエントリー、アグリゲートそれぞれで実施

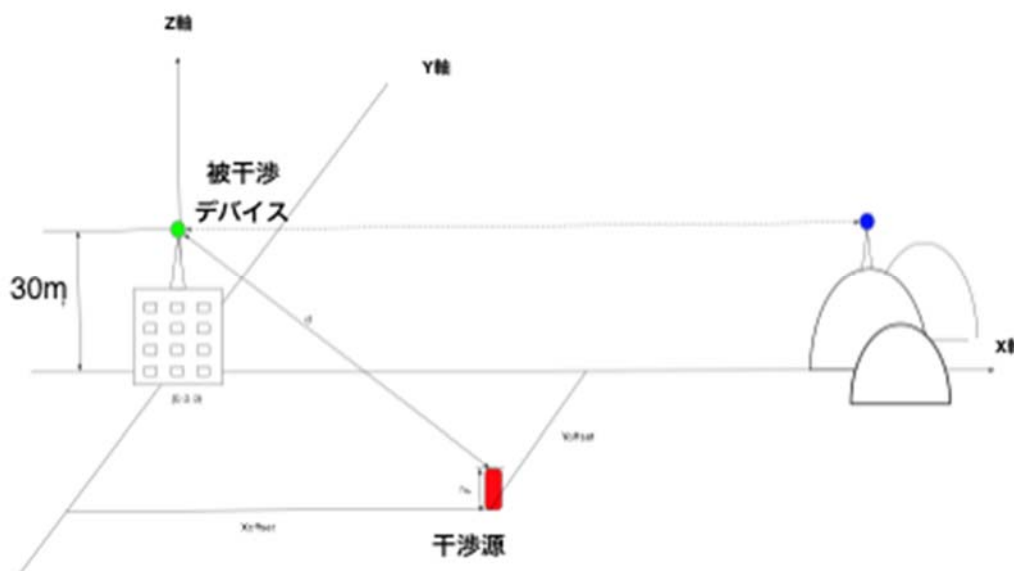
*ITU-R SM.2057 参照

参表 2-5 アグリゲートのシミュレーションモデル

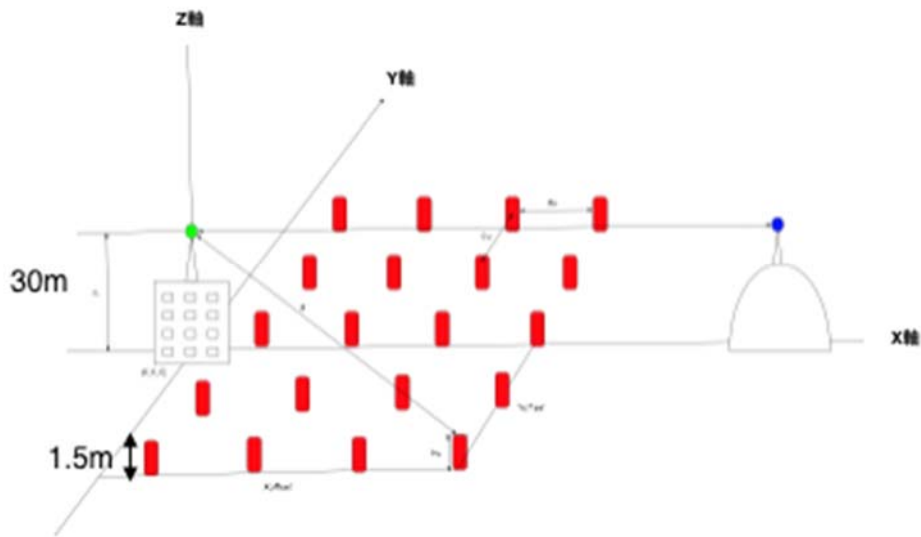
デバイス密度と稼働時間は、ITU-R レポート SM.2057 から参照している。

アグリゲートモデル	デバイス密度	稼働時間	稼働デバイス密度
都市(Dense Urban)	10000/km ²	5%	500/km ²
郊外(Suburban)	1000/km ²	5%	50/km ²
ルーラル(Rural)	100/km ²	5%	5/km ²

また、シングルエントリーとアグリゲートのモデルのシミュレーションのモデル図をそれぞれ参図 2-1 及び参図 2-2 に示す。



参図 2-1 シングルエントリーモデル



参図 2-2 アグリゲートモデル（都市、郊外、ルーラル）

4 干渉検討結果

- (1) シングルエントリーにおけるシミュレーションの結果、最悪地点における干渉値が干渉許容値である-129.8 dBm/MHz 以下となった。（参表 2-6）

参表 2-6 シングルエントリーでの計算結果

シミュレーションモデル	許容干渉値 [dBm/MHz]	干渉総和値 [dBm/MHz]	保護率 [%]	マージン [dB]
シングルエントリー	-129.8	-143.4	100	13.6

- (2) アグリゲートにおけるシミュレーションの結果、最悪条件である都市部のモデルにおける屋外 100%の利用シーンで干渉総和値は-140.0 dBm/MHz となり保護率 100%となった。また、許容干渉値-129.8 dBm/MHz に対して 10.2 dB のマージンのある結果となった。

アグリゲートの最悪条件である都市部モデルの 100%屋外利用シーンにおける結果を参表 2-7 に示す。

参表 2-7 アグリゲート都市部 100%屋外利用条件での計算結果

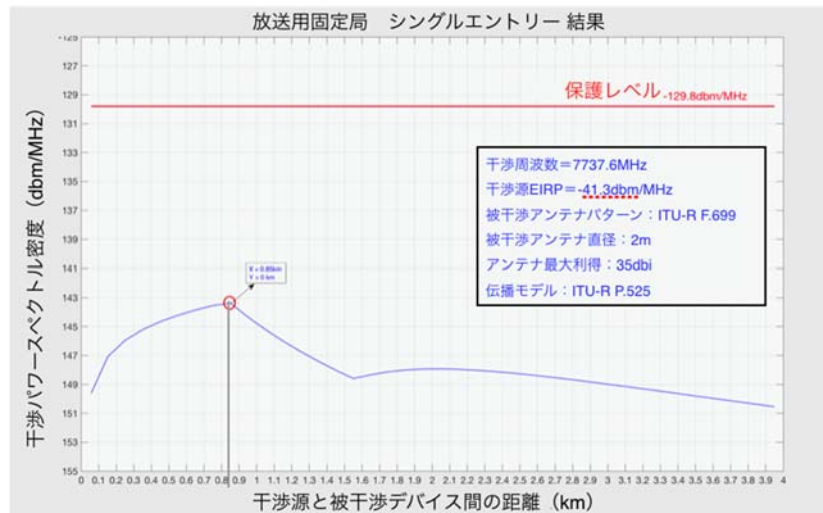
シミュレーションモデル	許容干渉値 [dBm/MHz]	干渉総和値 [dBm/MHz]	保護率 [%]	マージン [dB]
アグリゲート 都市(Dense Urban) 100% 屋外	-129.8	-140.0	100	10.2

5 干渉評価

上記シミュレーションの結果、共用可能と考えられる。

6 シミュレーションデータ

参図 2-3 に シングルエントリーにおけるシミュレーション結果をそれぞれ示す。



参図 2-3 放送システム
シングルエントリーシミュレーション結果 (アンテナ直径 2m)

