

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）

目 次

I	審議事項	3
II	委員会、作業班及びアドホックグループの構成	3
III	審議経過	4
IV	審議概要	6
	第 1 章 UWB（超広帯域）無線システムの概要	6
	1-1 審議の背景	6
	1-2 UWB 無線システムの概要	6
	1-3 UWB 無線システムの定義	7
	1-4 UWB 無線システムの新たな利用ニーズ	7
	第 2 章 諸外国における取り組み	12
	2-1 国際標準化動向	12
	2-2 諸外国の動向	15
	第 3 章 UWB 無線システムの普及予測	21
	3-1 使用周波数帯の前提	21
	3-2 普及予測	21
	3-3 普及密度	24
	3-4 利用密度	26
	第 4 章 他の無線システムとの共用条件	29
	4-1 干渉検討の条件	29
	4-2 固定マイクロ	32
	4-3 放送	33
	4-4 海上レーダー	36
	4-5 航空・気象レーダー	39
	4-6 衛星	41
	4-7 アマチュア無線	46
	4-8 電波天文	46
	第 5 章 UWB 無線システムの干渉軽減機能	51
	5-1 諸外国の干渉軽減機能の状況	51
	5-2 第 4 世代移動通信システムとの干渉検討	52
	第 6 章 UWB 無線システムの新たな利用に向けた技術的条件	55
	6-1 センサー用途 UWB 無線システムの技術的条件	55
	6-2 UWB 無線システムの干渉軽減機能の技術的条件	61
	6-3 通信用途 UWB 無線システムの運用制限の見直し	63
	第 7 章 今後の検討課題	65
V	審議結果	66

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。

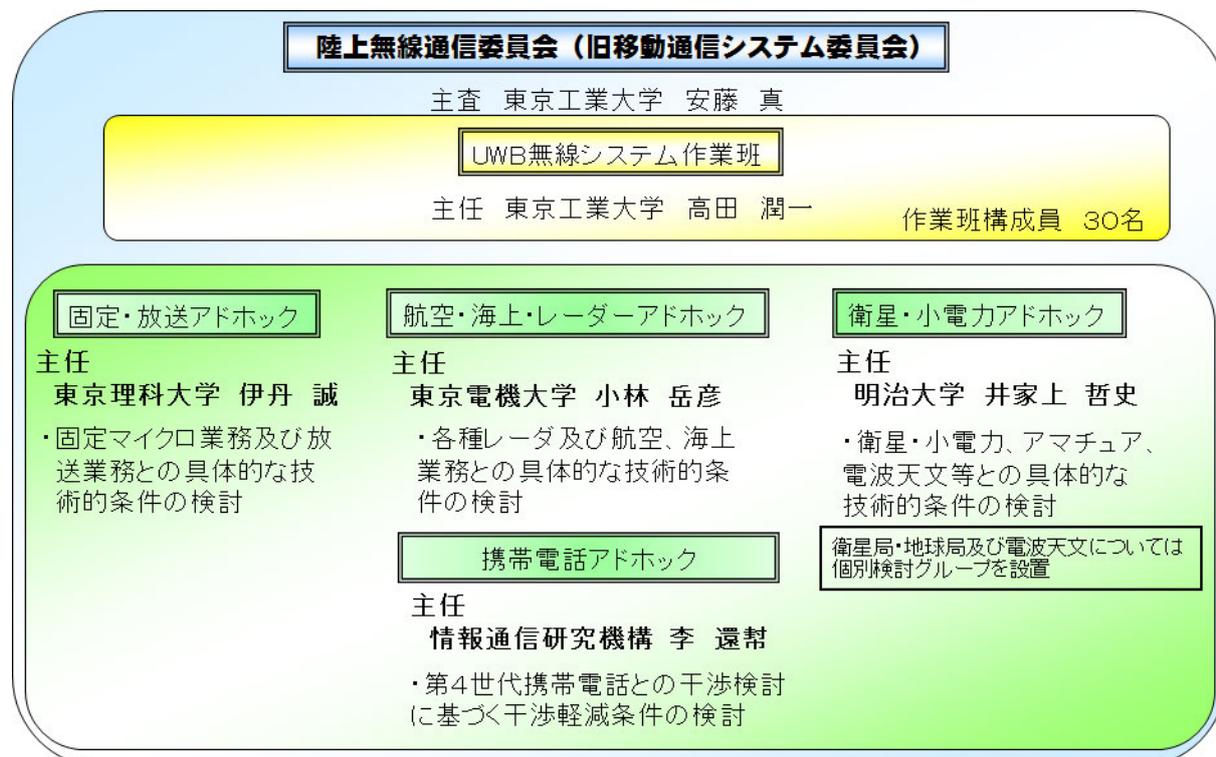
II 委員会、作業班及びアドホックグループの構成

UWB無線システムの委員会及び下部検討作業グループの構成は図1のとおりである。

本委員会の下に検討の促進を図るため、UWB無線システム作業班を設置し、既存の無線業務別にセンサー用途UWB無線システムとの共用について検討を行うための固定・放送アドホックグループ、航空・海上・レーダーアドホックグループ、衛星・小電力アドホックグループの計3つのアドホックグループを設置し、さらに、衛星局・地球局及び電波天文については、個別に詳細な検討を行う要望があったことから、衛星・小電力アドホックグループの下にそれぞれ個別検討グループを設置して検討を行った。

また、4.2GHz～4.8GHz(ローバンド)においては、第4世代携帯電話との干渉検討が未着手のため、平成25年12月31日まで不要となっている干渉軽減機能の技術的条件について携帯電話アドホックグループを設置して検討を行った。

委員会の構成員については別表1のとおりであり、作業班の構成員については別表2、各アドホックグループの構成員については別表3～別表6のとおりである。



III 審議経過

1 委員会での検討

- (1) 第1回（平成24年4月18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25年1月18日）
これまでの作業班での審議状況を中間報告するとともに、新たな検討事項として干渉軽減機能の技術的条件について審議が追加されたことが報告された。
- (3) 第3回（平成25年6月27日）
報告案について審議を行い、パブリックコメントをかけることが了承された。

2 作業班での検討

- (1) 第1回（平成24年6月6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について審議を行った。
- (2) 第2回（平成24年7月2日）
センサー用途 UWB 無線システムの利用シーン、通信用途及びセンサー用途 UWB 無線システムの需要予測及び普及密度、アドホックグループの設置、センサー用途 UWB 無線システムの基本仕様について審議を行った。
- (3) 第3回（平成24年12月3日）
各アドホックグループの進捗状況及びこれまでの審議の中間報告案について審議を行った。
- (4) 第4回（平成25年3月18日）
固定・放送アドホックグループ、航空・海上・レーダーアドホックグループ及び衛星・小電力アドホックグループ（アマチュア、電波天文）のとりまとめ案について審議を行った。また、衛星・小電力アドホックグループ（衛星）及び携帯電話アドホックグループの進捗状況について審議を行った。また、交流電源接続規制の撤廃について事務局から提案を行った。
- (5) 第5回（平成25年4月22日）
衛星・小電力アドホックグループ（衛星）のとりまとめ案及び携帯電話アドホックグループの進捗状況並びに交流電源接続規制の取扱いについて審議を行った。
- (6) 第6回（平成25年6月4日）
携帯電話アドホックグループのとりまとめ案及び交流電源接続規制への対応案について審議を行った。
- (7) 第7回（平成25年6月24日）
パブリックコメントにける報告書案について審議を行った。

3 アドホックグループでの検討

- これまで、以下のアドホックグループを開催した。
- ・ 固定・放送アドホックグループ 計6回

- ・ 航空・海上・レーダーアドホックグループ 計6回
- ・ 衛星・小電力アドホックグループ 計6回
 - ✓ 衛星局・地球局個別検討グループ 計7回
 - ✓ 電波天文個別検討グループ 計5回
- ・ 携帯電話アドホックグループ 計8回

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 月には 22GHz～29GHz 帯を利用した UWB レーダーシステムが我が国に導入されている。その導入にあたっては、UWB 無線システムが発射する電波の周波数帯域で電波を使用している各種無線システムと周波数を共用するための条件等の技術的条件について検討する必要がある。このため我が国では、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）を用いた UWB 無線システムについて技術的検討を行い、平成 18 年 3 月に通信用途の UWB 無線システムの技術的条件、平成 21 年 11 月に 22GHz～29GHz 帯を利用した UWB レーダーシステムの技術的条件を明らかにするとともに、それぞれの導入に必要な制度整備が行われてきた。

今般、低速度かつ測距・測位を目的としたセンサーネットワークとして UWB 無線システムを利用するニーズが国際的に高まり、関連する国際標準化も進められている。

本検討は、こうした国際的な動向や国内の利用者ニーズ等を踏まえ、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。

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。

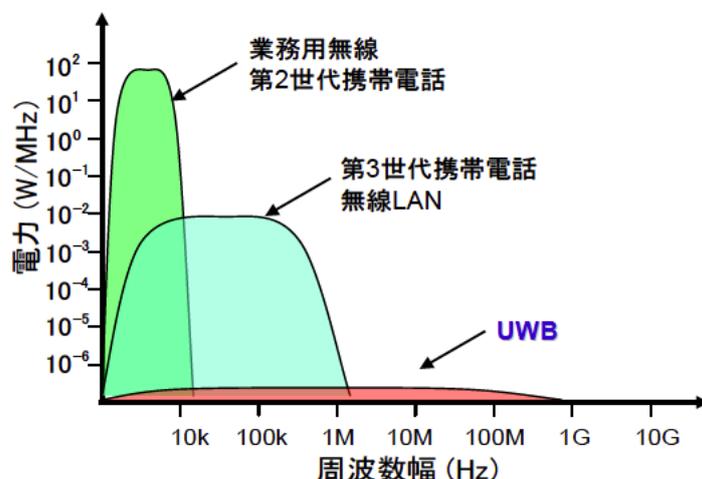


図 1-1 UWB 無線システムの周波数利用の概念

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 無線システムの現状

我が国における UWB 無線システムは、モバイルに適用可能な高速通信用途として期待されていたシステムであるが、屋内限定など使用に当たっては運用制限が課せられており、また WiFi などの屋外でも利用可能な他の高速通信システムの台頭により普及が進んでいない (第 3 章 参照)。

一方、海外では、製造業や流通業において、位置探知用として UWB 無線システムが利用される等、多様な用途に利用されている。例えば米国では、地中レーダー、壁越しイメージング、監視システム、車載レーダー、医療イメージング及びハンドヘルド通信での利用が認められている。また、欧州では、自動車や鉄道車両でのデータ通信と構造材料解析での利用が認められている。

このような利用用途の違いは、各国の制度の違いによるものが大きい。米国では、干渉軽減技術の要件がないことなどから、屋外利用システムの開発も盛んである。日本、欧州、米国の制度の主な比較を表 1-1 のとおり示した。なお、諸外国の状況については、第 2 章を参照されたい。

表 1 - 1 日欧米の制度比較

比較項目	日	欧	米
周波数	3.4GHz-4.8GHz 7.25GHz-10.25GHz	3.1GHz-4.8GHz 6GHz-9GHz	3.1GHz-10.6GHz
空中線電力偏差	平均電力-41.3 dBm/MHz以下	平均電力-41.3 dBm/MHz以下	平均電力-41.3 dBm/MHz以下
空中線電力ピーク値	尖頭電力0dBm/50MHz	尖頭電力0dBm/50MHz	尖頭電力0dBm/50MHz
空中線利得	絶対利得0 dBi以下	規制なし	規制なし
利用制限	筐体の見やすい箇所に、屋内においてのみ電波の発射が可能である旨が表示されていること	屋外の固定設置あるいは固定アンテナの運用と、航空機への搭載を認めない。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	玩具の操作や、飛行機、船舶および人工衛星の中での利用は禁止
	交流電源を使用していない無線設備においては、交流電源を使用している無線設備からの信号を受信した後でなければ、電波を発射してはならない	対向する受信機からACKを受け取らなければ、送信を10秒以内に停止する	ハンドヘルド機器は対向する受信機が存在する場合にのみ送信。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ことが必要、少なくとも10秒毎にACKの確認が必要

(2) UWB 無線システムの新たなニーズ

我が国においても、高速通信を目的とした通信用途のニーズに加え、UWB 無線システムの特長的機能である測位、通信及び個体識別 (I D) の 3 つに注目した測位システムとしてのセンサー用途 UWB 無線システムのニーズが高まっている。測位システムの分類としては、RTLS*¹ (Real Time Location System) があり、諸外国では主に製造業や流通業の工場内 (図 1 - 2 参照) で使用されている。

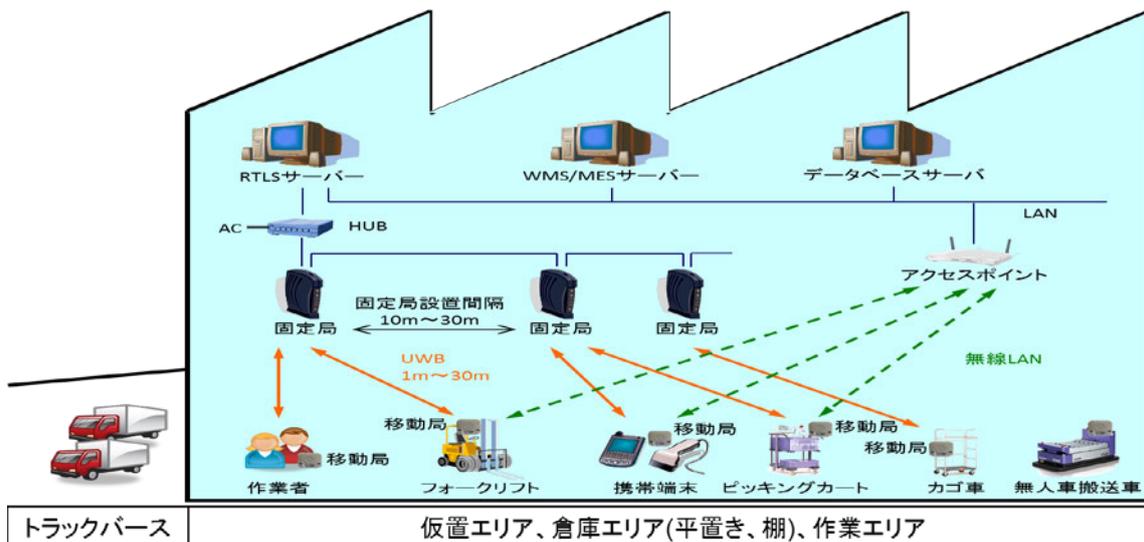


図 1 - 2 製造業、流通業における UWB 測位システムの例

RTLS は、30cm 程度の誤差で屋内の移動物標の位置、距離を感知することが可能であり、固定型無線機が移動物標に貼り付けられたタグを識別して通信を行うものである。(図 1-3 参照)

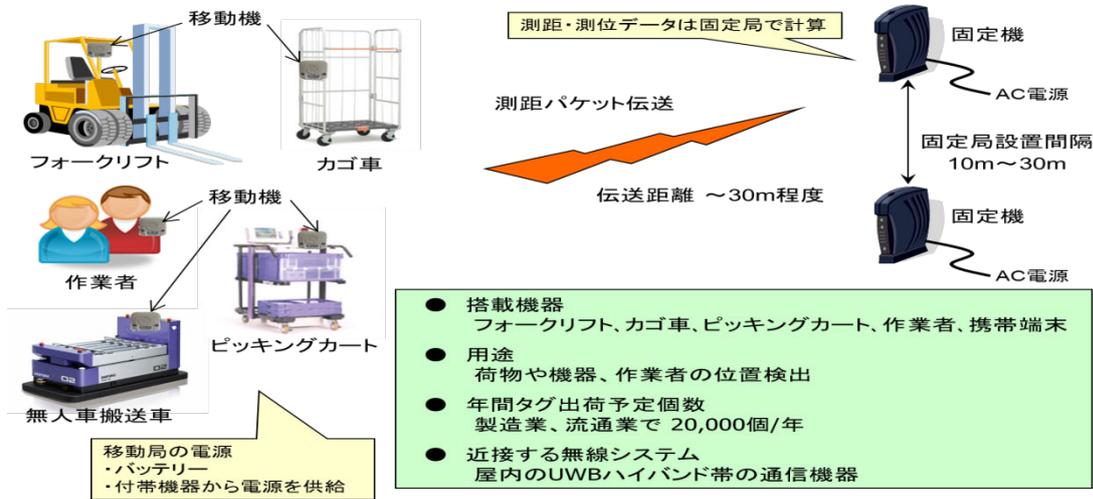


図 1-3 UWB無線システムの測位状況例

*1RTLS: リアルタイム位置情報システム。物や人にタグを付けて、位置情報をリアルタイムに、遠隔検知するシステム

(3) 具体的な利用シーン

センサー用途の UWB 無線システムの具体的な利用シーンとして、自動車製造工場ライン管理、平置倉庫管理、カゴ車作業管理、工場作業員見守り支援、製造工場セキュリティなど RFID^{*2} (Radio Frequency Identification) と同様な用途があげられている。(図 1-4 参照)

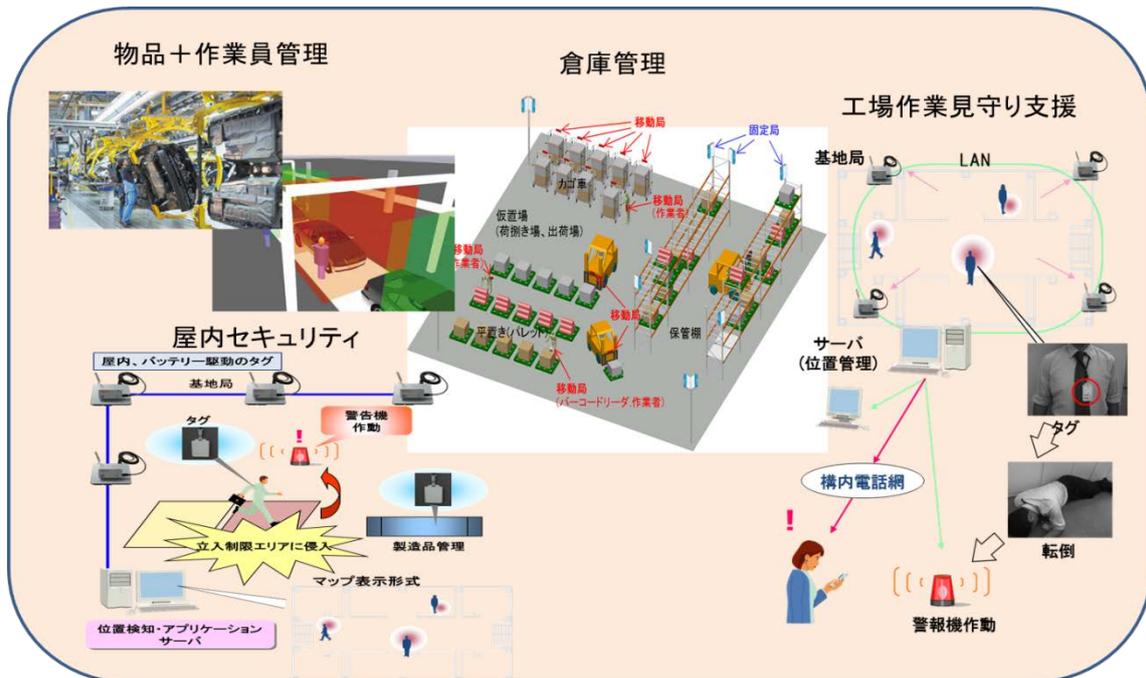


図 1-4 利用シーン

*2RFID:「電波による個体識別」の略。ID情報を埋め込んだRFタグ(ICタグ)から、電磁界や電波などを用いた無線通信によって情報をやりとりするもの。

- ・自動車製造工場ライン管理

自動車組み立て製造において、各 부품の位置や作業員の位置情報を的確に把握してシステムラインの効率化を図る。諸外国ではBMWなどの大手自動車メーカーが使用。日本メーカーも国外において使用。

- ・平置倉庫管理、カゴ車作業管理

倉庫内に固定機を等間隔に配置して、フォークリフトやカゴ車に設置された移動機により、倉庫在庫情報管理、在庫データ更新、フォークリフト作業員への作業指示などを行う。

- ・工場作業員見守り支援

作業員にタグを付すことにより、屋内に配置された固定機で人の所在管理(時刻とともに管理・記録)を行い、作業員に異常があった場合は警報機により報知する。

- ・セキュリティ

人や物にタグを付すことにより、屋内に配置された固定機でそれらの位置を一元管理して社員位置や製造品位置を常時把握する。また、複数のセキュリティレベルの機能により、未許可エリアに人が侵入した場合は、警報機を作動させる。

これらのシステムは、WMS*3 (Warehouse Management System) 及び MES*4 (Manufacturing Execution System) と組み合わせて総合管理システムとして利用される。また、欧州では、無線LANとUWB無線システムを組み合わせ、無線LANで情報通信を行い、UWB無線システムで位置探知を行うシステムもある。これらのシステムに共通しているのは、タグ装置や移動機のような低レート無線機を前提としていることであり、主要な機能として大容量(高速)通信は求められていない点にある。

また、個人が屋内で利用する形態とは異なり、特定の工場等の建物内で多数のデバイスを使用する点が、通信用途UWB無線システムと異なっている(第3章参照)。

*3WMS: 物流センターなどにおける一連の業務を効率化するための総合管理システム。

*4MES: 工場の生産ラインの各部分とリンクすることで、工場の機械や労働者の作業を監視・管理するシステム。

(4) その他の利用シーン

我が国の現行制度においてUWB無線システムは伝送速度を50Mbps以上とする制限が課せられており、センサー用途のUWB無線システムを導入するためには、伝送速度に係る制限を見直す必要がある。このため、伝送速度に係る制限を見直した場合におけるUWB無線システムの普及予測を算出することを目的として、通信用途のUWB無線システムを50Mbps以下の低レートで利用するシーンを抽出し、UWB無線システムの普及予測について検討することとした。

利用シーンとして、図1-5のようなものが考えられるが、屋外利用の禁止及び交流電源への接続の制限が課せられている状況においては、市場に導入されるかどうか未知数である。作業班における検討では、これらの利用シーンに対するニーズとシステム概要については想定範囲外であり、普及予測を具体化する検討を深めることができなかった。このため、低レートによる通信用途UWB無線システムについては、その普及が現実的に見込まれ、システムの具体案が示された場合において、他の無線システムとの干

渉検討を十分踏まえた上での導入を検討することとした。



図 1-5 低レート通信用途 UWB 無線システムの想定される利用シーン

第2章 諸外国における取り組み

2-1 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 Area Network) を対象とするワーキンググループ IEEE802.15 は、これまで UWB 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。IEEE802.15.4a で規定されている UWB 物理層 (PHY) の必須仕様 (Mandatory) を表 2-1 に示す。IEEE802.15.4a は測距を重視した低レート WPAN のための規格で、同期検波と非同期検波の受信機を同時にサポートするために、BPSK+BPM (Burst Position Modulation) を定義している。同期検波を用いた受信機は BPSK と BPM でそれぞれ変調されたビットを検出するのに対して、非同期検波を用いた受信機は BPM で変調されたビットのみを検出する仕組みとなっている。表 2-2 に IEEE802.15.4a の無線チャネルの割当を示す。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 つのチャネルの帯域幅は 499.2 MHz を基本としているが、より良い測距性能を得るために 1 GHz 以上の広帯域チャネルを 4 つ定義した。表 2-2 の IEEE802.15.4a で定義されているチャネルの中で、ローバンドではチャネル 3、ハイバンドではチャネル 9-15 は国内の UWB バンドに合致する。

表 2-1 IEEE802.15.4a の必須仕様

パラメータ	数値
データレート	850 Kbps
パルス波形	ルートレイズドコサイン ロールオフ率が 0.6
変調方式	BPM と BPSK の組み合わせ
誤り訂正符号	RS 符号 + 畳み込み符号 ただし、受信機は選択可
平均 PRF	15.6 MHz & 3.9 MHz
チップレート (ピーク PRF)	499.2MHz
プリアンブル符号長	31 ビット
チャンネルアクセス	ALOHA

表 2-2 IEEE802.15.4a の無線チャネル

チャンネル番号	中心周波数 (MHz)	-3dB 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

(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アリアネットワーク (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 を定義する単独標準規格である。図 2-1 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。なお、送受信機構成を簡単にするため、インパルスを用いた OOK (On-Off Keying) 変調を基本としているが、通信性能をよくするために DBPSK/DQPSK を用いることも可能である。

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。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。

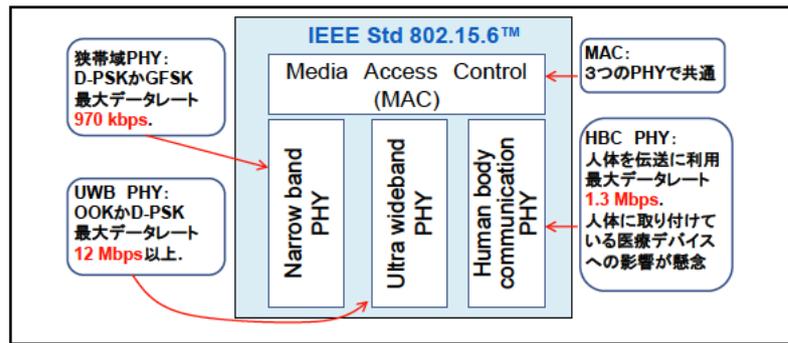


図 2-1 IEEE802.15.6 の構成

(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。図 2-2 のように 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 2-3 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。

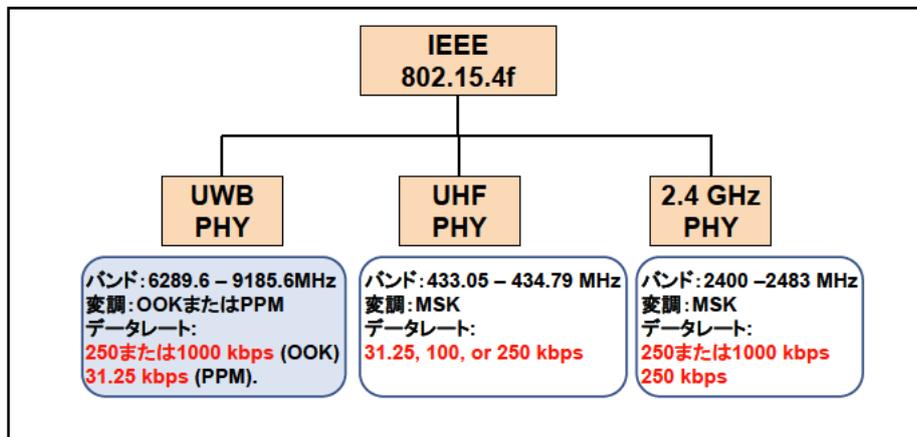


図 2-2 IEEE802.15.4f の構成

表 2-3 IEEE802.15.4f のチャンネル割当

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

2-2 諸外国の動向

2-2-1 海外のUWB市場動向

近年、RTLS (Real Time Locating System RTLS、屋内リアルタイム位置検知) の市場が立ち上がりつつある。英国の市場調査会社 IDTechEX 社 (1999 年設立) によれば、WiFi/UWB 技術をベースとする RTLS 市場は 2018 年に \$0.25 billion に達すると予測されている。旧来の RTLS (WiFi ベース) は、その位置検知精度が 3m 程度に留まるため、物品管理等へ応用する上で大きな制限となっていた。これに対して、後発である UWB 技術を適用すれば、サブメータークラスの位置検知が達成できる。しかしながら、普及に際してその実現コストがネックとなっていた。このような状況の中、世界標準である IEEE802.15.4a 整備され、その準拠チップが開発されたこと契機に、正に RTLS 市場が急速に立ち上がることが期待されている。その潜在市場として、旧来の RTLS では満足できなかった産業 (鉄鋼、自動車、航空機等) 向け製造ライン管理や、従業員の安全管理、病院向け資産管理が有力視されている。

表 2-4 RTLS の方式比較

	WiFi ベース RTLS	UWB ベース RTLS	備考
位置検知精度	～ 3m 程度	～ 30cm 程度	屋内想定
通信範囲	～ 30m 程度	～ 30m 程度	屋内想定
電池寿命	～ 1 年	～ 3 年	典型的な使用状況にて
検知方式	TDOA 他	TDOA, TOA, AOA	
コスト	安価 (チップあり)	現状高価 (チップ開発中)	

TOA: Time of Arrival, TDOA: Time difference of arrival, AOA: Angle of arrival

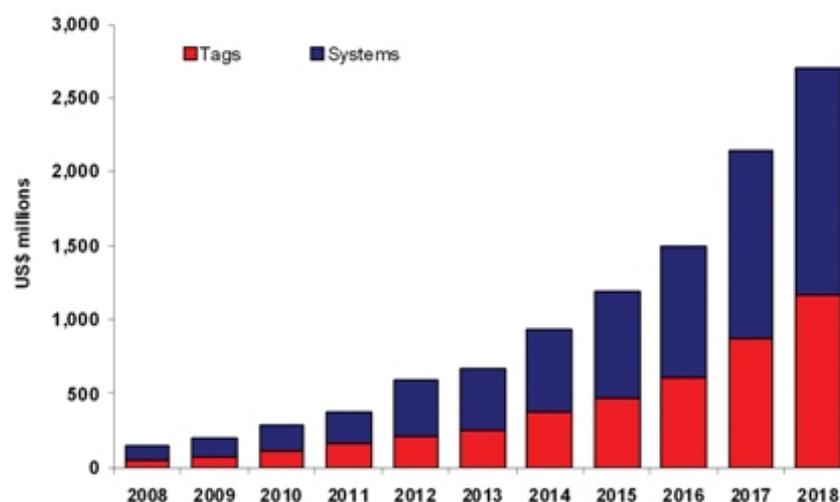


図 2-3 IDTechEx Forecast of Global RTLS Market by Value 2008-2018

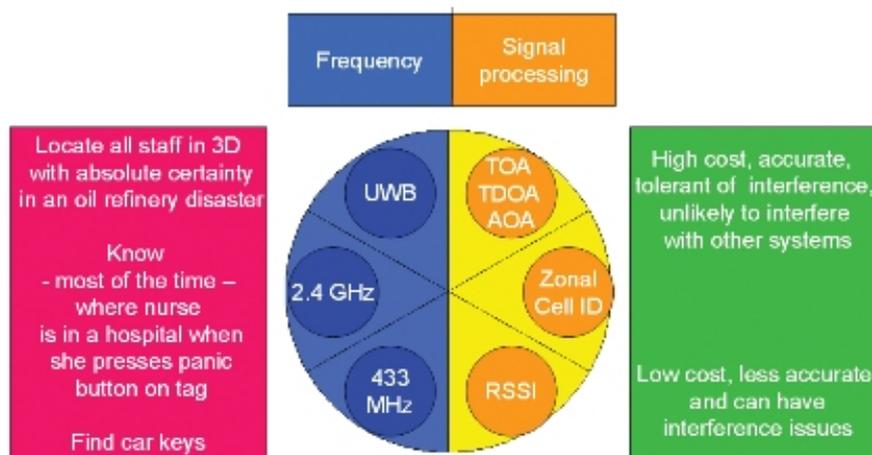


図 2-4 The Main Choices of Active Tag RTLS Frequency and Signaling Compared

出展:

<http://www.parcelindustry.com/ME2/dirmod.asp?sid=23C6283BD51B46348B616C079EEB2E21&nm=Miscellaneous&type=Publishing&mod=Publications%3A%3AArticle&mid=8F3A7027421841978F18BE895F87F791&tier=4&id=41C56ACC1AF046C9936403EFD044AE77>

2-2-2 海外の UWB ベンダ状況

市場へ UWB デバイスを提供始めているベンダは少なくなく、産業向け市場をメインにスタートアップしている段階といえる。中でも、Ubisense 社の POSCO 社向けシステムや、Zebra 社のアブダビ空港向けシステムといった大規模なシステム導入事例も出てきている。また、国際標準である IEEE802.15.4a の完成に伴い、これに準拠した RTLS 技術やデバイスの提供がアナウンスされている。decaWave 社は、2011 年 11 月にサンプルチップの出荷を開始している。海外においては、UWB が RTLS の主要技術になるものと期待されており、とりわけコストの問題が解決されれば、急速に広まるものと予想される。以下では、主要ベンダの状況について記述する。

(1) TIME DOMAIN 社

米国を本拠地とする UWB モジュールベンダーである。世界各国に UWB モジュールを供給し、その数は数百社に達する。同社は商用 UWB 製品向けの FCC 規則に適合する独自の UWB チップを有し、米国政府系サービスや陸海軍向けにビジネスを展開している。最近では、鉄道車両の位置管理用途として、鉄道センサー事業を展開する Metrom 社に対して UWB 装置の提供を開始している。Metrom 社は、ファーストクラスの鉄道顧客向けに、2013 年第一四半期に数千台、続く 2 年で数万台を設置する見込みである。TIME DOMAIN 社の製品を以下に示す。

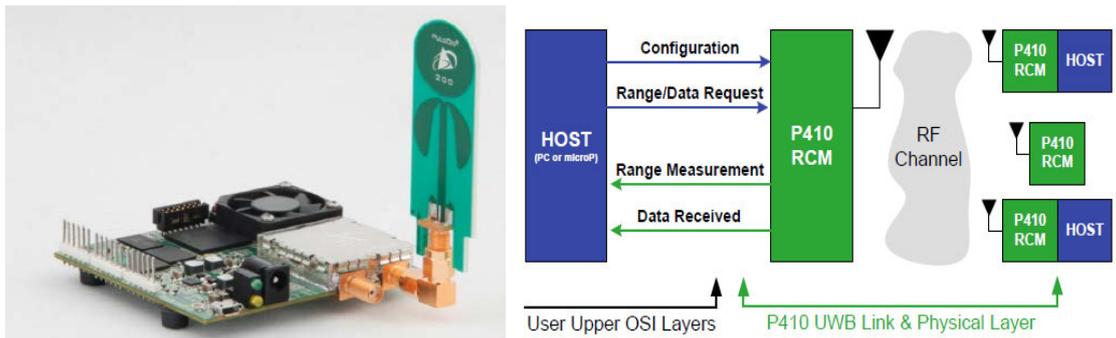


図 2-5 TIME DOMAIN 社 UWB OEM モジュール P410RCM およびそのインタフェース

表 2-5 TIME DOMAIN P410RCM 主要諸元

項目	内容
サイズ、重量	76 x 80 x 19 mm、58g
使用周波数帯	3.1 GHz to 5.3 GHz (中心 4.3GHz)
送信出力	-31.6 to -12.64 dBm / -14.5 to 0.7 dBm
測距誤差 (Pulsed Two-Way Time-of-Flight)	平均 2.1cm、 σ 2.3cm
見通し時最大距離	35m (PII=16:1) ~ 354m (PII=1024:1)

PII: Pulse integration rates

(出展 : <http://www.timedomain.com/>)

(2) deccaWave 社

アイルランドを本拠地とし米・仏・韓に拠点をおき、IEEE802.15.4a に準拠する UWB チップを開発したチップベンダーである。この UWB チップは、その準拠規格ゆえに低コストかつ低消費電力で、屋内環境（障害物を通じて）におけるヒト・モノ位置検知を実現することを特長とする。IEEE802.15.4a 準拠チップ (DW1000) は、2011 年 11 月にサンプル出荷し、その商用化は 2013 年第二四半期に予定されている。

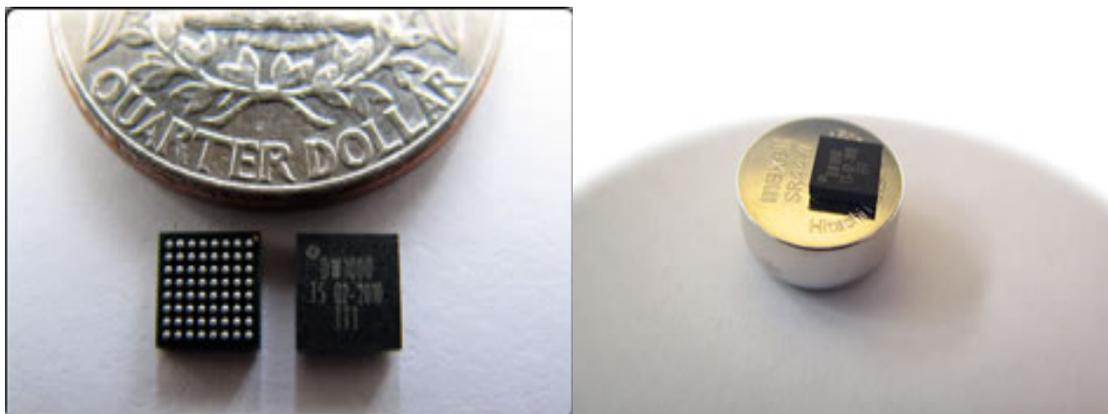


図 2-6 deccaWave 社 IEEE802.15.4a 準拠チップ (DW1000)

