

情報通信審議会 情報通信技術分科会 陸上無線委員会 UWB無線システム屋外利用検討作業班

令和元年度電波利用料技術試験事務

超広帯域無線システム(7.25～10.25GHz)の
屋外利用の周波数拡大等に向けた
技術的条件に関する検討
(第6回作業班以降の再修正版)

令和2年8月

株式会社ディーエスピーリサーチ

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

周波数	カテゴリ	使用シナリオ
7.25~10.25GHz (帯域内)	モバイルデバイス	屋外及び屋内

UWBデバイスの諸元

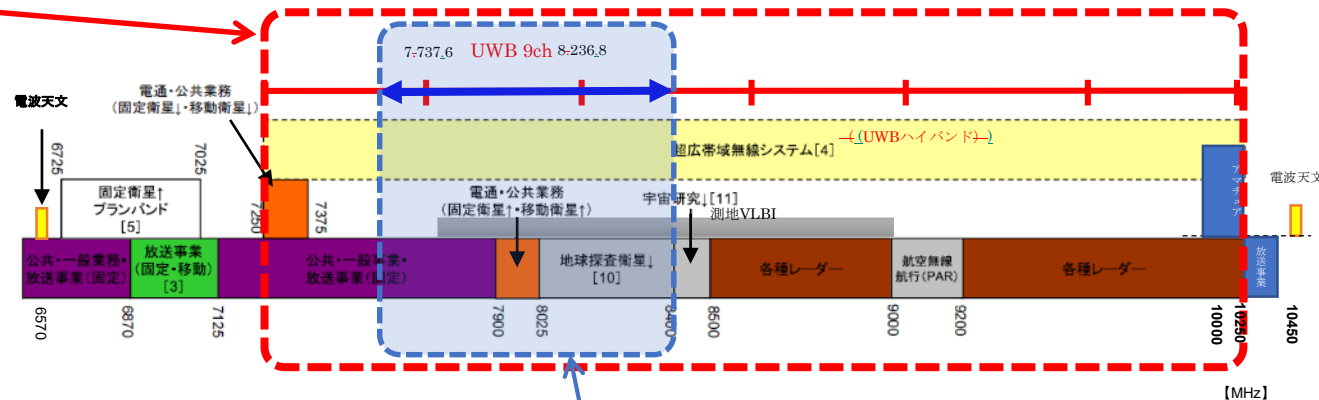
UWB出力レベル*	帯域内:	-41.3dBm/MHz (平均値) 0dBm/50MHz (尖頭値)
	帯域外:	-60, -70又は-85dBm/MHz (平均値)
地上からのアンテナ高さ	1.5 m	

* 与干渉側装置 (UWB無線システム) の帯域内及び帯域外における出力の等価等方輻射電力

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ないように配慮する。
- 現行の技術的条件を考慮しつつ、データ通信及び無線標定用途での屋外利用の可能性を検討する。
- 平成30年度検討済周波数帯 (7.587GHzから8.4GHz)は、重複する検討は行わない。
- 干渉に関する考え方として、ITU-R勧告 SM.1755、SM.1756、SM.1757、RA.769-2、ITU-R RA.1513-1 (電波天文)、ITU-R SA.1027-5 (地球探査衛星業務地球局) 及びITU-R SA.1157-1 (宇宙研究業務地球局) を参照して行う。

今回屋外利用等を検討する範囲 7.25GHz~10.25GHz



屋外利用検討済みの範囲 7.587GHz~8.4GHz

平成30年度に検討済み、令和元年5月に制度化

同一周波数及び隣接周波数無線システムとの共用検討

対象無線局

検討周波数帯7.25GHz以上10.25GHz未満を使用している同一周波数無線システム及び隣接周波数無線システム。（次ページ参照）

干渉検討の手法

- シングルエントリーモデル及びアグリゲートモデルでのコンピューターシミュレーションを実施。
- アグリゲートモデルはSEAMCATを使用した干渉確率シミュレーション手法（モンテカルロ法）を採用。
- 測地VLBIシステム、宇宙研究業務地球局及び衛星放送用受信設備については実験試験用装置を用いた干渉検討を実施。
- 与干渉リンクと被干渉リンクの送受信局を実際の運用で起こりうる範囲で無作為に配置したスナップショットを1回の試行とし、各試行において、被干渉局における所望信号と干渉信号の受信電力を算出。被干渉局における雑音レベル、干渉信号レベル及び所望信号のレベルの関係が予め定めた基準を満足しない試行を干渉発生と判定し、全試行に対する割合を干渉確率として評価。
- 固定マイクロ通信システム及び放送関係システムは、UWB無線システム屋外利用検討作業班にて検討済みのため、干渉検討を実施しない。

干渉検討の概要

同一周波数無線システム及び隣接周波数無線システムの被干渉無線局一覧 (6,570~9,000MHz)

