情報通信審議会 情報通信技術分科会 UWB無線システム屋外利用検討作業班

平成29年度電波利用料技術試験事務

超広帯域無線システムの 周波数共用技術に関する検討結果 概要

平成30年6月 株式会社ディーエスピーリサーチ

調査検討の概要

調査検討の目的

我が国における超広帯域無線(以下、「UWB」という。)システムは、市場の 要求に合わせる形で平成18年に通信用途、平成22年に車載レーダー、平成25年に センサー用途等で制度化が行われてきた。

UWBシステムの最初の制度化から既に10年以上経過しており、諸外国において は屋内に限らず屋外でも利用もされており、様々な利用シーンに活用されている。 あらゆるものがネットワークにつながるIoT時代の到来により、様々な利用シー ンを想定した各種の無線アプリケーションの登場が見込まれており、様々な無線通 信技術を用いて柔軟なネットワークを構築することが求められている。

UWBも無線通信技術の有力な手段として期待されており、我が国においても、 新たなソリューションの導入やデバイス間通信などのため、UWBシステムの屋外

利用を求めるニーズが高まってきている。 に焦点を当てて検討

本検討会ではUWBシステムの屋外利用に際しての課題 等の整理及び他のシステムとの共用可能性の検討を実施 する。

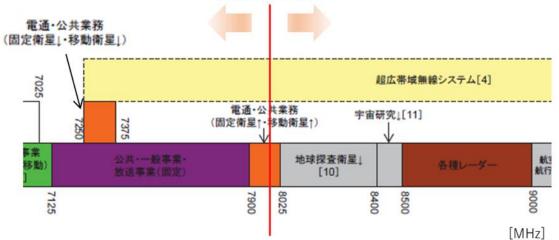
UWB**の屋外利用におけるモデルとして、**IEEE 802.15.4a-2015 Table 16-11 において規定されている、ハイバンドで 優先的に使用するよう指定されている9チャンネル(中心 周波数:7987.2MHz、帯域幅:499.2MHz) に焦点を当てて 検討を進めることとする。

Table 16-11—HRP UWB PHY band allocation

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

nel, band 1 has the low-band HRP UWB channels, and band 2 has the high-band cl

9CH(中心周波数7987.2MHz)



UWBシステムの屋外利用における現状

諸外国における状況

UWBの特徴の一つである広帯域特性に伴う高精度な位置検知・測距性能を活かしたシステム例:

■ コンシューマ向け用途

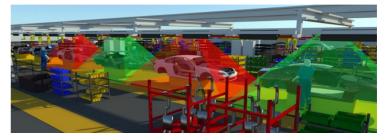
- ・スマートフォンに専用アプリをインストールすることで、専用のタグの位置を3次元空間において特定できるシステム
- ・車用キーレスエントリーシステムに対する新たな盗難手法対策として、UWBシステムを用いた高精度測距能力を用いた、新たな車用キーレスエントリーシステム
- ペット等動物の健康状態をモニターするシステム

■ 産業向け用途

対象物の構内における位置を正確に把握することで、生産性を向上させる取り組みがなされている













英国のUbisense社の自動車組み立てラインにおけるUWBセンサーの使用例

日本における状況

- ・UWBシステムとして通信用途、車載レーダー及びセンサー用途等での制度整備がされている。
- ・車載レーダーを除くシステムは屋内利用限定であり、諸外国に比べると限定的な使用形態となっている。

■ 通信用途

PCとプリンタ、ビデオカメラ間のデータ伝送など

近い距離であれば高い伝送速度を確保できる。

近年は無線LANの高速化により、UWBシステムを用いたデータ伝送は減少傾向にある。

■ センサー用途

自動車製造工場のライン管理、平置倉庫管理、カゴ車作業管理、工 業作業者見守り支援、製造工場セキュリティなど

屋内使用に限定されているため、屋外を含む構内での利用に制限があるため、導入を見送るケースが見受けられる。

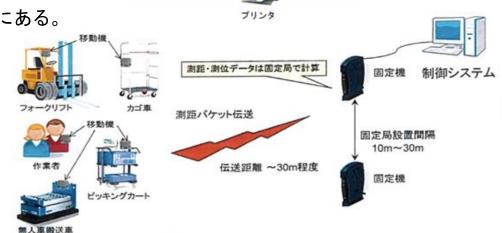
■ 車載レーダー

屋外での使用が可能な26GHz帯UWBレーダーは、自動車等への搭載が増えている。

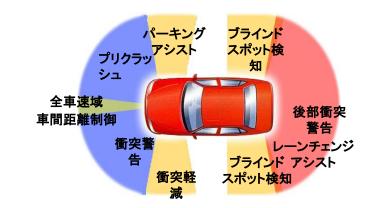
技術基準では干渉保護を必要とする電波天文の受信設備周辺での離隔距離を確保することが求められている。

車載用の26GHz帯UWBレーダーは主に衝突回避や死角の検知に使用されている。

今後は79GHz帯の車載レーダーについても、国内外において普及してゆくことが期待されている。



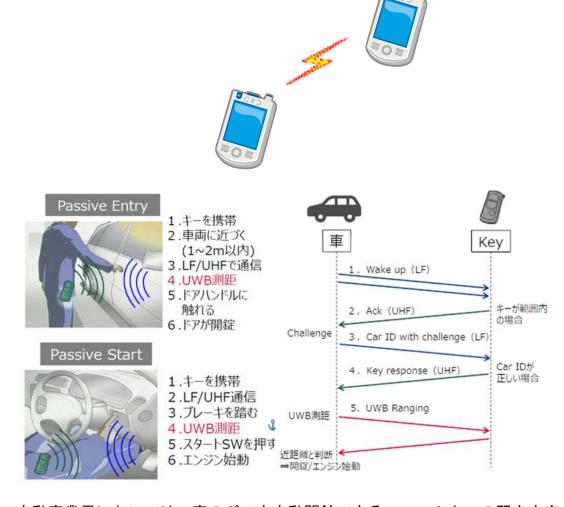
デジタルビデオカメラ



UWBシステムの新たな利用ニーズと需要予測

新たな利用ニーズ

- ・車のドアを自動開錠できるスマートキーの盗難防止機能を 強化したシステム
- ・ハンドヘルドデバイス間のデータ伝送、測位
- ・工場内でのライン管理や作業管理に使用されているが、 屋外利用が可能となると、既存設備が屋外で利用可能と なるだけでなく、新たなユースケースも想定される。
- ・所有者の後を自動で追跡するスーツケース
- ボディーエリアネットワークへの活用
- ・心臓造影、肺イメージング、産科画像などのイメージング分野
- ・入退室管理システム、ドローンの飛行位置の監視・ 遠隔制御システム
- ・農業、自動車、自動工場、ヘルスケア、倉庫及び物流、ワイヤレスゲートウェイなどの様々な分野への 活用が検討されている