IEEE802.15.4a 準拠チップ DW1000 の特長

- 10cmの屋内位置検知精度
- 6.8Mbpsまでのデータ伝送レート
- 最大通信距離は、見通し450m、見通し外45m
- 狭帯域のIEEE802.15.4送受信機とくらべ、送信時1/7、受信時1/3の低消費電力
- CMOS、4.5mm×4.5mm BGA

また、同社は、1000 を超える企業・研究機関とともに、RTLS(Real Time Location Systems)の畜産・医療分野への応用や、WSN(Wireless Sensor Networks)の航空産業への応用に取り組んでいる。

ScenSor (DW1000 製品)による RTLS の特長

- 屋内20mセル毎に存在する無線タグ最大11000枚が、5m/sで移動しても10cm精度で位置検知可能
- 腕時計用電池やエネルギーハーベスト下で、最大10年まで使用可能な低消費電力性

(出展 : <http://www.decawave.com/>)

(3) Zebra Technologies 社

米国に本拠地を置き、バーコード・ラベルやRFIDスマートラベルなどの印刷を行う特殊プリンタを製造し、世界100カ国へ製品を販売する企業である。UWBによるリアルタイム位置検知システムも取り扱っている。2012年10月にはUWB製品をIEEE標準に準拠させ、主要顧客であるボーイング社や上海URTLSテクノロジーに展開している。



図2-7 Zebra DART UWB RTLS

表2-6 Zebra DART UWB RTLS 主要諸元

項目	内容
センササイズ、重量	15.5 x 7.1 x 6.4cm、0.45kg
タグサイズ、重量	φ40, h=20mm、20g (バッジタグ: 4.22 x 0.71 x 7.42cm、20g)
タグ電池寿命	7年/1Hz blink
使用周波数帯	6.35 to 6.75 GHz (IEEE 802.15.4f 準拠)
測位誤差	30cm以下 (見通し)
タグ電波到達距離	50m~100m (屋内)

Zebra 社の DART UWB RTLS は、2009 年、アブダビ国際空港のエプロンにおける 472 台の GSE (Ground Service Equipment) の位置把握の一つの方式として導入されている。産業分野では、世界最大級の航空機製造現場において、数千個もの工具、備品、部品等のリアルタイム位置検知に適用され、業務効率化に活用されている。また、欧州自動車部品メーカーである voestalpine 社のリンツ・オーストリア工場において、1 万人の従業員に対する位置監視により重大事故の防止に活用されている。医療分野では、例えば、926 台のベッド数を有する米国ワシントンホスピタルセンターにおいて、3 千個の医療機器の位置追跡と、その機器と患者との関連付けによって医療ミス防止、救急処置、さらにサービス充実化に活用されている。2012 年には、英国ウエストチェシャー大学において、2 万人の学生を追跡するために、RTLS が導入され、設備管理やリソース配置の最適化に活用されはじめている。

(出展 : <http://www.zebra.com/>)

(4) Ubisense 社

英国を本拠地とし、UWB 技術をベースとするリアルタイム位置検知システムソリューションベンダーである。AoA (Angle of Arrival) と TDoA (Time Difference of Arrival) の両方式を併用することでセンサーの設置数を抑えて 3 次元位置検知を実現している。



図 2-8 Ubisense 社製品

表 2-7 Ubisense 社 製品主要諸元

項目	内容
センササイズ、重量	20 x 14 x 6.5cm、580g (IP30)
タグサイズ、重量	38 x 39 x 16.5mm、25g (コンパクトタグ) 83 x 42 x 11mm、32g (スリムタグ)
タグ電池寿命	4 年以上 (オフィスワークでの使用例)
使用周波数帯	UWB: 6GHz - 8GHz, 8.5GHz - 9.5GHz, Telemetry 用: 2.4GHz 米、欧、カナダ、シンガポール、中国、韓国で認証取得
測位誤差	15cm 以下

Ubisense 社は、世界の自動車メーカー 15 社のうち 8 社に RTLS ソリューションを提供している。BMW 社 ドイツ レーゲンスブルク工場では、長さ 2km におよぶ製造ラインの中で車両とその組み立てに使用される工具の位置を 15cm 以内に特定している。車両は同時に 1000 台、工具は 150 個である。ホンダイタリアでは、長さ 80m の製造ラインにおいて、300 個のアクティブタグと 13 個のアンテナによりオートバイの製造をリアルタイムに追跡している。その他、AGCO Fendt トラクター ドイツ Marktoberdorf 工場、カミンズ 米国ジェームスタウン エンジン工場、アストン・マーティン 英国国内工場、ヒュンダイ 韓

国国内工場、に加え、2013 年にはダイムラー ドイツ ジンデルフィンゲン工場にも導入が予定されている。一般の産業分野では、エアバス社での製造効率化、マーシャル・エアロスペース社でのツール探索時間の改善、キャタピラー社ベルギー油圧バルブ工場における工程管理への適用があげられる。また、作業員の位置把握にも適用され、英国セラフィールド原発における作業員の安全管理や韓国ポスコ製鉄所における作業員 500 人の安全管理があげられる。カザフスタンでは施設の危険環境下の作業員位置把握への適用が予定されている。交通分野では、スイス、ドイツ、米国にて、発着場でのバス位置管理に適用されている。

(出展 : <http://www.ubisense.net>)

第3章 UWB 無線システムの普及予測

UWB 無線システムと他の無線システムとの共用検討を行う際、UWB 無線システムの普及密度は重要なパラメータであり、また、将来の UWB 無線システムの利用密度を予測することは、UWB 無線システムに関する制度的措置を検討する上でも重要である。このことから、通信用途 UWB 無線システムの導入にあたっては、UWB 無線システムの普及予測及びそれにより導き出される利用密度の予測が行われ、制度化されている。

今回のセンサー用途 UWB 無線システムの導入にあたり、現存する通信用途 UWB 無線システムに加え、センサー用途 UWB 無線システムが UWB 無線システムとして加わることとなる。このため、情報通信審議会（諮問第 2008 号 平成 18 年 3 月答申）の報告書（以下「平成 17 年度報告書」という。）における UWB 無線システムの普及予測が適正であるかどうかを見直しつつ、センサー用途 UWB 無線システムの普及予測及び利用密度を検討していくこととした。

3-1 使用周波数帯の前提

センサー用途 UWB 無線システムの導入対象の周波数帯は、干渉軽減機能が不要でニーズの高いハイバンド（7250MHz～10250MHz）である。一方、通信用途 UWB 無線システムを制度化した時の検討では、ローバンド（3400MHz～4800MHz）とハイバンドの区分けはなされていないことから、今回も同様に UWB 無線システム全体を対象として普及予測を行うこととした。

3-2 普及予測

3-2-1 通信用途 UWB 無線システムの普及予測

平成 24 年 3 月現在、通信用途 UWB 無線システムの普及台数は表 3-1 及び表 3-2 のとおりである。

表 3-1 通信用途 UWB 無線システムの出荷台数

出荷年度	技術基準適合証明 (台数)	工事設計認証 (台数)	合計
平成18年	7	9,566	9,573
平成19年	103	7,825	7,928
平成20年	83	1,036	1,119
平成21年	41	1,000	1,041
平成22年	30	10,148	10,178
平成23年	0	10,052	10,052
合計	264	39,627	39,891

出荷台数（UWB出荷台数（総務省 平成 21 年度及び平成 24 年度「電波の利用状況調査」）より

表3-2 通信用途 UWB 無線システムの技術基準適合証明及び工事設計認証の取得数

取得年度	ローバンド(3.4GHz-4.8GHz)		ハイバンド(7.25GHz-10.25GHz)	
	技術基準適合証明 (台数)	工事設計認証 (件数)	技術基準適合証明 (台数)	工事設計認証 (件数)
平成18年	7	2	0	2
平成19年	107	12	2	0
平成20年	83	10	0	2
平成21年	41	6	35	4
平成22年	0	4	30	4
平成23年	0	1	0	4
合計	238	35	67	16

表3-1及び表3-2に基づき、今後のマーケットシェアを考慮して普及予測を見直す。UWB 無線システムの普及台数は、導入当初である平成18年度の9,573台以降、減少傾向にあり、平成21年度以降は毎年平均7,000台程度の増加にとどまっている。また、技術基準適合証明数及び工事設計認証数もそれに比例するように減少しており、新たなUWB製品が市場に出ていないことを示していると考えられる。この原因として、高速通信用途として利用価値が高いと期待されていたUWB無線システムであるが、国際標準規格が決定されないままの状態が続き、その一方で平成19年に高速無線LAN(IEEE802.11n)規格が国際標準化されたことが考えられる。このため、高速通信用途としてのUWB無線システムへの期待感がなくなり、また屋内利用限定や交流電源への接続といった運用面での制約などが課せられていることなどから、市場におけるUWB無線システムの魅力が薄れているものと推測される。現時点で、通信用途UWB無線システムが急速に伸びる要素は見当たらないことから、今後、市場に導入されると想定されるUWB無線システムは、毎年10,000台程度であると考えられる。この状況を踏まえ、普及予測を見直すこととした。見直しに当たっては、表3-1の出荷台数と2012年以降は毎年10,000台が増加されていくとの想定のもと、普及予測数を算出した。結果、表3-3及び図3-1のとおり当初の予測に比べて1600分の1程度の普及しか見込めない結果となった。

表3-3 通信用途 UWB の普及予測(平成17年度報告書との比較表)

年度		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
デバイス数(万デバイス)	従来	50	150	330	860	1,770	3,580	5,770	8,220	10,230	11,820	13,020
	見直し	0	1	1	2	3	3	4	5	6	7	8

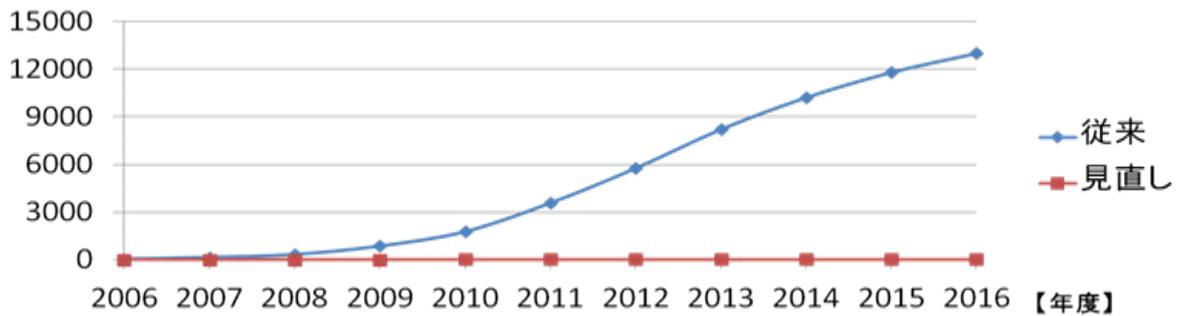


図3-1 通信用途 UWB の普及予測(平成 17 年度報告書との比較グラフ)

3-2-2 センサー用途 UWB 無線システムの普及予測

測位精度に優れたセンサー用途 UWB 無線システムは位置探知用 (RTLS) として、電波を利用して移動体の位置を測定するためのシステムである。現在、我が国では、920MHz 帯や 2.4GHz 帯を使用する位置探知システムが普及しているが、大きな生産ラインを持つ製造工場や大量の物品管理を行う物流事業所においては、より精度の高い位置探知が可能なセンサー用途 UWB 無線システムの利用が求められている。センサー用途 UWB 無線システムの欧米での導入実績及び国内マーケットの規模から、市場成熟期のセンサー用途 UWB 無線システムの出荷台数は 20,000 台/年程度と予測される。使用される場所は、主に敷地面積の大きな製造工場及び物流センターなどであり、移動体・主要部品の追跡、工場セキュリティ等の工場内安全システムに使用されると考えられる。センサー用途 UWB 無線システムの利用にあたってシステムという仕組みが導入され、1 システムあたりのセンサー用途 UWB 無線システムのデバイス数は、第 1 章の利用シーンから平均 150~200 デバイス程度と予測されるが、諸外国の普及状況を踏まえ最大値として 500 デバイスを採用した。また、全国の製造業及び流通業者数のうち最大 2 割がセンサー用途 UWB 無線システムを導入するものと仮定した。実際は、位置探知用システムを必要としない製造業及び流通業も多数存在すると考えられるため、当該数値を上回ることはないと考えられる。

センサー用途 UWB 無線システムの普及予測は図 3-2 のとおり、導入開始当初から 2~3 年の立ち上がり期間を経て、普及が伸びるものと推測される。しかし、PC や PC 周辺機器への搭載を想定している現行の通信用途 UWB 無線システムと異なり、導入 10 年前後から伸び率の鈍化が始まり、以降はほぼ横ばい状態になると考えられる。国内マーケットの規模を考慮した場合、センサー用途 UWB 無線システムの出荷台数は、10 年後には 16 万デバイス、15 年後は 18 万デバイスと予測される。

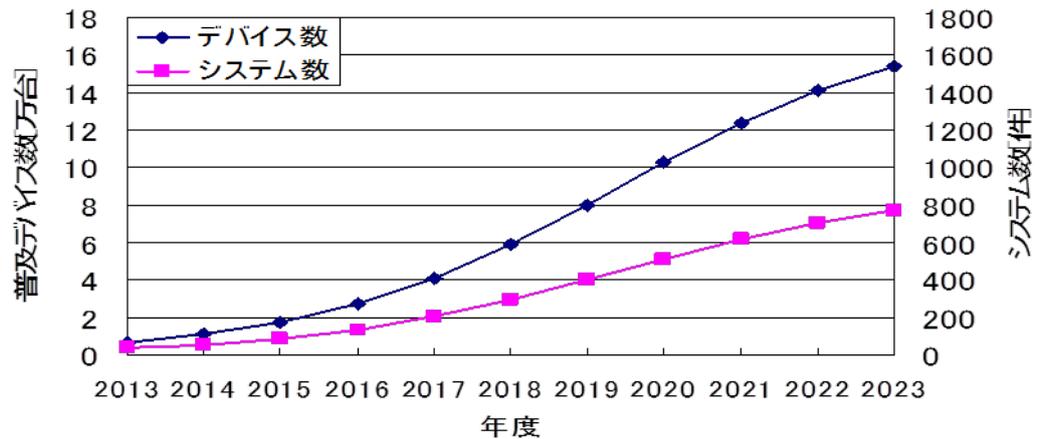


図 3-2 センサー用途 UWB 無線システムの普及予測

- ・ デバイス出荷台数は、海外メーカー実績（主として製造業界）、欧米/日本設置比率、国内マーケット（主として流通業界）を考慮して試算
- ・ 1 システムあたりの平均デバイス数は海外実績、国内販売計画より推測
- ・ 横ばい時の普及デバイス数 = 180,000 デバイス
- ・ 横ばい時の普及システム数 = 900 システム

3-3 普及密度

平成 17 年度報告書においては、普及密度の算出に平成 17 年度国勢調査結果の人口密度を引用している。今回の算出においても同様に、平成 22 年度国勢調査結果を用いることとした。統計値 * は、東京都の人口密度 6,013/k m² (5,748/ k m²)、神奈川県の前人口密度 4,670/k m² (3,639/k m²)、秋田県の人口密度を 93/k m² (99/k m²) を用いて算出した。

* ()内は平成 17 年度報告書の値

3-3-1 通信用途 UWB 無線システムの普及密度

平成 17 年度報告書においては、我が国における地域毎の 1 km²あたりの通信用途 UWB 無線システムの普及密度（デバイス/km²）を検討して算出している。普及密度は UWB 無線システムの総数を日本の総人口で除算した値を 1 人当たりの普及数（デバイス/人）として、これに人口密度（人/km²）を乗算したものであり、各地域における普及の指標としている。今回見直しを行った通信用途 UWB 無線システムの普及予測は 3-2-1 のとおり、平成 17 年度の予測値よりも大幅に小さい値となっているため、普及密度についても見直すこととした。なお、地域の選定については平成 17 年度報告書と同様に東京、神奈川、秋田の 3 地域を選定した。

平成 17 年度報告書の普及密度と見直した普及密度は、表 3-4 のとおり年数の経過と共に差が拡大していくこととなり。2016 年においては、1/1000 程度となっている。

表3-4 UWB の普及密度(平成 17 年度報告書との比較)

普及密度(デバイス/km ²)												
地域		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
東京	従来	22	70	151	386	798	1610	2600	3701	4604	5322	5862
	見直し	0	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5
神奈川	従来	14	44	95	244	1020	1020	1646	2343	2915	3370	3711
	見直し	0	0	1	1	2	2	2	2	3	3	4
秋田	従来	0	1	3	7	14	28	45	64	79	92	101
	見直し	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表3-4から、10年後の値を算出すると2023年に、東京都では8デバイス/km²と推定され、マージンを見込んだとしても10デバイス/km²を超えることはないと推測される。

3-3-2 センサー用途 UWB 無線システムの普及密度

センサー用途 UWB 無線システムは、通信用途 UWB 無線システムのように各家庭や個人で使用する M2M (Machine to Machine) のような個人向けシステムでなく、業務用として特定の分野で使用されるものである。したがって、母数を国民人口とすると非常に密度が小さくなり、設置環境に合わなくなる。よって、製造業及び流通業の事業所数を母数とすることとし、経済産業省「平成 21 年経済センサス基礎調査」を踏まえ該当事業所数を算出した。なお、算出選定地域は、平成 17 年度報告書の 3 地域(東京、神奈川、秋田)に製造業及び流通業の事業所数の多い大阪、愛知の 2 地域を加え、合計 5 カ所とした。

また、第 1 章のセンサー用途 UWB 無線システムの利用シーンから、導入されるのはある程度規模の大きい工場や物流センターに見込まれることから、従業員 100 名以上の事業所を対象とした。システムを導入する事業所数と 1 システムあたりのセンサー用途 UWB デバイス数の乗算から総デバイス数を求め、対象地域の面積で除することにより 10 年後のセンサー用途 UWB 無線システムの普及密度(デバイス/km²)を表3-5のとおり算出した。

表3-5 センサー用途 UWB 無線システムの普及密度

地域	2023年における 導入事業所数※ (飽和時の普及率を20%と 仮定した値)			2023年における デバイス数[万台]※ ※500デバイス/システム (飽和時の普及率を20%と 仮定した事業所数より算出)			都道府県 面積 [km ²]	2023年における 普及密度 [デバイス/km ²]		
	製造業	流通業	合計	製造業	流通業	合計		製造業	流通業	合計
全国	2,576 (2,969)	1,910 (2,201)	4,486 (5,170)	129 (148)	96 (110)	224 (259)	377,950.1	3.41	2.53	5.93
東京都	197 (227)	194 (224)	391 (451)	10 (11)	10 (11)	20 (23)	2,187.5	45.03	44.34	89.37
神奈川県	144 (166)	149 (172)	293 (338)	7 (8)	7 (9)	15 (17)	2,415.9	29.80	30.84	60.64
愛知県	217 (250)	148 (171)	365 (421)	11 (13)	7 (9)	18 (21)	5,165.0	21.01	14.33	35.33
秋田県	24 (28)	6 (7)	30 (35)	1 (1)	0 (0)	2 (2)	11,636.3	1.03	0.26	1.29
大阪府	149 (172)	223 (257)	372 (429)	7 (9)	11 (13)	19 (21)	1,898.5	39.24	58.73	97.97

* 出典：平成21年経済センサス基礎調査からの数値を適用

※ 飽和時の普及率が製造業及び流通業の20%と仮定した値に基づき、2023年の値を推定

以上から、通信用途 UWB 無線システムが最も普及したとしても10年後の2023年において10 デバイス/ km²以下であり、一方センサー用途 UWB 無線システムについては、一番普及密度の高い大阪において97.97 デバイス/k m²となる。したがって、UWB 無線システム全体の普及密度は107.97 デバイス/km²となる。このため、第4章の他の無線システムとの干渉検討における UWB 無線システムの普及密度についても見直すこととした。平成17年度報告書においては、普及密度を1,000 デバイス/km²、500 デバイス/km²、100 デバイス/km²としているが、今回見直した普及予測に伴う普及密度は、107.97 デバイス/k m²である。この値にマージンを加味し、最大200 デバイス/km²とし、他は100 デバイス/km²、50 デバイス/km²に区分して干渉検討を実施することとした。

3-4 利用密度

前節の普及密度は、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、通信用途 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。ピコネットの構成によって実際に使われる UWB 無線システムの1km²あたりの利用密度は変化するし、1ピコネットを構成する UWB 無線システムのデバイス数が2デバイスと4デバイスの場合について、利用密度の検討を行っている。この考え方に基づいて、センサー用途 UWB 無線システムの利用密度を検討した。

3-4-1 セル

諸外国のセンサー用途 UWB 無線システムの実運用環境では、工場の製造ラインや物流倉庫に多数の UWB デバイスが配置される。配置されたデバイス間の相互干渉を避けるため、時分割されたタイムスロットに各 UWB デバイスが割り当てられ、1 タイムスロットの間に該当する UWB デバイスのみが UWB 信号の出力を行い、UWB 信号を受信した設備で測距計算を実施する。同じタイムスロット管理下で動作している UWB デバイスが複数あっても、任意の時間では1つの UWB デバイスのみが UWB 信号を出力している状態となる。このように配置されたデバイスを一定のグループに分けており、このグループは一般的に「セル^{*2}」と呼ばれている。

*1 ピコネット

一般に、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)

*2 セル

センサー用途 UWB 無線システムは、ホストの役割を果たす固定システムと位置探知の物標となるタグから構成される。1つの工場等においては、多数の UWB デバイスが設置されるが、距離や建物内の場所により、複数のタグとタグの位置探知を行う固定システムを1つのグループとして構成される。この1つのグループをセルと呼んでいる。1つのセルに存在する複数のタグはタグ間の干渉を避けるため、時間軸上では1つのタグからしか電波は発射されない。このため、1つのセルが1つの UWB 無線システムと見なせる。

3-4-2 1システムにおけるセル数とデバイス数の考え方

通信用途 UWB 無線システムは、M2M としての利用を主眼とし、人口密度の高い大都市を対象とした利用密度の検討を行っている。この際、1ピコネットを構成する UWB 無線システムが2デバイスの場合は、 $\text{利用密度} = \text{普及密度} \times 1/2$ として算出している。一方、センサー用途 UWB 無線システムのセルに関しては、配置されるセル数やセルの大きさは利用シーンにより異なると考えられるが、諸外国の実運用例から最大 500 デバイスが1システム（1工場）に存在するとし、システム内に存在する1セルの大きさ平均を 20m × 30m と仮定した。実際、市場にセンサーUWB 無線システムが導入される場合は、より効率的な運用のため、より大きなセルを構築してデバイスを多く配置するものと考えられることから、セルサイズはさらに大きくなると推測される。

我が国の製造業等で使用される工場の平均建築面積は 6,000 m²程度（第 4 章の 1 を参照）であり、全建築面積で UWB 無線システムが使用されるという最悪のケースを考慮しても、1 セル当たり 600 m²の面積であることから、最大 10 セルの配置が妥当と考えられる。この 10 セルの中に 500 デバイスが存在することとなるため、1 セル当たりのデバイス数は 50 デバイス程度と考えられる。

3-4-3 実環境における利用密度

通信用途 UWB 無線システムにおける利用密度の検討の前提は、対象とする全ての UWB 無線システムの電源が ON となっており、1 日中ピコネットを介して動作していると仮定しているものである。しかしながら、1 日中動作している UWB 無線システムの存在は少ないと想定され、実環境における利用密度は稼働率を考慮してさらに小さいと考えられることから、他の無線システムとの干渉検討を行う前提条件として稼働率を考慮している。

また、センサー用途 UWB 無線システムにおける利用密度の検討の前提においても、対象とする全てのセンサー用途 UWB 無線システムの電源が ON となっており、1 日中デバイスがタイムスロット上で連続して動作していると仮定しているが、実環境としては考えにくい。よって、実環境における利用密度はさらに小さいと考えられることから、他の無線システムとの干渉検討を行う前提条件として稼働率を考慮することが適当である。

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 SM. 1756 及び RA. 769 (電波天文) に準拠し、RR4.4 を適用して行う。
- (3) 対象周波数は、7.25GHz から 10.25GHz とする。
- (4) 使用する周波数帯における空中線電力は無線設備規則第 49 条の 27 第 5 項の規定 (任意の 1MHz の帯域幅における平均電力は最大 -41.3dB (1mW を 0dB とする。)) 及び任意の 50MHz の帯域幅における尖頭電力最大 0dB 以下の値) のとおりとする。
- (5) 7.25GHz を超え 10.25GHz 以下を使用する 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 (図 4-1 参照) の規定の値のとおりとする。

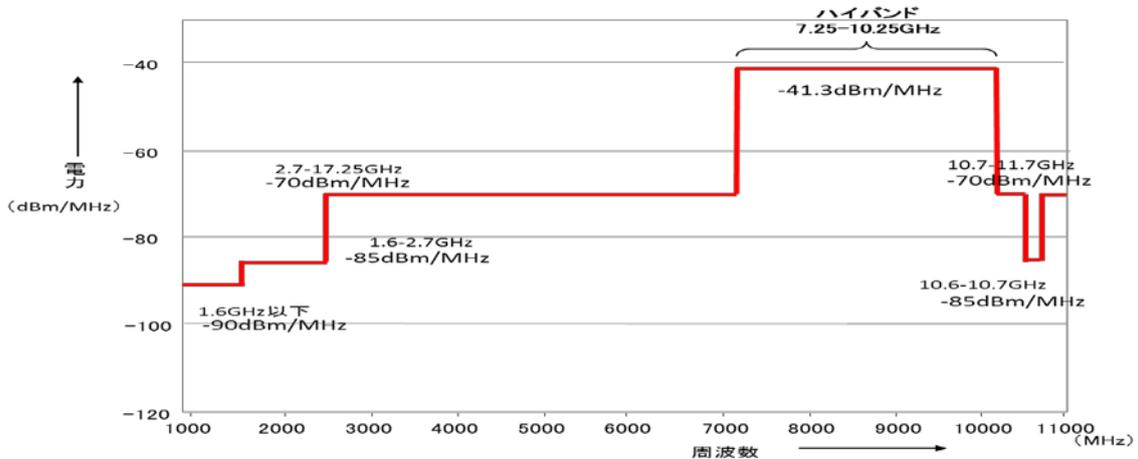


図4-1 無線設備規則別表 3 の規定に基づく空中線電力と送信設備の不要発射の強度

4-1-2 対象無線局

送信電力などセンサー用途 UWB 無線システムの技術的条件の大部分が通信用途 UWB 無線システムと同じであり、基本的には H17 年度報告書の結果を踏襲できる。しかし、利用シーンが異なることから、センサー用途 UWB 無線システムの導入対象である 7.25GHz を超え 10.25GHz 以下の周波数帯内の無線局を対象とし、改めて干渉検討を実施した。

ただし、被干渉側よりセンサー用途 UWB 無線システムの利用シーンを考慮して再度検討すべきとした隣接周波数帯の無線局は対象とした。

4-1-3 干渉検討の手法

干渉検討においては、周波数帯域、空中線電力、不要発射の強度の許容値、変調方式、

通信方式とも通信用途 UWB 無線システムと同様とすることを条件としており、技術的条件として変更する点は伝送速度のみである。また、被干渉側にとってアグリゲートにおいては、通信用途 UWB 無線システムとセンサー用途 UWB 無線システムが混在した形で存在することとなることから、平成 17 年度報告書に基づく相関関係及び計算方式を原則用いることとした。

1 基本式

$$\text{①自由空間伝搬損失 } \Gamma_0 = (4\pi D/\lambda)^2, \quad \lambda (\text{波長}) = c [\text{m/S}] / f [\text{Hz}] \\ = (3 \times 10^8) [\text{m/S}] / f [\text{Hz}]$$

2 簡略化した等価式

$$\text{②自由空間伝搬損失 } \Gamma_0 [\text{dB}] = 92.44 + 20 \log f [\text{GHz}] + 20 \log D [\text{km}]$$

3 自由空間伝搬損失の算出

②の式を用いて 10cm～50km までを求める。

4 被干渉無線局の許容受信レベルを算出

算出式 許容干渉レベル + 受信感度 + 空中線利得 - 給電線損失 - 大気減衰等 + シングル
エントリーに対する干渉量の増加による補正值 [dB] 補正

5 距離の算出式

$$\text{回線成立性} = \text{許容受信レベル} - \text{UWB の平均電力 } B + \text{自由空間伝搬損失 } A = 0$$

$$\therefore \text{UWB の平均電力 } B - \text{自由空間伝搬損失 } A = \text{許容受信レベル}$$

①の式を用いて離隔距離を算出

4-1-4 利用環境

(1) 利用制限

通信用途 UWB 無線システムの利用は、屋外での利用は他の無線システムに干渉を与えることから、屋内利用に限定されている。センサー用途 UWB 無線システムは、通信用途 UWB 無線システムと電力マスクが同様であるため他の無線システムに干渉を与えること、また、実運用としては、第 1 章 1-4 のとおり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利用環境上、屋外利用の検討をしなくとも特段問題ないことから屋内利用に限定して検討を行うこととした。

なお、屋内利用の担保については以下の通りである。

① ホストの役割を果たす UWB 無線システムを搭載した機器は、屋内に固定的に設置されている必要がある。

また、クライアントの役割を果たす UWB 無線システムは、交流電源に接続されていなくても、ホストの役割を果たす UWB 無線システムを感知した後、UWB 無線システム間の通信を行うものであることから、実質、屋内利用は担保される。

② センサー用途 UWB 無線システムの機器の見やすいところに、UWB 無線システムの利用は屋内に限定する旨の注意書きを表示することにより、屋内利用が担保される。

(2) 航空機、船舶、衛星での利用禁止

センサー用途 UWB 無線システムの利用シーンから航空機、船舶、衛星内で利用するケースは想定されないが、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、通信用途 UWB 無線システムと同様、電子機器や電波を発する機器の利用が制限されている航空機、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。

(3) 壁の減衰値

上記(1)より屋内限定の利用を考慮した場合、屋外利用の他の無線システムとの共用条件を検討する際の壁の減衰値は、平成 17 年度報告書と同等の値 (12dB) とした。(参考資料 1 参照)

(4) 利用密度

利用密度は第 3 章に基づき普及密度の値において、すべてのデバイスから電波が発射される最悪ケースとし 50 デバイス/km²、100 デバイス/km²、200 デバイス/km²の場合で検討した。実際は、セル範囲内で 1 デバイスから電波が発射することとなるため、実環境での利用密度は下がることとなる。

(5) 稼働率

センサー用途 UWB 無線システムはパルス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、第 3 章のとおり UWB 稼働率を考慮することとした。平成 17 年度報告書においては、ITU-R の勧告値とした最悪の値である 5%として検討を行っていることを踏まえ、UWB 稼働率については 5%と仮定して検討した。

したがって、実運用環境においては、さらに干渉の可能性は低くなる。

(6) 自然離隔距離

センサー用途 UWB 無線システムは、第 3 章で主に製造・流通業などの産業分野において従業員 100 人以上の比較的大規模な工場の 2 割に設置されるものと推測されている。また、諸外国の状況から、1 工場等あたり 500 デバイス、10 セルが配置されるものと定義している。1 セルの大きさは、システムにより異なるが、諸外国の平均から 20m×30m^{*1}程度と推定される。この条件において、センサー用途 UWB 無線システムが使用される 20m×30m の大きさのセルを 10 セル配置した場合の面積は 6,000 m²となり、建物全体でセルが配置されている最悪ケースとして考慮した場合、この値が建築面積となる。全国製造工場の全体の敷地面積に対して、建築面積は、製造工場の全体の敷地面積の 3 割程度を占めている^{*2}。よって、6,000 m²の建築面積の場合の工場敷地面積は、20,000 m²となる。この場合、仮にセンサー用途 UWB 無線システムを敷地の中心に

設置した場合は、30メートル以上の離隔距離が自然と発生することとなる。

実運用としては、建物内すべてをセンサー用途 UWB 無線システムのセルでカバーされるケースは考えられない。また運用に際しては、利用者はセルがカバーする面積を 20m×30m より広げることにより、全体を構成するセル数を少なくしてコストを低く抑えるのが通常の運用と考えられるため、20,000 m²における UWB 電波の発射源は減るものと考えられる。また、セルをカバーする面積が大きくなれば、工場敷地面積は更に大きくなると考えられるため、これらを考慮すると、自然離隔距離はさらに延びるものと考えられる。

*1 平成 17 年度報告書における通信用途 UWB 無線システムのピコの場合は、1 ピコの大きさが 200 m² (10m×20m) である。通信用途 UWB 無線システムと比較した場合、住宅敷地面積が一番広い茨城県だと 6,000 m²の範囲において 1 戸建の家がすべて UWB を設置していると想定すると 12 ピコが存在することとなり、センサー UWB 無線システムの利用環境の方が被干渉局への影響は少ないこととなる。

*2 平成 22 年工業統計表 用地・用水編 (経済産業省経済産業政策局調査統計部) 速報版

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 2-1 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 4-2-1 に示す。

表 4-2-1 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)
7425-7750	3797	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 24 年 8 月末現在

4-2-2 干渉検討結果

(1) シングルエントリーにおける離隔距離計算結果は、1595.7m となる。実運用上は、固定局と UWB 無線システムの間では、高低差が生じることとなるため、離隔距離は短くなる。

(2) 平成 17 年度報告書における許容干渉レベルから算出した第 1 フレネル半径は、ピコネット環境を考慮した場合 UWB デバイス密度 250 デバイス/km² に対して 8.87m となる。この値に普及密度を見直した値である 200 デバイス/km²、シングルエントリーにおいて求めた離隔距離を修正して求めたセンサー用途 UWB 無線システムの干渉量の総和は -136.3dBm/MHz となる。固定局の許容干渉レベルと比較した結果を表 4-2-2 に示す。

表 4-2-2 干渉レベル比較結果

周波数帯			7.5GHz 帯
UWB マスクレベル			-41.3dBm/MHz
干渉量の総和 (受信機入力)	計算条件	第 1 フレネル半径 (8.87m) +30m	<u>-136.3dBm/MHz</u>
許容干渉レベル			-129.83dBm/MHz

4-2-3 干渉評価

表 4-2-2 の結果から、7.5GHz 帯固定マイクロ回線の許容干渉レベル-129.83dBm/MHz に対して UWB 無線システムの干渉レベルは-136.3dBm/MHz となり、6.47dB のマージンとなり共用可能となる。

一方、携帯電話基地局用の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、マンションの屋上や自立柱等に設置される高低差が 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、ダブルスロープモデルの 100m 以下においては自由空間減衰となり、かつサイドロープによる干渉もあるため大きくなる。

しかし、実運用においては、ピコネット・セル環境であるため、利用密度はさらに低くなり所要改善量が改善すること、センサー用途 UWB 無線システムの利用においては、平面における自然離隔距離を生じること、当該工場区域から高低差 10m 程度以下の高さで固定回線を構築することは通常想定されないことから、概ね共用可能と考えられる。

なお、これまでに通信用途 UWB 無線システムとの周波数共用についても同様の検討を行ってきており、現在に至るまで UWB 無線システムとエントランス回線及びルーラル向けアクセス固定回線との間での干渉問題は生じていない。

4-2-4 共用条件

- ・ 仮定(利用密度、利用シーン、稼働率、UWB 無線システムの実態等)が変更になった場合、技術的条件の見直しが必要である。
- ・ 設置空中線高の低いエントランス回線やルーラル向けアクセス固定回線に対して、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は、電波法第 108 条の 2 規定に基づく電気通信業務の無線設備の機能に障害を与えることとなる可能性があるため、直ちに当該 UWB 無線システムからの電波の発射を停止させると共に、技術的条件の見直しが必要である。

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 2-2 参照)