同一周波数無線システム及び隣接周波数無線システム			新規検討又は検討済の区分 ^[1]	備考
割当周波数等	対象システム	周波数 [GHz]		
6570~6870MHz 公共・一般業務・放送事業 (固定)	電波天文	6.65~6.6752	新規	
	固定マイクロ		検討済 ^[2]	
	放送関係システム (STL/TTL/TSL)		検討済 ^[2]	[3]
6870~7125MHz 放送事業 (固定・移動)	固定マイクロ		検討済 ^[2]	
	放送関係システム (STL/TTL/TSL/FPU)		検討済 ^{[2][4]}	[3]
6425~7250MHz	地球探査衛星業務(受動)	6.425~7.25	新規	
7125~7900MHz 公共・一般業務・放送事業 (固定)	固定マイクロ	7.125~7.9	検討済	
	放送関係システム (STL/TTL/TSL)	7.425~7.75	検討済	[3]
	測地VLBI	7.78~9.08	検討済	追加で実機検証を実施
7250~7375MHz 電通・公共業務(衛星↓) 7900~8025MHz 電通・公共業務(衛星↑)	測地VLBI	7.78~9.08	検討済	追加で実機検証を実施
8025~8400MHz 地球探査衛星業務↓	衛星システム(地球探査衛星業務地球局)	8.025~8.4	検討済	
	測地VLBI	7.78~9.08	検討済	追加で実機検証を実施
8400~8500MHz 宇宙研究業務↓	宇宙研究業務(深宇宙)地球局	8.4~8.45	新規	
	測地VLBI	7.78~9.08	検討済	追加で実機検証を実施
8500~9000MHz 各種レーダー	測地VLBI	7.78~9.08	検討済	追加で実機検証を実施

[1] 平成30年度「情報通信審議会情報通信技術分科会陸上無線通信委員会UWB無線システム屋外利用検討作業班」にて検討を実施済み

[2] 平成30年度「情報通信審議会情報通信技術分科会陸上無線通信委員会UWB無線システム屋外利用検討作業班」にて実施した検討結果を採用するため、新たな検討の対象外とする

[3] 周波数拡張に伴う複数チャネル使用時の影響により、UWBシステム1台あたりの占有周波数帯幅が広がるが、被干渉側の干渉許容値[dBm/MHz]に対して干渉検討を実施しているため、占有周波数帯幅の影響による干渉検討結果は変化しない為、平成30年度の検討結果にて検討を進める

[4] FPUは共用検討の対象外

干渉検討の概要

同一周波数無線システム及び隣接周波数無線システムの被干渉無線局一覧 (9,000～12,750MHz)

同一周波数無線システム及び隣接周波数無線システム			新規検討又は検討済の区分 ^[1]	備考
割当周波数等	対象システム	周波数 [GHz]		
9000～9220MHz 航空無線航行 (PAR)	航空精測進入レーダー	9.0～9.1	新規	
9220～10000MHz 各種レーダー	海上レーダー (Xバンド船舶用レーダー ^[5])	9.3～9.5	新規	
	航空機搭載気象レーダー	9.3～9.5	新規	
	航空機SAR	9.2～9.8	新規	
	衛星SAR	9.5～9.8 ^[6]	新規	
	小型レーダー雨量計	9.7	新規	
	気象レーダー	9.7～9.8	新規	
10000～10250MHz 各種レーダー・アマチュア	アマチュア	10.0～10.25	新規	
10600～10700MHz 電波天文 地球探査衛星業務(受動)	電波天文	10.6～10.7	新規	
	地球探査衛星業務(受動)	10.6～10.7	新規	
11700～12750MHz BS/CS放送	BS/CS放送受信設備	11.7～12.75 ^[7]	新規	BS/CS 受信設備への イメージ干渉となる UWB周波数は、8.80775～9.64577GHz (BS/110度CS右旋)、7.25～7.28059GHz (BS/110度CS左旋)、9.65～10.2GHz (124/128度CS水平・垂直)

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

[6] 周波数割当計画上の国内分配の周波数範囲

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

利用環境

利用制限

現在、屋内利用に限定されている7.25GHz～10.25GHz(7.587GHzから8.4GHzまでを除く)において、屋内外利用を検討する。屋内外利用の割合はITU-Rレポート SM. 2057 を参照して、屋内80%、屋外20%とした。

航空機、船舶、衛星、上空での利用禁止

前回、前々回と同様に、万一の場合を考慮し、主運行のために搭載されている他の無線機器に影響を与え、人命等に危険を及ぼすことがないように、航空機、船舶、衛星内ではUWB無線システムを利用しないこととする。なお、利用ニーズ及び諸外国の利用動向を踏まえ、上空での利用は想定しない。

壁の減衰値

平成30年度報告書及びITU-Rレポート SM. 2057 を参照して13dB を用いることとする。

見通し外等の減衰値

見通し外の伝搬環境、特に都市部等の実環境においては、前回報告書と同様にKlos (見通し外等損失) を14 dBとし、シミュレーションの条件に応じて考慮することとする。