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

諸外国における需要予測

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

年平均成長率: 10.72%(合計)

100万台

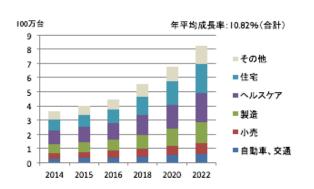


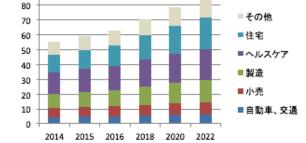
市場規模 (アプリケーション別)

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

100万USD

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





普及台数(エンドユーザー別)

市場規模(エンドユーザー別)

年平均成長率:5.21%(合計)

日本における需要予測

UWBシステムの出荷台数は平成21~23年に2万台を超えたが、平成24~26年には5千台に満たない状況であり、大きく減少している。

屋内利用に限定されており利用上の制約が大きいことや、IEEE 802.11ac等の高速無線LANの普及が進んだことが理由として考えられる。

主に車載用途で屋外使用が可能なUWBレーダーは市場への普及が進んでいる。

屋外利用可能なUWBレーダーの普及台数予測については、2016年から 2022年までで、12.2%の伸びが予想されている。

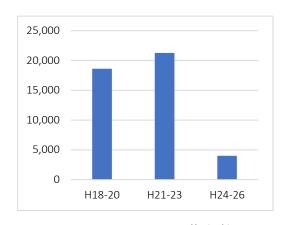
UWB測距性能が今後も期待されていると考えられるが、諸外国と同様に 屋外で使用が可能となっていることが、ニーズへの対応や機器の流通の 観点から重要な要素となっていると推測される。

普及台数予測(100万台)

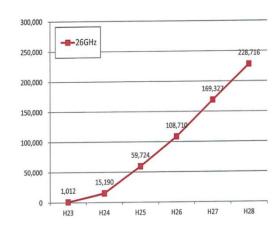
Country	2014	2015	2016	2018	2020	2022	CAGR (2016-2022)
China	0.23	0.26	0.30	0.40	0.52	0.68	14.35%
Japan	0.25	0.28	0.32	0.40	0.50	0.63	12.20%
South Korea	0.15	0.17	0.19	0.25	0.31	0.39	12.46%
Rest of APAC	0.14	0.16	0.18	0.24	0.32	0.41	14.23%
Total	0.76	0.87	1.00	1.29	1.66	2.11	13.30%

市場規模(100万USD)

Country	2014	2015	2016	2018	2020	2022	CAGR (2016-2022)
China	3.49	3.87	4.27	5.13	6.07	7.03	8.66%
Japan	3.76	4.09	4.43	5.12	5.83	6.51	6.62%
South Korea	2.30	2.51	2.72	3.16	3.62	4.05	6.87%
Rest of APAC	2.12	2.35	2.59	3.11	3.67	4.25	8.55%
Total	11.68	12.82	14.01	16.53	19.19	21.84	7.67%



UWBシステムの出荷台数 ※国内で登録証明、認証を受けたもののみ計上



UWBレーダーの普及状況

※24.25GHz以上29GHz未満の周波数帯を使用周波数帯に含む UWBレーダーのみを計上

出所:超広帯域無線システム(免許不要局)の出荷台数は、平成24年度及 び平成27年度『電波の利用状況調査』を基に作成

諸外国におけるUWBシステムの技術基準

- 諸外国におけるUWBシステムの技術基準は原則、屋外でのUWBシステムの利用が可能であるが、自動車や列車などの移動体への実装、航空機や船舶内での使用については制限を設けている事例が見受けられる。
- 日本においては、屋内利用に限定されており、新たな利用ニーズに対応するためには、UWBシステムの屋外での利用を検討する必要がある。

比較項目	日	欧 (ETSI)	米 (FCC)	中国	韓国
周波数	3.4-4.8GHz, 7.25-10.25GHz	3.1-4.8GHz, 6.0-9.0GHz	3.1-10.6GHz	4.2-4.8GHz, 6.0-9.0GHz	3.735~4.8GHz, 7.2~10.2 GHz
空中線電力及	平均電力 -41.3 dBm/MHz以下	EIRP(平均)-41.3 dBm/MHz以下	EIRP(平均)-41.3 dBm/MHz以下	EIRP-41.0 dBm/MHz以下	EIRP(平均)-41.3 dBm/MHz以下
び利得	尖頭電力 0dBm/50MHz以下 絶対利得0dBi以下	EIRP(尖頭) OdBm/50MHz 以下	EIRP(尖頭) OdBm/50MHz以下		EIRP(尖頭) 0dBm/50MHz以下
干渉軽減機能	3.4-4.8GHzは干渉軽減機能が必要	3.1-4.8GHz はDAA 及びLDCが必要 8.5-9.0GHzはDAAが必要	不要	4.2-4.8GHzはDAA が無い場合の送信電力密度 は-70dBm/MHzに制限	3.735-4.8GHzは、LDC 又は DAA が必 要
屋外利用制限	屋内利用限定 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	屋外利用可ただし、一部屋外利用制限あり: 屋外の固定設置あるいは固定アンテナの運用を認めない。自動車や列車に搭載されたUWB機器使用は、 干渉軽減技術が必要(仰角0°以上への外部への放射は -53.3dBm/MHz以下)	屋外利用可	屋外利用可	屋外利用可
航空機、船舶 衛星での利用 制限	利用不可	船舶、衛星では利用不可 航空機内では、6.0-8.5GHzについて、電波天文(メタ ノール線)及び固定衛星業務、気象衛星業務の保護 のための制限付で利用可	玩具の操作を含め利用不可	利用不可	航空機、船舶、衛星放送、模型飛 行機への適用を禁止
その他	他の無線局又は受信設備に有害な 混信を生じさせてはならず、また、 他の無線局による有害な混信から の保護を要求してはならない。		ハンドヘルドUWBシステムは、対向する受信機が存在する場合にのみ送信可能。対向受信機からのACKを受信できない場合は10秒以内に送信を停止する、又は、10秒毎にACKの確認を行う。ただし、通信リンクの確立又は再確立に使用する周期的な信号を除く。	テムは使用不可。 UWB 無線伝送設備は、他の無線局に干渉を	合は、連続送信時間は5ミリ秒以
9チャンネル (7737.6- 8236.8MHz) が関係する屋 外運用上の条 件・制限等			GPR、壁イメージング、壁透過イメージング、固定監視システムは、法執行機関、消防機関、救急救助隊のみ使用可。監視システムは、 法執行機関、緊急救助隊、又は、製造業、石油、電力の免許人が運用する固定監視システムに制限。 医療イメージングは、免許を有する医療関係者の指示又は監督の下で利用される画像診断に制限。 ハンドヘルドUWBシステムは、対向する受信機が存在する場合にのみ送信可能。対向受信機からのACKを受信できない場合には10秒以内に送信を停止する、又は、10秒毎に ACKの確認を行う。ただし、通信リンクの確立又は再確立に使用する周期的な信号を除く。		