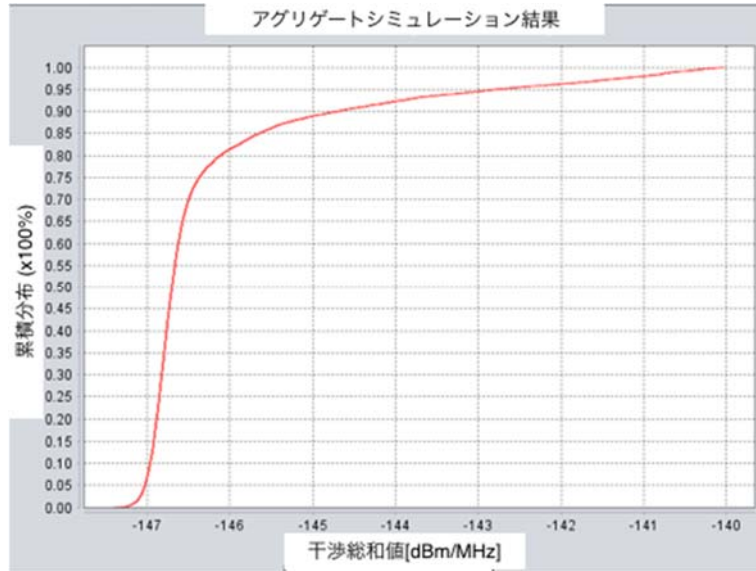
参表 2-8 にアグリゲートにおけるシミュレーション結果をそれぞれ示す。

参表 2-8 放送システム
アグリゲート シミュレーション結果 (アンテナ直径 2m)

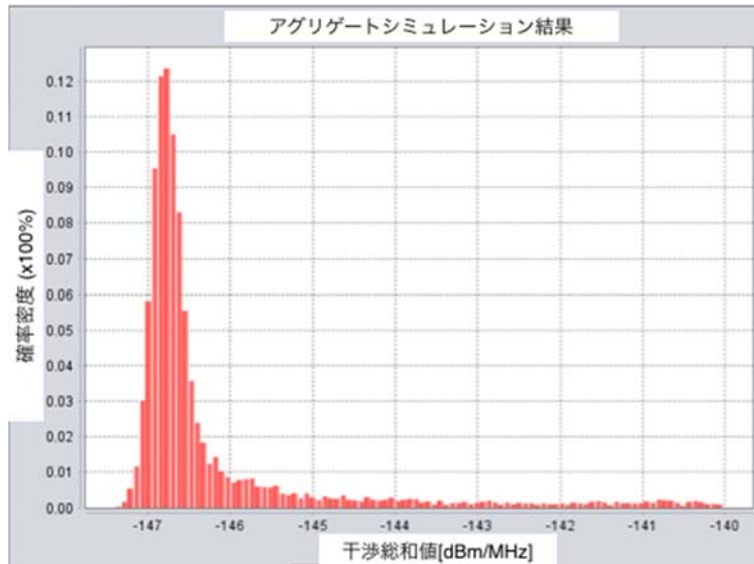
シミュレーションモデル	アグリゲートモデル	デバイス密度 [Units/km ²]	許容干渉値 [dBm/MHz]	干渉総和値 [dBm/MHz]	マージン [dB]
100% 屋外	都市(Dense Urban)	10000	-129.8	-140.0	10.2
	郊外 (Suburban)	1000		-141.0	11.2
	ルーラル (Rural)	100		-141.1	11.3
80% 屋内 20% 屋外	都市(Dense Urban)	10000		-140.8	11.0
	郊外 (Suburban)	1000		-141.1	11.3
	ルーラル	100		-141.1	11.3

	(Rural)				
--	---------	--	--	--	--

参图 2-4 と参图 2-5 にアグリゲートにおける最悪条件である都市部、100%屋外利用条件でのシミュレーション結果を示す。



参图 2-4 都市部、100%屋外利用のアグリゲート結果（累積分布）



参图 2-5 都市部、100%屋外利用のアグリゲート結果（確率密度）

衛星システムとの共用条件について

1-1 衛星（地球探査衛星業務地球局）システムの概要と諸元

衛星システム（地球探査衛星業務地球局（受信設備を含む））の概要と使用状況を参表 3-1 に、諸元を参表 3-2 にそれぞれ示す。

参表 3-1 衛星システム（地球探査衛星業務地球局（受信設備を含む））の概要と使用状況

周波数 (MHz)	局数 (局)	備考 (運用状態などの特記事項)
8025-8400	十数局	JAXA 鳩山、つくば、勝浦など

平成 30 年 3 月末現在

参表 3-2 衛星システムの無線局諸元 (JAXA 局)

アンテナ特性	指向性パラボラアンテナ (直径 11m:鳩山、6m:つくば、20m:勝浦) 最大利得: 56.7 dBi:鳩山、51.6 dBi:つくば、61.8 dBi:勝浦 アンテナ放射パターン: ITU-R SA.509 最小仰角: 3 度
地上からのアンテナ高さ [m]	11.4:鳩山 25.3:つくば 11.8 勝浦
干渉許容値 [dBm/MHz]	-130*

*ITU-R SA.1027-5 参照

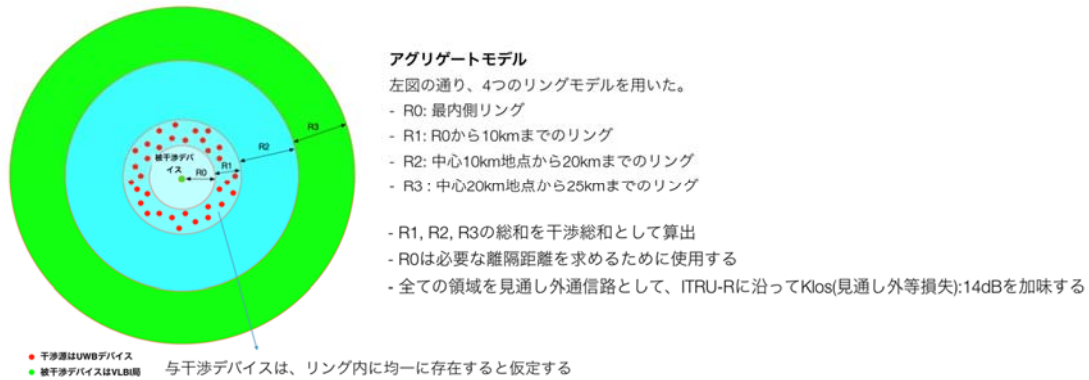
1-2 UWB 無線システムの諸元は参表 3-3 のとおり。

参表 3-3 UWB デバイスの諸元

UWB 平均電力レベル	-41.3dBm/MHz
地上からのアンテナ高さ [m]	1.5

1-3 シミュレーションモデル

モンテカルロ法を用いて参図 3-1 に示すリングモデルを構築してアグリゲートでのシミュレーションを実施した。



参図 3-1 アグリゲートで用いたリングモデル

伝搬モデル及びシミュレーションモデル、アグリゲートのシミュレーションモデルに関して、参表 3-4、参表 3-5 にそれぞれ示す。

参表 3-4 伝搬モデル及びシミュレーションモデル

伝搬モデル	自由空間伝搬に伝搬係数 Kb/Klos を考慮* Kb(壁減衰): 13 dB、Klos(見通し外等損失): 14 dB
シミュレーションモデル	100% 屋外、80%/20% 屋内/屋外 アグリゲートで実施

*ITU-R SM.2057 参照

参表 3-5 アグリゲートのモデル

対象局	UWB デバイス密度	稼働時間	稼働デバイス密度	参照先
鳩山	304/km ²	5%	15.2/km ²	-稼働時間: ITU-R SM.2057 -人口密度: 国勢調査(人口密度を UWB 無線システム密度と置き換える)
つくば	313/km ²	5%	15.7/km ²	
勝浦	33/km ²	5%	1.7 km ²	