利用環境

稼働率

前回、前々回報告書では、ITU-R 勧告SM.1755の最悪の値である5%として検討を行っていることを踏まえ、本検討においてもUWB 稼働率を5%と仮定。

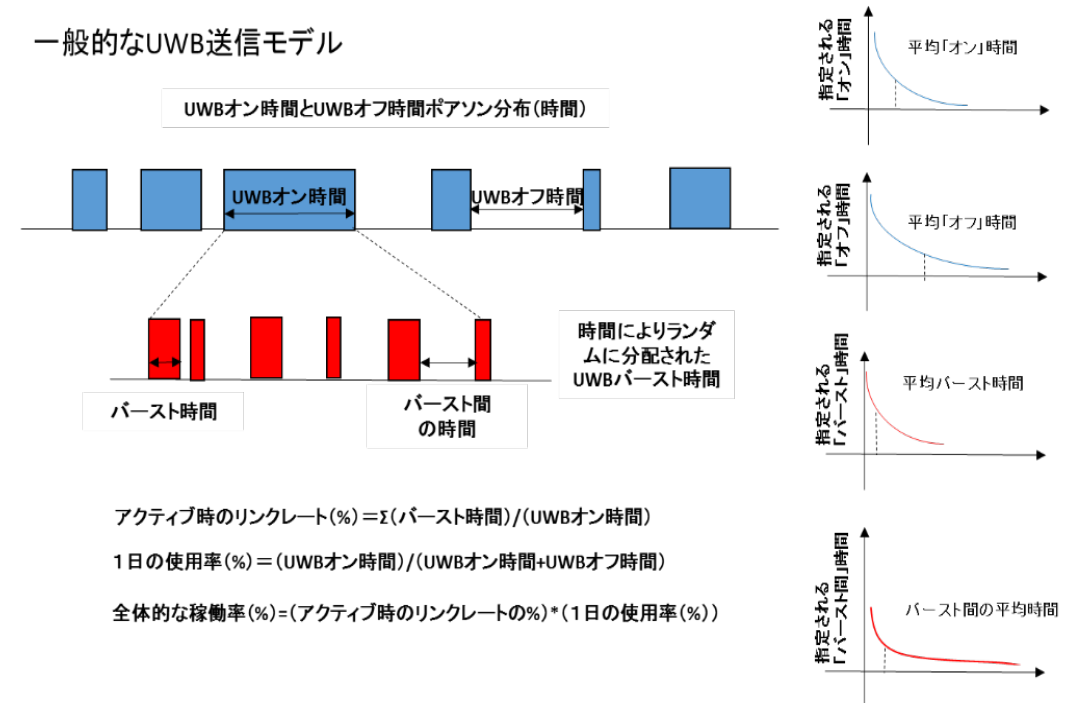
デバイス密度

飽和時のUWB普及密度= 2016年地点の生産人口×80% (スマートフォン保有率) と仮定し、被干渉システムの設置場所に応じてUWB利用密度を算出してシミュレーション条件とする。

被干渉システムの場所の特定が困難な場合はDense Urbanを想定して10,000/km²を用いる。

UWB技術を使用するデバイスに対する一般的なUWB時間送信モデル

一般的なUWB送信モデル



ITU-R 勧告SM.1755におけるUWB無線システムの稼働率についての考え方

屋外実験で用いた設備概要及び無線局諸元

宇宙研究業務(深宇宙)地球局 (P20-21)、測地VLBIシステム (P26-27) 及び衛星放送用受信設備 (BS/CS) システム (中間周波数帯でのイメージ混信) (P28-29) について、屋外実験により、UWB無線端末からの影響を評価。

(屋外実験に用いた与干渉側システム及び諸元)

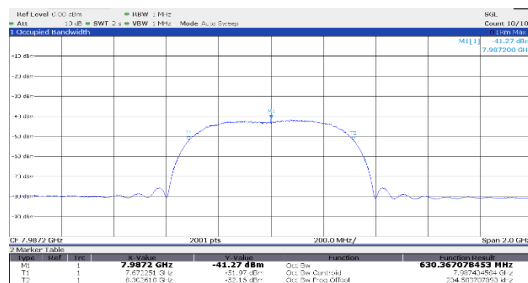


屋外実験で用いた与干渉システム図

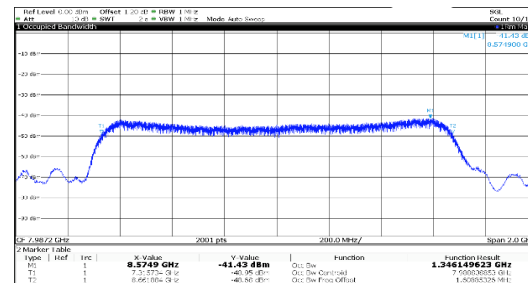
型式	X1D	F3N
変調方式	パルス方式 (BPM-BPSK)	FMCW
周波数	7488MHz (UWB8ch) 7987.2MHz (UWB9ch) * 8486.4MHz (UWB10ch) * 8985.6MHz (UWB12ch)	7488MHz (UWB8ch) 7987.2MHz (UWB9ch) 8486.4MHz (UWB10ch) 8985.6MHz (UWB12ch)
占有帯域幅	710MHz以下 *ただし、中心周波数 7987.2MHz MHz と 8486.4MHzの信号に関しては、最大占有帯域幅を1.480GHz 以下とする。	545MHz 以下
等価等方輻射電力	-41.3dBm/MHz以下 (平均値) 0dBm/50MHz 以下(尖頭値)	-41.3dBm/MHz以下 (平均値) -14.5dBm/50MHz以下(尖頭値)*
空中線電力	0.0167mW (占有帯域幅: 710MHz) 0.0346mW (占有帯域幅: 1480MHz)	0.0128mW
送信アンテナ利得	ピークゲイン 5dBi 以下	