新たな利用ニーズに対応したシステム要求条件

新たな利用ニーズに対応したシステムの要求条件は次のとおり仮定

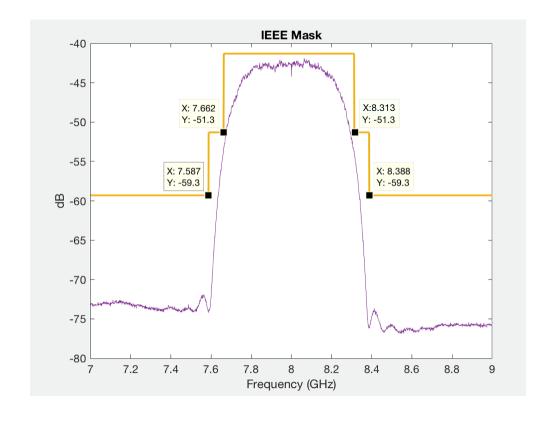
- 等価等方輻射電力及び空中線電力:現行技術基準(平均値:-41.3 dBm/MHz、尖頭値:0 dBm/50MHz)と同様
- 拡散帯域幅:現行技術基準と同様(450 MHz以上)
- 占有周波数帯幅: IEEE 802.15.4a PSDマスクと同様(7,662 8,313 MHz)
- 不要発射の強度: IEEE 802.15.4a PSDマスクと同様(7,587 7,662 MHz及び8,313 8,388MHzは-51.3 dBm/MHz、7,587 MHz以下及び8,388 MHz以上は-59.3 dBm/MHz)

16.4.6 Transmit PSD mask

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

(仮訳) 16.4.6 送信PSDマスク

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



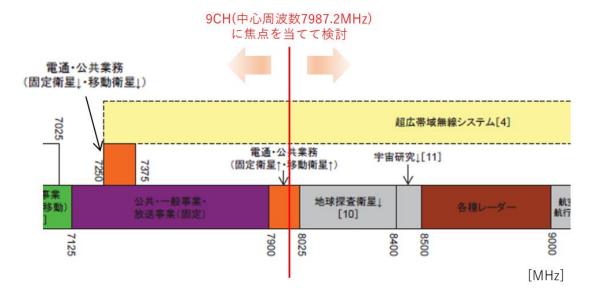
同一周波数及び隣接周波数無線システムとの共用検討

シミュレーションにおける与干渉側システムの概要

チャンネル/中心周波数[MHz]	カテゴリ	使用シナリオ
9 / 7987.2	モバイルデバイス	屋外及び屋内

UWBデバイスの諸元

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



以下に基づき干渉検討を行った。

- 周波数は有限な資源であり、その利用については、国際的なルールを遵守しつつ、将来における適正な利用が妨げられることがないように配慮する。
- 共用条件の検討は、干渉に関する考え方として、ITU-R SM.2057及びRA.769(電波天文)に準拠し行う。
- 対象周波数は、IEEE 802.15.4aで定義される9チャンネル(中心周波数:7987.2MHz)とする。
- 送信波形はIEEE 802.15.4a-2015規定のPSDマスクに準拠する。
- 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。)及び空中線利得は0dBi以下、すなわち等価等方輻射電力(EIRP)換算で-41.3dBm/MHzとする。

対象無線局

対象無線局としては、IEEE 802.15.4aで定義される9チャンネル(中心周波数:7987.2MHz)と同帯域内である次のシステムを対象とした。

- ・ 固定マイクロ通信システム
- 放送関係システム(STL/TTL/TSL)
- 衛星システム(地球探査衛星業務地球局)
- 電波天文・測地VLBIシステム

干渉検討の手法

- 平成25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。
- ・アグリゲートモデルの干渉検討に関しては、新世代モバイル通信システム委員会などその他の検討会でも用いられている干渉確率シミュレーション手法を用いる。
- 干渉確率シミュレーションは、モンテカルロ法を採用する。

利用環境

利用制限

現在、UWBシステムの利用は、屋内利用に限定されているが、本検討では屋内利用のみならず屋外利用を含めて検討を行うこととした。屋内利用と屋外利用の割合に関してはITU-R SM. 2057を参照して、80%、20%を基本とする。

航空機、船舶、衛星での利用禁止

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、 航空機、船舶、衛星内ではUWBシステムを利用しないこととする。

壁の減衰値

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

見通し外等の減衰値

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

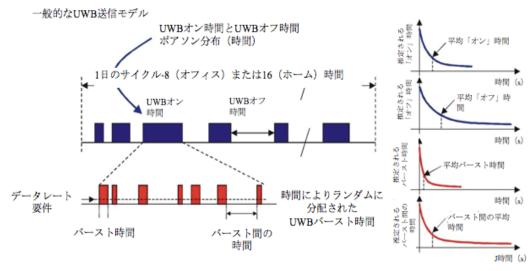
利用密度

普及密度は、市場に提供される全てのUWB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システムの実運用時の検討においては、利用シーンを考慮して利用密度を検討していく必要があり、平成25年度報告書においてもUWBシステムは、ピコネットの考え方を採用している。この考え方に基づいて、UWBシステムの利用密度を考慮した。

稼働率

UWBシステムはパルス波形であり時間当たりの電波の発射は短時間である。このため、常時電波が発射されているものではないことから、UWB稼働率を考慮することとした。平成25年度報告書においては、ITU-R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、本検討においてもUWB稼働率については5%と仮定して検討した。Rep. ITU-R SM.2057にUWBシステムの稼働率についての考え方を示すが、実運用環境においては、稼働率5%を超えるUWBシステムのアプリケーションは考えにくく、実際にはさらに干渉の可能性は低くなる。

図56 UWB技術を使用するデバイスに対する一般的なUWB時間送信モデル



アプリケーションデータレート (Mbit/s) = (100または250Mbit/s) x (アクティブまたはUWBが「オン」時のリンクレートの%)

