

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
概要(案)

「UWB(超広帯域)無線システムの技術的条件」のうち、
「マイクロ波帯を用いたUWB無線システムの屋外利用の技術的条件」

■ 検討背景

UWB（超広帯域）無線システムは、広帯域の周波数を利用することで、近距離通信において数百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無線システムである。平成18年に通信用途（3.4-4.8GHz帯、7.25-10.25GHz帯）、平成22年に衝突防止用車載レーダー用途（22-29GHz帯）、平成25年にセンサー用途（7.25-10.25GHz帯）等で制度化が行われているが、通信用途やセンサー用途で使用されているUWB無線システムは、屋内利用に限定されている。一方で、諸外国においては屋内に限らず屋外での利用もされており、様々な利用シーンに活用されている。

近年、IoT時代においては、様々な利用シーンを想定したUWB無線システムの活用が検討されており、我が国においても、諸外国の技術基準と調和のとれた技術基準となるよう屋外利用等を求めるニーズが高まってきている。

こうしたニーズを踏まえ、情報通信審議会諮問第2008号※1に基づき、既存システムとの周波数共用を図りつつ、必要な技術的条件の検討を行う。

※1 諮問第2008号「UWB（超広帯域）無線システムの技術的条件について」

■ 主な検討項目

（1）屋外で使用可能な周波数帯域、占有周波数帯幅、不要発射強度等の検討

UWB無線システムの割当帯域は広く、共用システムが多数存在するため、屋外利用が要望されている7.25-10.25GHzの周波数帯の内、IEEE 802.15.4aにおいて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、周波数帯域幅※2：499.2MHz）に焦点を当て、他の無線システムへの影響を確認した上で検討を進める。

※2 IEEE 802.15.4aでは、任意の最大電力から3dB低下したところを周波数帯域幅としている。

（2）等価等方輻射電力による規定の検討

諸外国では等価等方輻射電力（EIRP）のみ定義されているが、日本では空中線電力、空中線利得及びEIRPが各々定義されており、諸外国のUWB無線システムを日本に持ち込んだ場合、日本の技術基準に合わせ制御するため諸外国に比べ性能が劣化する可能性がある。このため他の無線システムへの影響を確認した上で、等価等方輻射電力による規定の検討を進める。

- 現在は、パソコンやAV機器のデータ伝送用途のほか、製造業や流通業において、位置探知システムとしてセンサー用途で使用されている。
- 近年、キーレスエントリーやハンドヘルドデバイス間のデータ伝送・測距といった屋外での利用ニーズが高まってきている。