※ 実験で使用した機器の代表値 (なお、BS/CSについては、周波数帯域幅1750MHz以下の場合についても実機による干渉試験を実施。)

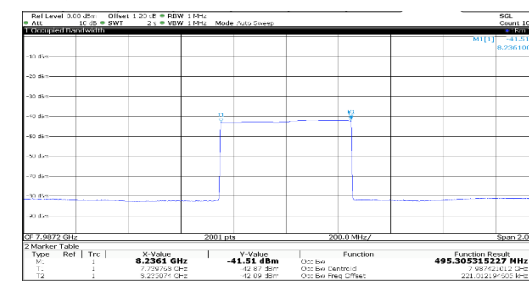
実験で使用した各UWBの送信波形 (中心周波数: 7987.2MHz)



X1D (710MHz) の送信波形 (中心周波数: 7987.2MHz)



X1D (1480MHz) の送信波形 (中心周波数: 7987.2MHz)



F3Nの送信波形 (中心周波数: 7987.2MHz)

被干渉無線局との干渉検討結果一覧

対象システム	周波数[GHz]	UWB出力レベル [dBm/MHz] [1]	検討結果	共用条件
電波天文	6.65~6.6752	-70	UWBの帯域外とし、帯域外輻射電力を最大限抑圧し、敷地内運用を制限することで共用可	運用制限要
地球探査衛星業務(受動)	6.425~7.25	-70	UWBの帯域外とし、帯域外におけるUWB出力レベル-70dBm/MHzで共用可	
測地VLBI	7.78~9.08	-41.3	パルス方式及びFMCW方式について実機による干渉評価を実施し、敷地内運用を制限することで共用可であることを確認 ^[4]	運用制限要
宇宙研究業務(深宇宙)地球局	8.4~8.45	-41.3	机上検討及び実機による干渉評価（パルス方式及びFMCW方式）を実施し、敷地内運用を制限することで共用可であることを確認 ^[4]	運用制限要
航空精測進入レーダー	9.0~9.2	-60	UWBの帯域外とし、UWB出力レベル-60dBm/MHzで共用可	運用制限要
海上レーダー	9.3~9.5	-60	UWBの帯域外とし、UWB出力レベル-60dBm/MHzで共用可	
航空機搭載気象レーダー	9.3~9.5	-60	UWBの帯域外とし、UWB出力レベル-60dBm/MHzで共用可	運用制限要
航空機SAR	9.2~9.8	-41.3	UWB出力レベル-41.3/MHzで共用可能だが干渉許容値に対するマージンが少ない	仕様変更時再検討要
衛星SAR	9.5~9.8 ^[2]	-41.3	UWB出力レベル-41.3/MHzで共用可	仕様変更時再検討要
気象レーダー	9.7~9.8	-60	UWBの帯域外とし、UWB出力レベル-60dBm/MHzで共用可	運用制限要
アマチュア	10.0~10.25	-60	UWBの帯域外とし、UWB出力レベル-60dBm/MHzで共用可	
電波天文	10.6~10.7	-70	UWBの帯域外とし、帯域外輻射電力を最大限抑圧し、敷地内運用を制限することで共用可 ^[5]	運用制限要
地球探査衛星業務(受動)	10.6~10.7	-85	UWBの帯域外とし、帯域外におけるUWB出力レベル-85dBm/MHzで共用可	
BS/CS放送受信設備	11.7~11.76 12.356~12.74825 ^[3]	-41.3	パルス方式及びFMCW方式についてイメージ妨害抑圧比の規格値に応じた離隔距離により共用可能（実機による干渉評価では実験条件下で影響がないことを確認） ^[4] 。	

[1] 与干渉側装置（UWB無線システム）の帯域内及び帯域外における出力レベル(対象システムの周波数における電力)

[2] 周波数計画上の国内分配の範囲

[3] UWB信号の周波数範囲を7.25~9GHz（7.587~8.4GHzを除く）に制限した場合、UWBのイメージ周波数が干渉するBS/CS周波数は、110度CSの右旋円偏波ND-6ch~ND-24chおよびBSの左旋円偏波BS-2ch。現在、BS-2chは放送されていないことから、本検討では干渉評価実験を実施していないため、BS-2chの放送開始時点での干渉評価実験による確認が必要。

[4] 所要離隔距離の算出においては、尖頭値電力を0dBm/50MHz（パルス方式）、-14.3dBm/50MHz（FMCW方式（帯域幅545MHz））、-8.9dBm/50MHz（FMCW方式（帯域幅1.75GHz））。実験の諸条件については、8ページ、所要離隔距離については29ページを参照