リンクレートの%(アク =
$$\frac{\sum (バースト期間)}{(UWBオン時間)}$$

全体的な稼働率 (%) = (アクティブ時のリンクレートの%) x (1日の使用率(%))

Rap 2057-56

干渉検討シミュレーション 固定マイクロの概要と諸元・結果

周波数(MHz)	局数(局)	備考(運用状態などの特記事項)
7125-7900	1 /1 5× /	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。

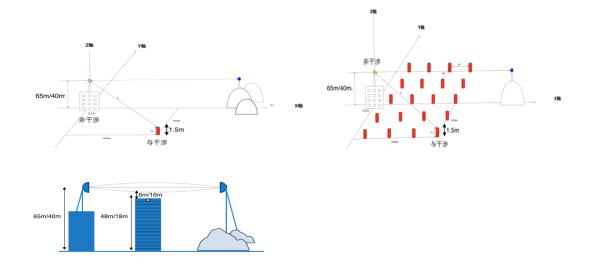
シミュレーションモデル

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

伝搬モデル	目田空間伝搬に伝搬係数Kb/Klosを考慮 (ITU-R SM.2057) Kb(壁減衰): 13 dB、Klos(見通し外等損失): 14 dB
シミュレーションモデル	100% 屋外、80%/20% 室内/屋外、100% 屋内 都市、郊外、ルーラル、ホットスポット (オフィス想定) シングルエントリー、アグリゲートそれぞれで実施

アグリゲートモデル	表4.5-7:アグリ ゲートのシミュ レーションモデル デバイス密度	稼働時間	稼働デバイス密度
都市(Dense Urban)	10000/km²	5%	500/km²
郊外(Suburban)	1000/km²	5%	50/km²
ルーラル(Rural)	100/km²	5%	5/km²
オフィス (Hotspot)	100000/km²	20%	2/100 m²

アンテナ特性	指向性パラボラアンテナ (直径 0.6m~4m) 最大利得: 29.9~46.5 dBi (ITU-R F.699)
地上からのアンテナ高さ [m]	40, 65 (ITU-R SM.2057)
干渉許容値 [dBm/MHz]	-129.8



干渉検討結果

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

7.5 GHz帯固定マイクロ回線、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のいずれも共用可能。

放送関係システムの概要と諸元・結果

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

シミュレーションモデル

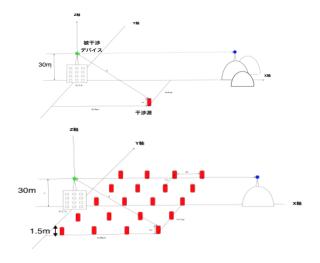
伝搬モデル	自由空間伝搬に伝搬係数Kb/Klosを考慮 (ITU-R SM.2057) Kb(壁減衰): 13 dB、Klos(見通し外等損失): 14 dB
シミュレーションモデル	100% 屋外、80%/20% 屋内/室外 都市、郊外、ルーラル シングルエントリー、アグリゲートそれぞれで実施

アグリゲートモデル	デバイス密度	稼働時間	稼働デバイス密度
都市(Dense Urban)	10000/km²	5%	500/km²
郊外(Suburban)	1000/km²	5%	50/km²
ルーラル(Rural)	100/km²	5%	5/km²

干渉検討結果

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

アンテナ特性	指向性パラボラアンテナ (直径 2m) 最大利得: 35dBi (ITU-R F.699)	
地上からの アンテナ高さ[m]	30 (ITU-R SM.2057)	
干渉許容値 [dBm/MHz]	-129.8	

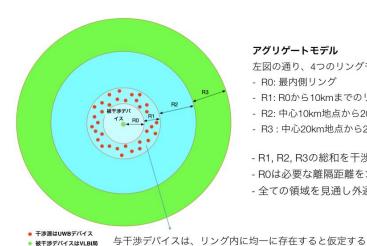


シミュレーションの結果、共用可能と考えられる。

衛星(地球探査衛星業務地球局)システムの概要と諸 元·結果

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

シミュレーションモデル



アグリゲートモデル

左図の通り、4つのリングモデルを用いた。

- RO: 最内側リング
- R1: R0から10kmまでのリング
- R2: 中心10km地点から20kmまでのリング
- R3: 中心20km地点から25kmまでのリング
- R1, R2, R3の総和を干渉総和として算出
- ROは必要な離隔距離を求めるために使用する
- 全ての領域を見通し外通信路として、ITRU-Rに沿ってKlos(見通し外等損失):14dBを加味する

干渉許容値 [dBm/MHz]	-130 (ITU-R SA.1027-5)		
伝搬モデル	自由空間伝搬に伝搬係数Kb/Klosを考慮 (ITU-R SM.2057) Kb(壁減衰): 13 dB、Klos(見通し外等損失): 14 dB		
シミュレーションモデル	100% 屋外、80%/20% 屋内/屋外		

アンテナ特性

地上からのアンテナ

高さ [m]

干渉検討結果

無線局	UWB デバイス密度 [/k㎡]	干渉許容値 [dBm/MHz]	離隔距離(km) 100%屋外利用	離隔距離 (km) 80%/20% 屋内/屋外利用
鳩山	304		0.132	0
つくば	313	-130	0	0
勝浦	33		0	0

対象局	UWBデバイ ス密度	稼働時間	稼働デバ イス密度	参照先
鳩山	304/km²	5%	15.2/km²	
つくば	313/km²	5%	15.7/km²	-稼働時間: ITU-R SM.2057 -人口密度: 国勢調査
勝浦	33/km²	5%	1.7km²	

指向性パラボラアンテナ

(直径 11m:鳩山、6m:つくば、20m:勝浦)

最大利得: 56.7 dBi:鳩山、51.6 dBi:つくば、61.8 dBi:勝浦

アンテナ放射パターン: (ITU-R SA.509) 最小仰角:3度 11.4:鳩山

25.3:つくば

11.8勝浦

アグリゲートで実施

シミュレーションの結果、共用可能と考えられる。

衛星(宇宙研究業務地球局)システムの概要と諸元・ 結果

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

シミュレーションモデル

伝搬モデル	自由空間伝搬に伝搬係数 Klosを考慮した場合としな い場合の両方で実施 (ITU-R SM.2057) Klos(見通し外等損失): 14 dB
シミュレーションモデル	屋外でのシングルエントリーで実施
UWB平均電力レベル	-70dBm/MHz

干渉検討結果

無線局	干渉許容値 [dBm/MHz]	干渉総和値 [dBm/MHz]	マージン[dB]
内之浦	120.0	-163.5	32.6
臼田	-130.9	-172.7	41.8