屋内利用

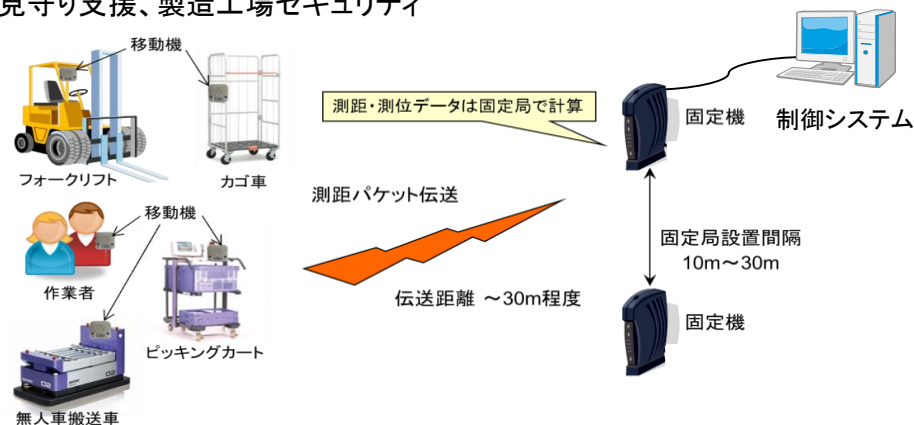
データ伝送用途

PCデータのプリンタへの転送、デジタルカメラで撮った静止画像のプリンタへの転送、デジタルビデオカメラで撮影した動画のPCへの取込み



センサー用途

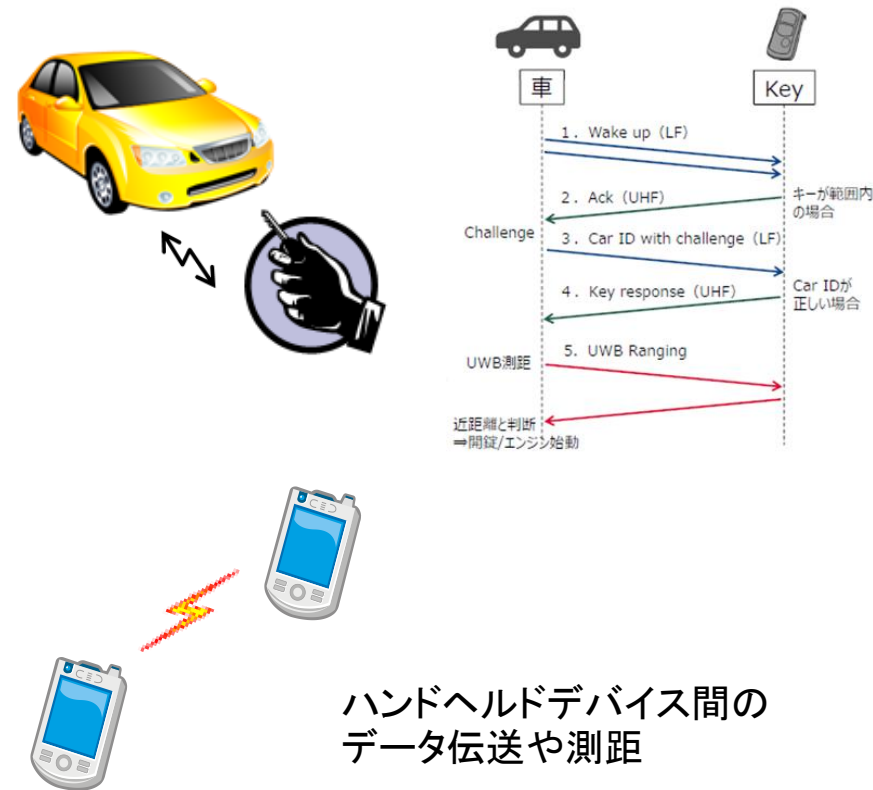
自動車製造工場ライン管理、平置倉庫管理、カゴ車作業管理、工場作業員見守り支援、製造工場セキュリティ



屋外利用(新たな利用ニーズ)

キーレスエントリー

車やキーから送信される電波を中継し、ドアを開錠する車の盗難が問題となっている。このため、UWBの技術を利用し、車までの距離を測り1m以内であれば開錠することで盗難の防止を図る。