1-4 干渉検討結果

シミュレーション結果を参表 3-6 に示す。鳩山局のモデルにおいては、100%屋外利用の条件で離隔距離 132m の結果となったが、80%屋内、20%屋外利用の条件では、全ての局で離隔距離は必要ないという結果となった。

参表 3-6 計算結果

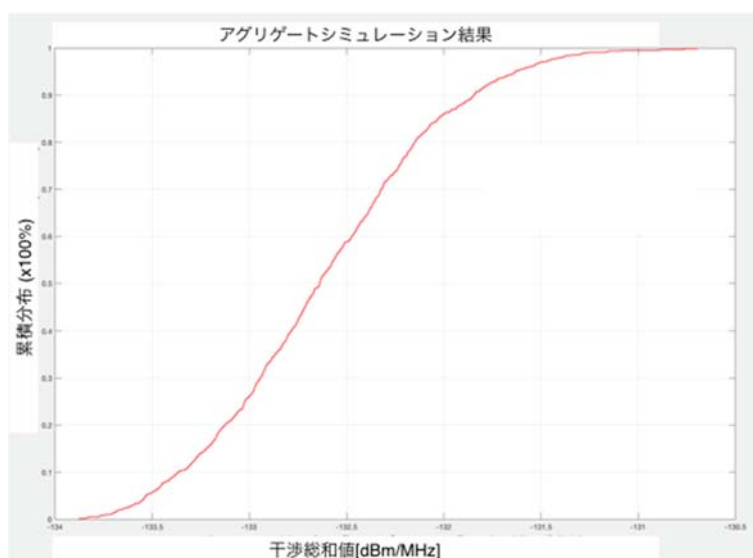
無線局	UWB デバイス密度 [km^2]	干渉許容値 [dBm/MHz]	離隔距離(km) 100%屋外利用	離隔距離 (km) 80%/20% 屋内/屋外利用
鳩山	304	-130	0.132	0
つくば	313		0	0
勝浦	33		0	0

1-5 干渉評価

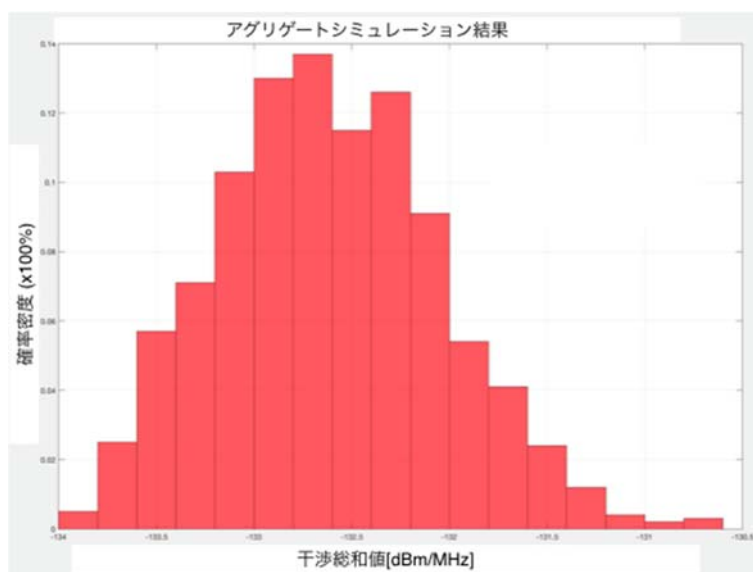
上記シミュレーションの結果より、共用可能と考えられる。

1-6 シミュレーションデータ

参図 3-2 と参図 3-3 に地球探査衛星業務地球局（鳩山局）の 100%屋外利用時のアグリゲートのシミュレーション結果を示す。（離隔距離 132m）



参図 3-2 鳩山局における 100%屋外利用のアグリゲート結果（累積分布）



参図 3-3 鳩山局における 100%屋外利用のアグリゲート結果（確率密度）

2-1 衛星（宇宙研究業務地球局）システムの概要と諸元

衛星システム（宇宙研究業務地球局（受信設備を含む））の概要と使用状況を参表 3-7 に、諸元を参表 3-8 にそれぞれ示す。

参表 3-7 衛星システム（宇宙研究業務地球局（受信設備を含む））の概要と使用状況

周波数 (MHz)	局数 (局)	備考 (運用状態などの特記事項)
8400-8500	数局	JAXA 内之浦、臼田

平成 30 年 3 月末現在

参表 3-8 衛星システムの無線局諸元（JAXA 局）

アンテナ特性	指向性パラボラアンテナ 最大利得: 66.9 dBi:内之浦、72 dBi:臼田 アンテナ放射パターン: (内之浦局、臼田局) 最小仰角: 3 度
地上からのアンテナ高さ [m]	26:内之浦 70:臼田
干渉許容値 [dBm/MHz]	-130.9*

*ITU-R SA.1157-1 参照

2-2 UWB 無線システムの諸元は参表 3-9 のとおり。

8400-8500MHz は UWB 9ch の帯域外周波数となるため、UWB 平均電力レベルは-70dBm/MHz としてシミュレーションを実施した。

参表 3-9 UWB デバイスの諸元

UWB 平均電力レベル	-70.0dBm/MHz
地上からのアンテナ高さ [m]	1.5

2-3 シミュレーションモデル

参表 3-10 に示すパラメータを用いてシングルエントリーでのシミュレーションを実施した。

参表 3-10 シミュレーションモデル

伝搬モデル	自由空間伝搬に伝搬係数 K _{los} を考慮した場合としない 場合の両方で実施 K _{los} (見通し外等損失): 14 dB
シミュレーションモデル	屋外でのシングルエントリーで実施

*ITU-R SM.2057 参照

2-4 干渉検討結果

シミュレーション結果を参表 3-11 に示す。

UWB 平均電力レベル-70dBm/MHz 条件下でのシミュレーションの結果、最悪地点における干渉値が干渉許容値である-130.9 dBm/MHz に対して、30dB 以上のマージンを確認した。

参表 3-11 計算結果

無線局	干渉許容値 [dBm/MHz]	干渉総和値 [dBm/MHz]	マージン[dB]
内之浦	-130.9	-163.5	32.6
臼田		-172.7	41.8