4-3-1 放送関係システムの概要と使用状況

放送関係システムの概要と使用状況を表 4-3-1 に示す。

表 4-3-1 放送関係システムの概要と使用状況（システム名：STL/TTL/TSL/FPU）

周波数(MHz)	局数(局) ^注	備考(運用状態などの特記事項)
5,850 ~ 7,125 (下隣接)	6853 (FPU) 1120 (固定局)	B、C、D、Mバンド (固定局およびFPU)
7,425 ~ 7,750	57 (注1)	Nバンド (デジタル固定局のみ) (注1) 今後、約 400 局が 3.4GHz 帯から移行予定。本周波数帯は、主には公共・一般業務が使用。
10,250 ~ 10,450 (上隣接)	2450 (FPU) 60 (固定局)	Eバンド (固定局およびFPU)

注 平成 21 年度電波の利用状況調査結果

4-3-2 干渉検討結果

まず、シングルエントリーの場合の離隔距離を表 4-3-2 にまとめる。稼働率は 100% である。

表 4-3-2 シングルエントリーの場合の離隔距離

No.	システム名	使用周波数[MHz]	離隔距離[m]	マスキレベル	備考
1	STL/TTL	7,425~ 7,750	134.3	-41.3dBm/MHz	アンテナ径 2mφ
	STL/TTL/TSL	10,250~ 10,450	3	-70dBm/MHz	アンテナ径 2mφ
2	FPU (屋外)	10,250~ 10,450	10.5	-70dBm/MHz	アンテナ径 0.6mφ

次に FPU の屋内利用において、UWB 無線システムが複数台ある場合の結果を表 4-3-3 に示す。

表 4-3-3 FPU (屋内運用, Aggregate)

利用密度 (ワット/km ²)	aggregate interference			single-entry interference
	200	100	50	
稼働率	5% (100%)			
壁の減衰	0dB			
マスクの平均電力レベル	-70dBm/MHz			
既存システムの周波数	5,850MHz ~ 7,125MHz			
許容干渉レベル	-129.8dBm/MHz			
離隔距離 (m)	27.5 (89.1)	24.3 (64.6)	23.4 (46.2)	21.6
備考	屋内イベント会場での受信を想定し、受信アンテナ前方の 50m×20m のエリアに 1km ² あたりの稼働率の UWB 機器をすべて配置した。			

利用密度 (デバイス/km ²)	aggregate interference			single-entry interference
	200	100	50	
稼働率	5% (100%)			
壁の減衰	0dB			
マスクの平均電力レベル	-70dBm/MHz			
既存システムの周波数	10,250MHz ~ 10,450MHz			
許容干渉レベル	-129.8dBm/MHz			
離隔距離 (m)	13.4 (43.3)	11.8 (31.4)	11.4 (22.5)	10.5
備考	屋内イベント会場での受信を想定し、受信アンテナ前方の 50m×20m のエリアに 1km ² あたりの稼働率の UWB 機器をすべて配置した。			

また、屋内イベント会場での受信を想定し、受信アンテナ前方の 50m×20m のエリアに 1km²あたりの稼働率の UWB 無線システムをすべて配置した。稼働率として、センサー用途 UWB 無線システムの 5%及び通信用途も含めた最悪ケースの 100%について検討した。パラメータで計算した結果を表 4-3-4、表 4-3-5 に示す。

表 4-3-4 屋内イベント会場内の FPU 受信機に入力される干渉電力@6.5GHz

マスク値	アンテナ径	FPU 受信機に入力される干渉電力(dBm/MHz)			
		UWB 素子数			
		1	3(5% of 50)	5(5% of 100)	10(5% of 200)
マスク値 -70dBm/MHz	1.2mφ	-128.328	-127.575	-127.32	-126.161
	0.6mφ	-125.318	-124.564	-124.31	-123.151
	0.3mφ	-122.307	-121.554	-121.3	-120.141
シングル に対する 加算値 dB		—	0.75	1.01	2.17

マスク値	アンテナ径	FPU 受信機に入力される干渉電力(dBm/MHz)			
		UWB 素子数			
		1	50(100% of 50)	100(100% of 100)	200(100% of 200)
マスク値 -70dBm/MHz	1.2mφ	-128.328	-121.688	-119.804	-115.985
	0.6mφ	-125.318	-118.678	-115.793	-112.975
	0.3mφ	-122.307	-115.668	-112.783	-109.965
シングル に対する 加算値 dB		—	6.64	9.52	12.34

表 4-3-5 屋内イベント会場内の FPU 受信機に入力される干渉電力@10.5GHz

マスク値	アンテナ径	FPU 受信機に入力される干渉電力(dBm/MHz)			
		UWB 素子数			
		1	3(5% of 50)	5(5% of 100)	10(5% of 200)
マスク値 -70dBm/MHz	1.2mφ	-134.576	-133.823	-133.569	-132.409
	0.6mφ	-131.566	-130.813	-130.558	-129.399
	0.3mφ	-128.556	-127.802	-127.548	-126.389
シングル に対する 加算値 dB		-	0.75	1.01	2.17

マスク値	アンテナ径	FPU 受信機に入力される干渉電力(dBm/MHz)			
		UWB 素子数			
		1	50(100% of 50)	100(100% of 100)	200(100% of 200)
マスク値 -70dBm/MHz	1.2mφ	-134.576	-127.937	-125.052	-122.233
	0.6mφ	-131.566	-124.926	-122.042	-119.223
	0.3mφ	-128.556	-121.916	-119.031	-116.213
シングル に対する 加算値 dB		-	6.64	9.52	12.34

4-3-3 干渉評価

(1) STL/TTL/TSL

STL/TTL/TSLについては、134mの離隔距離があるが、都市部における伝搬損失、山間部での利用状況及びセンサー用途UWB無線システムが工場等の大きな敷地面積を有する場所での使用による自然離隔距離、屋内利用に限定することによる12dBの壁損を考慮すれば、共用可能と考える。

(2) FPU

屋外利用については、離隔距離が10.5mあるが、センサー用途UWB無線システムが工場等の大きな敷地面積を有する場所の屋内で利用することを考慮すれば、自然離隔距離や12dBの壁損が生じるため共用可能と考える。

屋内利用については、同一屋内で使用するケースがあることを考えれば、自然離隔距離や壁損については考慮できない。このため最大89.1m、稼働率5%を考慮しても27.5mの離隔距離が必要となる。しかし、センサー用途UWB無線システムについては、通信用途UWB無線システムのように個人が屋内に持ち込んで使用するものではなく、センサー用途UWB無線システムの使用建物内においてFPUを使用する場合は、使用者との事前調整を行うことが通例と考えられるため運用調整により共用可能である。

4-4 海上レーダー

海上レーダー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2-3参照)

4-4-1 海上レーダーの概要

海上レーダーの概要は表4-4-1のとおりである。平成17年度報告書に比べて、船舶高情報表示装置が今回新たに対象として加わっている。

表4-4-1 海上レーダーの概要

	無線システム名	周波数帯	UWB マスク値 (dBm/MHz)
1	港湾・漁場監視レーダー	9410MHz、9740 MHz	-41.3dBm
2	レーダービーコン	9300~9500MHz	-41.3dBm
3	船舶高情報表示装置	9410 MHz	-41.3dBm

4-4-2 干渉検討の結果

(1) 港湾・漁場監視レーダー

表4-4-2にシングルエントリー及びAggregateの検討結果を示す。

表4-4-2 港湾・漁場監視レーダーに対する干渉検討の結果

デバイス数/k m ²	必要離隔距離
シングルエントリー	92.1m
50	149.4m
100	211.1m
200	298.2m

実際は、軸方向利得修正や俯角が見込まれるため実運用時の離隔距離はさらに小さくなるものと考えられる。

また、Aggregateについては、1システム10セルであり、実質10デバイスを運用していることとなるため利用密度はさらに低くなることと考えられる。

(2) レーダービーコン

許容干渉レベルが-53dBm/MHzと高いことから離隔距離はおおよそ0mとなっており、共用可能である。

(3) 船舶高情報表示装置（Xバンド船舶レーダー）

海上レーダー同様、インパルス方式のUWB無線システムは、海上レーダーに対する近傍のものが影響を受けるため、シングルエントリーのみの結果から考察することとした。自由空間伝搬における離隔距離は、80.21mとなる。これにニアフィールドの利得減衰を考慮した場合は、表4-4-3のとおり77.7mとなる。

表4-4-3

離隔距離 $< 2L^2/\lambda$ の場合ニアフィールドのアンテナ利得を使用する。

L: アンテナ長、 λ : 波長

	ファーフィールド	ニアフィールド
$2L^2/\lambda$	203 m	
離隔距離	—	77.7 m

4-4-3 干渉評価

(1) 港湾・漁場監視レーダー

シングルエントリーについては、センサー用途 UWB 無線システムの自然離隔距離を考慮すれば共用可能と考えられる。

Aggregate については、自然離隔距離を考慮しても離隔距離が残る。しかし、インパルス方式であるセンサー用途 UWB 無線システムは対レーダーに対して、近傍の UWB 無線システムが一番影響を与えると考えられるため、シングルエントリーのみを考慮することとした。

また、平成 17 年度報告書から、ファーフィールドを考えた場合、12.8dB のマージンが得られること、UWB 無線システムの需要密度は平成 17 年度報告書の予測よりかなり低くなっていること、センサー用途 UWB 無線システムを海上レーダー近傍に設置する場合は、海上レーダーからの影響を避けるため、シールド対策等の干渉を回避する手段が施されるものと考えられることから、実運用時において海上レーダーに対する影響はさらに低くなると考えられる。

さらに、必要離隔距離内(92.1m)にセンサー用途 UWB 無線システムが設置される可能性は少ないことから共用可能である。

(2) 船舶高情報表示装置 (Xバンド船舶レーダー)

実運用時においては、軸方向利得修正や俯角が見込まれるため離隔距離はさらに小さくなると考えられる。また、センサー用途 UWB 無線システムにおいては、自然離隔距離を考慮すれば共用可能である。ただし、今後新たな問題等が想定される時には、再度 UWB 無線システムの出力電力の見直しが必要である。

4-4-4 共用条件

(1) 港湾・漁場監視レーダー

・インパルス方式の UWB 無線システムでは、レーダーに対する尖頭電力の影響が考えられることから、平成 17 年度報告書同様にパルス繰り返し周波数 PRF 10MHz 以上とすることが望まれる。その時の尖頭電力は-41.3dBm 以下であることが望ましい。

・更に確証を得るためには実証実験が必要と考える。また、今後新たな問題等が想定される時には、再度 UWB 無線システムの出力電力の見直しが必要である。

(2) 船舶高情報表示装置 (Xバンド船舶レーダー)

船舶にセンサー用途 UWB 無線システムが設置されることは通常想定されないが、万一の場合を考慮して、平成 17 年度報告書同様、船舶での使用を禁止することが適当である。その場合において、センサー用途 UWB 無線システムが搭載された機器には、屋内限定の注意書きやラベルを貼付の義務化が適当であると考えられる。

4-4-5 その他

干渉検討の対象とはならないが、今後、船舶用レーダーとして開発が進み市場導入が見込まれている FMICW レーダー（9400MHz）についても検討を行った。

シングルエントリーでの離隔距離は 26m であり、現在の X バンド船舶レーダーの 80.21m よりも小さいことから、X バンド船舶レーダーが共用可能であれば、陸上に設置されたとしても共用可能と考えられる。また、ニアフィールドの利得減衰を考慮した場合の離隔距離は 16m となる。

4-5 航空・気象レーダー

航空・気象レーダー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 2-4 参照）

4-5-1 航空・気象レーダーシステムの概要

7.25GHz を超え 10.25GHz 以下において使用される航空・気象レーダーシステムの概要を表 4-5-1 に示す。平成 17 年度報告書と比較して、空港に設置されている精測進入レーダー装置を新たに検討対象局としている。

表 4-5-1 航空・気象レーダーシステムの概要

	無線システム名	周波数帯 (MHz)	UWB マスク値
1	X バンド可搬型気象レーダー	9770、9810	-41.3dBm/MHz (注)
2	小型レーダー雨量計	9710~9790	-41.3dBm/MHz (注)
3	精測進入レーダー装置	9100	-41.3dBm/MHz
4	航空機搭載用気象レーダー (WXRDR)	9333.11 9354.69 から 9366.12 までの 1.27MHz 間隔の 周波数 10 波	-41.3dBm/MHz

注：平成 17 年度報告書同様、尖頭電力における UWB 無線システムからの干渉が懸念されることから、ワーストケースとして平均電力から 10dB 増加した -31.3dBm/MHz を尖頭電力値として離隔距離を算出した。

4-5-2 干渉検討の結果

(1) X バンド可搬型気象レーダー

・シングルエントリー

見通し伝搬におけるシングルエントリーにおける離隔距離は 126.4m である。

・Aggregate

米国 National Telecommunications and Information Administration (NTIA) において用いられた UWB Rings シミュレーションモデルに基づき、各システムにおいて必要とされる UWB 無線システムの離隔距離を平均電力密度により評価した。

(2) 小型レーダー雨量計

・シングルエントリー

見通し伝搬におけるシングルエントリーにおける離隔距離は 840.3m である。

- ・ Aggregate

NTIAにおいて用いられた UWB Ranges シミュレーションモデルに基づき、各システムにおいて必要とされる UWB 無線システムの離隔距離を平均電力密度により評価した。

(3) 精測進入レーダー装置

設置個所が全国で1箇所しかないこと、空港内に設置するものであることから、シングルエントリーのみ検討を行った結果、見通し伝搬におけるシングルエントリーにおける離隔距離は561mである。

(4) 航空機搭載用気象レーダー (WXRDR)

航空機搭載用気象レーダー (WX RDR) は航空機に搭載されたものであり、航空機に UWB 無線システムを搭載することは禁止されているため、今回の干渉検討では対象外である。

4-5-3 干渉評価

(1) Xバンド可搬型気象レーダー

- ・ シングルエントリー

レーダーの指向性、設置地上高 (3~13m)、周辺環境及び観測仰角を考慮すると、アンテナ指向方向の必要離隔距離内にセンサー用途 UWB 無線システムを使用する工場等の施設は存在しないと考えられるため、共用可能と考えられる。

- ・ Aggregate

- ・ 天頂観測用 X-band レーダー

干渉波レベルが最大となる仰角に設定した場合、許容される UWB 無線システムのアクティブデバイス数はシミュレーション結果より10デバイス/km²となる。UWB 無線システムの稼働率を5%とすると許容されるデバイス数は200デバイス/km²となり、想定される利用密度の最大である200デバイス/km²と同一の値となり、共用条件は満たすものとする。

- ・ 筑波無線標定移動局

干渉波レベルが最大となる仰角に設定した場合、許容される UWB 無線システムのアクティブデバイス数はシミュレーション結果より1,800デバイス/km²となる。UWB 無線システムの稼働率を5%とすると許容されるデバイス数は36,000デバイス/km²となり、想定される利用密度の最大である200デバイス/km²をはるかに超えるため、共用条件は満たすものとする。

両レーダーと UWB 無線システムとの離隔距離はシミュレーション条件から100mを確保する必要があるが、センサー用途 UWB 無線システムにおいては自然離隔距離が発生することから問題ないものと考えられる。

(2) 小型レーダー雨量計

- ・ シングルエントリー

レーダーのアンテナの狭指向性と設置周辺環境を考慮すると、アンテナ指向方向の必要離隔距離内に一般の家屋や大規模工場は存在しないと考えられるため、共用は可能と考えられる。

・ Aggregate

アンテナ設置高を 10～50m とした場合、許容される UWB 無線システムのアクティブデバイス数はシミュレーション結果よりそれぞれ 25～90 デバイス/km²となる。UWB 無線システムの稼働率を 5% とすると許容されるデバイス数は 500～1,800 となり、想定される利用密度の最大である 200 デバイス/km²を満足するため、共用条件は満たすものと考えられる。

(3) 精測進入レーダー装置

シングルエンタリーの検討結果においては離隔距離が生じるものの、当該レーダーは数百メートルの滑走路方向にメインビームを向けているものであり、メインビーム方向以外は空中線パターンにおいて減衰することとなる。これらの範囲に、UWB 無線システムを設置する一般の家屋や大規模工場は存在しないと考えられるため、共用可能であると考えられる。

4-5-4 共用条件

センサー用途 UWB 無線システムが航空機に設置されることは通常想定されないが、万一の場合を考慮して、航空機での使用を禁止することが適当である。その場合において、センサー用途 UWB 無線システムが搭載された機器には、屋内限定の注意書きやラベルを貼付の義務化が適当であると考ええる。

4-6 衛星

衛星局・地球局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 2-5)

4-6-1 衛星局・地球局との概要と使用状況

以下の無線局について検討を行った。

- ・ 移動衛星業務地球局
- ・ 宇宙研究業務地球局
- ・ 地球探査衛星業務(宇宙から地球)地球局
- ・ 地球探査衛星業務(受動)人工衛星局
- ・ 地球探査衛星業務(能動)人工衛星局 (参考)

各システムの概要と使用状況を以下に示す。

(1) 移動衛星業務地球局

利用形態による分類	移動衛星業務
使用する周波数帯	7250～7375MHz (ダウンリンク) 及び 7900～8025MHz (アップリンク)
許容干渉レベル	-133.8dBm/MHz
利用状況	・ 運用局数：数百局 ・ 移動範囲：全国

	・用途：主に屋外で利用し、公道など移動中も利用、上述周波数内にて不特定
--	-------------------------------------

(2) 宇宙研究業務地球局

利用形態による分類	宇宙研究業務
使用する周波数帯	8400～8450MHz（ダウンリンク：SRS 深宇宙） 8450～8500MHz（ダウンリンク：SRS）
許容干渉レベル	① -221 dB(W/Hz) 時間率 0.001% (Rec. ITU-R . SA 1157) ② -216 dB(W/Hz) 時間率 0.1%（無人ミッション） 時間率 0.001%（有人ミッション） (Rec. ITU-R SA. 609)
利用状況	・運用局数（国内のみの局数）：下記のとおり ・展開範囲（国内 JAXA 局のみ記載）：内之浦（鹿児島県）、臼田（長野県）、勝浦（整備予定） ・用途：SRS 衛星が地球局の可視域にいる時間帯にのみ地球局に向けてテレメトリ・観測データの送信を行う。

(3) 地球探査衛星業務(宇宙から地球)地球局

利用形態による分類	地球探査衛星業務
使用する周波数帯	8025～8400MHz（ダウンリンク）
許容干渉レベル	（ダウンリンク：地球局の保護基準） -148dBW per 10MHz 時間率 20%（長期間） -133dBW per 10MHz 時間率 0.0050%（短期間） ※Rec. ITU-R SA. 1027 上述周波数内にて不特定
利用状況	・運用局数（国内のみの局数）：十数局 ・設置形態：固定地点設置及び可搬移動設置 ・国内 JAXA 局の展開例：勝浦、鳩山、つくば ・用途：地球観測衛星が地球局の可視域にいる時間帯にのみ地球局に向けて観測データの送信を行う。

他の地球探査衛星業務無線局（ASNARO シリーズ）

・データ送信用人工衛星局の諸元

利用形態による分類	地球探査衛星業務
使用する周波数帯	8025～8400MHz（ダウンリンク）
利用状況	地球観測衛星が受信地球局の可視域にいる時間帯のみ、地球局に向けて観測データの送信を行う。
軌道高度	504km

・データ受信地球局の諸元

利用形態による分類	地球探査衛星業務
受信周波数	8025～8400MHz（ダウンリンク）

許容干渉レベル	(受信地球局の保護基準、Rec. ITU-R SA. 1027) -148dBW per 10MHz 時間率 20% (長期間) -133dBW per 10MHz 時間率 0.0050% (短期間)
利用状況	・運用局数 (日本国内の局数) : 十数局 (固定地点の受信局が数局程度、移動可能な受信局が数局程度) ・地球観測衛星が地球局の可視域にいる時間帯のみ、地球局に向けて観測データの送受信を行う。

(4) 地球探査衛星業務(受動)人工衛星局

利用形態による分類	地球探査衛星 (受動) 衛星搭載型マイクロ波放射計
使用する周波数帯 (p: 1次で能動と共用、P: 1次で受動と共用、s: 2次)	6.425-7.25GHz 10.6-10.7GHz (10.6-10.68p, 10.68-10.7P)
干渉許容レベル	-172dBm/MHz (6.9GHz 帯) -176dBm/MHz (10.7GHz 帯)
軌道高度 (typical として前回値)	700km

(5) 地球探査衛星業務 (能動) 人工衛星局 (参考)

ASNAR02 SAR 人工衛星局の諸元

利用形態による分類	地球探査衛星 (能動)、 衛星搭載型合成開口レーダー
使用する周波数帯	9.50-9.80GHz
干渉許容レベル (受信レーダー信号の保護基準)	-75 dBm/MHz (アンテナ出力端)
軌道高度	504km

4-6-2 干渉検討の結果

(1) 移動衛星業務地球局

今回、センサーUWB無線システムの導入に関わらず、UWB無線システムが移動衛星業務地球局に近接した場合、干渉を引き起こす可能性に変わりはない。平成17年度報告書において、移動衛星業務地球局が移動して通信している状態で、常にUWB無線システムが近接している状況を想定した1対1のモデルを検討しており、共用の困難性が示されている。ただし、利用密度が上がらなければ、影響を受ける確率は低いことは認識されており、実運用において影響がある場合は、見直しを行うことで合意している。

(2) 宇宙研究業務地球局

宇宙研究業務においては、宇宙研究業務地球局のアンテナの最小仰角を5degとして、簡易な地形モデルにおいて離隔距離を評価したが、見通し外からの屈折伝搬等の直接伝搬以外の伝搬モードでの影響が地形やUWBシステム設置場所によって影響を受けることが判明し、また、解析条件を簡易にしていることも踏まえ、一概に離

隔距離を示す事は困難であった。なお、評価では UWB の複数セル（非同期）の送信が重なる確率が小さいことからシングルエントリーのみを評価の対象とした。また、宇宙研究業務のシステム特性から、当該周波数帯域における単位 Hz あたりの干渉電力が評価の対象となり、尖頭電力マスク値ベース、および UWB システム実機の実測ベースによる電力を考慮した検討を行った結果、両者共に大きな離隔距離が必要となる計算結果となったが（概ね宇宙研究業務地球局からの見通し距離が調整距離となる結果）、尖頭電力マスク値を電力のベースとするのは非現実的であるとの意見、実測ベースではマスク値ベースと比較すると大きく緩和されるがなおスペアナによる測定値が宇宙研究業務の受信機を模擬した計測になっていないことへの疑義が残り、一概に離隔距離を示すことは困難であった。

(3) 地球探査衛星業務(宇宙から地球)地球局

シングルエントリーの場合の計算結果は 160m であり、干渉の生じる範囲は、一般に工場構内に留まると考えられる。また、4 台のセンサー用途 UWB 無線システムからの電力を同時に受ける状況を Aggregate 干渉と見なすと、最小離隔距離は次のように 2 倍の 320m になり、依然として工場敷地内に留まると考えられる。

参考情報であるが、Rec. ITU-R SA. 1027 に規定された時間率を勘案すると、さらに被干渉を許容でき、対応する所要離隔距離を試算すると、シングルエントリーの場合 28.5m、Aggregate の場合 56.9m になる。

(4) 地球探査衛星業務(受動)

シングルエントリーによる離隔距離は 12.2km となり、軌道高度 700km より小さい。

また、Aggregate については、6.9GHz 帯の放射計の視野面積は 2,553 km²に基づいた離隔距離を求めると 1,939km となって軌道高度 700km を上回る。

しかし、6.9GHz 帯の放射計の視野面積 2,553 km²は、神奈川県面積 2,416km²より大きな値であり、そのような広いエリアに最大密度でセンサー用途 UWB 無線システムが普及することを想定することは過大評価になる。例えば神奈川県内における工業地帯の面積に相当する割合などの現状を勘案するなどして、同時稼働台数を 10 分の 1 に緩和すると、離隔距離は 613km となり、軌道高度 700km を下回り、共用可能と考えられる。

(5) 地球探査衛星業務(能動)人工衛星局 (参考)

地球探査衛星業務(能動)人工衛星局に関して、シングルエントリーの最小離隔距離を計算すると 6m となり、軌道高度 504km に比較して非常に小さい値となる。

また、地表面上レーダー視野面積 150km²において、最悪普及状態の最大普及率 200/km²、同時稼働率 5% に基づく、Aggregate の最小離隔距離を計算すると 234m になり、軌道高度 504km に比較して十分小さい。

4-6-3 干渉評価

(1) 移動衛星業務地球局

1対1においては干渉があるものの、利用密度が平成17年度報告書の検討状況を踏まえ、被干渉側と共用条件について検討した結果は以下のとおり。

- ・UWB無線システムが導入されてから干渉を受けている実態はないこと。
- ・センサー用途UWB無線システムはある程度使用場所が限定されており、通信用途に比べて実運用時の干渉確率は低くなること。
- ・UWB無線システムの利用密度が当初よりかなり低くなっていること。

以上から、平成17年度報告書にある「UWB無線システムが当該陸上地球局に有害な混信を及ぼすことが明らかになった場合には、速やかに技術的条件の見直しを行うこととし、UWB無線システムの製造業者等においては、混信の除去に積極的に対応することが必要である。」との条件において共用可能である。ただし、需要が予測より伸びる場合は、再度共用条件を見直す必要がある。

(2) 宇宙研究業務地球局

平成17年度報告書の検討状況、および利用密度の予測等から、UWBと宇宙研究業務との共用条件について検討した結論は以下のとおりである。

- ・UWB無線システムが導入されてから現在まで宇宙研究業務に干渉を受けている実態は認められないこと。
- ・センサー用途UWB無線システムはある程度使用場所が限定されること。
- ・UWB無線システムの利用密度が当初よりかなり低くなっていること。

以上から、「UWB無線システムが宇宙研究業務地球局に有害な混信を及ぼすことが明らかになった場合には、速やかに技術的条件の見直しを行うこととし、UWB無線システムの製造業者等においては、混信の除去に積極的に対応することが必要である。」との条件において共用可能である。ただし、需要が予測より伸びる場合は、再度共用条件を見直す必要がある。

(3) 地球探査衛星業務(宇宙から地球)地球局

UWB無線システムが導入されてから、明確に通信用途UWB無線システムから干渉を受けている実態はない模様であり、センサー用途UWB無線システムは、通信用途UWB無線システムより使用場所が限定されると予想されるため、通信用途UWB無線システムに比べて実運用時の干渉確率は低くなること、さらに、UWB無線システムの利用密度が当初よりかなり低くなっていることもあり、被干渉の可能性は緩和される方向である。

従って、地球探査衛星業務(宇宙から地球)地球局が、センサー用途UWB無線システムから受ける可能性のある被干渉は、許容できると考えられ、共用可能と判断できる。

(4) 地球探査衛星業務(受動)

センサー用途UWB無線システムはある程度使用場所が限定され、通信用途に比べて実運用時の干渉確率は低くなること、UWB無線システムの利用密度が当初よりかなり低くな

っていることから、UWB デバイスが普及予測を超えない条件において共用可能と考えられるが、最悪普及シナリオが成立すると、有害な干渉が予想されることから、需要が予測より伸びる場合は、再度共用条件を見直す必要がある。

(5) 地球探査衛星業務(能動)人工衛星局 (参考)

UWB 無線システムの利用密度が当初よりかなり低くなっていることなども勘案すると、前提となる普及予測に基づけば、地球探査衛星業務(能動)人工衛星局が、センサー用途 UWB 無線システムから受ける可能性のある干渉は許容できるものと考えられ、共用可能と判断できる。

4-7 アマチュア無線

アマチュア無線局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 2-6 参照)

4-7-1 アマチュア無線局の概要と使用状況

7.25GHz を超え 10.25GHz 以下において使用される使用されるアマチュア無線は表 4-6-1 のとおりである。

表 4-6-1 検討周波数帯におけるアマチュア無線局の概要と使用状況

周波数 (MHz)	局数 (局)
10.1GHz 帯(10~10.25GHz)	1517

平成 24 年 6 月末現在

4-7-2 干渉評価

センサー用途 UWB 無線システムの干渉検討条件は通信用途 UWB 無線システムの干渉検討条件と同様であり、アマチュア無線の環境も特段変わっていない。このことから現時点の UWB 無線システムの使用環境を考慮した場合、

- ・センサー用途 UWB 無線システムの普及予測と見直しを行った通信用途 UWB 無線システムの普及予測を合算しても、既答申の普及予測と比べて非常に低い。
- ・UWB 無線システムの使用が従来どおり屋内限定であれば、アマチュア無線に対し干渉により重大な影響が発生する確率は低いと考えられる。

以上から、平成 17 年度報告書における以下の共用条件を付した上で共用可能と考えられる。

4-7-3 共用条件

将来、UWB 無線システムの屋外設置など利用状況が変化した場合には、その状況に応じた伝搬モデルや Rec. ITU-R SM. 1757 に示されている評価パラメータ等を考慮した再検討が必要と考える。

4-8 電波天文

センサー用途 UWB 無線システムと電波天文及び測地 VLBI 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 2-7 参照)

4-8-1 電波天文・測地 VLBI の概要と使用状況

(1) 電波天文観測

周波数 (MHz)	局数 (局)	備考 (運用形態などの特記事項)
10640 - 10660	1	早稲田大学西早稲田 2.4mφ x 8 x 8 (台)

(2) 測地 VLBI 観測

周波数 (MHz)	局数 (局)	備考 (運用形態などの特記事項)
8180 - 8980	1	国土地理院 新十津川 3.8m
7780 - 8980	1	国土地理院 つくば 32m
7780 - 8580	1	国土地理院 始良 10m
7780 - 8580	1	国土地理院 父島 10m
(2000 - 14000)	1	国土地理院 石岡 13.2m*
7860 - 9080	1	NICT 鹿島 34m
7860 - 8680	1	NICT 小金井 11m
8100 - 9000	1	国立天文台 水沢 20m
8100 - 9000	1	国立天文台 入来 20m
8100 - 9000	1	国立天文台 小笠原〔父島〕 20m
8100 - 9000	1	国立天文台 石垣島 20m

* 次世代型として現在建設中。この周波数帯のうち、1GHz幅を4チャンネル選択することを計画(9~10GHz帯が有力候補)。干渉検討条件は同じ。

4-8-2 干渉検討の結果

(1) シングルエントリーの計算

・電波天文観測計算条件及び計算結果

空中線電力	-85dBm/MHz (平均空中線電力)
空中線利得	0dBi
壁 損	12dB
稼働率	5%
許容干渉レベルの算出	ITU-R 勧告 RA.769 に基づく値 (別紙)
計算結果	電波天文観測 126.1m

・測地 VLBI 観測計算条件及び計算結果

干渉検討にあたっては、鹿島局を選出して検討を行った。

空中線電力	-41.3dBm/MHz (平均空中線電力)
空中線利得	0dBi
壁 損	12dB
稼働率	5%
許容干渉レベルの算出	ITU-R 勧告 RA.769 に基づく許容干渉値レベル (別紙) + 受

	信感度+アンテナ利得-給電線損失=-150dBm/MHz
計算結果	測地 VLBI 観測 192.1m

(2) Aggregate の計算

工場敷地面積 20,000 m²より工場敷地 1 辺は 141.4m、工場建屋面積 6,000 m²より工場建屋の 1 辺は 77.5m。工場が工場敷地の中央に建てられたとすると、工場周囲には 32m の自然離隔距離が発生する。

	シングル	モデル1	モデル2-1	モデル2-2
	n=1セル	n=10セル	n=10セル	n=10セル
鹿島(8.5GHz)	192.1m	575.5m	533.0m	533.8m
早稲田(10.25GHz)	126.1m	366.7m	325.2m	325.8m

4-8-3 干渉評価

電波天文に対する影響としては、Aggregate の条件が一番厳しく、このようなケースに該当するかどうかを個別の設置局において検討することとした。

(1) 電波天文観測

干渉対象無線局としては早稲田局のみであり、必要離隔距離内にセンサー用途 UWB 無線システムを設置する 20,000 m²規模の敷地面積を持った工場等は半径 300m 内には存在しない。

(2) 測地 VLBI 観測

干渉対象無線局としては 12 箇所の測地 VLBI 観測局であるが、必要離隔距離内にセンサー用途 UWB 無線システムを設置する 20,000 m²規模の敷地面積を持った工場等は半径 500m 内には存在しない。また、UWB 無線システムの尖頭電力が測地 VLBI 観測の受信機初段アンプに与える影響について、アンプの飽和を回避できるか否かの検討を行った。結果、上記の離隔距離が確保できれば、尖頭電力についても特段の影響はないことが確認された

4-8-4 共用条件

電波天文観測及び測地 VLBI 観測ともセンサー用途 UWB 無線システムが影響を与えることはないため共用可能である。

測地 VLBI 観測については法第 56 条に該当する保護対象受信設備ではないが、世界的

に共有して測地観測を行っている関係から、影響を考慮して UWB 無線システムとの干渉状況を検討したものである。この趣旨に基づき、UWB 無線システムの販売者及び利用者においては、参考資料 2-7 Appendix に示した測地 VLBI 観測に対する影響を十分考慮して UWB 無線システムを設置することを求めることとする。

勧告 ITU-R RA. 769 に基づく干渉閾値

周波数 (MHz)	干渉閾 spfd 値 (dBW/m ² /Hz)	干渉閾値 (dBm/MHz)
1330-1400	-239 ^{*1} , -255 ^{*2}	-189.2
1400-1427	-239 ^{*1} , -255 ^{*2}	-189.5
1610.6-1613.8	-238 ^{*1}	-173.6
1660-1670	-237 ^{*1} , -251 ^{*2}	-186.9
1718.8-1722.2	-237 ^{*1}	-173.2
2655-2690	-247 ^{*2}	-187.0
2690-2700	-247 ^{*2}	-187.1
3260-3267	-230 ^{*1}	-171.8
3332-3339	-230 ^{*1}	-172.0
3345.8-3352.5	-230 ^{*1}	-172.0
4800-4990	-230 ^{*1} , -241 ^{*2}	-186.3
4990-5000	-241 ^{*2}	-186.5
10600-10700	-240	-192.0

*1: スペクトル線観測、*2: 連続波観測

spfd: spectral power flux density

第5章 UWB 無線システムの干渉軽減機能

5-1 諸外国の干渉軽減機能の状況

(1) 米国

米国において干渉軽減機能は不要となっている。

(2) 欧州

2010年10月に ETSI EN 302 065 V1.2.1 が発行され、3.1-4.8GHz の周波数について、2011年以降は干渉軽減機能を備えることが必須となっている。内容としては DAA と LDC に限定されている。最大送信平均電力密度 $-41.3\text{dBm/MHz mean (0dBm/50MHz peak)}$ に対して、DAA 及び LDC の干渉軽減動作に関する条件等は下記のとおり。

【DAA】

レーダー(Radiolocation systems)と BWA(Broadband Wireless Access)に対する DAA の標準規格が策定されている。DAA は Zone の考え方が導入されており、UWB 無線システムと被干渉システム間の距離(実際には受信パワー)に応じて複数のゾーンが、被干渉システム毎に定められている。この Zone にリンクして UWB 無線システムの動作モードとして NIM(Non Interference Mode、送信電力を低下して非干渉モードで動作)と non-NIM(最大許容放射電力で動作するモード)の動作内容が定義されている。また、検知時間(Minimum Initial channel availability Check time)や検知確率(Detection probability)等が定められている。下表は被干渉システムに最も近い Zone1 での信号検知閾値と干渉軽減時の送信電力である。

Victim Service	Band	Signal detection threshold (Zone1)	Avoidance Level NIM(Non Interference Mode)
S-band Radiolocation	3.1-3.4GHz	-38dBm (Peak Detector)	-70dBm/MHz mean, -36dBm/50MHz peak
BWA	3.4-3.8GHz	-38dBm (UL 信号)	-80dBm/MHz mean, -40dBm/50MHz peak
X-Band Radiolocation	8.5-9GHz	-61dBm (Peak Detector)	-65dBm/MHz mean, -25dBm/50MHz peak

【LDC】

被干渉システムに関わらず、最大送信 ON 時間、最小送信 OFF 時間、送信 OFF の合計時間、送信 ON の合計時間が一律に決められている。

LDC parameter	Value
Maximum Tx on	$\leq 5\text{ms}$
Minimum mean Tx off*1	$\geq 38\text{ms}$ (mean value averaged over one (1) second)
Accumulated minimum Tx off (Σ Tx off)	$\geq 950\text{ms}$ in one (1) second
Maximum accumulated transmission time(Σ Tx on)	18s in one (1) hour