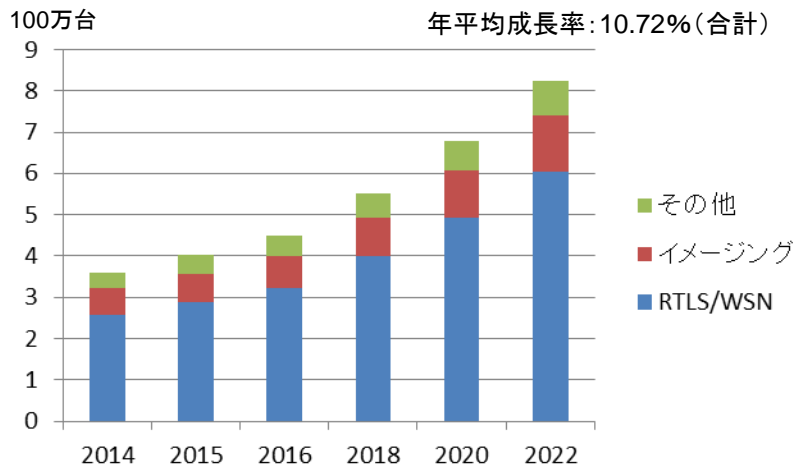


ハンドヘルドデバイス間のデータ伝送や測距

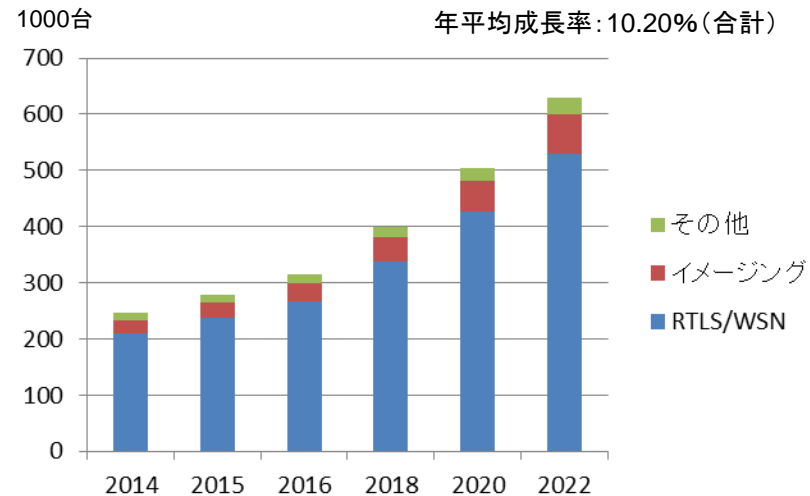
【グローバル】

【日本】

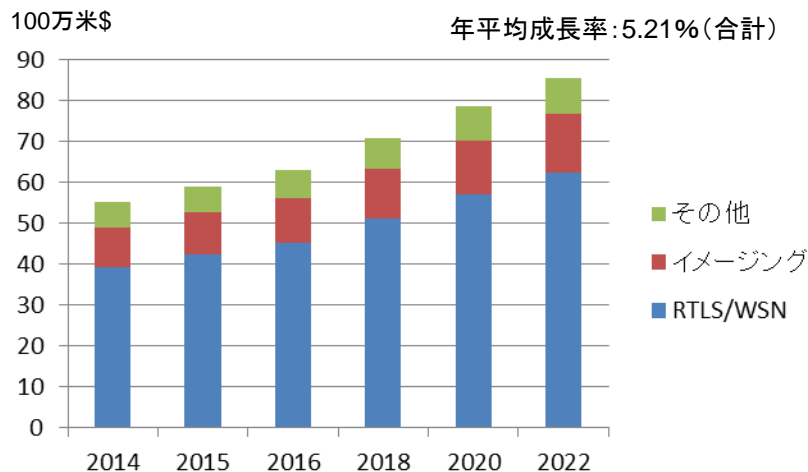
【普及台数】



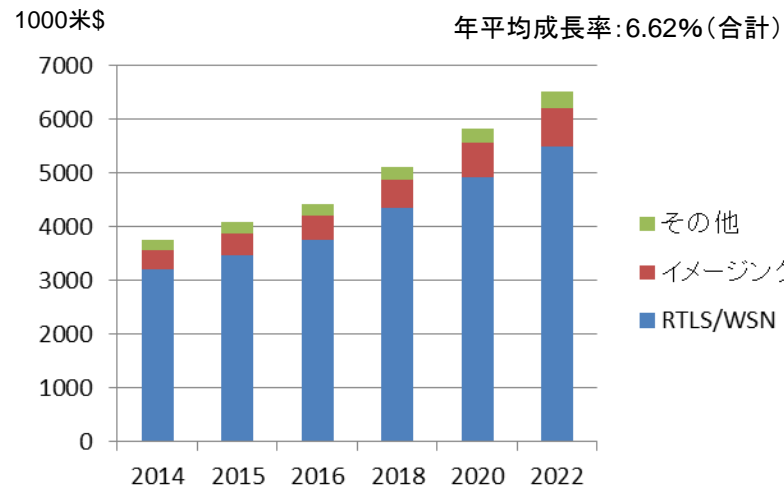
【普及台数】



【市場規模】



【市場規模】



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)