アンテナ特性	指向性パラボラアンテナ 最大利得: 66.9 dBi:内之浦、72 dBi:臼田 アンテナ放射パターン: (内之浦局、臼田局) 最小仰角: 3度
地上からのアン テナ高さ [m]	26: 内之浦 70: 臼田
干渉許容値 [dBm/MHz]	-130.9 (ITU-R SA.1157-1)

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

電波天文・測地VLBIシステムの概要と諸元・結果

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

NICT 小金井局以外の局

アンテナ特性	無指向性アンテナ 最大利得: 0 dBi		
地上からのアンテナ高さ[m]	30		
干渉許容値 [dBm/MHz]	-145 (ITU-R RA. 769-2)*		

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

シミュレーションモデル

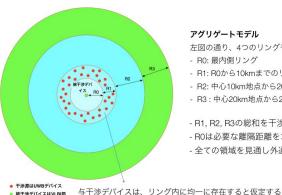
伝搬モデル	自由空間伝搬に伝搬係数Kb/Klosを考慮 (ITU-R SM.2057) Kb(壁減衰): 13 dB、Klos(見通し外等損失): 14 dB
シミュレーションモデル	80%/20% 屋内/屋外 アグリゲートで実施

対象局	UWB デバイス密度	稼働時間	稼働デバイス 密度	参照先
小金井局	2300/km²	5%	115/km²	-稼働時間:
郊外 (水沢局、石岡局など)	110/km²	5%	5.5/km²	ITU-R SM.2057 - 人口密度 :
ルーラル (小笠原局など)	50/km²	5%	2.5/km²	国勢調査

NICT 小金井局

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

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



アグリゲートモデル

左図の通り、4つのリングモデルを用いた。

- RO: 最内側リング
- R1: R0から10kmまでのリング
- R2: 中心10km地点から20kmまでのリング
- R3: 中心20km地点から25kmまでのリング
- R1, R2, R3の総和を干渉総和として算出
- ROは必要な離隔距離を求めるために使用する
- 全ての領域を見通し外通信路として、ITRU-Rに沿ってKlos(見通し外等損失):14dBを加味する

干渉検討結果

対象局	UWB デバイス密度 [Units/k㎡]	<mark>許容干渉値</mark> [dBm/MHz]	離隔距離 [km]
小金井	2302	-136.5	0.075

シミュレーションの結果、小金井局では敷地内でのUWBシ ステム利用制限を行うことで共用可能と考えられる。その 他の局については90mまたは130mの離隔距離を確保する ことで共用可能と考えられる。 18

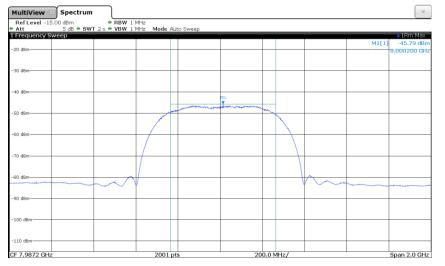
屋外における実証実験 実証試験設備概要及び試験方法

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

型式	X1D (実験 1)	NON (実験2)		
変調方式	BPM-BPSK	無変調		
周波数	7987.	2MHz		
占有帯域幅	710MHz 以下			
空中線電力	最大3.7mW以下	最大0.01μW以下		
空中線電力の可変範囲	1nW ~ 3.7mW	1nW ~ 0.01μW		
送信アンテナ利得	最大利得5dBi以下			



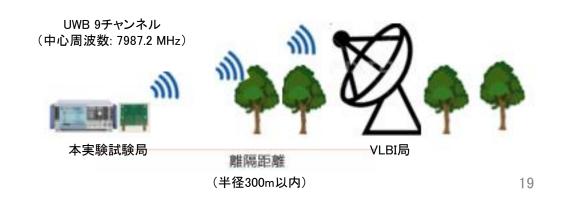
実験で使用したUWBの送信波形



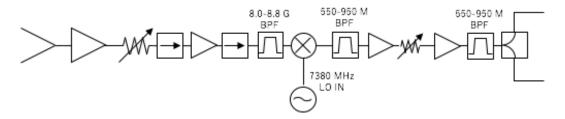
(注)最大利得4.5 dBiの試作アンテナに接続するとEIRP換算で-41.29 dBm/MHz

実験1

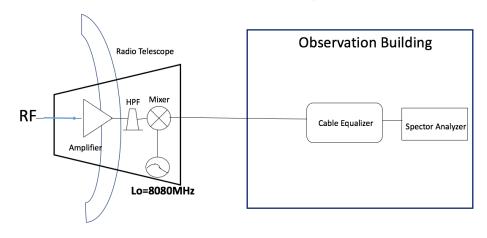
被干渉局となるVLBI局の近傍に与干渉局のシステムを設置し、UWB 9チャンネル(中心周波数: 7987.2 MHz)の信号をオン/オフさせ、その時のVLBIシステムの受信特性の差分を確認する。基本的には、-41.3 dBm/MHz程度の電力で実験を行うが、森林等に囲まれた環境で実験を行うためこの信号レベルでは被干渉側で影響が見えない可能性が考えられるため、それよりも最大で約19 dB高い電力の範囲において、電力を上げて被干渉側での影響度合いを確認することも想定する。



被干渉側局(国立天文台 高萩局)のシステム構成



被干渉側局(国立天文台 水沢局)のシステム構成



実証実験の実施スケジュール

3/5(月)	NICT 小 金井局実験 (事前動作確認)	東京都小金井市貫井北町4-2-1
3/6(火)	国土地理院 石岡局実験 (事前動作確認)	茨城県石岡市根小屋 根小屋字鬼越1029-23
3/7(水)	国立天文台水沢局実験 (事前動作確認)	岩手県奥州市水沢区星ガ丘町2-12
3/8(木)	国立天文台 高萩局実験 (事前動作確認)	茨城県高萩市島名653
3/12(月)	国立天文台 高萩局実験	茨城県高萩市島名653
3/13(火)	国立天文台 水沢局実験	岩手県奥州市水沢区星ガ丘町2-12
3/14(水)	NICT 小金井局実 験	東京都小金井市貫井北町4-2-1
3/19(月)	国土地理院 石岡局実験	茨城県石岡市根小屋 根小屋字鬼越1029-23

実験2

シミュレーションで適用した見通し外等の損失Klos = 14 dBの妥当性確認目的のために無変調信号を用いた伝搬損失の測定を行う。 UWBの変調信号では約500 MHzの広い帯域に電力が分散されるため、単位周波数あたりの電力密度が小さく、伝搬損失の測定が精度よく測定できない可能性が考えられる。そこで、 単位周波数当たりの電力密度の大きい無変調信号を用いる。