(3) 中国

3.6-6.0GHz 帯において DAA が必要。4.2-4.8GHz 帯においては 2010 年末まで DAA は免除となっていたが、2010 年 12 月 24 日 工信部无〔2010〕641 号により 2013 年 12 月 31 日まで延長されて、-41dBm/MHz の使用が認められている。2014 年 1 月 1 日より DAA が無い場合の送信電力密度は-70dBm/MHz に制限される。また、干渉軽減機能の技術的条件は別に制定される。

(4) 韓国

3.1-4.8GHz において、DAA が必要。4.2-4.8GHz においては 2010 年 6 月まで DAA は免除となっていたが、現在、2016 年 12 月末まで延長されている。

3.1-4.8GHz における DAA として以下のいずれかを用いることができる。

- ・送信 e. i. r. p. 密度は-70dBm/MHz 以下
- ・送信間隔 5ms に対して停止間隔は 1 秒以上
- ・-80dBm/MHz 以上の被干渉信号を検出したら、2 秒以内に送信 e. i. r. p. 密度を -70dBm/MHz 以下に落とす。
- ・-80dBm/MHz 以上の被干渉信号を検出したら、2 秒以上回避する。

5-2 第 4 世代移動通信システムとの干渉検討

5-2-1 第 4 世代移動通信システムの概要

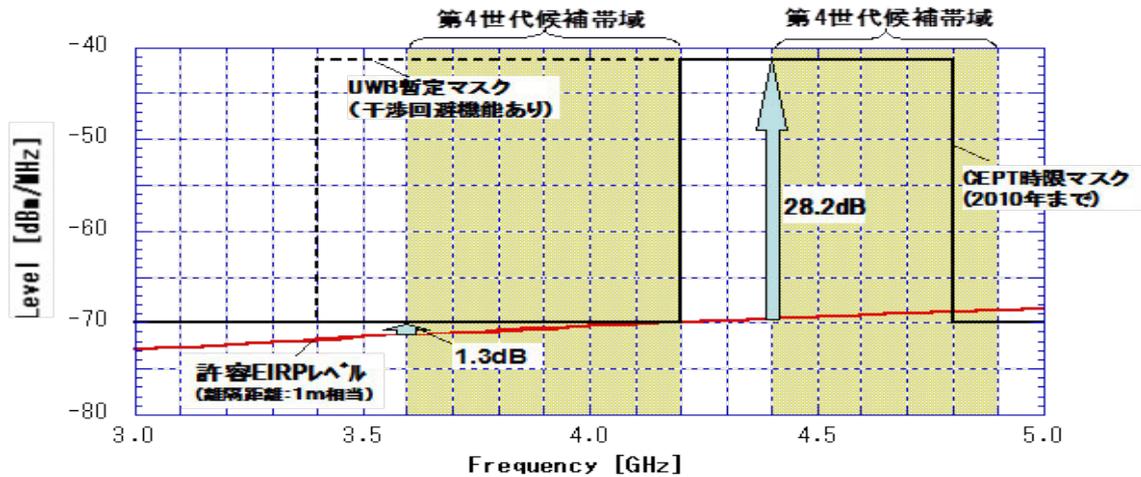
第 4 世代移動通信システムについては、第 3 世代移動通信システムの標準化が一段落した 2000 年にシステム概念の検討が開始され、WRC-07 において 3,400-3,600MHz、2,300-2,400MHz、698-806MHz 及び 450-470MHz の合計 428MHz 帯を IMT 帯として特定することが脚注合意でなされた。さらに WRC-15 において移動業務としての周波数帯の追加分配あるいは IMT 用に追加特定について議題 1.1 で議論される。そのため、追加周波数帯がローバンドと重複した場合を想定して、3.4-3.6GHz 帯における第 4 世代移動通信システムの諸元を基に、周波数を 4.4GHz として干渉検討を行った。

5-2-2 過去の UWB と第 4 移動通信システムとの干渉検討

○算定条件

UWB 端末数	1
UWB-移動局間距離	1 m
想定システム	IMT-2000 (W-CDMA)
移動局許容干渉レベル	kTBF-10dB (= -114.8dBm/MHz)
伝搬損	自由空間損
移動局アンテナ	オムニ (0dBi)

○携帯電話システムと共用可能な UWB の送信 e. i. r. p レベル(許容 e. i. r. p レベル)の計算結果



5-2-3 干渉検討の条件

第4世代移動通信システムとの干渉検討においては、シングルエントリー(single-entry interference)での離隔距離を算出した。UWB側の平均電力は-41.3dBm/MHzとする。なおモンテカルロシミュレーションについては、被干渉側から、第4世代移動通信システムは屋内利用がメインであるため、シングルエントリーの結果をもって評価することが適当であるという意見があったため、実施していない。

5-2-4 検討対象システム及び諸元

今回の干渉検討で対象としたシステム及びその諸元は下記のとおり。

無線システム名: IMT-Advanced(基地局)

受信周波数帯	3.4-3.6GHz 帯
空中線利得	17dBi ^{注1}
給電線損失	5dB ^{注1}
許容干渉電力	-128.9dBm/MHz (I/N=-20dB) ^{注2}

無線システム名: IMT-Advanced(陸上移動局)

受信周波数帯	3.4-3.6GHz 帯
空中線利得	0dBi ^{注1}
給電線損失	0dB ^{注1}
許容干渉電力	-114.8dBm/MHz (I/N=-10dB) ^{注2}

無線システム名: IMT-Advanced(陸上移動中継局(屋外))

陸上移動局対向器

受信周波数帯	3.4-3.6GHz 帯
空中線利得	11dBi ^{注1}
給電線損失	8dB ^{注1}
許容干渉電力	-128.9dBm/MHz (I/N=-20dB) ^{注2}

無線システム名：IMT-Advanced(陸上移動中継局(屋内))

陸上移動局対向器

受信周波数帯	3.4-3.6GHz 帯
空中線利得	0 dBi ^{注1}
給電線損失	0 dB ^{注1}
許容干渉電力	-128.9dBm/MHz (I/N=-20dB) ^{注2}

無線システム名：IMT-Advanced(小電力レピータ)

陸上移動局対向器

受信周波数帯	3.4-3.6GHz 帯
空中線利得	0 dBi ^{注1}
給電線損失	0 dB ^{注1}
許容干渉電力	-128.9dBm/MHz (I/N=-20dB) ^{注2}

注1：平成24～25年度第4世代情通審のパラメータを踏襲

注2：平成17年度UWB情通審の許容干渉電力の考え方を踏襲

5-2-5 干渉検討結果

UWBの出力を-41.3dBm/MHzとした場合の検討結果は下記のとおりである。

システム名	離隔距離
IMT-Advanced(基地局)	130.2[m] ^注
IMT-Advanced(陸上移動局)	25.7[m]
IMT-Advanced(陸上移動中継局(屋外))	46.2[m] ^注
IMT-Advanced(陸上移動中継局(屋内))	130.2[m]
IMT-Advanced(小電力レピータ)	130.2[m]

注：壁による減衰12dBあり

5-2-6 結果に対する見解

過去の干渉検討の結果から、UWBの出力を-70dBm/MHzとすれば、携帯電話(陸上移動局)システムと共用可能なUWBの許容e.i.r.pレベルとの差分は最大でも約1.3dB程度となり、他の付加的な損失等を加味することで、携帯電話とUWBデバイスの同一屋内における共用が可能であると認められる。また、屋内の陸上移動中継局と小電力レピータは、天井等の屋内の高い位置に配置されることが多く、UWBデバイスとの離隔距離が確保されることから、UWBの出力を-70dBm/MHzとすれば、同一屋内における共用が可能であると認められる。

一方、UWBの出力を-41.3dBm/MHzとした場合、携帯電話システムと共用可能となるUWBの許容e.i.r.pを約28.2dB程度超えることとなり、かつ5-2-5の干渉検討結果にあるように、共用には大きな離隔距離が必要となる。以上を勘案すると、現行規定に基づいた実運用において、本離隔距離の担保は困難と考えられることから、共用にあたっては干渉軽減機能が必須であると考えられる。

第6章 UWB 無線システムの新たな利用に向けた技術的条件

第5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。

6-1 センサー用途 UWB 無線システムの技術的条件

6-1-1 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

センサー用途 UWB 無線システムの使用周波数帯については、7250MHz から 10250MHz 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、使用周波数帯において 1MHz あたりの最大となる平均電力及び尖頭電力について表 6-1 を満たすことが適当である。

表 6-1 空中線電力

周波数帯 (MHz)	平均電力	尖頭電力
7250~10250	-41.3 dBm/MHz 以下	0dBm/50MHz 以下

(4) 空中線の利得

空中線の利得は、0 dBi 以下とする。

ただし、等価等方輻射電力が利得 0dBi の空中線に使用周波数帯の空中線電力を加えたときの値以下となる場合は、その低下分を空中線の利得で補うことができるものとする。

(5) 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。

(6) 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。

(7) 送信速度

送信速度は特段設定しないものとする。

(8) 通信制御

- ① UWB 無線システムの無線設備は、新たな送信に先立ち、周囲の UWB 無線システムの無線設備の識別信号の確認を実行した後、送信を開始すること。
- ② 周囲の UWB 無線システムの無線設備の識別信号の検出が行われなかった場合に、UWB 無線システムの無線設備は識別信号の発射を可能とする。

(9) 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、他の無線局にその運用を阻害するような混信その他の妨害を与えないように運用することができるものであること。

(10) 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。

(11) 運用制限

屋内利用に限定し、6-3 の考え方をセンサー用途 UWB 無線システムにも適用する。なお、以下に述べる方法により、屋内利用が担保される。

- ① UWB 無線システムを搭載した機器の見やすいところに、UWB 無線システムの利用は屋内に限定する旨の注意書きを表示することにより、屋内利用は担保される。
- ② 電波干渉を事前に防止するために、取扱説明書、カタログ、パンフレット、ホームページ等で屋内利用である旨を利用者に注意喚起するなど、広報による事前防止方策について誠意をもって対応することにより、屋内利用は担保される。

(12) 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。

(13) 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 3 参照)

(14) 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。

6-1-2 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 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、センサー用途 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、3000MHz 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、センサー用途 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 6-2 のとおりとする。

表 6-2 不要発射の強度の許容値

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 以上	-70.0dBm/MHz 以下	-64.0dBm/MHz 以下
10600~10700	-85.0dBm/MHz 以下	-79.0dBm/MHz 以下
11700~12750		

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 空中線電力の許容偏差

次のとおりとすることが適当である。
上限 +20%の範囲であること。

オ 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、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。

6-1-3 測定方法

センサー用途 UWB 無線システムの主要な変調方式は、パルス変調方式、オンオフ変調方

式であり、通信用途 UWB 無線システム導入の際に検討された方式に含まれている。また、新たな測定器による測定方法が確立されてきているが、UWB 無線システムのような超広帯域な周波数の測定、かつ、パルスのような ns あたりの信号を測定するとなった場合、画一的に信頼できる測定方法の進展はあまりみられない。したがって、測定方法については、以下に示す平成 17 年度報告書の内容を踏襲する。

(平成 17 年度報告書より抜粋)

(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 1ms 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 3 MHz 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。この値に換算値として 24.4dB（50MHz 当たり尖頭電力 = $20 \log (50\text{MHz} / \text{測定に用いた分解能帯域幅} (3\text{MHz}))$ ）で換算した値を加算し測定値とする。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。

イ 空中線端子無しの場合

測定距離 3m 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 3m 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。

6-1-4 将来の技術的条件の見直し等

平成 17 年度報告書において、現行の通信用途 UWB 無線システムについて、その普及状況によっては、既存無線システムの中に、干渉が懸念される無線システムもあるとされている。センサー用途 UWB 無線システムも同様のことが言え、また一つの地域に集中して UWB デバイスが配置されるため、設置条件によっては干渉の懸念が指摘されている。したがって、センサー用途 UWB 無線システムが導入された後においても、実環境における他の無線システムへの影響評価について引き続き検討を行うこととし、UWB 無線システムの普及状況、影響評価の結果及び国際動向を踏まえ、3 年毎に普及状況を把握して、必要に応じて技術的条件の見直しを行うことが適当である。加えて、UWB 無線システムの製造業者等においては、UWB 無線システムが他の無線システムの運用に支障を与えることとなった場合には、混信の除去に積極的に対応することが必要である。

また、今後の WRC 等における、新たな国際周波数分配の動向を注視しつつ、国際協調の観点から、必要に応じ技術的条件の見直しを行うこととする。

6-2 UWB 無線システムの干渉軽減機能の技術的条件

6-2-1 対象とする干渉軽減機能

DAA (Detect and Avoid) 及び LDC (Low Duty Cycle)

6-2-2 対象周波数帯

4.2-4.8GHz 帯とする。3.4-4.2GHz 帯については、具体的な UWB 無線システムの仕様の提案があり次第速やかに検討することとする。

6-2-3 DAA

(1) 概要

DAA は、他の無線システムの信号を検知した場合、そのシステムに干渉を与えないよう規定レベルまで UWB の送信電力を下げる技術である。第 4 世代移動通信システムの検知においては、基地局が送信し、端末がセルサーチを行う際に利用する Synchronization signal (※) を検知の判定に用いる。

※Chap. 6.11, 3GPP TS 36.211, <http://www.3gpp.org/ftp/Specs/html-info/36211.htm>

(2) 信号検知閾値

第 4 世代移動通信システムの基地局から発射される Synchronization signal に対して、

圏外判定閾値 $([-130\text{dBm}/150\text{kHz}]) - (\text{補正項 1}) - (\text{補正項 2})$

を閾値とする。

補正項 1: 携帯基地局と携帯移動局間の伝搬路が見通し状態であり、携帯基地局と UWB 端末間が見通し状態でない場合を考慮し、決定される係数。シャドウイング損失、屋内進入損失に相当する補正項

補正項 2: UWB 端末(制御装置)が携帯基地局の信号を検出し、送信可能な電力を決定し、UWB 端末(子機)は UWB 端末(制御装置)の制御に従い送信電力を制御する場合、携帯基地局信号の測定点と UWB 端末制御装置-子機間の離隔距離に相当する閾値の差分に関する補正項

なお、補正項の値については、実証実験等をふまえて決定するものとする。

(3) 低減レベル

UWB からの送信レベルを $-70\text{dBm}/\text{MHz}$ まで低減すれば、IMT-Advanced 無線局の許容干渉レベルを下回ることから、上記閾値のレベルを超える信号を検知した場合、UWB からの輻射レベルを $-70\text{dBm}/\text{MHz}$ まで落とすこととする。

(4) 動作メカニズム

a. UWB 端末が電波を発射する前

- ・ 閾値以上の信号の有無を検出する
- ・ 検出時間は $[5]\text{s}$ 以上とする
- ・ 検出確率は $[99]\%$ 以上とする
- ・ 検出レベルは検出時間内の最大値とする
- ・ 閾値以上の信号を検出できなかった場合は $-41.3\text{dBm}/\text{MHz}$ で運用する
- ・ 閾値以上の信号を検出した場合は $-70\text{dBm}/\text{MHz}$ で運用する

b. UWB 端末が電波を発射している間

- ・ $[60]\text{s}$ に 1 回以上の間隔で閾値以上の信号の有無を検出する
- ・ 検出時間は $[1]\text{s}$ 以上とする
- ・ 検出確率は $[95]\%$ 以上とする
- ・ 検出レベルは検出時間内の最大値とする
- ・ 閾値以上の信号を検出できなかった場合は $-41.3\text{dBm}/\text{MHz}$ で運用する
- ・ 閾値以上の信号を検出した場合は $-70\text{dBm}/\text{MHz}$ で運用する

※[]内は仮の値であり今後実証実験において検証の上、適正な値を求めていくこととする。

6-2-4 LDC

LDCは、電波の休止時間に比べて、電波の発射時間を極めて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である。そのため、短いフレーム単位で周波数利用を行う第4世代移動通信システムとは、十分な検証が必要であるが、現段階におけるパラメータ案として、欧州規格 ETSI EN 302 065 V. 1. 2. 1 を次のとおり参考として示す。

【パラメータ】

- ・送信時間 T_{on} の最大値は 5ms 以下
- ・休止時間 T_{off} の平均値は 1 秒につき 38ms 以上
- ・休止時間 T_{off} の合計値は 1 秒につき 950ms 以上

6-2-5 留意事項

UWB デバイスに実装する干渉軽減機能は、DAA を推奨し、優先的に技術検討を行うこととする。また LDC の検討にあたっては、第4世代移動通信システムとの共用に十分な検証を行うこととする。なお、4.2-4.8GHz における第4世代携帯電話の導入時期はまだ確定していないことから、将来 4.2-4.8GHz に追加分配が決定し、第4世代移動通信システムの技術的条件が確定した時点で、LDC の技術的条件の見直しをサービス開始期日までに行うこととする。

6-3 通信用途 UWB 無線システムの運用制限の見直し

6-3-1 現状

平成 17 年度報告書において、通信用途 UWB 無線システムの運用は屋内利用に限定するとされており、以下に述べる方法により、屋内利用を担保している。

- ① ホストの役割を果たす UWB 無線システムを搭載した機器は、交流電源に接続されている必要がある。

また、クライアントの役割を果たす UWB 無線システムを搭載した周辺機器は、交流電源に接続されていなくても、ホストの役割を果たす UWB 無線システムを認知した後、UWB 無線システム間の通信を行うことから、実質、屋内利用は担保される。

- ② UWB 無線システムを搭載した機器の見やすいところに、UWB 無線システムの利用は屋内に限定する旨の注意書きを表示することにより、屋内利用は担保される。

6-3-2 規制緩和の要望

現在、無線モジュールを内蔵する情報機器の多くは、直流電源駆動のため AC アダプターを使用したり、バッテリーを内蔵したりしている。また、一般家屋でも直流給電が検討されてきている。したがって、現状、屋内限定と①の交流電源接続は対応していない。

また、第 3 章で見直した普及予測は、H17 年度報告書当時の普及予測を大きく下回っており、上記①の運用制限は、現状、過度なものとなっているとの見解が UWB デバイスメーカー等から示された。

さらに、屋内限定の 5 GHz 帯無線 LAN については、屋内において運用されるシステムであることを明記しているだけであり、屋内利用を担保するために交流電源接続を義務づけていないとの指摘もあった。

したがって、上記①の方法について、撤廃することが望ましいとの要望が上記メーカー等から提示された。

6-3-3 規制緩和による懸念事項

一方、①を撤廃した場合について、以下の点が懸念された。

- ・ 交流電源接続が義務づけられていない場合は、UWB デバイスを屋外に持ち出されるリスクが高まらないか。
- ・ クライアントがホストの認知なしに電波を発射することが可能となると、持ち出された UWB 無線システム同士が屋外において Ad-Hoc 通信をするといったことが起こりえないか。

また、ハイバンドについては、上記①の他にも、伝送速度の下限（50Mbps）も廃止することが検討されているため、以下の点も懸念される。

- ・ ハイバンドについては、伝送速度の下限（50Mbps）が撤廃されると通信距離がこれまで以上に伸びるが、より屋外での利用が起こりやすい環境にならないか。

さらに、通信用途 UWB については、もともと内在している懸念として、一般大衆利用による運用管理の困難さという問題がある。

以上より、規制緩和を行うとした場合でも、上記懸念についてのリスク回避策、継続的な管理が必要である。

6-3-4 検討

UWB デバイスの利用を屋内に限定することは、被干渉システムとの間に壁減衰を発生させ、また、屋外で使用される被干渉システムとの分離距離を確保する効果がある。平成 17 年度の検討では、UWB デバイスが広く普及した状況において、一般大衆が利用しても故意・過失を問わず屋外で利用されないよう、①、②を条件として規定した。

一方、第3章で見直した普及予測は、H17 年度報告書当時の普及予測を大きく下回っていることから、多少条件を緩和したとしても、UWB デバイスが屋外で利用される可能性は、当時の検討に比べてまだ低いものと予想される。可能性が低ければ、1 台の UWB デバイスからの干渉が支配的になる形態、複数 UWB デバイス全体からの干渉の合計量が支配的になる形態いずれにおいても、有害な干渉が発生する可能性は低いと考えられる。

したがって、UWB デバイスメーカー等から要望があった①の撤廃については、実施しても直ちに無線通信業務のシステムに有害な干渉を発生させる可能性は低いと考えられる。

但し、①を撤廃することにより、第3章に示した予測以上に UWB デバイスが普及するような場合には、再び条件を見直す等の対応が必要である。

6-3-5 まとめ

上述の検討により、現時点では①を撤廃することが妥当と判断できる。

ただし、緩和による懸念事項が在ることから、今後も以下のような継続的な管理を行っていく必要がある。

- ・ 上述②の注意書きは、引き続き行うこととし、また、製造事業者等においては、取扱説明書、カタログ、パンフレット、ホームページ等で屋内限定である旨を利用者に注意喚起するなど、広報による事前防止方策について誠意をもって対応することが必要である。
- ・ 今回の規制緩和は、第3章で見直された普及予測を基に行われていることから、もし実際の需要が予測よりも伸びた場合は UWB 無線システムの運用制限を再度見直すことが必要である。
- ・ 通信用途 UWB 無線システムが他の無線システムに有害な混信を及ぼすことが明らかになった場合には、速やかに技術的条件の見直しを行うこととし、通信用途 UWB 無線システムの製造業者等においては、混信の除去に積極的に対応することが必要である。

第7章 今後の検討課題

(1) 屋外利用

UWB 無線システムの利用環境については、UWB 無線システムの利用シーンを考慮した場合、屋内外を問わず利用できることが望ましいが、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、屋外の利用に関しては慎重な意見が多かった。

しかしながら、米国においては屋内外の利用に制限は無いこと、また欧州においても屋外利用は認められており、自動車内や列車内の利用について技術基準 *が策定され、航空機内等における UWB 利用の検討も始まっている **ことから、我が国においても 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、屋外で利用される UWB 無線システムと他業務との周波数共用の検討を継続することが適当である。

* ETSI EN 302.065

** CEPT Report 45

(2) 干渉軽減機能

今回第5章及び第6章において検討した干渉軽減機能の対象周波数は、ローバンドのうち 4200-4800MHz のみとなっており、3400-4200MHz についても引き続き検討していくことが適当である。

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通信用途の UWB 無線システムの新たな利用に向けた技術的条件」について一部答申（案）を取りまとめた。

情報通信技術分科会 陸上無線通信委員会 構成員

(敬称略：主査以外は五十音順)

氏名	現職
【主査】安藤 真	東京工業大学 大学院理工学研究科 教授
【主査代理】門脇 直人	(独)情報通信研究機構 ワイヤレスネットワーク研究所 研究所長
飯塚 留美	(一財)マルチメディア振興センター 電波利用調査部 主任研究員
伊藤 数子	(株)パステルラボ 代表取締役社長
伊藤 泰宏	日本放送協会 放送技術研究所 伝送システム研究部長
おおてら ひろゆき 大寺 廣幸	(一社)日本民間放送連盟 理事待遇研究所長
かじさ しのぶ 加治佐 俊一	日本マイクロソフト(株) 業務執行役員 最高技術責任者
からさわ よしお 唐沢 好男	電気通信大学大学院 情報理工学研究科 教授
かわしま ひるなお 川嶋 弘尚	慶應義塾大学 名誉教授
きくい つとむ 菊井 勉	(一社)全国陸上無線協会 事務局長
こうの りゅうじ 河野 隆二	横浜国立大学大学院 工学研究院 教授
こばやし くみこ 小林 久美子	日本無線(株) 研究開発本部 研究所 ネットワークフロンティア チームリーダー
ふじわら こうぞう 藤原 功三	(一社)日本アマチュア無線連盟 参与
ほんだ よしお 本多 美雄	欧州ビジネス協会 電気通信機器委員会 委員長
まつお りょうこ 松尾 綾子	(株)東芝 研究開発センター ワイヤレスシステムラボラトリー 研究主務
もりかわ ひるゆき 森川 博之	東京大学 先端科学技術研究センター 教授
やの ゆきこ 矢野 由紀子	日本電気(株) クラウドシステム研究所 シニアエキスパート
よしだ ひでくに 吉田 英邦	日本電信電話(株) 技術企画部門 電波室長
わかお まさよし 若尾 正義	元(一社)電波産業会 専務理事

UWB 無線システム作業班 構成員

(2012年6月～)

(敬称略：主任以外は五十音順)

氏名	現職	
【主任】高田 潤一	東京工業大学 大学院理工学研究科 教授	
【主任代理】三浦 龍	(独)情報通信研究機構 ワイヤレスネットワーク研究所 ディペンダブルワイヤレス研究室 室長	
青山 慶	スカパーJSAT(株) 通信技術部 アシスタントマネージャー	
明山 哲	(一社)日本アマチュア無線連盟 マイクロ波委員会 委員長	
浅野 勝洋	(株)日立国際電気 映像・通信事業部企画本部 技術開発部 部長	
井家上 哲史	明治大学 理工学部教授 電気電子生命学科長	(第2回～)
池田 哲臣	NHK 放送技術研究所 伝送システム研究部 主任研究員	(～第6回)
居相 直彦	NHK 放送技術研究所 伝送システム研究部 主任研究員	(第7回～)
石田 和人	クアルコムジャパン(株) 標準化部長	
石塚 淳	電気事業連合会 情報通信部 副長	
伊丹 誠	東京理科大学 基礎工学部 電子応用工学科 教授	(第2回～)
伊藤 功	(一社)日本船主協会 通信問題委員会 サブワーキンググ ループ 座長	
北 直樹	日本電信電話(株) アクセスサービスシステム研究所 主 任研究員	(～第5回)
今泉 豊	日本電信電話(株) アクセスサービスシステム研究所 主 任研究員	(第6回～)
大木 秀実	(株)東芝 電波システム事業部 電波システム技術部 参 事	
大村 好則	(一社)電波産業会 担当部長	
亀谷 収	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	
川口 英文	全日本空輸(株) 業務プロセス改革室 担当部長	
川端 健二	(株)富士通システム統合研究所 電波システム研究部 プ ロジェクト研究室長	
鬼頭 英二	日本電気(株) キャリアネットワーク企画本部 エグゼク ティブエキスパート	
小林 岳彦	東京電機大学 工学部 情報通信工学科 教授	(第2回～)
菅田 明則	KDDI(株) 技術企画本部 電波部 マネージャー	
関口 潔	シャープ(株) 研究開発本部 副本部長	

たかた ひとし 高田 仁	(一社)日本民間放送連盟 企画部 主幹	
たんの もとひろ 丹野 元博	(株)NTT ドコモ 電波部 電波企画担当課長	(～第4回)
とぎ たくみ 剛 琢己	(株)NTT ドコモ 電波部 電波企画担当課長	(第5回～)
なかがわ えいしん 中川 永伸	(一財)テレコムエンジニアリングセンター 技術グループ 部長	
なかむら かつひで 中村 勝英	水洋会 事務局長	
の だ まさき 野田 正樹	(株)日立製作所 横浜研究所 主管研究員	
はまさき たかし 濱崎 隆志	(独)宇宙航空研究開発機構 周波数管理室 主任	
はやし なおき 林 直樹	日本テレビ放送網(株) 技術統括局 回線運用部長	
まつむら かつひこ 松村 克彦	(株)ダイフク研究・研修センター 常務取締役	
みやけ としひこ 三宅 俊彦	日本無線(株) 研究開発本部 研究所担当部長	

固定・放送 アドホックグループ 構成員

(2012年8月～2013年2月)

(敬称略：主任以外は五十音順)

氏名	現職	
【主任】伊丹 誠	東京理科大学 基礎工学部電子応用工学科 教授	
石塚 淳	電気事業連合会 情報通信部 副長	
井上 浩樹	国土交通省 航空局 管制技術課 航行支援技術高度化企画室 航空管制技術調査官	(第2回～)
北 直樹	日本電信電話(株) アクセスサービスシステム研究所 主任研究員	
斉藤 隆志	(一社)電波産業会 研究開発本部 主任研究員	
島田 修作	横河電機(株) IA-MK 本部 テクノロジーMK 室 無線システム・コンサルタント	
菅田 明則	KDDI(株) 技術企画本部 電波部 マネージャー	
高田 仁	(一社)日本民間放送連盟 企画部 主幹	
丹野 元博	(株)NTT ドコモ 電波部 電波企画担当課長	
中川 永伸	(一財)テレコムエンジニアリングセンター 技術グループ 部長	
中川 孝之	NHK 放送技術研究所 放送ネットワーク研究部 専任研究員	
中林 明浩	(株)テレビ東京 技術局 専門委員	
野田 正樹	(株)日立製作所 横浜研究所 主管研究員	
吉野 洋男	(株)テレビ朝日 技術局 技術統括部 シニアエキスパート	(～第2回)
福田 正人	(株)テレビ朝日 技術局 技術統括部 上級マネージャ	(第3回～)
牧野 鉄雄	日本テレビ放送網(株) 技術統括局 技術戦略センター 技術戦略部 戦略担当部長	
松村 克彦	(株)ダイフク研究・開発センター 常務取締役	
宮下 敦	(株)日立国際電気 映像・通信事業部 製品設計統括本部 映像装置設計本部 主管技師長	
森本 聡	(株)フジテレビジョン 技術開発局 技術開発室 開発推進部 副部長	
山本 善尚	(株)TBS テレビ 技術局 放送設備計画部	
李 還翹	(独)情報通信研究機構 ワイヤレスネットワーク研究所 ディペンダブルワイヤレス研究室 主任研究員	
David Theriault	Ubisense Plc 副社長	

【検討対象無線局】

High-band 固定(放送、電気通信)、移動(放送)

航空・海上・レーダー アドホックグループ 構成員

(2012年8月～2013年2月)

(敬称略：主任以外は五十音順)

氏 名	現 職	
【主任】 小林 岳彦 <small>こばやし たけひこ</small>	東京電機大学 教授	
井関 修一 <small>いせき しゅういち</small>	日本無線(株) 海上機器技術部 船舶レーダグループ 課長	
伊藤 達郎 <small>いとう たつろう</small>	全日本空輸(株) 整備本部技術部 専門部長兼技術開発チームリーダー	
稲垣 幸浩 <small>いながき ゆきひろ</small>	日本航空(株) IT企画本部 IT企画部 マネージャー	
井上 浩樹 <small>いのうえ こうき</small>	国土交通省 航空局 管制技術課 航行支援技術高度化企画室 航空管制技術調査官	
岩澤 臣也 <small>いわさわ しんや</small>	(株)光電製作所 技幹	
岩田 康広 <small>いわた やすひろ</small>	海上保安庁 総務部 情報通信企画課 システム整備室 専門官	
上田 芳信 <small>うえだ よしのぶ</small>	日本電気(株) 電波応用事業部 エグゼクティブエキスパート	
大木 秀実 <small>おおき ひでみ</small>	(株)東芝 電波システム事業部 電波システム技術部 参事	
草間 寛 <small>くさま ひろし</small>	東京計器(株) 第1制御事業部 船舶港湾事業技術部 第2技術課 主任	
篠原 敏子 <small>しのはら としこ</small>	(株)ダイフク研究・開発センター 主任研究員	
須田 良久 <small>すだ よしひさ</small>	気象庁 観測部 観測課 調査官	(第2回～)
竹浪 政人 <small>たけなみ まさと</small>	古野電気(株) 課長代理	
富樫 浩行 <small>とがし ひろゆき</small>	(株)ディーエスピーリサーチ 技術開発部 部長	
中村 勝英 <small>なかむら かつひで</small>	水洋会 事務局長	
浜口 雅春 <small>はまぐち まさはる</small>	沖電気工業(株) 交通・防災システム事業部 無線技術研究開発部 部長	
三浦 正春 <small>みうら まさはる</small>	大洋無線(株) 生産本部長	
李 還翹 <small>り かんほう</small>	(独)情報通信研究機構 ワイヤレスネットワーク研究所 ディペンダブルワイヤレス研究室 主任研究員	

【検討対象無線局】

High-band 各種レーダー

衛星・小電力 アドホックグループ 構成員

(2012年7月～2013年4月)

(敬称略：主任以外は五十音順)

氏名	現職	
【主任】井家上 哲史	明治大学 理工学部教授 電気電子生命学科長	
青山 慶	スカパーJSAT(株) 通信技術部 アシスタントマネージャー	
明山 哲	(一社)日本アマチュア無線連盟 マイクロ波委員会 委員長	
北 直樹	日本電信電話(株) アクセスサービスシステム研究所 主任研究員	
清水 隆司	(一社)電波産業会 研究開発本部 主任研究員	(～第3回)
斉藤 隆志	(一社)電波産業会 研究開発本部 主任研究員	(第4回～)
菅田 明則	KDDI(株) 技術企画本部 電波部 マネージャー	
瀬尾 耕造	(株)エム・シー・シー 技術・運用本部 技術第二部 部長	
高尾 浩平	日本電気(株) 宇宙システム事業部 主席技師長	(第4回～)
立澤 加一	自然科学研究機構 国立天文台 電波天文周波数小委員会 事務局長	
丹野 元博	(株)NTT ドコモ 電波部 電波企画担当課長	(～第5回)
碓 塚 己	(株)NTT ドコモ 電波部 電波企画担当課長	(第6回～)
富樫 浩行	(株)ディーエスピーリサーチ 技術開発部 部長	
野田 正樹	(株)日立製作所 横浜研究所 主管研究員	
濱崎 隆志	(独)宇宙航空研究開発機構 周波数管理室 主任	
諸橋 知雄	イー・アクセス(株) 技術戦略室 室長	
李 還翳	(独)情報通信研究機構 ワイヤレスネットワーク研究所 ディペンダブルワイヤレス研究室 主任研究員	
David Theriault	Ubisense Plc 副社長	

【検討対象無線局】

High-band 衛星(固定、探査、研究、電気通信、公共)、電波天文、アマチュア

携帯電話 アドホックグループ 構成員

(2012年11月～2013年5月)

(敬称略：主任以外は五十音順)

氏名	現職	
【主任】 李 還幫 ^{り かんぼう}	(独)情報通信研究機構 ワイヤレスネットワーク研究所 ディペンダブルワイヤレス研究室 主任研究員	
北 直樹 ^{きた なおき}	日本電信電話(株) アクセスサービスシステム研究所 主任研究員	(～第6回)
今泉 豊 ^{いまいずみ ゆたか}	日本電信電話(株) アクセスサービスシステム研究所 主任研究員	(第7回～)
内野 政治 ^{うちの まさはる}	アンリツ(株) 技術統轄本部 R&D センター長	
鬼頭 英二 ^{きとう えいじ}	日本電気(株) キャリアネットワーク企画本部 エグゼクティブエキスパート	
斉藤 隆志 ^{さいとう たかし}	(一社)電波産業会 研究開発本部 主任研究員	
眞田 幸俊 ^{まんだ ゆきとし}	慶應義塾大学 理工学部電子工学科 教授	(第2回～)
菅田 明則 ^{すがた あきのり}	KDDI(株) 技術企画本部 電波部 マネージャー	
丹野 元博 ^{たんの もとひろ}	(株)NTT ドコモ 電波部 電波企画担当課長	(～第5回)
劔 塚己 ^{とぎ たくみ}	(株)NTT ドコモ 電波部 電波企画担当課長	(第6回～)
中川 永伸 ^{なかがわ えいしん}	(一財)テレコムエンジニアリングセンター 技術グループ部長	
野田 正樹 ^{の だ まさき}	(株)日立製作所 横浜研究所 主管研究員	
諸橋 知雄 ^{もろはし ともお}	イー・アクセス(株) 技術戦略室 室長	
吉野 仁 ^{よしの ひとし}	ソフトバンクモバイル(株) ワイヤレスシステム研究室 担当部長	

【検討対象無線局】

Low-band 電気通信事業用移動局

参 考 资 料

参考資料 目 次

参考資料 1	壁の減衰について.....	76
参考資料 2-1	固定マイクロとの共用条件について.....	77
参考資料 2-2	放送との共用条件について.....	84
参考資料 2-3	海上レーダーとの共用条件について.....	93
参考資料 2-4	航空・気象レーダーとの共用条件について.....	103
参考資料 2-5	衛星局・地球局との共用条件について.....	112
参考資料 2-6	アマチュア無線との共用条件について.....	126
参考資料 2-7	センサー用途 UWB 無線システムと電波天文業務等との 共用条件について.....	129
参考資料 3	電波防護指針への適合.....	138

壁の減衰について

電気通信技術審議会答申(諮問第 99 号「5GHz 帯の周波数を利用する広帯域移動アクセスシステムの技術的条件(H11.9.27)」)より、1つの建物の室内からの平均建物遮蔽損失と同等の値 12dB とした。

