

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周波数帯域拡張に係る技術的条件」

報告書 目次

I 検討事項.....	4
II 委員会及び作業班の構成	4
III 検討経過.....	4
IV 検討概要.....	6
第1章 UWB（超広帯域）無線システムの屋外利用に係る動向	6
1-1 検討の背景.....	6
1-2 UWB 無線システムの屋外利用に係るこれまでの検討.....	6
1-3 UWB 無線システムの新たなニーズ.....	9
1-4 UWB 無線システムに係る諸外国の規制動向	11
第2章 UWB 無線システムの普及予測	15
2-1 普及予測の考え方	15
2-2 グローバル市場における普及予測.....	15
2-3 日本における普及予測.....	18
第3章 他の無線システムとの共用条件.....	22
3-1 UWB 無線システムの屋外利用周波数の拡張のための要求条件	22
3-2 共用検討の前提条件	22
3-3 他の無線システムとの共用検討	23
3-3-1 検討対象の無線システム.....	23
3-3-2 共用検討の手法	24
3-3-3 各無線システムとの共用検討.....	30
3-4 屋外利用型 UWB 無線システムの運用制限の考え方	62
第4章 屋外利用型 UWB 無線システム（帯域拡張）の技術的条件.....	65
4-1 屋外利用型 UWB 無線システム（帯域拡張）の技術的条件.....	65
4-1-1 一般的条件（1） UWB 無線システムの定義.....	65
4-1-2 無線設備の技術的条件	67
4-1-3 測定方法.....	68
4-2 将来の技術的条件の見直し等.....	68
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	69
UWB 無線システム屋外利用検討作業班 構成員.....	70

I 検討事項

陸上無線通信委員会（以下、委員会という。）は、情報通信審議会諮問第 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）について検討を行った。

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、委員会の下に設置された「UWB無線システム屋外利用検討作業班」（以下、作業班という。）において検討を行った。作業班の構成については、別表2のとおり。

III 検討経過

1 委員会での検討

(1) 第 57 回（令和 2 年 4 月 30 日～同年 5 月 12 日）

UWB 無線システムの屋外利用周波数の拡張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、検討の進め方及びスケジュールについて、メールによる検討を行った。

(2)

(3)

2 作業班での検討

(1) 第 5 回（令和 2 年 5 月 29 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を確認し、UWB 無線システムの屋外利用に係る利用ニーズ及び他の無線システムとの共用について検討を行った。

(2) 第 6 回（令和 2 年 7 月 3 日）

UWB 無線システムの屋外利用に係る既存無線システムとの共用、技術的条件案及び運用制限の考え方について検討を行った。

(3) 第 3 回（令和 2 年 月 日）

(4) 第 4 回 (令和 2 年 月 日)

IV 検討概要

第1章 UWB（超広帯域）無線システムの屋外利用に係る動向

1-1 検討の背景

UWB（超広帯域）無線システムは、非常に小さな電力を 500MHz 程度以上の広い周波数帯域に渡って拡散させることで雑音並みの電力で電波の送受信を行うシステムであり、数百 Mbps の高速データ通信のほか、広帯域性を利用した高精度な測位及びレーダーのような物体検知を行うことが可能である。我が国においては、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 以下、7.25GHz を超え 10.25GHz 以下）の制度化がなされ、以降、平成 22 年 4 月に 22-29GHz 帯を利用した UWB レーダーシステムの導入、平成 25 年 12 月にマイクロ波帯（7.25GHz を超え 10.25GHz 以下）のセンサー用途等への利用拡大の制度改正がなされている。

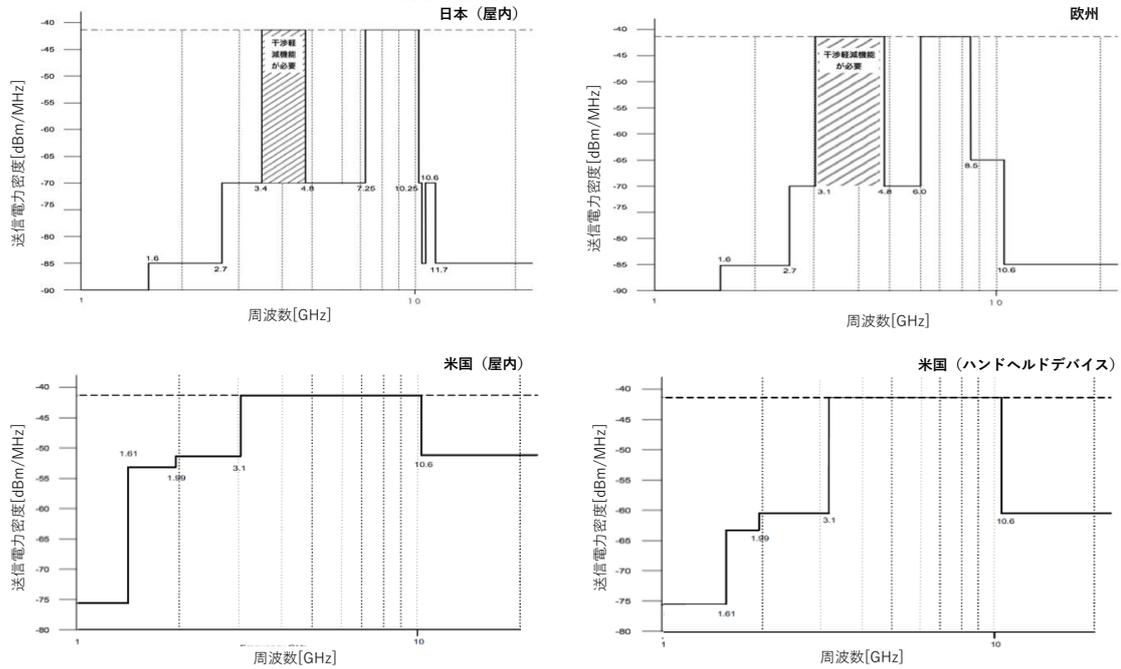
マイクロ波帯の UWB 無線システムは、欧米を含めた諸外国においては屋内利用と同等の周波数範囲で屋外利用が可能となっているが、我が国においては、平成 18 年の制度化以来、屋内利用に限定されていた。しかし、近年、IoT やセンサーネットワークにおける無線通信アプリケーションの多様化が進むとともに、無線デバイスの小型化の技術進展も相まり、モバイルデバイスや自動車等への搭載を想定した高精度測位や物体検知等のアプリケーションへの応用のニーズが高まり、平成 30 年度に委員会において、マイクロ波帯のうち 7.587 GHz から 8.4 GHz の周波数について屋外利用を可能とするための技術的条件の検討を行い、平成 30 年 11 月 14 日に情報通信審議会より一部答申を受けた。その後、総務省において制度化の検討がなされ、令和元年 5 月 20 日に屋外利用型のマイクロ波帯 UWB 無線システムの制度化がなされた。

今般、UWB 無線システムの屋外利用の更なる需要増、より高度なシステムや無線標定用途への応用のニーズを踏まえ、本委員会において、屋外利用周波数の更なる帯域拡張に向けた技術的条件の検討を行うものである。

1-2 UWB 無線システムの屋外利用に係るこれまでの検討

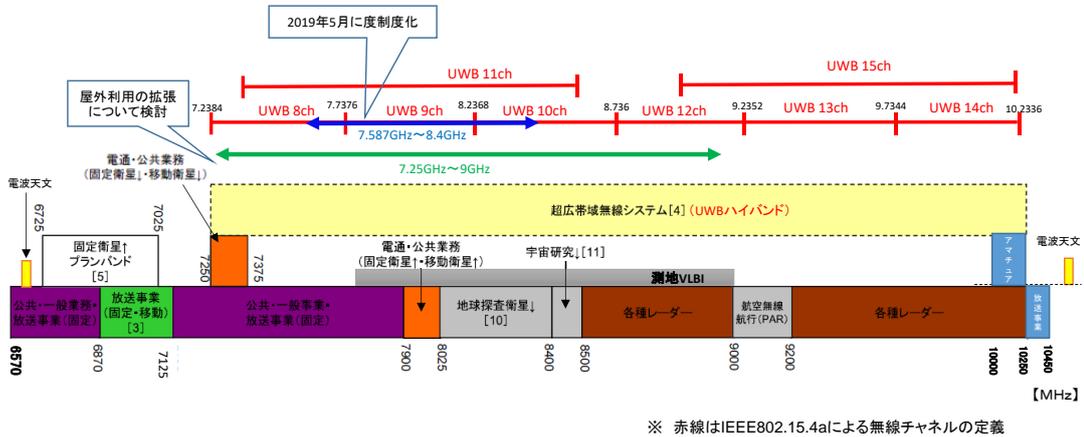
UWB 無線システムは免許不要の無線システムとして利用されているが、免許を受けて運用されている多数の無線システムとの共用が前提となっている。このため、UWB 無線システムの導入にあたっては、ITU（国際電気通信連合）においても他の無線システムとの共用検討がなされ、その結果及び各国における共用システム保護のための電力密度の規定値が ITU-R 勧告として取りまとめられている。各国における電力密度の規定値（スペクトルマスク）を図 1-1 に示す。

図 1-1 UWB 無線システムのスペクトルマスク (欧米及び日本)



(注) 電力密度は平均値

図 1-2 にマイクロ波帯の UWB 無線システム (ハイバンド) の周波数帯における我が国の無線システムの利用状況を示す。



※ 赤線はIEEE802.15.4aによる無線チャネルの定義

図 1-2 周波数の利用状況 (6.57GHz~10.25GHz)

屋外利用の検討にあたっては、UWB 無線システムの利用台数、利用頻度、利用場所などの前提条件が屋内利用の場合と異なることから、既存の無線システムへの影響を改めて検証する必要がある。UWB 無線システムと周波数を共用する無線システムは多岐にわたり、特に 8.5GHz 以上の周波数帯は公共業務のレーダーなどで使用され

ていることから、慎重な検討が必要となる。

そこで、平成 30 年度の検討においては、UWB 無線システムの国際標準規格の 1 つである IEEE802.15.4a において必須 (Mandatory) となっているチャンネル 9 (中心周波数 : 7,987.2MHz、占有周波数帯幅 : 499.2MHz) の電力スペクトルマスク (図 2-2) を包含する 7.587GHz 以上 8.4GHz 未満の周波数を屋外利用の対象とすることになった。

表 1-1 IEEE 802.15.4 のチャンネル規定

Table 16-11—HRP UWB PHY band allocation

Band group ^a (decimal)	Channel number (decimal)	Center frequency, f_c (MHz)	Band width (MHz)	Mandatory/Optional
0	0	499.2	499.2	Mandatory below 1 GHz
1	1	3494.4	499.2	Optional
	2	3993.6	499.2	Optional
	3	4492.8	499.2	Mandatory in low band
	4	3993.6	1331.2	Optional
2	5	6489.6	499.2	Optional
	6	6988.8	499.2	Optional
	7	6489.6	1081.6	Optional
	8	7488.0	499.2	Optional
	9	7987.2	499.2	Mandatory in high band
	10	8486.4	499.2	Optional
	11	7987.2	1331.2	Optional
	12	8985.6	499.2	Optional
	13	9484.8	499.2	Optional
	14	9984.0	499.2	Optional
	15	9484.8	1354.97	Optional

^a Note that bands indicate a sequence of adjacent HRP UWB center frequencies: band 0 is the sub-gigahertz channel, band 1 has the low-band HRP UWB channels, and band 2 has the high-band channels.

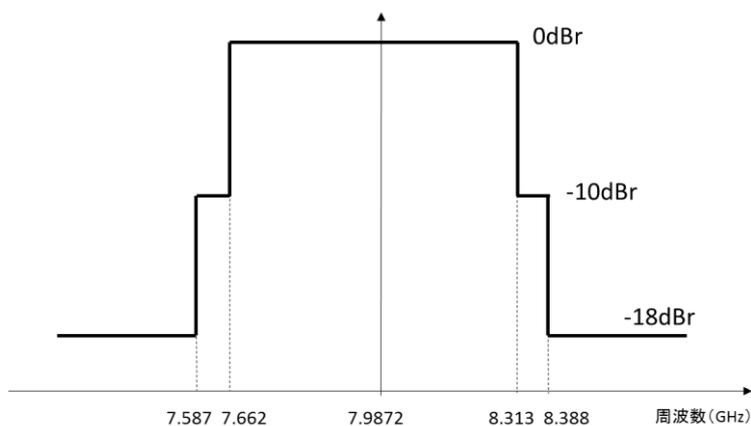


図1-3 IEEE802.15.4a (チャンネル9) のPSDマスク

屋外利用周波数の拡張にあたっては、8.5GHz以上の公共業務のレーダー等の無線システムへの影響も考慮し、電力スペクトルマスクの規定値の見直しなどの技術的条件について検討することが必要となる。

1-3 UWB 無線システムの新たなニーズ

(1) 屋外利用の帯域拡張のニーズ

UWB無線システムの屋外利用においては、近距離での高精度な測位機能を応用した多様なアプリケーションに対する需要がある。具体的には、スマートアクセス、スマートキー、リモートパーキングなどで、これらはUWB無線システムの測位機能を応用して、真に通信が必要なエリアに端末が近づいたときだけ通信を行うことでセキュリティを高めることが可能となる。また、スマートフォンなどのモバイルデバイスへの搭載の需要も増えていくことが想定される。一方、このように、屋外でUWB無線システムを利用する場合、他の無線システム等からの干渉への対応が必要となる。また、将来的には、より高度なアプリケーションとして、データ通信と測位を同時に行う高精度車両誘導システムなどへの応用も期待される。

これらの実現のために、電波の利用状況に応じて使用チャネルを即時に変更する機能（AFA - Adaptive Frequency Agility）や異なる周波数を割り当てて複数チャネルで同時通信を行う方式（FDMA- Frequency-Division Multiple Access）の実装が検討されており、より多くの周波数チャネルの確保のため、屋外利用可能な周波数帯域の拡張が求められている。



図 1-4 UWB 無線システムを利用するアプリケーションの例①

(UWB 屋外利用検討作業班 (第 5 回) 資料
(コンチネンタル・オートモーティブ (株) 提供))



- アプローチアンロック / ウォークアウェイロック
- ウェルカムライトなど新たな機能の導入が可能となる
- スマートデバイスによる定位範囲の拡大
 - 位置情報に基づいたウェルカムライト
 - 車室内：シート位置に基づいた設定の有効化
 - 位置データからのユーザの意図認識の向上



- リモートコントロールパーキング (RCP)
 - ディスプレイキーで車を操作 (現在の距離：5m以内)
 - WP29の基準である6mでの操作及び誤操作による事故の防止が可能

図 1-5 UWB 無線システムを利用するアプリケーションの例②

(UWB 屋外利用検討作業班 (第 5 回) 資料

(ビー・エム・ダブリュー (株) 提供))

(2) 無線標定用途のニーズ

UWB 無線システムの広帯域性を利用し、レーダー (無線標定) の技術を応用した物体検知としてのアプリケーションへの需要もある。具体的には、バイタルセンサーや人感センサー、トンネルなどの屋外構造物の非破壊検査などがある。また、スマートフォンなどのモバイルデバイスへの搭載も想定される。これらは、従来は 10GHz 以上の準ミリ波、ミリ波を用いた特定小電力無線局での利用が一般的であったが、マイクロ波帯の UWB 無線システムで実現することで、より電波の伝搬特性のよい利点を活かしたアプリケーションへの応用が期待される。

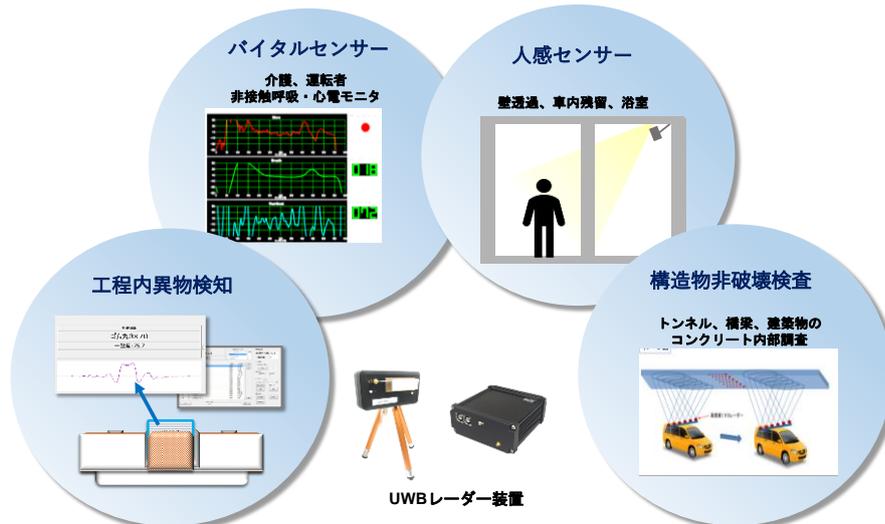


図 1-5 UWB 無線システムを利用するアプリケーションの例③

(UWB 屋外利用検討作業班 (第 5 回) 資料

((株) 日本ジー・アイ・ティー提供))

1-4 UWB 無線システムに係る諸外国の規制動向

表 1-2 に日本及び諸外国におけるマイクロ波帯の UWB 無線システムの制度概要を示す。

我が国においては、これまでマイクロ波帯の UWB 無線システムの利用は屋内に限定されていたが、令和元年 5 月の制度改正により、7.587GHz から 8.4GHz までのハイバンドの周波数において屋外での利用が可能となった。しかし、諸外国に比べるとその周波数範囲が狭く、また無線標定用途での利用はできない。また、3.4GHz から 4.8 GHz までのローバンドの周波数においては、携帯電話システムとの共用のため、干渉軽減機能を具備することが求められ、極めて限定的な利用に制限されている。

米国については、連邦通信委員会 (FCC) 規則 Part15 (無線周波数デバイス) の Sub Part F (UWB 運用) において UWB 無線システムの技術的条件に係る規定がある。使用可能な周波数は 3.1GHz から 10.6GHz までとなっており、屋内と屋外の利用に制限はない。また、干渉軽減機能の具備も不要である。なお、UWB 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、使用者が制限されている。日本の屋外利用型システムに近いハンドヘルド UWB システムについては、対向する受信機が存在する場合にのみ電波の送信が可能とされている。

欧州については、欧州郵便電気通信主管庁会議 (CEPT) 勧告 ERC/REC 70-03 や欧州電気通信標準化機構 (ETSI) が定める統一標準において UWB 無線システムの技術的条件に係る規定がある。使用可能な周波数は 3.1GHz から 4.8GHz まで及び 6.0GHz から 9.0GHz までとなっており、屋内、屋外ともに使用可能となっている。ただし、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おらず、また、3.1GHz から 4.8GHz まで及び 8.5GHz から 9.0GHz までの周波数においては、Detect and Avoid (DAA) 及び Low Duty Cycle (LDC) の機能を具備することが必要とされている¹。

中国については、超寛帯技術周波数使用規定において UWB 無線システムの技術的条件に係る規定があり、4.2GHz から 4.8GHz まで及び 6GHz から 9GHz までの周波数が使用可能となっている。中国においては、等価等方輻射電力の上限が -41.0dBm/MHz 以下となっており、日本を含む諸外国よりも若干緩和された基準値が採用されている。また、米国・欧州と同様に屋内、屋外ともに利用が認められている。干渉軽減機能については、4.2-4.8GHz において具備することが必要となる。

韓国については、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 2019-86 号) において UWB 無線システムの技術的条件に係る

¹ 3.8-4.2 GHz 及び 6-8.5 GHz を使用する車両アクセスシステムについては、LDC (6-8.5 GHz では TPC) が適用される場合でも、送信前トリガー (trigger-before-transmit) の干渉軽減技術を使用する場合は適用されない (欧州連合決議 2019/785/EU)。

規定があり、3.735GHz から 4.8GHz まで及び 6.0GHz から 10.2GHz までの周波数において利用可能となっている。屋内、屋外ともに利用が認められているが、6.0GHz から 7.2GHz までの周波数においては屋外での固定設置は認められていない。また、7.2GHz 以下の周波数においては、干渉軽減機能として LDC の機能を具備することが求められている。

日本を含む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 1-2 日本及び諸外国における UWB 無線システムの制度概要

項目		日本	欧州 (ETSI)	米国	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 決議 (EU) 2019/785	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 2019-86 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 6.0-10.2 GHz
空中線電力上限値	平均値	-41.3 dBm/MHz	規制なし	規制なし	規制なし	規制なし
	尖頭値	0dBm/50MHz	規制なし	規制なし	規制なし	規制なし
EIRP 上限値	平均値	-41.3dBm/MHz	-41.3 dBm/MHz	-41.3 dBm/MHz	-41.0dBm/MHz	-41.3 dBm/MHz
	尖頭値	0dBm/50MHz	0dBm/50MHz	0dBm/50MHz	規制なし	0dBm/50MHz
空中線利得 ²		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
屋内利用		○	○	○	○	○
屋外利用		7.587~8.4GHz のみ可	○ (一部制限あり)	○	○	○ (一部制限あり)
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 ³ 及び LDC ⁴ が必要 - 8.5-9.0GHz は DAA が必要 3.8-4.2 GHz 及び 6-8.5 GHz を使用する車両アクセスシステムにおいて LDC が適用される場合で (6-8.5 GHz は TPC ⁵ が適用)、送信前トリガー (trigger-before-	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 が必要 6.0-7.2 GHz は LDC が必要 (ただし、屋外固定 UWB 機器は利用不可)

² 無線設備規則第 49 条の 27 第 1 項第 5 号 (屋内利用型の UWB システムの技術基準) では、「送信空中線は、その絶対利得が 0 デシベル(1 ミリワットを 0 デシベルとする)以下であること。ただし、等価等方輻射電力が絶対利得 0 デシベルの送信空中線に、前号に規定する空中線電力*を加えた時の値以下となる場合は、その低下分を送信空中線の利得で補うことができる。」と規定されている。また、同条第 3 項 (屋外利用型の UWB システムの技術基準) では、EIRP 値のみ規定されており、同上第 1 項第 5 号の絶対空中線利得及びそのただし書に該当する基準は適用されない。

³ DAA : Detect and Avoid の略。他の無線システムの信号を検知した時は、そのシステムに干渉を与えないレベルまで UWB の送信電力を下げる技術。

⁴ LDC : Low Duty Cycle の略。Duty Cycle に占める電波の発射時間を短くすることにより、他のシステムへの影響を抑える方法。

⁵ TPC : Transmit Power Control の略。周囲の電波環境に応じて送信出力を制御する技術。

		transmit) の干渉軽減技術を使用する場合は、外部制限要件は適用されない。			
屋外利用 (詳細)		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 (0° 以上への外部への放射は-53.3dBm/MHz 以下)	(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 (acknowledgement) 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。	天文台周辺 1 キロメートル以内での UWB は使用不可。	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。
(参考) 航空機、船舶、衛星等での利用制限	利用不可	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、衛星放送、模型飛行機への適用を禁止

第2章 UWB 無線システムの普及予測

2-1 普及予測の考え方

UWB 無線システムの普及予測は、米国の MarketsandMarkets 社が分析を行っており、その結果について調査を行った。同社の分析は、国内外の白書、企業分析、トレンド分析、雑誌、記事、UWB Alliance、FiRa コンソーシアム等の二次資料に基づいており、さらに、DecaWave、Pulselink、Humatics、Zebra Technologies 等の企業の専門家インタビューを通じて検証されている。また、Tracktio、Leantegra、Litum Technologies Inc.、Decawave 等を含む様々な企業の C レベルのエグゼクティブ及びディレクターとの議論を通じて、市場規模の計算に資する分析について検証されている。

なお、同社の分析における前提として、以下の点に留意が必要である。

- グローバル市場における 2018 年の UWB チップセットの出荷台数は、2017 年 1 月に発表された同社予想の 498 万台から大きく下方修正され、170 万台となっている。
- グローバル市場の年平均成長率 (CAGR) は、2017 年 1 月の同社予想においては 5.2% を前提としていたが、今回の分析においては、25.8% と大幅に情報修正されている。これは UWB 無線システムが実装される各種アプリケーションの成長と、NXP、Assa Abloy Group、Samsung Electronics 等の大手企業による FiRa コンソーシアム⁶の創設により、グローバル市場が急速に拡大する見通しを含んでいる。

2-2 グローバル市場における普及予測

グローバル市場におけるエンドユーザー別、アプリケーション別の普及台数及び市場規模の予測を図 2-1 から図 2-4 に示す。

市場全体としては、今後 2025 年までに、普及台数ベースで年成長率 43.6% (合計)、市場規模ベースで年成長率 42.9% (合計) を見込んでいる。

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)、イメージングの割合が大きい。リアルタイム位置測位システムは、人やモノなどの測位対象物に取り付けたタグが発信する電波を一定間隔で配置された基地局 (センサー) で受信し、各基地局における電波の到達時間からタグの正確な位置を検

⁶ FiRa コンソーシアムは、UWB 無線システムのエコシステムの拡大に特化した組織で 2019 年 8 月に ASSA ABLOY Group (HID Global)、NXP Semiconductors、Samsung Electronics 及び Bosch の 4 社により設立された。同コンソーシアムはファインレンジング (Fine Ranging) 機能 (ターゲットまでの距離を測定したり位置を決定したりする際に、これまでにない精度とセキュリティを実現する機能) を用いた新しいユースケースの普及拡大を目指している。同コンソーシアムによるコンプライアンス及び認定プログラムを通じて、複数のデバイス間の相互運用性を確保することが可能となるほか、IEEE、Wi-Fi Alliance、カーコネクティビティコンソーシアム (CCC) 等、他の標準化関係断端との連携も図られている。

出するシステムで、入退室の管理、製造や物流での工程管理、スポーツにおける選手のトレーシングなどに利用されている。イメージングは、レーダーの技術を応用したアプリケーションで、医療用画像診断装置イメージングや非破壊検査装置などで利用されている。

エンドユーザー別でみた場合、製造、住宅関連での伸びが大きく、製造では工具・部品、製造装置や製造物の追跡等、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。

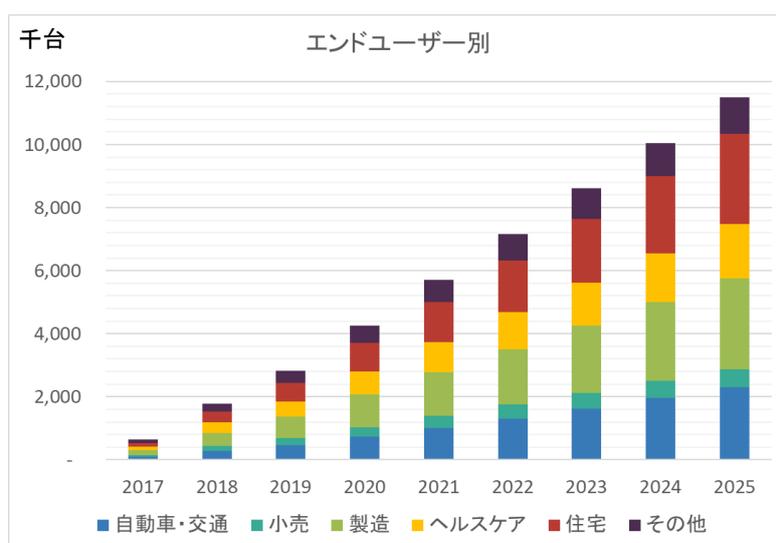


図 2-1 UWB 無線システムの普及台数予測 (エンドユーザー別)
(MarketsandMarkets, UWB Wireless System Market - Forecast to 2025)

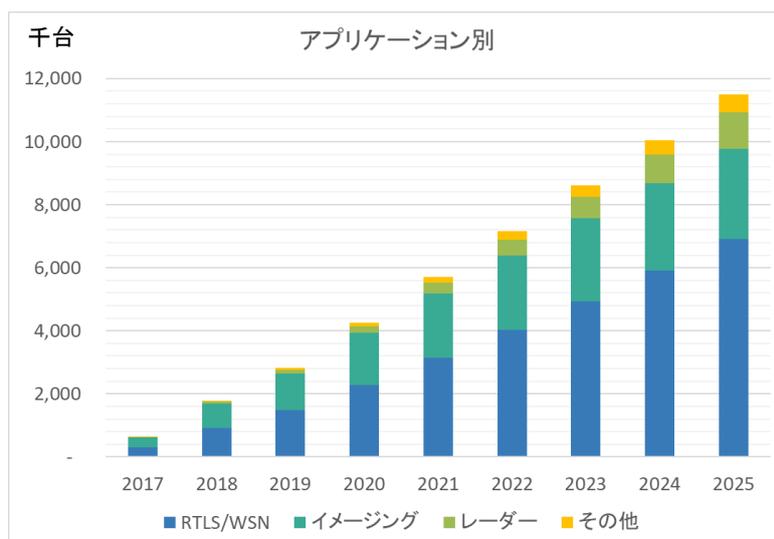


図 2-2 UWB 無線システムの普及台数予測 (アプリケーション別)
(MarketsandMarkets, UWB Wireless System Market - Forecast to 2025)

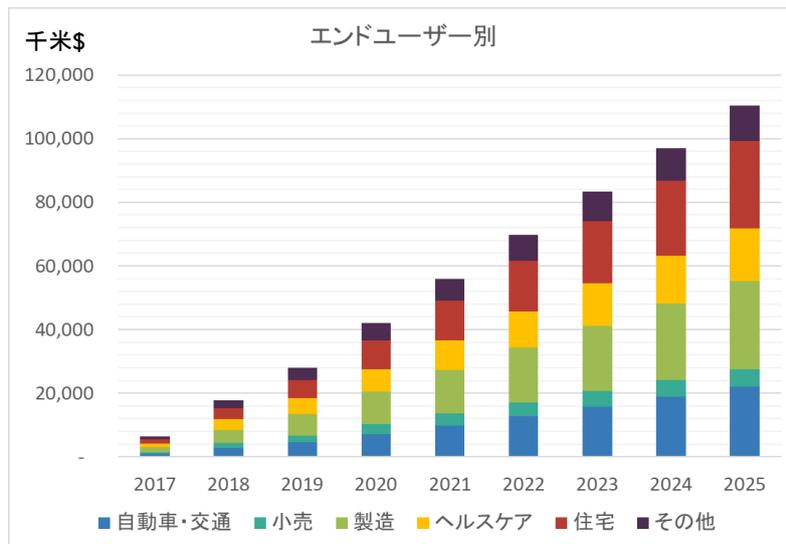


図 2-3 UWB 無線システムの市場規模予測 (エンドユーザー別)
(MarketsandMarkets, UWB Wireless System Market - Forecast to 2025)

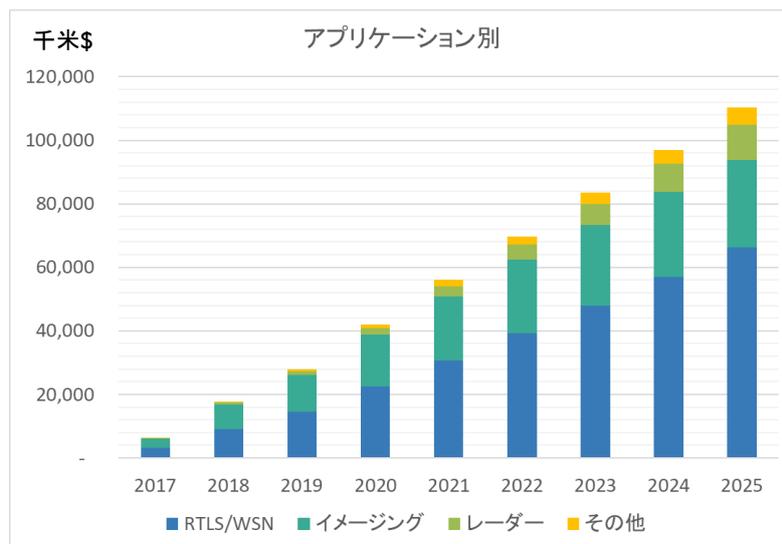


図 2-4 UWB 無線システムの市場規模予測 (アプリケーション別)
(MarketsandMarkets, UWB Wireless System Market - Forecast to 2025)

屋内利用・屋外利用の別での普及予測を図 2-5 及び図 2-6 に示す。

2019 年から 2025 年の伸びを見ると、普及台数ベースでは、全体で約 4.1 倍、屋外利用で約 4.8 倍、市場規模ベースでは、全体で約 4 倍、屋外利用で約 4.7 倍の成長が見込まれる。

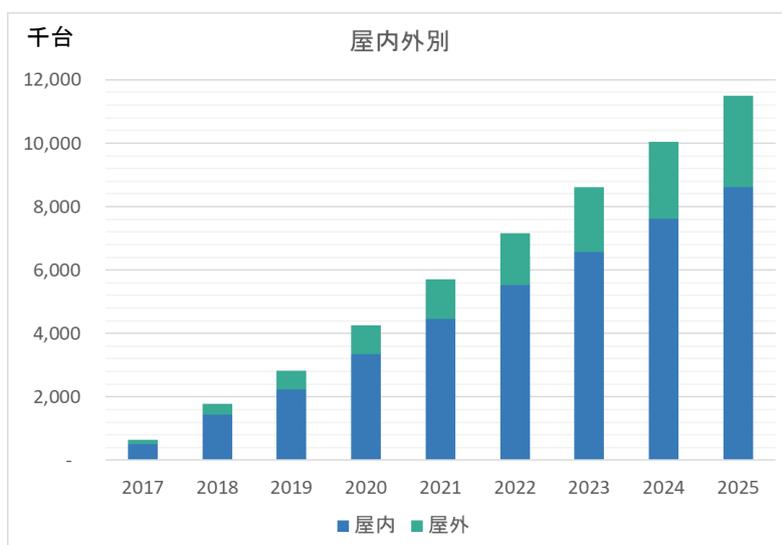


図 2-5 UWB 無線システムの普及台数予測 (屋内・屋外別)
(MarketsandMarkets, UWB Wireless System Market - Forecast to 2025)



図 2-6 UWB 無線システムの市場規模予測 (屋内・屋外別)
(MarketsandMarkets, UWB Wireless System Market - Forecast to 2025)

2-3 日本における普及予測

日本市場におけるエンドユーザー別、アプリケーション別の普及台数及び市場規模の予測を図 2-7 から図 2-10 に示す。

我が国においては、制度上、マイクロ波帯の UWB 無線システムの利用が屋内に限定されたことから、現状は普及台数の伸び悩みがみられるが、昨年度に一部の周波数帯で屋外利用を可能とする制度改正がなされたこと、今後、屋外利用周波数の更なる拡張が

なされることにより、屋外での使用を前提とした製品の出荷台数の増加が見込まれる。市場全体としては、今後 2025 年までに、普及台数ベースで年成長率 71.6%（合計）、市場規模ベースで年成長率 70.7%（合計）を見込んでおり、屋外利用によって日本国内においても UWB 無線システムの利用が急速に拡大すると予想される。アプリケーション別、エンドユーザー別にみた場合、グローバル市場の場合の構成比と大きな差異はない。