注: 屋外利用は含まれていない。

諸外国におけるUWB無線システムの技術基準

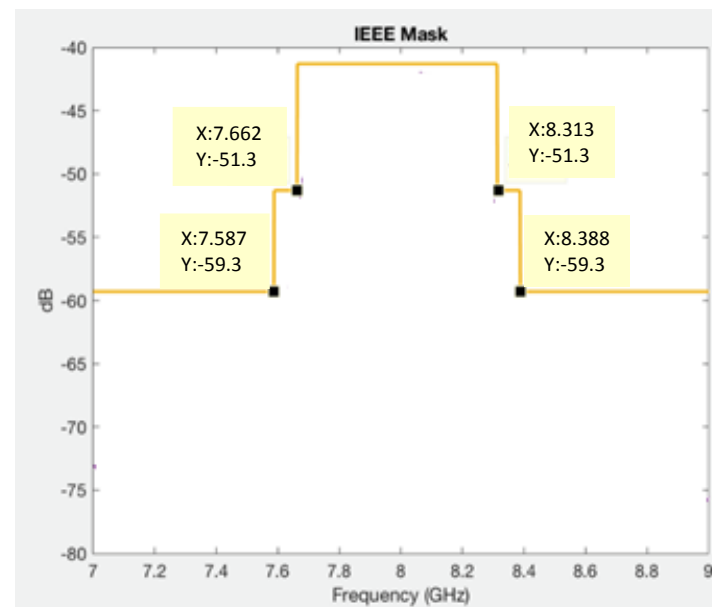
項目		日本	欧州(ETSI)	米国	中国	韓国
根拠規定		無線設備規則第49条の27、告示第475号、第507号、第166号	ECC/DEC/(06)04 ECC/DEC/(12)03	FCC規則パート15(無線周波数デバイス)サブパートF(UWB運用)	超宽带(UWB)技術周波数使用規定	申告せず開設することができる無線局の無線設備の技術基準(科学技術情報通信部告示第2017-10号)
周波数帯		3.4-4.8 GHz 7.25-10.25 GHz	3.1-4.8 GHz 6.0-9.0 GHz	3.1-10.6 GHz	4.2-4.8 GHz 6.0-9.0 GHz	3.735-4.8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

- IEEE 802.15.4aは、2007年3月に策定された初めてのUWBの国際標準規格であり、測距を重視した低レートWPAN (Wireless Personal Area Network) のための規格。
- UWB無線システムのローバンド (3.1-4.9GHz) 及びハイバンド (6.0-10.6GHz) を対象とし、それぞれに必ず使用しなければいけない優先チャンネルを定義している。
- 1つのチャンネルの帯域幅は499.2MHz を基本としているが、より良い測距性能を得るために1GHz以上の広帯域チャンネルが4つ定義されている。
- ハイバンドにおいては、9チャンネル (中心周波数: 7987.2MHz、周波数帯域幅: 499.2MHz) が優先チャンネルに指定されており、他のチャンネルと比べて優先度が高い。

IEEE802.15.4aの無線チャンネル

チャンネル番号	中心周波数 (MHz)	周波数帯域幅※ (MHz)	必須/オプション
1	3494.4	499.2	オプション
2	3993.6	499.2	オプション
3	4492.8	499.2	ローバンド必須
4	3993.6	1331.2	オプション
5	6489.6	499.2	オプション
6	6988.8	499.2	オプション
7	6489.6	1081.6	オプション
8	7488.0	499.2	オプション
9	7987.2	499.2	ハイバンド必須
10	8486.4	499.2	オプション
11	7987.2	1331.2	オプション
12	8985.6	499.2	オプション
13	9484.8	499.2	オプション
14	9984.0	499.2	オプション
15	9484.8	1354.97	オプション

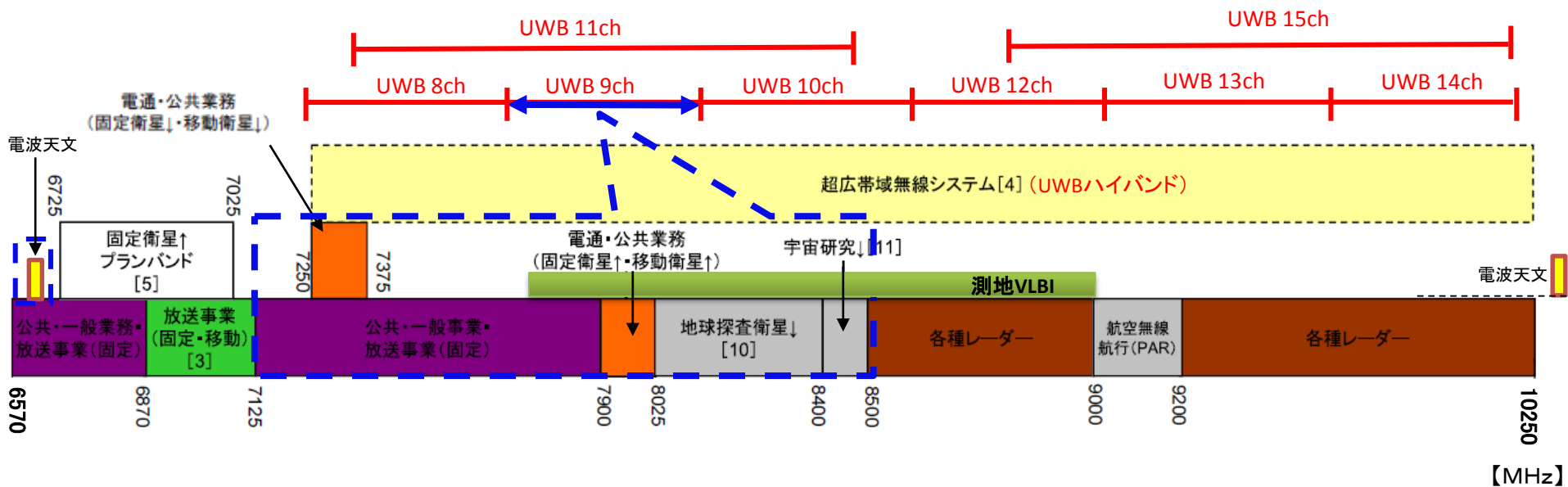
IEEE802.15.4aにおける9チャンネルの電力スペクトル密度 (PSD) マスク