	平均建物遮蔽損失	根拠	Ref.
ICO	8.6dB	1.5GHz2.6GHz から推定	(1)
USA	17dB(外部の建物の影響を含む)	—	(2)
Telia AB	15~18dB	5.2GHz 実測	(3)
NTT/Bristol	水平方向 12dB 以上	5.2GHz 実測	(4)
ITU-R SG3	水平方向 12dB、垂直方向 16dB	5.2GHz 実測	(5)
NTIA	9~14dB	1GHz から 6GHz における理論値及び実測による	(6)

<Ref.>

- (1) ICO, “Average building attenuation for indoor to satellite interference propagation at 5GHz”, ITU-R Document 4A/409, April 1999.
- (2) USA, “Power flux density limits for wireless data networks operating in the 5150-5250MHz band sharing frequencies with systems in the fixed satellite service”, ITU-R Document 4A/248, April 1999.
- (3) ITU-R JRG8A-9B, “The loss in excess to free space due to building shielding in the band 5150-5250MHz”, ITU-R Document 3M/92, February 1999.
- (4) Japan, “Building entry loss”, ITU-R Document 3K/24, February 1999.
- (5) ITU-R WP3K, “Draft revision of recommendation ITU-R P.1238; Propagation data and prediction models for the planning of indoor radio communication systems and radio local area networks in the frequency range 900MHz to 100GHz”, ITU-R Document 3/53, March 1999.
- (6) NTIA, “ASSESSMENT OF COMPATIBILITY BETWEEN ULTRAWIDEBAND DEVICES AND SELECTED FEDERAL SYSTEMS” (NTIA SPECIAL PUBLICATION 01-43, January 2001) “5.6.3 Building Penetration Losses in 1.0-6.0 GHz Frequency Band”

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、その内容は表 1 のとおりである。

表 1 対象無線局

周波数(MHz)	局数(局)	備考(運用状態などの特記事項)
7425-7750	3797	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 24 年 8 月末現在

次に、対象無線局の諸元を表 2 に示す。

表 2 対象無線局の諸元

項目	固定マイクロ波方式モデル
使用する周波数帯	7.425GHz-7.775GHz
代表方式名	7.5G-104M
利用携帯による分類	固定通信
受信信号処理	デジタル処理信号
BB帯域幅	19MHz
変調方式	128QAM、256QAM
シンボルレート	51.84MHz
誤り訂正方式	BCH
インターリーバサイズ	無し
アンテナ特性	4mφパラボラアンテナ
アンテナ利得	46.5dBi
受信給電系損失	9dB
雑音指数	4dB

給電線損失内訳

固定値	5dB
円形導波管(20m)	0.6dB
円形導波管(30m)	3dB
同軸ケーブル(10m)	0dB
合計	8.6dB

K T B F	-109.8 dBm/MHz
許容干渉レベル (アンテナ入力端)	-165.3dBm/MHz

2 干渉検討条件

干渉検討にあたっての条件は以下のとおり。

表3 干渉検討の条件

項目	検討条件
送信電力(平均電力)	-41.3dBm/MHz
稼働率	5%
UWB 無線システムの利用密度	50/100/200 デバイス/k m ²
位置関係	図1参照
マイクロ無線局と UWB 局の高低差	0 m*
UWB 無線システムの利用環境	屋内
変調方式	パルス位置変調、オンオフ変調
壁減衰	12dB

*シングルエントリーにおいて最悪ケースとして高低差なしで検討。

- ・ UWB 無線システムは、均一に分布していると仮定。
- ・ マイクロ無線局は、UWB 無線システム正面に、UWB 無線システム間距離だけ離れたところに位置すると仮定。
- ・ 固定マイクロアンテナの 180° 後方は、考慮しない。
- ・ シングルエントリーにおける所要離隔距離までの範囲に入ってくる UWB 無線システムからの干渉量の総和を受信機入力端で計算。

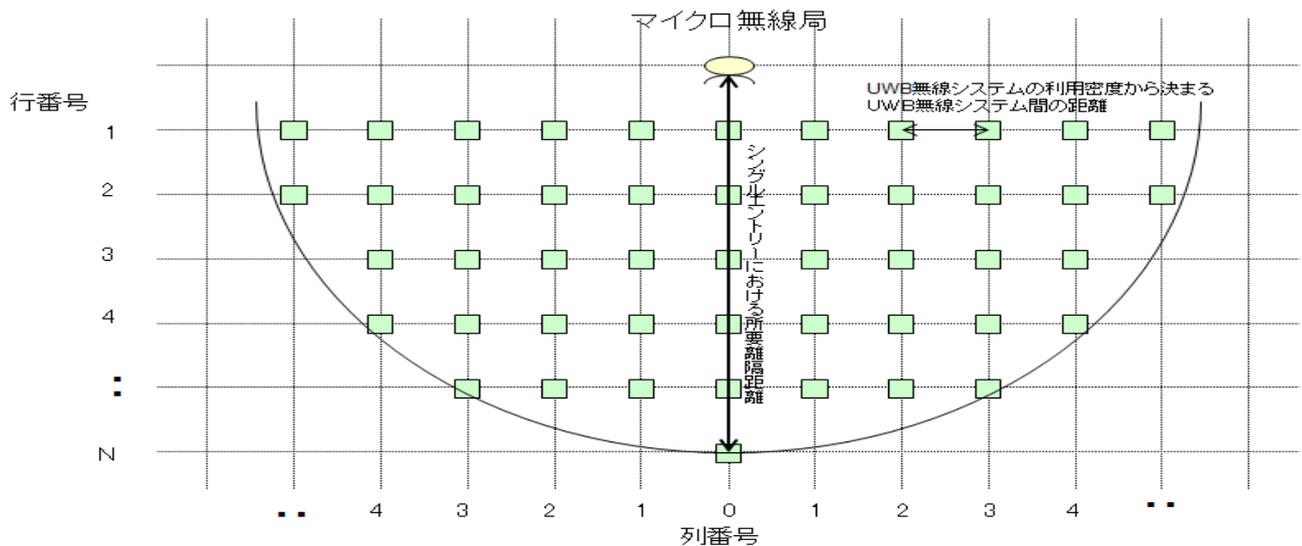


図1 固定マイクロ局とUWB無線システムとの位置関係

3 干渉検討の手法

(1) 固定局

- ・ 4-1 干渉検討の条件を用いて、シングルエントリーにおける離隔距離を求める。

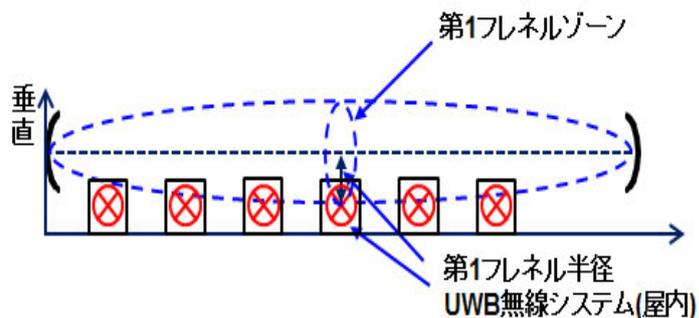
算出においては、最悪ケースを想定し、高低差 0m の設定で行う。

・ 次に、Aggregate の算出においては、平成 17 年報告書においては、固定マイクロ波局と UWB 無線デバイスとの共用の判定が、固定マイクロ波局と UWB 無線システムの高低差の条件①第 1 フレネルゾーンのクリアランス確保と、②第 1 フレネル半径+30m(ピコネットを考慮)の場合に分けて行っているものの中継の距離や第 1 フレネル半径は示されていないため、固定マイクロ波局と UWB 無線システムとの高低差は不明となっている。このため、今回は、平成 17 年報告書における許容干渉レベルから第 1 フレネル半径を求め、中継距離を算出して Aggregate における干渉量を算出する。

・ 電波法関係審査基準 第 45 条(伝搬障害の判定)における第 1 次判定として、建物の最高部と電波伝搬路の第 1 フレネルゾーン間の差が 20m 以上あることで障害なしと判定している。共用可否の判定として、UWB 無線システムが屋内だけで使用されることから、ここでは屋上設備および最上階の天井高を考慮して、UWB 無線システムが上記条件よりさらに 10m(約 3 階分に相当)外側に存在すると想定(高低差は第 1 フレネル半径+30m)した場合についての計算を行い判定する(図 2 参照)。

計算条件

垂直条件:
第1フレネルゾーンのクリアランス確保における固定マイクロ波局と通信用途UWB無線システム⊗の高低差のイメージ



固定マイクロ波局と通信用途UWB無線システムの水平配置のイメージ

計算条件のその他の条件、

- ・利用密度 200デバイス/km²
- ・送信電力 -41.3dBm/MHz
- ・壁減衰 12dB
- ・稼働率 5%

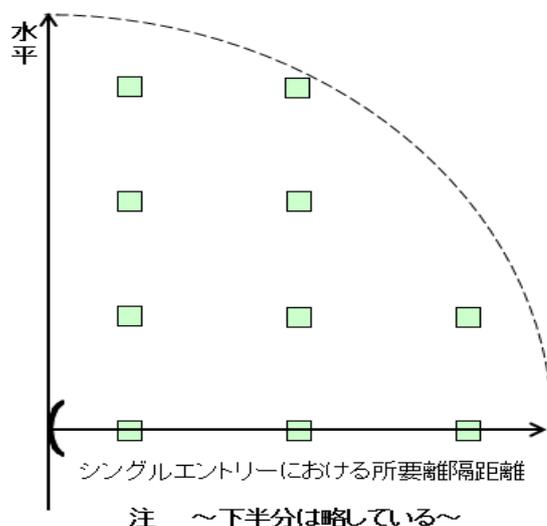


図2 第1フレネル半径算出条件

(2) UWB 局

- ・ UWB 無線システムの密度は、ワーストケースを想定して 200 デバイス/km²で計算する。
- ・ Aggregate 計算では、稼働率を 5%とする。
- ・ 平均電力による検討を行う。

4 干渉検討結果

- (1) シングルエントリーにおける離隔距離計算結果は、1595.7m となる。実運用上は、固定局と UWB 無線システムとの間では、高低差が生じることとなるため、離隔距離は短くなる。
- (2) 平成 17 年報告書における許容干渉レベルから算出した第 1 フレネル半径は、ピコネット環境を考慮した場合 UWB デバイス密度 250 デバイス/km²に対して 8.87m となる。この値に普及密度を

見直した値である 200 デバイス/km²、シングルエントリーにおいて求めた離隔距離を修正して求めたセンサー用途 UWB 無線システムの干渉量の総和は表 4 のとおり-136. 3dBm/MHz となる。固定局の許容干渉レベルと比較した結果を表 5 に、相関関係を図 3 に示す。

表 4 センサー用途 UWB 無線システムの干渉量の総和

第1フレネルゾーンの半径 $r=8.87\text{m}$

1km ² あたりの局数	200 局			⇒50, 100, 200局/km ²
局間の離隔距離	76.1 m			
所要離隔距離	1.5957 km			⇒離隔距離はシングルエンドの結果
最大行番号	20			
UWBの放射電力	-53.3 dBm			⇒12dBの壁減衰を含む
UWBのActive Ratio	5 %			
周波数	7.5 GHz	波長	0.04 m	
マイクロアンテナとの高低差	38.87 m			⇒第一フレネル半径(8.87m)+30m高低差
UWBからの干渉レベル合計 (受信機入力端)	-136.302 dBm			

表 5 干渉レベル比較結果

周波数帯			7.5GHz 帯
UWB マスクレベル			-41. 3dBm/MHz
干渉量の総和 (受信機入力)	計算条件	第 1 フレネル半径 (8. 87m)+30m	<u>-136. 3dBm/MHz</u>
許容干渉レベル			-129. 83dBm/MHz

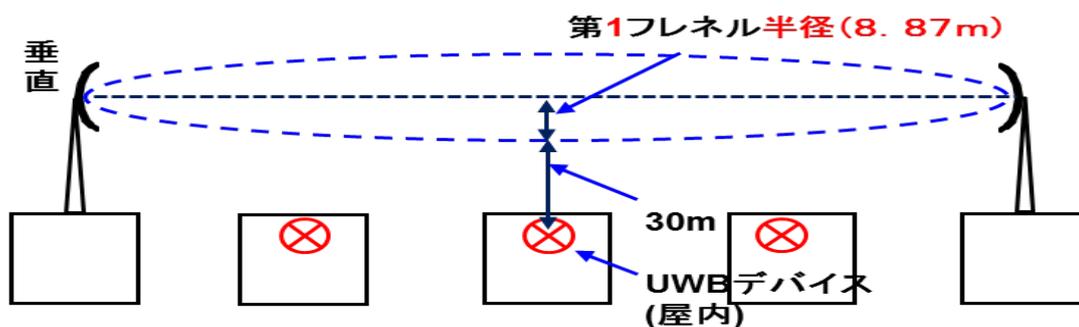
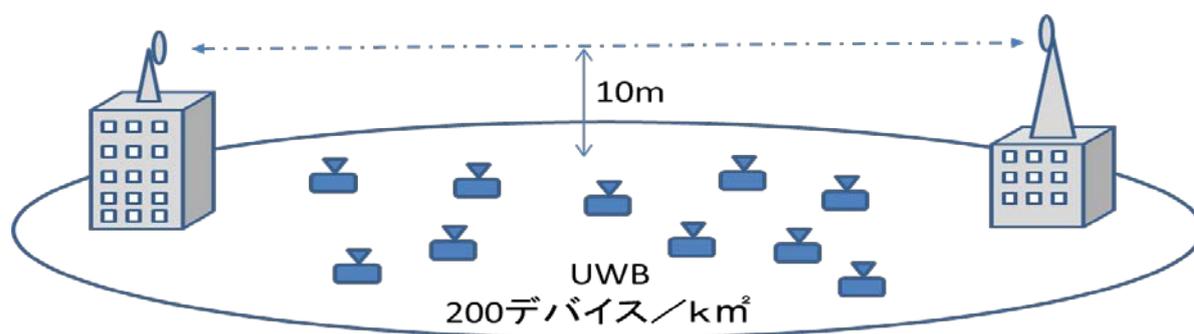


図 3 相関関係図

この結果から、7.5GHz 帯固定マイクロ回線の許容干渉レベル-129. 83dBm/MHz に対して UWB 無線システムの干渉レベルは-136. 3dBm/MHz となり、6. 47dB のマージンとなり共用可能となる。

(3) 一方、携帯電話基地局用の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

ルル向けアクセス固定回線などは、マンションの屋上や自立柱等に設置される高低差が10m以下の場合もある。



エントランス回線やル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、ダブルスロープモデルの100m以下においては自由空間減衰となり、かつサイドロープによる干渉もあるため大きくなる。

しかし、実運用環境においては、ピコネット環境（UWB無線システムの利用密度を4台で1ピコネット構成した場合のピコネット内の送信機数2.5デバイス/km²*1）、セル環境（UWB無線システムの利用密度を50台で1セル構成した場合の送信機数2デバイス/km²*2）であるため、利用密度はさらに低くなり所要改善量が改善すること、センサー用途UWB無線システムの利用においては、20,000m²の広い敷地内を有する工場が想定され、平面における自然離隔距離を生じること、当該工場区域から高低差10m程度以下の高さで固定回線を構築することは通常想定されないことから、概ね共用可能と考えられる。なお、これまでに通信用途UWB無線システムとの周波数共用についても同様の検討を行ってきており、現在に至るまでUWB無線システムとエントランス回線及びルル向けアクセス固定回線との間での干渉問題は生じていない。

ただし、固定局との共用については以下の条件を付帯するべきである。

- ・ 仮定（利用密度、利用シーン、稼働率、UWB無線システムの実態等）が変更になった場合、技術的条件の見直しが必要である。
- ・ 設置空中線高の低いエントランス回線やルル向けアクセス固定回線に対して、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は、電波法第108条の2規定に基づく電気通信業務の無線設備の機能に障害を与えることとなる可能性があるため、直ちに当該UWB無線システムからの電波の発射を停止させると共に、技術的条件の見直しが必要である。

*1 通信用途UWB無線システムの10年後の平成35年における普及密度は10デバイス/km²と予測されており、ピコ環境では、4デバイス中1デバイスが電波を発射することとなることから10/4=2.5デバイス/km²となる。

*2 センサー用途 UWB 無線システムの 10 年後の平成 35 年における普及密度は 109.7 デバイス /k m²と予測されており、セル環境では、50 デバイス中 1 デバイスが電波を発射することとなることから $109.7/50 \approx 2$ デバイス/k m²となる。

5 その他

本検討は、UWB 無線システム(屋内限定)に関するものであり、他の無線システムとの干渉検討に本モデルを適用できるものではない。

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
本報告で検討したシステムの一覧とそれらの諸元を示す。

表 1 対象放送システムの概要（システム名：STL/TTL/TSL/FPU）

周波数(MHz)	局数(局) ^注	備考(運用状態などの特記事項)
5,850 ~ 7,125 (下隣接)	6853 (FPU) 1120 (固定局)	B、C、D、Mバンド (固定局およびFPU)
7,425 ~ 7,750	57 (注1)	Nバンド (デジタル固定局のみ) (注1) 今後、約 400 局が 3.4GHz 帯から移行予定。このほか、公共・一般業務が別途あり。
10,250 ~ 10,450 (上隣接)	2450 (FPU) 60 (固定局)	Eバンド (固定局およびFPU)

注 平成 21 年度電波の利用状況調査結果

表 2 無線局の諸元
STL/TTL

利用形態による分類	固定系
使用する周波数帯	Bバンド (5850MHz を超え 5925MHz 以下) Cバンド (6425MHz を超え 6570MHz 以下) Mバンド (6570MHz を超え 6870MHz 以下) Dバンド (6870MHz を超え 7125MHz 以下) Nバンド (7425MHz を超え 7750MHz 以下) Eバンド (10.25GHz を超え 10.45GHz 以下) Fバンド (10.55GHz を超え 10.68GHz 以下)
受信信号処理	アナログ信号処理とデジタル信号処理の両方
占有帯域幅	アナログ方式：400kHz (音声) 等、200kHz (監視・制御回線) 等 デジタル方式：7.6MHz (64QAM)、5.7MHz (OFDM) 等
変調方式	アナログ方式：FM変調 デジタル方式：64QAM方式 (TS方式) OFDM方式 (IF方式、M、Nバンド以外)

シンボルレート	6.7MS/s 以下 (TS 方式)
誤り訂正方式	畳み込み+リードソロモン

T S L

利用形態による分類	固定系
使用する周波数帯	B バンド (5850MHz を超え 5925MHz 以下) C バンド (6425MHz を超え 6570MHz 以下) D バンド (6870MHz を超え 7125MHz 以下) E バンド (10.25GHz を超え 10.45GHz 以下) F バンド (10.55GHz を超え 10.68GHz 以下)
受信信号処理	アナログ信号処理とデジタル信号処理の両方
占有帯域幅	アナログ方式 : 17MHz (TV)、400kHz (音声) 等 デジタル方式 : 16.2MHz (TV) 等
変調方式	アナログ方式 : AM 変調、FM 変調 デジタル方式 : 64QAM、32QAM、16QAM、QPSK 方式
シンボルレート	14.0MS/s
誤り訂正方式	トレリス+リードソロモン

F P U

利用形態による分類	移動系
使用する周波数帯	B バンド (5850MHz を超え 5925MHz 以下) C バンド (6425MHz を超え 6570MHz 以下) D バンド (6870MHz を超え 7125MHz 以下) E バンド (10.25GHz を超え 10.45GHz 以下) F バンド (10.55GHz を超え 10.68GHz 以下)
受信信号処理	アナログ信号処理とデジタル信号処理の両方
占有帯域幅	アナログ方式 : 17MHz (TV)、400kHz (音声) 等 デジタル方式 : 15.5MHz (シングルキャリア、TV)、8.5MHz、17.5MHz (OFDM、TV) 等
変調方式	アナログ方式 : AM 変調、FM 変調 デジタル方式 : シングルキャリア方式 (64QAM、32QAM、16QAM、QPSK) 及び OFDM 方式

シンボルレート	13.5MS/s (シングルキャリア方式) 15.2MS/s (OFDM方式、17.5MHz)
誤り訂正方式	トレリス+リードソロモン (シングルキャリア方式) 畳み込み+リードソロモン (OFDM方式)
アンテナ特性	<ul style="list-style-type: none"> ・ 0.15 mφ ~ 1.2mφ のパラボラアンテナ ・ 電磁ホーン (12dBi, 18dBi 程度) ・ 任意地点から任意方向への伝送に供するものであり、アンテナビーム特性は規定されていないアンテナ。

2 干渉検討の条件

Nバンドを使用する STL/TTL および Eバンドを使用する STL/TTL/TSL/FPU について、以下の条件で計算を行った。

1. 許容干渉レベルの基本は KTBf-20 (dBm/MHz) であり、-129.8dBm/MHz とする。
2. 自由空間伝播損失とする。
3. 壁減衰 0dB (最悪ケースを想定)
4. アンテナサイドローブ 10度を仮定。アンテナのサイドローブ特性が $52-10\log(D/\lambda)-25\log(\theta)$ に従うものとして導出。($\theta=10^\circ$)
ただし、イベント会場の計算は個々の配置による。

3 計算結果

まず、シングルエントリーの場合の離隔距離を表3にまとめる。稼働率は100%である。

表3 シングルエントリーの場合の離隔距離

No.	システム名	使用周波数 [MHz]	離隔距離 [m]	マスキレベル	備考
1	STL/TTL	7,425~ 7,750	134.3	-41.3dBm/MHz	アンテナ径 2mφ
	STL/TTL/TSL	10,250~ 10,450	3	-70dBm/MHz	アンテナ径 2mφ
2	FPU (屋外)	10,250~ 10,450	10.5	-70dBm/MHz	アンテナ径 0.6mφ

次に FPU の屋内利用において、UWB 無線システムが複数台ある場合の結果を表4に示す。

表4 FPU (屋内運用, Aggregate)

利用密度 (デバイス/km ²)	aggregate interference			single-entry interference
	200	100	50	
稼働率	5% (100%)			
壁の減衰	0dB			
マスクの平均電力レベル	-70dBm/MHz			
既存システムの周波数	5,850MHz ~ 7,125MHz			
許容干渉レベル	-129.8dBm/MHz			

離隔距離 (m)	27.5 (89.1)	24.3 (64.6)	23.4 (46.2)	21.6
備考	屋内イベント会場での受信を想定し、受信アンテナ前方の 50m×20m のエリアに 1km ² あたりの稼働率の UWB 機器をすべて配置した。			

	aggregate interference			single-entry interference
利用密度 (デバ/1/km ²)	200	100	50	
稼働率	5% (100%)			
壁の減衰	0dB			
マスクの平均電力レベル	-70dBm/MHz			
既存システムの周波数	10,250MHz ~ 10,450MHz			
許容干渉レベル	-129.8dBm/MHz			
離隔距離 (m)	13.4 (43.3)	11.8 (31.4)	11.4 (22.5)	10.5
備考	屋内イベント会場での受信を想定し、受信アンテナ前方の 50m×20m のエリアに 1km ² あたりの稼働率の UWB 機器をすべて配置した。			

屋内イベント会場での受信を想定し、受信アンテナ前方の 50m×20m のエリアに 1km²あたりの稼働率の UWB 無線システムをすべて配置した。稼働率として、センサー用途 UWB 無線システムの 5%及び通信用途も含めた最悪ケースの 100%について検討した。

4 FPU の屋内利用の計算条件

UWB 素子の影響が最も大きくなると思われる大規模屋内イベント会場での屋内映像伝送システムで使用される FPU に対する計算を行った。大規模屋内イベント会場は屋内であると考え、壁減衰を考慮せず、UWB 素子は大規模屋内イベント会場内に観客が保持しているものとする。

(1) 計算ディメンジョン

UWB 素子は、屋内イベント会場の観客が持つものとし、観客は 10 度の勾配を持つ観客席にいるものとする。その際の、FPU と UWB 素子の位置関係を図 1 に示す。

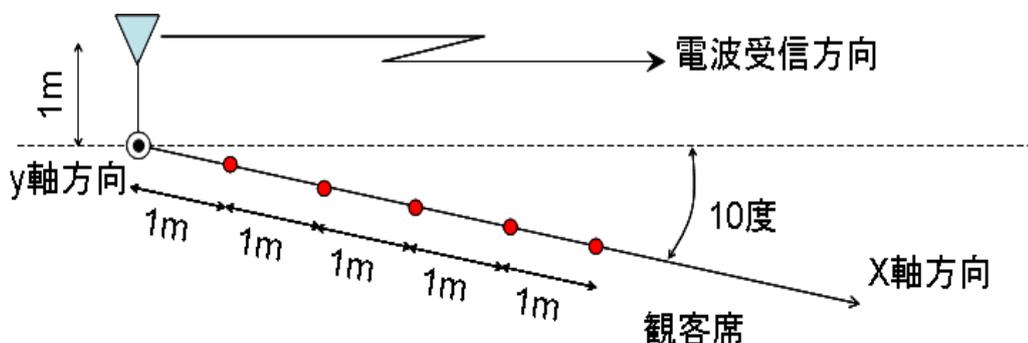


図 1 計算で用いた UWB 素子と FPU アンテナとの位置関係

計算に入れる対象エリアとしては、FPU の設置位置を原点として、図 1 の x 軸方向 50m、y 軸方向 ±10m の 20m 四方とし、前記エリアに UWB 素子があるものとしている。

UWB 素子は、単一素子が FPU アンテナ前方 1m の位置 (y 軸位置 0) にある場合と、前記 50m × 20m 四方において、50 素子が稼働率 5% (3 素子がアクティブ) の場合、100 素子が稼働率 5% (5 素子がアクティブ) の場合、200 素子が稼働率 5% (10 素子がアクティブ) の場合、50 素子が稼働率 100% (50 素子がアクティブ) の場合、100 素子が稼働率 100% (100 素子がアクティブ) の場合、および、200 素子が稼働率 100% (200 素子がアクティブ) の場合を計算した。

計算では、各素子が 50m × 20m 四方のエリアで平均的に展開されているものとし、それぞれの UWB 素子の位置関係として、3 素子の場合を図 2、5 素子の場合を図 3、10 素子の場合を図 4、50 素子の場合を図 5、100 素子の場合を図 6、200 素子の場合を図 7 に示す。FPU アンテナは、(x、y) 座標上で原点に置いており、UWB 素子位置を表す図 3 ~ 図 7 の x-y 座標面は、図 1 の通り水平面から俯角 10 度に傾斜している。

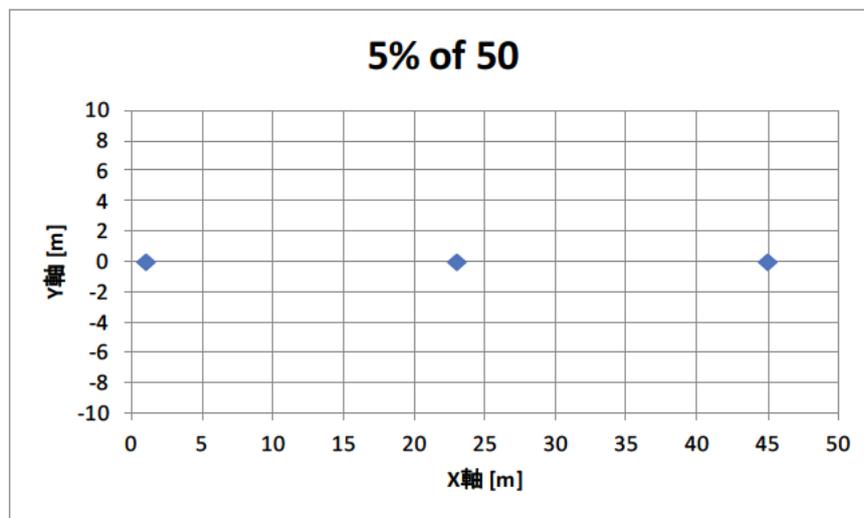


図 2 UWB 3 素子(50 素子×稼働率 5%)の位置

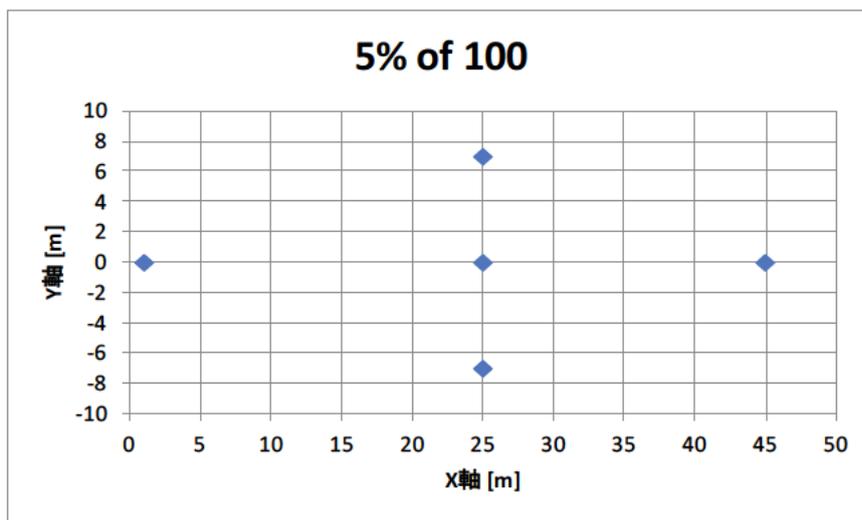


図3 UWB 5素子(100素子×稼働率5%)の位置

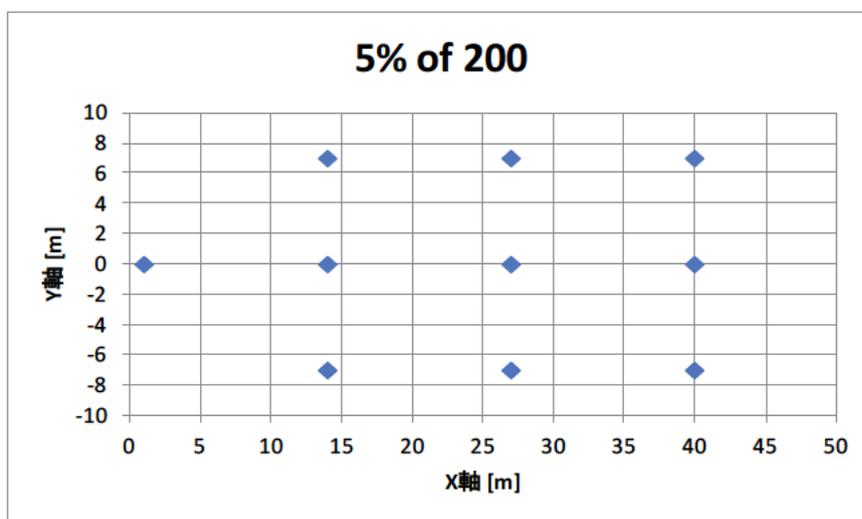


図4 UWB 10素子(200素子×稼働率15%)の位置

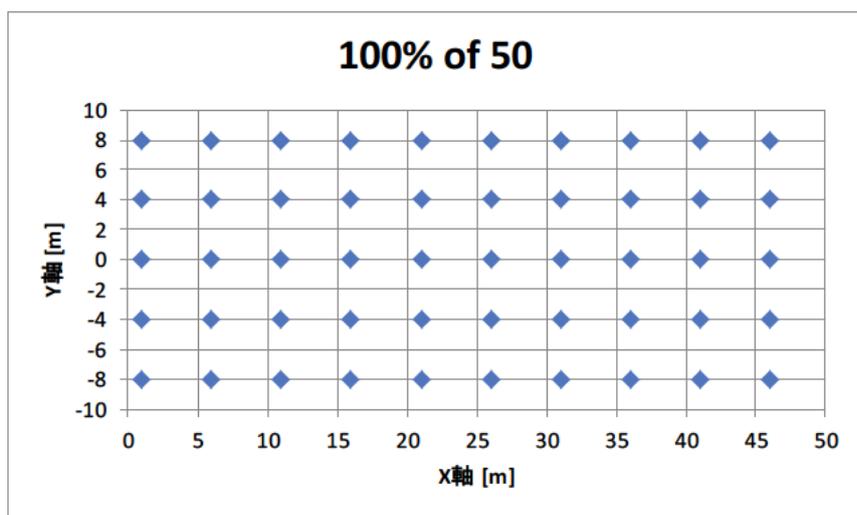


図5 UWB 50素子(50素子×稼働率100%)の位置

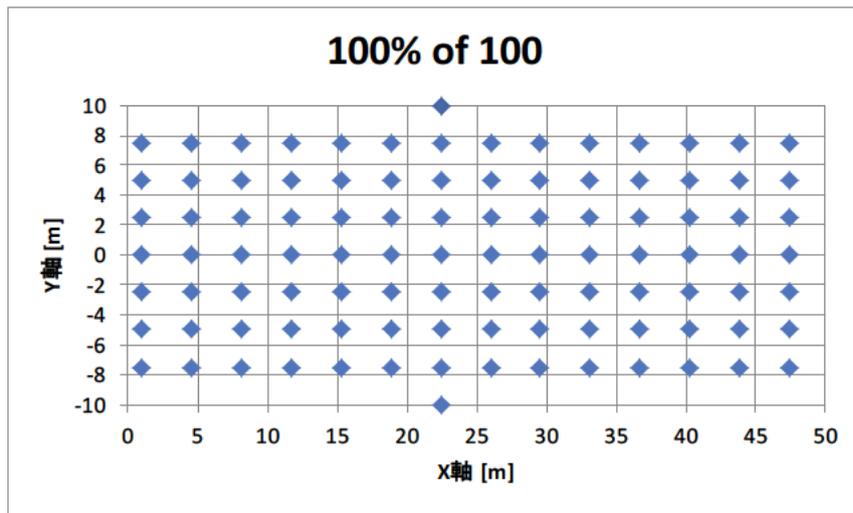


図6 UWB 100素子(100素子×稼働率100%)の位置

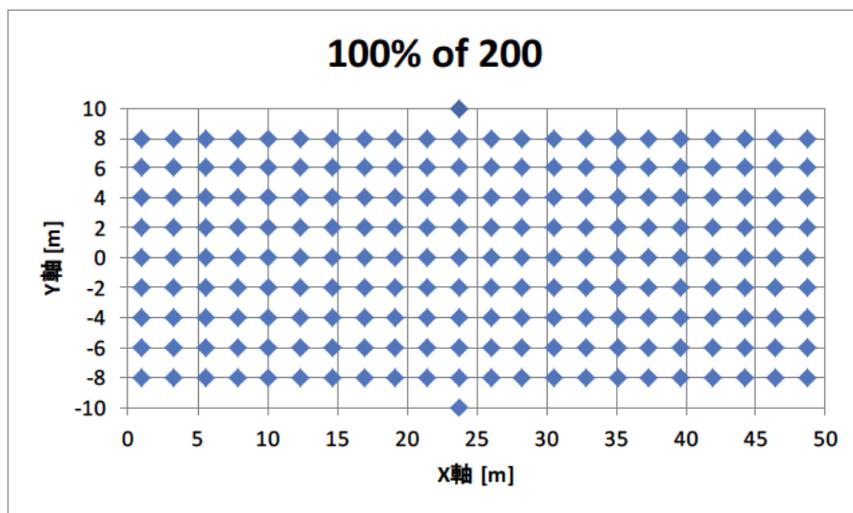


図7 UWB 200素子(200素子×稼働率100%)の位置

(2) 計算パラメータ

計算で用いた計算パラメータを表5に示す。

表5 計算で用いたパラメータ

項目	パラメータ	備考
UWB 素子数	1、3、5、10、 50、100、200	3、5、10は、それぞれ50、100、 200素子の稼働率5%想定 50、100、200は、それぞれ50、 100、200素子の稼働率100%想 定
UWB 素子間隔(m)	図2~7参照	
受信アンテナ高さ(m)	1m	

ビーム到来方向	0度	
計算アンテナ径(m)	1.2mφ、0.6mφ、0.3mφ	R. R. Ap. 7 Annex6 λ / D < 100 を使用。
壁減衰(dB)	0 dB	屋内イベント会場想定
周波数(GHz)	6.5GHz、10.5GHz	

(3) 計算結果

パラメータで計算した結果を表6、表7に示す。

表6 屋内イベント会場内のFPU受信機に入力される干渉電力@6.5GHz

マスク値	アンテナ径	FPU 受信機に入力される干渉電力(dBm/MHz)			
		UWB 素子数			
		1	3(5% of 50)	5(5% of 100)	10(5% of 200)
マスク値 -70 dBm/MHz	1.2mφ	-128.328	-127.575	-127.32	-126.161
	0.6mφ	-125.318	-124.564	-124.31	-123.151
	0.3mφ	-122.307	-121.554	-121.3	-120.141
シングル に対する 加算値 dB		—	0.75	1.01	2.17