[5] 6.65GHzにおける共用検討結果に基づく（観測周波数10.6GHzでの必要最小離隔距離は一般的に6.65GHzにおける値より小さくなる。）

干渉検討結果～レーダーシステム 海上レーダー

被干渉側無線局の諸元等及びシミュレーション条件

概要と使用状況

平成30年3月現在

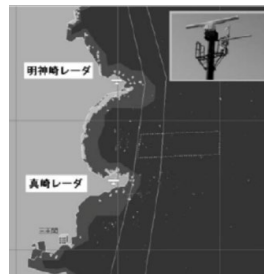
システム	周波数 (GHz)	局数 (局)	備考 (運用状態などの特記事項)
沿岸監視レーダー	9.3-9.5	181	可搬型を含む
Xバンド船舶レーダー	9.3-9.5	45,026	

沿岸監視レーダーの無線局諸元

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

Xバンド船舶レーダーの無線局諸元

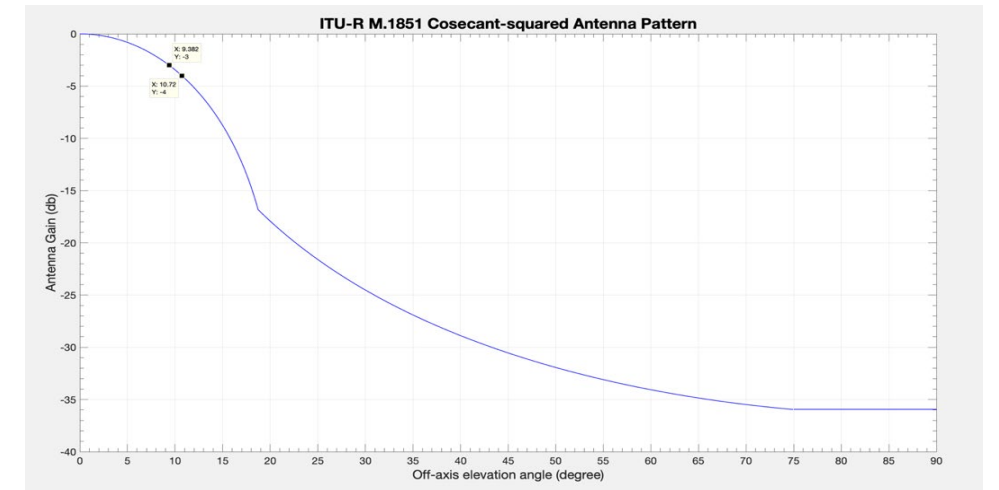
アンテナ特性	指向性アンテナ 最大利得: 35 dBi アンテナ放射パターン: ITU-R M.1851 アンテナ仰角: 0度
地上からのアンテナ高さ [m]	15
干渉許容値 [dBm/MHz]	-110



沿岸監視レーダーとXバンド船舶レーダーのイメージ図

シミュレーション条件等

UWB出力レベル	-41.3dBm/MHz
UWBアンテナ高さ [m]	1.5
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 (Kbはアグリゲートモデルにおいて、屋内部分にのみ考慮)
シミュレーション手法、条件	シングルエントリー及びアグリゲート (モンテカルロ法) - 屋内/屋外比率: 80%/20% (ITU-R SM.2057) - UWB稼働率: 5% (ITU-R SM.1755) - UWBデバイス密度: 10,000/km ²



海上レーダーシステムのアンテナパターン

干渉検討結果～レーダーシステム 海上レーダー

検討結果等

検討結果(沿岸監視レーダー)

- (1) シングルエントリーモデル：
Klosを加味した場合： 干渉許容値以下となった
Klosを加味しない場合： 干渉許容値以下となった
- (2) アグリゲートモデル：

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[%]
Dense Urban 10000/km ²	-104.77	-111.19	100

検討結果 (Xバンド船舶レーダー)

- (1) シングルエントリーモデル：
Klosを加味した場合： 干渉許容値以下となった
Klosを加味しない場合： 必要な離隔距離は385mとなった。
- (2) アグリゲートモデル：

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[%]
横浜港 3600/km ²	-110	-110.2	100

干渉評価

沿岸監視レーダー：
共用可能と考えられる。

船舶Xバンドレーダー：

9.3～9.5GHzをUWBの帯域外とし不要輻射レベル-60dBm/MHzとすることで共用可能と考えられる。

同一帯域内にて運用する場合、実験等で実機による影響の有無を確認するなど追加の検討が必要。

干渉検討結果～レーダーシステム 航空レーダー 精測進入レーダー

被干渉側無線局の諸元等及びシミュレーション条件

概要と使用状況

システム	周波数 (GHz)	局数 (局)	備考 (運用状態などの特記事項)
精測進入レーダー	9.1	8	札幌(丘珠)、千歳、百里、小松、美保、県営名古屋、徳島、那覇