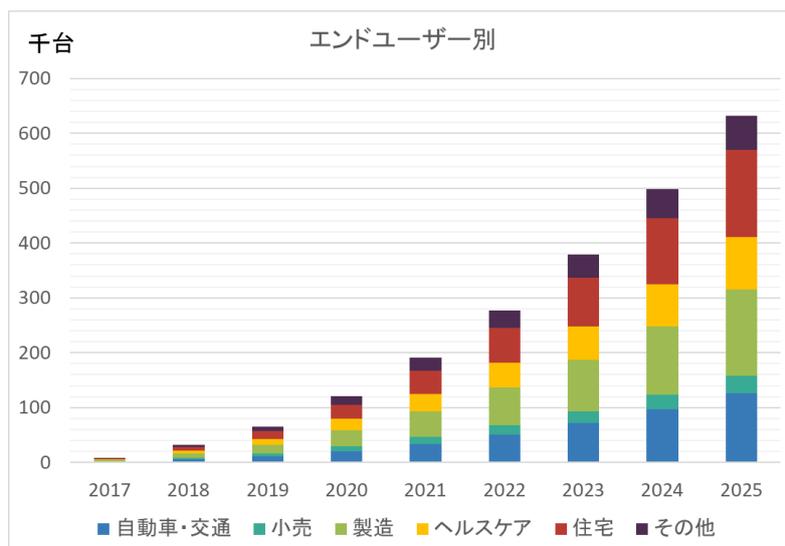


図 2-7 UWB 無線システムの普及台数予測（エンドユーザー別）
 (MarketsandMarkets, UWB Wireless System Market - Forecast to 2025)

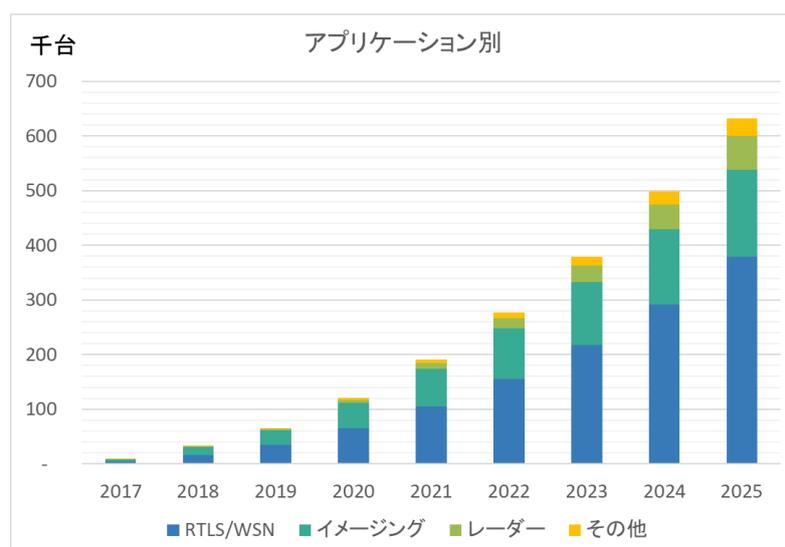


図 2-8 UWB 無線システムの普及台数予測（アプリケーション別）
 (MarketsandMarkets, UWB Wireless System Market - Forecast to 2025)

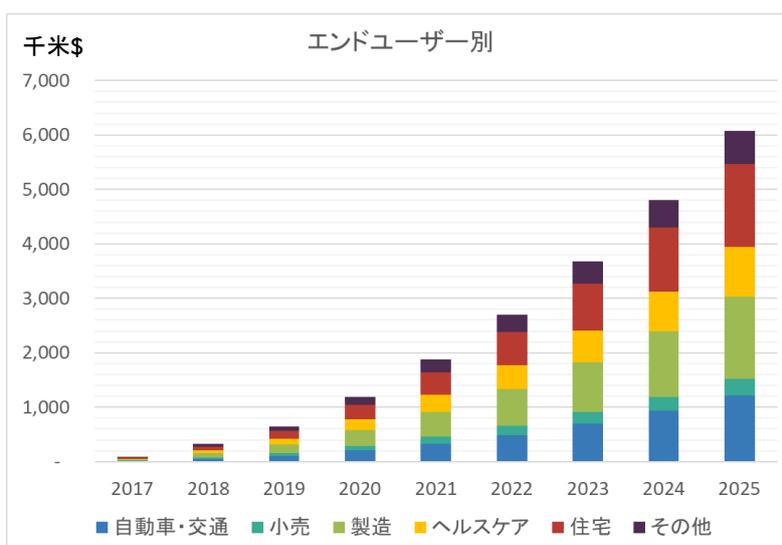


図 2-9 UWB 無線システムの市場規模予測 (エンドユーザー別)
 (MarketsandMarkets, UWB Wireless System Market - Forecast to 2025)

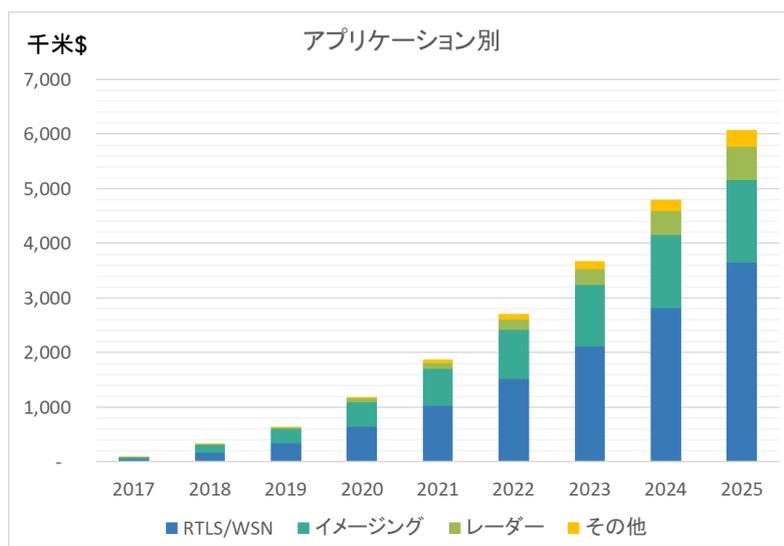


図 2-10 UWB 無線システムの市場規模予測 (アプリケーション別)
 (MarketsandMarkets, UWB Wireless System Market - Forecast to 2025)

屋内利用・屋外利用の別での普及予測を図 2-11 及び図 2-12 に示す。

2019 年から 2025 年の伸びをみると、普及台数ベースでは、全体で約 9.8 倍、屋外利用で約 16 倍、市場規模ベースでは、全体で約 9.8 倍、屋外利用で約 21.4 倍の成長が見込まれる。

日本市場の年平均成長率がグローバル市場に比べて高いのは、MarketsandMarkets 社の調査結果として、屋内アプリケーションの利用の需要が増えることに加え、スマートパーキングアプリケーション、地中探査レーダー、選手追跡システム、認知症の高齢者

向けのポータブルトラッカーといった屋外アプリケーションの需要が高まるという予測に基づいている。

なお、本普及予測は、昨年度の調査時点の普及状況や市場の成長予測に基づくものであり、市場の変化を注視しながら、必要に応じて普及予測の見直しをすることが望ましい。

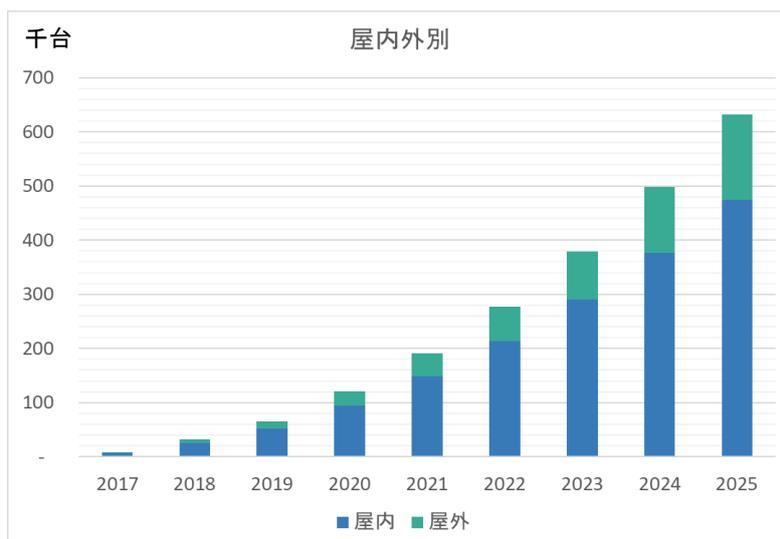


図 2-11 UWB 無線システムの普及台数予測 (屋内・屋外別)
(MarketsandMarkets, UWB Wireless System Market - Forecast to 2025)

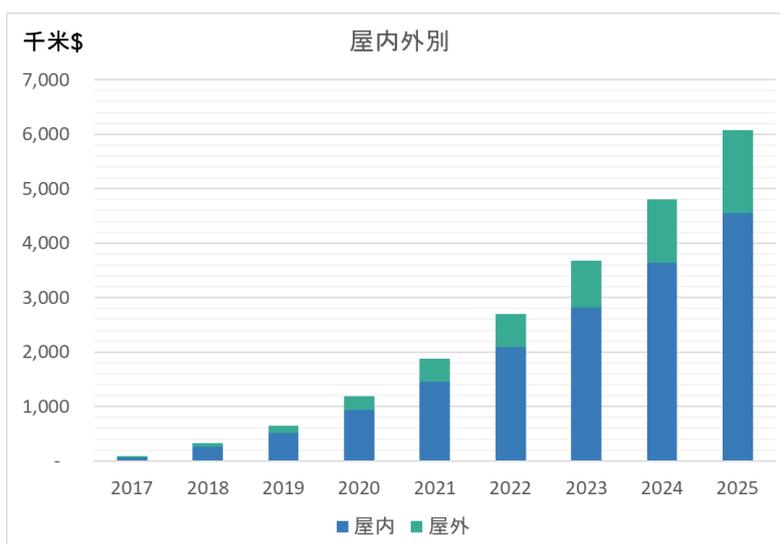


図 2-12 UWB 無線システムの市場規模予測 (屋内・屋外別)
(MarketsandMarkets, UWB Wireless System Market - Forecast to 2025)

第3章 他の無線システムとの共用条件

3-1 UWB 無線システムの屋外利用周波数の拡張のための要求条件

UWB 無線システムの屋外利用周波数の拡張を前提とした要求条件は以下のとおりである。

(1) 屋外利用周波数の範囲

複数チャネルの同時利用や無線標定用途での利用を想定し、ITU-R 勧告 SM.1896-1 において UWB 向けの周波数として指定されている 7.25GHz から 9GHz までの拡張を最低要件とする。

(2) 送信出力レベル (EIRP)

現行の屋内利用の上限値と同一の値 (平均値: -41.3dBm/MHz、尖頭値: 0dBm/50MHz とする)。

(3) 占有周波数帯幅

現行の屋内利用の規定と同様に、指定周波数帯によるものとする。最低要件は、指定周波数帯が 7.25GHz から 9GHz までを想定し、1.75GHz とする。

(4) 1 チャネルの帯幅 (最大輻射電力より 10dB 低い輻射電力による周波数帯幅)

現行基準の屋内利用の基準値と同様に 450MHz 以上とする。

(5) 混信防止機能

無線標定用途での利用にあたっては、電波法施行規則第 6 条の 2 第 5 号⁷に規定する無線標定用途の混信防止機能を具備すること。

3-2 共用検討の前提条件

今回、拡張を検討する周波数と同一及び隣接の周波数帯を利用する既存無線システムへの干渉の影響を検討する。そのための前提条件を以下に示す。

(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

⁷ 電波法施行規則第 6 条の 2 では、小電力の無線システムで適合表示無線設備のみを使用する無線設備 (免許不要の無線局) について、他の無線局の運用を阻害するような混信その他の妨害を与えないための混信防止機能を定めている。現行規定において、UWB 無線システムは同条第 3 号の規定が適用される。

第 3 号 主として同一の構内において使用される無線局の無線設備であって、識別符号を自動的に送信し、又は受信するもの

第 5 号 受信した電波の変調方式その他の特性を識別することにより、自局が送信した電波の反射波と他の無線局が送信した電波を判別できるもの

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) 平成 30 年度の検討における対象周波数(7.587GHz から 8.4GHz)においては、共用検討の条件に変更がない前提の下、重複する検討は行わない。
- (3) UWB の送信出力レベルは現行の屋内利用及び 7.587GHz から 8.4GHz までの屋外利用の技術基準と同一の上限値を想定する。また、不要輻射電力についても、現行基準を参照し、他の無線システムとの共用が可能となる上限値について検討を行う。
- (4) 干渉計算においては、ITU-R 勧告 SM.1755、SM.1756、SM.1757、RA.769-2、ITU-R RA.1513-1 (電波天文)、ITU-R SA.1027-5 (地球探査衛星業務地球局) 及び ITU-R SA.1157-1 (宇宙研究業務地球局) を参照して行う。

3-3 他の無線システムとの共用検討

3-3-1 検討対象の無線システム

UWB無線システムと同一及び隣接の周波数帯を使用する無線システムとその使用周波数及び共用検討手法を表 3-1 に示す。

なお、固定マイクロ及び放送事業用無線(STL/TTL/TSL)については、周波数拡張に伴う複数チャンネル使用時の影響により、UWB無線システム1台あたりの占有周波数帯幅が広がるが、被干渉側の干渉許容値を1MHz当りとして干渉計算を実施しており、UWB無線システムの占有周波数帯幅によってこれらの無線システムへの干渉量は変わらないため、平成30年度の検討結果を参照する。

表 3-1 共用検討の対象無線システム一覧

対象システム	周波数 [GHz]	検討手法及び備考
電波天文	6.65 - 6.6752	机上検討
固定マイクロ	6.57 - 7.9	平成 30 年度に検討済
放送事業用無線 (STL/TTL/TSL/FPU)	6.57 - 7.9	平成 30 年度に検討済 (FPU は検討対象外)
地球探査衛星業務 (受動)	6.425 - 7.25	机上検討
衛星システム (地球探査衛星業務地球局)	8.025 - 8.4	平成 30 年度に検討済
宇宙研究業務 (深宇宙) 地球局	8.4 - 8.45	机上検討及び実機検証
測地 VLBI	7.78 - 9.08	平成 30 年度に検討済
航空精測進入レーダー	9.0 - 9.1	机上検討
海上レーダー (Xバンド船舶用レーダー) 注1	9.3 - 9.5	机上検討
航空機搭載気象レーダー	9.3 - 9.5	机上検討
航空機 SAR	9.2 - 9.8	机上検討
衛星 SAR	9.5 - 9.8 注2	机上検討
小型レーダー雨量計	9.7	机上検討
気象レーダー	9.7 - 9.8	机上検討
電波天文	10.6 - 10.7	机上検討
地球探査衛星業務 (受動)	10.6 - 10.7	机上検討
BS/CS 放送受信設備注3	11.7 - 12.75	机上検討及び実機検証

注1 レーダービーコン (9300-9500MHz)、港湾・漁場監視レーダー (9740MHz)、Xバンド船舶用レーダー (9370/9410MHz)

注2 周波数割当計画上の国内分配の周波数範囲

注3 BS/CS 受信設備の中間周波数 (1.03223GHz~3.22325GHz) への周波数変換において、UWB 信号の周波数範囲である 7.25~10.25GHz (7.587GHz~8.4GHz を除く) のイメージ信号と BS/CS の中間周波数が重複する。

3-3-2 共用検討の手法

(1) 机上検討

シングルエントリーモデルによる許容干渉量との比較、またはアグリゲートモデルによる干渉確率計算を実施する。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する。なお、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) を使用する。

干渉計算にあたってのUWB無線システム的前提条件を以下に示す。

①UWB 無線システムの周波数範囲

現在、屋内で利用可能となっている 7.25GHz から 10.25GHz までとする。

②屋外利用端末

ITU-R レポート SM. 2057 を参照し、屋外利用端末割合は 20% (屋内 80%) とする。なお、屋内利用端末の場合、壁の減衰値は平成 30 年度報告書及び ITU-R レポート SM. 2057 を参照して 13dB を用いることとする。

③見通し外等の減衰値

地上から上空、空港敷地内などの自由空間伝搬モデルの適用が妥当と考えられる場合を除き、特に都市部等の伝搬環境においては、全ての伝搬路が見通し内環境で自由空間伝搬のみで伝搬することはない。このため、見通し外環境においては、平成 30 年度委員会報告同様に、ITU-R レポート SM. 2057 を参照し、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 を適用する。

④UWB 無線システム端末の稼働率

UWB 無線システムは常時電波が発射されるような使用は想定されないため、干渉確率計算においては端末の稼働率を考慮する。平成 25 年度及び平成 30 年度の委員会報告と同様に、ITU-R 勧告 SM.1755 の最悪の値である 5%を仮定する。

図IV.4-1-4-1 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。

⑤UWB 無線システム端末の利用台数密度

最悪条件として、UWB 無線システムがモバイルデバイスに搭載されることを想定し、飽和時の UWB 普及密度を 2016 年地点の生産人口×80% (スマートフォ

ン保有率)と仮定し、被干渉システムの設置場所に応じて UWB 利用台数密度を算出する。また、被干渉システムの場所の特定が困難な場合は、ITU-R レポート SM.2057 の Dense Urban モデルを想定して 10000/km² を用いることとする。

⑥航空機、船舶、衛星、上空での利用禁止

過去の委員会報告等と同様に、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。なお、利用ニーズや諸外国の利用動向を踏まえ、上空での利用は想定しない。

表 3-2 に各無線システムとの共用検討において用いる UWB 無線システムの諸元及びシミュレーション条件を示す。

表 3-2 UWB 無線システムの諸元及びシミュレーション条件

UWB 出力レベル (EIRP)	-41.3dBm/MHz (帯域外となる無線システムの場合は帯域外電力を適用)
UWB アンテナ高さ	1.5m
伝搬モデル	自由空間伝搬に伝搬係数 Kb/Klos を考慮 (ITU-R SM. 2057) Kb (壁減衰) : 13 dB Klos (見通し外等損失) : 14 dB
シミュレーション手法及びアグリゲートモデルの設定条件	シングルエントリーモデル、アグリゲートモデル (モンテカルロ法) で実施 (アグリゲートモデルの設定条件) - 屋内/屋外比率 : 80%/20% (ITU-R SM.2057) - UWB 稼働率 : 5% (ITU-R SM.1755) - UWB デバイス密度 : 共用システムの設置場所による

(2) 屋外実験による干渉評価

屋外実験では、ベクトル信号発生器で UWB 無線システムの信号を発生させて干渉評価を行った。図 3-1 にシステム構成、表 3-3 にその主要な諸元をそれぞれ示す。



図 3-1 屋外実験で用いた UWB 無線システム（与干渉装置）のシステム構成

表 3-3 UWB 無線システム（与干渉装置）の主な諸元

型式	X1D	F3N
変調方式	BPM-BPSK	FM
周波数	7488MHz (UWB8ch) 7987.2MHz (UWB9ch) * 8486.4MHz (UWB10ch) * 8985.6MHz (UWB12ch)	7488MHz (UWB8ch) 7987.2MHz (UWB9ch) 8486.4MHz (UWB10ch) 8985.6MHz (UWB12ch) 8625MHz**
占有帯域幅	710MHz 以下 (* 中心周波数 7987.2MHz と 8486.4MHz の信号 は 1.480GHz 以下)	545MHz 以下 (** 中心周波数 8625MHz の信号は 1.750GHz 以下)
等価等方輻射電力	-41.3dBm/MHz 以下	-41.3dBm/MHz 以下
空中線電力	0.0167mW (占有帯幅: 710MHz) 0.0346mW (占有帯幅: 1480MHz)	0.0128mW
送信アンテナ利得	ピークゲイン 5dBi 以下	

また、実験で使用した UWB 無線システムの送信波形（中心周波数: 7987.2MHz）を図 3-2 から図 3-5 に示す。

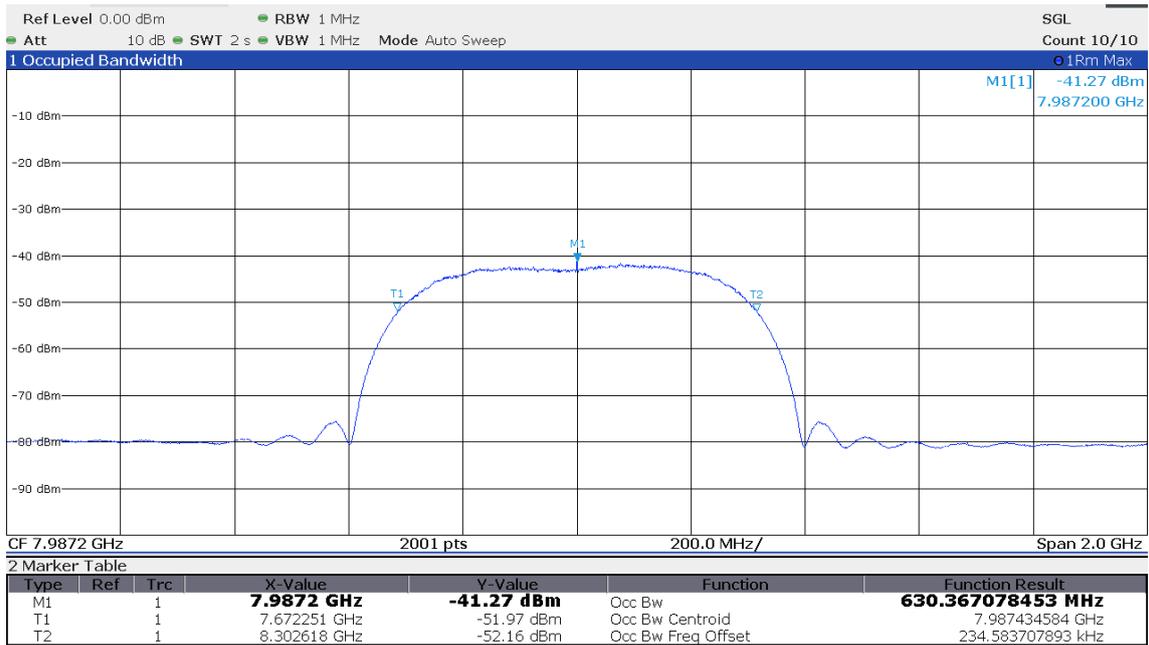


図 3-2 UWB 無線システムの送信波形 (X1D)
 (中心周波数: 7987.2MHz、占有帯幅: 710MHz)

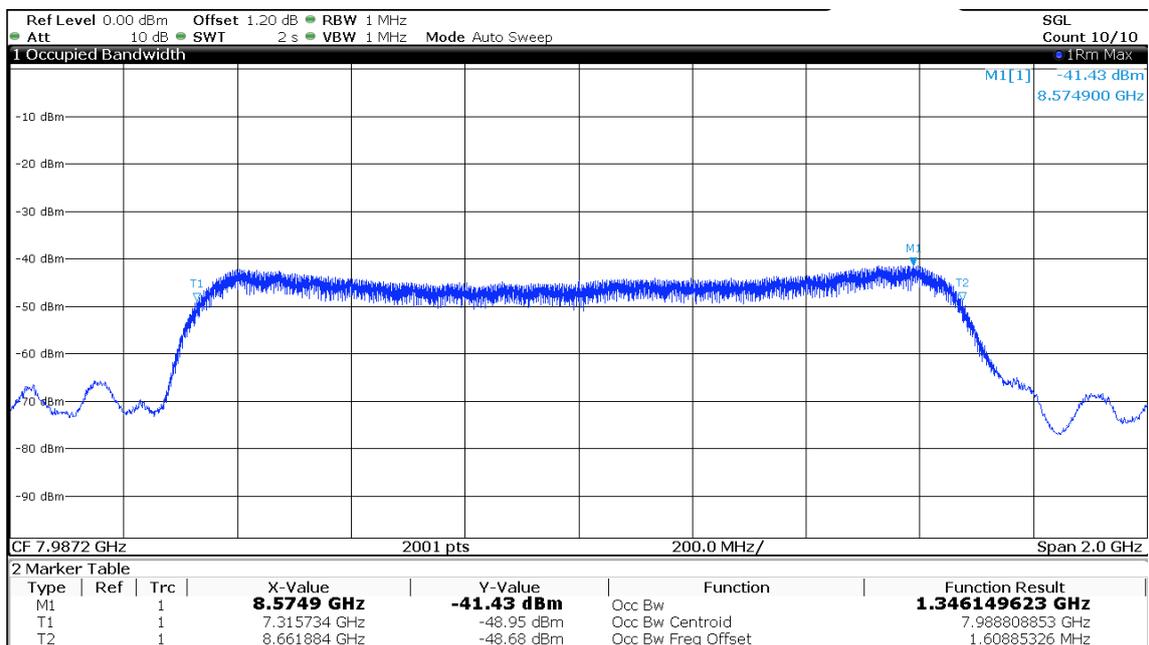


図 3-3 UWB 無線システムの送信波形 (X1D)
 (中心周波数: 7987.2MHz、占有帯幅: 1480MHz)

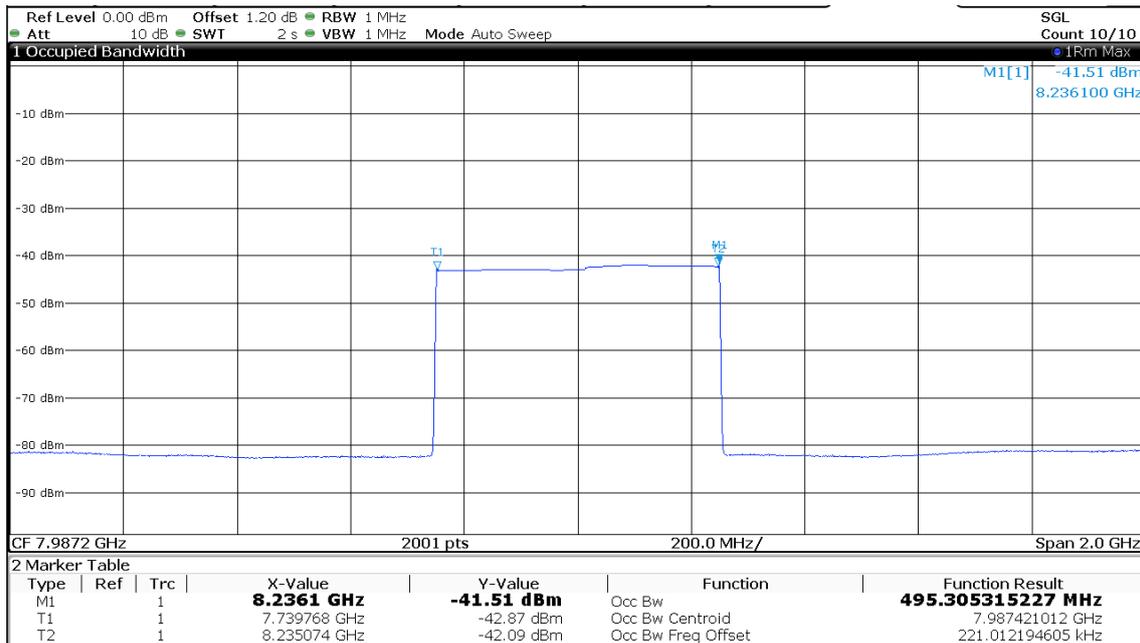


図 3-4 UWB 無線システムの送信波形 (F3N)
 (中心周波数: 7987.2MHz、占有帯幅: 500MHz)

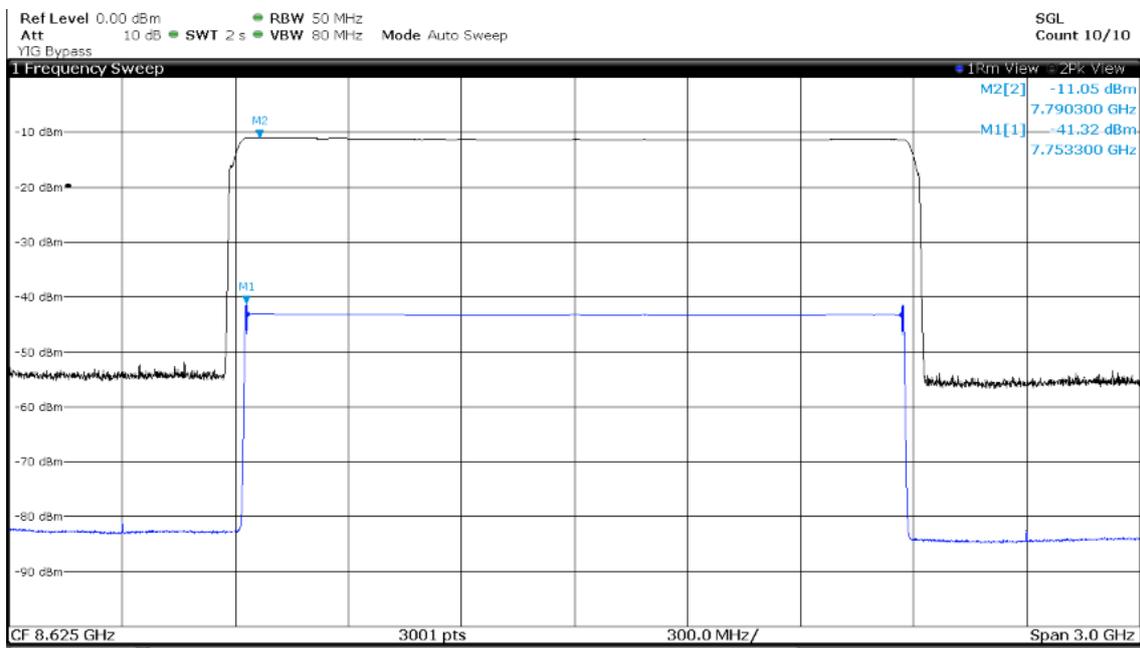


図 3-5 UWB 無線システムの送信波形 (F3N)
 (中心周波数: 8625MHz、占有帯幅: 1732MHz)

3-3-3 各無線システムとの共用検討

(1) レーダーシステム

(1-1) 海上レーダー

①概要

海上レーダーには、沿岸監視レーダーと船舶レーダーがある。沿岸監視レーダーは、陸上から海上を航行する船舶を目標物の対象に、船舶の位置及び移動方向等の状況をリアルタイムに把握するシステムである。船舶レーダーは船舶の無線航行のためのレーダーで他の船舶や陸岸を相対位置で表示するシステムである。両システムの概要を図 3-6 に、無線局諸元を表 3-3、表 3-4 及び図 3-7 に示す。

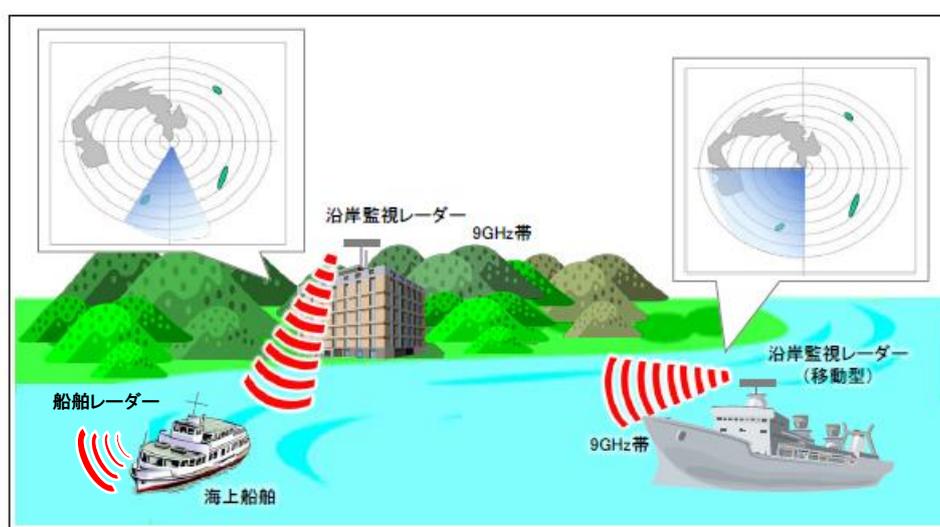


図 3-6 海上レーダーのイメージ

表 3-3 沿岸監視レーダーの無線局諸元

アンテナ特性	指向性アンテナ 最大利得: 35 dBi アンテナ放射パターン: ITU-R M.1851 アンテナ仰角: 0 度
地上からのアンテナ高さ [m]	35
干渉許容値 [dBm/MHz]	-104.77

表 3-4 Xバンド船舶レーダーの無線局諸元

アンテナ特性	指向性アンテナ 最大利得: 35 dBi アンテナ放射パターン: ITU-R M.1851 アンテナ仰角: 0 度
地上からのアンテナ高さ [m]	15
干渉許容値 [dBm/MHz]	-110

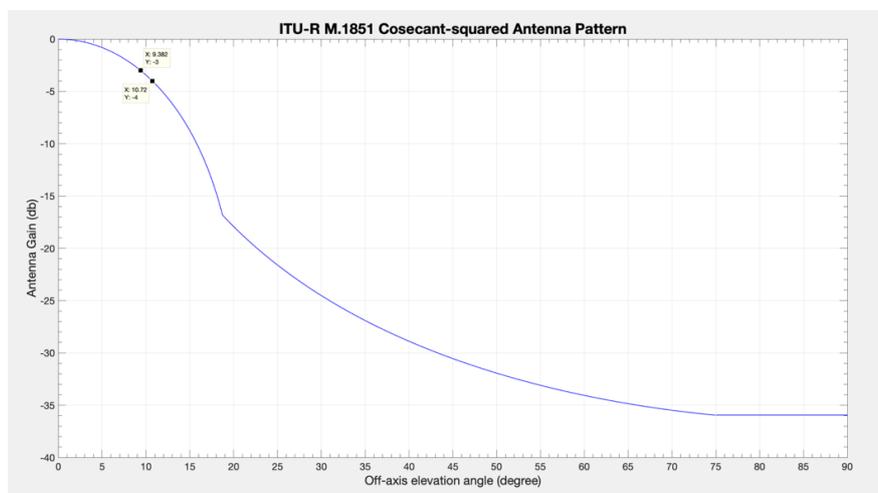


図 3-7 海上レーダーのアンテナパターン

②共用検討結果

シングルエントリーモデルによる干渉計算結果を以下に示す。

	UWB 出力 レベル (EIRP) (dBm/MHz)	干渉計算結果	
		見通し内	見通し外
沿岸監視レーダー	-41.3	-107.2dBm/MHz (干渉マージンあり)	-121.2dBm/MHz (干渉マージンあり)
船舶レーダー	-41.3	離隔距離 385m	-113.3dBm/MHz (干渉マージンあり)

次に、アグリゲートモデルによる干渉計算結果を以下に示す。

	UWB 出力 レベル (EIRP) (dBm/MHz)	干渉総和量	備考
沿岸監視レーダー	-41.3	-111.19 (許容値以下)	UWB デバイス密度： 10000/km ²
船舶レーダー	-41.3	-110.2 (許容値以下)	UWB デバイス密度： 10000/km ²

③共用条件

船舶レーダーのシングルエントリーモデルによる干渉シミュレーションにおいて、見通し外の減衰 K_{los} を加味しない場合、必要な離隔距離は 385m となり、UWB 無線システムの運用条件によっては干渉を生じる可能性がある。しかし、後述するその他の無線システムとの共用検討結果から 9GHz 以上での共用は困難なため、使用可能周波数が 9GHz 以下となる前提とすれば、UWB 無線システムの出カレベルは帯域外となる -60dBm/MHz となるため、共用可能になると考えられる。