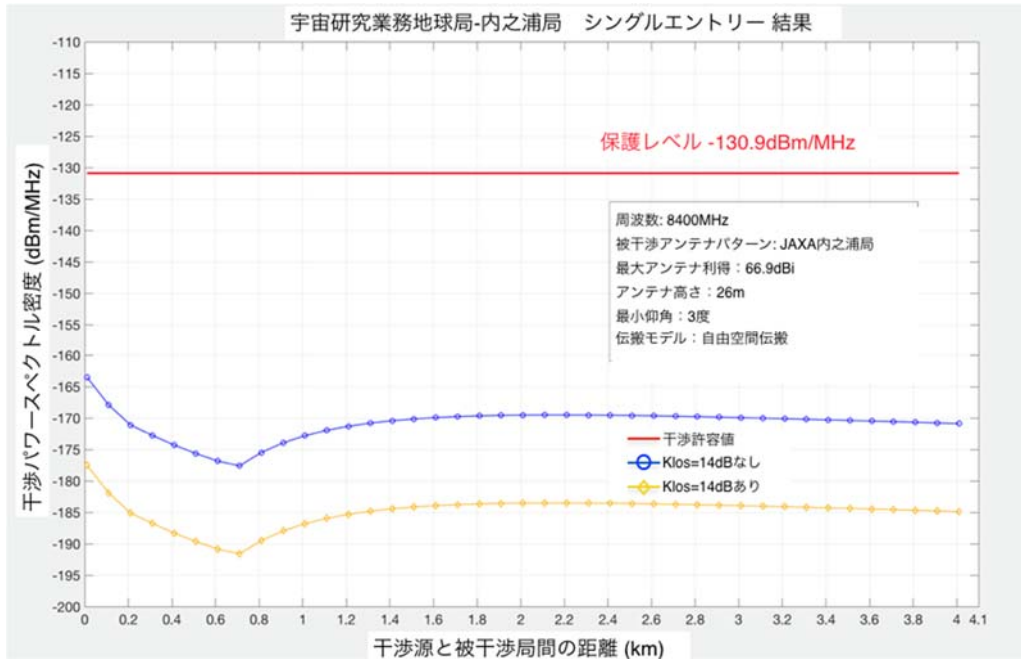
2-5 干渉評価

上記シミュレーションの結果より、UWB 平均電力レベル-70dBm/MHz の条件で、

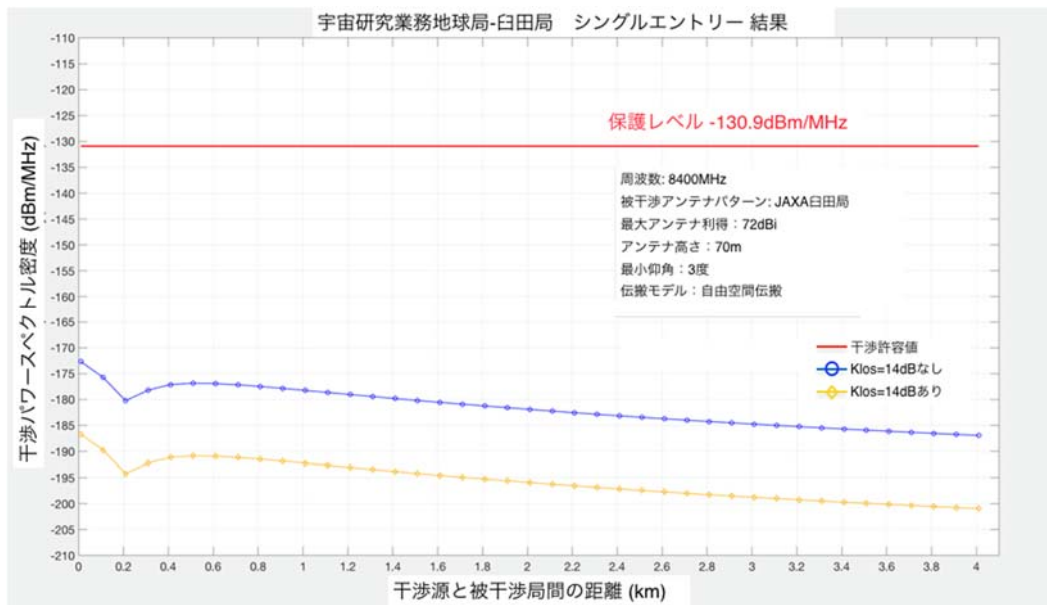
30dB 以上のマージンを確認できたことから、8400-8500MHz における UWB 9ch の帯域外スプリアス発射又は不要輻射の強度として、IEEE Std. 802.15.4-2015 規定の PSD マスクの値 -59.3dBm/MHz を満たすことで、共用可能と考えられる。

2-6 シミュレーションデータ

参図 3-4 と参図 3-5 に宇宙研究業務地球局（内之浦局、臼田局）のシングルエントリーのシミュレーション結果を示す。



参図 3-4 宇宙研究業務地球局-内之浦局 シングルエントリー 結果



参図 3-5 宇宙研究業務地球局-臼田局 シングルエントリー 結果

電波天文・測地 VLBI システムとの共用条件

電波天文及び測地 VLBI システムとの干渉検討を行った結果は、以下のとおりである。

1 電波天文・測地 VLBI システムの概要と諸元

電波天文及び測地 VLBI の概要と使用状況を参表 4-1 に NICT 小金井局の諸元を参表 4.5-24 にそれぞれ示す。

参表 4-1 電波天文及び測地 VLBI の概要と使用状況

周波数 (MHz)	局数 (局)	備考 (運用状態などの特記事項)
7780-9080	十数局	NICT 小金井局、国立天文台水沢局、高萩局、国土地理院石岡局など

平成 30 年 3 月末現在

参表 4-2 電波天文及び測地 VLBI の無線局諸元 (NICT 小金井局)

アンテナ特性	指向性パラボラアンテナ(直径 11m) 最大利得: 57 dBi アンテナ放射パターン: ITU-R SA.509 最小仰角: 7 度
地上からのアンテナ高さ [m]	12
干渉許容値 [dBm/MHz]	-136.5*

(注) -136.5dBm/MHz: (I/N ≤ -20dB、等価雑音 160K 仮定)

NICT 小金井局以外の無線局においては、平成 25 年度報告書同様に参表 4-3 に示す諸元を用いてシミュレーションを実施した。

参表 4-3 電波天文及び測地 VLBI の無線局諸元 (その他の局)

アンテナ特性	無指向性アンテナ 最大利得: 0 dBi
地上からのアンテナ高さ[m]	30
干渉許容値 [dBm/MHz]	-145*

(注) -145dBm/MHz: ITU-R RA. 769-2 表 3 (VLBI 向け) 記載の spectral pfd 閾値を Input Power 値に換算 (I/N ≤ -20dB、等価雑音 22K 仮定)

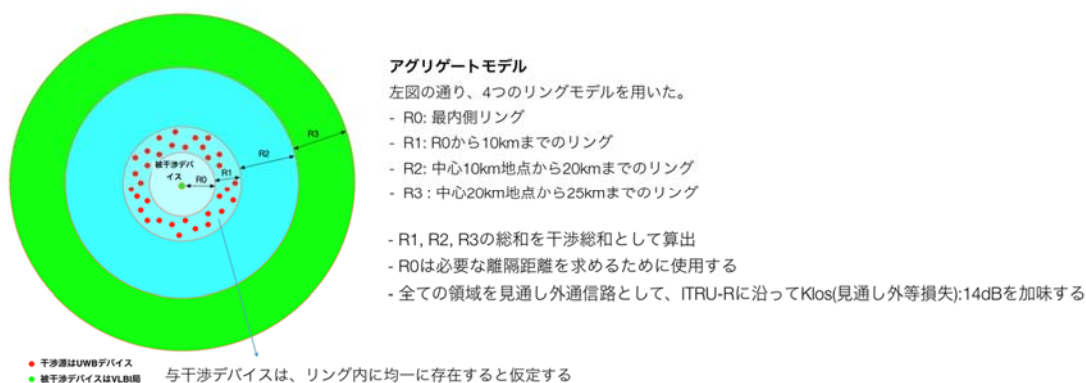
2 UWB デバイスの諸元

参表 4-4 UWB デバイスの諸元

UWB 平均電力レベル	-41.3dBm/MHz
地上からのアンテナ高さ [m]	1.5

3 シミュレーションモデル

モンテカル口法を用いて参図 4-1（参図 3-1 再掲）に示すリングモデルを構築してアグリゲートでのシミュレーションを実施した。



参図 4-1 アグリゲートで用いたリングモデル

伝搬モデル及びシミュレーションモデル、アグリゲートのシミュレーションモデルに関して、参表 4-5、参表 4-6 にそれぞれ示す。

参表 4-5 伝搬モデル及びシミュレーションモデル

伝搬モデル	自由空間伝搬に伝搬係数 Kb/Klos を考慮 Kb(壁減衰): 13 dB、Klos(見通し外等損失): 14 dB
シミュレーションモデル	80%/20% 屋内/屋外 アグリゲートで実施