マスク値	アンテナ径	FPU 受信機に入力される干渉電力(dBm/MHz)			
		UWB 素子数			
		1	50(100% of 50)	100(100% of 100)	200(100% of 200)
マスク値 -70 dBm/MHz	1.2mφ	-128.328	-121.688	-119.804	-115.985
	0.6mφ	-125.318	-118.678	-115.793	-112.975
	0.3mφ	-122.307	-115.668	-112.783	-109.965
シングル に対する 加算値 dB		—	6.64	9.52	12.34

表7 屋内イベント会場内のFPU受信機に入力される干渉電力@10.5GHz

マスク値	アンテナ径	FPU 受信機に入力される干渉電力(dBm/MHz)			
		UWB 素子数			

		1	3(5% of 50)	5(5% of 100)	10(5% of 200)
マスク値 -70 dBm/MHz	1.2mφ	-134.576	-133.823	-133.569	-132.409
	0.6mφ	-131.566	-130.813	-130.558	-129.399
	0.3mφ	-128.556	-127.802	-127.548	-126.389
シングル に対する 加算値 dB		-	0.75	1.01	2.17

マスク値	アンテナ 径	FPU 受信機に入力される干渉電力(dBm/MHz)			
		UWB 素子数			
		1	50(100% of 50)	100(100% of 100)	200(100% of 200)
マスク値 -70 dBm/MHz	1.2mφ	-134.576	-127.937	-125.052	-122.233
	0.6mφ	-131.566	-124.926	-122.042	-119.223
	0.3mφ	-128.556	-121.916	-119.031	-116.213
シングル に対する 加算値 dB		-	6.64	9.52	12.34

5 干渉評価

(1) STL/TTL/TSL

STL/TTL/TSLについては、134mの離隔距離があるが、都市部における伝搬損失、山間部での利用状況及びセンサー用途UWB無線システムが工場等の大きな敷地面積を有する場所での使用による自然離隔距離、屋内利用に限定することによる12dBの壁損を考慮すれば、共用可能と考える。

(2) FPU

屋外利用については、離隔距離が10.5mあるが、センサー用途UWB無線システムが工場等の大きな敷地面積を有する場所の屋内で利用することを考慮すれば、自然離隔距離や12dBの壁損が生じるため共用可能と考える。

屋内利用については、同一屋内で使用するケースがあることを考えれば、自然離隔距離や壁損については考慮できない。このため最大89.1m、稼働率5%を考慮しても27.5mの離隔距離が必要となる。しかし、センサー用途UWB無線システムについては、通信用途UWB無線システムのように個人が屋内に持ち込んで使用するものではなく、センサー用途UWB無線システムの使用建物内においてFPUを使用する場合は、使用者との事前調整を行うことが通例と考えられるため運用調整により共用可能である。

海上レーダーとの共用条件について

1 海上レーダーの概要と使用状況

7. 25GHz-10. 25GHz 帯において使用される海上レーダーは表 1 のとおりである。平成 17 年度報告書に比べて、空港周辺を航行する船舶を監視するため、空港内に設置して使用される Xバンド船舶レーダーとして船舶高情報表示装置が今回新たに対象として加わっている。

表 1 対象無線システム

	無線システム名	周波数帯	UWB マスク値 (dBm/MHz)
1	港湾・漁場監視レーダー	9410MHz、9740 MHz	-41.3dBm
2	レーダービーコン	9300~9500MHz	-41.3dBm
3	船舶高情報表示装置	9410 MHz	-41.3dBm

2 港湾・漁場監視レーダー

(1) 干渉検討の条件

表 2 に漁場・監視レーダーの無線局の諸元を示す。また、表 3 に干渉検討の条件を示す。

表 2 漁場・監視レーダーの無線局の諸元

利用形態による分類	9.5GHz から 9.8GHz の帯域内の陸上に固定して使用するレーダー
使用する周波数帯	9GHz 帯
変調中心周波数	9410MHz、9740 MHz
受信信号処理	アナログ信号処理
変調方式	パルス無変調 PON
アンテナ特性	空中線最大利得 35 dBi 水平ビーム幅 0.4°、垂直ビーム幅 19.0° (ニアフィールドは考慮せず)
IF 帯域幅	3 MHz (想定値)
許容干渉レベル (受信機入力端)	-104.77 dBm/MHz

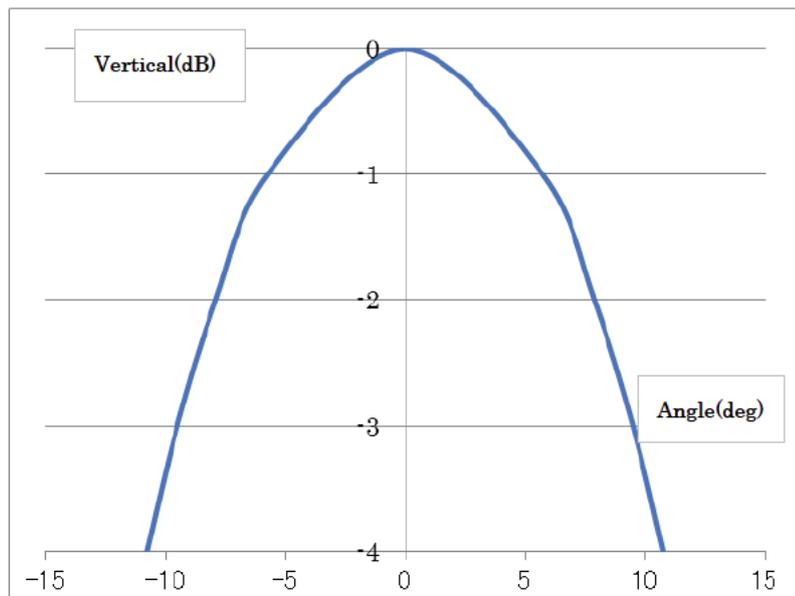
	最小受信感度 -100 dBm
	IF 帯域幅による換算値 -4.77 dB

表 3 干渉検討の条件

UWB 平均電力レベル	-41.3 dBm/MHz
壁による遮蔽損	12 dB
Aggregate 干渉評価における利用密度	50, 100, 200 デバイス/km ²
Aggregate 干渉評価における稼働率	5 %
レーダーアンテナ高	5 m (シングルエントリーのみ利得低下を考慮)
レーダーアンテナ特性	図 1 参照

【垂直パターン】

Angle(deg)	Vertical(dB)
-10.8	-4
-9.5	-3
-7.9	-2
-5.8	-1
0	0
5.8	-1
7.9	-2
9.5	-3
10.8	-4



【ニアフィールド特性予想】

距離 (m)	利得低下値 (dB)
5	-21.7
10	-18.5
15	-15.7
20	-15.2
25	-13.9
30	-13.4
35	-11.8
40	-11.8
50	-10.2
60	-9.7
70	-9.2
80	-8.2
90	-7.4
100	-6.9

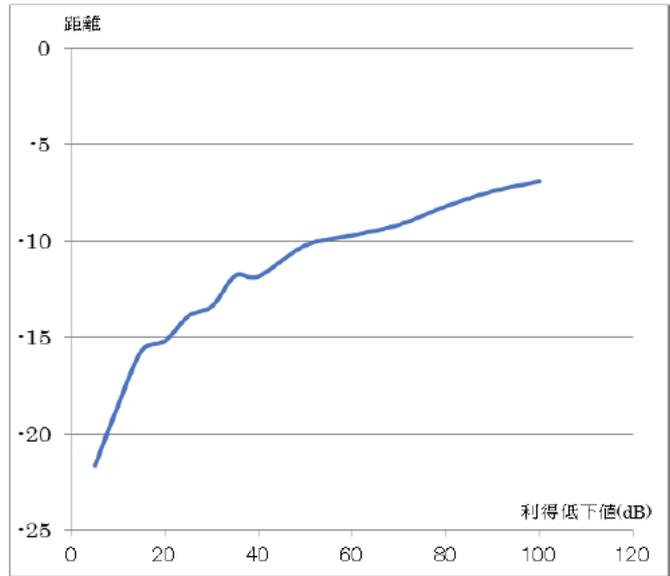
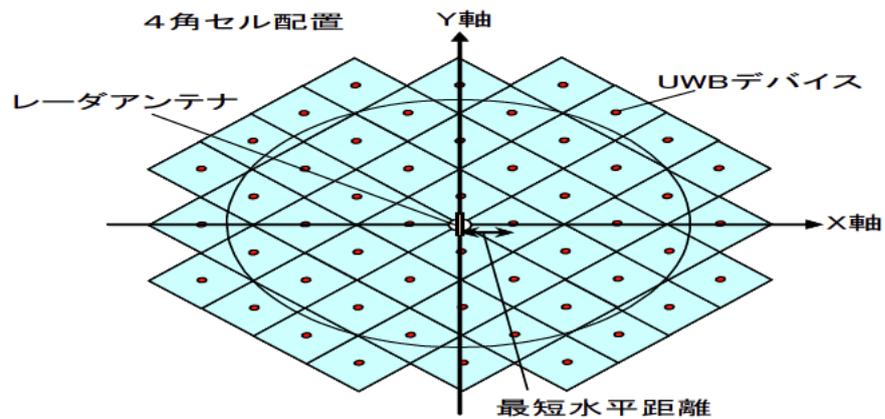


図1 仮定したレーダーアンテナ特性

(2) 干渉検討の手法

通信用途時とシングルエントリーでの検討を実施、さらに Aggregate における干渉検討を実施した。Aggregate における構成モデルは図2のとおり通信用途 UWB 無線システム時と同様とした。



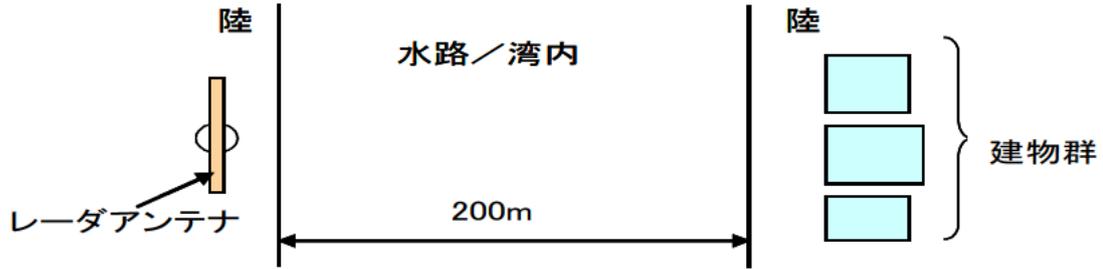
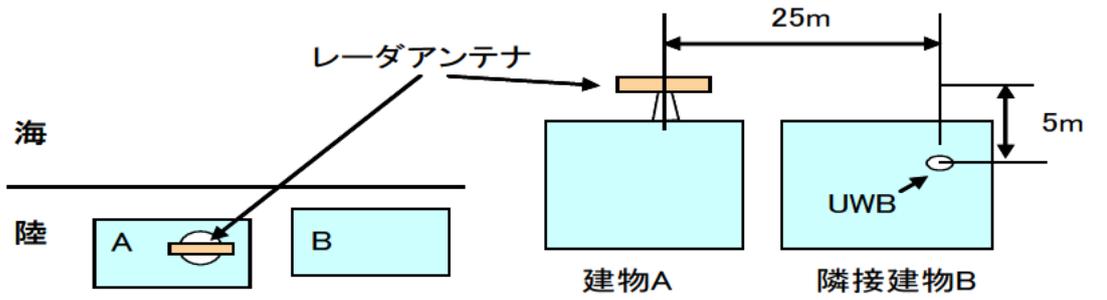


図2 Aggregateにおける構成モデル

(3) 干渉検討結果

・シングルエントリー

自由空間伝搬における離隔距離は、92.1mとなる。実際は、軸方向利得修正や俯角が見込まれるため実運用時の離隔距離はさらに短くなるものと考えられる。

・Aggregate

Aggregateにおける計算結果は以下のとおりである。

デバイス数/k m ²	必要離隔距離
50	149.4m
100	211.1m
200	298.2m

自由空間伝搬における離隔距離は、最大 200 デバイス/k m²において、298.2mとなる。実際は、1システム 10セルであり、10 デバイスを運用していることとなるため利用密度はさらに低くなること、軸方向利得修正や俯角が見込まれるため実運用時の離隔距離はさらに小さくなるものと考えられる。

(4) 干渉検討結果の考察

干渉検討結果からシングルエントリーの場合は、最大 92.1mの離隔距離が必要となる。また、複

数のセルが配置される Aggregate においては、298.2m の離隔距離が必要となる。センサー用途 UWB 無線システムにおいては、複数のセルが配置される場合は、自然離隔距離が発生することを考慮すれば、シングルエントリーの場合は共用可能と考えられる。

Aggregate については、自然離隔距離を除いても離隔距離が残るがインパルス方式であるセンサー用途 UWB 無線システムは、対レーダーに対しては、平成 17 年度報告書同様、近傍の UWB 無線システムが一番影響をうけるものと考えられるため、シングルエントリーのみを考慮することとした。また、平成 17 年度報告書から、ファーフィールド（200m 対岸からの干渉）を考えた場合、近似的に半径 200m 以遠の干渉量 -117.8dB/MHz を用いるとすると、 12.8dB のマージンが得られることが分かっている。UWB 無線システムの需要密度は平成 17 年度報告書の予測よりかなり低くなっていることから、通信用途 UWB 無線システムとセンサー用途 UWB 無線システムが混在したとしても特段問題ないもの考えられる。このほか、海上レーダーの近傍に UWB 無線システムが設置された場合は、UWB 無線システム自体が影響を受けるものと推測される。このため、業務用として使用されるセンサー用途 UWB 無線システムを海上レーダー近傍に設置する場合は、海上レーダーからの影響を避けるため、シールド対策等の干渉を回避する手段が施されるものと考えられ、実運用時において海上レーダーに対する影響はさらに低くなると考えられる。

(5) 干渉検討結果の検証

上記設置例が全ての設置パターンを網羅しているわけではないので、更に確証を得るためには実証実験が必要と考える。また、今後新たな問題等が想定される時には、再度 UWB 無線システムの出力電力の見直しが必要である。

また、インパルス方式はレーダーに対する影響として尖頭電力に起因するものが大きいと考えられることから、平成 17 年度報告書と同様に PRF（パルス繰り返し周波数）をなるべく広く（理想は 10MHz 以上）とすることが望ましい。

(6) まとめ

- ・「港湾・漁場監視レーダー」について、単一 UWB 無線システムに対するシングルエントリー及び Aggregate 干渉検討を行った結果、インパルス方式の場合は海上レーダーの近傍に設置された UWB 無線システムを考慮すればよく、必要離隔距離内 (92.1m) にセンサー用途 UWB 無線システムが設置される可能性は少ないことから共用可能である。
- ・インパルス方式の UWB 無線システムについては、レーダーに対する尖頭電力の影響が考えられることから平成 17 年度報告書同様にパルス繰り返し周波数 PRF 10MHz 以上とすることが望まれる。

その時の尖頭電力は-41.3dBm 以下であることが望ましい。

- ・更に確証を得るためには実証実験が必要と考える。また、今後新たな問題等が想定される時には、再度 UWB 無線システムの出力電力の見直しが必要である。

3 レーダービーコン

(1) 干渉検討の条件

表 4 にレーダービーコンの無線局の諸元を示す。また、表 5 に干渉検討の条件を示す。

表 4 レーダービーコンの無線局の諸元

利用形態による分類	3.1 から 10.6GHz の帯域内の陸上に固定して使用するレーダー
使用する周波数帯	9300~9500MHz
変調周波数	同上
受信信号処理	アナログ信号処理
ベースバンド帯域幅	
変調方式	周波数アジャイル型 PON 低速掃引型 QON
シンボルレート	_____
誤り訂正方式	_____
インターリバーサイズ	_____

表 5 干渉検討の条件

UWB 平均電力レベル	-41.3 dBm/MHz
壁による遮蔽損	12 dB
許容干渉レベル	-53dBm/MHz

(2) 干渉検討の結果

許容干渉レベルが-53dBm/MHz と高いことから離隔距離はおおよそ 0m となっており、共用可能である。

4 船舶高情報表示装置（Xバンド船舶レーダー）

UWB 無線システムは船舶内での使用は禁止されている。今回のセンサー用途 UWB 無線システムは、船舶持ち込むことは通常想定されないため、Xバンド船舶レーダーについて考慮する必要はないが、空港周辺を航行する船舶を監視するレーダーとしてXバンド船舶レーダーを陸上で使用しているため当該設装置を対象として検討を行った。

(1) 干渉検討の条件

表 6 に「Xバンド船舶レーダー」の無線局の諸元を示す。また、表 7 に干渉検討の条件、図 4 にニアフィールドのアンテナ利得を使用する条件を示す。

表 6 Xバンド船舶レーダーの無線局の諸元

利用形態による分類	9.3GHz から 9.5GHz の帯域内の海上で使用するレーダー
使用する周波数帯	9GHz 帯
変調中心周波数	9410 MHz、
変調方式	パルス無変調 PON
受信信号処理	アナログ信号処理
アンテナ特性	空中線最大利得 28.5 dBi 水平ビーム幅 1.2°、垂直ビーム幅 22°
許容干渉レベル (受信機入力端)	-110dBm/MHz
	内訳： 許容干渉レベルの基準値 -105 dBm/MHz
	基準値からの低減値 -6 dB
	給電線損失 1 dB

表 7 干渉検討の条件

UWB 平均電力レベル	-41.3 dBm/MHz
壁による遮蔽損	12 dB
Aggregation 干渉評価における利用密度	50, 100, 200 デバイス/km ²
Aggregation 干渉評価における稼働率	5 %
干渉モデル	稼働している UWB 無線システムを 4 角セルの中心に配置
レーダーアンテナ高	15 m
レーダーアンテナ特性	図 4-4 参照

仮定したレーダーアンテナ特性

【ニアフィールドにおける利得減衰量と受信電力】

距離(m)	利得減衰量(dB)	受信電力 dBm)
5	-8.9	-94.5
10	-5.7	-97.4

15	-4.5	-99.7
20	-3.2	-100.9
25	-2.2	-101.9
30	-1.6	-102.9
35	-1.2	-103.8
40	-0.932	-104.7
50	-0.604	-106.3
60	-0.422	-107.7
70	-0.311	-108.9
80	-0.238	-110
90	-0.188	-111
100	-0.152	-111.9

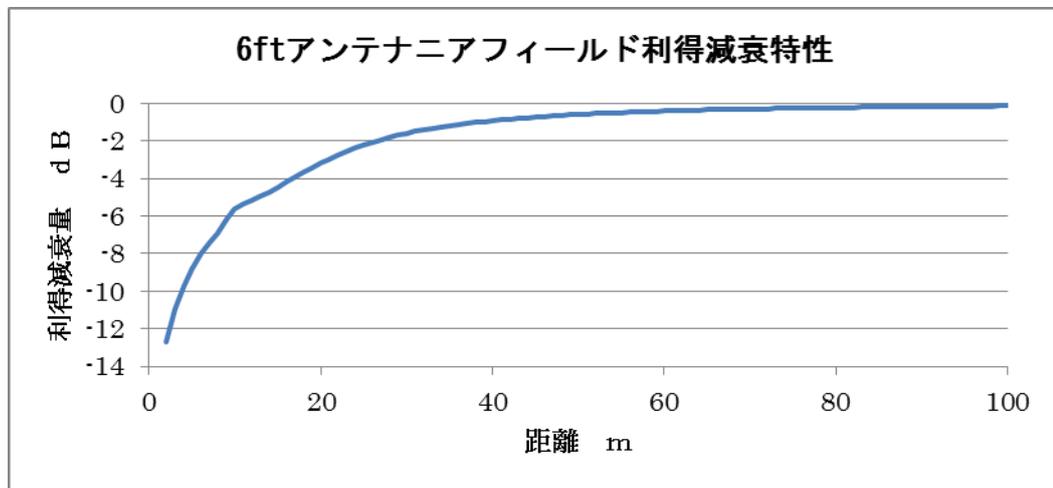


図3 アンテナ特性

【ニアフィールドにおける受信電力】

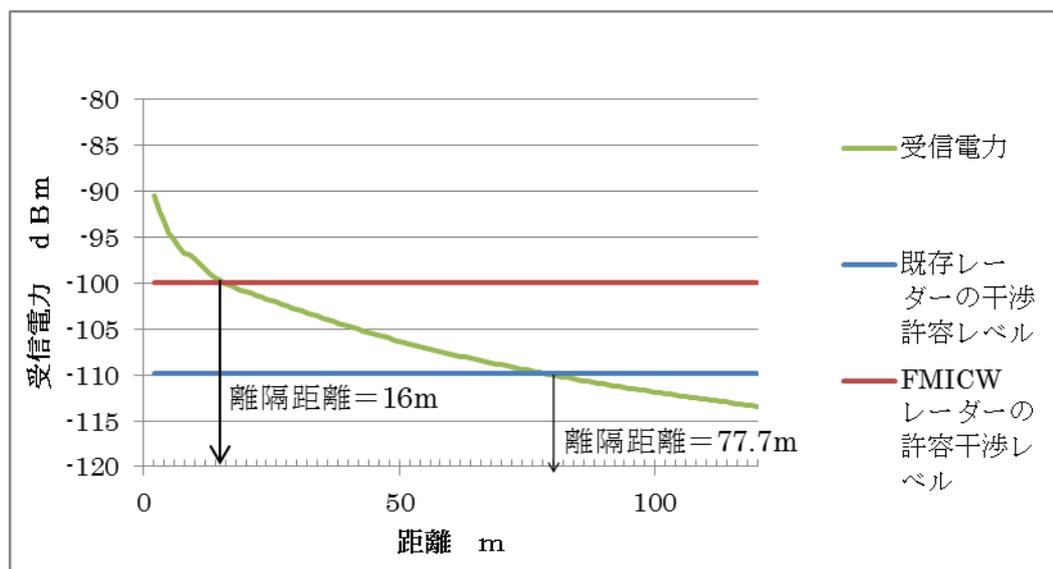


図4 ニアフィールドのアンテナ利得を使用する条件

(2) 干渉検討結果及び考察

海上レーダー同様、インパルス方式の UWB 無線システムは、海上レーダーに対する近傍のものが影響を受けるため、シングルエントリーのみの結果から考察することとした。自由空間伝搬における離隔距離は、80.21m となる。これにニアフィールドの利得減衰を考慮した場合は、表 8 のとおり 77.7m となる。さらに実運用時においては、軸方向利得修正や俯角が見込まれるため実運用時の離隔距離はさらに小さくなるものと考えられる。また、センサー用途 UWB 無線システムにおいては、複数のセルが配置される場合は、自然離隔距離が発生することを考慮すれば共用可能である。ただし、今後新たな問題等が想定される時には、再度 UWB 無線システムの出力電力の見直しが必要である。

表 8 離隔距離 $< 2L^2/\lambda$ の場合、ニアフィールドのアンテナ利得を使用する。

L:アンテナ長、 λ :波長

	ファーフィールド	ニアフィールド
$2L^2/\lambda$	203 m	
離隔距離	—	77.7 m

(3) Xバンド船舶レーダーに対する UWB の条件

船舶にセンサー用途 UWB 無線システムが設置されることは一般的に想像できないが、レアなケースを想定して平成 17 年度報告書同様、船舶での使用を禁止することが適当である。その場合において、通信用途 UWB 無線システム同様船舶での使用禁止の効果的な運用としてセンサー用途 UWB 無線システムが搭載された機器には、屋内限定の注意書きやラベルを貼付することを義務化することが適当であると考えられる。

5 その他

また、干渉検討の対象とはならないが船舶用レーダーとして今後、開発が進み市場導入が見込まれている FMICW レーダー*についても検討を行った。

*FMICW レーダーは送信にパルス角度変調波を用い、受信に反射波と送信波を合成して得られたビート信号を用いるレーダーシステムである。従来のパルスレーダーに比べ衝撃係数(デューティ比)が大きくパルス長が長いため、送信の尖頭電力も平均電力も小さい特徴がある。このため、送信器の固体化、小型化、長寿命化が容易である。今後、プレジャーボートや遊漁船などの小型レーダー市場に有望であると考えられている。

(1) 干渉検討の条件

表 9 に「FMICW レーダー」の無線局の諸元を示す。また、表 10 に干渉検討の条件を示す。

表9 FMICE レーダーの諸元

利用形態による分類	9.3GHz から 9.5GHz の帯域内の海上で使用するレーダー
使用する周波数帯	9GHz 帯
変調中心周波数	9400 MHz、
周波数変調の幅	1 MHz
変調方式	QON
受信信号処理	デジタル信号処理
アンテナ特性	空中線最大利得 28.5 dBi 水平ビーム幅 1.2°、垂直ビーム幅 22°
許容干渉レベル（受信機入力端）	-105 dBm/MHz
	内訳： 許容干渉レベルの基準値 -100 dBm/MHz (-130dBm/kHz を 1MHz へ換算した値) 基準値からの低減値 -6 dB 給電線損失 1 dB

表10 干渉検討の条件

UWB 平均電力レベル	-41.3 dBm/MHz
壁による遮蔽損	12 dB
Aggregation 干渉評価における利用密度	50, 100, 200 デバイス/km ²
Aggregation 干渉評価における稼働率	5 %

(2) 干渉検討結果

シングルエントリーでの検討結果の離隔距離は 26m であり、現在の X バンド船舶レーダーの 80.21m よりも小さいことから X バンド船舶レーダーが共用可能であれば、陸上に設置されたとしても共用可能と考えられる。また、ニアフィールドの利得減衰を考慮した場合の離隔距離は表 11 のとおり 16m となる。

表 11 離隔距離 $< 2L^2/\lambda$ の場合ニアフィールドのアンテナ利得を使用する。

L : アンテナ長、 λ : 波長

	ファーフィールド	ニアフィールド
$2L^2/\lambda$	203 m	
離隔距離	—	16.0 m

航空・気象レーダーとの共用条件について

1 航空・気象レーダーシステムの概要と使用状況

7. 25GHz を超え 10. 25GHz 以下において使用される航空・気象レーダーは以下のとおりである。

- (1) Xバンド可搬型気象レーダー：降雨の範囲、強さ等の観測。
- (2) 小型レーダー雨量計：土石流対策のため、一定の範囲について観測。
- (3) 精測進入レーダー：滑走路に進入中の航空機について観測。
- (4) 航空機搭載用気象レーダー(WX RDR)：降雨の範囲、強さ等の観測。

7. 25GHz を超え 10. 25GHz 以下において使用される航空・気象レーダーの対象周波数帯及び対象周波数帯における UWB マスク値を表 1 に示す。

表 1 対象無線システム

	無線システム名	周波数帯 (MHz)	UWB マスク値
1	Xバンド可搬型気象レーダー	9770、9810	-41. 3dBm/MHz
2	小型レーダー雨量計	9710~9790	-41. 3dBm/MHz
3	精測進入レーダー装置	9100	-41. 3dBm/MHz
4	航空機搭載用気象レーダー (WX RDR)	9333. 11 9354. 69 から 9366. 12 までの 1. 27MHz 間隔の 周波数 10 波	-41. 3dBm/MHz

平成 17 年度報告書と比較して、空港に設置されている精測進入レーダー装置を新たに検討対象局としている。航空機搭載用気象レーダー (WX RDR) は航空機に搭載されたものであり、航空機に UWB 無線システムを搭載することは禁止されているため、今回の干渉検討では対象外である。センサー用途 UWB 無線システムが航空機に設置されることは通常想定されないが、万一の場合を考慮して通信用途 UWB 無線システム同様、航空機での使用を禁止することが適当であるとした。その場合において、平成 17 年度報告書同様、航空機での使用禁止の効果的な運用として UWB 無線システムが搭載された機器には、屋内限定の注意書きやラベルを貼付することを義務化することが適当であるとする。

2 干渉検討の手法

シングルエントリー及び Aggregate における干渉検討を実施した。

Xバンド可搬型気象レーダー及び小型レーダー雨量計については、米国 National

Telecommunications and Information Administration (NTIA) において用いられた UWB Rings シミュレーションモデルに基づき、当該システムの Aggregate を考慮した場合の共用条件を検討した。共用検討として、各システムにおいて必要とされる UWB 無線システムの離隔距離を平均電力密度により評価した。ここで、Xバンド気象レーダー及び小型レーダー雨量計については、平成 17 年度報告書同様、尖頭電力における UWB 無線システムからの干渉が懸念されることからワーストケースとして尖頭電力を平均電力から 10dB 増加した -31.3dBm/MHz 尖頭電力値として離隔距離を算出した。

3 Xバンド可搬型気象レーダー

(1) 干渉検討の条件

Xバンド可搬型気象レーダーについては、天頂観測用 X-band レーダー及び筑波無線標定移動局の 2 局を対象として干渉検討を行った。表 2 に無線局の諸元及び干渉検討の条件を示す。

表 2 無線局の諸元及び干渉検討の条件

		天頂観測用 X-band レーダー	筑波無線標定移動局
局種		無線標定移動局	無線標定移動局
周波数 (MHz)		9770	9810
送信出力 (kW)		20	40
変調方式 (パルス変調)	変調の形式	無変調パルス列	無変調パルス列
	変調信号	なし	なし
	伝送情報	なし	なし
	パルス幅 (μs)	0.2~1.0	0.2~1.0
パルス繰返し周波数 (Hz)		1200 以下	1200 以下
アンテナゲイン (dBi)		38	36
アンテナビーム幅	水平 (度)	2	2
	垂直 (度)	2	2
偏波		水平偏波	水平偏波
最低アンテナ仰角 (度)		-2	-2
アンテナ地上高 (m)		1.3	3
システム雑音指数 NF (dB)		3.5	3.5
システムロス	送信 (dB)	4.1	5.5
	受信 (dB)	3.4	6.7
IF 帯域 (MHz)		6.5	6.5
最小受信感度 S_{min} (dBm/MHz)		-103	-103

保護基準 (dB)	-5 当該レーダー装置の干渉波除去信号処理(平均化処理)により最小 5dB の干渉波抑圧が期待されるため従来の保護基準である-10dB から-5dB を緩和。
UWB の利用密度	最大 200 デバイス/km ² Rin*=0.1km Rout=20km
稼働率	5%UWB Rings のシミュレーションに稼働率の規定がなく、アクティブデバイス数での評価となるため実際のデバイス密度は上記の利用密度に稼働率の逆数をかけて端末数を推定する。 ・稼働率 5%時の端末数 アクティブデバイス数×1/0.05 デバイス/km ²
壁損	12dB

* Rin:UWB 無線システムとの離隔距離半径

中心周波数を 9.8GHz とした場合の、UWB 無線システムの出力量について、尖頭電力と平均電力の関係を図 1 に示す。示したグラフである。RBW を 1MHz としたときには、尖頭電力と平均電力の差は 10dB 以下となる。ここでは、ワーストケースを考慮するために、尖頭電力を平均電力から 10dB 高いものとして、-31.3dBm/MHz の値の尖頭電力により共用条件を検討した。

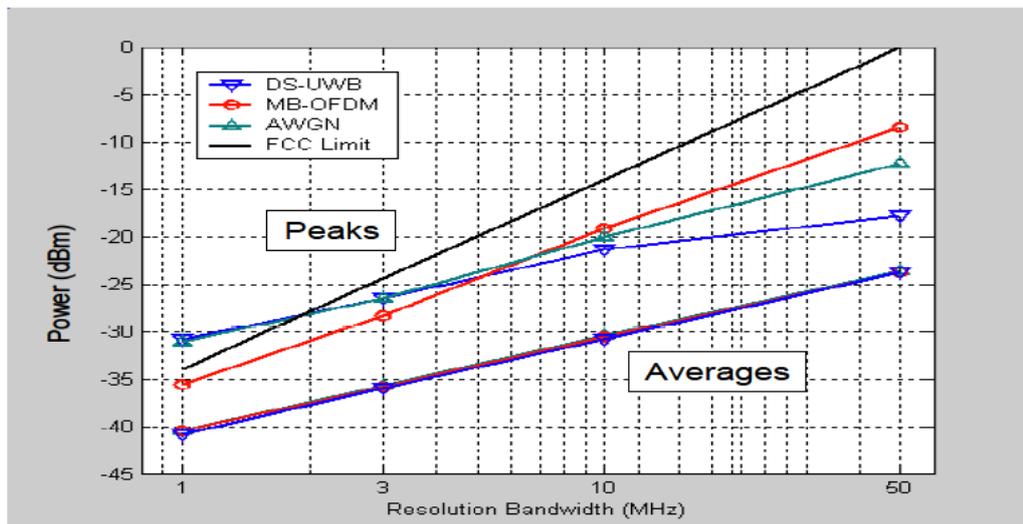


図 1 平均電力と尖頭電力の比較

(2) 干渉検討結果及び考察

- ・シングルエントリー

見通し伝搬におけるシングルエントリーにおいての離隔距離は、126.4mである。ここで、レーダーの指向性、設置地上高（3~13m）および周辺環境、観測仰角（-0.2度以上）を考慮すると、アンテナ指向方向の必要離隔距離内にセンサー用途UWB無線システムを使用する工場等の施設は存在しないと考えられるため、共用は可能と考えられる。

・ Aggregate

天頂観測用 X-band レーダーは設置高が 1.3m と低く、UWB 無線システムの設置高とほぼ同一であるため気象レーダー側のアンテナ仰角及び Rin により干渉レベルが大きく変動する。

シミュレーションにおいては仰角を-2, 0, +2deg、Rin=0.1km に設定し、干渉波レベルが最大となる仰角を推定し、0deg において最大となることを確認した（図 2、図 3 及び図 4 参照）。

仰角を 0deg に設定した場合の許容される UWB 無線システムのアクティブデバイス数はシミュレーション結果より 10 デバイス/km²となる。UWB 無線システムの稼働率を 5%とすると許容されるデバイス数は 200 デバイス/km²となり、想定される利用密度の最大である 200 デバイス/km²と同一の値となり、共用条件は満たすものとする。