> UWB 9チャンネル (中心周波数: 7987.2 MHz)











本実験試験局

離隔距離 (半径300m以内)

基準アンテナ及び スペクトラムアナライザ

実験1 結果

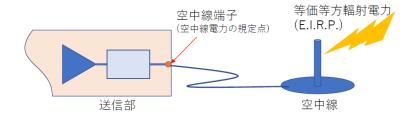
- 本実験で観測されたようなUWB信号に起因する非常に狭帯域なスパイク信号においては、連続波観測における実質的な影響は限定的であると考えられる。
- 一方で、スペクトル線観測においては、影響の可能性は考えられる。
- 被干渉局アンテナと高低差が小さく、近距離で設置される場合は、スパイク信号でなく、ある程度幅を持った帯域で UWB送信波に起因する信号が検出されることから、UWBシステムから電波天文・測地VLBIシステムへの与干渉を 考慮し、当該システムとの共存が可能となるよう十分な配慮をすることが必要である。
- 特に観測局敷地内においては、例えば、被干渉アンテナ施設への訪問者に対して表示や説明等を通じてUWB信号を発する端末の電源をオフにするよう注意喚起するなどの対応が求められ、当該運用調整を行うことでUWBシステムと電波天文・測地VLBIシステムとの共存が可能と考えられる。
- 将来、UWBシステムの実態等の前提に変更が生じるなどUWBシステムとの干渉が問題となるようなケースが生じる場合には、与干渉を考慮した運用協議を行うほか、必要に応じて技術的条件の見直しを行うなどの対応が必要となる。

実験2 結果

- 見通し内、見通し外の伝搬損失の差分として、14 dB以上の差分を確認した。
- 今回の実験環境下においては、ITU-R SM. 2057で定義されている見通し外等の損失Klos = 14 dBの妥当性を確認 することができた。

等価等方輻射電力と空中線電力の検討

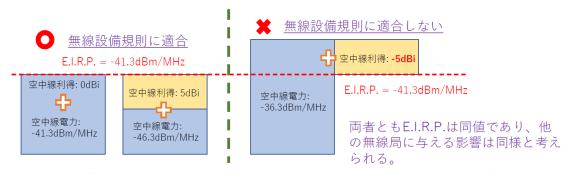
諸外国では等価等方輻射電力(EIRP)での定義となっているが、 我が国の無線設備規則では空中線電力と絶対アンテナ利得及び EIRPが各々定義されている。



我が国における空中線電力と等価等方輻射電力の規定点のイメージ

	B	欧 (ETSI)	米(FCC)	中国	韓国
周波数	3.4-4.8GHz	3.1-4.8GHz	3.1-10.6GHz	4.2-4.8GHz	3.735~4.8GHz
	7.25-10.25GHz	6.0-9.0GHz		6.0-9.0GHz	7.2~10.2GHz
空中線電力(平均値)と空中線利得	-41.3 dBm/MHz以下、 絶対利得0 dBi以下	EIRP -41.3 dBm/MHz以下	EIRP -41.3 dBm/MHz以下	EIRP -41.0 dBm/MHz以下	EIRP -41.3 dBm/MHz以下
空中線電力(尖頭値)	0dBm/50MHz	EIRP OdBm/50MHz	EIRP OdBm/50MHz	規制なし	EIRP 0dBm/50MHz
空中線利得	絶対利得0 dBi以下	規制なし	規制なし	規制なし	(アンテナ絶対利得を含む電力密度)

諸外国のUWBシステムでは、機器のサイズが小さいことから、アンテナ利得がマイナスの値となっている場合が多く、当該UWBシステムを日本に持ち込んだ場合、日本の空中線電力の規定に従って送信出力を低下させる必要があり、それに伴ってEIRPの値が下がることによって、当初想定していた距離での通信ができないなど、諸外国に比べ支障が発生する可能性により、製造メーカーの障害となっているほか、結果的にユーザーの利便性を損ねるおそれがある。



検討の結果

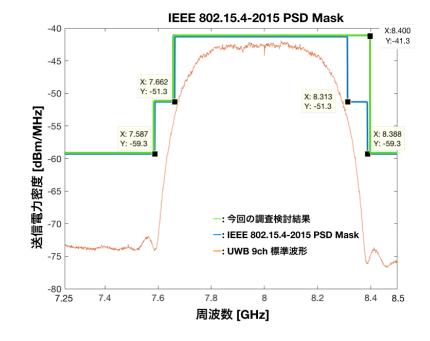
- 現行の免許不要局においては、特定小電力機器(証明規則第2条第1項第8号)のうち、体内埋込み型医療用データ伝送用等、315MHz帯のテレコン・テレメータ・データ伝送用、国際輸送用データ伝送用などEIRPのみで認証が取得できる機器も存在している
- 無線部分のみが出回ることはなく、アンテナ部分と、制御部分を含めた3つの部分が一体型となっていなければ 認証ができない制度となっていること
- 一体で適合審査を受けること自体については懸念がないことの認識が共有された。
- 最近の動向として、製品が小型化する中、アンテナ部分を切り離して空中線電力を測ること自体が困難となっているとの指摘があった。
- このため、製造者及び日本国内のユーザーの利便を考えると、国際標準への準拠の視点も考慮に入れながら、 UWBシステムの屋外利用に関する技術的条件の検討を行うことが望ましいと考えられる。

調査検討結果

本検討会では諸外国の動向及び今後想定される利用シーンから、UWBシステムの屋外利用における周波数として9チャンネルに焦点を当てた調査検討を実施した。その結果、9チャンネルの中心周波数である7.9872GHzを基準として、本検討会で検討を行わなかった各種レーダーに使用されている8.5GHzより上の周波数帯域を超えない帯域までを上限周波数とし、IEEE Std.802.15.4a-2015規定のPSDマスクを許容できる幅で利用可能であるほか、8.313GHzから8.400GHzまでは送信電力密度が-41.3dBm/MHzで利用可能であることが確認できた。他方、下限周波数としては、7.250GHzの利用までIEEE Std.802.15.4a-2015規定のPSDマスクを許容できる幅で利用可能であることが確認された。

今後の制度化にあたっては、海外の技術基準を鑑みて、我が国において もIEEE Std. 802.15.4a-2015規定のPSDマスクに準じた技術的条件を確立で きると考えられる。また計測機器の性能向上に則したより有効な測定方法に ついても検討されることが望ましいと考えられる。

なお、本検討会において、UWBシステムの屋外利用における諸外国と我が国との技術基準について比較検討を行ったところ、等価等方輻射電力に対する考え方の違いが明らかになった。UWB製品の国際流通の観点からも、諸外国の技術基準を参考に我が国における等価等方輻射電力の考え方を整理する必要が確認できた。