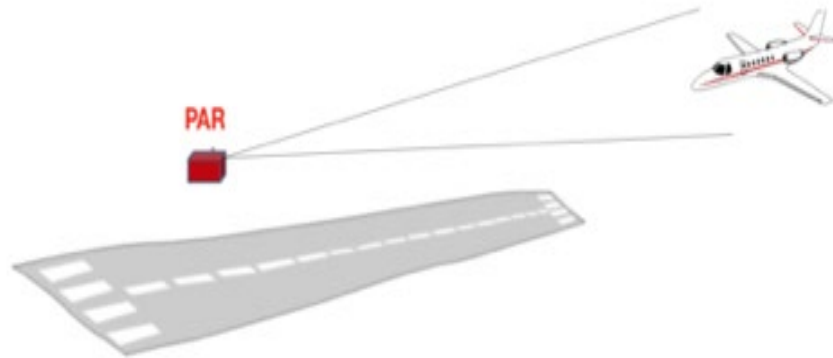
無線局諸元

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

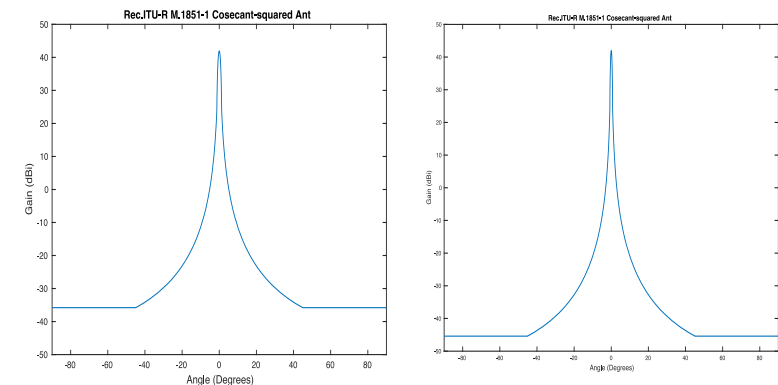
シミュレーション条件等

UWB出力レベル	-41.3dBm/MHz及び-60dBm/MHz
UWBアンテナ高さ [m]	1.5
伝搬モデル	自由空間伝搬に伝搬係数Kb を考慮 Kb (壁減衰): 13 dB (Kbはアグリゲートモデルにおいて、屋内部分にのみ考慮)
シミュレーション手法、条件	シングルエントリー及びアグリゲート (モンテカルロ法) - 屋内/屋外比率: 80%/20% (ITU-R SM.2057) - UWB稼働率: 5% (ITU-R SM.1755) - UWBデバイス密度 (精測進入レーダー): 500/km ² 及び110/km ²

空港敷地内を想定して完全見通し内伝搬モデルとしてUWB出力レベル-41.3dBm/MHz条件下でシミュレーションを実施



精測進入レーダーのイメージ図



精測進入レーダーのアンテナパターン (Azimuth) / (Elevation)

干渉検討結果～レーダーシステム 航空レーダー 精測進入レーダー

検討結果等

検討結果

(1) シングルエントリーモデル：
干渉許容値を満たす離隔距離は1,957mとなった。

(2) アグリゲートモデル：

シミュレーションモデル	許容干渉値 [dBm/MHz]	必要離隔距離[km]
那覇空港 (デバイス密度500/km ²)	-116.75	1.5
小松空港 (デバイス密度110/km ²)		1.3

干渉評価

UWB出力レベル-41.3dBm/MHzの条件下で最小離隔距離1,957m確保困難と考えられる。

UWB不要輻射レベル-60 dBm/MHzの条件下で最小離隔距離は228 mとなった。

9.0～9.2GHz帯を帯域外とし、不要輻射レベル-60dBm/MHzとすることで、被干渉システムの近傍ではUWBの信号を停止させるなどの運用調整をすることで、共用可能と考えられる。

干渉検討結果～レーダーシステム 航空レーダー 航空機搭載気象レーダー

被干渉側無線局の諸元等及びシミュレーション条件

概要と使用状況

システム	周波数 (GHz)	局数 (局)	備考 (運用状態などの特記事項)
航空機搭載気象レーダー	9.3-9.5	1,200局程度	

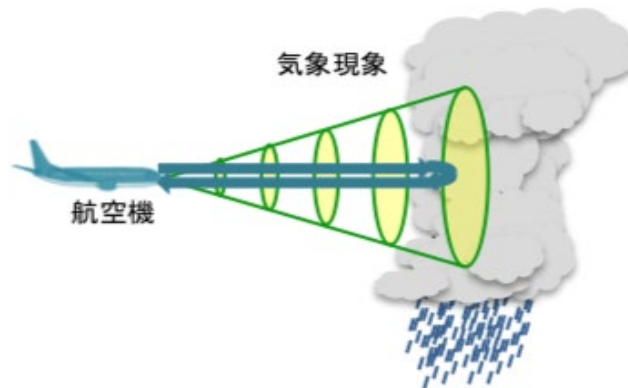
無線局諸元

アンテナ特性-1	指向性アンテナ 最大利得: 21 dBi アンテナ放射パターン: ITU-R M.1851-1 アンテナビーム幅: 12度
アンテナ特性-2	指向性アンテナ 最大利得: 35 dBi アンテナ放射パターン: ITU-R M.1851-1 アンテナビーム幅: 3度
飛行高度[m]	26~1,570
干渉許容値 [dBm/MHz]	-119.5