*ITU-R SM.2057 参照

参表 4-6 小金井局を対象にしたアグリゲートのモデル

対象局	UWB デバイス密度	稼働時間	稼働デバイス 密度	参照先
小金井局	2300/km ²	5%	115/km ²	-稼働時間: ITU-R SM.2057 -人口密度: 国勢調査（人口密度 を UWB 無線システ ム密度として計算）
郊外 (水沢局、石岡局など)	110/km ²	5%	5.5/km ²	
ルーラル (小笠原局など)	50/km ²	5%	2.5/km ²	

UWB デバイス密度は、「5.2.3 干渉検討の手法」に記載のある通り、平成 27 年度の国勢調査のデータベースを元に算出している。

4 干渉検討結果

NICT 小金井局を対象したシミュレーション結果を参表 4-7 に示す。

参表 4-7 小金井局対象の計算結果

対象局	UWB デバイス密度 [Units/km ²]	許容干渉値 [dBm/MHz]	離隔距離 [km]
小金井	2302	-136.5	0.075

NICT 小金井局については、干渉観点で立地条件が最も厳しいと考えられるが、仰角 7 度の最悪条件で、保護率 100%となる必要離隔距離は 75m となり、離隔距離が NICT 小金井局の敷地内に収まるため、敷地内での UWB システム利用を制限することで共用可能となると考えられる。

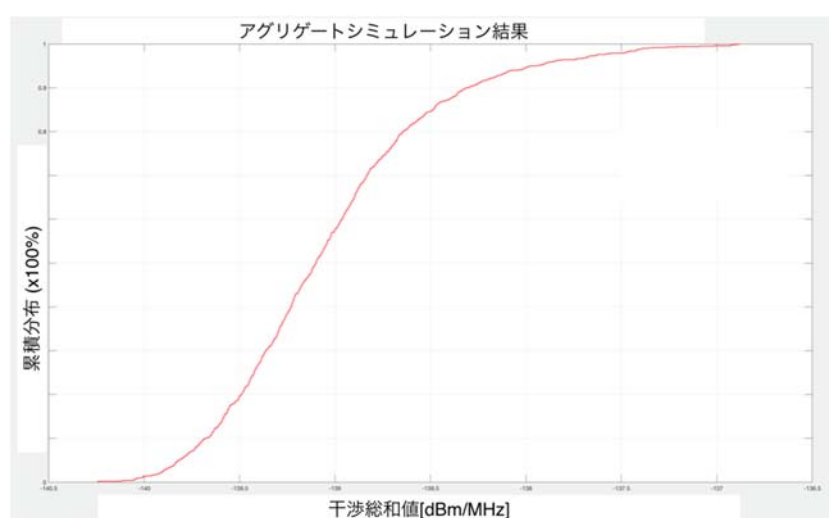
その他の局を対象したシミュレーション結果を参表 4-8 に示す。それぞれの局で 130m もしくは 90m の離隔距離が確保される条件で屋外利用においても共用可能となった。

参表 4-8 その他の局での計算結果

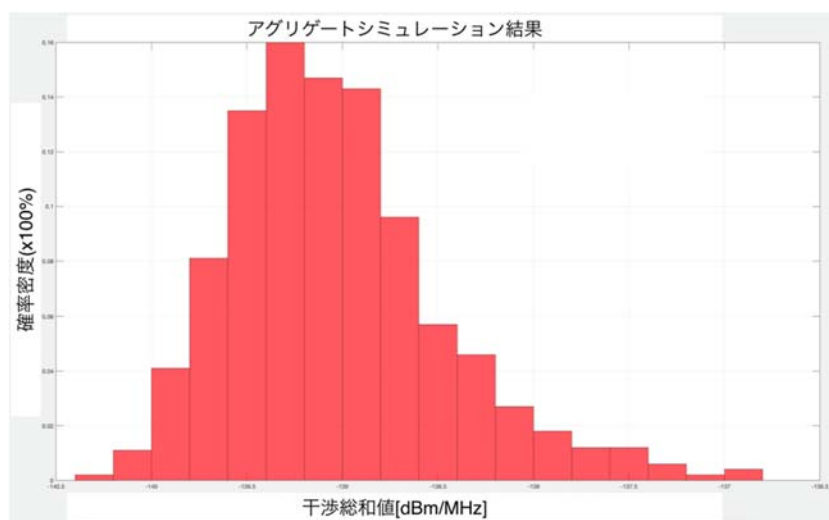
対象局	UWB デバイス密度 [Units/km ²]	許容干渉値 [dBm/MHz]	離隔距離 [km]
石岡 (郊外)	98	-145	0.13
水沢 (郊外)	70		0.13
石垣島 (ルーラル)	36		0.09
入来 (ルーラル)	18		0.09
小笠原 (ルーラル)	2		0.09
高萩 (郊外)	72		0.13
日立 (郊外)	72		0.13
臼田 (郊外)	72		0.13
山口 (ルーラル)	47		0.09
あわら (ルーラル)	47		0.09

5 干渉シミュレーションデータ

参図 4-2 と参図 4-3 に 小金井局のアグリゲートのシミュレーション結果を示す。
(離隔距離 75m)



参図 4-2 小金井局における 80%/20%:屋内/屋外利用の
アグリゲート結果 (累積分布)



参図 4-3 小金井局における 80%/20%:屋内/屋外利用のアグリゲート結果
(確率密度)

電波天文・測地 VLBI システムに対する屋外での実証実験 及び見通し外伝搬損失測定

1 屋外における実証試験

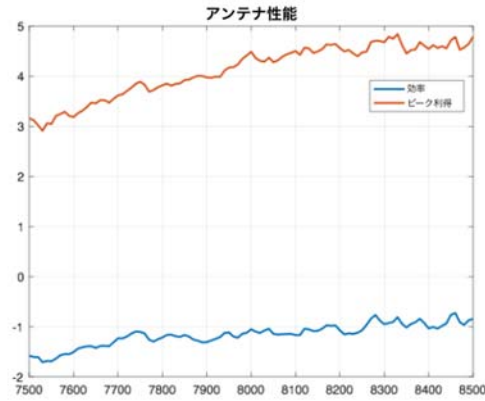
屋外における実証実験においては、最も干渉許容値が厳しい VLBI 局を対象に、被干渉側局近傍で UWB 9 チャンネル（中心周波数: 7987.2MHz）の電波を発射して、その UWB 信号が VLBI システムの受信特性にどのような影響があるのかを調べる（実験 1）。
また、シミュレーションの妥当性を確認するために、無変調信号を用いた見通し内と見通し外伝搬の損失を測定する（実験 2）。

2 実証試験設備概要及び試験方法

実証実験に用いた与干渉側システム（UWB 無線システム）を参図 5-1 に、試作アンテナの効率と利得の特性を参図 5-2 に、UWB 無線システムの諸元を参表 5-1 に示す。
参図 5-3 の試作アンテナにおいて、一つのコネクタ端を 50 オームで終端して、もう片側のコネクタ端を RF 同軸ケーブルを介して信号発生機出力に接続して使用している。