平均電力-41.3dBm/MHzとした場合のPSDマスク

※ IEEE802.15.4aでは、任意の最大電力から3dB低下したところを周波数帯域幅としている。

- 赤線はIEEE802.15.4aによるチャンネルの定義
- 青枠のシステム（電波天文、測地VLBI※、衛星システム、固定マイクロ通信システム、放送関係システム）と共用検討を行う

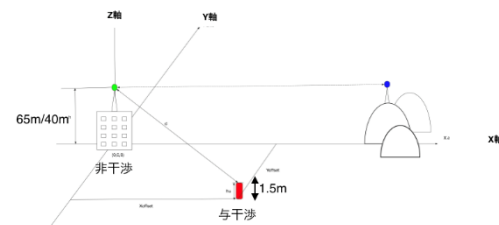


※ 測地VLBI (Very Long Baseline Interferometry: 超長基線電波干渉法) は、天体からの電波を利用してアンテナの位置を測る技術であり、位置情報やナビゲーションサービスなどに利用されている。

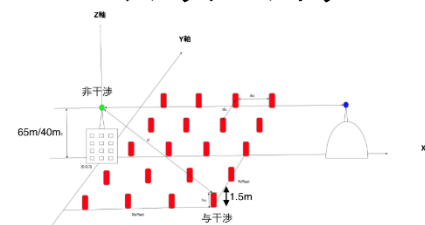
シミュレーションモデル

シングルエントリーおよびアグリゲートモデルにおけるシミュレーションを実施。

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



シングルエントリー



アグリゲートモデル

干渉検討結果

(1) シングルエントリー

被干渉アンテナの地上からの高さ40m, 65mの条件で共に、最悪地点における干渉値が干渉許容値である-129.8 dBm/MHz以下となった。

(2) アグリゲートモデル

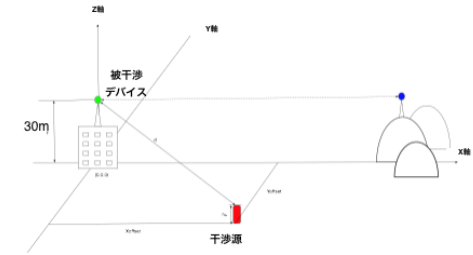
最悪条件である都市部のモデルにおける屋外100%の利用シーン、被干渉アンテナの地上からの高さ40mの条件で干渉総和値は-140.1 dBm/MHzとなり保護率100%となった。また、許容干渉値-129.8 dBm/MHzに対して10.3dBのマージンのある結果となった。

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

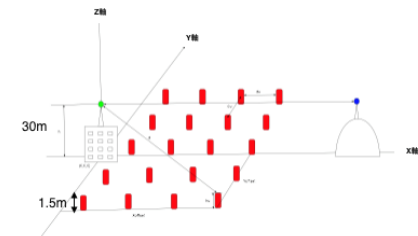
シミュレーションモデル

シングルエントリーおよびアグリゲートモデルにおけるシミュレーションを実施。

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



シングルエントリー



アグリゲートモデル

干渉検討結果

(1) シングルエントリー

最悪地点における干渉値が干渉許容値である-129.8 dBm/MHz以下となった。

(2) アグリゲートモデル

最悪条件である都市部のモデルにおける屋外100%の利用シーンで干渉総和値は-140.0 dBm/MHzとなり保護率100%となった。また、許容干渉値-129.8 dBm/MHzに対して10.2 dBのマーヅンのある結果となった。