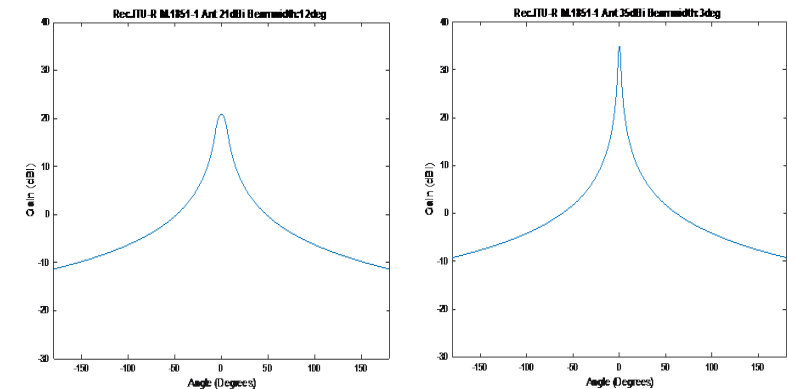
シミュレーション条件等

UWB出力レベル	-60dBm/MHz
UWBアンテナ高さ [m]	1.5
伝搬モデル	自由空間伝搬に伝搬係数Kb を考慮 Kb (壁減衰): 13 dB (Kbはアグリゲートモデルにおいて、屋内部分にのみ考慮)
シミュレーション手法、条件	シングルエントリー及びアグリゲート (モンテカルロ法) - 屋内/屋外比率: 80%/20% (ITU-R SM.2057) - UWB稼働率: 5% (ITU-R SM.1755) - UWBデバイス密度: 最大10,000/km ²

空港敷地内並びに地上から上空への伝搬モデルを想定して完全見通し内伝搬モデルとしシミュレーションを実施。



航空機搭載気象レーダーのイメージ図



航空機搭載気象レーダーのアンテナパターン ITU-R M.1851-1 (アンテナ特性-1) / (アンテナ特性-2)

干渉検討結果～レーダーシステム 航空レーダー 航空機搭載気象レーダー

検討結果等

検討結果

- (1) 飛行中を想定したアグリゲートモデル:
飛行高度26m、520m、1050m、1570mの各点における干渉総和値は、干渉許容値以下となった。
- (2) 空港内/滑走路を想定したシングルエントリーモデル:
必要離隔距離は135mとなった。
- (3) 空港内/滑走路を想定したアグリゲートモデル:
見通し内伝搬条件下での必要離隔距離は290mとなった。
見通し外伝搬条件下での必要離隔距離は80mとなった。

干渉評価

飛行中を想定したモデル：

共用可能と考えられる。

空港誘導路内および滑走路内走行中を想定したモデル：

- (1) 空港外の市街地に存在する与干渉機器全てが見通し内伝搬条件下で被干渉システムに入射する可能性はきわめて低いため、実際の必要離隔距離は更に小さくなる。
- (2) 滑走路外側の着陸帯は空港職員もほぼ存在しないため、アグリゲーションよりシングルエントリーで考えるのが妥当。

以上から、着陸帯端から滑走路中心までの長さ最低 140m*を考慮することでシングルエントリーモデルの必要離隔距離135mは確保可能。よって共用可能と考えられる。

* 非精密進入空港においては着陸帯の幅が狭くてもよいため、着陸帯端から滑走路中心までの長さは最低75mとなる。よって非精密進入方式の空港においては、航空機が滑走路にあるいは滑走路端にいる場合、必要離隔距離内でのUWB機器の使用制限を行う等の運用により共用可能と考えられる。

干渉検討結果～レーダーシステム 気象レーダー

被干渉側無線局の諸元等及びシミュレーション条件

概要と使用状況

平成30年3月現在

システム	周波数 (GHz)	局数 (局)	備考 (運用状態などの特記事項)
可搬型気象レーダー	9.7	2	
固定型気象レーダー	9.7	46	

可搬型気象レーダーの無線局諸元

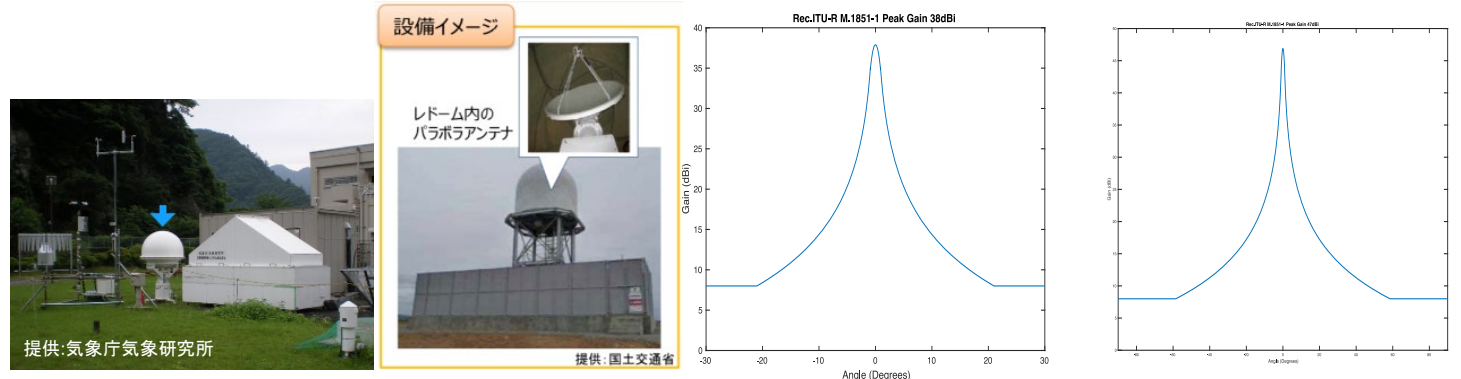
アンテナ特性	指向性アンテナ 最大利得: 38 dBi アンテナ放射パターン: ITU-R M.1851-1 アンテナ仰角: 0度
地上からのアンテナ高さ [m]	1.5
干渉許容値 [dBm/MHz]	-108