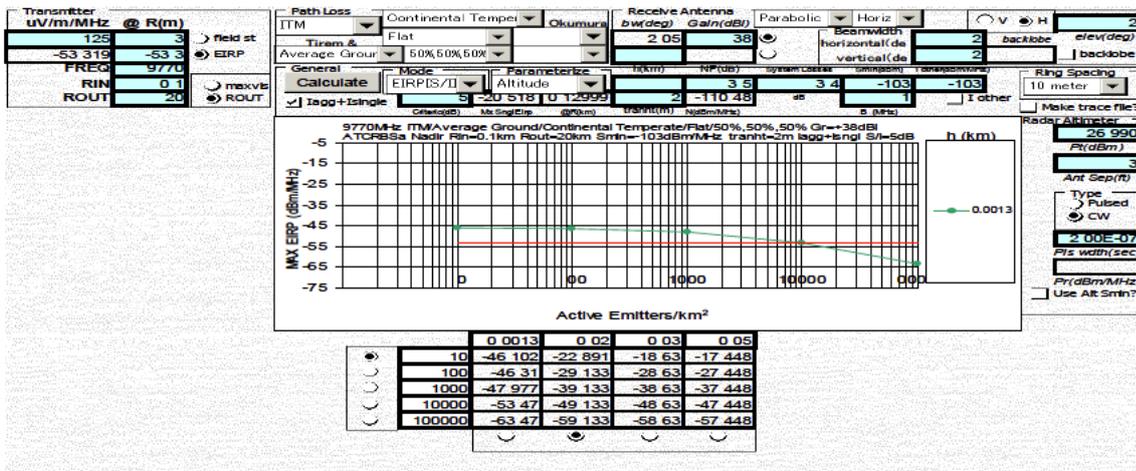


図 2 天頂観測用 X-band レーダ(仰角+2deg)に対する共用条件検討結果

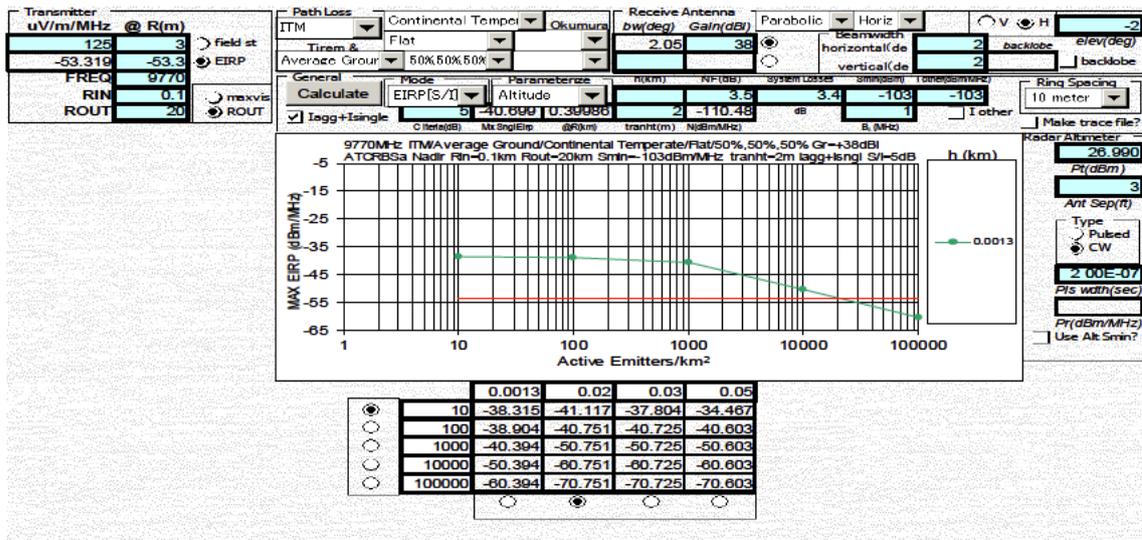


図3 天頂観測用 X-band レーダ(仰角-2deg)に対する共用条件検討結果

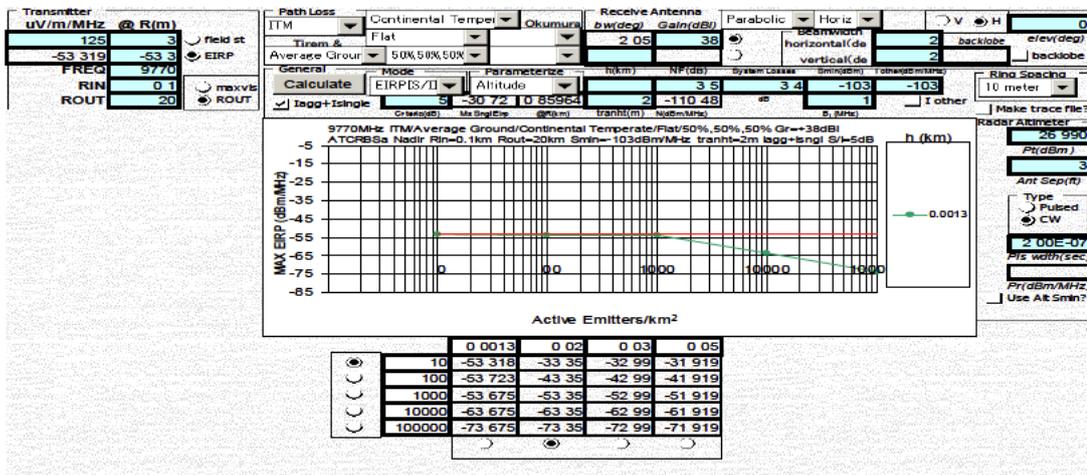


図4 天頂観測用 X-band レーダ(仰角0deg)に対する共用条件検討結果

筑波無線標定移動局は設置高が3mと低く、UWB無線システムの設置高とほぼ同一であるため気象レーダー側のアンテナ仰角及びUWB無線システムとのRinにより干渉レベルが大きく変動する。

シミュレーションにおいては仰角を-2, 0, +2deg、Rin=0.1kmに設定し、干渉波レベルが最大となる仰角を推定し、-0.5degにおいて最大となることを確認した(図5、図6及び図7参照)。

仰角を-0.5degに設定した場合の許容されるUWB無線システムのアクティブデバイス数はシミュレーション結果より1800デバイス/km²となる。UWB無線システムの稼働率を5%とすると許容されるデバイス数は36000デバイス/km²となり、想定される利用密度の最大である200デバイス/km²をはるかに超えるため、共用条件は満たすものとする。

両レーダーとUWB無線システムとの離隔距離はRin=0.1kmの条件から100mを確保する必要があるが、センサー用途UWB無線システムにおいては自然離隔距離が発生することから問題ないものと

考えられる。

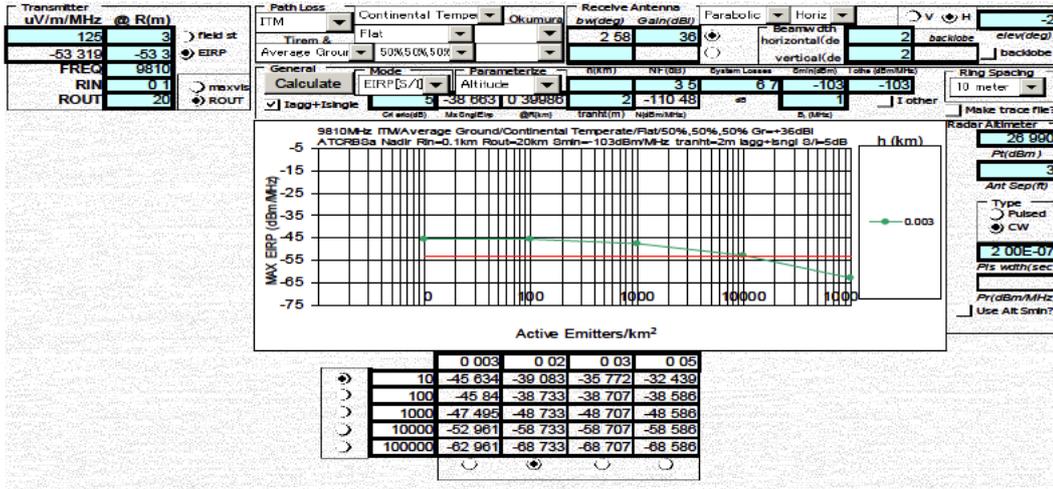


図5 筑波無線評定移動局(仰角-2deg)に対する共用条件検討結果

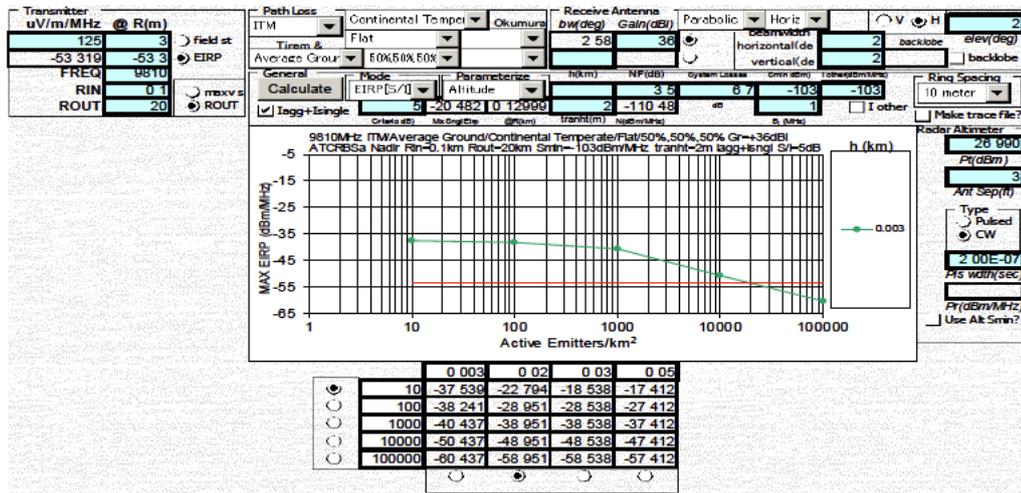


図6 筑波無線評定移動局(仰角+2deg)に対する共用条件検討結果

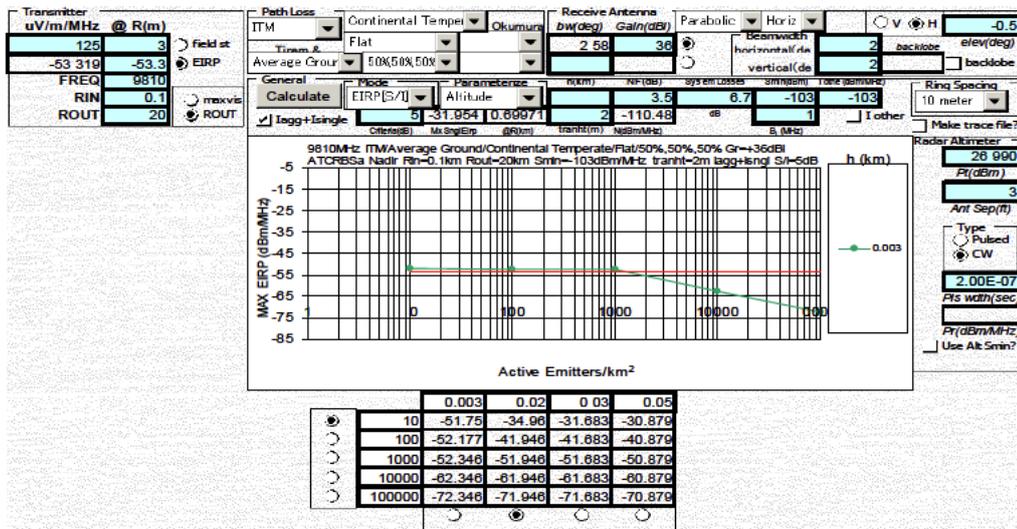


図7 筑波無線評定移動局(仰角-0.5deg)に対する共用条件検討結果

4 小型レーダー雨量計

(1) 干渉検討の条件

表 3 に小型レーダー雨量計の諸元及び干渉検討の条件を示す。

表 3 小型レーダー雨量計のシステム諸元

周波数 (MHz)	システム数
9710～9790	41
アンテナゲイン (dBi)	44 (Parabolic)
アンテナビーム幅	水平 1.2 度 垂直 1.2 度
偏波	水平偏波
アンテナ仰角 (度)	0
アンテナ地上高 (m)	10～50
伝搬モデル	ITM (50%50%50%)
システム NF (dB)	1.4
システムロス (dB)	3
IF 帯域 (MHz)	1.2
感度 (dBm/MHz)	-113
保護基準 (dB)	-5 当該レーダー装置の干渉波除去信号処理(平均化処理)により最小 5dB の干渉波抑圧が期待されるため従来の保護基準である-10dB から-5dB を緩和した。
UWB の利用密度	最大 200 デバイス/km ² Rin=0.01km Rout=20km
稼働率	5% UWB Rings のシミュレーションに稼働率の規定がなく、アクティブデバイス数での評価となるため実際のデバイス密度は上記の利用密度に稼働率の逆数をかけてデバイス数を推定する。 ・稼働率 5%時の端末数 アクティブデバイス数×1/0.05 デバイス/km ²
壁損	12dB

中心周波数を 9.74GHz とし、図 1 のとおり、Xバンド可搬型気象レーダーと同様、尖頭電力を平均電力から 10dB 高いものとして、-31.3dBm/MHz の値の尖頭電力により共用条件を検討した。

(2) 干渉検討の結果及び考察

・シングルエントリー

見通し伝搬におけるシングルエントリーにおいての離隔距離は、840.3mである。ここで、レーダーのアンテナが狭指向性であること、設置周辺環境を考慮すると、アンテナ指向方向の必要離隔距離内に一般の家屋や大規模工場は存在しないと考えられるため、共用は可能と考えられる。

・Aggregate

図8に小型レーダー雨量計のシミュレーション結果を示す。小型レーダー雨量計のアンテナ設置高を10~50mとした場合、許容されるUWB無線システムのアクティブデバイス数はシミュレーション結果よりそれぞれ25~90デバイス/km²となる。

UWB無線システムの稼働率を5%とすると許容されるデバイス数は500~1800となり、想定される利用密度の最大である200デバイス/km²を満足するため共用条件は満たすものと考えられる。

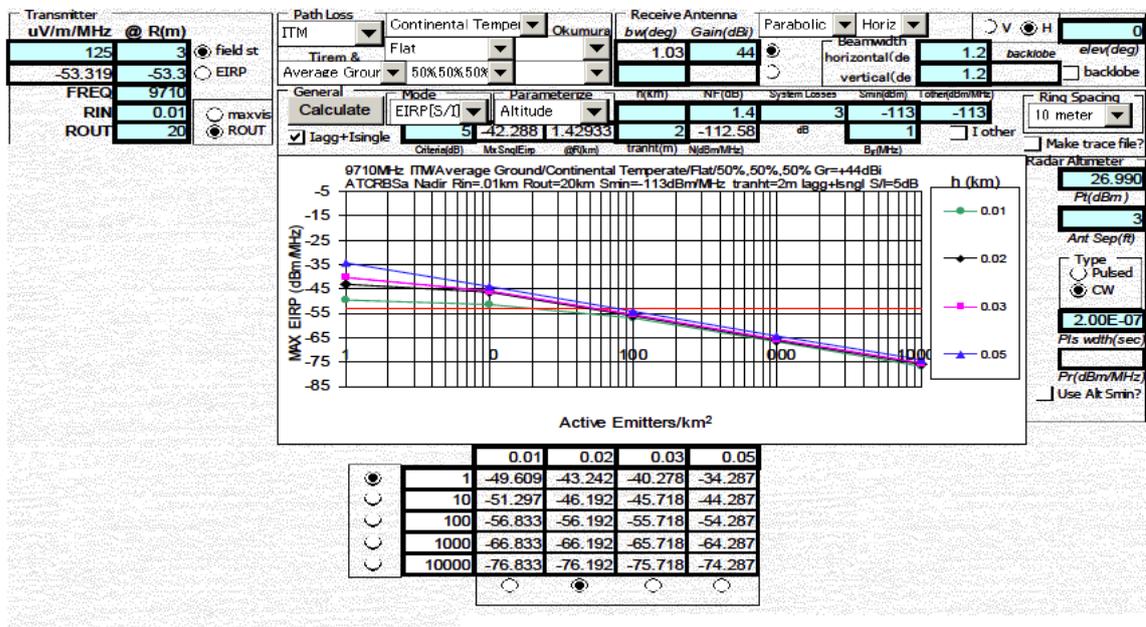


図8 小型レーダー雨量計のシミュレーション結果

5 精測進入レーダー装置

(1) 干渉検討の条件

表4に精測進入レーダー装置の諸元及び干渉検討の条件を示す。

表4 精測進入レーダー装置の諸元及び干渉検討の条件

周波数(MHz)	局数
9000~9180	1
利用形態による分類	9000~9200MHz 無線航行陸上局(PAR)

使用する周波数帯	9GHz 帯
送信周波数	9100 MHz
変調方式	パルス無変調 PON
アンテナ特性	空中線最大利得 41 dBi
許容受信入力値	-102dBm
給電線損失	0.3dB

中心周波数を 9.1GHz とし、UWB 無線システムの電力の尖頭電力を平均電力から 10dB 高いものとして、-31.3dBm/MHz の値の尖頭電力により共用条件を検討した。

(2) 干渉検討の結果及び考察

設置個所が全国で 1 箇所しかないこと、空港内に設置するものであることから、Aggregate の検討は行わず、シングルエントリーのみ検討を行い、かつ、設置場所において UWB 無線システムとの共用検討を行った。

見通し伝搬におけるシングルエントリーにおけるの離隔距離は、561m である。シングルエントリーの検討結果においては離隔距離が生じるものの、当該レーダーは数百メートルの滑走路方向にメインビームを向けている物であり、メインビーム方向以外は空中線パターンにおいて減衰することとなる。これらの範囲に、UWB 無線システムを設置する一般の家屋や大規模工場は存在しないと考えられるため共用可能であると考えられる。

【参考資料】

[1] NTIA Special Publication 01-43 "Assessment of compatibility between ultrawideband devices and selected federal systems"

[URL:http://www.ntia.doc.gov/osmhome/reports/uwb/uwb.pdf](http://www.ntia.doc.gov/osmhome/reports/uwb/uwb.pdf)

UWBRings シミュレーション

[URL:http://www.ntia.doc.gov/osmhome/reports/uwb/excelsheets.html](http://www.ntia.doc.gov/osmhome/reports/uwb/excelsheets.html)

[2] IEEE802.15-05-262r0 "Peak power margin for UWB waveforms"

衛星局・地球局との共用条件について

1 干渉対象無線局

衛星局・地球局の干渉検討では以下の無線局について検討を行った。

- ・ 移動衛星業務地球局
- ・ 宇宙研究業務地球局
- ・ 地球探査衛星業務(宇宙から地球)地球局
- ・ 地球探査衛星業務(受動)人工衛星局
- ・ 地球探査衛星業務(能動)人工衛星局 (参考)

2 干渉対象無線局の概要

(1) 移動衛星業務地球局

無線局の概要

利用形態による分類	移動衛星業務
使用する周波数帯	7250～7375MHz (ダウンリンク) 及び 7900～8025MHz (アップリンク)
変調中心周波数	上述周波数内にて不特定
受信信号処理	アナログ及びデジタル
ベースバンド帯域幅	上述周波数内にて不特定
アンテナ特性	JMCS 系衛星網の ITU ファイリング値を使用

無線局の諸元

受信周波数	7250～7375MHz
許容干渉レベル	-133.8dBm/MHz
利用状況	<ul style="list-style-type: none"> ・ 運用局数：数百局 ・ 移動範囲：全国 ・ 用途：主に屋外で利用し、公道など移動中も利用、上述周波数内にて不特定

(2) 宇宙研究業務地球局

無線局の概要

利用形態による分類	宇宙研究業務
使用する周波数帯	8400～8450MHz (ダウンリンク:SRS 深宇宙) 8450～8500MHz (ダウンリンク:SRS)
受信信号処理	アナログ及びデジタル

アンテナ特性	ITU のファイリング値または Rec. ITU-R S. 465
--------	-----------------------------------

無線局の諸元

受信周波数	①8400～8450MHz (ダウンリンク:SRS 深宇宙) ②8400～8450MHz (ダウンリンク:SRS)
許容干渉レベル	① -221 dB(W/Hz) 時間率 0.001% (Rec. ITU-R SA 1157) ② -216 dB(W/Hz) 時間率 0.1% (無人ミッション) 時間率 0.001% (有人ミッション) (Rec. ITU-R SA. 609)
利用状況	<ul style="list-style-type: none"> ・ 運用局数 (国内のみの局数) : 下記のとおり ・ 展開範囲 (国内 JAXA 局のみ記載) : 内之浦 (鹿児島県)、臼田 (長野県)、勝浦 (整備予定) ・ 用途 : SRS 衛星が地球局の可視域にいる時間帯にのみ地球局に向けてテレメトリ・観測データの送信を行う。

(3) 地球探査衛星業務(宇宙から地球)地球局

無線局の概要

利用形態による分類	地球探査衛星業務
使用する周波数帯	8025～8400MHz (ダウンリンク)
変調中心周波数	上述周波数内にて不特定
受信信号処理	アナログ及びデジタル
変調方式	不特定(主に OQPSK)
アンテナ特性	ITU のファイリング値または Rec. ITU-R S. 580/Rec. ITU-R S. 465

JAXA 無線局の諸元

受信周波数	8025-8400MHz
許容干渉レベル	(ダウンリンク:地球局の保護基準) -148 dBW per 10 MHz 時間率 20% (長期間) -133 dBW per 10 MHz 時間率 0.0050% (短期間) ※Rec. ITU-R SA. 1027 上述周波数内にて不特定
利用状況	<ul style="list-style-type: none"> ・ 運用局数 (国内のみの局数) : 十数局 ・ 設置形態 : 固定地点設置及び可搬移動設置 ・ 国内 JAXA 局の展開例 : 勝浦、鳩山、つくば ・ 用途 : 地球観測衛星が地球局の可視域にいる時間帯にのみ地球局に向けて観測データの送信を行う。

他の地球探査衛星業務無線局（ASNARO シリーズ（*））

・データ送信用人工衛星局の諸元

利用形態による分類	地球探査衛星業務
使用する周波数帯	8025～8400MHz（ダウンリンク）
変調中心周波数	主に 8180MHz
受信信号処理	デジタル信号処理
必要周波数帯域幅	300MHz
変調方式	主に 16QAM または QPSK
シンボルレート	主に 216.28Msps（多値変調における 1 シンボルのレート）
誤り訂正方式	リードソロモン符号
インターリーバサイズ	N/A
送信アンテナ特性	指向性アンテナ
利用状況	地球観測衛星が受信地球局の可視域にいる時間帯のみ、地球局に向けて観測データの送信を行う。
軌道高度	504km

データ受信地球局の諸元

利用形態による分類	地球探査衛星業務
受信周波数	8025-8400MHz（ダウンリンク）
許容干渉レベル	（受信地球局の保護基準、Rec. ITU-R SA. 1027） -148 dBW per 10 MHz 時間率 20%（長期間） -133 dBW per 10 MHz 時間率 0.0050%（短期間）
利用状況	・運用局数（日本国内の局数）：十数局（固定地点の受信局が数局程度、移動可能な受信局が数局程度） ・地球観測衛星が地球局の可視域にいる時間帯のみ、地球局に向けて観測データの送受信を行う。
受信アンテナ特性	Rec. ITU-R S. 465

（*）ASNARO 衛星とは、経済産業省及び（財）宇宙システム開発利用推進機構（USEF）が開発推進中の高性能小型地球観測衛星シリーズを言う。当面 400kg 級の光学衛星（ASNARO1）とレーダー衛星（ASNARO2）がラインアップされており、高度 500km 程度の低軌道を周回して地表を高分解能で観測することができる。なお、ASNARO1 は 2013 年、ASNARO2 は 2015 年打ち上げ予定。

(4) 地球探査衛星業務(受動)人工衛星局
既存の無線局の概要及び諸元

利用形態による分類	地球探査衛星（受動） 衛星搭載型マイクロ波放射計
使用する周波数帯 (p: 1次で能動と共用、P: 1 次で受動と共用、s: 2次)	6.425-7.25 GHz 10.6-10.7 GHz (10.6-10.68p, 10.68-10.7P)
変調中心周波数	N/A
受信信号処理	アナログ信号処理
ベースバンド帯域幅	200 MHz (6.9GHz 帯) 100 MHz (10.7GHz 帯)
変調方式	N/A
シンボルレート	N/A
誤り訂正方式	N/A
インターリーブサイズ	N/A
アンテナ特性	オフセットパラボラアンテナ
干渉許容レベル	-172 dBm/MHz (6.9GHz 帯) -176 dBm/MHz (10.7GHz 帯)
軌道高度 (typical として前回値)	700km
放射計視野面積 (typical として前回値)	2,553 km ² (6.9GHz 帯)、 1,162 km ² (10.7GHz 帯)

(5) 地球探査衛星業務（能動）人工衛星局（参考）

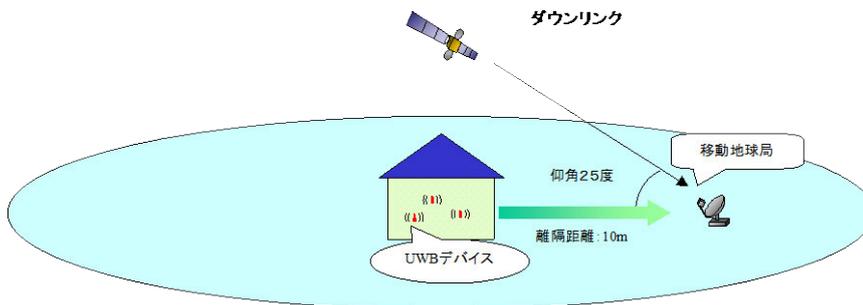
ASNAR02 SAR 人工衛星局の諸元

利用形態による分類	地球探査衛星（能動）、 衛星搭載型合成開口レーダー
使用する周波数帯	9.50-9.80 GHz
変調中心周波数	9.65 GHz
ベースバンド帯域幅	300MHz
変調方式	QON
アンテナ特性	パラボラアンテナ
アンテナ利得	46.0 dBi
干渉許容レベル (受信レーダー信号の保護基準)	-75 dBm/MHz (アンテナ出力端)
軌道高度	504km
地面上レーダー視野面積	150 km ² (オフナディア角 15 度)

3 干渉対象局の概要と使用状況

(1) 移動衛星業務地球局

UWB 無線システムと移動地球局 (移動衛星業務) の位置関係



検討条件

- ① UWB 無線システムは陸地のみが存在
- ② JMCS 系衛星網の中から最小開口径アンテナの移動地球局を選択
- ③ UWB 無線システムで用いるアンテナは無指向性
- ④ UWB 無線システムは室内のみで利用 (壁による減衰 12dB を想定)

(2) 宇宙研究業務地球局

(2) -1 深宇宙 SRS 地球局

- ・ 臼田地球局：深宇宙専用局

(位置) 北緯 36 度 07 分 57 秒 東経 138 度 21 分 46 秒

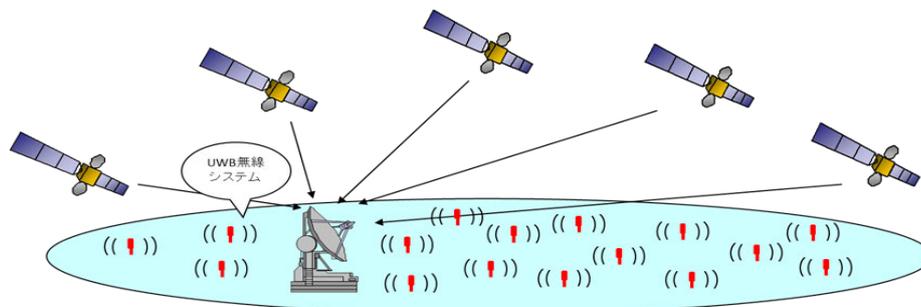
- ・ 内之浦地球局 (34m)：深宇宙、近地球 SRS (Space Research Service: 宇宙研究業務) 用地球局

(位置) 北緯 31 度 15 分 16 秒 東経 131 度 04 分 42 秒

(2) -2 近地球 SRS 地球局

- ・ 内之浦地球局 (20m)：深宇宙 SRS 地球局と近い場所に設置。他に、勝浦 (千葉)、増田 (種子島)、沖縄地球局もあるが、X-BAND の SRS に緊急用途で対応できるのは、勝浦のみとなる予定。

UWB 無線システムとの位置関係 (ダウンリンク) Xバンド



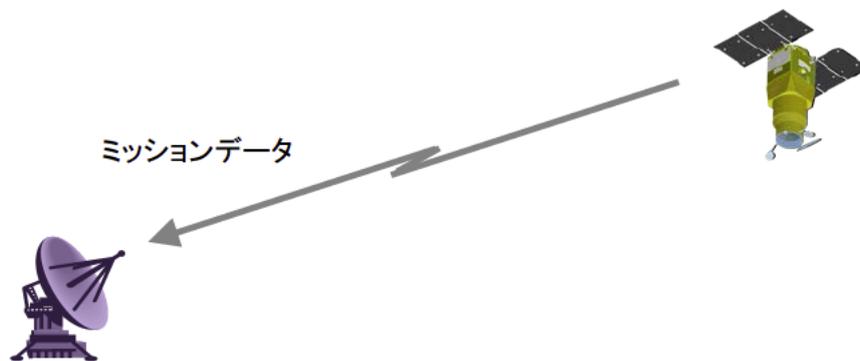
条件

- ① シングルエントリとして計算
- ② 地球局仰角は、ワーストケースとして地球局メインビームにUWB送信機が入る前提とした。

(3) 地球探査衛星業務(宇宙から地球)地球局

地球を周回する衛星上の能動検知器又は受動検知器を用いて取得した、地球の特性及びその自然現象に関する情報を関係通信網の地球局に配布するため、衛星が電波を発射して行う無線通信業務であり、JAXA 及び民間事業者が本業務を実施する。

1990 年代後半から現在まで、国内外の衛星がこの業務を行い、今後も各種の地球探査衛星が計画され、X 帯の周波数がしばしば使用される。



検討条件は、次のとおり：

- ① UWB 無線システムは陸地のみ存在
- ② UWB 無線システムで用いるアンテナは無指向性
- ③ UWB 無線システムは室内のみで利用（壁による減衰 12dB を想定）
- ④ 被干渉無線システムの周波数帯は、8025～8400MHz（ダウンリンク）
- ⑤ 被干渉無線システムのアンテナ特性は、Rec. ITU-R S. 465
- ⑥ 被干渉無線システムの許容干渉レベルは、Rec. ITU-R SA. 1027

(4) 地球探査衛星業務(受動)人工衛星局

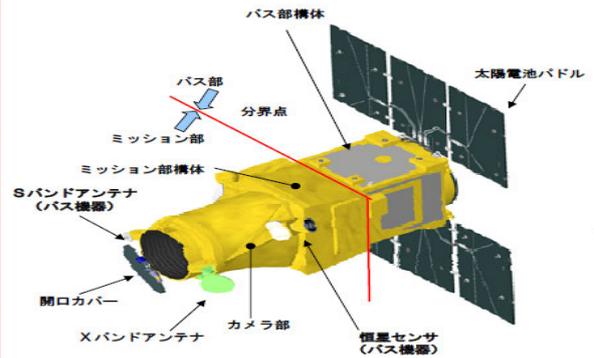
衛星に搭載された受動検知器を用いて、地球の特性及びその自然現象に関する情報を取得するため、衛星が電波を受信して行う無線通信業務のことである。

被干渉計算に当たって、地球探査衛星業務(受動)人工衛星局の受動センサーのパラメータは、2

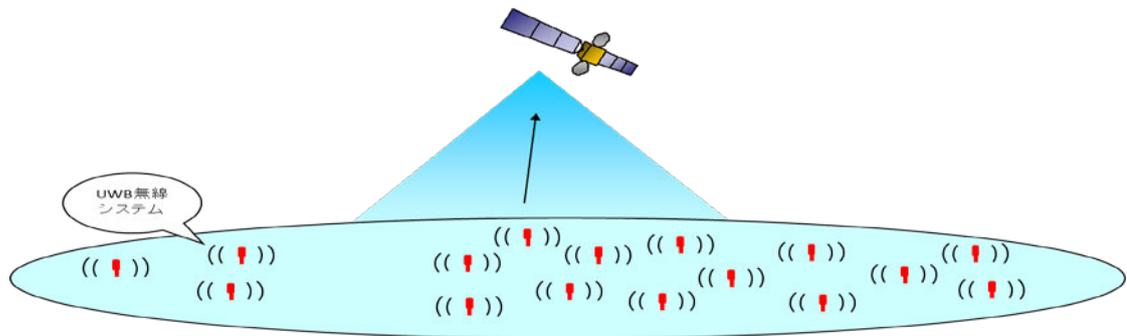
(4) 記載の値に基づく。

開発中の地球探査衛星業務(受動)の人工衛星の一例を以下に示す。

システム諸元	
ミッション - 光学センサ - データ伝送	パンクロ/マルチタイプ 分解能: 0.5m以下 (Pan, 高度504km) 観測幅: 10km Xバンド 16相QAM, 約800Mbps
撮像範囲 アジリティ	直下±45degのコーン内 90deg/90秒 (平均 1deg/秒)
打上 軌道	2013年 次期固体ロケット、H-IIA, Dnepr, Rokot 等の主要 ロケットに適合 太陽同期準回帰軌道 (高度504km) 軌道傾斜角: 97.4° 降交点通過太陽地方時刻: 11時
地球局	国内受信局 (地球局設備 + データセンター) および 可搬局、海外局を想定
設計寿命 運用期間	5年 3年以上 (目標5年)
質量	- バス 250kg (推測除く) - ミッション 200 kg - 推定 45kg <TOTAL> 495 kg
電力	発生電力: 1300 W (3年後) ミッション供給電力: 400 W



UWB 無線システムとの位置関係 (EESS 受動) 6-7GHz 帯

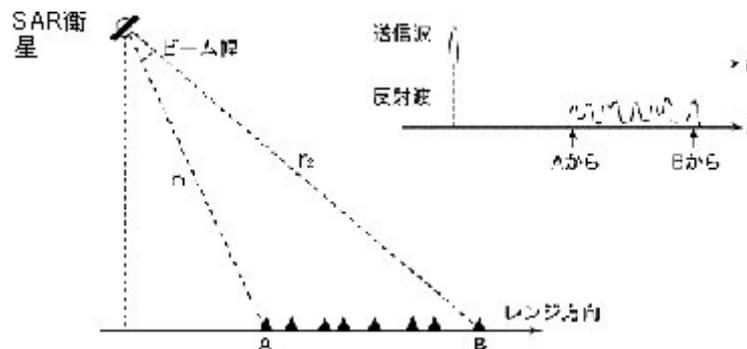


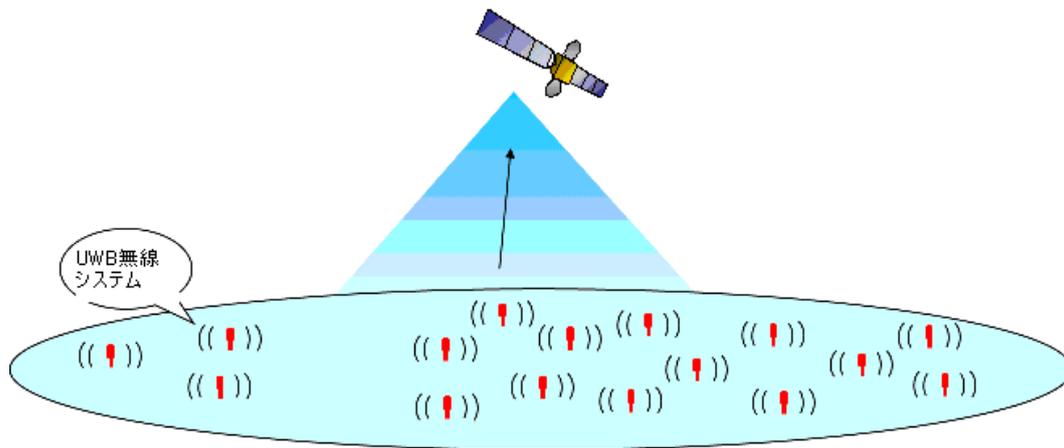
条件

- ① 受動センサ(放射計)の視野面積にある局数からの総計の干渉電力を計算

(5) 地球探査衛星業務(能動)人工衛星局

主に地球周回する衛星に搭載された能動検知器により、地球の特性及びその自然現象に関する情報を取得するため、衛星から電波を発射して行う無線通信業務のことであり、衛星に搭載された合成開口レーダ (SAR) が用いられ、分解能は光学検知器に劣るが、光学観測ができない気象条件の際でも、観測を行うことができる。各国の衛星がこの業務を行っているほか、国内では2015年の打上を目指している ASNARO2 と呼ばれる計画があり、今回の被干渉対象無線局とする。





条件
合成開口レーダー (SAR) の視野面積にある局数から、総計の干渉電力を計算した。

検討条件は、次のとおり：

- ① UWB 無線システムは陸地のみ存在
- ② UWB 無線システムで用いるアンテナは無指向性
- ③ UWB 無線システムは室内のみで利用（壁による減衰 12dB を想定）
- ④ 被干渉無線システムの周波数帯は、9500～9800MHz
- ⑤ 被干渉無線システムのアンテナ利得は、46.0dBi
- ⑥ 被干渉無線システムの許容干渉レベルは、-75dBm/MHz
- ⑦ 衛星の軌道高度は、504km
- ⑧ 地表面上レーダー視野面積は、150 km²

4 干渉検討の手法

(1) 移動衛星業務地球局

移動衛星業務地球局は固定的に設置されたものではなく移動型システムである。移動型システムにおいては、移動しながら電波を送信受信する移動通信と、場所を移して固定して使用する可搬型通信の2通りが存在する。移動型は固定型と異なり、UWB 無線システムに近接する可能性があり、近接した場合は影響が出る可能性があるため、実運用に基づき、干渉をどの程度回避できるかが焦点となる。その結果における平成 17 年度報告書の内容は以下のとおりである。

Xバンド 移動衛星業務

干渉検討の対象となる陸上衛星地球局は、主に可搬型及び車載型の運用となる。

可搬型及び車載型という運用形態を前提とし、上記距離距離を踏まえると、少なくともUWB無線システムの普及が十分進んでいない段階においては、UWB無線システムとの干渉が発生する確率は低いと考えられる。

また、仮に干渉が発生した場合でも、車両が移動し、あるいは可搬型の設置場所を移動するなど、支障なく運用可能となるものと考えられる。

したがって、少なくともUWB無線システムの普及が進んでいない段階においては、暫定電力マスクに基づくUWB無線システムによる当該陸上衛星地球局への影響は限定的なものと考えられる。