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

シミュレーションモデル

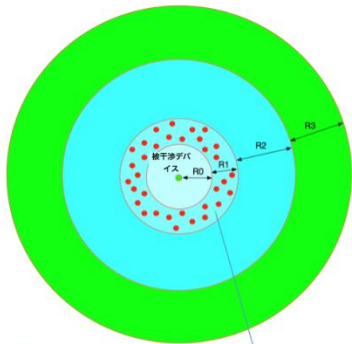
アグリゲートモデルにおけるシミュレーションを実施。

アンテナ特性	指向性パラボラアンテナ (直径 11m:鳩山、6m:つくば、20m:勝浦) 最大利得: 56.7 dBi:鳩山、51.6 dBi:つくば、61.8 dBi:勝浦 アンテナ放射パターン: ITU-R SA.509、最小仰角: 3度
地上からのアンテナ高さ [m]	11.4:鳩山、25.3:つくば、11.8勝浦
干渉許容値 [dBm/MHz]	-130 (ITU-R SA.1027-5)

干渉検討結果

・ アグリゲートモデル

鳩山局のモデルにおいては、100%屋外利用の条件で離隔距離132mの結果となったが、80%屋内、20%屋外利用の条件では、全ての局で離隔距離は必要ないという結果となった。



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。
- R0: 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
- R0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、ITU-Rに沿ってKlos(見通し外等損失):14dBを加味する

● 干渉源はUWBデバイス
● 被干渉デバイスはVLBI局
与干渉デバイスは、リング内に均一に存在すると仮定する

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

シミュレーションモデル

シングルエントリーにおけるシミュレーションを実施。

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)

干渉検討結果

・ シングルエントリー

UWB平均電力レベル-70dBm/MHz条件下でのシミュレーションの結果、最悪地点における干渉値が干渉許容値である-130.9 dBm/MHzに対して、30dB以上のマージンを確認した。そのため、8400-8500MHzにおけるUWB 9chの帯域外スプリアス発射又は不要輻射の強度として、IEEE Std. 802.15.4-2015規定のPSDマスクの値-59.3dBm/MHzを満たすことで、共用可能

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

シミュレーションモデル アグリゲートモデルにおけるシミュレーションを実施。

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)*

その他の局

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

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

**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)

干渉検討結果

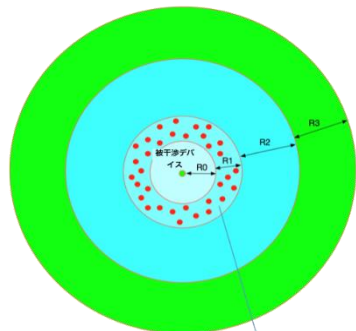
・ アグリゲートモデル

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

その他の局については、130m、90mの離隔距離が確保される条件で屋外利用においても共用可能となった。

・ 実機試験

UWB信号に起因する狭帯域なスパイク信号が観測され、スペクトル線観測に影響の可能性が考えられる。また、被干渉局アンテナと高低差が小さく、近距離で設置される場合は、ある程度幅を持った帯域でUWB送信波に起因する信号が検出されることから、UWB無線システムから電波天文・測地VLBIシステムへの与干渉を考慮し、当該運用調整を行うことで共存が可能と考えられる。



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。

- R0: 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

- R0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、ITU-Rに沿ってKlos(見通し外等損失):14dBを加味する