技術基準案

		屋外共用検討に係る技術基準案	現行のUWBハイバンドの技術基準	
周波数の許容偏差		7.662~8.4 GHz (指定周波数帯)	7.25~10.25 GHz (指定周波数带)	
平均電力		-41.3 dBm / MHz (等価等方輻射電力による)	-41.3 dBm / MHz	
空中線電力	尖頭電力	0 dBm / 50 MHz(等価等方輻射電力による)	0 dBm / 50 MHz	
空中線電力の許容像	扁差	<u>規定しない</u>	+20%、下限は規定な	: L
占有周波数帯幅の詞	午容値	738 MHz (指定周波数帯の幅)	3 GHz	
拡散帯域幅の許容値	<u>直</u>	現行どおり	450 MHz以上(最大輻射電力より10 dB低い輻射電力 における上限下限の周波数帯幅)	
空中線絶対利得		<u>規定しない</u>	0 dBi (E.I.R.P.: -41.3 dBm / MHz)	
			1,600 MHz 未満	-90 dBm/MHz
			1,600 MHz 以上 2,700 MHz 未 満	-85 dBm/MHz
			2,700 MHz 以上 7.25 GHz 未満	-70 dBm/MHz
			7.25 GHz 以上 10.25 GHz 未満	-54 dBm/MHz
副次的に発射する電	電波等の限度	現行どおり	10.25 GHz 以上 10.6 GHz 未満	-70 dBm/MHz
			10.6 GHz 以上 10.7 GHz 未満	-85 dBm/MHz
			10.7 GHz 以上 11.7 GHz 未満	-70 dBm/MHz
			11.7 GHz 以上 12.75 GHz 未 満	-85 dBm/MHz
			12.75 GHz 以上	-70 dBm/MHz
筐体要件等		筐体は容易に開けることができないものである こと。	筐体は容易に開けることができない 筐体の見やすい箇所に「屋内におい 射が可能である」旨が表示されて	てのみ電波の発

技術基準案

	屋外共用検討に係る技術基準案		現行のUWBハイバンドの技術基準			
		現行どおり		1,600 MHz 未満	-90 dBm/MHz	
	7.25 GHz 未満			1,600 MHz 以上 2,700 MHz 未 満	-85 dBm/MHz	
				2,700 MHz 以上 7.25 GHz 未 満	-70 dBm/MHz	
		7.25 GHz 以上 7.587 GHz 未満	-59.3 dBm/MHz			
不要発射の	7.25 GHz 以上 10.25	7.587 GHz 以上 7.662 GHz 未満	-51.3 dBm/MHz	該当なし(指定周波数帯内のため)		
強度の許容 値	10.25 GHz 未満	8.4 GHz 以上 8.5 GHz 未満	-59.3 dBm/MHz			
吧 (平均電		8.5 GHz 以上 10.25 GHz 未満	-70 dBm/MHz			
力)				10.25 GHz 以上 10.6 GHz 未 満	-70 dBm/MHz	
		現行どおり		10.6 GHz 以上 10.7 GHz 未満	-85 dBm/MHz	
	10.25 GHz 以上			10.7 GHz 以上 11.7 GHz 未満	-70 dBm/MHz	
				11.7 GHz 以上 12.75 GHz 未 満	-85 dBm/MHz	
				12.75 GHz 以上	-70 dBm/MHz	
		現行どおり		1,600 MHz 未満	-84 dBm/MHz	
	7.25 GHz 未満			1,600 MHz 以上 2,700 MHz 未満	-79 dBm/MHz	
				2,700 MHz 以上 7.25 GHz 未満	-64 dBm/MHz	
		7.25 GHz 以上 7.587 GHz 未満	<u>-53.3 dBm/MHz</u>			
不要発射の	7.25 GHz 以上 10.25	7.587 GHz 以上 7.662 GHz 未満	<u>-45.3 dBm/MHz</u>	該当なし(指定周波数帯内	0t= th)	
強度の許容 値	10.25 GHz 未満	8.4 GHz 以上 8.5 GHz 未満	-53.3 dBm/MHz	該当なし、指定局級数帝内	0)(=0)	
(尖頭電		8.5 GHz 以上 10.25 GHz 未満	-64 dBm/MHz			
力)				10.25 GHz 以上 10.6 GHz 未 満	-64 dBm/MHz	
				10.6 GHz 以上 10.7 GHz 未満	-79 dBm/MHz	
	10.25 GHz 以上	現行どおり	<u>現行どおり</u>		-64 dBm/MHz	
				11.7 GHz 以上 12.75 GHz 未 満	-79 dBm/MHz	
				12.75 GHz 以上	-64 dBm/MHz	

【参考1】 調査検討会の構成員

(敬称略、順不同)

	E	氏名	, 一
主査	小林	岳彦	東京電機大学 工学部 情報通信工学科 教授
副主査	李 還	幇	国立研究開発法人 情報通信研究機構ワイヤレスネットワーク研究所 主任研究員
構成員	飯塚	留美	一般財団法人 マルチメディア振興センター電波利用調査部 研究主幹
構成員	稲見	敏之	国土交通省 大臣官房技術調査課 電気通信室電気通信第一係長
構成員	今村	浩一郎	日本放送協会 放送技術研究所 伝送システム研究部上級研究員
構成員	江原	隆	ビー・エム・ダブリュー株式会社 テクノロジー・オフィス シニア・エンジニア
構成員		昭男	株式会社パスコ 衛星事業部
構成員		收	大学利用機関法人 自然科学研究機構 国立天文台水沢VLBI観測所 助教
構成員		忍	国土交通省国土地理院 測地部 宇宙測地課 課長補佐
構成員		孝治	国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構 周波数管理室長
構成員		信樹	株式会社NTTドコモ 電波部 電波企画担当 担当課長
構成員		卓士	株式会社デンソー ICT技術4部 システム開発室開発1課 担当課長
構成員		明則	KDDI株式会社 技術企画本部 電波部 企画・制度グループマネージャー
構成員		正彦	日本無線株式会社 ソリューション事業部 技術統括部 部長
構成員	八軒		西日本電信電話株式会社 設備本部 ネットワーク部 企画部門設備企画担当 担当課長
構成員		樹	日本テレビ放送網株式会社 技術統括局 専門局次長
構成員		浩幸	コンチネンタル・オートモーティブ・ジャパン株式会社インテリア ボディ&セキュリティネットワーク製品グループマネージャー
構成員		安博	Apple Japan, Inc. Wireless Design
構成員		秀二郎	株式会社 エム・シー・シー ネットワーク本部 電波部長
構成員		仁	ソフトバンク株式会社 先端技術研究部 担当部長
		圭太	防衛省 整備計画局 情報通信課 防衛部員
オブザーバー		陽市	一般社団法人電波産業会研究開発本部移動通信グループ主任研究員
オブザーバー		孝典	総務省 総合通信基盤局 電波部 基幹·衛星移動通信課重要無線室 特定無線係長
オブザーバー		新之助	総務省 総合通信基盤局 電波部 基幹・衛星移動通信課衛星推進係長
オブザーバー		崇師	総務省情報流通行政局放送技術課課長補佐
オブザーバー		拓哉	総務省 総合通信基盤局 電波部 移動通信課 課長補佐
オブザーバー		春菜	総務省 総合通信基盤局 電波部 移動通信課新世代移動通信システム推進室 システム企画係長
オブザーバー	広瀬	恵太	総務省 総合通信基盤局 電波部 移動通信課新世代移動通信システム推進室 システム企画係