参図 5-1 実験 1 及び実験 2 の UWB 無線システム



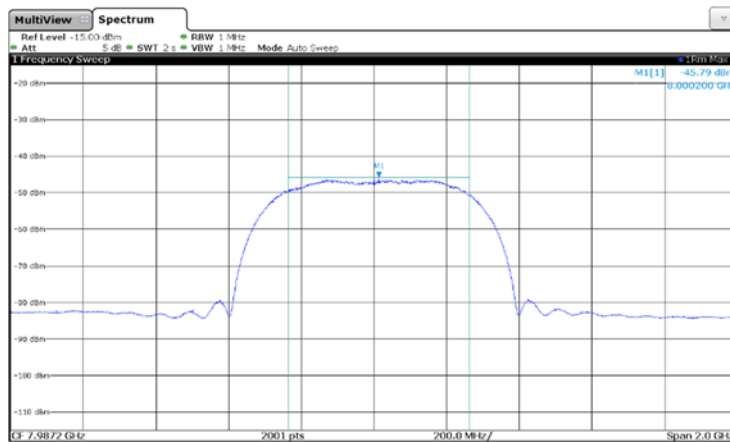
アンテナの効率 (dB) とアンテナのピーク利得 (dBi)

参図 5-2 試作アンテナの最大利得と効率特性

参表 5-1 UWB 無線システムの無線局諸元

型式	X1D	N0N
変調方式	BPM-BPSK	無変調
周波数	7987.2MHz	
占有帯域幅	710MHz 以下	---
空中線電力	最大 3.7mW 以下	最大 0.01 μ W 以下
空中線電力の可変範囲	1nW~3.7mW	1nW~0.01 μ W
送信アンテナ利得	最大利得 5dBi 以下	

また、実験で使用した UWB 無線システムの送信波形を参図 5-3 に示す。



(注) 最大利得 4.5 dBi の試作アンテナに接続すると EIRP 換算で -41.29 dBm/MHz
 参図 5-3 実験で使用した UWB 無線システムの送信波形

実験 1

被干渉局となる VLBI 局の近傍に与干渉局のシステムを設置し、UWB 9 チャンネル (中心周波数: 7987.2 MHz) の信号をオン/オフさせ、その時の VLBI システムの受信特性の差分を確認する。基本的には、-41.3 dBm/MHz 程度の電力で実験を行うが、森林等に囲まれた環境で実験を行うためこの信号レベルでは被干渉側で影響が見えない可能性が考えられるため、それよりも最大で約 19 dB 高い電力の範囲において、電力を上げて被干渉側での影響度合いを確認することも想定する。実験 1 の概念図を参図 5-4 に示す。

UWB 9 チャンネル
(中心周波数: 7987.2 MHz)



参図 5-4 実験 1 の概念参図

実験 2

シミュレーションで適用した見通し外等の損失 $K_{los} = 14$ dB の妥当性確認目的のために無変調信号を用いた伝搬損失の測定を行う。

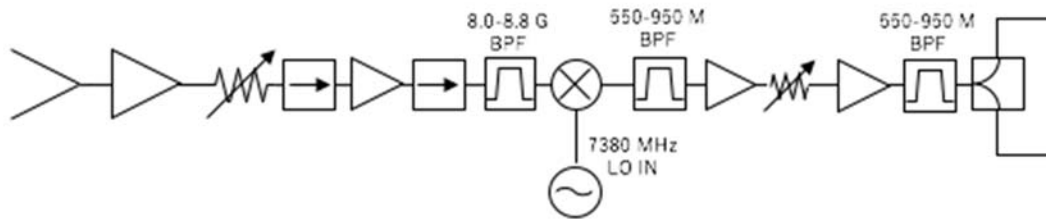
UWB の変調信号では約 500 MHz の広い帯域に電力が分散されるため、単位周波数あたりの電力密度が小さく、伝搬損失の測定が精度よく測定できない可能性が考えられる。そこで、単位周波数あたりの電力密度の大きい無変調信号を用いる。実験 2 の概念図を参図 5-5 に示す。

UWB 9 チャンネル
(中心周波数: 7987.2 MHz)

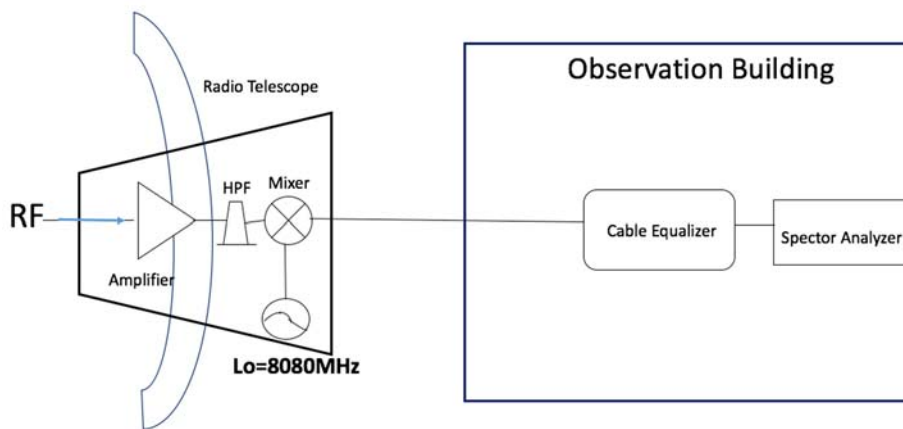


参図 5-5 実験 2 の概念図

実証実験を行った被干渉側局の代表として国立天文台 高萩局のシステム構成を参図 5-6 に、水沢局のシステム構成を参図 5-7 に示す。



参図 5-6 高萩局のシステム構成



参図 5-7 水沢局のシステム構成

3 電波天文・測地 VLBI システムに対する屋外での実証実験の結果
 実験 1 について、参表 5-2 の無線局に対して実施した。

参表 5-2 実験 1 の対象無線局

無線局	住所
NIC 小金井局	東京都小金井市貫井北町 4-2-1
国土地理院 石岡局	茨城県石岡市根小屋 根小屋字鬼越 1029-23
国立天文台 水沢局	岩手県奥州市水沢区星ガ丘町 2-12
国立天文台 高萩局	茨城県高萩市島名 6 5 3
国土地理院 石岡局	茨城県石岡市根小屋 根小屋字鬼越 1029-23

3-1 高萩局（実験1）

高萩局の周辺環境及び測定点を写真5-1に示す。



写真5-1 高萩局周辺環境

[実験手順]

1. 測定点 A において、UWB オンとオフの状態それぞれで、受信機に接続されたパワーメーター及びスペクトラムアナライザで受信信号レベルを確認する。仰角を変えて繰り返す。
2. 測定点 B において、手順1を繰り返す。

[実験結果]

実験結果を参表5-3に示す。

高萩局の観測最小角度である15度において、UWB オン/オフで有意な差は確認されなかったため、本実験の条件下では実質的な影響はないと考えられる。最悪条件において、分解能を狭く(本実験では3 kHz)設定することで、スパイクが確認されたが、ノイズフロアから1.5 dB程度のレベルであることはもとより非常に狭帯域であることから、本スパイクによるシステムへの影響の実質的な懸念は小さいと考えられる。