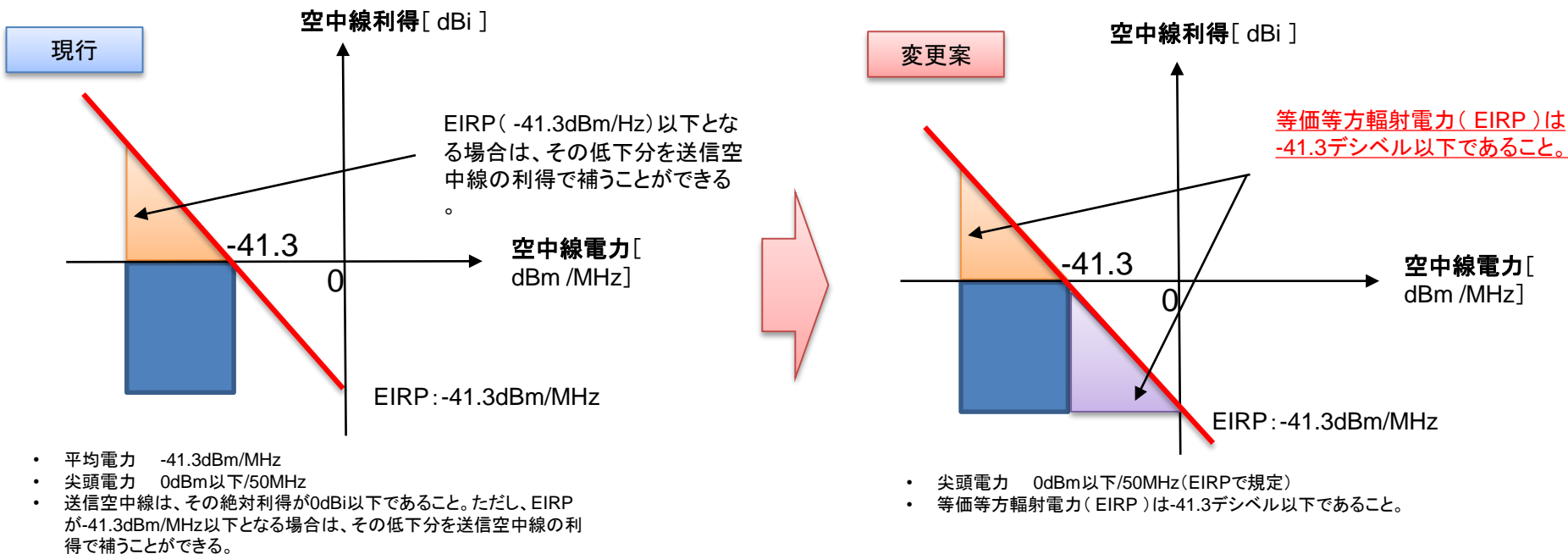
● 干渉源はUWBデバイス
● 被干渉デバイスはVLBI局
与干渉デバイスは、リング内に均一に存在すると仮定する

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

近年、UWBシステムにおいても端末の小型化が進んでいる。小型端末の場合、搭載スペースが限られているため、空中線利得が低利得となり、所望の通信距離が確保できないなど課題がある。

そのため、低利得アンテナ使用時において、基準の等価等方輻射電力(EIRP)の範囲内であれば、現行基準の空中線電力の低下分を送信空中線利得で補うことができるとに加え、空中線電力の増加分を送信空中線利得で減じることが出来るように規定の見直しを検討。

【基本的な考え方】



➤ 現行基準では、基準となる空中線電力と送信空中線利得による等価等方輻射電力(EIRP)を条件とし、基準のEIRPの範囲内で、空中線電力の低下分を送信空中線利得で補うことができる。

➤ 変更案は、上記に加え、現行基準のEIRPの範囲内であれば、空中線電力の増加分を空中線利得で減じることが可能とするものである。なお、そのEIRP基準は現行基準(空中線電力と空中線利得)を踏まえたものであることから、他の無線局へ著しく影響を与えるものでない。また、不要輻射についても同様の考え方を取り入れる。

屋外共用検討に係る技術基準の考え方

周波数の許容偏差	7.587GHz以上8.4GHz未満（指定周波数帯）		
空中線電力 （等価等方輻射電力による）	平均電力（等価等方輻射電力による） 7,587－7,662 MHz：-51.3 dBm/MHz以下 7,662－8,400 MHz：-41.3 dBm/MHz以下		
	尖頭電力（等価等方輻射電力による） 現行どおり		
空中線絶対利得	規定なし		
占有周波数帯幅の許容値	813MHz（指定周波数帯）		
拡散帯域幅の許容値	現行どおり		
副次的に 発射する 電波等の 限度（等 価当方輻 射電力に よる）	7.25 GHz未満	現行どおり	
	7.25 GHz以上 10.25 GHz未満	7.25 GHz以上7.587 GHz未満	-59.3 dBm/MHz
		7.587 GHz以上8.4GHz未満	-54.0 dBm/MHz
		8.4 GHz以上8.5 GHz未満	
		8.5 GHz以上10.25 GHz未満	
10.25 GHz以上	現行どおり		