なお、今後 UWB を同一帯域内にて運用する場合においては、実験等で実機による影響の有無を確認するなどの検討が必要である。

(1-2) 航空機精測進入レーダー

①概要

航空機精測進入レーダー (PAR : Precision Approach Radar) は、管制官が着陸のため最終進入する航空機に対し、進入コース及び降下コースからのずれ、着陸点までの距離を探知し、航空機を誘導するためのレーダーシステムであり、使用周波数帯は 9GHz 帯である。当該システムの概要及び無線局諸元を図 3-8、図 3-9 及び表 3-5 に示す。

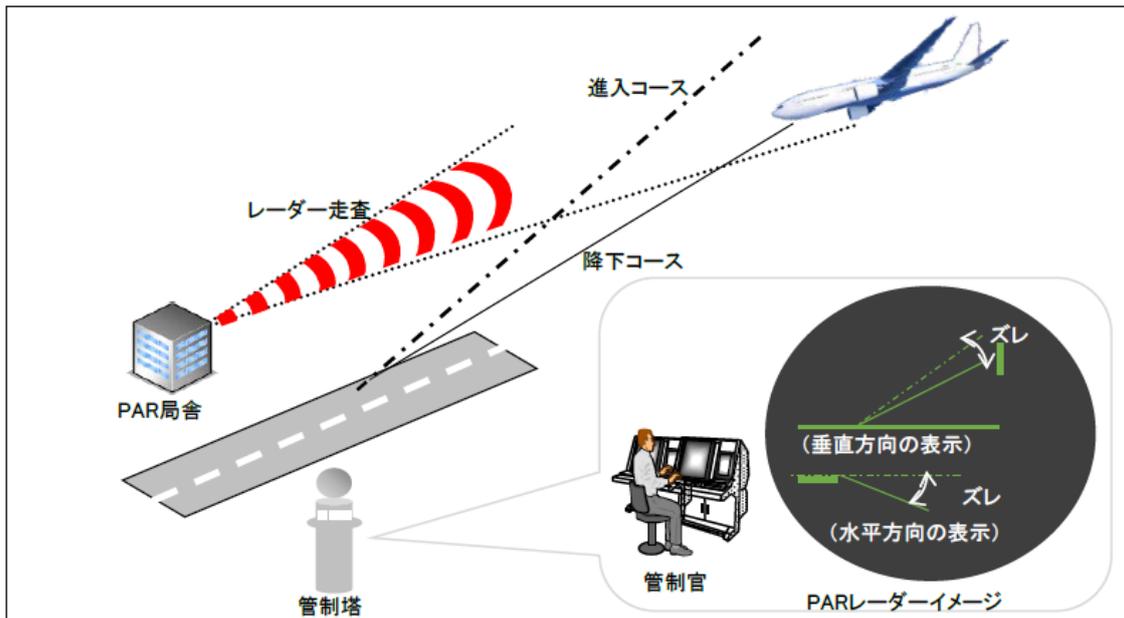
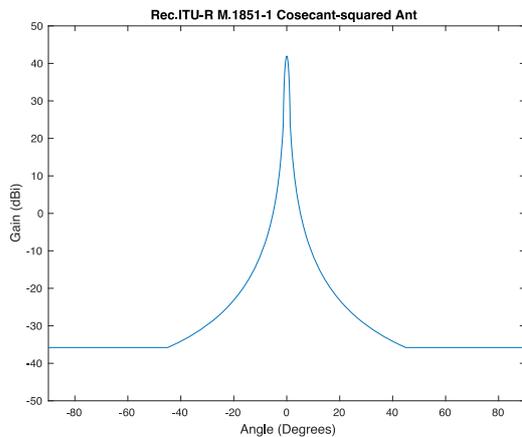


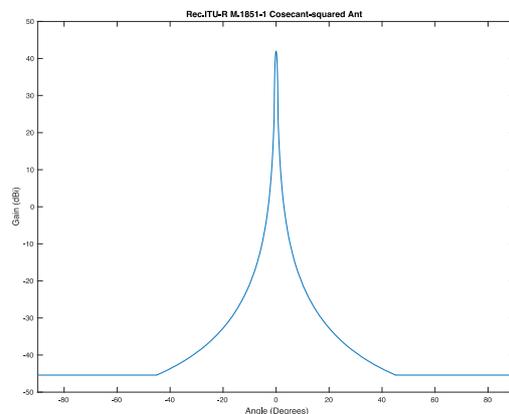
図 3-8 航空機精測進入レーダー（PAR）のイメージ

表 3-5 航空機精測進入レーダー（PAR）の無線局諸元

アンテナ特性	指向性アンテナ 最大利得: 42 dBi アンテナ放射パターン: ITU-R M.1851-1 アンテナビーム幅: 0.75 度 (E), 1.3 度 (Az)
地上からのアンテナ高さ [m]	1.5
干渉許容値 [dBm/MHz]	-116.75



(水平面の特性)



(垂直面の特性)

図 3-9 航空機精測進入レーダー（PAR）のアンテナ特性

②共用検討結果

シングルエントリーモデルによる干渉計算結果を以下に示す。

UWB 出力 レベル (EIRP) (dBm/MHz)	干渉計算結果	
	見通し内	見通し外
-41.3	離隔距離 1957m	—
-60	離隔距離 228m	—

次に、アグリゲートモデルによる干渉計算結果を下表に示す。

なお、アグリゲートでのシミュレーションでは、沖縄県那覇空港及び石川県小松空港を想定してそれぞれ UWB デバイス密度 500/km²、110/km² の条件下で行った。

被干渉局の 設置場所	UWB 出力 レベル (EIRP) (dBm/MHz)	干渉計算結果	備考
那覇空港	-41.3	離隔距離 1.5km	UWB デバイス密度： 500/km ²
小松空港	-41.3	離隔距離 1.3km	UWB デバイス密度： 110/km ²

③共用条件

UWB 無線システムを 9GHz 以上まで使用可能とした場合、その出力レベルは-43.1dBm/MHz であり、シングルエントリーモデルでは所要離隔距離が 2km 近くとなる。アグリゲートモデルでは、被干渉アンテナのビーム幅が狭いことから確率計算によって離隔距離が大幅に小さくなるが、1km を超えており、空港敷地外まで干渉エリアが大きく広がる可能性がある。

航空レーダー（PAR）は人命に関わるシステムであり必要離隔距離を確保することが必須となるため、干渉計算結果から、出力レベル-41.3dBm/MHz の条件での共用は困難であると考えられる。

一方、UWB 無線システムを 9GHz 以下で使用可能とする場合、被干渉システムの帯域内の出力レベルを-60 dBm/MHz とすれば、シングルエントリーモデルで所要離隔距離は 228 m となる。PAR は空港の滑走路脇に設置されており、PAR

のメインビームの方向は滑走路の直線方向となることから、228m の離隔距離であれば空港敷地内で十分確保できると考えられる。なお、実環境を想定した場合、UWB 無線システムの端末が完全見通し内伝搬路で被干渉システムに干渉波として照射される可能性は低いことから、所要離隔距離は更に縮まることが想定される。

よって、UWB 無線システムが 9GHz 以下で使用可能とする前提であれば、PAR が使用される空港の敷地内において、UWB 無線システムの信号を停止させるなどの運用制限を課すことで共用は可能と考えられる。

(1-3) 航空機搭載気象レーダー

①概要

航空機搭載気象レーダーは、航空機の安全な運行に多大な支障を与える、雷雲などの悪天候領域を探知するためのレーダーシステムである。降雨の強さが反射電波の強さに比例することを利用し、一定以上の降雨を識別して表示する機能を持つ。飛行中だけでなく、離陸前などでも利用される。また、使用周波数帯として、5GHz 帯と 9GHz 帯の電波を利用するものがあるが、我が国では 9GHz 帯のみが使用されている。

当該システムの概要及び無線局諸元を図 3-10、図 3-11 及び表 3-6 に示す。

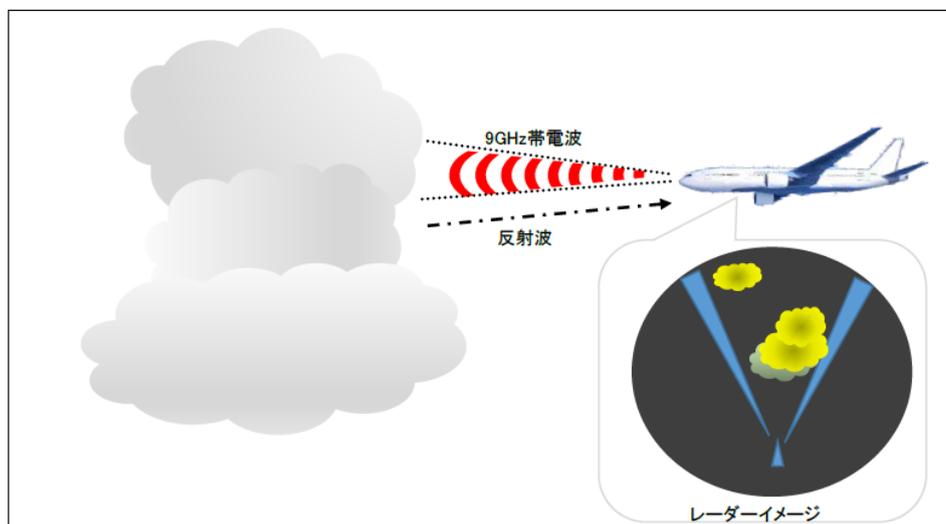
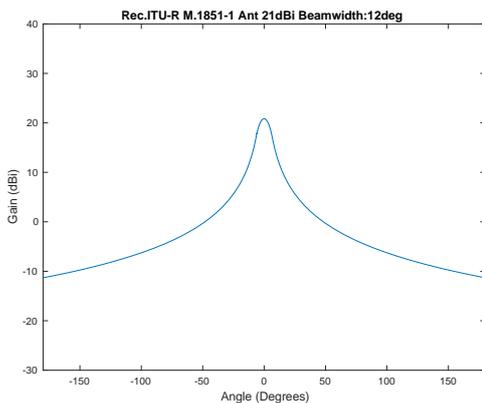


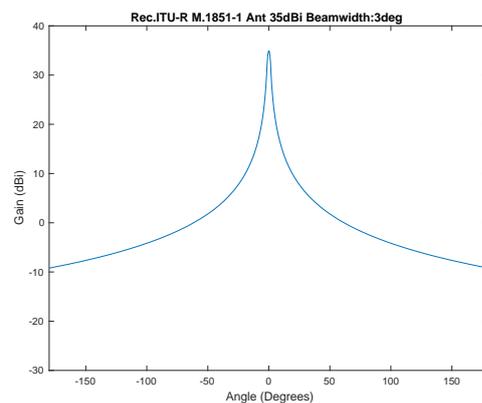
図 3-10 航空機搭載気象レーダーのイメージ

表 3-6 航空機搭載気象レーダーの無線局諸元

アンテナ特性-1	指向性アンテナ 最大利得: 21 dBi アンテナ放射パターン: ITU-R M.1851-1 アンテナビーム幅: 12 度
アンテナ特性-2	指向性アンテナ 最大利得: 35 dBi アンテナ放射パターン: ITU-R M.1851-1 アンテナビーム幅: 3 度
運用モデル	①飛行中 (高度 26~1570m) ②空港内・滑走路上
干渉許容値 [dBm/MHz]	-119.5



(アンテナ特性-1)



(アンテナ特性-2)

図 3-11 航空機搭載気象レーダーのアンテナ特性

②共用検討結果

②-1 飛行中の干渉

飛行中は被干渉システムが移動しているため、アグリゲートモデルでの干渉計算を行った。UWB デバイス密度 10000/km² として、アンテナ特性-1 とアンテナ特性-2 のそれぞれの場合で、飛行高度 26m、520m、1050m、1570m の各点における干渉総和値を計算したところ、全ての場合で干渉許容値である -119.5 dBm/MHz 以下となった。

②-2 空港内・滑走路上の干渉

シングルエントリーモデルによる干渉計算結果を以下に示す。

UWB 出力 レベル (EIRP) (dBm/MHz)	干渉計算結果	
	見通し内	見通し外
-60	離隔距離 135m	—

次に、アグリゲートモデルによる干渉計算結果を下表に示す。

	UWB 出力 レベル (EIRP) (dBm/MHz)	干渉計算結果	備考
完全見通し	-60	離隔距離 290m	UWB デバイス密度： 10000/km ²
見通し外	-60	離隔距離 80m	

③共用条件

UWB 無線システムが 9GHz 以下で使用可能とする前提において、航空機が飛行中の場合は、全ての高度において許容干渉値以下となった。

航空機が空港誘導路内又は滑走路内を走行中の場合は、アグリゲートモデルでは、完全見通し環境では離隔距離が 290m 必要となり、一部の空港では、干渉エリアが空港の敷地外まで広がる可能性がある。しかし、その場合も、空港の敷地外に存在する UWB 無線システムの端末全てが完全見通し内伝搬路で被干渉システムに干渉波として照射される可能性は極めて低いことから、実際の所要離隔距離は更に小さくなると考えられる。また、空港敷地外の UWB 無線システムの端末がレーダーに正対して電波発射する確率は極めて低いこと、被干渉システムが信号の受信において相関処理などにより干渉波の影響を抑制する機能を有していることなども被干渉システムへの影響の緩和要素として想定される。

よって、UWB 無線システムが 9GHz 以下で使用可能とする前提であれば、空港の敷地内において、UWB 無線システムの信号を停止させるなどの運用制限を課すことで共用は可能と考えられる。

なお、空港内の立ち入り制限区域に UWB 機器が持ち込まれる場合を想定すると、滑走路外側の着陸帯は空港職員もほぼ存在しない場所であるため、アグリゲーションモデルよりシングルエントリーモデルで考えるのが妥当とすれば、着陸帯端から滑走路中心までの長さが最低 140m あれば、所要離隔距離 135m を確保できることになり、共用は可能と考えられる。ただし、非精密進入空港におい

ては着陸帯端から滑走路中心までの長さは最低 75m となり、所要離隔距離を確保できないケースも想定されることから、空港敷地内においては、UWB 無線システムの運用制限を課すことが適当と考えられる。

(1-4) 気象レーダー

①概要

気象レーダーは、無情報のパルス信号を上空待機に送信し、雨、雪などの粒子の集合体からの反射波のエネルギー強度を受信したり、その反射波の周波数偏位、偏波種別を識別することにより、全般的な気象観測の他、雨量測定、風向測定、雷雲探知等を行うレーダーシステムである。9GHz 帯のレーダーは 50km から 150km といった比較的狭域の範囲の雨雲の状況を高精度に観測することに適しており、局地的な気象観測が求められる砂防や下水道事業等に使用されている。可搬型のシステムは、気象現象に接近して展開することが可能であり、観測範囲が 3km から 100km 程度の比較的狭域の雨雲の状況観測に適している。

当該システムの概要及び無線局諸元を図 3-12、図 3-13 及び表 3-7 に示す。

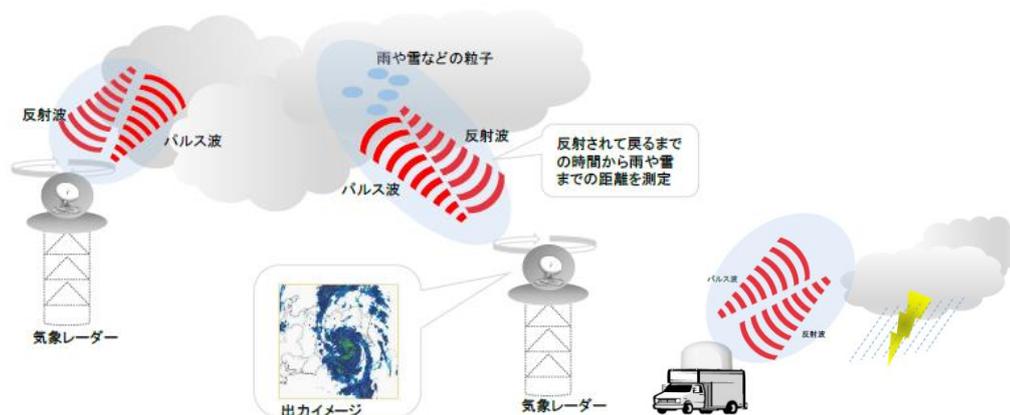
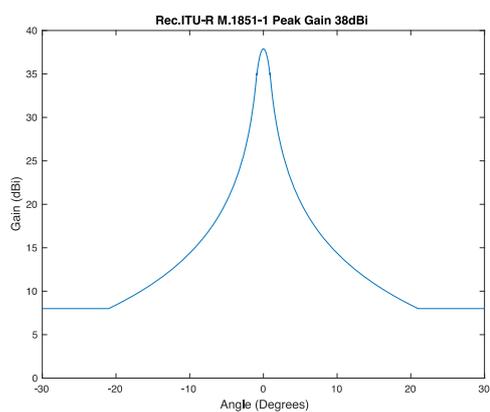


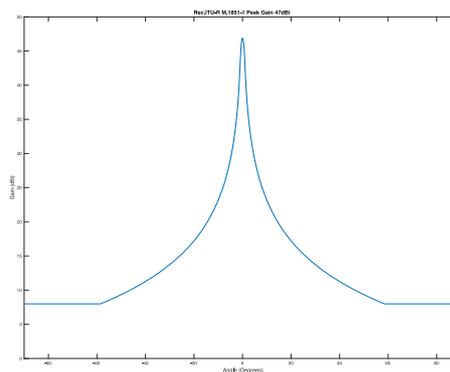
図 3-12 航空機搭載気象レーダーのイメージ

表 3-7 気象レーダーの無線局諸元

	可搬型	固定型
アンテナ特性	指向性アンテナ 最大利得: 38 dBi アンテナ放射パターン: ITU-R M.1851-1 アンテナ仰角: 0 度	指向性アンテナ 最大利得: 47 dBi アンテナ放射パターン: ITU-R M.1851-1 アンテナ仰角: 0 度
地上からのアンテナ高さ [m]	1.5	10
干渉許容値 [dBm/MHz]	-108	-120 (ITU-R M.1849-1)



(可搬型)



(固定型)

図 3-13 気象レーダーのアンテナ特性

②共用検討結果

シングルエントリーモデルによる干渉計算結果を以下に示す。

	UWB 出力 レベル (EIRP) (dBm/MHz)	干渉計算結果	
		見通し内	見通し外
可搬型気象レーダー	-41.3	離隔距離 420.5m	離隔距離 83.9m
	-60	離隔距離 48.9m	-
固定型気象レーダー	-41.3	離隔距離 4635m	離隔距離 794.4m
	-60	干渉マージンあり	-

次に、アグリゲートモデルによる干渉計算結果を下表に示す。

	UWB 出力 レベル (EIRP) (dBm/MHz)	干渉計算結果	備考
可搬型気象レーダー	-41.3	離隔距離 160m	UWB デバイス密度： 10000/km ²
	-60	離隔距離 20m	
固定型気象レーダー	-41.3	離隔距離 5500m	
	-60	離隔距離 20m	

③共用条件

UWB 無線システムを 9GHz 以上まで使用可能とした場合、その出力レベルは-43.1dBm/MHz であり、可搬型及び固定型ともに所要離隔距離が想定程度大きく、共用は困難であると考えられる。

一方、UWB 無線システムを 9GHz 以下で使用可能とする場合、被干渉システムの帯域内の出力レベルを-60 dBm/MHz とすれば、所要離隔距離は、可搬型気象レーダーの場合で 48.9m、固定型気象レーダーの場合で 20m となった。

よって、UWB 無線システムが 9GHz 以下で使用可能とする前提であれば、気象レーダーの近傍で UWB 無線システムの信号を停止させるなどの運用制限を課すことで共用は可能と考えられる。

(1-5) 航空機 SAR

①概要

合成開口レーダー（SAR）は衛星や航空機などの飛翔体から電波の送受信を行うことで仮想的に大きなアンテナを構成する合成開口技術によって、地表面の状態を高精細に画像化するシステムである。

航空機 SAR の概要及び無線局諸元を図 3-14 及び表 3-7 に示す。

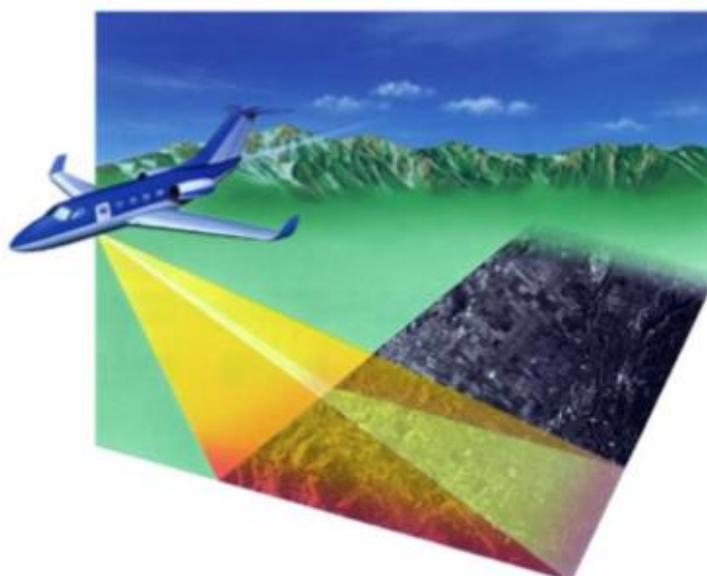


図 3-14 航空機 SAR のイメージ

(平成 27 年航空・海上無線通信委員会資料（日本電気株式会社作成）より引用)

表 3-8 航空機 SAR の無線局諸元

	パルス方式	FM-CW 方式
アンテナ特性	指向性アンテナ 最大利得: 26 dBi アンテナビーム幅: 5 度 (Az) , 20 度 (Ei)	指向性アンテナ 最大利得: 20 dBi アンテナビーム幅: 5 度 (Az) , 20 度 (Ei)
飛行高度[m]	8,382	3,048
オフナディア角 [度]	10 - 65	45 - 75
干渉許容値 [dBm/MHz]	-115	--115

②共用検討結果

被干渉システムは移動しているため、アグリゲートモデルでの干渉計算を行った。干渉計算シミュレーションにおいては、地上から上空への伝搬モデルを想定して完全見通し内伝搬モデルとし、UWB 出力レベルを-41.3dBm/MHz、UWB デバイス密度を最大 10000/km²とした。

シミュレーションの結果、パルス方式、FM-CW 方式の場合ともに、いずれのオフナディア角でも UWB 無線システムの干渉量は干渉許容値-115dBm/MHz 以下となった。

	UWB 出力 レベル (EIRP) (dBm/MHz)	干渉計算結果	備考
パルス方式	-41.3	-118.2dBm/MHz (干渉マージンあり)	UWB デバイス密度： 10000/km ² 、 航空機 SAR オフナディア角：65 度
FM-CW 方式	-41.3	-120.2dBm/MHz (干渉マージンあり)	UWB デバイス密度： 10000/km ² 、 航空機 SAR オフナディア角：75 度

③共用条件

シミュレーション結果から、使用可能周波数が 9GHz 以上の場合であっても航空機 SAR との共用は可能であると考えられる。双方のシステムの技術的条件及び運用条件が変わる場合には再度の検討が必要であるが、他の無線システムとの共用条件から、9GHz 以上の周波数での共用は困難であるため、9GHz 以下の周波数の使用を前提とすれば、干渉マージンは十分あるため、航空機 SAR との共用は可能である。

(2) 衛星システム

(2-1) 宇宙研究業務（深宇宙）地球局

①概要

宇宙研究業務（深宇宙）地球局は、深宇宙探査衛星との交信を行う地球局で、8.4GHz 帯は人工衛星局からのダウンリンクで使用されている。地球局は数十 m ~60m 級の大口徑アンテナを利用する。

当該システムの無線局諸元を表 3-9 に示す。

表 3-9 宇宙研究業務（深宇宙）地球局の無線局諸元（受信設備を含む）

アンテナ特性	指向性パラボラアンテナ （直径 64m:臼田局、54m:美笹局） 最大利得: 72 dBi:臼田局、72.5 dBi:美笹局 最小仰角: 8 度 : 臼田局、7 度 : 美笹局
地上からのアンテナ高さ [m]	70:臼田局 32.75:美笹局
干渉許容値 [dBm/MHz]	-130.9 ⁸
被干渉局から市街地中心までの距離	12.5km: 臼田局 13.5km: 美笹局

② 共用検討結果

臼田局、美笹局近くの市街地からの影響を確認するため、UWB デバイス密度 152/km² の条件下でアグリゲートのシミュレーションを実施した。

	UWB 出力 レベル (EIRP) (dBm/MHz)	干渉計算結果 (総干渉量)	備考
臼田局	-41.3	-191.0 dBm/MHz (マージンあり)	UWB デバイス密度 : 152/km ²
美笹局		-198.8 dBm/MHz (マージンあり)	

③ 屋外実験による検証

宇宙航空研究開発機構（JAXA）の臼田局を対象とし、近傍に設置した UWB 無線システム端末からの干渉量の測定を実施した。

臼田局の周辺環境及び測定点を図 3-15 に示す。

⁸ ITU-R SA.1157-1 参照

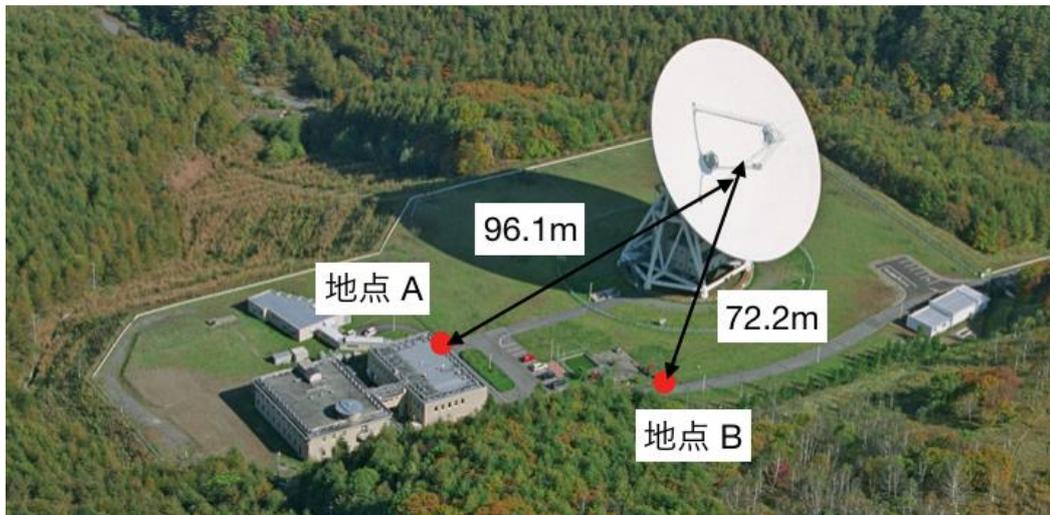


図 3-15 JAXA 臼田局の周辺環境及び測定点

次に、実験の手順を以下に示す。

1. 地点 A において、UWB 信号 (X1D) を送信し、被干渉アンテナの水平、垂直方向のアンテナ角度を変えながら、受信レベルが最大となる角度を探索する。
2. UWB ON (X1D) と OFF の状態それぞれで、受信機での特性 (Eb/No、AGC レベル、RS エラーの発生の有無) を確認する。
3. F3N の信号を用いて手順 2 を繰り返す。
4. 地点 B において、手順 1-3 を繰り返す。

実験結果を下表に示す。

	地点 A	地点 B
パルス方式 (X1D)	被干渉局の受信特性に影響あり - LNA 入力端換算値で約-154dBm - Eb/No は約 3dB 低下 - 受信レベルは約 9dB 上昇 - RS エラー訂正不可発生	被干渉局の受信特性に影響あり - LNA 入力端換算値で約-161dBm - Eb/No は約 3dB 低下 - 受信レベルは約 7dB 上昇 - RS エラー訂正不可発生
FMCW 方式 (F3N)	UWB ON/OFF による有意な差はなし	UWB ON/OFF による有意な差はなし

FMCW 方式の試験装置では、地点 A、地点 B ともに電波発射時・停波時による有意な差は確認されなかった。これは、被干渉システムの受信信号検出の頻度よりも試験装置の周波数のスイープ速度が速いためと考えられる。一方、パルス方

式の試験装置では、地点 A、地点 B とともに UWB の信号による影響として、Eb/No の低下、AGC レベルの増加及び誤り訂正エラー（RS エラー）が確認された。

④ 共用条件

屋外実験にて地点 B で観測された干渉信号レベルを元に、被干渉局の干渉許容値を LNA 入力端換算値で $-195\text{dBm}/0.1\text{Hz}$ （等価雑音帯域幅 0.1Hz 時のキャリア捕捉スレッショルド約 -185dBm にマージンを加えた値）として、表 3-2 の前提条件に基づき、敷地内を 100m と想定し、UWB 無線システムの端末 1 台から被干渉局を保護するための所要離隔距離を計算したところ、 724.4m となった。しかし、これは、UWB の信号と被干渉局の中心周波数が完全に一致した場合であり、一般的に普及している UWB 無線システムの端末が IEEE の標準チャンネルに準拠していることを考慮すれば、実際は双方のシステムの中心周波数には離調があり、干渉レベルとして約 10dB の低下が見込める。この場合、所要離隔距離は 229.1m まで低減する。

被干渉局の設置場所を考慮すると一部の施設では、干渉エリアが敷地外まで広がる可能性がある。しかし、その場合も、敷地外の UWB 無線システムの端末がレーダーに正対して電波発射する確率は極めて低いことから、実際の所要離隔距離は更に縮まると考えられる。

この計算結果は一定の条件下で実施した例であるが、被干渉局の設置場所や周辺環境を考慮すると、被干渉システムの無線設備の敷地内での利用制限等の運用調整を行うことにより共用は可能と考えられる。

（2-2）衛星 SAR

① 概要

合成開口レーダー（SAR）は衛星や航空機などの飛翔体から電波の送受信を行うことで仮想的に大きなアンテナを構成する合成開口技術によって、地表面の状態を高精細に画像化するシステムである。

衛星 SAR の概要及び無線局諸元を図 3-16 及び表 3-10 に示す。

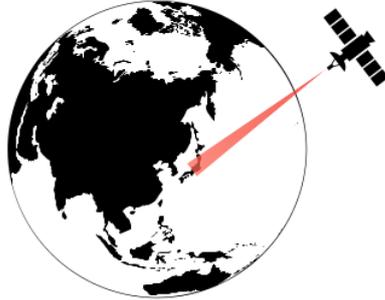


図 3-16 衛星 SAR のイメージ

表 3-10 衛星 SAR の無線局諸元

アンテナ特性	指向性アンテナ 最大利得: 46.9 dBi アンテナビーム幅: 1.2 度 (El) , 0.41 度 (Az)
衛星高度[km]	505
オフナディア角[度]	15 ~ 45
干渉許容値 [dBm/MHz]	-115

②共用検討結果

被干渉システムは移動しているため、アグリゲートモデルでの干渉計算を行った。干渉計算シミュレーションにおいては、地上から上空への伝搬モデルを想定して完全見通し内伝搬モデルとし、UWB 出力レベルを-41.3dBm/MHz、UWB デバイス密度を最大 10000/km²とした。

シミュレーションの結果、オフナディア角 15 度及び 45 度の場合ともに、UWB 無線システムの干渉量は干渉許容値-115dBm/MHz 以下となった。

衛星 SAR のオフナディア角	UWB 出力レベル (EIRP) (dBm/MHz)	干渉計算結果	備考
15 度	-41.3	-124.7dBm/MHz (干渉マージンあり)	UWB デバイス密度 : 10000/km ²
45 度	-41.3	-122.8dBm/MHz (干渉マージンあり)	

③共用条件

シミュレーション結果から、使用可能周波数が 9GHz 以上の場合、干渉マージンが少ないものの、衛星 SAR との共用は可能であると考えられる。ただし、他の無線システムとの共用条件から、9GHz 以上の周波数での共用は困難であるため、9GHz 以下の周波数の使用を前提とすれば、干渉マージンは十分あるため、航空機 SAR との共用は可能である。なお、双方のシステムの技術的条件及び運用条件が変わる場合には新たな検討が必要である。

(2-3) 地球探査衛星業務 (受動)

①概要

地球探査衛星 (受動) は人口衛星に搭載された受動センサーによって地球の大气、海洋、地表面などを観測するシステムである。

地球探査衛星 (受動) の概要及び無線局諸元を図 3-17 及び表 3-11 に示す。

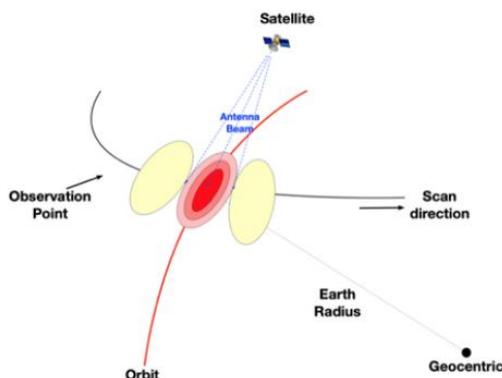


図 3-17 地球探査衛星 (受動) のイメージ

表 3-11 地球探査衛星 (受動) の無線局諸元

アンテナ特性	指向性アンテナ 最大利得：44.1dBi アンテナビーム幅：+/-6 度
衛星高度[km]	699.6
オフナディア角[度]	47.5
干渉許容値 [dBm/MHz]	-156dBm/MHz (10.65GHz) ⁹ -159dBm/MHz (6.925GHz)

⁹ ITU-R RS. 2017-0 参照

②共用検討結果

アグリゲートモデルでの干渉計算を行った。干渉計算シミュレーションにおいては、地上から上空への伝搬モデルを想定して完全見通し内伝搬モデルとし、UWB 出力レベルは現行の屋内利用の技術基準の上限値である -85dBm/MHz (10.65GHz)、-70dBm/MHz (6.925GHz) とした。また、UWB デバイス密度を最大 10000/km² とした。

シミュレーションの結果、10.65GHz、6.925GHz の場合ともに、UWB 無線システムの干渉量は干渉許容値に対して 30dB 以上のマージンが得られることを確認した。

地球探査衛星（受動）の周波数	UWB 出力レベル (EIRP) (dBm/MHz)	干渉計算結果	備考
10.65GHz	-85	-222.2dBm/MHz (干渉マージンあり)	UWB デバイス密度： 10000/km ²
6.925GHz	-70	-192.3dBm/MHz (干渉マージンあり)	

③共用条件

シミュレーション結果から、現行の屋内利用の技術基準で規定される不要輻射電力以下であれば地球探査衛星（受動）との共用は可能であると考えられる。

(3) 電波天文の受信設備

①概要

電波天文の受信設備は、宇宙から発せられる電波を受信してその信号を解析することで、天体や宇宙空間の物理状態、宇宙そのものの成因などを観測するシステムである。有害な混信から保護するため、電波法第56条第1項に基づき、国立天文台など11ヶ所の電波天文業務の用に供する受信設備が指定されている。

②共用検討結果

電波天文の受信設備の諸元は観測局毎に異なるが、本干渉検討においては、表3-12及び図3-18に示す無線局諸元を前提とし、伝搬損失が低く影響が大きい6.65-6.6752GHzでの干渉計算を実施した。