参表 5-3 実験結果（高萩局）

	仰角 [度]	UWB オン/ オフの差分 (スペアナ)	UWB オン/ オフの差分 (パ ワー メータ)	アンテナ 温度換算値	システム 雑音度[K]
測定点 A (距離約 20.3m)	5	~1dB (スパイク)	0.2dB	0.2K	53
	15	有意な差は なし	有意な差は なし	有意な差はなし	33
測定点 B (距離約 62.5m)	5	有意な差は なし	有意な差は なし	有意な差はなし	55
	7	~1.5dB (スパイク)	0.2dB	0.2K	46
	15	有意な差は なし	有意な差は なし	有意な差は なし	33

3-2 水沢局（実験1）

水沢局の周辺環境及び測定点を写真 5-2 に示す。



写真 5-2 水沢局周辺環境

[実験手順]

1. 測定点 A において、UWB オンとオフの状態それぞれで、受信機に接続されたスペクトラムアナライザで受信信号レベルを確認する。仰角を変えて繰り返す。
2. 測定点 B において、手順 1 を繰り返す。

[実験結果]

実験結果を参表 5-4 に示す。

高萩局同様に、測定帯域及び分解能を狭く設定した本実験の設定において、最大で 0.4 dB 程度のスパイクが確認されたが、非常に狭帯域であることから、本スパイクによるシステムへの影響の実質的な懸念は小さいと考えられる。

また、スペクトルアナライザに入力を入れない時のノイズレベルの測定も行ったが、実験での測定値より約 60 dB 低い値であったため、測定器自身のもつノイズレベルの影響はほぼないと言える。

参表 5-4 実験結果（水沢局）

	仰角 [度]	UWB オン/オフの差分 (スペアナ)	アンテナ温度換算値	システム雑音温度[K]
測定点 A (距離約 17.2m)	5	~0.2dB(スパイク)	~70	1500
	10	~0.4dB(スパイク)	~120	1290
	90	有意な差はなし	有意な差はなし	950
測定点 B (距離約 81.2m)	5	~0.2dB(スパイク)	~70	1460
	10	~0.2dB(スパイク)	~70	1440

(注) 水沢局の受信機は高萩局や石岡局のように冷却していないため、システム雑音温度が高くなっている。また、この値は、スペクトラムアナライザの分解能 3kHz での値である。

3-3 石岡局（実験1）

石岡局の周辺環境及び測定点を写真5-3に示す。



写真5-3 石岡局周辺環境

[実験手順]

1. 測定点 A において、UWB オンとオフの状態それぞれで、受信機に接続されたスペクトラムアナライザで受信信号レベルを確認する。仰角を変えて繰り返す。
2. 測定点 B において、手順 1 を繰り返す。

[実験結果]

実験結果を参表 5-5 に示す。

スロープがあり被干渉アンテナとの高低差が小さく、直線距離が 21.2m の測定点 A において、仰角 35 度以内の低仰角で 2~4dB 程度、仰角 70 度で 5dB 程度のスパイクが確認されたが、非常に狭帯域であった。また、被干渉アンテナとの高低差があり、直線距離も 31.3m と離れた測定点 B においては、仰角 76 度で 0.5dB 程度のスパイクが確認されたが、その他の仰角においては UWB 送信波による影響は確認されなかった。

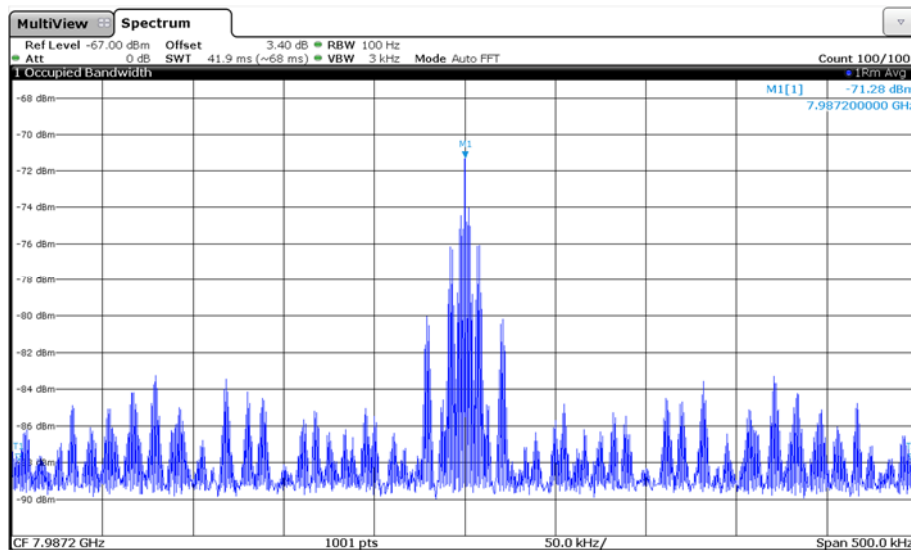
参表 5-5 実験結果（石岡局）

	仰角[度]	UWB オン/オフ時の差分
測定点 A (離隔直線距離約 21.2m)	0	~3.5dB(スパイク)
	10	~4dB(スパイク)
	35	~3dB(スパイク)
	70	~5dB(スパイク)
測定点 B (離隔直線距離約 31.3m)	0	有意な差はなし
	5	有意な差はなし
	10	有意な差はなし
	76	~0.5dB(スパイク)

また、写真 5-4 に示すように測定点 A において UWB 送信アンテナの高さを地上から 2.25m の高さまでかさ上げして被干渉アンテナとの高低差がより小さくなるようにして実験を行ったところ、参図 5-8 に示すように中心周波数で 18dB 程度、その他の周波数でも 5dB 程度の信号が確認された。なお、かさ上げ前の高さは 1.5m である。



写真 5-4 石岡局測定点 A において送信アンテナをかさ上げた様子



参図 5-8 高さ 2.25m までかさ上げした状態での測定結果

【実験 1 での考察】

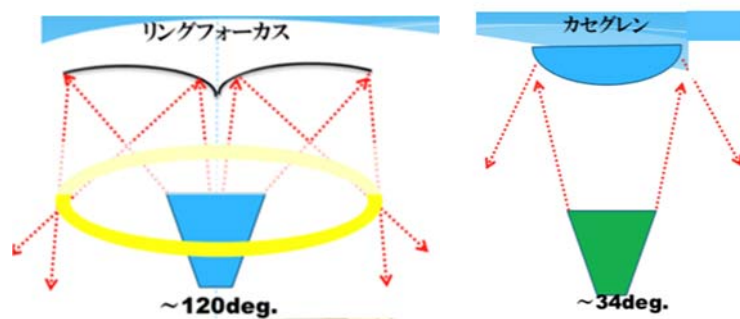
- 石岡局の測定点 A での送信点を写真 5-5 に示す。石岡局では被干渉局アンテナと高低差が小さく正対に近いケースにおいて、UWB オン/オフにおける最大の変化を確認した。特に、地上から 2.25m の高さまで与干渉アンテナをかさ上げた場合、中心で 18 dB、ある程度幅を持った帯域で 5 dB 程度の信号を確認した。これは、被干渉アンテナのシステムに影響を与えると考えられる。



写真 5-5 石岡局測定点 A での写真

- また、石岡局では 70 度以上の高い仰角で UWB 信号に起因する 5dB 程度のスパイク信号が検出されている。石岡局の被干渉アンテナに用いられている光学系はリングフォーカスと呼ばれ、高萩局、水沢局のようなカセグレンアンテナと比

べ、広角で副鏡に入射してくる信号も受信される（参図 5-9）。このように、石岡局では、高い仰角での信号の混入も注意すべきである。



参図 5-9 リングフォーカスとカセグレンアンテナの比較

4 見通し外伝搬損失測定

実験 2 について、以下の無線局に対し実施した。(参表 5-6)