なお、電波特性を考慮した場合、当該周波数帯においては、暫定電力マスクのバンドエッジであることから、実環境においては更なるマージンが見込まれる。

ただし、我が国においてUWB無線システムを導入し、実利用環境下における影響評価を引き続き行うこととし、万が一、UWB無線システムが当該陸上地球局に有害な混信を及ぼすことが明らかになった場合には、速やかに技術的条件の見直しを行うこととし、UWB無線システムの製造業者等においては、混信の除去に積極的に対応することが必要である。

今回、センサーUWB無線システムの導入に関わらず、UWB無線システムが移動衛星業務地球局に近接した場合、移動衛星業務地球局に干渉がある環境に変わりはない。平成17年度報告書において、移動衛星業務地球局が移動して通信している状態で、常にUWB無線システムが近接している状況を想定した1対1のモデルを検討しており、共用の困難性が示されている。ただし、利用密度が上がらなければ、影響を受ける確率は低いことは認識しており、実運用において影響がある場合は、見直しを行うことで合意している。このため、移動衛星地球局については、現在の利用密度予測状況を考慮した上で共用条件について検討することとした。

(2) 宇宙研究業務地球局

- ・地形の考慮：解析を極力簡易にするため、地球局アンテナ駆動軸レベルに平面を置き実際の地形を考慮しないモデルで計算した。
- ・地球局最低仰角：ある仰角まではあらゆる干渉を許容する、という考え方は難しいものの、UWB無線システムの普及予測、地球局の通常運用を考慮し、5deg以上を保護する条件とした。
- ・離隔距離の計算は、シングルエントリー又はAggregateにより行う。
- ・屈折伝搬の考慮について、仰角によっては直接波以外の伝搬モードによる影響が無視できない場合があるため、屈折伝搬による影響が無視できるかどうかは、方位角でサンプリングし評価を実施した。
- ・尖頭電力考慮について、宇宙研究業務受信地球局のうち、特に深宇宙ミッションでは、200キロ以上からの宇宙機からの微弱電波を捕捉する前提の受信システムを持つ地球局でありSRS使用帯域である8400MHz-8500MHz帯に集中する電力として干渉してくる可能性をUWBスペクトラムの特性から評価することが必要であり、マスク規定値等を参照し、どのような値で尖頭電

力に対する評価を行うべきか、UWB 側からの情報提供を受けるなどして検討した。

(3) 地球探査衛星業務(宇宙から地球)地球局

- ・ 地形は考慮せず、解析を極力簡易にするため、地球局アンテナ駆動軸レベルに平面を置き実際の地形を考慮しないモデルで計算する。
- ・ 地球局最低仰角は、ある仰角まではあらゆる干渉を許容する、という考え方は難しいものの、UWB 無線システムの普及予測や、地球局の通常運用を考慮し、また、地球局送信空中線の最小仰角を規定する電波法施行規則第 32 条第 3 号に示された 3 度以上を参考として、仰角 3 度以上を保護する条件とする。
- ・ 空中線の軸外利得は、Rec. ITU-R S. 465-6 に準拠する。
- ・ 干渉許容レベルは、Rec. ITU-R SA. 1027 準拠しており、そこには長期間時間率 20%の場合-148 dBW/10 MHz と短期間時間率 0.0050%の場合-133 dBW/10 MHz の 2 種類のレベルが示されているが、一次評価値として、時間率を無視し、-148 dBW/10 MHz の値を用いる。

(4) 地球探査衛星業務(受動)人工衛星局

- ・ 電波伝搬特性は、自由空間伝搬と見なす。
- ・ 地球探査衛星業務(受動)の特性は、2(4)に記載されたパラメータを使用する。
- ・ 地球探査衛星業務(受動)人工衛星局搭載センサー視野内の UWB 無線システムのみから干渉を受けるとみなし、視野外からの干渉は無いと仮定した。
- ・ 地球探査衛星業務(受動)人工衛星局搭載センサーと UWB 無線システムとの距離は、最短距離と仮定した。
- ・ 地球探査衛星業務(受動)人工衛星局搭載センサー視野のセンサー利得は一樣と仮定した。
- ・ 地球探査衛星業務(受動)のアンテナ利得は、諸元表に記載されていないが、アンテナ口径 2m、周波数 7.25GHz、開口効率 60%のときの理論値 41.4dBi を用いる。

(5) 地球探査衛星業務(能動)人工衛星局(参考)

- ・ 電波伝搬特性は、自由空間伝搬と見なした。
- ・ 地球探査衛星業務(能動)人工衛星局搭載 SAR レーダー視野内の UWB 無線システムのみから干渉を受けるとみなし、視野外からの干渉は無いと仮定した。
- ・ 地球探査衛星業務(受動)人工衛星局搭載 SAR レーダーと UWB 無線システムとの距離は、最短距離と仮定した。
- ・ 地球探査衛星業務(受動)人工衛星局搭載 SAR レーダー視野のアンテナ利得は一樣と仮定した。

5 干渉検討の結果

(1) 移動衛星業務地球局

1対1においては干渉があるものの、利用密度が平成17年度報告書の検討状況を踏まえ、被干渉側と共用条件について検討した結果は以下のとおり。

- ・UWB無線システムが導入されてから干渉を受けている実態はないこと。
- ・センサー用途UWB無線システムはある程度使用場所が限定されており、通信用途に比べて実運用時の干渉確率は低くなること。
- ・UWB無線システムの利用密度が当初よりかなり低くなっていること。

以上から、平成17年度報告書にある「UWB無線システムが当該陸上地球局に有害な混信を及ぼすことが明らかになった場合には、速やかに技術的条件の見直しを行うこととし、UWB無線システムの製造業者等においては、混信の除去に積極的に対応することが必要である。」条件において共用可能である。ただし、需要が予測より伸びる場合は、再度共用条件を見直す必要がある。

(2) 宇宙研究業務地球局

宇宙研究業務においては、宇宙研究業務地球局のアンテナの最小仰角を5degとして、簡易な地形モデルにおいて離隔距離を評価したが、見通し外からの屈折伝搬等の直接伝搬以外の伝搬モードでの影響が地形やUWBシステム設置場所によって影響を受けることが判明し、また、解析条件を簡易にしていることも踏まえ、一概に離隔距離を示す事は困難であった。なお、評価ではUWBの複数セル（非同期）の送信が重なる確率が小さいことからシングルエントリーのみを評価の対象とした。また、宇宙研究業務のシステム特性から、当該周波数帯域における単位Hzあたりの干渉電力が評価の対象となり、尖頭電力マスク値ベース、およびUWBシステム実機の実測ベースによる電力を考慮した検討を行った結果、両者共に大きな離隔距離が必要となる計算結果となったが（概ね宇宙研究業務地球局からの見通し距離が調整距離となる結果）、尖頭電力マスク値を電力のベースとするのは非現実的であるとの意見、実測ベースではマスク値ベースと比較すると大きく緩和されるがなおスペアナによる測定値が宇宙研究業務の受信機を模擬した計測になっていないことへの疑義が残り、一概に離隔距離を示すことは困難であった。

平成17年度報告書の検討状況、および利用密度の予測等から、UWBと宇宙研究業務との共用条件について検討した結論は以下のとおりである。

- ・UWB無線システムが導入されてから現在まで宇宙研究業務に干渉を受けている実態は認められないこと。
- ・センサー用途UWB無線システムはある程度使用場所が限定されること。
- ・UWB無線システムの利用密度が当初よりかなり低くなっていること。

以上から、「UWB無線システムが宇宙研究業務地球局に有害な混信を及ぼすことが明らかになっ

た場合には、速やかに技術的条件の見直しを行うこととし、UWB 無線システムの製造業者等においては、混信の除去に積極的に対応することが必要である。」との条件において共用可能である。ただし、需要が予測より伸びる場合は、再度共用条件を見直す必要がある。

(3) 地球探査衛星業務(宇宙から地球)地球局

- ・被干渉計算に当たり、自由空間伝搬を仮定し、次のパラメータを用いる。

UWB 無線システム平均電力=-41.3dBW/MHz

帯域下端周波数=8.2GHz

空中線仰角 3 度の Rec. ITU-R S. 465 軸外利得=20.07dBi

シングルエントリーの場合の計算結果は次のようになり、干渉の生じる範囲は、一般に工場構内に留まると考えられる。

所要最小離隔距離=160m

もし、4 台のセンサー用途 UWB 無線システムからの電力を同時に受ける状況を Aggregate 干渉と見なすと、最小離隔距離は次のように 2 倍になり、依然として工場敷地内に留まると考えられる。

所要最小離隔距離=320m

- ・参考情報であるが、Rec. ITU-R SA. 1027 に規定された時間率を勘案すると、さらに被干渉を許容できるほか、Rec. ITU-R SA. 1027 の短時間率の許容干渉レベル-133 dBW/10MHz に対応する所要離隔距離を試算すると、上記距離の 0.178 倍つまり次のようになる。

シングルエントリー最小離隔距離=28.5m

4 台からの Aggregate 最小離隔距離=56.9m

- ・また UWB 無線システムが導入されてから、明確に通信用途 UWB 無線システムから干渉を受けている実態はない模様であり、センサー用途 UWB 無線システムは、通信用途 UWB 無線システムより使用場所が限定されると予想されるため、通信用途 UWB 無線システムに比べて実運用時の干渉確率は低くなること、さらに、UWB 無線システムの利用密度が当初よりかなり低くなっていることもあり、被干渉の可能性は緩和される方向である。
- ・従って、地球探査衛星業務(宇宙から地球)地球局が、センサー用途 UWB 無線システムから受ける可能性のある被干渉は、許容できると考えられ、共用可能と判断できる。

(4) 地球探査衛星業務(受動)

- ・地球探査衛星業務(受動)の使用周波数帯が、6.425~7.25GHz(帯域幅 825MHz)であるため、UWB 無線システムの検討帯域 7.25~10.25GHz と、7.25GHz の周波数における重複が生じている。しかし、

地球探査衛星業務(受動)の受信周波数帯 6.425~7.25GHz(帯域幅 825MHz)のベースバンド使用周波数帯幅は 200MHz であることから、実効的な受信周波数帯域は 6.425~7.25GHz より狭い。このため、今回の審議会開催の前提となっている UWB 無線システムの検討帯域 7.25~10.25GHz との重複が無くなるが、念のため、UWB 無線システムの電力マスクに示される不要輻射からの干渉を検討する。

- ・ 地球探査衛星業務(受動)の使用周波数帯が、6.425-7.25GHz(帯域幅 825MHz)であることから、中心周波数は $(6.425 + 7.25) / 2 = 6.8375$ [GHz] と考えられ、ベースバンド帯域幅が 200MHz であることから、実効的な受信周波数帯域は、6.7375~6.9375GHz となり、この周波数帯域の UWB 無線システムの放射電力密度は、-70dBm/MHz である。
- ・ このときのシングルエントリーによる、所要最小離隔距離は 12.2km となり、軌道高度 700km より小さい。
- ・ 6.9GHz 帯の放射計の視野面積は 2,553 km²、UWB 無線システムの最悪普及率予測例の最大値は、200 デバイス/km²、稼働率は 5% であるから、視野面積内の最悪普及時の同時稼働台数は、 $2,553 * 200 * 0.05 = 25,530$ [台] であって、所要最小離隔距離を求めると、1,939km となって軌道高度 700km を上回る。
- ・ 6.9GHz 帯の放射計の視野面積 2,553 km² は、神奈川県面積 2,416km² より大きな値であり、そのような広いエリアに最大密度でセンサー用途 UWB 無線システムが普及することを想定することは過大評価の傾向にもなるため、例えば神奈川県内における工業地帯の面積に相当する割合などの現状を勘案するなどして、UWB 無線システムの最悪普及率と同時稼働台数の積を 10 分の 1 に緩和し、受動センサー視野面積内の最大普及時の同時稼働台数を $2,553 * 200 * 0.05 / 10 = 2,553$ 台とすると、Aggregate 干渉時の所要最小離隔距離は、613km となり、軌道高度 700km を下回り、共用可能と考えられる。
- ・ また、センサー用途 UWB 無線システムはある程度使用場所が限定され、通信用途に比べて実運用時の干渉確率は低くなること、UWB 無線システムの利用密度が当初よりかなり低くなっていることから、UWB デバイスが普及予測を超えない条件において共用可能と考えられるが、最悪普及シナリオが成立すると、有害な干渉が予想されることから、需要が予測より伸びる場合は、再度共用条件を見直す必要がある。

(5) 地球探査衛星業務(能動)人工衛星局(参考)

- ・ 地球探査衛星業務(能動)人工衛星局に関して、シングルエントリーの最小離隔距離を計算すると 6m となり、軌道高度 504km に比較して非常に小さい値となる。

- ・ 地表面上レーダー視野面積 150km^2 において、最悪普及状態の最大普及率 $200/\text{km}^2$ 、同時稼働率 5% に基づく、Aggregate の最小離隔距離を計算すると 234m になり、軌道高度 504km に比較して十分小さい。
- ・ UWB 無線システムの利用密度が当初よりかなり低くなっていることなども勘案すると、前提となる普及予測に基づけば、地球探査衛星業務(能動)人工衛星局が、センサー用途 UWB 無線システムから受ける可能性のある干渉は許容できるものと考えられ、共用可能と判断できる。

アマチュア無線との共用条件について

1 アマチュア無線システム使用状況と無線局諸元

7.25GHz を超え 10.25GHz 以下において使用されるアマチュア無線は表 1 のとおりである。当該周波数帯を使用するアマチュア無線の無線局の諸元を表 2 に示す。

表 1 検討周波数帯における使用状況（対象周波数 7.25GHz-10.25GHz）

周波数(MHz)	局数(局)
10.1GHz 帯(10~10.25GHz)	1517

平成 24 年 6 月末現在

表 2 アマチュア無線の諸元

10GHz 帯電信 (A1A) のシステム諸元

利用形態による分類	固定、移動、衛星等の無線電信
使用する周波数帯	10.1GHz 帯 (10~10.25GHz)
ベースバンド帯域幅	伝送速度により占有周波数帯幅は変化するが、125Hz 以内
誤り訂正方式	なし
アンテナ特性	電磁ホーンやパラボラアンテナ等で各無線局により異なる アンテナ利得：33dBi
許容干渉レベル	-110dBm/MHz

10GHz 帯 FM テレビジョン (F8W) のシステム諸元

利用形態による分類	固定、移動等の FM テレビジョン
使用する周波数帯	10GHz 帯 (10~10.25GHz、10.45~10.5GHz)
受信信号処理	アナログ
変調方式	周波数変調 (可変リアクタンス変調)
誤り訂正方式	なし
アンテナ特性	電磁ホーンやパラボラアンテナ等で各無線局により異なる アンテナ利得：30dBi
許容干渉レベル	-94dBm/MHz

2 干渉検討の条件

センサー用途 UWB 無線システムの干渉検討条件

10.1GHz 帯 (10~10.25GHz) UWB 平均電力レベル	-41.3dBm/MHz
壁の減衰	12dB

センサー用途 UWB 無線システムの干渉検討条件は通信用途 UWB 無線システムの干渉検討条件と同様であり、アマチュア無線の環境も特段変わっていない。このことから現時点の UWB 無線システムの使用環境を考慮した場合、

- ・センサー用途 UWB 無線システムの普及予測と見直しを行った通信用途 UWB 無線システムの普及予測を合算しても、既答申の普及予測と比べて非常に低い。
- ・UWB 無線システムの使用が従来どおり屋内限定であれば、アマチュア無線に対し干渉により重大な影響が発生する確率は低いと考えられる。

以上から、平成 17 年度報告書における以下の共用条件を付した上で共用可能と考えられる。

共用条件

将来、UWB 無線システムの屋外設置など利用状況が変化した場合には、その状況に応じた伝搬モデルや Rec. ITU-R SM. 1757 に示されている評価パラメータ等を考慮した再検討が必要と考える。

なお、平成 17 年度報告書に基づく干渉検討及び結果の概略については以下のとおりである。

(6) 干渉検討の条件

シングルエントリーの検討においては、UWB 無線システムは、屋内設置に設置された状態において、アマチュア無線システムのアンテナは、屋外設置として検討している。

Aggregate の場合は、UWB 無線システム密度と UWB 無線システム稼働率を考慮して干渉検討を行っており、この場合の UWB 無線システム密度は、都会において 4,400 デバイス/km²と予測している。UWB 無線システムの稼働率が 5%とした場合、UWB 無線システムが複数ある場面においてアマチュア局が干渉を受けるには、アンテナの主ビーム方向が付近のビルの壁面に向き、壁面の反射を利用して通信を行う場面、アンテナの主ビーム方向が上空方向に向き、地上の UWB 無線システムからの影響を受ける場面の 2 つの場面を想定して検討している。壁面の反射を利用して通信を行う場面はシングルエントリーの検討と同様であるため、Aggregate においては、アマチュア無線システムのアンテナ主ビーム方向が上空を向いている場合のみの干渉検討を行っている。その条件は表 3 のとおりである。

表 3 干渉検討の条件

10.1GHz 帯 (10~10.25GHz) UWB 平均電力レベル	-41.3dBm/MHz
壁の減衰	12dB
UWB 機器の密度	2200 個/km ²
UWB 機器稼働率	5%
アンテナ利得	-10dBi
干渉の影響を積算する最小半径	30m

干渉の影響を積算する最大半径	1000m
伝搬モデル	自由空間伝搬

(7) 干渉検討の結果

以上の干渉検討結果は表 4 のとおりである。

表 4 干渉検討結果

【シングルエントリー】

サービス（用途）	周波数帯	許容干渉レベル	離隔距離
電信 (A1A)	10～10.25GHz	-102dBm/MHz	72.2m
FM テレビジョン (F8W)	10～10.25GHz	-94dBm/MHz	28.8m

【Aggregate】

サービス（用途）	周波数帯	許容干渉レベル	Aggregation 電力
電信 (A1A)	10～10.25GHz	-102dBm/MHz	-147dBm/MHz
FM テレビジョン (F8W)	10～10.25GHz	-94dBm/MHz	-147dBm/MHz

Aggregate においては、影響はないものと考えられるが、シングルエントリーにおいては、10.1GHz 帯電信 (A1A) の利用において、72.2m の離隔距離が必要となる。ビル等の建造物に反射させて遠距離との通信を行うことは、アマチュア無線運用では良く行われることであるが、72m の離隔距離とアマチュア無線局が使用している指向性の鋭いアンテナ、主に使用されている電波の型式等の条件から干渉発生確率は低いと思われる。

センサー用途 UWB 無線システムと電波天文業務等との共用条件について

本資料は、センサー用途 UWB デバイスと電波天文業務及び国土地理院等所属の測地 VLBI (Very Long Baseline Interferometry) *¹との共用検討について記述する。

1 電波天文・測地 VLBI の概要

(1) 電波天文

日本には、国立天文台の野辺山をはじめとして、北海道から沖縄（石垣島）まで複数の電波望遠鏡が存在する。電波望遠鏡は、宇宙の諸現象を解明するために国内のみならず海外の研究者にも利用されており、これまでに多くの星間分子の発見、ブラックホールの発見、星の誕生現場の解明など多くの先端的成果を挙げている。天体からの信号は非常に微弱である。携帯電話を月面に置いたとしても、それは全天のトップ 10 の電波天体に匹敵してしまう。電波天文学における信号強度の単位は Jansky であり、 $1 \text{ Jy} = 10^{-26} \text{ W/m}^2/\text{Hz} = -260 \text{ dB(W/m}^2/\text{Hz)}$ である。電波天文観測では、mJy オーダーの信号は容易に検出でき、場合によっては数 μJy の信号を受信することも可能である。このような微弱な信号を観測するために、電波天文学では様々な先端技術を用いている。超伝導素子を用いた超高感度受信機の使用や大陸を挟んで電波望遠鏡をリンクする VLBI (Very Long Baseline Interferometry : 超長基線電波干渉法) などがその代表である。

(2) 測地 VLBI

電波望遠鏡を用いた応用技術として、VLBI というものがある。干渉計技術の 1 つだが、各観測局に原子時計を配置することによりケーブルでつなぐ必要がなくなるため、各局間の配置距離を非常に長くすることができることが特徴である。この技術では、天体の構造をより細かく調べることができ、また、天体の位置も精密に測ることができる。

加えて、逆に電波望遠鏡の位置も精密に測ることができるため、測地目的の VLBI 観測も定常的に行われてきている。現在では、世界各国の測量機関等の協力により測地 VLBI 観測が行われており、世界測地系の決定・維持や地球規模でのプレート運動の検出に用いられている。国内では、国土地理院や情報通信研究機構 (NICT) 等が測地 VLBI 観測局を有している。

2 干渉検討対象無線局

(1) 電波天文観測

周波数 (MHz)	局数 (局)	備考 (運用形態などの特記事項)
10640 - 10660	1	早稲田大学西早稲田 2.4mφ x 8 x 8 (台)

(2) 測地 VLBI 観測

周波数 (MHz)	局数 (局)	備考 (運用形態などの特記事項)
8180 - 8980	1	国土地理院 新十津川 3.8m
7780 - 8980	1	国土地理院 つくば 32m
7780 - 8580	1	国土地理院 始良 10m
7780 - 8580	1	国土地理院 父島 10m
(2000 - 14000)	1	国土地理院 石岡 13.2m*
7860 - 9080	1	NICT 鹿島 34m
7860 - 8680	1	NICT 小金井 11m
8100 - 9000	1	国立天文台 水沢 20m
8100 - 9000	1	国立天文台 入来 20m
8100 - 9000	1	国立天文台 小笠原〔父島〕 20m
8100 - 9000	1	国立天文台 石垣島 20m

*次世代型として現在建設中。この周波数帯のうち、1GHz幅を4チャンネル選択することを計画(9~10GHz帯が有力候補)。干渉検討条件は同じ。

3 干渉対象無線局の緒元

周波数 (MHz)	干渉閾 spfd 値 (dBW/m ² /Hz)	干渉閾値 (dBm/MHz)
5000 以下 * ¹	別紙参照	別紙参照
7780 - 9080		-150 * ²
(2000 - 14000)		-150 * ²
10640 - 10660 * ¹	別紙参照	別紙参照

Note*¹ : 電波天文観測のため ITU-R 勧告 RA. 769 (別紙参照) に準ずる

Note*² : 測地 VLBI 観測要求条件にしたがう。

Aggregation 干渉の条件

UWB 平均電力密度	1. 3650GHz 帯	-90dBm/MHz
	1. 4135GHz 帯	-90dBm/MHz
	1. 6120GHz 帯	-85dBm/MHz
	1. 6650GHz 帯	-85dBm/MHz
	1. 7200GHz 帯	-85dBm/MHz
	2. 6720GHz 帯	-85dBm/MHz
	2. 6950GHz 帯	-85dBm/MHz
	3. 2630GHz 帯	-70dBm/MHz
	3. 3350GHz 帯	-70dBm/MHz
	3. 3490GHz 帯	-70dBm/MHz
	4. 8950GHz 帯	-70dBm/MHz
	4. 9950GHz 帯	-70dBm/MHz
	7780 - 9080 帯	-41.3dBm/MHz
	10. 6500GHz 帯	-85dBm/MHz
	1065 - 14000	-70dBm/MHz
壁による減衰	一律 12dB	
伝搬モデル	自由空間伝搬と回折損失 (勧告 ITU-R P. 452 の” Line-of-sight with sub-path diffraction、 Line-of-sight におけるマ ルチパスによる時間率は 10%、Diffraction 損失は、 メディアン値とした)	
アンテナ利得	0dBi	
UWB Active Emitter Density	セル数 (/システム)	
アグリゲート放射電力	セル数*(-41.3dBm/MHz)	
アクティビティ	システム操業時間	
電波天文アンテナ高さ	30m	

4 干渉検討の手法

- ・電波天文観測及び測地 VLBI 観測とも基本式に基づきシングルエントリーにおける離隔距離を算出する。
- ・センサー用途 UWB 無線システムの利用シーンを想定し、Aggregate の計算を行う
- ・尖頭発射電力が測地 VLBI 観測に与える影響について検討を行う。

【法第 56 条保護対象外受信設備の取り扱い】

受信設備については、電波法第2条第5項において電波法令の対象外であるが電波法第56条において、電波天文業務の用に供する受信設備については例外となっており、保護すべき受信設備は施行規則第50条の6に基づき公示(*)されている。今回の対象無線局は、公示されていないものであるため、無線局の保護対象とはならないものであるが、VLBIのように国土地理院で有効活用されている受信設備もあることから、民間レベルで、一定の保護を求めていく方策は必要と考える。

* 総務省告示

平成15年287号(野辺山)、平成18年51号(北海道大学)、平成20年(名古屋大学(富士ヶ峰、才児山、穂ノ原))、平成22年448号(水沢、小笠原、薩摩川内、石垣)、平成24年52号(平川)、平成24年174号(水沢)

5 干渉検討の結果

(1) シングルエントリーの計算

・電波天文観測計算条件及び計算結果

空中線電力	-85dBm/MHz (平均空中線電力)
空中線利得	0dBi
壁 損	12dB
稼働率	5%
許容干渉レベルの算出	ITU-R 勧告 RA. 769 に基づく値
計算結果	電波天文観測 126.1m

・測地 VLBI 観測計算条件及び計算結果

干渉検討にあたっては、鹿島局を選出して検討を行った。

空中線電力	-41.3dBm/MHz (平均空中線電力)
空中線利得	0dBi
壁 損	12dB
稼働率	5%
許容干渉レベルの算出	ITU-R 勧告 RA. 769 に基づく許容干渉値レベル+受信感度 +アンテナ利得-給電線損失=-150dBm/MHz
計算結果	測地 VLBI 観測 192.1m

(2) Aggregate の計算

前提条件

工場内のセンサネットワークシステムはセル単位で配備される。セル数と工場建屋面積(工場敷地で

はなく、実際にセンサネットがおかれる建屋の面積、建屋面積<敷地面積)のモデルは、10 セル /6000 m²程度である。1 セル内には複数台の UWB 無線システムが含まれるが、同一セル内での複数同時発射は無く、セル間の動作は独立している。

Aggregate モデル

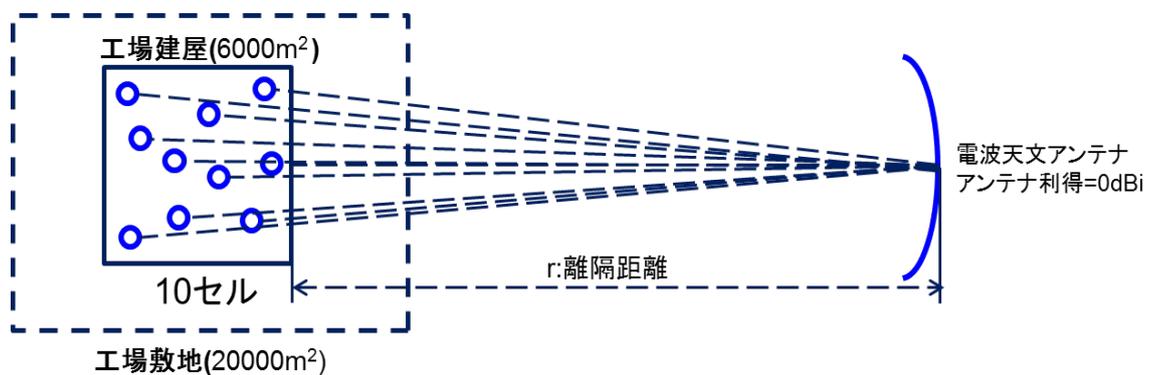
モデル 1 工場面積は考慮せず、1 点から複数 (=n) セル分の発射が行われたと仮定する。UWB 無線システムの総送信電力は電力加算で求める。



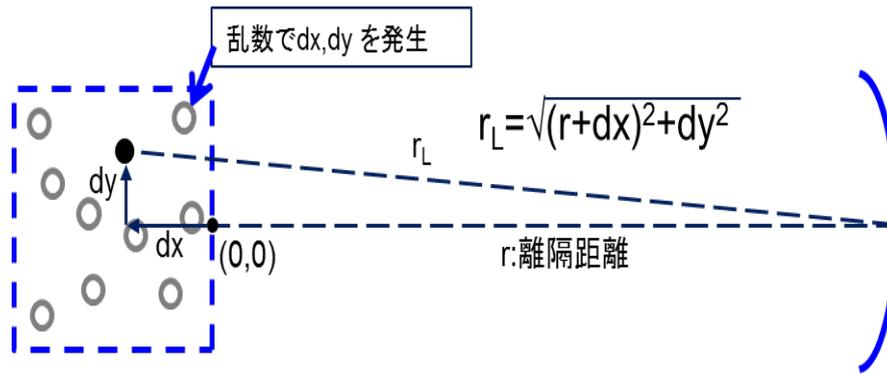
自由空間伝搬では、シングルエントリーの離隔距離 r_s に対してアグリゲートの離隔距離 r_a は \sqrt{n} 倍になる。

$$G_T G_R \frac{\lambda^2}{(4\pi r_s)^2} P_T = G_T G_R \frac{\lambda^2}{(4\pi r_a)^2} n P_T$$

モデル 2 工場建屋面積を考慮して工場建屋内に複数の発射源があり、各発射源からの電波発射が行われたと仮定する。UWB 無線システムの総送信電力は電力加算で求める。



工場建屋内のセル配置と電波天文アンテナとの距離



計算結果

工場敷地面積 20000 m²より工場敷地 1 辺は 141. 4m、工場建屋面積 6, 000 m²より工場建屋の 1 辺は 77. 5m。工場が工場敷地の中央に建てられたとすると、工場周囲には 32m の自然離隔距離が発生する。

	シングル	モデル1	モデル2-1	モデル2-2
	n=1セル	n=10セル	n=10セル	n=10セル
鹿島(8.5GHz)	192.1m	575.5m	533.0m	533.8m
早稲田(10.25GHz)	126.1m	366.7m	325.2m	325.8m

6 尖頭電力による測地 VLBI 観測への影響

UWB 無線システムの尖頭電力が測地 VLBI 観測の受信機初段アンプに与える影響 (Appendix を参照) について、アンプの飽和を回避できるか否かの検討を行った。結果、上記の離隔距離が確保できれば、尖頭電力についても特段の影響はないことが確認された。

電波天文観測及び測地 VLBI 観測の設置箇所は表 1 のとおりである。

表 1 電波天文観測及び測地 VLBI 観測の設置箇所

	住所
国土地理院 新十津川	北海道樺戸郡新十津川町
国土地理院 つくば	茨城県つくば市
国土地理院 始良	鹿児島県始良市
国土地理院 父島	東京都小笠原村父島
国土地理院 石岡	茨城県石岡市
NICT 鹿島	茨城県鹿嶋市
NICT 小金井	東京都小金井市
国立天文台 水沢	岩手県奥州市
国立天文台 入来	鹿児島県薩摩川内市
国立天文台 小笠原 〔父島〕	東京都小笠原村
国立天文台 石垣島	沖縄県石垣市
早稲田大学西早稲田	新宿区西早稲田

7 共用検討結果

電波天文に対する影響としては、Aggregate の条件が一番厳しく、このようなケースに該当するかどうかを個別の設置局において検討することとした。

(1) 電波天文観測

干渉対象無線局としては早稲田局のみであり、必要離隔距離内にセンサー用途 UWB 無線システムを設置する 20,000 m²規模の敷地面積を持った工場等は 300m 内には存在しない。

(2) 測地 VLBI 観測

干渉対象無線局としては 12 箇所の測地 VLBI 観測局であるが、必要離隔距離内にセンサー用途 UWB 無線システムを設置する 20,000 m²規模の敷地面積を持った工場等は 500m 内には存在しない。

(3) 共用条件

電波天文観測及び測地 VLBI 観測ともセンサー用途 UWB 無線システムが影響を与えることはないため共用可能である。

測地 VLBI 観測については法第 56 条に該当する保護対象受信設備ではないが、世界的に共有して測地観測を行っている関係から、影響を考慮して UWB 無線システムとの干渉状況を検討したものである。この趣旨に基づき、UWB 無線システムの販売者及び利用者においては、2 (2) に示した測地 VLBI 観測に対する影響を十分考慮して UWB 無線システムを設置することを求めることとする。

勧告 ITU-R RA. 769 に基づく干渉閾値

周波数 (MHz)	干渉閾 spfd 値 (dBW/m ² /Hz)	干渉閾値 (dBm/MHz)
1330-1400	-239 ^{*1} , -255 ^{*2}	-189.2
1400-1427	-239 ^{*1} , -255 ^{*2}	-189.5
1610.6-1613.8	-238 ^{*1}	-173.6
1660-1670	-237 ^{*1} , -251 ^{*2}	-186.9
1718.8-1722.2	-237 ^{*1}	-173.2
2655-2690	-247 ^{*2}	-187.0
2690-2700	-247 ^{*2}	-187.1
3260-3267	-230 ^{*1}	-171.8
3332-3339	-230 ^{*1}	-172.0
3345.8-3352.5	-230 ^{*1}	-172.0
4800-4990	-230 ^{*1} , -241 ^{*2}	-186.3
4990-5000	-241 ^{*2}	-186.5
10600-10700	-240	-192.0

*1; スペクトル線観測、*2; 連続波観測

spfd; spectral power flux density

◇ Appendix ◇

【検討結果】

⇒所要の離隔距離の確保で尖頭電力につきましても問題はない

UWB 無線システムの尖頭発射電力が VLBI 測地観測に与える影響

UWB 無線システムの尖頭電力が VLBI 測地観測の受信機初段アンプに与える影響については、アンプの飽和を回避できるか否かの検討が必要である。平均発射電力が規定されていても、パルスが発射されるタイミングで尖頭電力が受信機の初段アンプを飽和 (P1dB で-35dBm 程度) させない確認が必要である。

初段アンプの入力点 (アンテナ利得 0dBi) で-58dBm/ 50MHz を超えないことを確認したい。定常時の平均発射電量 (-41.3dBm/ MHz) を VLBI 測地観測に必要な最大許容干渉値 (-150dBm/ MHz) まで減衰させる所要減衰量は 108.7dB であることを考慮すると、UWB 変調パルスの尖頭電力 0dBm/ 50MHz は -58dBm/ 50MHz レベルを超えることはないとも考えられる。しかし、1セル内の 50 UWB デバイスの発射タイミング、及び 10 セルの同時発射のタイミングの可能性により、その総合尖頭電力が初段アンプに与える影響 (初段部の飽和) などの検証が必要と思われる。

ただし、いかなる場合、つまりいかなる瞬間においても、VLBI 測地観測の受信機入力段で-150dBm/ MHz のレベルが実現できる場合は、尖頭電力への別途の配慮は必要ないと考えます。一度、受信機で飽和が発生した場合はその影響が後を引きまますので、常に飽和が発生しないよう、ご配慮をお願いいたします。

レベル関係：

尖頭発射電力	_____	0dBm/ 50MHz
(換算値)	_____	(-17dBm/ MHz)
平均発射電力	_____	-41.3dBm/ MHz
-58dBm/ 50MHz	_____	アンプ飽和限界
(-75dBm/ MHz)	_____	(換算値)
-150dBm/ MHz	_____	VLBI 最大許容干渉値

参考数値：通常時所要減推量 ((-41.3-(-150)) = 108.7dB

尖頭電力最終必須減推量：(0-(-58)) = 58dB < 108.7dB ただし、いかなるタイミングでも尖頭発射電力は 0dBm/ 50MHz を超えない場合。

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 3400MHz から 4800MHz 帯（干渉軽減技術がある場合）のもので約 0.9～1.8mm、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 3400MHz から 4800MHz 帯（干渉軽減技術がある場合）の UWB 無線システムと周波数帯域 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。

ア 周波数帯域 3400MHz から 4800MHz 帯（干渉軽減技術がある場合）

$$-41.3\text{dBm/MHz} + 10\log(4800-3400) = -9.8\text{dBm} \quad (0.10\text{mW} = 0.00010\text{W})$$

イ 周波数帯域 7250MHz から 10250MHz 帯

$$-41.3\text{dBm/MHz} + 10\log(10250-7250) = -6.5\text{dBm} \quad (0.22\text{mW} = 0.00022\text{W})$$

(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（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、反射係数は表 1 のとおり)

表 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

算出結果は表 2 のとおりである。

表 2 算出結果

	周波数帯 (MHz)	3400~4800	7250~10250
ア	すべての反射を考慮しない場合	0.9 mm	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)	1.5 mm	2.2 mm
ウ	水面等大地面以外の反射を考慮する場合	1.8 mm	2.7 mm