表 3-12 電波天文の受信設備の諸元

アンテナ特性	無指向性アンテナ及び 指向性パラボラアンテナ（直径 20m） 指向性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]	30
干渉許容値 [dBm/MHz]	-187 ¹⁰
観測周波数	6.65-6.6752 10.60-10.70

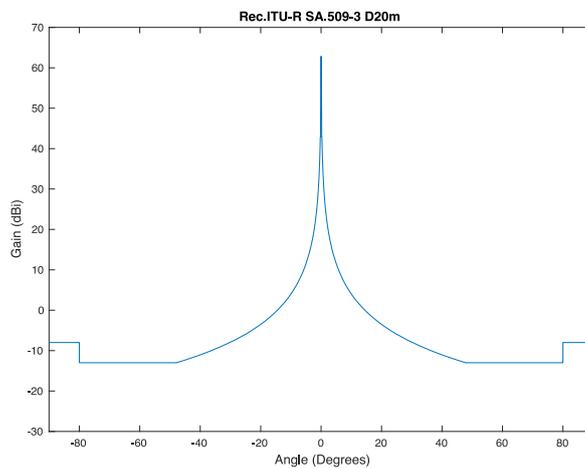


図 3-18 ITU-R SA.509-3 のアンテナ特性

シングルエントリーモデルによる干渉計算結果を下表に示す。

UWB 出力 レベル (EIRP) (dBm/MHz)	干渉計算結果		備考
	見通し内	見通し外	
-70	離隔距離 2,552m	離隔距離 504m	被干渉システムは無指向性アンテナ

次に、アグリゲートモデルによる干渉計算結果を下表に示す。

¹⁰ ITU-R RA. 769-2 表 1 参照

UWB 出力 レベル (EIRP) (dBm/MHz)	干渉計算結果	備考
-70	離隔距離 10.4km	UWB デバイス密度 : 110/km ² 、 被干渉システムは無指向性アンテナ
	離隔距離 6.2km	UWB デバイス密度 : 110/km ² 、 被干渉システムは指向性アンテナ (ITU- R SA.509)

UWB 不要輻射レベルを現行の屋内利用の基準値である-70 dBm/MHz を前提とすると、UWB 無線システムから電波天文の受信設備を保護するための所要離隔距離は指向性アンテナを想定した場合でも 6.2km を超過する結果となった。

実際の製品を設計・製造する場合においては、不要輻射電力は限度値から一定程度のマーヅンをもって設計すると想定され、また、消費電力の観点などからも限度値に対してより低く抑えることが求められることから、上限値に対してある程度マーヅンをとった設計とすることが想定される。仮に不要発射レベルを-80 dBm/MHz とした場合、下表のとおり、所要離隔距離は指向性アンテナを想定した場合、30m まで低減する。

UWB 出力 レベル (EIRP) (dBm/MHz)	干渉計算結果	備考
-80	離隔距離 450m	UWB デバイス密度 : 110/km ² 、 被干渉システムは無指向性アンテナ
	離隔距離 30m	UWB デバイス密度 : 110/km ² 、 被干渉システムは指向性アンテナ (ITU- R SA.509)

なお、電波天文の観測周波数 10.60-10.70GHz においては、UWB 不要輻射レベルを現行の屋内利用の基準値である-85 dBm/MHz を前提とすれば、所要離隔よりは上記の結果よりも小さくなる。

③共用条件

シミュレーション結果から、電波天文の観測周波数 6.65-6.6752GHz において、

現行の屋内利用の技術基準で規定される不要輻射電力-70dBm/MHz を前提とした場合、所要離隔距離は 6.2km を超える。しかし、実際の無線装置の製品設計においては、消費電力の低減等の観点から、不要輻射電力は上限値から一定のマージンを確保されるため、所要離隔距離を大きく狭めることができる。

本検討におけるシミュレーション結果は一定の条件下で行った事例であるが、UWB 無線システムの実際の利用形態や使用技術などを考慮すれば、敷地内の UWB の利用制限等の運用調整により十分両立可能と考えられる。

なお、実際の UWB 無線システムの利用にあたっては、電波天文受信設備への影響を低減するために、以下の事項に配慮することが必要である。

- ・ 製造メーカーは UWB 無線システムの不要輻射電力を最大限抑えた製品設計を行うこと
- ・ 製造メーカー及び被干渉局の運用者は UWB 無線システムの利用者に対して使用エリアの制限が必要となるケースがあることの注意喚起を行うこと
- ・ UWB 無線システムは電波の送信を止める機能を有すること

UWB 無線システムの不要輻射電力を段階的に低下させた場合の所要離隔距離の算出結果を以下に示す。

干渉許容値 [dBm/MHz]	UWB 出力レベル [dBm/MHz]	離隔距離(km)	備考
-187	-70	6.2	被干渉システムは指向性アンテナ (ITU-R SA.509)
	-75	1.13	
	-78	0.18	
	-80	0.03	

(4) 測地 VLBI システム

①概要

測地 VLBI システムは、天体からの電波を利用して受信アンテナの位置を測ることで地球上の正確な位置 (緯度・経度) や自転の様子、地面の変動などの観測を行うシステムである。

当該システムとの共用検討については、平成 30 年度作業班において机上検討及び実機による干渉評価を行っている。机上検討において使用した当該システムの無線局諸元及び検討結果を表 3-13 から表 3-15 までに示す。

表 3-13 測地 VLBI システムの諸元 (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 (I/N ≤ -20dB、等価雑音 160K 仮定)

表 3-14 測地 VLBI システムの諸元 (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 (I/N ≤ -20dB、等価雑音 22K 仮定)

表 3-15 机上検討の計算結果

対象局	UWB 無線システム の利用密度 [Units/km ²]	許容干渉値 [dBm/MHz]	離隔距離 [km]
小金井	2,302	-136.5	0.075
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

②屋外実験による検証

平成 30 年度作業班における検討では、表 3-15 に示す VLBI システムの受信局の一部で実機による干渉評価も実施している。実機による検証においては、VLBI システムの受信局近傍からの UWB の電波に起因するなスパイク状の信号が確認されるケースがあり、被干渉システムに干渉を与える可能性が確認された。しかし、被干渉局が存在する敷地内において UWB 無線システムの端末を停波するといった運用制限により共用が可能との結論を得ている。

今回は、石岡局において、UWB 無線システムの帯域拡張を想定し、帯域幅 710MHz に加え、1480MHz の場合について、BPM-BPSK、FMCW の 2 方式の試験装置による実機の干渉評価を実施した。

石岡局の周辺環境及び測定点を図 3-19 に示す。

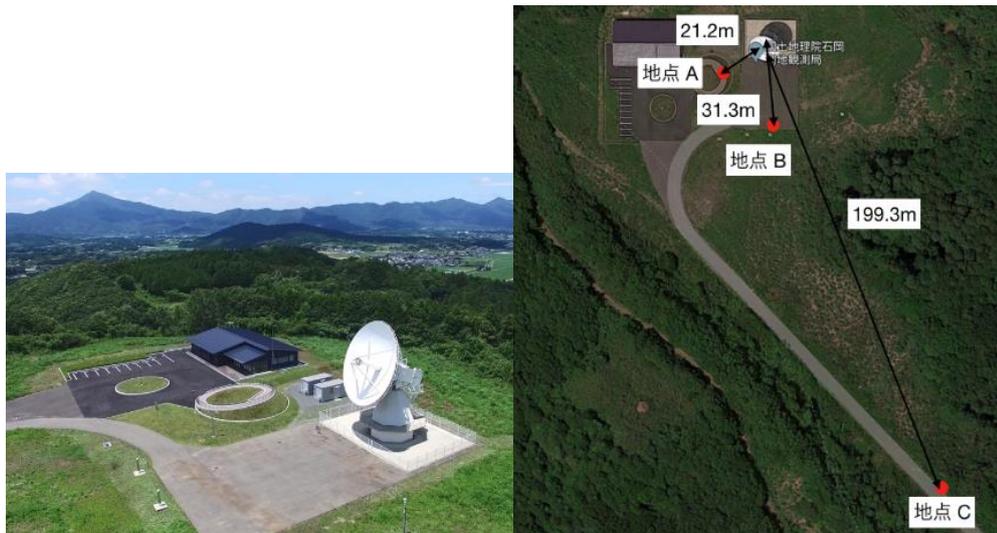


図 3-19 石岡局の周辺環境及び測定点

また、実験手順を以下に示す。

1. UWB 設置点において、最悪条件を仮定し、被干渉アンテナの水平、垂直方向のアンテナ角度を調整する。
2. UWB 送信 OFF 時の受信機 LNA 出力に接続したスペクトラムアナライザで信号レベルを確認して、次に UWB を送信 ON 状態にして同様にスペクトラムアナライザで確認する。
3. UWB の信号を X1D (710MHz) 、X1D (1480MHz) 、F3N それぞれに設定して手順 2 を繰り返す。
4. UWB 設置点を変更し、手順 1-3 を繰り返す。

実験結果を表 3-16 から表 3-18 までに示す。

表 3-16 BPM-BPSK (710MHz) の観測結果

VLBI 受信 アンテナ 仰角	地点 A	地点 B	地点 C
0 度	17dB 程度	9.5dB 程度	有意な差はなし
45 度	26dB 程度	11dB 程度	有意な差はなし
76 度	N/A	13dB 程度	N/A
90 度	有意な差はなし	有意な差はなし	有意な差はなし

表 3-17 BPM-BPSK (1480MHz) の観測結果

VLBI 受信 アンテナ 仰角	地点 A	地点 B	地点 C
0 度	22dB 程度	10.5dB 程度	有意な差はなし
45 度	30dB 程度	15dB 程度	有意な差はなし
76 度	N/A	17dB 程度	N/A
90 度	1.5dB 程度	1.5dB 程度	有意な差はなし

表 3-18 FM-CW の観測結果

VLBI 受信 アンテナ 仰角	地点 A	地点 B	地点 C
0 度	6dB 程度	1.5dB 程度	有意な差はなし
45 度	12.5dB 程度	2dB 程度	有意な差はなし
76 度	N/A	3dB 程度	N/A
90 度	1dB 程度	0.5dB 程度	有意な差はなし

被干渉局との距離に応じて、UWB の電波に起因する信号が確認されたが、被干渉局のアンテナから約 200m 離れた地点 C からの送信においてはノイズフロアからの有意な差は確認されなかった。

地点 A、B とともにアンテナ仰角 45 度および 76 度で最も強い信号を観測したが、これは石岡局の VLBI 受信アンテナに用いられている光学系がリングフォーカスと呼ばれ、広角で副鏡に入射してくる信号も受信されるためと考えられる。

③ 共用条件

屋外実験の結果から、平成 30 年度作業班における検討結果と同様に、被干渉局が存在する敷地内において UWB 無線システムの端末を停波するといった運用制限により共用が可能であると考えられる。

なお、実際の UWB 無線システムの利用にあたっては、以下の事項に配慮することが必要である。

- ・ 製造メーカー及び被干渉局の運用者は UWB 無線システムの利用者に対して使用エリアの制限が必要となるケースがあることの注意喚起を行うこと

- ・ UWB 無線システムは電波の送信を止める機能を有すること

(5) 衛星放送用受信設備 (BS/CS)

①概要

BS/CS 衛星放送受信装置は、受信アンテナで受信した信号をコンバーターによって、12GHz 帯の受信周波数と局部発振周波数（例えば、BS/110 度 CS の右旋円偏波は 10.678GHz）の差である中間周波数にスーパーヘテロダイン方式により変換する。図 3-20 に示すとおり、コンバーターの入力に 7.25-10.25GHz の UWB 信号が混入した場合、バンドパスフィルタを通過した UWB 信号は同じように周波数変換され、イメージ信号として所望波の中間周波数に重複する形で発生し、所望波に混信を与える。これをイメージ混信という。

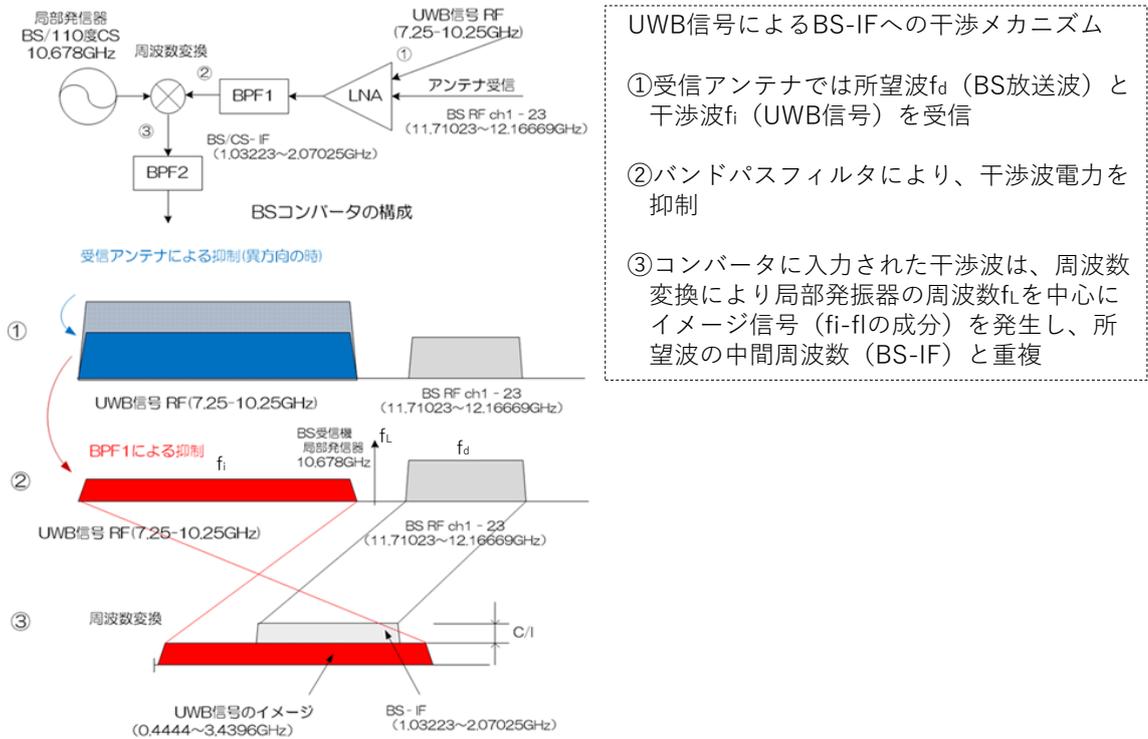


図 3-20 UWB イメージ信号と BS/CS 放送の IF 周波数の関係

なお、BS/CS 放送受信装置では、イメージ混信を避けるため、イメージ妨害抑圧フィルタ（イメージ混信を避けるためのフィルタ）によって、所望の放送波以外の電波の強度を低減させている。そのフィルタ性能は、ARIB 規格においてイメージ妨害抑圧比として規定している。イメージ妨害抑圧比は、BS/CS 信号帯域内のある周波数の CW 信号を電力 P_0 でコンバータに入力した時の LNB 出力電力 P_c と干渉信号帯域内のある周波数の CW 信号を電力 P_0 でコンバータに入力した

時の LNB 出力電力 P_i の比 P_c/P_i で表される。

BS/110 度 CS 放送及び 124/128 度 CS 放送の IF と UWB イメージ信号との周波数重複の様子を図 3-21 に示す。

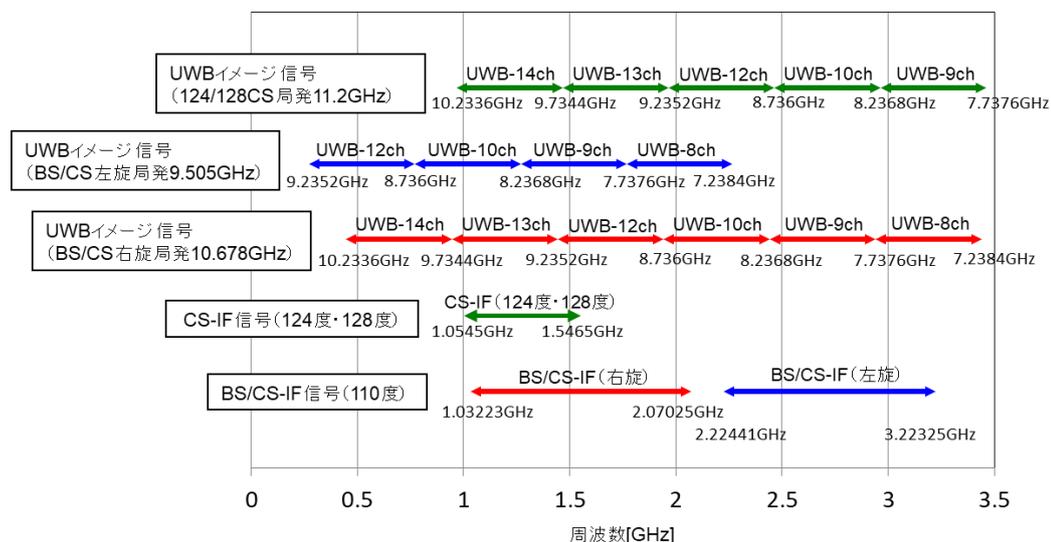


図 3-21 BS/CS 放送波と UWB 干渉波の BS-IF 帯周波数における重複の様子

②試験装置による検証

今回、実機によるイメージ混信の影響を検証するため、屋外実験及び室内実験を実施した。

本実験で利用した UWB 無線システムの試験装置の周波数を表 3-19 に示す。

表 3-19 UWB 無線システム試験装置の周波数

変調方式 (電波型式)	中心周波数 [GHz]	下限周波数[GHz]	上限周波数 [GHz]	拡散帯域幅 [MHz]
BPM-BPSK (X1D)	8.9856	8.6306	9.3406	710
	8.4864	7.7464	9.2264	1480
FMCW (F3N)	8.9856	8.7131	9.2581	545
	8.4864	8.2139	8.7859	545

BS/CS 放送は放送種別によってダウンコンバーターの局発周波数が異なるため、UWB 無線システムの周波数が同じでもイメージ混信の発生パターンが変わる。今回の試験装置によって発生し得るイメージ混信のパターンを表 3-20 に示す。

表 3-20 BS/CS-IF と重複する UWB 無線周波数 (BS/CS のイメージ周波数)

BS/CS 受信設備	BS/CS-IF と重複する UWB 周波数(BS/CS のイメージ周波数) [GHz]		BS/CS 中間周波数(IF) [MHz]		BS/CS 放送周波数[GHz]		UWB 実験局との周波数重複	BS/CS 受信設備の局発周波数 [GHz]
	下限	上限	下限	上限	下限	上限		
110 度 CS 左旋	6.28175	6.79625	2708.75	3223.25	12.21375	12.72825	×	9.505
BS 左旋	6.82413	7.28059	2224.41	2680.87	11.72941	12.18587	×	
BS-2ch (BS 左旋) (実験未実施)	7.24609	7.28059	2224.41	2258.91	11.72941	11.76391	×	
110 度 CS 右旋	8.60775	9.14525	1532.75	2070.25	12.21075	12.74825	○	10.678
ND-6~ND-24ch (110 度 CS 右旋) (ND-24 で実験実施)	8.60775	9.00225	1675.75	2070.25	12.35375	12.74825	○	
BS 右旋	9.18931	9.64577	1032.23	1488.69	11.71023	12.16669	○	
124/128 度 CS	9.6535	10.1455	1054.5	1546.5	12.2545	12.7465	×	11.2

(注) 表中の文字の色は図 3-21 に対応

屋外実験では、BS/CS 受信アンテナで実際の衛星放送波（仰角 41.6 度、方位角 219.6 度）を受信し、UWB 試験装置を BS/CS 放送受信装置に向けて送信することで、イメージ混信による映像破綻の有無を調査した。また、室内実験では、UWB 信号発生器で発生させた UWB 干渉波信号と実際の衛星放送波信号とを IF 周波数で混合させることでエラーフリーとなる BS/CS 受信波平均電力と UWB 送信機の干渉波尖頭値電力の比（以下「所要 C/I」という。）を明らかにした。所要 C/I の定義は以下となる。

$$\text{所要 C/I} = (\text{BS/CS のチャンネル帯域幅の平均受信電力}) / (\text{UWB 干渉波の尖頭値電力}) [\text{dB}]$$

なお、映像破綻とは衛星放送用受信設備が映像信号の復号時に誤り訂正不能となり、ブロックノイズ、フリーズ、ブラックアウト等の映像の乱れが生じた状態をいう。

②-1 屋外実験

本実験は BS/CS 放送波を見通しで良好に受信できる場所として、甲南大学ポートアイランドキャンパス グラウンド（神戸市中央区港島南町 7-1-20）で実施した。



図 3-22 甲南大学ポートアイランドキャンパスの周辺環境及び BS/CS 受信設備設置点

実験においては、BS/CS 受信設備の近傍に UWB 送信機を設置し、UWB10 チャンネル（中心周波数：8486.4MHz）及び UWB12 チャンネル（中心周波数：8985.6MHz）の信号をオン/オフさせ、BS/CS 受信設備で UWB 送信波の干渉による映像破綻がないかを確認した。

屋外実験に使用した UWB 無線システムの試験装置の諸元を表 3-21 に、BS/CS 受信アンテナの諸元を表 3-22 に示す。

表 3-21 UWB 試験装置の諸元（屋外実験）

電波の型式	X1D	F3N
周波数	8486.4 MHz (UWB10ch) 、 8985.6 MHz (UWB12ch)	
周波数帯域幅	710 MHz 以下	545 MHz 以下
UWB 出力 e.i.r.p. (平均値)	-41.3 dBm/MHz	-41.3 dBm/MHz
UWB 出力 e.i.r.p. (尖頭値)	0dBm/50MHz	-14.5dBm/MHz

表 3-22 BS/CS 受信アンテナの諸元

名称	メーカー	BS-IF 対応周波数	発売開始	備考
アンテナ A	A 社	右旋：1032.23 - 2070.25MHz 左旋：2224.41 - 3223.25MHz	2016	新 4K8K 衛星放送対応
アンテナ B	A 社	右旋：1032.23 - 2070.25MHz	2002	
アンテナ C	B 社	右旋：1032.23 - 2070.25MHz	2002	

なお、FM-CW 方式（F3N）については、周波数帯域幅が 1750MHz 以下を想定した場合についても屋外実験を実施した。

本実験において使用した UWB 無線システムの周波数がイメージ混信を発生させる可能性があるのは、BS-23ch（12.13219 - 12.16669GHz）及び 110 度 CS-ND-24ch（12.71375 - 12.74825 GHz）となる。よって、これら 2 つの衛星放送の周波数へのイメージ混信について、以下の手順により評価を行った。

1. BS/CS アンテナの方向調整を行い実際の衛星放送波を受信し、この時の C/N（積分帯域幅電力 C と雑音電力 N の比）をスペアナで測定し記録する。
2. UWB 試験装置の送信を開始し、UWB 試験装置の送信アンテナから BS/CS アンテナまでの距離を最大 12m～最小 60cm のレンジで、徐々に近づけながら各々の地点で 1 分以上の画面監視を行い、映像破綻が確認できた地点の距離を記録する。
3. UWB 試験装置の信号 2 波および電波の型式をそれぞれに設定して手順 2 を繰り返す。
4. UWB 試験装置の位置を下記のように変更し、手順 2,3 を繰り返す。
 - a) BS 受信アンテナの中心と UWB 送信機アンテナの高さが同じ高さとなるように調整し、BS アンテナを中心に衛星方向に向かって UWB 送信機を設置する。
 - b) UWB 送信機の高さ（あるいは距離）を変えて BS 受信アンテナの主ビーム方向を探す。BS アンテナ出力の UWB 送信波が最大となる地点で固定する。
 - c) UWB 試験装置を BS 受信アンテナ反射鏡越しに給電部が見える境目付近に設置する。
 - d) UWB 試験装置を BS 受信アンテナの背面に設置する。
5. 衛星放送周波数を変えて、手順 2-4 を繰り返す。
6. 他のタイプの受信アンテナについて、手順 2～5 を繰り返す。

屋外実験の結果は下表のとおりで、UWB 干渉波による映像破綻は確認されなかった。

表 3-23 屋外実験による干渉評価結果

BS・CS の周波数 [GHz]		UWB の周波数[GHz]		BS/CS- IF 中心周波 数[GHz]	映像破綻の有無		
					アンテナ A	アンテナ B	アンテナ C
BS-23ch	12.14944	UWB- 12ch	9.20656	1.47144	無	無	無
ND-24ch	12.73100	UWB- 10ch	8.62500	2.05300	無	無	無

②-2 室内実験

屋外実験による干渉評価の妥当性を検証するため、実験に使用した市販の BS/CS 受信アンテナのイメージ妨害抑圧性能を室内実験により確認した。

その結果は最悪値で約 60dB であったが、実験に用いたアンテナが 3 機種のみであることや製品による性能のばらつきを考慮すると所要離隔距離の算出にあたっては、ARIB 規格である 55dB を採用することが妥当と考えられる。

本検討においては、イメージ妨害抑圧比が 31dB となる ARIB STD B21 も含め、以下の ARIB 規格を前提として所要離隔距離を求めた。

	イメージ妨害抑圧比	ARIB 規格
BS/110 度 CS	31dB (～2014 年) 55dB (2014 年～)	ARIB STD B21 ARIB STD B63
124 度/128 度 CS	31dB	ARIB STD B1

また、室内実験により、エラーフリーとなる BS/CS 放送波の受信電力（1ch あたりの平均電力）と UWB 送信機の干渉波電力（尖頭電力[dBm/50MHz]）の比である所要 C/I を測定し、イメージ混信からの保護に必要な UWB 無線システムの所要離隔距離を算出した結果を以下に示す。

UWB 試験装置			BS/CS 受信アンテナとの 離隔距離[m]	
方式	帯域幅	送信 e.i.r.p.		
BPM- BPSK	1750MHz	平均値：-41.3dBm/MHz	2.1m	抑圧比※：31dB
	以下	尖頭値：0dBm/50MHz	13cm	抑圧比※：55dB
FMCW	545MHz 以 下	平均値：-41.3dBm/MHz 尖頭値：-14.3dBm/50MHz	3.9m	抑圧比※：31dB
			25cm	抑圧比※：55dB
	1750MHz 以下	平均値：-41.3dBm/MHz 尖頭値：-8.9dBm/50MHz	7.2m	抑圧比※：31dB
			46cm	抑圧比※：55dB

※イメージ妨害抑圧比

UWB 無線システムの影響が最も大きくなる FMCW 方式（1750MHz 以下）の場合で、所要離隔距離は、イメージ妨害抑圧比が 31dB の受信アンテナに対して 7.2m、イメージ妨害抑圧比が 55dB の受信アンテナに対して 46cm となった。

③共用条件

室内実験による所要 C/I の測定結果から算出された所要離隔距離は最も厳しいケースで 7.2m 以上という結果となったが、以下の点において実際の使用環境においては所要離隔距離の緩和が期待できる。

- ・ BS/110 度 CS の受信アンテナのイメージ妨害抑圧比の ARIB 規格値が、2014 年に策定された新 4K8K 衛星放送を対象とした規格 (ARIB STD B63) では 31dB から 55dB に改定されたこと
- ・ 実験においてイメージ妨害抑圧比を実測した製品に関しては、BS 及び CS のチャンネルにより異なるが、ARIB 規格のイメージ妨害抑圧比 55dB よりも 4.3~42.3dB 上回っていたこと（ただし、3 機種による評価結果であり、全ての製品で保証するものではない。）
- ・ 実機による屋外の干渉試験においては、BS/CS 放送波受信設備の映像破綻が確認されなかったこと

ただし、将来、双方のシステムの技術的条件、運用条件が変わる場合には新た

な検討が必要である。

3-4 屋外利用型 UWB 無線システムの運用制限の考え方

(1) 所要離隔距離の考え方

3-3 の共用検討結果から、UWB 無線システムからの混信からの保護のために一定の離隔距離が必要となる既存無線システムとその所要離隔距離を表 3-24 に示す。

表 3-24 UWB 無線システムの運用制限が必要となる既存無線システム

既存無線システム (被干渉システム)	周波数 [GHz]	帯域内の UWB 出力レベル [dBm/MHz]	所要離隔距離 ^{※1}
航空精測進入レーダー (PAR)	9.0-9.2	-60	228m
航空機搭載気象レーダー	9.3 - 9.5	-60	290m
気象レーダー	9.7 - 9.8	-60	48.9m (可搬型) 20m (固定型)
宇宙研究業務 (深宇宙) 地球局	8.4 - 8.45	-41.3	229.1m (中心周波数が完全一致した場合は 724m)
電波天文受信設備	6.65 - 6.6752	-70	6.2km (UWB の帯域内出力レベル-80dBm/MHz の場合 30m)
	10.6 - 10.7	-85	30m 未満
VLBI 測地システム	7.78 - 9.08	-41.3	約 200m ^{※2}

※1 机上検討結果に基づき算出した値 (最悪ケース時)

※2 実機による干渉試験において被干渉システムで与干渉の信号が確認されなかった離隔距離

表 3-24 に示す所要離隔距離内で UWB 無線システムが運用される場合は、UWB の電波を停止するといった運用制限が必要となる。対象となる既存無線システムの設置場所や周辺環境を考慮すると、所要離隔距離が敷地外まで達するケースもあるが、所要離隔距離の算出においては、UWB 無線システムの端末が被干渉システムの無線設備に対して正対している前提として人体等による遮蔽損を考慮していないことなどから、数 dB 以上のマージンを見込んでおり、実際の離隔距離はさらに短縮されると考えられる。さらに、被干渉システムが信号の受信において相関処理などにより干渉波の影響を抑制する機能を有している場合は更なる緩和要素となる。また、電波天文の受信設備のような帯域外の既存無線システムに対しては、実際の製品設計

における不要輻射電力が上限値よりも低く抑えられることも所要離隔距離を短縮する緩和要素となる。

以上のことから、実環境においては、既存無線システムの敷地内で UWB の運用制限を行えば、既存無線システムへの有害な干渉を与えるおそれはないと考えられる。

(2) 敷地内運用制限への具体的な対応

UWB 無線システムの敷地内運用制限を実施するにあたっては、国及び製造者・販売者による注意喚起と既存無線システム（被干渉無線局）の運用者による UWB 無線システムの利用者への停波の指示等の措置を行うことが適当である。

国、製造者・販売者及び被干渉無線局の運用者のそれぞれが対応すべき指針を以下に示す。

UWB 無線システムの敷地内運用制限の対応指針

国の対応

- UWB 無線システムを搭載する無線機器は、ユーザーの簡易な操作により UWB 無線システムの電波の発射を停止させる機能を有することを制度上義務付ける。
- 総務省のホームページ（電波利用ホームページ）において、UWB 無線システムに対する運用制限が必要となる無線システム及びその無線システムが利用されている代表的な場所の事例について、周知啓発する。
（ただし、UWB 無線システムの利用制限に関する周知啓発が目的であり、国が個別具体的な利用制限地域や施設を指定するなどの監理はしない。）

製造者・販売者の対応

- UWB 無線システムの製造メーカーは、製品設計において不要輻射電力を最大限抑えるよう留意する。
- 製造メーカー及び輸入・販売業者は UWB 無線システムの利用が制限される場合があることについて、取り扱い説明書等によりユーザーに注意喚起する。

被干渉無線局の運用者の対応

- 対象無線局がある敷地あるいはその敷地内の設備の利用者（施設管理業者やテナント等の関係者、施設見学者を含む。以下「設備利用者」という。）に対して、敷地内または設備内において UWB 無線システムの利用が制限されることについて周知する。
- 敷地内または設備内における UWB 無線システムの利用禁止エリアに設備利用者が立ち入る場合は、UWB 無線システムを搭載した無線機器の電源をオフにする、あるいは UWB 無線システムのみを利用停止にする、といった指示を行う。

UWB 無線システムの屋外利用周波数の拡張に係る制度整備を行うにあたっては、これらの方針を踏まえることが必要である。

第4章 屋外利用型 UWB 無線システム（帯域拡張）の技術的条件

第3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屋外利用型 UWB 無線システムの帯域拡張に係る技術的条件を以下のとおり取りまとめた。

4-1 屋外利用型 UWB 無線システム（帯域拡張）の技術的条件

4-1-1 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、7.25GHz から 9.0MHz 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 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、屋内利用の現行制度との整合性及び他の無線システムとの共用の観点から、等価等方輻射電力として平均電力で -41.3 dBm/MHz 以下、尖頭電力で 0dBm/50MHz 以下とする。

(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、現行規定同様に、変調方式は限定しない。

(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

送信速度は特段設定しないものとする。

(7) 混信防止機能

データ伝送を行う場合は、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。また、無線標定を行う場合は、受信した電波の変調方式その他の特性を識別することにより、自局が送信した電波の反射波と他の無線局が送信した電波を判別できること。

(8) 端末設備内において電波を使用する端末設備

現行規定同様に、以下を条件とする。

- 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) 筐体条件

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、これに適合することが求められる。UWB 無線システムから発射される電波については、屋内利用で可能な 7.25GHz から 10.25GHz の 3GHz 幅を想定した場合においても最大送信電力は 0.22mW となり、送信空中線からの距離が 2.7mm 以上であれば電磁界強度指針の値よりも低くなる。したがって、UWB 無線システムの利用形態を鑑みると、特段支障はない（参考資料〇参照）。なお、人体から 20cm 以内に近接した場合は、電波防護指針における局所吸収指針に適合する必要があるが、六分間平均で

の電波の平均電力が無線設備規則に定める規定値¹¹に満たないため、特段支障はない。

(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。

4-1-2 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

占有周波数帯幅は、周波数の許容偏差を含めて 1.75 GHz 以内とする。

イ 不要発射の強度の許容値

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 4-2 のとおりとする。

表 4-2 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
7250～9000	-59.3 dBm/MHz 以下	-35.0dBm/MHz 以下
9000～10250	-60.0dBm/MHz 以下	-35.7dBm/MHz 以下
10250～10600	-70.0dBm/MHz 以下	-64.0dBm/MHz 以下
10600～10700	-85.0dBm/MHz 以下	-79.0dBm/MHz 以下
10700～11700	-70.0dBm/MHz 以下	-64.0dBm/MHz 以下
11700～12750	-85.0dBm/MHz 以下	-79.0dBm/MHz 以下
12750 以上	-70.0dBm/MHz 以下	-64.0dBm/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

¹¹ 無線設備規則第十四条の二において局所吸収指針の適用対象外となる無線設備を告示として定めており、当該告示において、六分間平均での当該電波の平均電力の閾値以下（6GHz を超え 30GHz 以下の場合、8mW 以下）となることを条件として定めている。

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。

4-1-3 測定方法

平成 30 年 11 月 14 日の情報通信審議会一部答申（「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」）（以下「平成 30 年度答申」という。）において示された測定方法を適用する（参考資料 3）。

4-2 将来の技術的条件の見直し等

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 無線システムと既存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、速やかに技術的条件の見直し等を行うこととし、UWB 無線システムの製造業者等においては、既存無線システムの混信の除去に積極的に対応することが必要である。

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

(令和2年6月17日現在 敬称略)