現行のUWB/ハイバンドの技術基準

周波数の許容偏差	7.25GHz以上10.25 GHz未満（指定周波数帯）		
空中線電力	平均電力：-41.3 dBm / MHz		
	尖頭電力：0 dBm / 50 MHz		
空中線絶対利得	0 dBi 以下 ただし、等価等方輻射電力が絶対利得0デシベルの送信空中線に上文に規定する空中線電力を加えたときの値以下となる場合は、その低下分を送信空中線の利得で補うことができる。		
占有周波数帯幅の許容値	3 GHz		
拡散帯域幅の許容値	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）		
副次的 に発射 する電 波等の 限度	7.25 GHz未満	1,600 MHz未満	-90.0dBm/MHz
		1,600 MHz以上2,700 MHz未満	-85.0dBm/MHz
		2,700 MHz以上7.25 GHz未満	-70.0dBm/MHz
	7.25 GHz以上 10.25 GHz未満	7.25 GHz以上10.25 GHz未満	-54.0dBm/MHz
	10.25 GHz以上	10.25 GHz以上10.6 GHz未満	-70.0dBm/MHz
		10.6 GHz以上10.7 GHz未満	-85.0dBm/MHz
		10.7 GHz以上11.7 GHz未満	-70.0dBm/MHz
		11.7 GHz以上12.75 GHz未満	-85.0dBm/MHz
		12.75 GHz以上	-70.0dBm/MHz

屋外共用検討に係る技術基準の考え方

不要発射の強度の許容値 (平均電力:等価等方輻射電力による)	7.25 GHz未満	現行どおり	
	7.25 GHz以上10.25 GHz未満	7.25 GHz以上7.587 GHz未満	-59.3 dBm/MHz
		7.587 GHz以上8.4GHz未満	該当なし(指定周波数帯内のため)
		8.4 GHz以上8.5 GHz未満	
		8.5 GHz以上10.25 GHz未満	
10.25 GHz以上	現行どおり		
不要発射の強度の許容値 (尖頭電力:等価等方輻射電力による)	7.25 GHz未満	現行どおり	
	7.25 GHz以上10.25 GHz未満	7.25 GHz以上7.587 GHz未満	
		7.587 GHz以上8.4 GHz未満	該当なし(指定周波数帯内のため)
		8.4 GHz以上8.5 GHz未満	
		8.5 GHz以上10.25 GHz未満	
10.25 GHz以上	現行どおり		
筐体要件	筐体は容易に開けることができないものであること。		

現行のUWBハイバンドの技術基準

不要発射の強度の許容値 (平均電力)	7.25 GHz未満	1,600 MHz未満	-90.0 dBm/MHz
		1,600 MHz以上2,700 MHz未満	-85.0 dBm/MHz
		2,700 MHz以上7.25 GHz未満	-70.0 dBm/MHz
	7.25 GHz以上10.25 GHz未満	該当なし(指定周波数帯内のため)	
	10.25 GHz以上	10.25 GHz以上10.6 GHz未満	-70.0 dBm/MHz
10.6 GHz以上10.7 GHz未満		-85.0 dBm/MHz	
10.7 GHz以上11.7 GHz未満		-70.0 dBm/MHz	
11.7 GHz以上12.75 GHz未満		-85.0 dBm/MHz	
12.75 GHz以上		-70.0 dBm/MHz	
不要発射の強度の許容値 (尖頭電力)	7.25 GHz未満	1,600 MHz未満	-84.0 dBm/MHz
		1,600 MHz以上2,700 MHz未満	-79.0 dBm/MHz
		2,700 MHz以上7.25 GHz未満	-64.0 dBm/MHz
	7.25 GHz以上10.25 GHz未満	該当なし(指定周波数帯内のため)	
	10.25 GHz以上	10.25 GHz以上10.6 GHz未満	-64.0 dBm/MHz
10.6 GHz以上10.7 GHz未満		-79.0 dBm/MHz	
10.7 GHz以上11.7 GHz未満		-64.0 dBm/MHz	
11.7 GHz以上12.75 GHz未満		-79.0 dBm/MHz	
12.75 GHz以上		-64.0 dBm/MHz	
筐体要件	筐体は容易に開けることができないものであること。 筐体の見やすい箇所「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。		

■ 今後の課題

(1) 他の周波数帯における共用検討の継続について

本検討においては、IEEE802.15.4a の9チャンネルに焦点をあて共用検討を行った。今後、UWB 無線システム搭載製品の普及状況や国際的な動向、メーカー等からのニーズを鑑み、他の周波数帯域においても屋外で利用される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。