【参考2】 調査検討経過

1. 第1回会合(平成30年2月8日(木))

本調査検討会での検討の進め方、運営方針、検討体制、検討の目的、今後のスケジュールの確認を行った上で、UWBシステムに関する海外動向、我が国におけるUWBシステムの新たな利用ニーズ、各システムとの干渉検討結果について共有・議論を行った。また、今後の実機での実験内容について共有の上、今後のスケジュールの確認を行った。

2. 第2回会合(平成30年2月28日(木))

第1回会合での議論を踏まえ、固定局に係る追加シミュレーション、固定局に係る干渉検討条件について共有・議論を行ったことに加えて、車系キーレスアプリケーションについても補足説明が行われ、追加シミュレーションについても議論を行った。また、構成員からの事前照会事項に基づき、認識共有・検討を進めたほか、事務局よりEIRPに関する考え方についても提案があり、議論を行った。また、実機での実験予定の確認を行うとともに、本検討会の報告書骨子について紹介があった。

3. 第3回会合(平成30年3月16日(金))

第2回会合での議論を踏まえ、固定局に関わる追加シミュレーションについて共有・議論を行った他、個別調整事項についての進捗報告、第2回会合時の構成員からの照会事項について共有を行った。また、実機試験の経過報告があり、本検討会の報告書素案についても紹介があり、次回会合までに事前に構成員に最終報告書案を共有することとされた。

4. 第4回会合(平成30年3月29日(木))

第3回会合での議論及び個別調整事項を中心に追加シミュレーションを行い、協議が行われた事項について報告が行われたほか、事前に共有した最終報告書案に基づき、確認が行われ、最終報告書案が最終確認を経て座長一任の上、承認されることとなった。

【参考3】実証実験の結果

[実験手順]

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

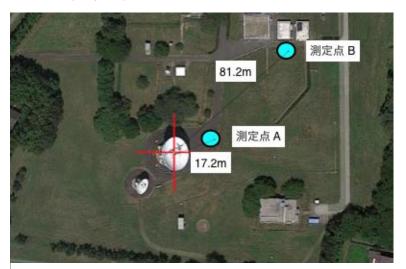
高萩局(実験1)



	仰角 [度]	UWBオン/ オフの差分 (スペアナ)	UWBオン /オフの差分(パ ワー メータ)	アンテナ 温度換算値	システム 雑音温度[K]
測定点A (距離約	5	~1dB (スパイク)	0.2dB	0.2K	53
20.3m)	15	有意な差は なし	有意な差は なし	有意な差はなし	33
	5	有意な差は なし	有意な差は なし	有意な差はなし	55
測定点B (距離約 62.5m)	7	~1.5dB (スパイク)	0.2dB	0.2K	46
<i>62</i> (3)(1)	15	有意な差は なし	有意な差は なし	有意な差は なし	33

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

水沢局(実験1)



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

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

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

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

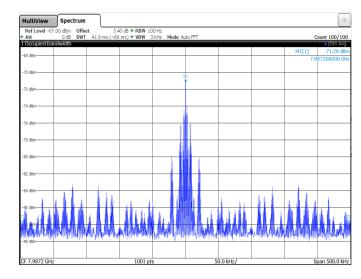
石岡局(実験1)



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

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



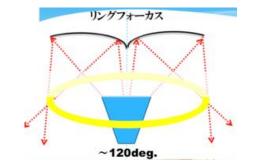


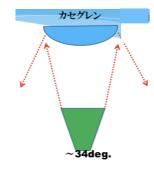
測定点AにおいてUWB送信アンテナの高さを地上から2.25mの高さまでかさ上げして被干渉アンテナとの高低差がより小さくなるようにして実験を行ったところ、図4.5-18に示すように中心周波数で18dB程度、その他の周波数でも5dB程度の信号が確認された。なお、かさ上げ前の高さは1.5mである。

【実験1での考察】

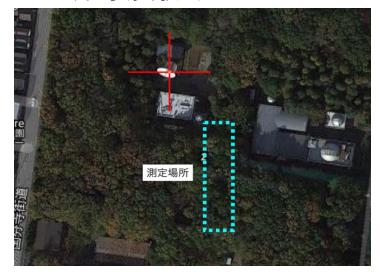
石岡局の測定点Aでの送信点を写真4.5-5に示す。石岡局では被干渉局アンテナと高低差が小さく正対に近いケースにおいて、UWBオン/オフにおける最大の変化を確認した。特に、地上から2.25mの高さまで与干渉アンテナをかさ上げした場合、中心で18dB、ある程度幅を持った帯域で5dB程度の信号を確認した。これは、被干渉アンテナのシステムに影響を与えると考えられる。

石岡局では70度以上の高い仰角でUWB信号に起因する5dB程度のスパイク信号が検出されている。石岡局の被干渉アンテナに用いられている光学系はリングフォーカスと呼ばれ、高萩局、水沢局のようなカセグレンアンテナと比べ、広角で副鏡に入射してくる信号も受信される。このように、石岡局では、高い仰角での信号の混入も注意すべきである。



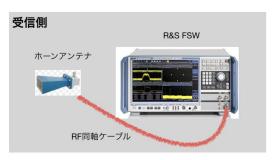


小金井局(実験2)









[実験結果]

実験結果を表4.5-34に示す。

見通し内、見通し外の伝搬損失の差分として、測定点1~3で14 dB以上の差分を確認した。 今回の実験環境下においては、ITU-R SM. 2057で定義されている見通し外等の損失Klos = 14 dBの妥当性を確認することができた。

[実験手順]

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

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