氏名	主要現職
主査委員 安藤 真	東京工業大学 名誉教授
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 ICTリサーチ&コンサルティング部 シニア・リサーチディレクター
〃 伊藤 数子	特定非営利活動法人STAND 代表理事
〃 河野 隆二	横浜国立大学大学院 工学研究院 教授 兼 同大学 未来情報通信医療社会基盤センター長
〃 齋藤 一賢	日本電信電話株式会社 技術企画部門 電波室長
〃 鈴木 薫	一般社団法人全国陸上無線協会 専務理事
〃 薄田 由紀	日本電気株式会社 電波・誘導事業部情報システム部 マネージャ
〃 高田 政幸	日本放送協会 放送技術研究所 伝送システム研究部長
〃 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
〃 日野岳 充	一般社団法人日本アマチュア無線連盟 専務理事 電気通信大学
〃 藤井 威生	先端ワイヤレス・コミュニケーション研究センター 教授
〃 本多 美雄	欧州ビジネス協会 電気通信機器委員会 委員長
〃 松井 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 研究開発本部 本部企画部(兼)研究開発センター 研究 企画部参事
〃 三谷 政昭	東京電機大学 工学部 情報通信工学科 教授
〃 三次 仁	慶應義塾大学 環境情報学部 教授
〃 吉田 貴容美	日本無線株式会社 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

(令和2年5月29日現在)

	氏名	所属、役職
主任	眞田 幸俊	慶應義塾大学 理工学部 電子工学科 教授 電子情報通信学会フェロー
構成員	阿部 敏和	防衛省 整備計画局 情報通信課 電磁波政策室 防衛部員
構成員	雨澤 泰治	株式会社モバイルテクノ 新商品企画室 室長
構成員	飯塚 留美	一般財団法人マルチメディア振興センター ICT リサーチ&コンサルティング部 シニア・リサーチディレクター
構成員	市川 麻里	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
構成員	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
構成員	江原 隆	ビー・エム・ダブリュー株式会社 デベロップメント・ジャパン テクノロジー・オフィス
構成員	大石 雅寿	大学利用機関法人自然科学研究機構国立天文台天文情報センター・周波数資源保護室・室長 特任教授
構成員	小竹 信幸	一般財団法人テレコムエンジニアリングセンター 技術部
構成員	鬼山 昭男	株式会社パスコ 衛星事業部 顧問
構成員	梶原 佑介	気象庁 観測部 観測課 航空気象観測高度化企画調整官
構成員	河村 暁子	国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 電子航法研究所 監視通信領域 主幹研究員
構成員	齋藤 一賢	日本電信電話株式会社 技術企画部門 電波室 室長
構成員	佐藤 誠	日本テレビ放送網株式会社 技術統括局 技術戦略統括部
構成員	田北 順二	一般社団法人全国船舶無線協会 水洋会部会 事務局長
構成員	田島 慶一	スカパーJSAT 株式会社 メディア技術本部 システム技術部・放送技術主幹
構成員	田中 祥次	株式会社放送衛星システム
構成員	谷澤 正彦	日本無線株式会社 事業本部 部長 技術統括担当
構成員	富樫 浩行	株式会社ディーエスピーリサーチ
構成員	濱中 太郎	日本放送協会 技術局計画管理部
構成員	藤村 卓史	日本電気株式会社 レーダシステム部/電波・誘導事業部
構成員	松本 浩幸	コンチネンタル・オートモーティブ株式会社 先行技術開発本部

構成員	三島 安博	Apple Japan, Inc. Wireless Design
構成員	湯通堂 亨	国土交通省国土地理院 測地部 宇宙測地課 課長補佐
構成員	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

参考資料 目次

- 参考資料 1 他の無線システムとの共用検討結果（詳細）
- 参考資料 2 実証実験の結果（詳細）
- 参考資料 3 UWB 無線システムの測定法（平成 30 年度
委員会報告）

他の無線システムとの共用検討結果（詳細）

(1) レーダーシステム

(1-1) 海上レーダー

沿岸監視レーダーを対象に実施したシングルエントリーでのシミュレーションのモデルを図5-1に、見通し外等の減衰Klosを加味した場合、しない場合それぞれのシングルエントリーの計算結果を図5-2に示す。

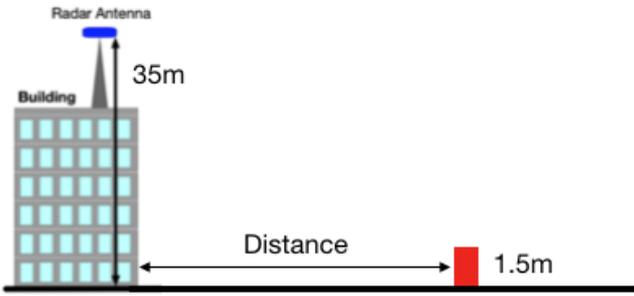


図5-1 沿岸監視レーダーでのシングルエントリー シミュレーションモデル

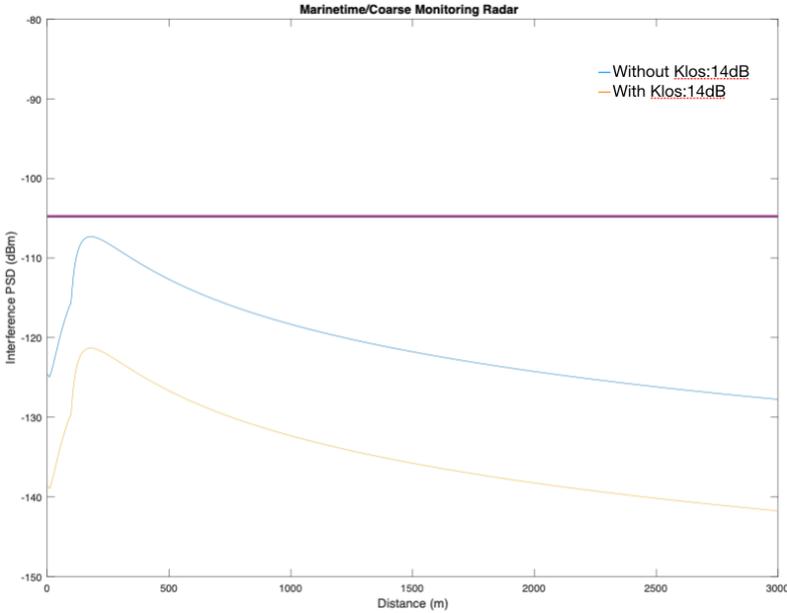


図5-2 沿岸監視レーダーでのシングルエントリー 結果

また、沿岸監視レーダーを対象に実施したアグリゲートでのシミュレーションモデルを図5-3に示す。

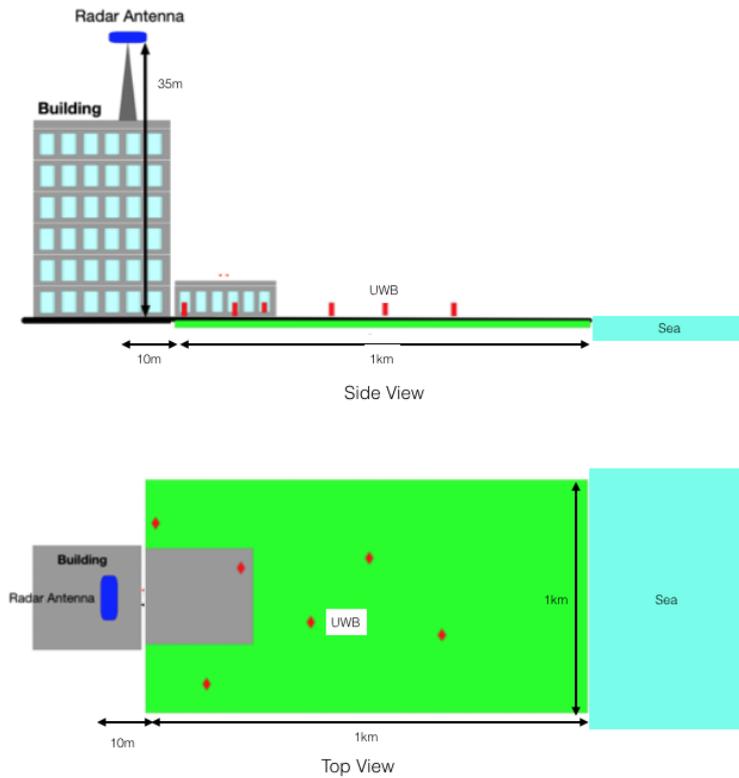


図5-3 沿岸監視レーダーでのアグリゲートシミュレーションモデル

Xバンド船舶レーダーを対象に実施したシングルエントリーでのシミュレーションのモデルを図5-4に、見通し外等の減衰Klosを加味した場合、しない場合それぞれのシングルエントリーの計算結果を図5-5に示す。また、同様に与干渉の出力を-60dBm/MHzとした時の計算結果を図5-6に示す。

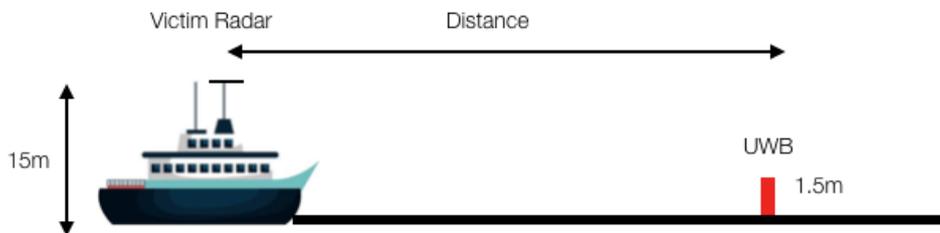


図5-4 Xバンド船舶レーダーでのシングルエントリー シミュレーションモデル

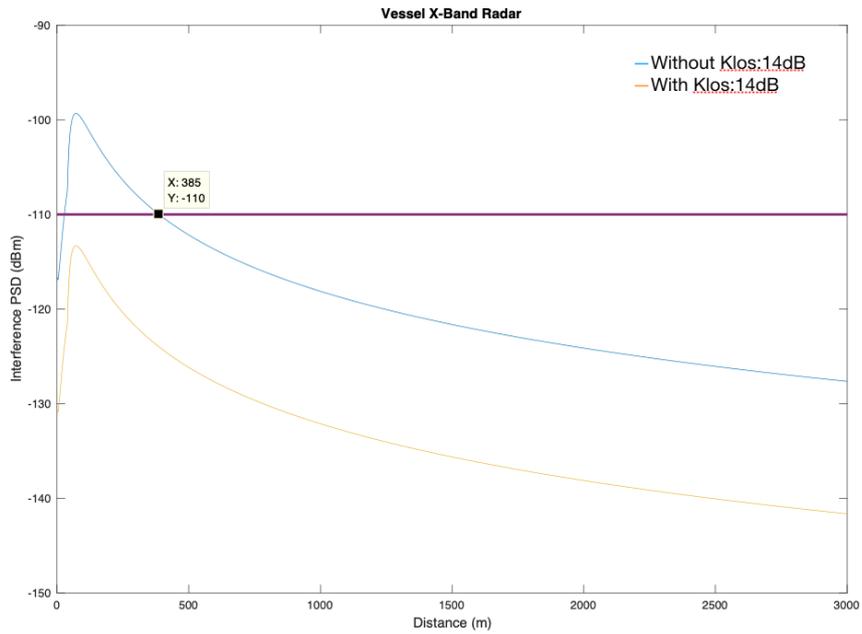


図5-5 Xバンド船舶レーダーでのシングルエントリー 結果

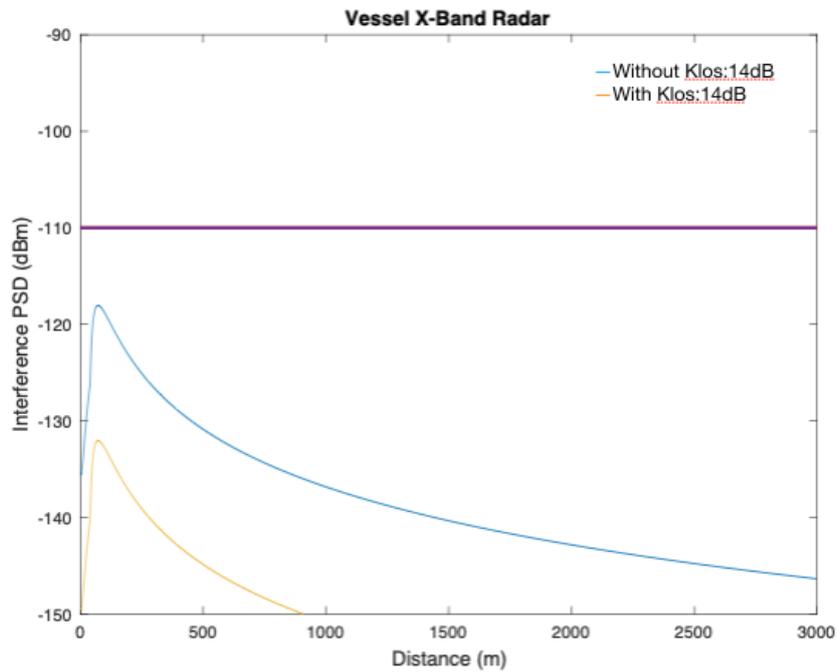


図5-6 与干渉出力レベル-60dBm/MHzでのシングルエントリー 結果

また、Xバンド船舶レーダーを対象に実施したアグリゲートでのシミュレーションモデルを図5-7に示す。

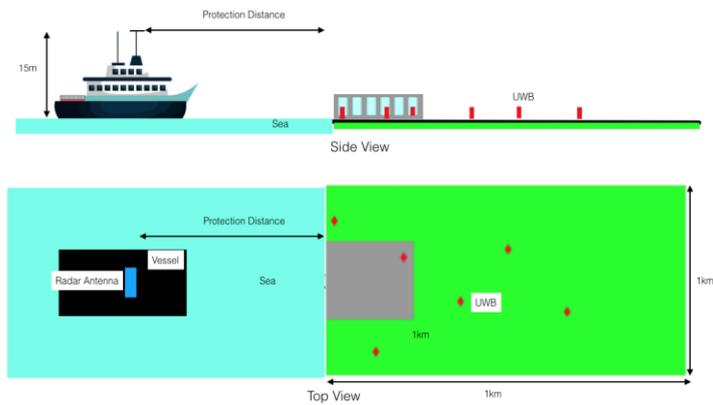


図5-7 Xバンド船舶レーダーでのアグリゲートシミュレーションモデル

(1-2) 航空機精測進入レーダー

精測進入レーダーを対象に実施したシングルエントリーでのシミュレーションのモデルを図5-8に、シングルエントリーの計算結果を図5-9に示す。



図5-8 精測進入レーダー (PAR) のシングルエントリー シミュレーションモデル

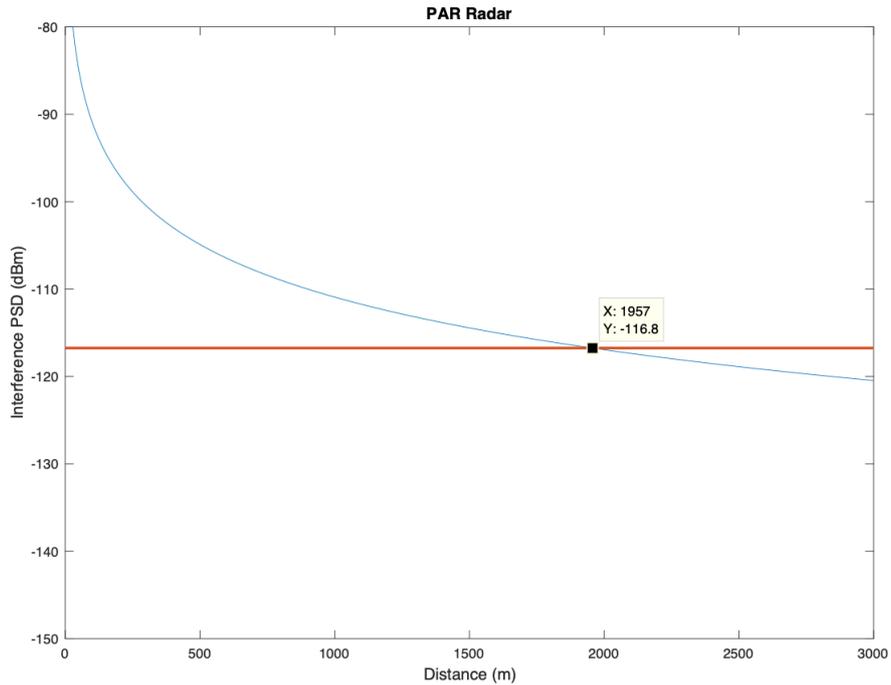


図5-9 精測進入レーダー (PAR) でのシングルエントリー 結果

また、精測進入レーダー (PAR) を対象に実施したアグリゲートでのシミュレーションモデルを図5-10に示す。図に示すとおり、2つのリングモデルを用いた。R0を最内側リング、R1を中心から20kmまでのリングとして、R0とR1の間に与干渉デバイスを分配し、干渉総和値を求め、干渉許容値を満足する中心からの距離 R0を求める。

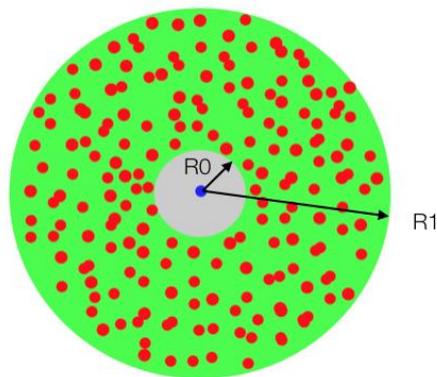


図5-10 精測進入レーダー (PAR) でのアグリゲートシミュレーションモデル

なお、許容干渉値を算出するにあたり以下の資料を参照した。

① Rep.ITU-R M.2081 Table 2

Rep. ITU-R M.2081

TABLE 2

PAR characteristics

Operating frequency	9.0 to 9.2 GHz
Pulse repetition rate	Multiple PRFs (see Appendix C)
Pulse width	1 μ s
IF bandwidth	2.0 MHz
Noise figure	3.25 dB
Antenna type	Limited scan, hyperbolic section reflector with an offset, phased array steered monopulse feed
Antenna gain	42 dB
Antenna polarization	Circular
Antenna beamwidth	Elevation 0.75° Azimuth 1.3°
Receiver types	Normal Coherent MTI Non-coherent MTI Range track Angle track

Noise Figure=3.25dBを参照した。

② Rep.ITU-R SM.2057

Rep. ITU-R SM.2057

Part of Report	Service/ applications	Frequency bands	Victim station characteristics	Service protection criteria used in study
Annex 1, § 3 (cont.)	Aeronautical primary radar	1 215-1 400 MHz	Receiver antenna gain = 38.9 dBi	$I/N = -6$ dB + Aeronautical safety factor = 6 dB and 6 dB multiple interference source factor
	Aeronautical primary surveillance radar	2 700-3 400 MHz	Receiver antenna gain = 34.3 dBi	$I/N = -10$ dB + Aeronautical safety factor = 6 dB and 6 dB multiple interference source factor
	Aeronautical radio altimeter	4 200-4 400 MHz	Receiver antenna gain = 0 dBi	$S/I = 6$ dB + Aeronautical safety factor = 6 dB and 6 dB multiple interference source factor.
	Aeronautical MLS	5 030-5 150 MHz	Receiver antenna gain = 0 dBi	$S/I = 25$ dB + Aeronautical safety factor = 6 dB and 6 dB multiple interference source factor
	Aeronautical precision approach radar	9 000-9 500 MHz	Receiver antenna gain = 38 dBi	$I/N = -6$ dB + Aeronautical safety factor = 6 dB and 6 dB multiple interference source factor

I/N:=-6dBを参照した。

以上より、PARの干渉許容値は $-174+60+3.25-6=-116.75$ dBm/MHzとした。

(1-3) 航空機搭載気象レーダー

航空機搭載気象レーダーを対象に飛行中を想定して実施したシミュレーションのモデルを図5-11と図5-12に示す。

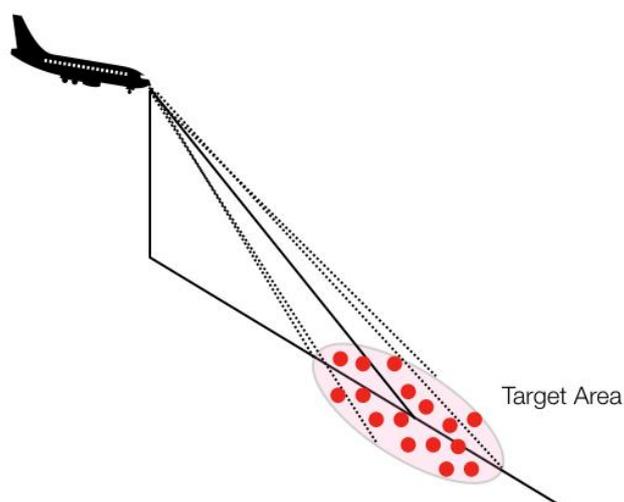


図5-11 航空機搭載気象レーダーのシミュレーションモデル (飛行中)

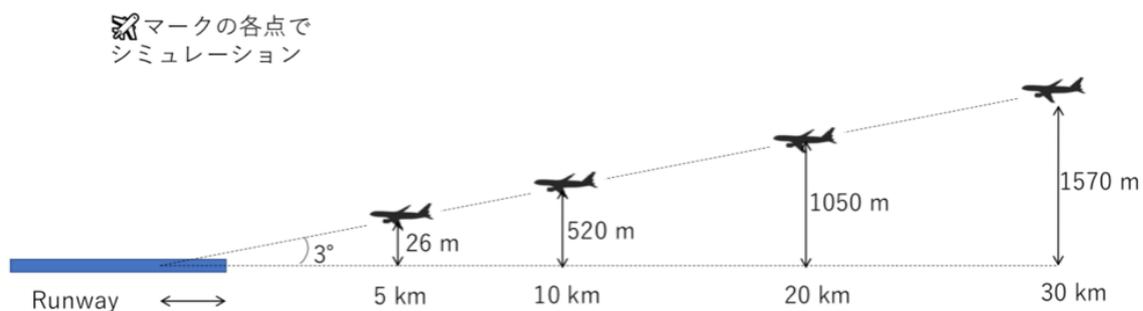


図5-12 シミュレーションで用いた条件

また、表3-6に示すアンテナ特性1及び2を用いて航空機の高度をそれぞれ変えた場合の計算結果をそれぞれ図5-13から図5-15まで及び図5-16から図5-18までに示す。なお、水平方向を0度として、アンテナのビーム角度を地面方向に1度から9度まで変化させてそれぞれ計算を実施した。