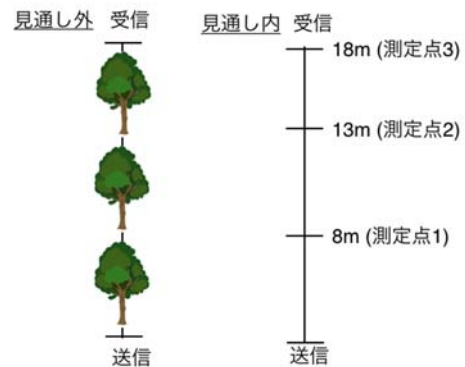
参表 5-6 実験 2 の対象無線局

無線局	住所
NICT 小金井局	東京都小金井市貫井北町 4-2-1

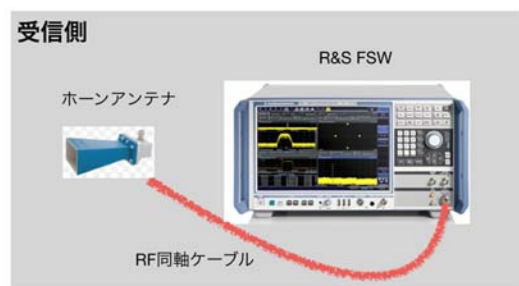
小金井局の周辺環境及び測定点を写真 5-6 と参図 5-10 にそれぞれ示す。また、実験 2 のシステム概要を参図 5-11 に示す。



写真 5-6 小金井局周辺環境



参図 5-10 小金井局測定点



参図 5-11 実験 2 のシステム概要

[実験手順]

1. 見通し内環境において、信号発生機より無変調信号: 出力 -50 dBm を送信し、スペクトラムアナライザで受信信号強度を測定する。
2. 見通し外環境において、手順 1 を繰り返す。

[実験結果]

実験結果を参表 5-7 に示す。

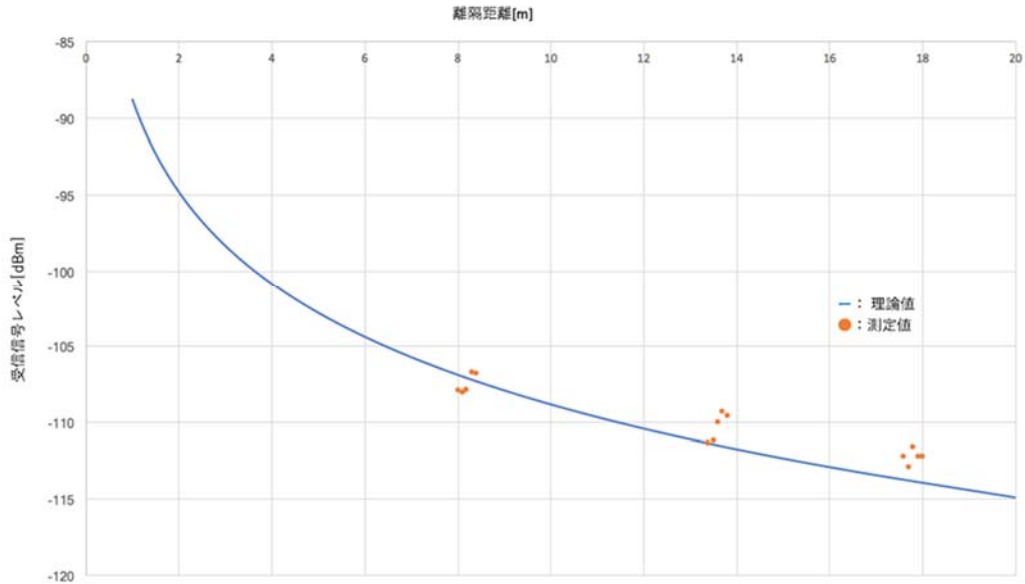
見通し内、見通し外の伝搬損失の差分として、測定点 1~3 で 14 dB 以上の差分を確認した。

今回の実験環境下においては、ITU-R SM. 2057 で定義されている見通し外等の損失 $K_{los} = 14$ dB の妥当性を確認することができた。

参表 5-7 実験 2 の結果 (小金井局)

	離隔距離[m]	見通し内と見通し外における 伝搬損失差分[dB]	平均値[dB]
測定点 1	8	14.4	15.1
	8.1	14.6	
	8.2	15.6	
	8.3	15.3	
	8.4	15.7	
測定点 2	13.4	22.3	24.6
	13.5	24.1	
	13.6	24.7	
	13.7	27.0	
	13.8	25.4	
測定点 3	17.6	27.8	29.8
	17.7	29.0	
	17.8	31.3	
	17.9	32.2	
	18	29.8	

参図 5-12 に自由空間伝搬損失の理論式と本実験で測定された見通し内伝搬における受信信号レベルの比較を示す。



(注) 理論値の値に関して、
送信アンテナ利得: 4.5 dBi、
受信ホーンアンテナ利得: 17.1 dBi、
送信系 RF 同軸ケーブル損失: 4.4 dB、
受信系 RF 同軸ケーブル損失: 6 dB
を加味して、自由空間伝搬損失の計算式から算出した。

参図 5-12 見通し内伝搬損失の理論値と測定値

電波防護指針への適合

1 電波防護指針への適合

電波防護指針では、電波が人体に好ましくない作用を及ぼさないレベルであるかどうかを判断するための指針値等を示しており、これに基づき、UWB 無線システムの運用状態に応じて、電波防護指針に適合するようシステム諸元の設定に配慮する必要がある。

UWB 無線システムから発射される電波の安全性を確認するため、以下のとおり検討を行った。最大の電力の出力を想定した場合においても、電波の強さが電磁界強度指針（一般環境）の指針値を超える送信空中線からの距離を算出すると、周波数帯域 7250MHz から 10250MHz 帯のもので 1.4mm～2.7mm となり、UWB 無線システムの利用形態を鑑みると特段支障がない。

2 前提条件

(1) UWB 無線システムの最大送信電力

周波数帯域 7250MHz から 10250MHz 帯の UWB 無線システムが、平均電力(EIRP) -41.3dBm/MHz で均一なスペクトラムの波形を送信した場合、最大送信電力はそれぞれ以下のとおり。

周波数帯域 7250MHz から 10250MHz 帯
-41.3dBm/MHz+10log(10250-7250)=-6.5dBm (0.22mW=0.00022W)

(2) 電波の強度の算出式 （無線設備から発射される電波の強度の算出方法及び測定方法（郵政省告示 平成 11 年 4 月 27 日 第三〇〇号）より引用）

$$S = \frac{PG}{40\pi R^2} \cdot K$$

S：電力束密度[mW/cm²]

P：空中線入力電力[W]

G：送信空中線の最大輻射方向にいける絶対利得

R：算出に係る送信空中線と算出を行う地点との距離[m]

K: 反射係数 (ただし、反射係数は参表 6-1 のとおり)

参表 6-1 反射係数

ア	すべての反射を考慮しない場合	1
イ	大地面の反射を考慮する場合 (送信周波数が 76MHz 以上の場合)	2.56
ウ	水面等大地面以外の反射を考慮する場合	4

3 算出結果

算出結果は参表 6-2 のとおりである。

参表 6-2 算出結果

	周波数帯 (MHz)	7250~10250
ア	すべての反射を考慮しない場合	1.4 mm
イ	大地面の反射を考慮する場合 (送信周波数が 76MHz 以上の場合)	2.2 mm
ウ	水面等大地面以外の反射を考慮する場合	2.7 mm