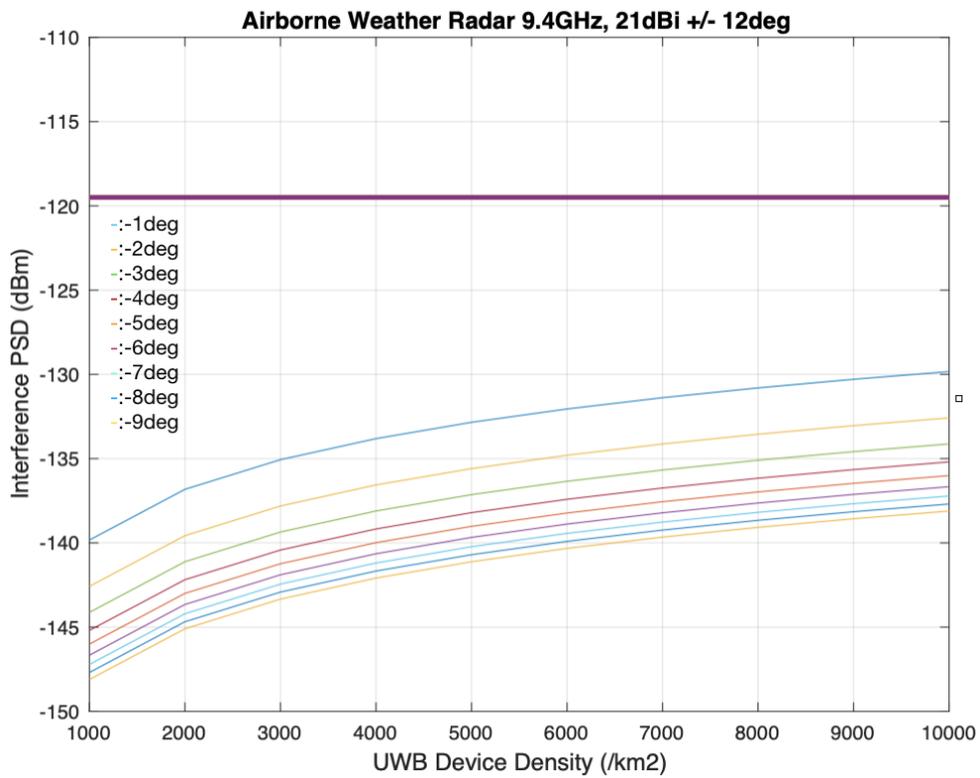


図5-13 高度26m条件での計算結果（アンテナ特性1）

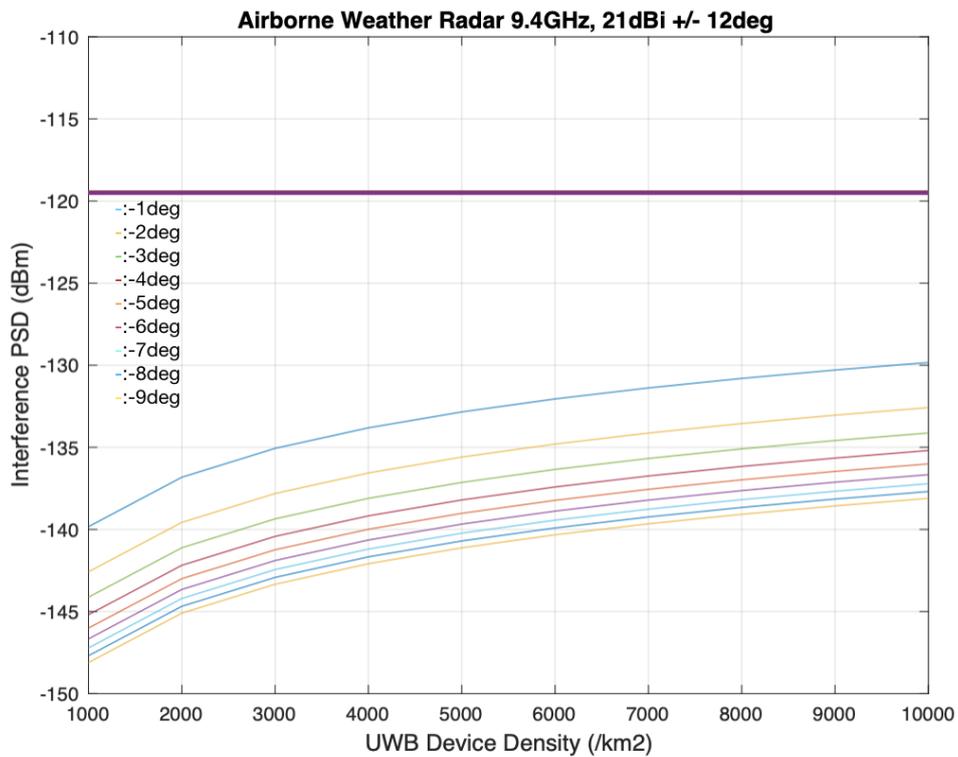


図5-14 高度520m条件での計算結果（アンテナ特性1）

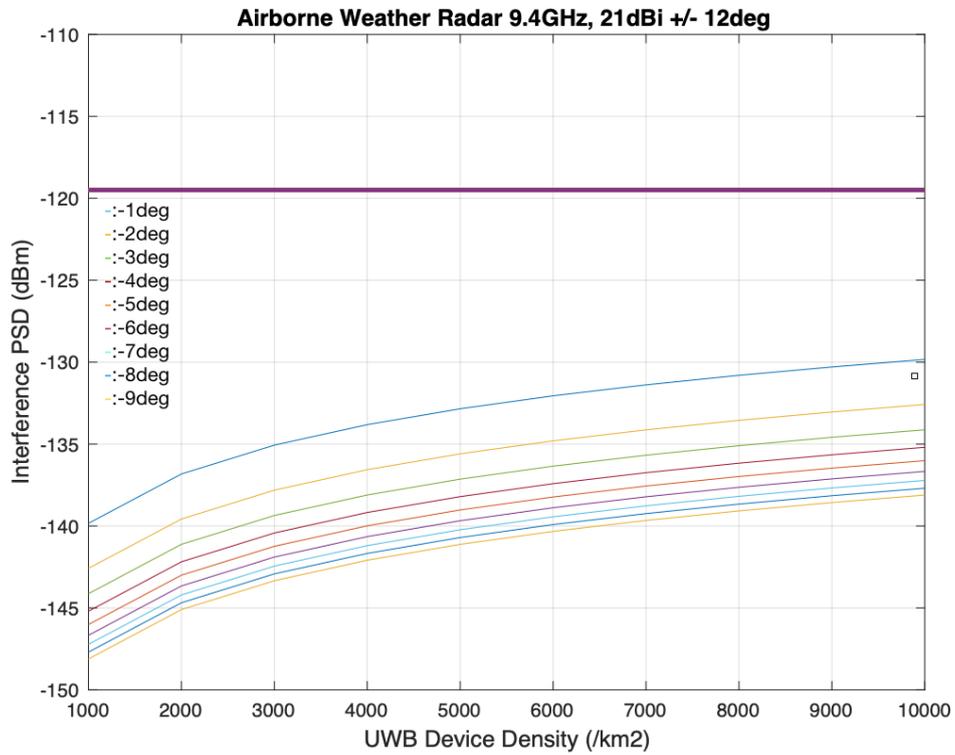


図5-15 高度1050m条件での計算結果（アンテナ特性1）

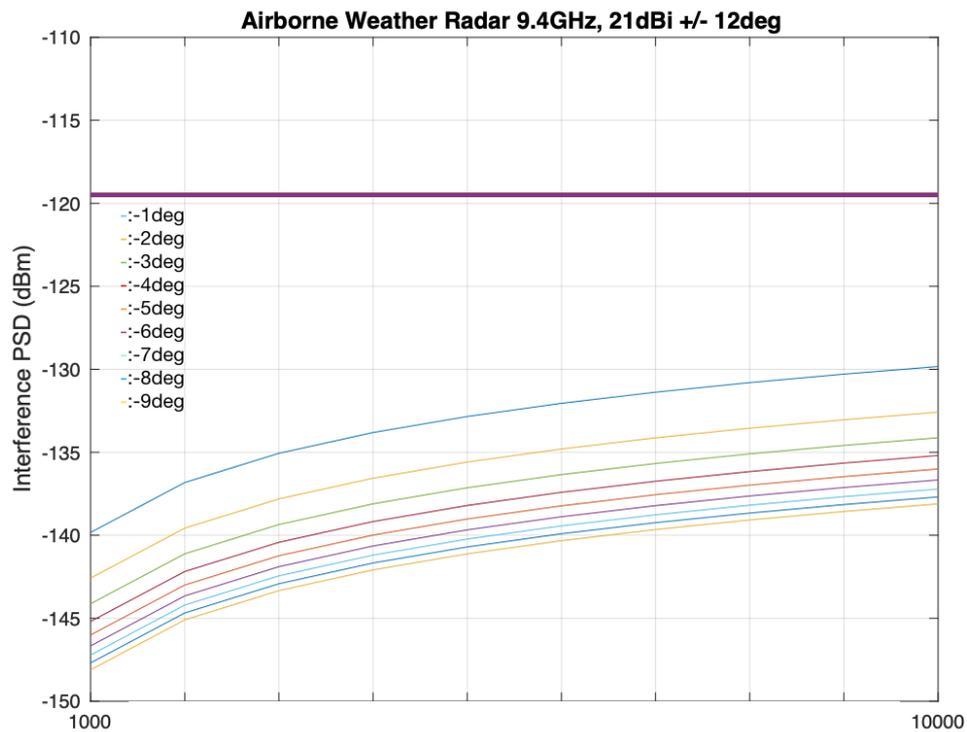


図5-16 高度1570m条件での計算結果（アンテナ特性1）

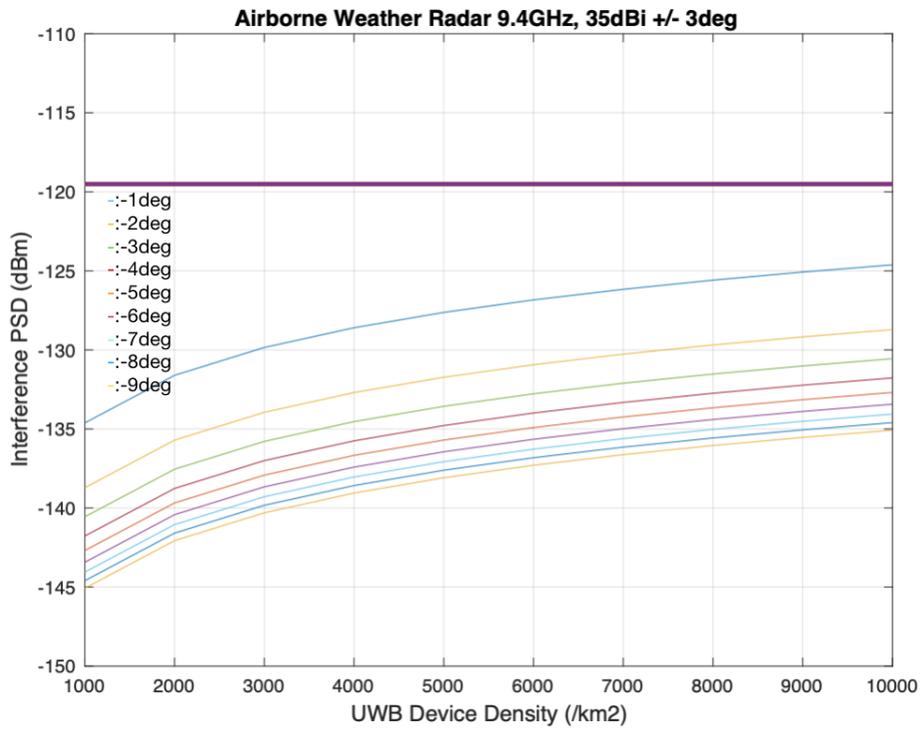


図5-17 高度26m条件での計算結果（アンテナ諸元2）

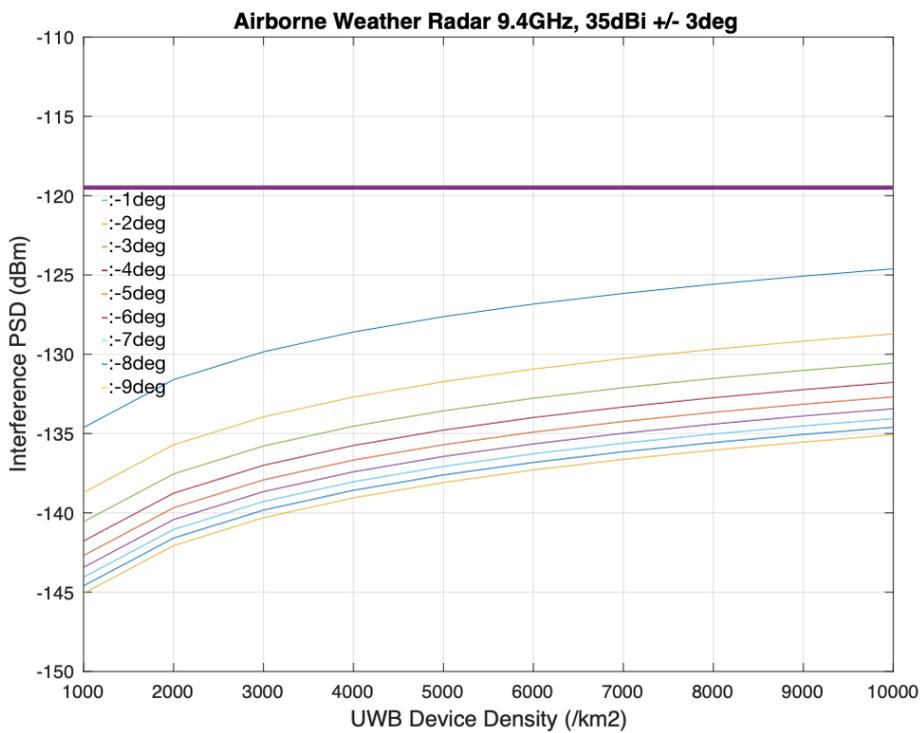


図5-18 高度520m条件での計算結果（アンテナ諸元2）

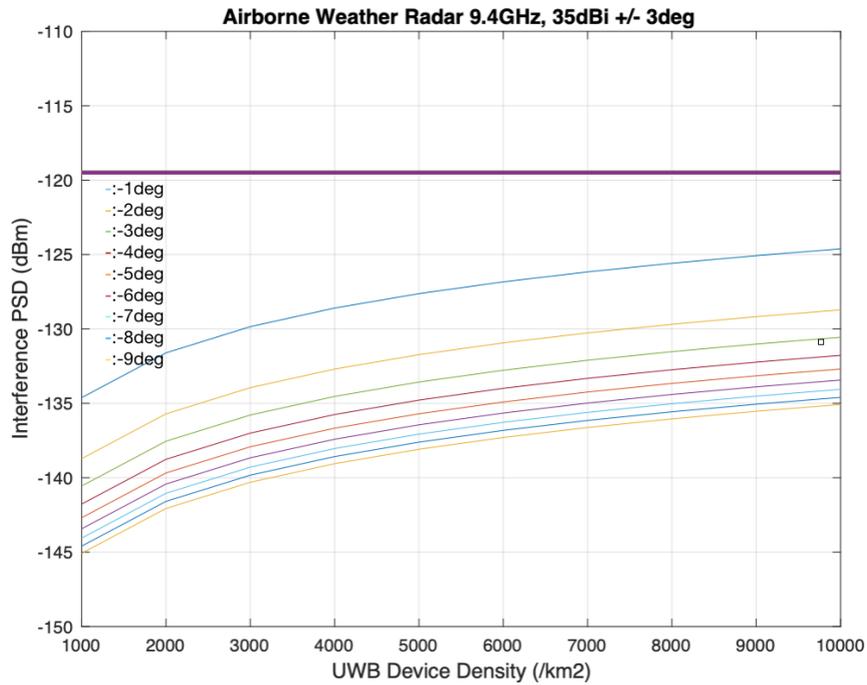


図5-19 高度1050m条件での計算結果（アンテナ諸元2）

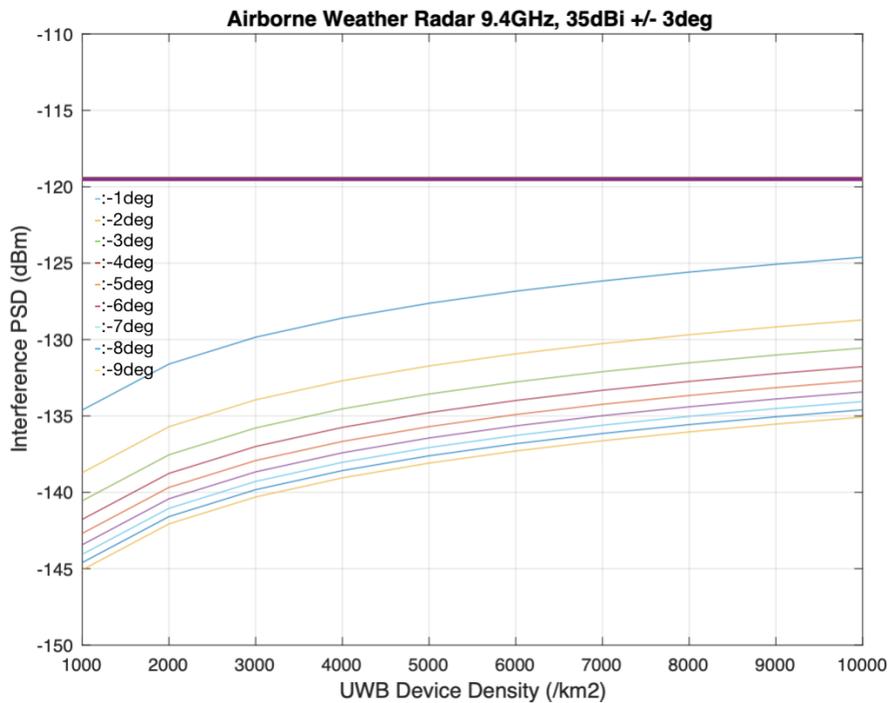


図5-20 高度1050m条件での計算結果（アンテナ諸元2）

また、空港内及び滑走路走行中を想定して実施したシングルエントリーでのシ

ミュレーションのモデルを図5-21に、シングルエントリーの計算結果を図5-22に示す。

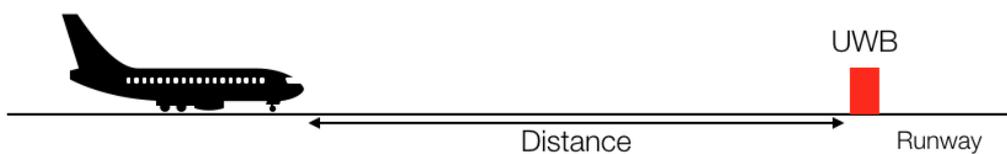


図5-21 航空機搭載気象レーダーのシングルエントリー シミュレーションモデル

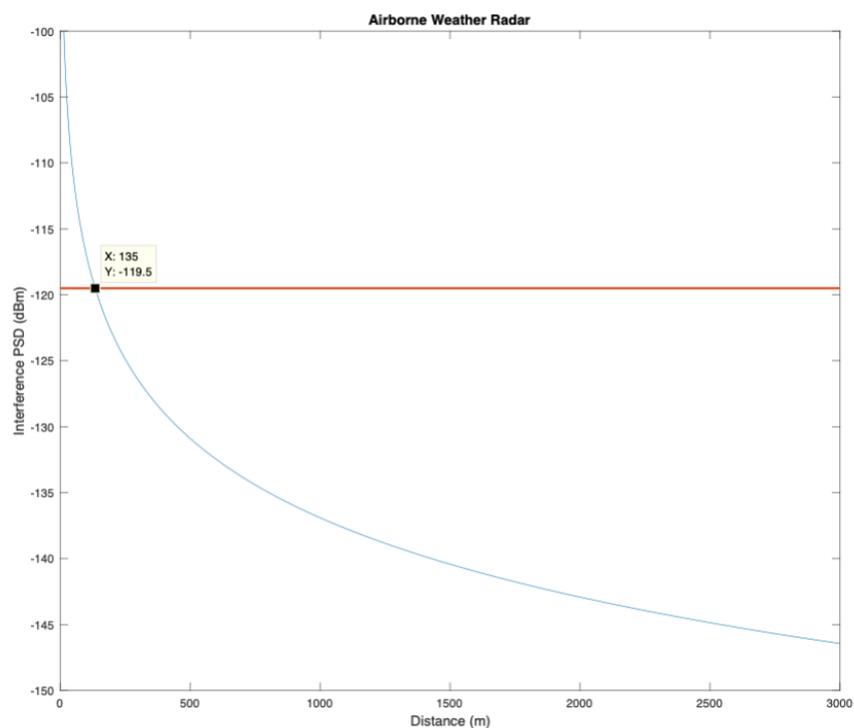


図5-22 航空機搭載気象レーダーのシングルエントリー 結果

また、航空機搭載気象レーダーを対象に港内及び滑走路走行中を想定して実施したアグリゲートでのシミュレーションモデルを図5-23に示す。

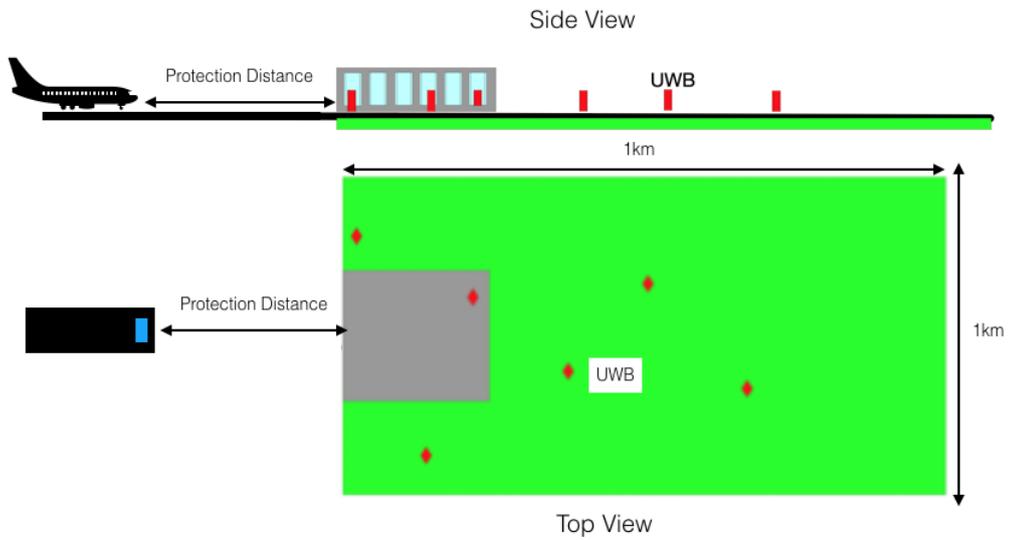


図5-23 航空機搭載気象レーダーでのアグリゲートシミュレーションモデル

(1-4) 気象レーダー

可搬型気象レーダーを対象に実施したシングルエントリーでのシミュレーションのモデルを図5-24に、見通し外等の減衰Klosを加味した場合、しない場合それぞれのシングルエントリーの計算結果を図5-25に示す。



図5-24 可搬型気象レーダーのシングルエントリー シミュレーションモデル

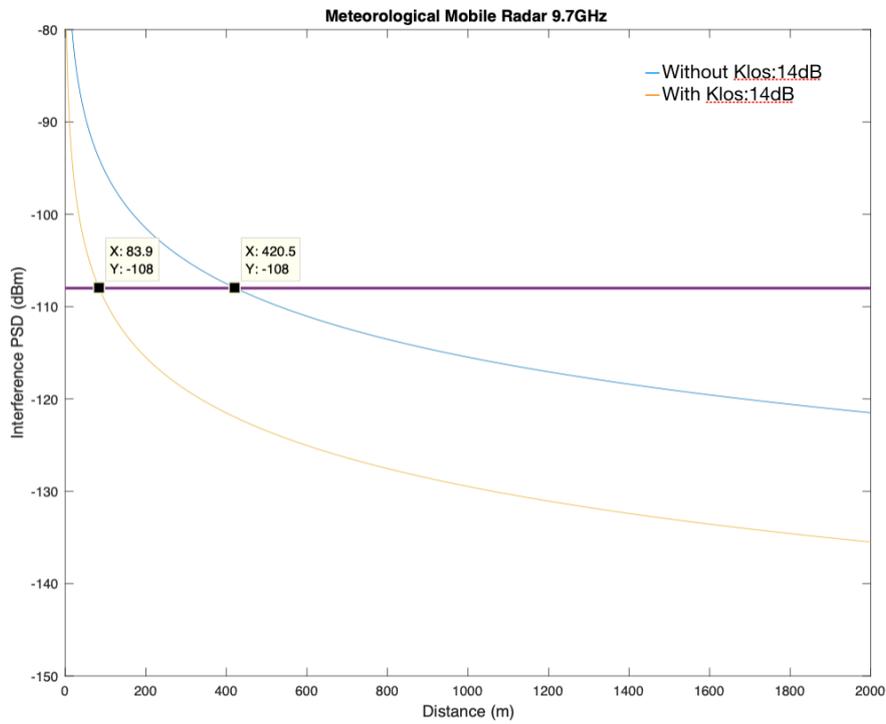


図5-25 可搬型気象レーダーのシングルエントリー 結果

また、可搬型気象レーダーを対象に実施したアグリゲートでのシミュレーションモデルを図5-26に示す。

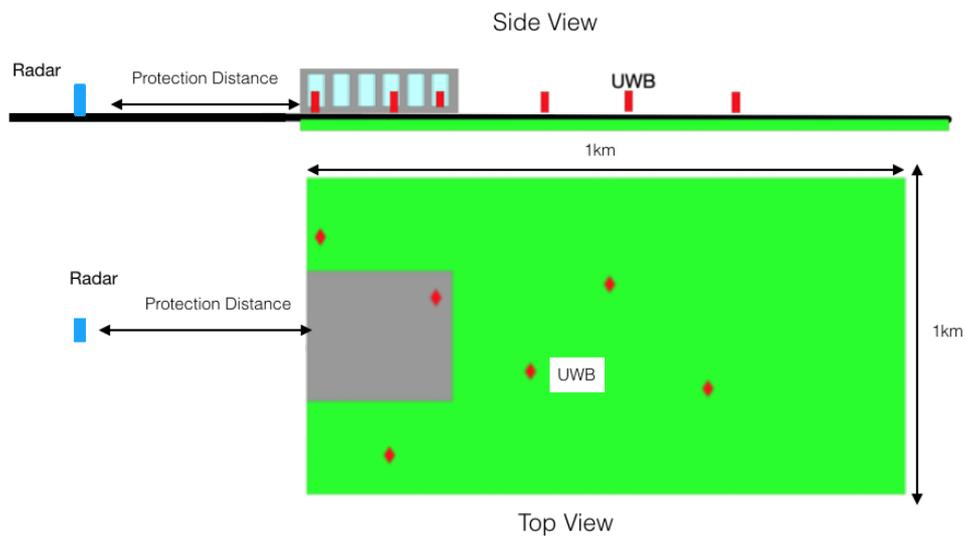


図5-26 可搬型気象レーダーのアグリゲートシミュレーションモデル

同様に、固定型気象レーダーを対象に実施したシングルエントリーでのシミュ

レーションのモデルを図5-27に、見通し外等の減衰Klosを加味した場合、しない場合それぞれのシングルエントリーの計算結果を図5-28に示す。

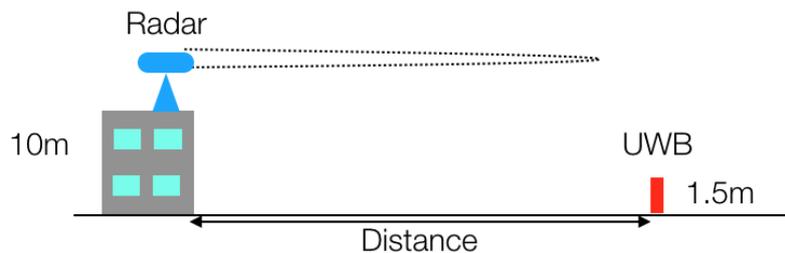


図5-27 固定型気象レーダーのシングルエントリー シミュレーションモデル

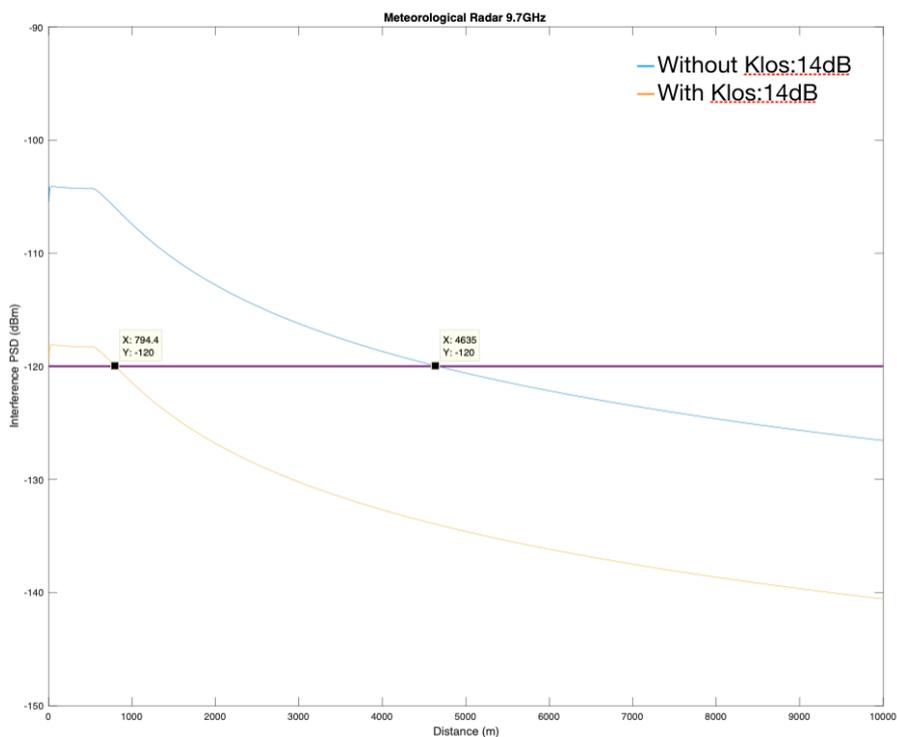


図5-28 固定型気象レーダーのシングルエントリー 結果

また、固定型気象レーダーを対象に実施したアグリゲートでのシミュレーションモデルを図5-29に示す。

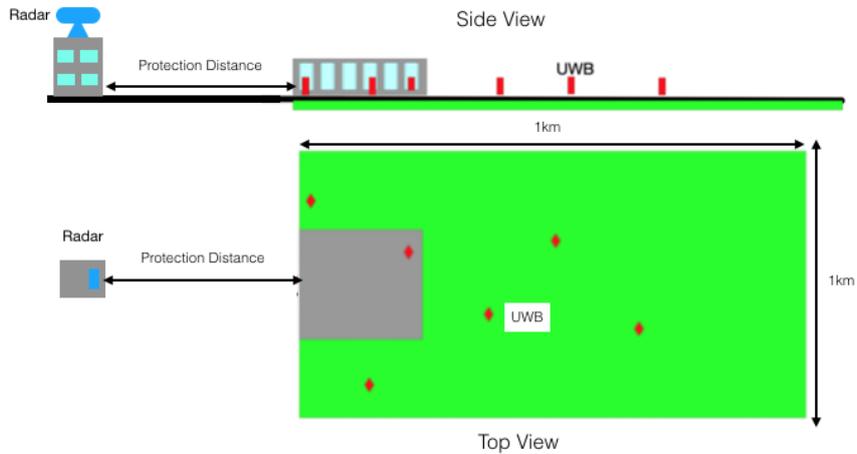


図5-29 固定型気象レーダーのアグリゲートシミュレーションモデル

(1-5) 航空機SAR

航空機SARを対象に実施したシミュレーションのモデルを図5-30に、パルス方式、FM-CW方式それぞれの計算結果を図5-31及び図5-32に示す。

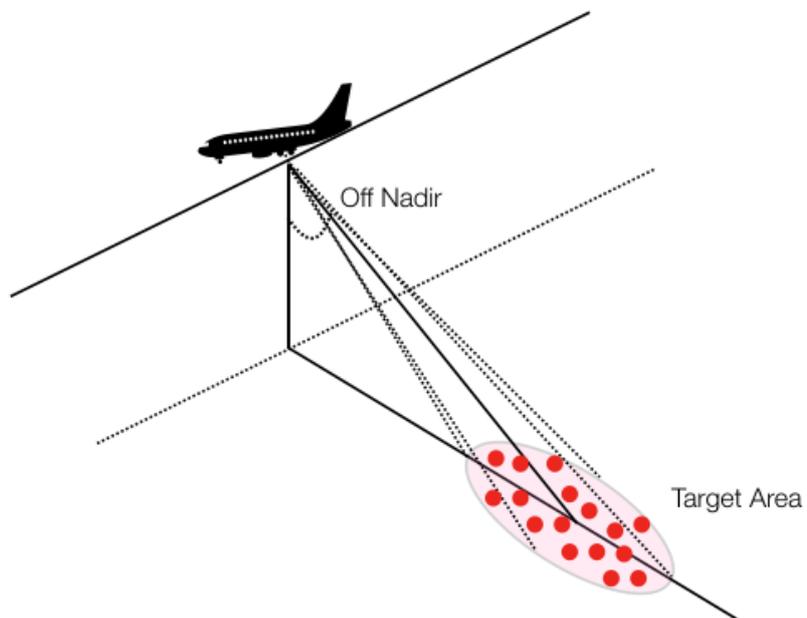


図5-30 航空機SARのシミュレーションモデル

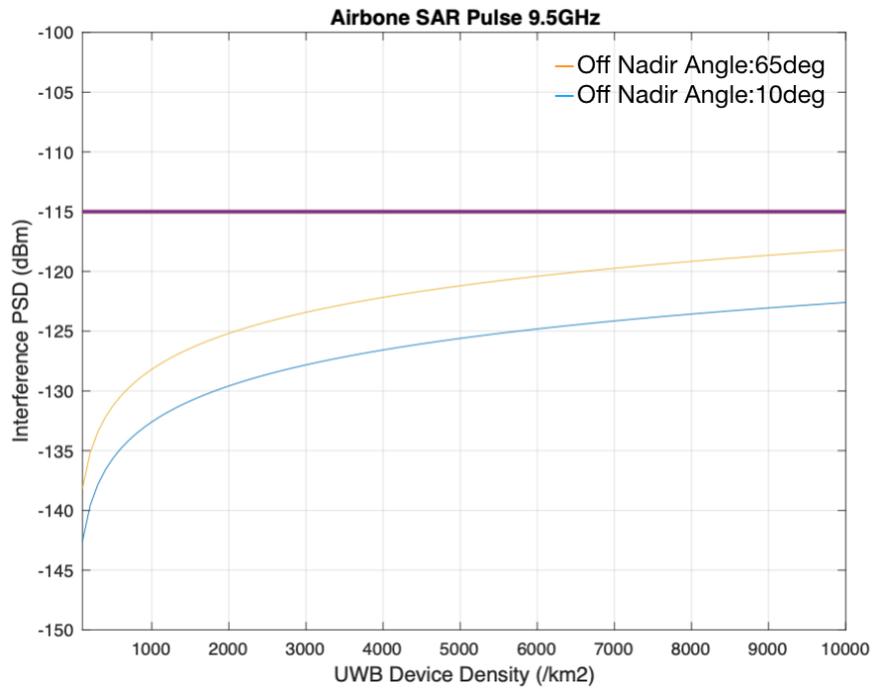


図5-31 パルス方式の諸元を用いた計算結果

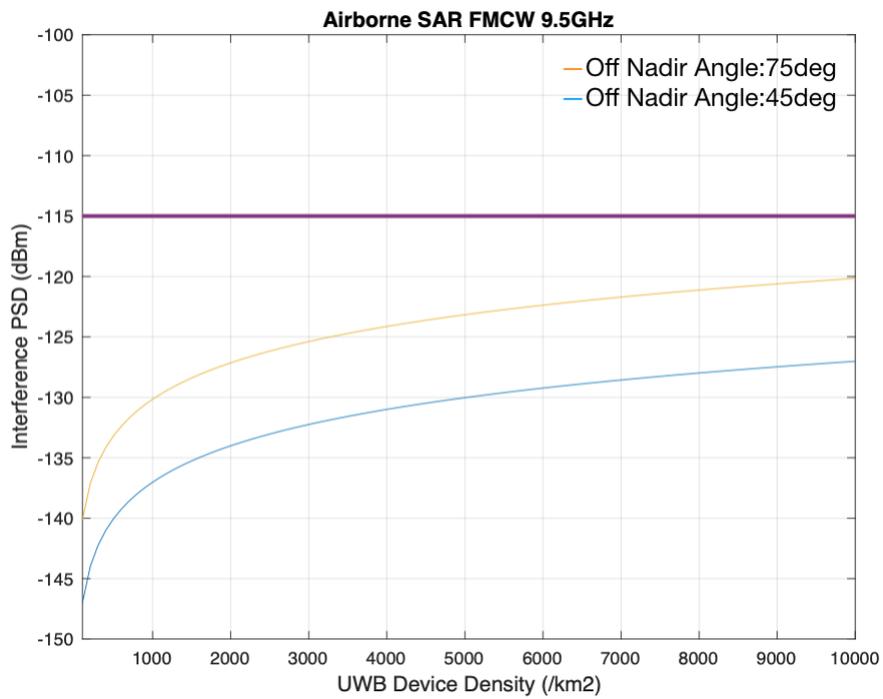


図5-32 FM-CW方式の諸元を用いた計算結果

(2) 衛星システム

(2-1) 宇宙研究業務（深宇宙）地球局

臼田局、内之浦を想定してスカイライン上に与干渉デバイスが存在した場合に干渉許容値を満たすために必要になる仰角オフセットを計算したシングルエントリーでのシミュレーションのモデルを図5-33に、見通し外等の減衰Klosを加味した場合、しない場合それぞれで臼田局、内之浦局での計算結果を図5-34、図5-35に示す。なお、計算で用いた臼田局、内之浦局の諸元を表5-1に示す。

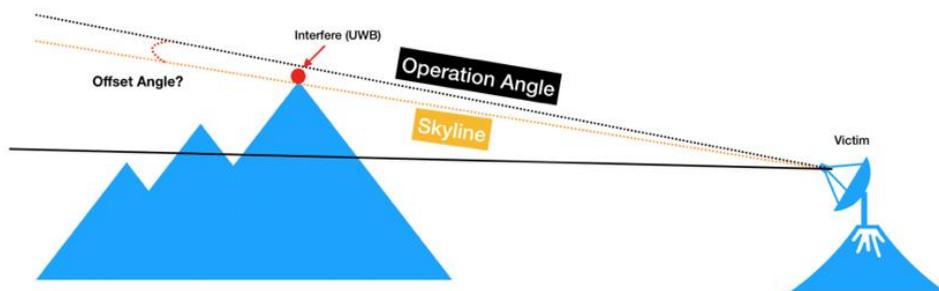


図5-33 宇宙研究業務地球局のシングルエントリー シミュレーションモデル

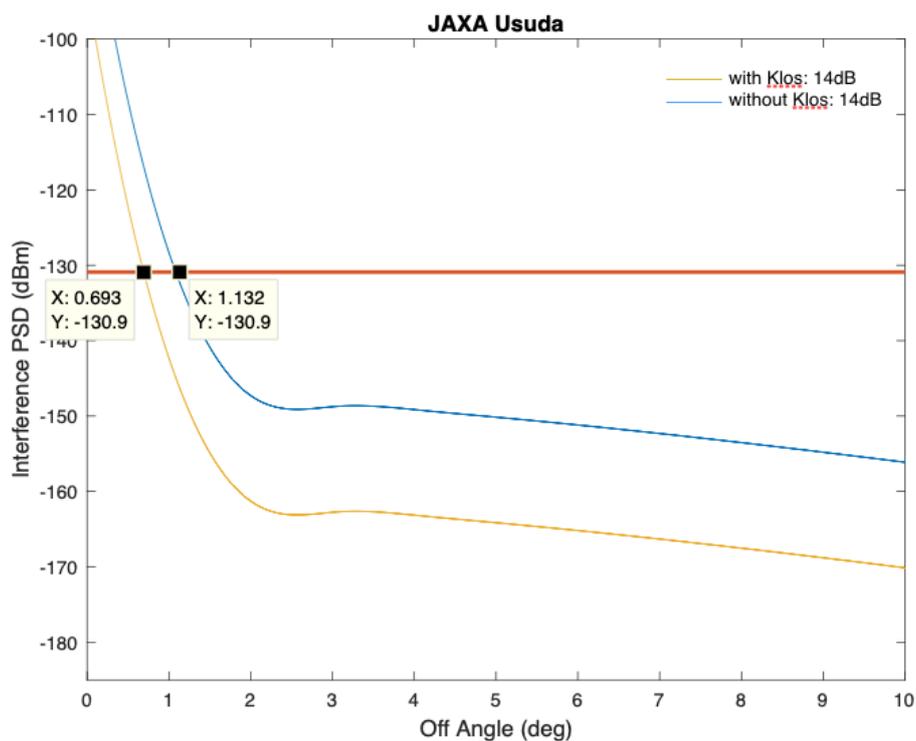


図5-34 臼田局の諸元を用いた計算結果

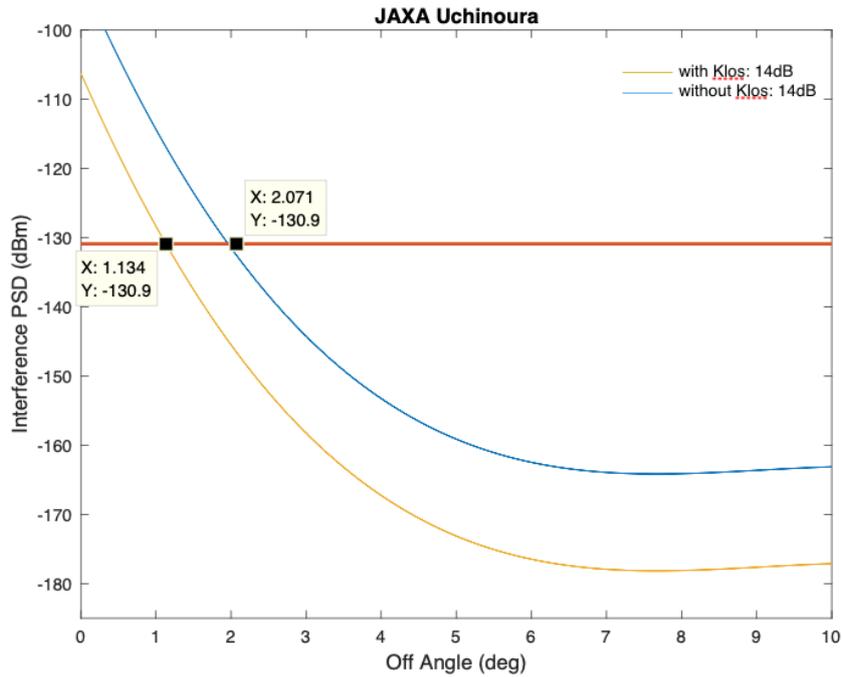


図5-35 内之浦局の諸元を用いた計算結果

表5-1 計算に用いた各被干渉局の諸元

被干渉局	臼田局	内之浦局
アンテナ諸元	指向性アンテナ 最大利得:72dBi	指向性アンテナ 最大利得:66.9dBi
被干渉局と与干渉局との水平距離	1410m	2210m
干渉許容値	-130.9dBm/MHz (ITU-R SA.1157-1)	

許容干渉値を満足するのに必要な仰角オフセットは、それぞれ臼田局で約1.1度 (Klosを考慮した場合は0.7度)、内之浦局で約2.1度 (Klosを考慮した場合は1.1度) となった。

また、宇宙研究業務地球局を対象に臼田局、美笹局近くの市街地からの影響を想定して実施したアグリゲートでのシミュレーションモデルを図5-36、図5-37に示す。

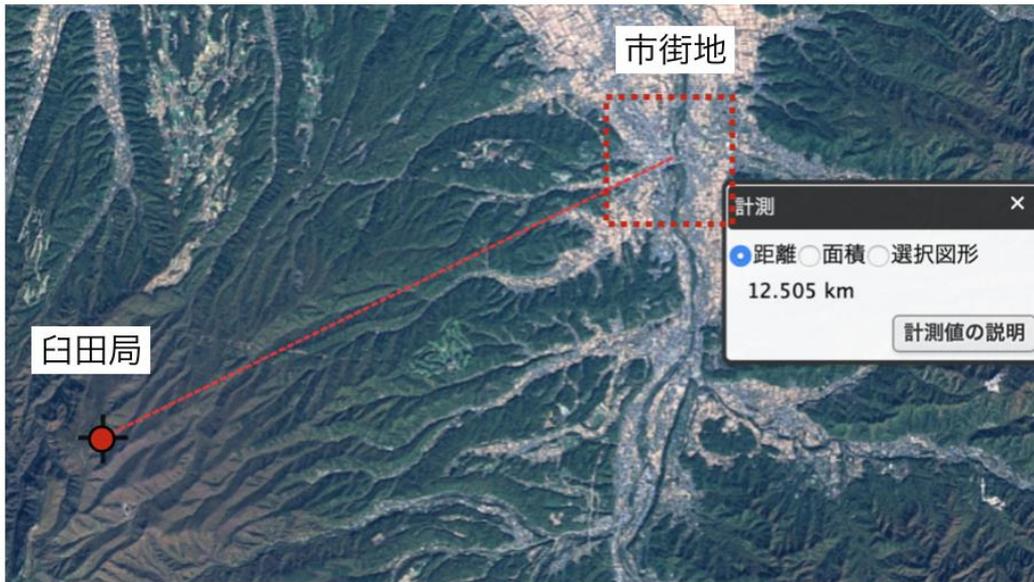


図5-36 白田局を想定したアグリゲートのシミュレーションモデル

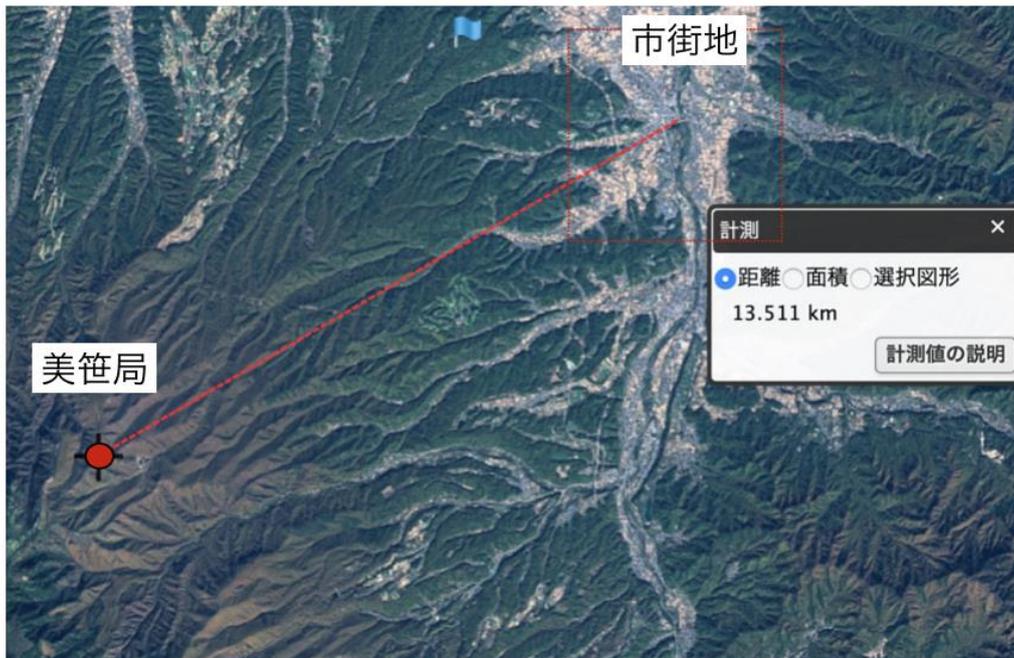


図5-37 美笹局を想定したアグリゲートのシミュレーションモデル

(2-2) 衛星SAR

衛星SARを対象に実施したシミュレーションのモデルを図5-38に、計算結果を図5-39に示す。

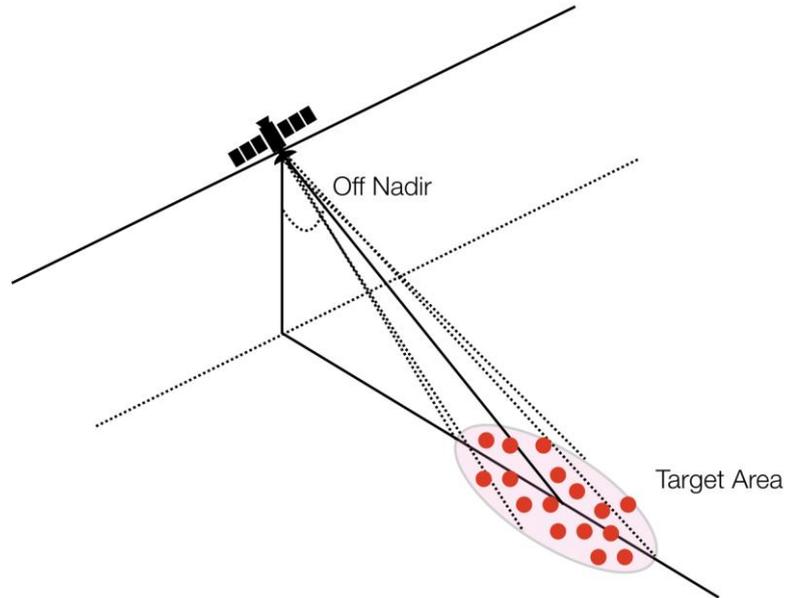


図5-38 衛星SARのシミュレーションモデル

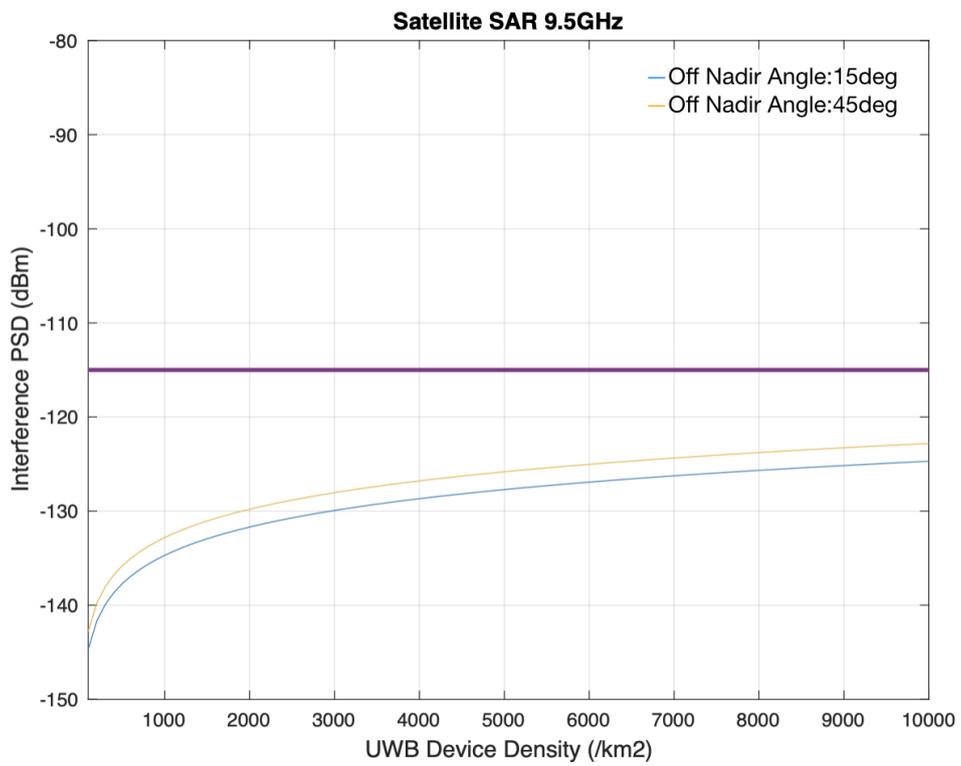


図5-39 衛星SARの計算結果

(2-3) 地球探査衛星業務 (受動)

地球探査衛星業務(受動)を対象に実施したシミュレーションのモデルを図5-40に、10.65GHzと6.925GHzで実施した計算結果を図5-41、図5-42にそれぞれ示す。

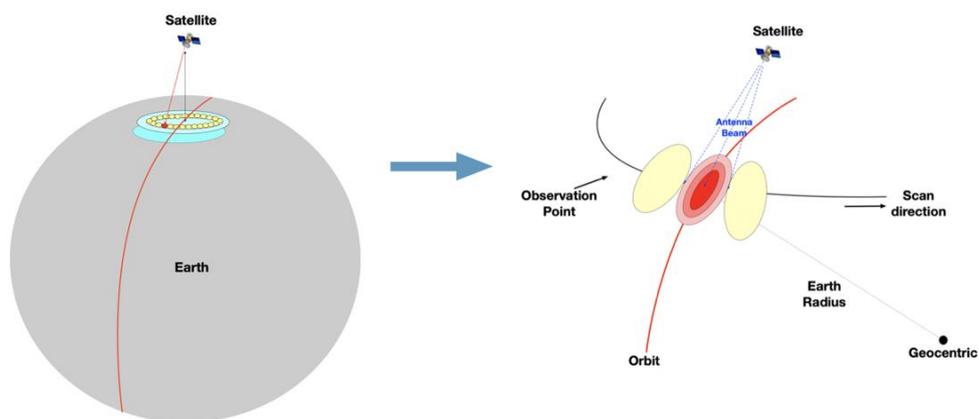


図5-40 地球探査衛星業務(受動)のシミュレーションモデル

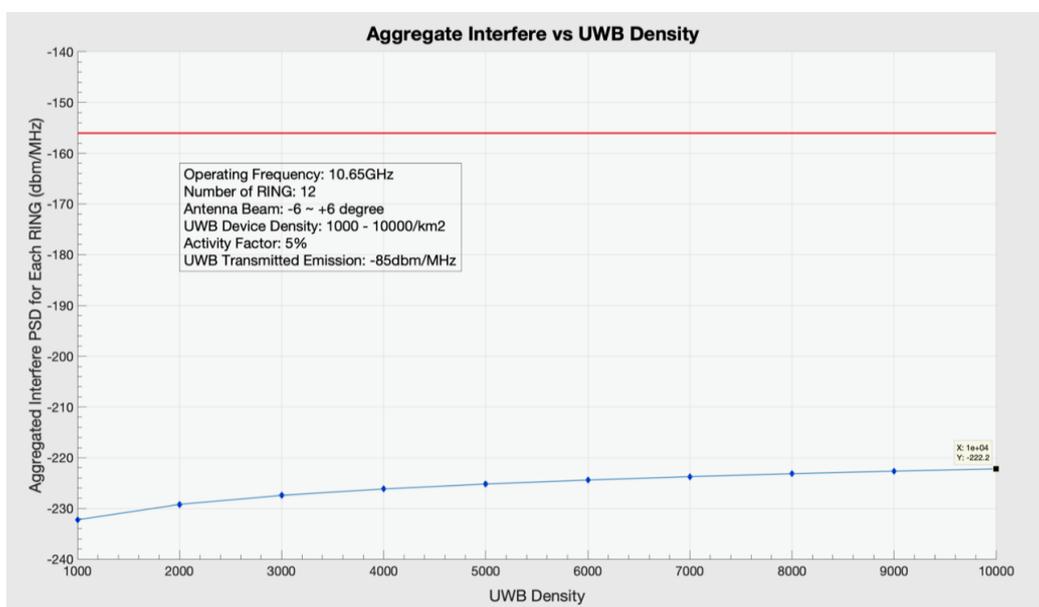


図5-41 10.65GHzでの計算結果

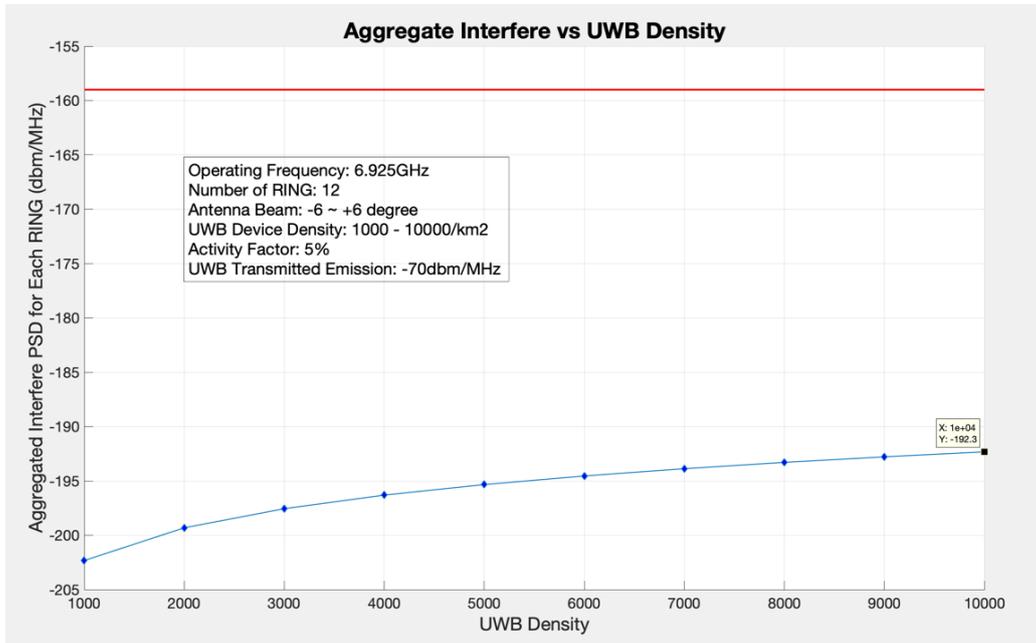


図5-42 6.925GHzでの計算結果

(3) 電波天文の受信設備

電波天文の受信設備を対象に実施したシングルエントリーでのシミュレーションのモデルを図5-43に示す。

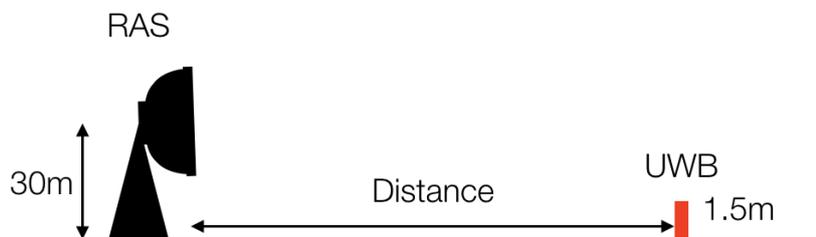


図5-43 シングルエントリー シミュレーションモデル

また、6.65GHz帯におけるシングルエントリーの計算結果について、見通し外等の減衰Klosを加味した場合、しない場合のそれぞれを図5-44に示す。

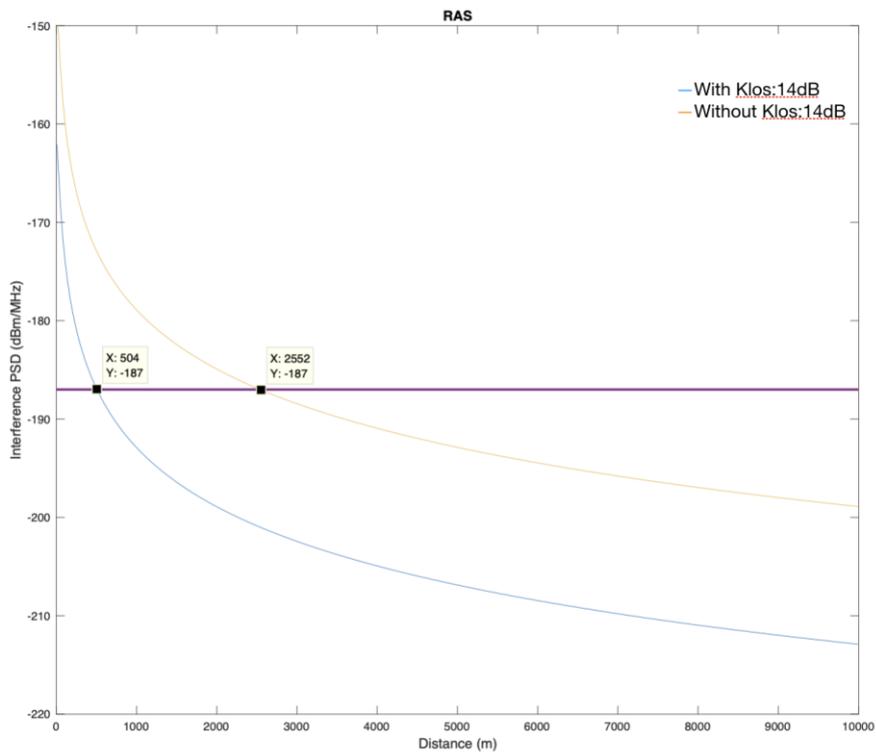


図5-44 シングルエントリー 計算結果

次に、電波天文を対象に実施したアグリゲートでのシミュレーションモデルを図5-45に示す。ここでは2つのリングモデルを用いた。R0を最内側リング、R1を中心から20kmまでのリングとして、R0とR1の間に与干渉デバイスを分配し、干渉総和値を求め、干渉許容値を満足する中心からの距離R0を求める。

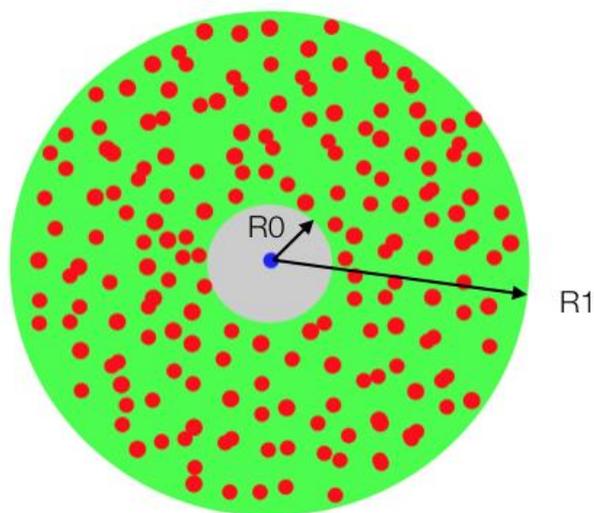


図5-45 電波天文でのアグリゲートシミュレーションモデル

許容干渉値を算出するにあたっては、ITU-R RA.769-2 Table 1を参照した。

TABLE 1
Threshold levels of interference detrimental to radio astronomy continuum observations

Centre frequency ⁽¹⁾ f_c (MHz)	Assumed bandwidth Δf (MHz)	Minimum antenna noise temperature T_A (K)	Receiver noise temperature T_R (K)	System sensitivity ⁽²⁾ (noise fluctuations)		Threshold interference levels ⁽²⁾⁽³⁾		
				Temperature ΔT (mK)	Power spectral density ΔP (dB(W/Hz))	Input power ΔP_{in} (dBW)	pdf $S_{if} \Delta f$ (dB(W/m ²))	Spectral pdf S_{if} (dB(W/(m ² · Hz)))
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
13.385	0.05	50 000	60	5.000	-222	-185	-201	-248
25.610	0.12	15 000	60	972	-229	-188	-199	-249
73.8	1.6	750	60	14.3	-247	-195	-196	-258
151.525	2.95	150	60	2.73	-254	-199	-194	-259
325.3	6.6	40	60	0.87	-259	-201	-189	-258
408.05	3.9	25	60	0.96	-259	-203	-189	-255
611	6.0	20	60	0.73	-260	-202	-185	-253
1 413.5	27	12	10	0.095	-269	-205	-180	-255
1 665	10	12	10	0.16	-267	-207	-181	-251
2 695	10	12	10	0.16	-267	-207	-177	-247
4 995	10	12	10	0.16	-267	-207	-171	-241
10 650	100	12	10	0.049	-272	-202	-160	-240
15 375	50	15	15	0.095	-269	-202	-156	-233
22 355	290	35	30	0.085	-269	-195	-146	-231
23 800	400	15	30	0.050	-271	-195	-147	-233
31 550	500	18	65	0.083	-269	-192	-141	-228
43 000	1 000	25	65	0.064	-271	-191	-137	-227
89 000	8 000	12	30	0.011	-278	-189	-129	-228
150 000	8 000	14	30	0.011	-278	-189	-124	-223
224 000	8 000	20	43	0.016	-277	-188	-119	-218
270 000	8 000	25	50	0.019	-276	-187	-117	-216

Rec. ITU-R RA.769-2

また、アグリゲートでの確率計算では、ITU-R RA.1513-1を参照し、干渉確率2%以内になる必要最低利確距離を算出した。

実証実験の結果（詳細）

干渉検討の対象となる被干渉側システムのうち、宇宙研究業務（深宇宙）地球局、測地 VLBI システム及び衛星放送用受信設備（BS/CS）システム（中間周波数帯でのイメージ混信については、実機を用いた屋外実験等により、UWB無線システムからの干渉の影響を評価した。

1. 宇宙研究業務（深宇宙）地球局

図3-15に示すとおり、JAXAの臼田局を対象として、屋外実験を実施した。

UWB信号による被干渉局への影響が確認されたX1Dの型式の測定データを以下に示す。

(1) 地点AからのUWB信号送信による被干渉局側での測定データ

被干渉側で受信した与干渉スペクトラムを図6-1に、AGCレベルへの影響を図6-2に、Eb/Noの影響を図6-3に、リードソロモン符号の復号への影響を図6-4に示す。

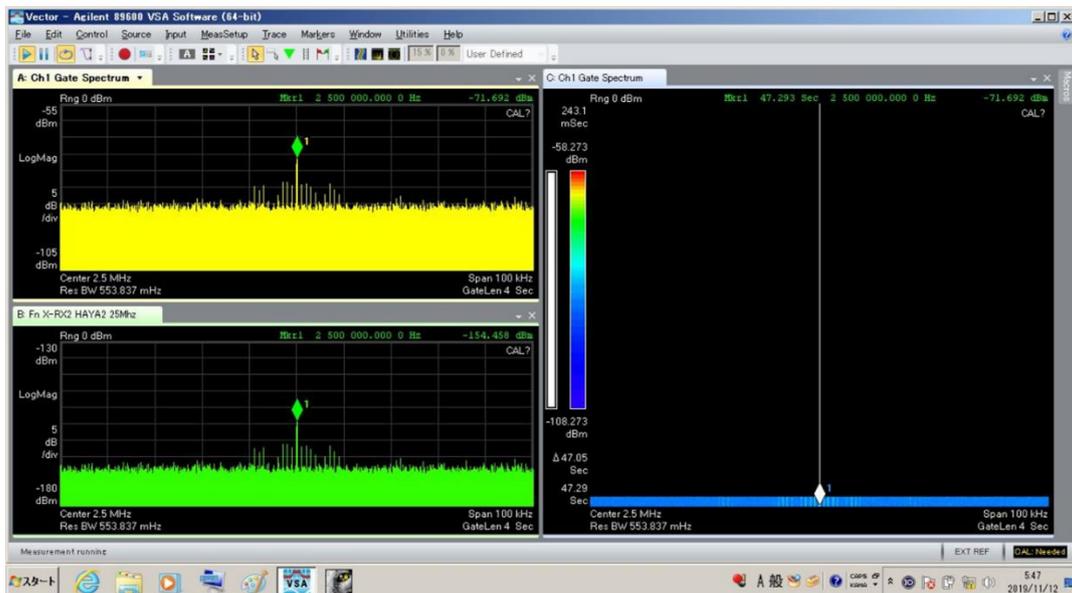


図6-1 被干渉側で受信した与干渉スペクトラム

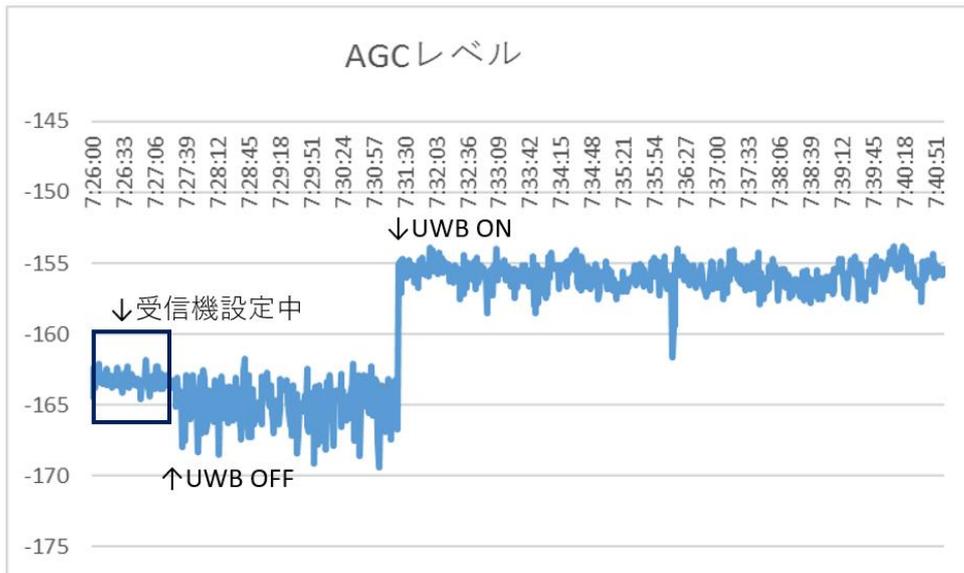


図6-2 AGCレベルへの影響

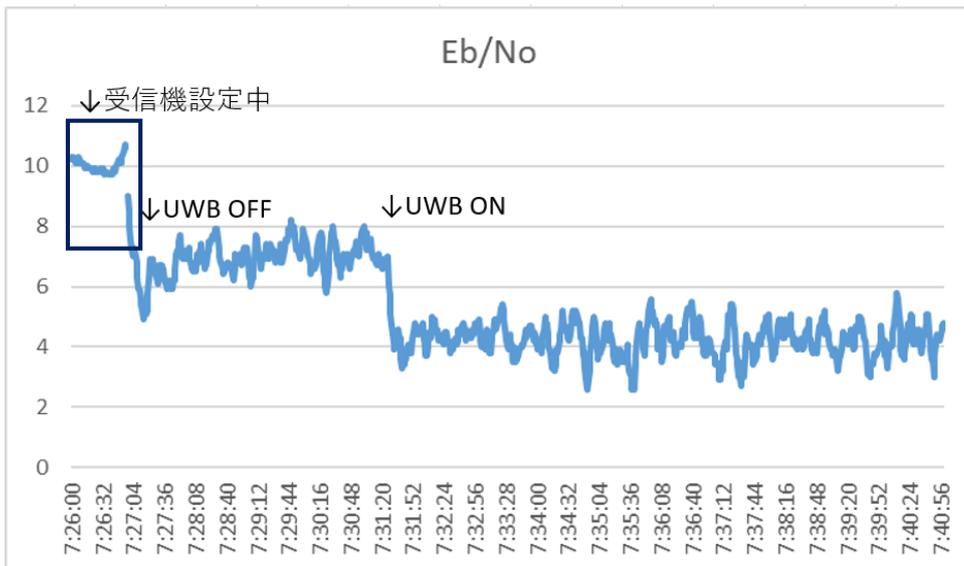


図6-3 Eb/Noの影響

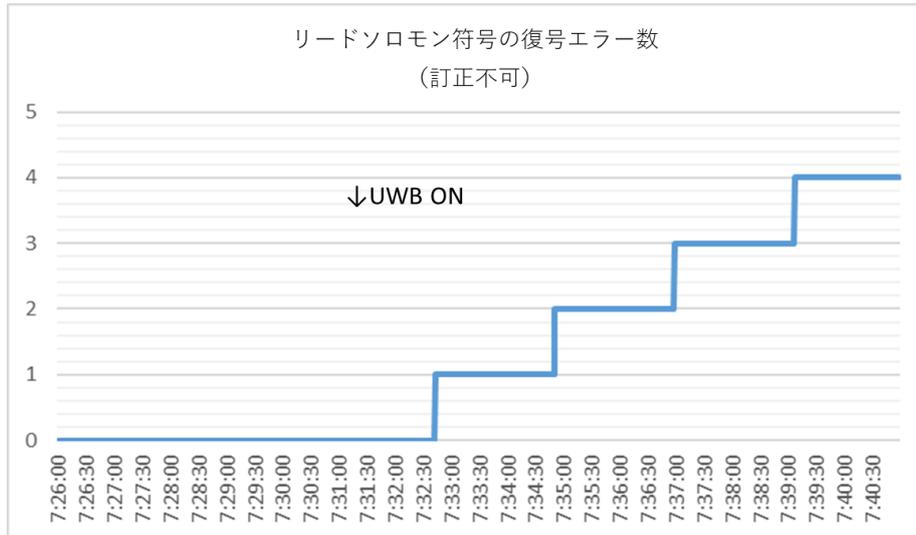


図6-4 リードソロモン符号の復号への影響

(2) 地点BからのUWB信号送信による被干渉局側での測定データ

被干渉側で受信した与干渉スペクトラムを図6-5に、AGCレベルへの影響を図6-7に、Eb/Noの影響を図6-8に、リードソロモン符号の復号への影響を図6-9に示す。

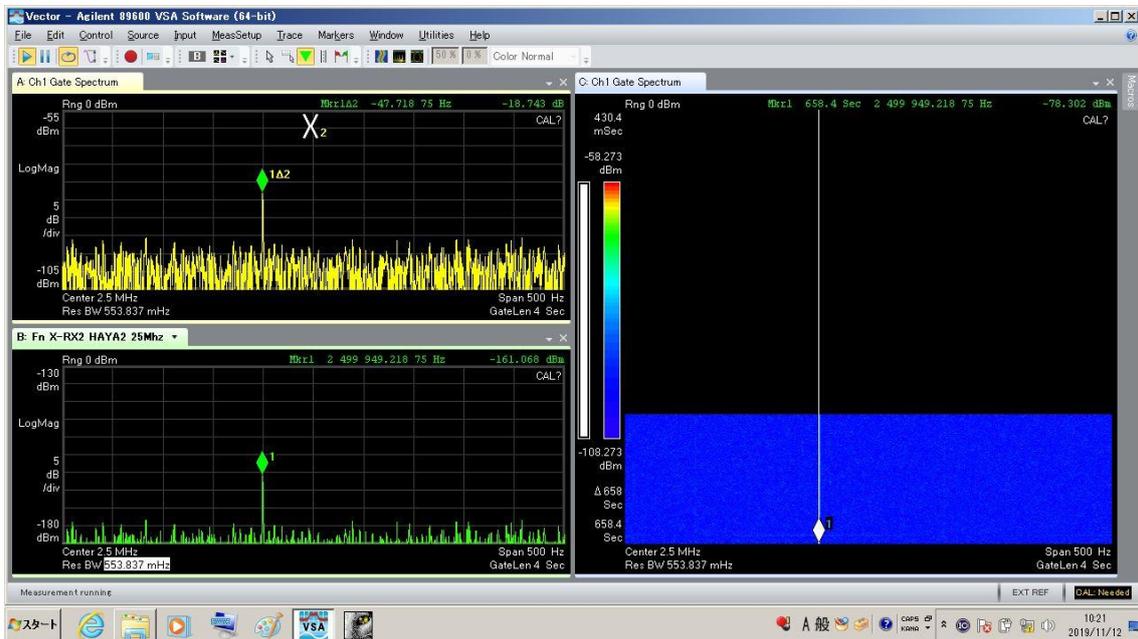


図6-5 観測された与干渉スペクトラム

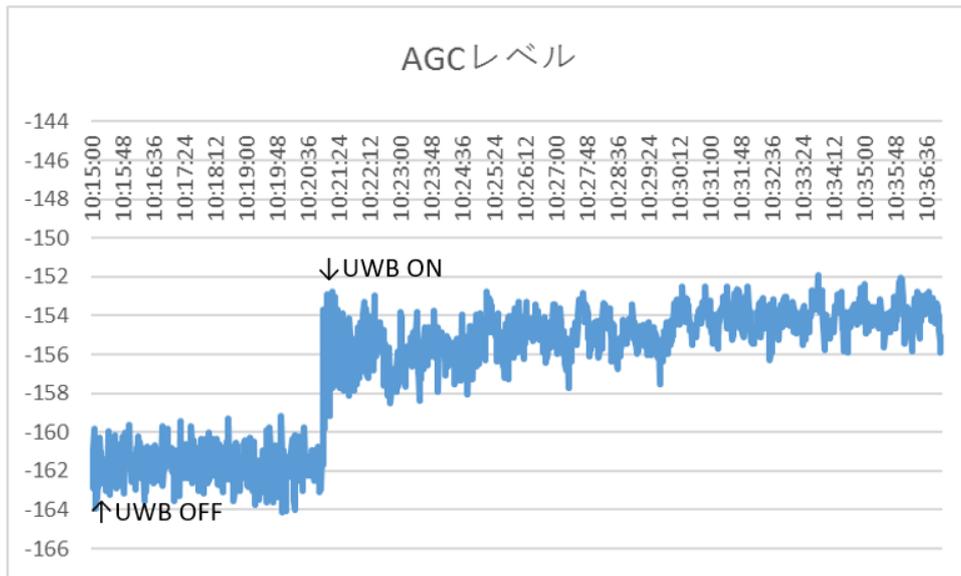


図6-6 AGCレベルへの影響

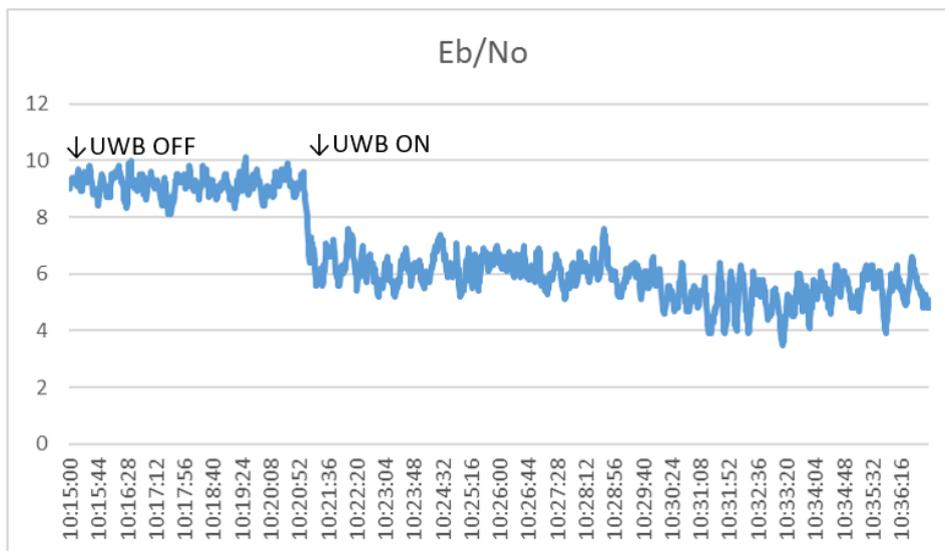


図6-7 Eb/Noの影響

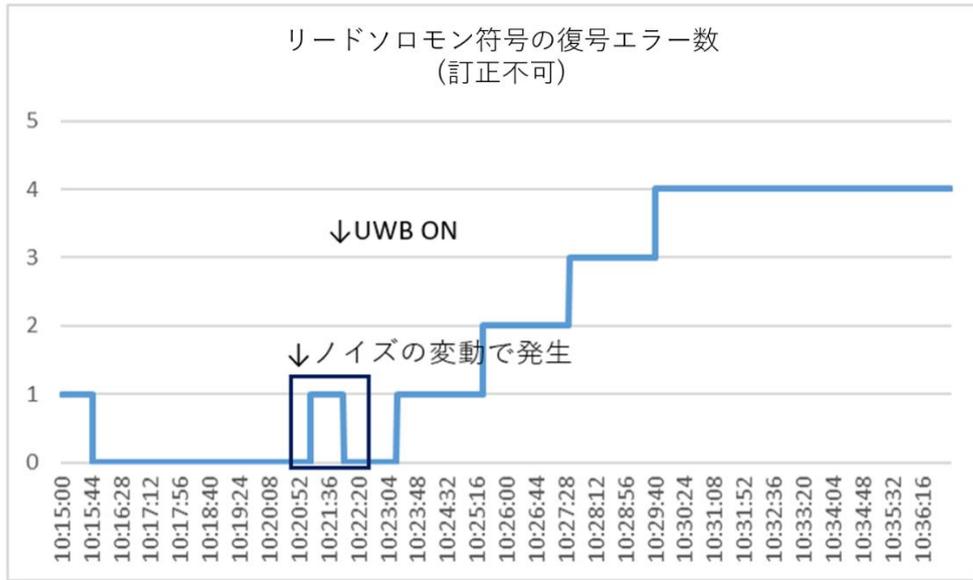


図6-8 リードソロモン符号の復号への影響

2. 測地VLBIシステム

図3-19に示すとおり、国土地理院の石岡局を対象として、屋外実験を実施した。UWB信号による被干渉局への影響が確認されたもののうち、最悪値となった測定データを以下に示す。

(1) 型式X1D (710MHz) の信号の場合

地点A、地点Bにおいて最悪値を示した際のUWB信号のスペクトラム波形をそれぞれ図6-9と図6-10に示す。

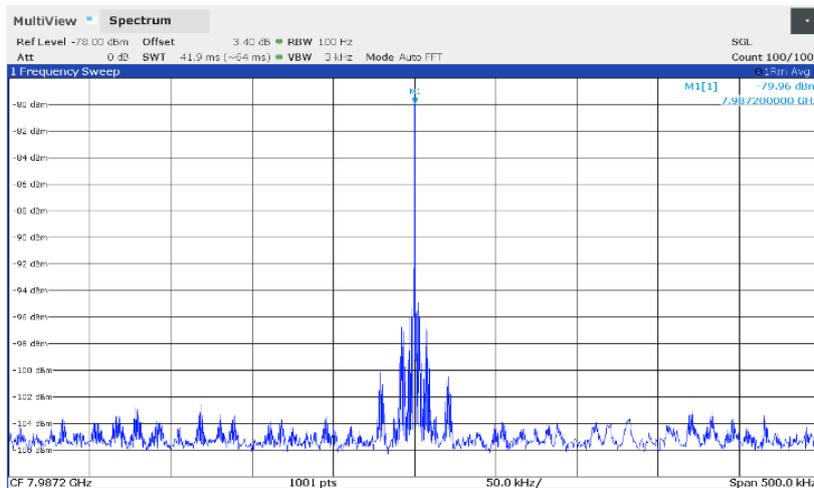


図6-9 観測されたUWB信号のスペクトラム (地点A/45度)

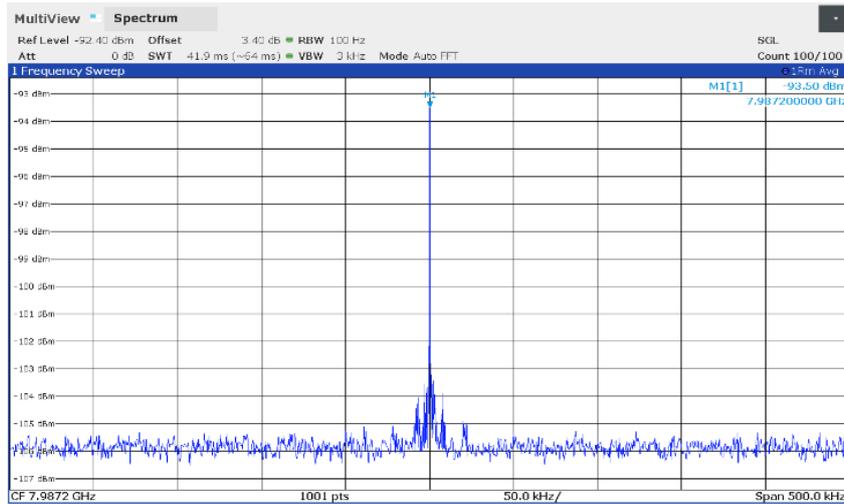


図6-10 観測されたUWB信号のスペクトラム（地点B/76度）

(2) 型式X1D（1480MHz）の信号の場合

地点A、地点Bにおいて最悪値を示した際のUWB信号のスペクトラム波形をそれぞれ図6-11と図6-12に示す。

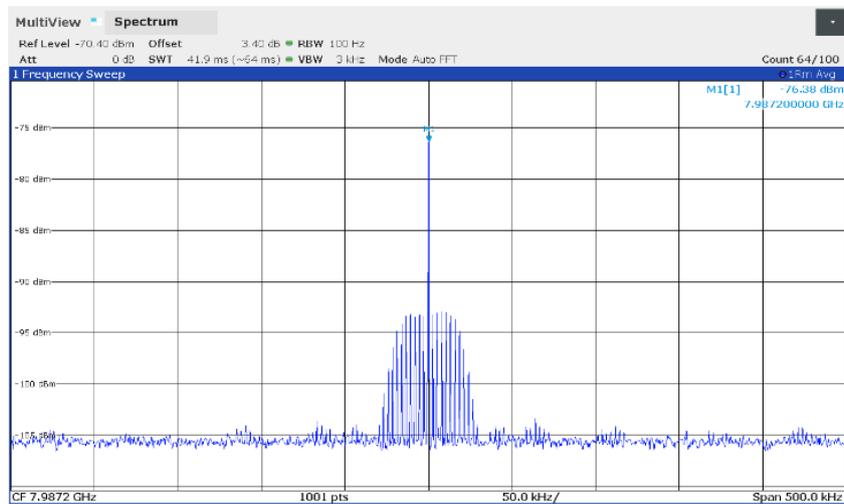


図6-11 観測されたUWB信号のスペクトラム（地点A/45度）

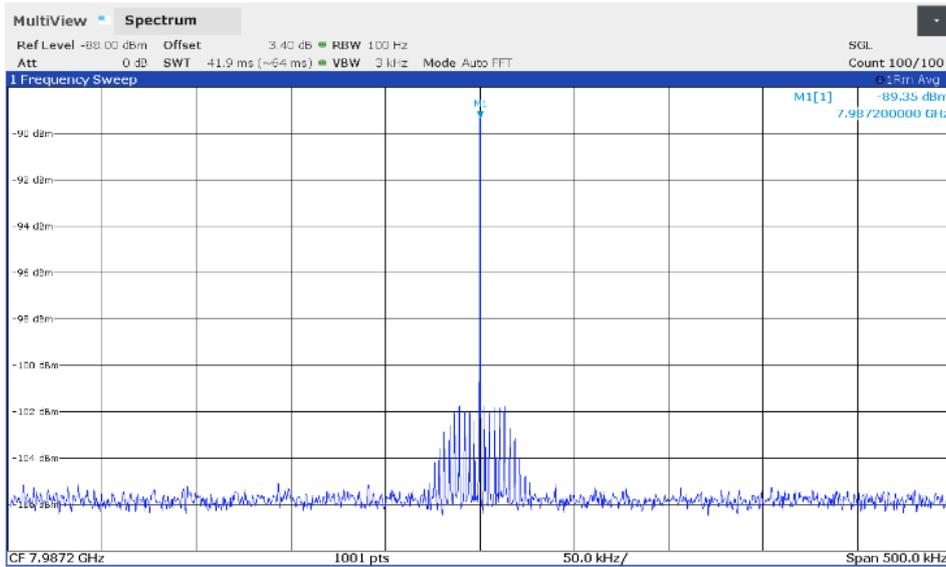


図6-12 観測されたUWB信号のスペクトラム（地点B/76度）

(3) 型式F3Nの信号の場合

地点A、地点Bにおいて最悪値を示した際のUWB信号のスペクトラム波形をそれぞれ図6-13と図6-14に示す。

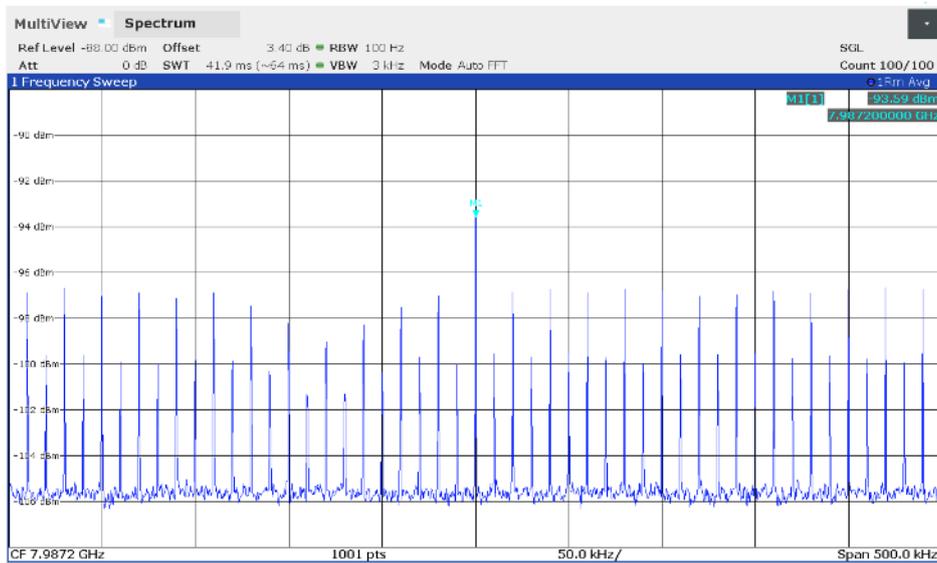


図6-13 観測されたUWB信号のスペクトラム（地点A/45度）

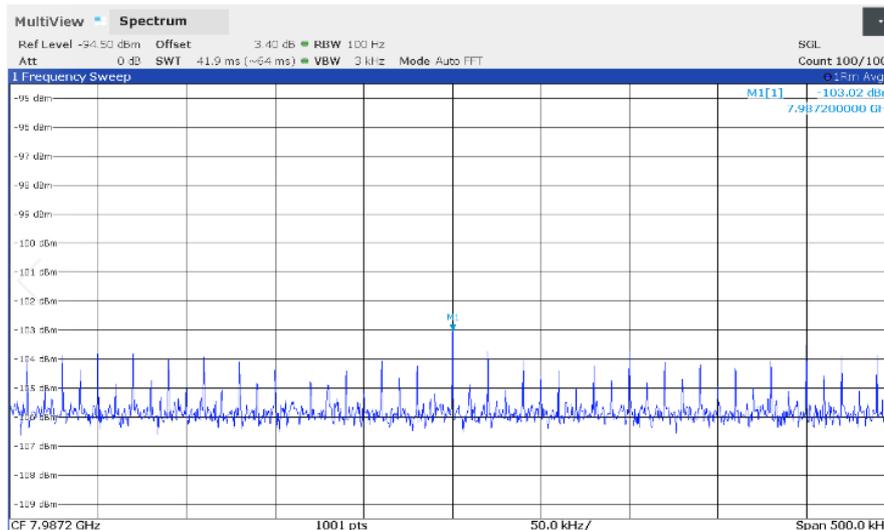


図6-14 観測されたUWB信号のスペクトラム（地点B/76度）

3. 衛星放送受信設備 (BS/CS)

(1) BS/CS放送の諸元

BS/CS放送の諸元を表6-1に示す。

表6-1 BS/CS放送の諸元

BS/CSch ¹²	伝送方式	変調方式 (誤り訂正符 号化率)	チャンネル帯域 幅 (占有帯域幅) [MHz]	Symbol rate [Mbaud]	地表面電力 束密度 [dBW/MHz]	地表面電 力束密度 [dBW/ch]
BS-23ch	ISDB-S	TC8PSK (2/3)	38.36 (34.5)	28.86	-118.0	-103.4
ND-24ch	ISDB-S	QPSK (3/4)	40.00 (34.5)	28.86	-118.0	-103.4
BS-17ch	ISDB-S3	16APSK (7/9)	38.36 (34.5)	33.7561	-118.0	-103.4
JD-16ch	DVB-S2	8PSK (2/3)	27.00 (27.0)	23.3037	-122.0	-108.3

(2) UWB送信機からBS/CS受信への干渉メカニズム

UWB送信機からのBS/CS受信への干渉メカニズムの詳細を図6-15に示す。

¹² 実験では、実際の衛星放送波を受信

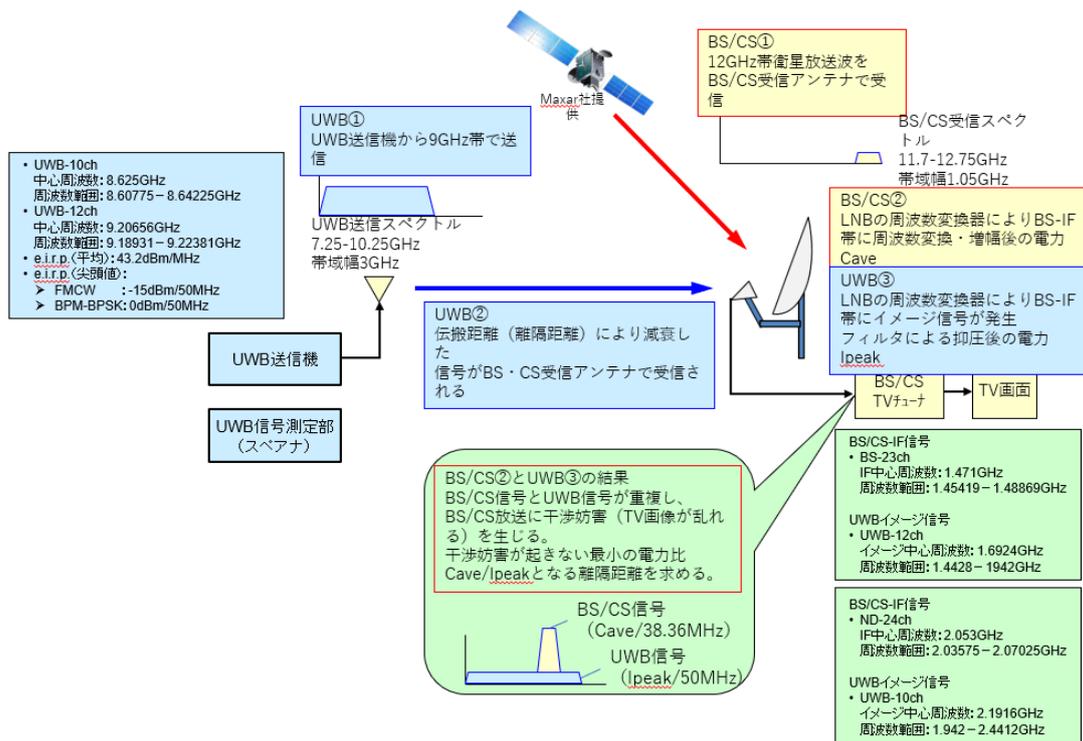


図6-15 干渉のメカニズム

(3) BS/CS設備のイメージ妨害抑圧比(給電部特性を含む)の評価

屋外干渉実験の結果の妥当性を確認するため、屋内実験により、使用したBS/CS受信アンテナのイメージ妨害抑圧比を測定した。以下にその手法を示す。

- ①BS/CS帯信号発生器からBS測定チャンネルの中心周波数で電力P0で送信し、スペクトラムアナライザでPcを測定する。
- ②UWB帯信号発生器から対象のBS測定チャンネルのイメージ周波数で電力P0(BSと同じ)で送信し、スペアナでPi0を測定する。
- ③Pi0を送信アンテナ利得差、伝搬損失差、受信アンテナ利得差で補正した値PiとPcの比Pc/Piを得る。

測定系を図6-16に示す。

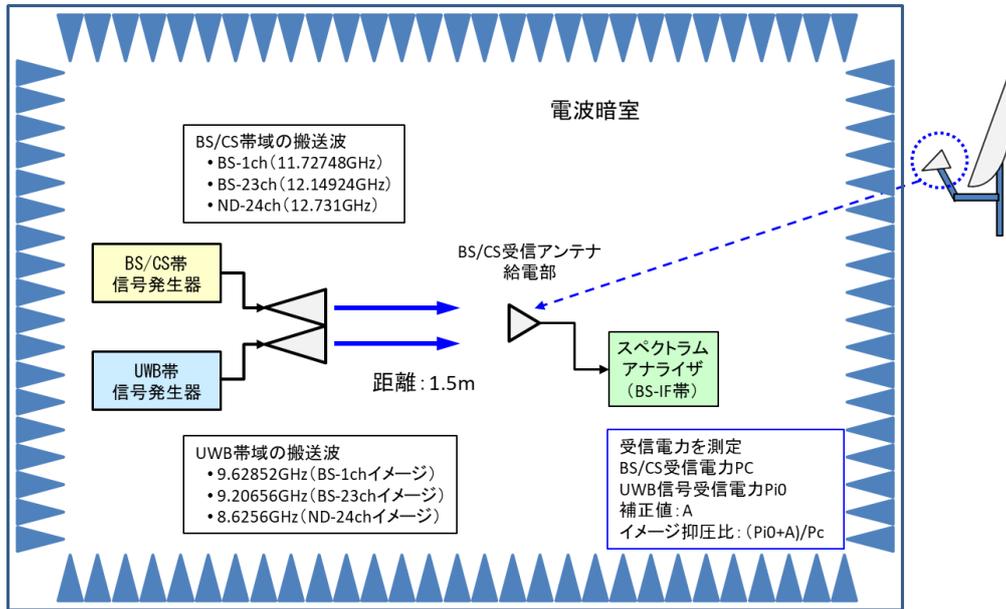


図6-16 BS/CSアンテナのイメージ抑圧比の試験系統図

評価結果を表6-2及び図6-17に示す。

表6-2 イメージ妨害抑圧比の測定値

チャンネル	BS/CS周波数 [GHz]	UWB周波数 [GHz]	補正 [dB]	アンテナA		アンテナB		アンテナC	
				測定値	補正後 [dB]	測定値	補正後 [dB]	測定値	補正後 [dB]
BS-1ch	11.7248	9.62852	1.7	61.0	59.3	72.0	72.0	74.2	72.5
BS-23ch	12.14924	9.20656	2.0	99.3	97.3	96.3	94.3	64.4	62.4
ND-24ch	12.731	8.62500	3.4	96.2	92.8	91.7	95.1	77.5	74.1

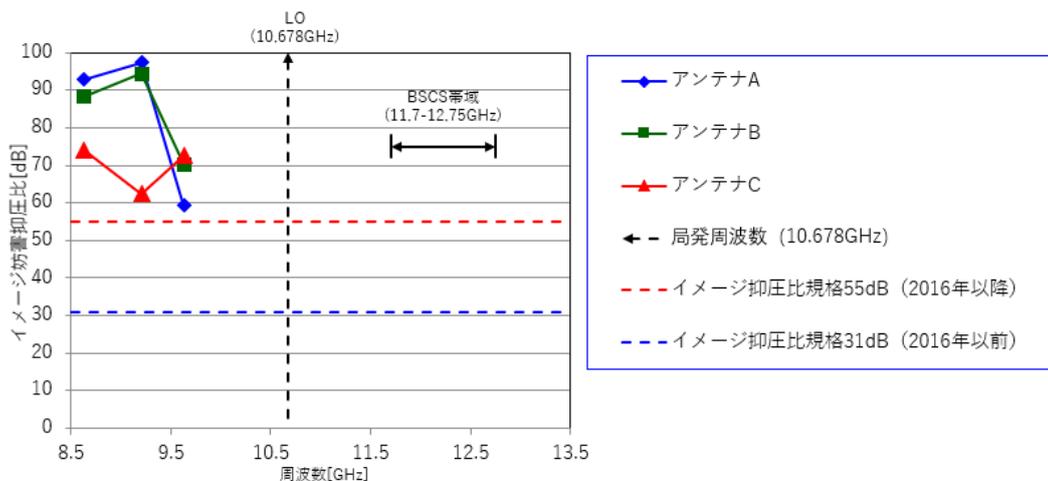


図6-17 イメージ妨害抑圧比の測定値

なお、イメージ妨害抑圧比の算出方法は以下となる。

イメージ妨害抑圧比 : $P_c - P_i \cong P_c - (P_{i0} (\text{測定値}) + \text{補正值})$ [dB]

補正值 : 送信アンテナ利得差 ΔG_s - 伝搬損失差 L + 受信アンテナ利得差 $\Delta G_r = (\text{周波数差の2乗})$ [dB]

(4) 所要C/Iの評価

図3-22に示す屋外実験で干渉評価を行ったBS23chおよびND24ch (ISDB-S)に加え、参考として、伝送方式の異なるBS17ch (ISDB-S3) 及びJD-16ch (DVB-S2) についても所要C/Iを評価した。

干渉波 (UWB信号) がFMCWの場合の結果を表6-3に、BPM-BPSKの場合を表6-4に示す。また実験系統図を図6-18に示す。

表6-3 所要C/I (干渉波がFMCWの場合)

BSch	BS電力 (RMS積分) [dBm/積分帯域幅 ¹³]	UWB平均電力 [dBm/MHz]	UWB尖頭値電力 [dBm/50MHz] ¹⁴	C/I (対UWB平均電力) C: [dBm/積分帯域幅] I: [dBm/MHz]	C/I (対UWB尖頭値電力) C: [dBm/積分帯域幅] I: [dBm/50MHz]
BS-23ch	-51.2	-86.3	-59.5	35.1	8.3
ND-24ch	-55.7	-84.3	-58.1	28.6	2.4
BS-17ch	-56.2	-80.3	-53.7	24.1	-2.5
JD-16ch	-35.6	—	-35.4	—	-0.2

¹³ 積分帯域幅については、BS-23ch、ND-24ch、BS-17chは34.5MHz、JD-16chは27MHz

¹⁴ スペクトラムアナライザの分解能帯域幅を50MHzとしたときの測定電力の最大値

表6-4 所要C/I (干渉波がBPM-BPSKの場合)

BSch	BS電力 (RMS積分) [dBm/積分帯域幅]	UWB平均電力 [dBm/MHz]	UWB尖頭値電力 [dBm/50MHz]	C/I (対UWB平均電力) C : [dBm/積分帯域幅] I : [dBm/MHz]	C/I (対UWB尖頭値電力) C : [dBm/積分帯域幅] I : [dBm/50MHz]
BS-23ch	-51.7	-79.0	-40.4	27.3	-11.3
ND-24ch	-56.3	-81.8	-41.4	25.5	-14.9
BS-17ch	-51.6	-81.9	-42.9	30.3	-8.7
JD-16ch	-35.6	—	-26.0	—	-9.6

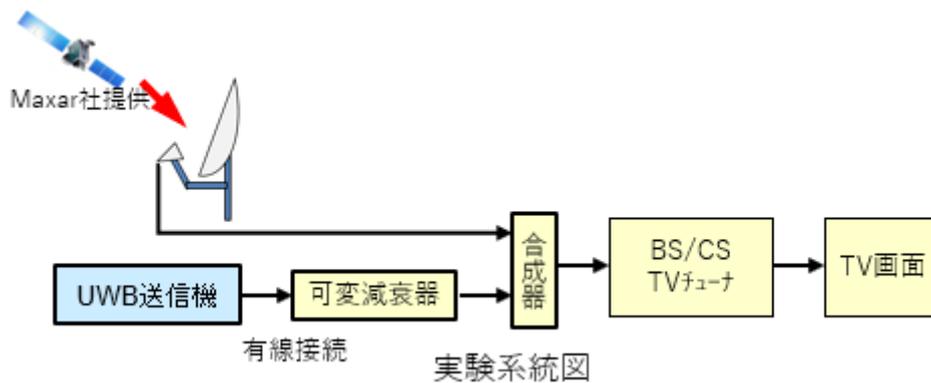


図6-18 C/I評価実験系統図

(5) 離隔距離の計算

離隔距離計算では所要C/Iを以下の定義で計算する。

$$\text{所要C/I} = (\text{BS/CSのチャンネル帯域幅の平均受信電力}) / (\text{UWB干渉波の尖頭値電力})$$

これより、実際に算出する所要C/Iは、(BS/CS受信電力[dBm/ch帯域幅] / (UWB尖頭値電力[dBm/50MHz]) となる。

BS/CS受信電力としては、東京のPFD (地表面電力束密度 (平均電力) [dBm/ch帯域幅/m²])を適用する。また、UWB干渉電力としては、平成30年度答申における定義¹⁵ のe.i.r.p.の尖頭値[dBm/50MHz]を適用し、離隔距離Rでの電力束密度

¹⁵ 平成30年11月14日 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」答申の3 測定法参照。

を適用する。

なお、e.i.r.p.（平均電力値）を-41.3dBm/MHzとしたとき、その尖頭値電力値はFMCWの場合で、拡散帯域幅545MHz(チャープ帯域幅500MHz)で-14.3dBm/50MHz以下、拡散帯域幅1.75GHz(チャープ帯域幅1.732GHz)で-8.9dBm/50MHz、また、BPM-BPSKの場合で0dBm/50MHzとした。

UWB信号のFMCWの平均電力と尖頭値電力の関係式は以下となる。

$$\text{FMCW 尖頭値電力[dBm]} = \text{平均値電力[dBm/MHz]} + \text{チャープ帯域幅 [dB]}$$

※チャープ帯域幅は MHz 単位

離隔距離は、UWBの干渉電力がBS/CSの許容干渉pfd（pfd_{lr}）を満たす伝搬距離を求めることで算出した。

以下にBS/CSの許容干渉pfd（pfd_{lr}）の算出式を示す。

$$\text{pfd}_{lr} = \text{BS/CS受信pfd} - \text{Cave}/\text{lpeak} - \text{M} + \text{S} + \text{D}$$

Cave : BS/CS受信波電力（1chあたりの平均電力）
lpeak : 干渉波（UWB）電力（尖頭値 [dBm/50MHz]）
M : マージン（dB）（12.2dB（ITU-Rの衛星間調整基準に基づく））
S : イメージ妨害抑圧比（dB）（ARIB規格*）
D : アンテナ識別度（dB）（25dB（気象レーダー実験実測値））

BS/CS受信 pfd（東京）：

- (1) -118.0dBW/m²/MHz（BS/110度CS受信）
- (2) -122dBW/m²/MHz（124度/128度CS受信）

*1 チャンネル当たりの電力の計算には、占有帯域幅34.5MHz（BS/110度CS）及び27MHz（124度/128度CS）を適用
*2 イメージ妨害抑圧比のARIB規格値は以下を適用
BS/110度CS : 31dB（～2014年）、55dB（2014年～）（ARIB STD B63）
124度/128度CS : 31dB（ARIB STD B1）

離隔距離の算出は、UWB信号がFMCW(拡散帯域幅545MHz以下/1750MHz以下の2パターン)及びBPM-BPSKの場合のそれぞれで実施した。

- ① UWB信号がFMCW(拡散帯域幅545MHz以下)の場合
離隔距離計算に用いたUWB及びBS/CSの諸元を表6-5に示す。

表6-5 離隔距離計算に用いたパラメータ

	項目	パラメータ値
UWB諸元 (FMCW (拡散帯域幅 545MHz以下))	信号形式	FMCW
	チャープ帯域幅	500MHz
	パルス幅	100μsec
	Duty比	100%
	PRF	連続
	e.i.r.p. (尖頭値)	-14.3dBm/50MHz
	e.i.r.p. (平均値)	-41.3dBm/MHz
BS/CS所要Cave [ch帯域幅]／lpeak[MHz]	ISDB-S (BS) TC-8PSK (2/3)	8.3 dB
	ISDB-S (CS) QPSK (3/4)	2.4 dB
	ISDB-S3 16APSK (7/9)	-2.5 dB

離隔距離の算出結果を表6-6に示す。

表6-6 所要離隔距離 (FMCW(拡散帯域幅545MHz以下))

放送種別	BS	110度CS	BS/CS4K8K
伝送方式	ISDB-S (TC-8PSK (2/3))	ISDB-S (QPSK (3/4))	ISDB-S3 (16APSK (7/9))
場所	東京	東京	東京
M (dB)	12.2	12.2	12.2
D(dB)	25	25	25
所要離隔距離 (m)	0.25 (S=55dB) 3.9 (S=31dB)	0.12 (S=55dB) 2.0 (S=31dB)	0.07 (S=55dB) 1.1 (S=31dB)

* SはARIB規格値

また、市販のBS/CS受信アンテナを用いたBS-23及びCS ND-24chにおけるメー
ジ抑圧比の実測値に基づく所要離隔距離の算出結果を表6-7に示す。

なお、BS/CS放送波のPFDIは-118 dBW/m²/MHz（受信点は実測を行った甲南大学を想定）とし、チャンネル当たりの電力換算には15.4dB（占有帯域幅34.5MHz）を適用した。また、UWB信号の送信e.i.r.p.の尖頭値電力は、実験で使用したUWB送信機の実測値である-14.5dBm/50MHzを適用した。所要C/I（ C_{ave}/I_{peak} ）はBS-23chの場合が8.3dB、110度CSのND-24chの場合が2.4dBとした。

表6-7 (a) BS-23chの所要離隔距離（FMCW（拡散帯域幅545MHz以下））

	アンテナA	アンテナB	アンテナC
伝送方式	ISDB-S(TC-8PSK (2/3))		
場所	甲南大学	甲南大学	甲南大学
M (dB)	12.2	12.2	12.2
S (dB)	97.3	94.3	62.4
D (dB)	25	25	25
所要離隔距離 (m)	0.002	0.003	0.102

表6-7 (b) CS ND-24chの所要離隔距離（FMCW（拡散帯域幅545MHz以下））

	アンテナA	アンテナB	アンテナC
伝送方式	ISDB-S (QPSK (3/4))		
場所	甲南大学	甲南大学	甲南大学
M (dB)	12.2	12.2	12.2
S (dB)	97.3	94.3	62.4
D (dB)	25	25	25
所要離隔距離 (m)	0.001	0.001	0.052

② UWB信号がFMCW(拡散帯域幅1750MHz以下)の場合

離隔距離計算に用いたUWB及びBS/CSの諸元を表6-8に示す。

表6-8 離隔距離計算に用いたパラメータ

	項目	パラメータ値
UWB諸元 (FMCW (拡散帯域幅 1750MHz以下))	信号形式	FMCW
	チャープ帯域幅	1732MHz
	パルス幅	100μsec
	Duty比	100%
	PRF	連続
	e.i.r.p. (尖頭値)	-8.9dBm/50MHz
	e.i.r.p. (平均値)	-41.3dBm/MHz
BS/CS所要Cave [ch帯域幅]／lpeak[MHz]	ISDB-S (BS) TC-8PSK (2/3)	8.3 dB
	ISDB-S (CS) QPSK (3/4)	2.4 dB
	ISDB-S3 16APSK (7/9)	-2.5 dB

離隔距離の算出結果を表6-9に示す。

表6-9 所要離隔距離 (FMCW(拡散帯域幅1750MHz以下))

放送種別	BS	110度CS	BS/CS4K8K
伝送方式	ISDB-S (TC-8PSK (2/3))	ISDB-S (QPSK (3/4))	ISDB-S3 (16APSK (7/9))
場所	東京	東京	東京
M (dB)	12.2	12.2	12.2
D(dB)	25	25	25
所要離隔距離 (m)	0.46 (S=55dB) 7.2 (S=31dB)	0.23 (S=55dB) 3.7 (S=31dB)	0.13 (S=55dB) 2.1 (S=31dB)

* SはARIB規格値

③ UWB信号がBPM-BPSKの場合

離隔距離計算に用いたUWB及びBS/CSの諸元を表6-10に示す。

表6-10 離隔距離計算に用いたパラメータ

	項目	パラメータ値
UWB諸元 (BPM-BPSK)	信号形式	BPM-BPSK
	パルス幅	265.5μsec
	Duty比	26.55%
	PRF	1kHz
	e.i.r.p. (尖頭値)	0dBm/50MHz
	e.i.r.p. (平均値)	-41.3dBm/MHz
BS/CS所要Cave [ch帯域幅]／lpeak[MHz]	ISDB-S (BS) TC-8PSK (2/3)	-11.3 dB
	ISDB-S (CS) QPSK (3/4)	-14.9 dB
	ISDB-S3 16APSK (7/9)	-8.7 dB

離隔距離の算出結果を表6-10に示す。

表6-10 所要離隔距離(BPM-BPSK)

放送種別	BS	110度CS	BS/CS4K8K
伝送方式	ISDB-S (TC-8PSK (2/3))	ISDB-S (QPSK (3/4))	ISDB-S3 (16APSK (7/9))
場所	東京	東京	東京
M (dB)	12.2	12.2	12.2
D(dB)	25	25	25
所要離隔距離 (m)	0.13 (S=55dB) 2.1 (S=31dB)	0.09 (S=55dB) 1.4 (S=31dB)	0.18 (S=55dB) 2.9 (S=31dB)

* SはARIB規格値

最後に、UWB信号がFMCW（拡散帯域幅545MHz以下及び1750MHz以下）の場合の所要離隔距離の計算過程の詳細を表6-11及び6-12に示す。

表6-11(a) 離隔距離計算の詳細（FMCW（拡散帯域幅545MHz以下））

イメージ妨害抑圧比：55dB

場所	東京		
	BS	110度CS	BS4K8K、CS4K
放送種別	BS	110度CS	BS4K8K、CS4K
BS/CS信号	ISDB-S	ISDB-S	ISDB-S3
BS pfd (dBW/m ² /MHz)	-118	-118	-118
Cave/lpeak (dB)	8.3	2.4	-2.5
M (dB)	12.2	12.2	12.2
S (dB)	55	55	55
D (dB)	25	25	25
帯域幅 (34.5MHz)	15.4	15.4	15.4
pfd Ir許容値(干渉波電力の許容値) (dBW/m ² /34.5MHz)	-43.1	-37.2	-32.3
レーダー波 パルス幅 (μsec)	100	100	100
レーダー波 PRF (kHz)	連続	連続	連続
レーダー波 チャープ幅 (MHz)	500	500	500
EIRP (dBW)	-44.3	-44.3	44.3
所要離隔距離 (m)	0.25	0.12	0.07
pfd (dBW/m ²)	-43.1	-37.2	-32.3

表6-11(b) 離隔距離計算例の詳細（FMCW（拡散帯域幅545MHz以下））

イメージ妨害抑圧比：31dB

場所	東京		
	BS	110度CS	BS4K8K、CS4K
放送種別	BS	110度CS	BS4K8K、CS4K
BS/CS信号	ISDB-S	ISDB-S	ISDB-S3
BS pfd (dBW/m ² /MHz)	-118	-118	-118
Cave/Ipeak (dB)	8.3	2.4	-2.5
M (dB)	12.2	12.2	12.2
S (dB)	31	31	31
D (dB)	25	25	25
帯域幅 (34.5MHz)	15.4	15.4	15.4
pfdIr許容値(干渉波電力の許容値) (dBW/m ² /34.5MHz)	-67.1	-61.2	-56.3
レーダー波 パルス幅 (μsec)	100	100	100
レーダー波PRF (kHz)	連続	連続	連続
レーダー波チャープ幅 (MHz)	500	500	500
EIRP (dBW)	-44.3	-44.3	-44.3
所要離隔距離 (m)	3.9	2.0	1.1
pfd (dBW/m ²)	-67.1	-61.2	-56.3

表6-12(a) 離隔距離計算例の詳細 (FMCW (拡散帯域幅1750MHz以下))

イメージ妨害抑圧比 : 31dB

場所	東京		
	BS	110度CS	BS4K8K、CS4K
放送種別	BS	110度CS	BS4K8K、CS4K
BS/CS信号	ISDB-S (TC-8PSK(2/3))	ISDB-S (QPSK(3/4))	ISDB-S3 (16APSK(7/9))
BS pfd (dBW/m ² /MHz)	-118	-118	-118
C _{ave} /I _{peak} (dB)	8.3	2.4	-2.5
M (dB)	12.2	12.2	12.2
S (dB)	31	31	31
D (dB)	25	25	25
帯域幅 (34.5MHz)	15.4	15.4	15.4
pfdIr許容値(干渉波電力の許容値) (dBW/m ² /34.5MHz)	-67.1	-61.2	-56.3
レーダー波パルス幅 (μsec)	100	100	100
レーダー波PRF (kHz)	連続	連続	連続
レーダー波チャープ幅 (MHz)	1750	1750	1750
EIRP (尖頭値電力) (dBW)	-38.9	-38.9	-38.9
所要離隔距離 (m)	7.2	3.7	2.1
pfd (dBW/m ²)	-67.1	-61.2	-56.3

表6-12 (b) 離隔距離計算例の詳細 (FMCW (拡散帯域幅1750MHz以下))

イメージ妨害抑圧比: 55dB

場所	東京		
	BS	110度CS	BS4K8K、CS4K
放送種別	BS	110度CS	BS4K8K、CS4K
BS/CS信号	ISDB-S (TC-8PSK (2/3))	ISDB-S (QPSK (3/4))	ISDB-S3 (16APSK (7/9))
BS pfd (dBW/m ² /MHz)	-118	-118	-118
C _{ave} /I _{peak} (dB)	8.3	2.4	-2.5
M (dB)	12.2	12.2	12.2
S (dB)	55	55	55
D (dB)	25	25	25
帯域幅 (34.5MHz)	15.4	15.4	15.4
pfdIr許容値(干渉波電力の許容値) (dBW/m ² /34.5MHz)	-43.1	-37.2	-32.3
レーダー波パルス幅 (μsec)	100	100	100
レーダー波PRF (kHz)	連続	連続	連続
レーダー波チャープ幅 (MHz)	1750	1750	1750
EIRP (尖頭値電力) (dBW)	-38.9	-38.9	-38.9
所要離隔距離 (m)	0.46	0.23	0.13
pfd (dBW/m ²)	-43.1	-37.2	-32.3

UWB 無線システムの測定法（平成 30 年度答申）

(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。

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。