固定型気象レーダーの無線局諸元

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

シミュレーション条件等

UWB出力レベル	-41.3dBm/MHz
UWBアンテナ高さ [m]	1.5
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 (Kbはアグリゲートモデルにおいて、屋内部分にのみ考慮)
シミュレーション手法、条件	シングルエントリー及びアグリゲート (モンテカルロ法) - 屋内/屋外比率: 80%/20% (ITU-R SM.2057) - UWB稼働率: 5% (ITU-R SM.1755) - UWBデバイス密度: 10,000/km ²



可搬型気象レーダーと固定型気象レーダーのイメージ図

気象レーダーのアンテナパターン (可搬型) / (固定型)

干渉検討結果～レーダーシステム 気象レーダー

検討結果等

検討結果 (可搬型気象レーダー)

(1) シングルエントリーモデル：

Klosを加味した場合： 必要離隔距離は83.9mとなった。

Klosを加味しない場合：

許容干渉値 [dBm/MHz]	UWB出力レベル [dBm/MHz]	必要離隔距離[m]
-108	-41.3	420.5
	-60	48.9

(2) アグリゲートのモデル：

干渉許容値を満たす必要離隔距離は160mとなった。

検討結果 (固定型気象レーダー)

(1) シングルエントリーモデル：

Klosを加味した場合： 必要離隔距離は794.4mとなった。

Klosを加味しない場合： 必要離隔距離は4,635mとなった。

(2) アグリゲートモデル：

許容干渉値 [dBm/MHz]	UWB出力レベル [dBm/MHz]	必要離隔距離[m]
-120	-41.3	5500
	-60	20

干渉評価

UWB出力レベル-41.3dBm/MHzの条件下では必要離隔距離を確保することが困難であると考えられる。

UWB不要輻射レベル-60 dBm/MHzの条件下で、必要最小離隔距離はそれぞれ48.9m、20mとなった。

9.7GHz帯を帯域外とし、不要輻射レベル-60dBm/MHzとし、被干渉システムの近傍ではUWBの信号を停止させるなどの運用調整をすることで、共用可能と考えられる。

干渉検討結果～航空機SAR

被干渉側無線局の諸元等及びシミュレーション条件

概要と使用状況

周波数 (GHz)	局数 (局)	備考 (運用状態などの特記事項)
9.5	非公開	パルス方式、FM-CW方式それぞれで運用

シミュレーション条件等

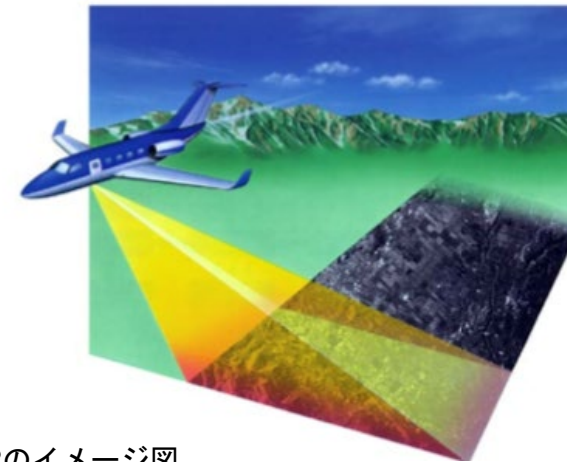
UWB出力レベル	-41.3dBm/MHz
UWBアンテナ高さ [m]	1.5
伝搬モデル	自由空間伝搬に伝搬係数Kb を考慮 Kb (壁減衰) : 13 dB (Kbはアグリゲートモデルにおいて、屋内部分にのみ考慮)
シミュレーション手法、条件	アグリゲート (完全見通し内伝搬モデル) <ul style="list-style-type: none"> - 屋内/屋外比率 : 80%/20% (ITU-R SM.2057) - UWB稼働率 : 5% (ITU-R SM.1755) - UWBデバイス密度 : 最大10,000/km²

航空機SAR (パルス方式) の無線局諸元

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

航空機SAR (FM-CW方式) の無線局諸元

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



航空機SARのイメージ図

(日本電気株式会社作成の平成27年航空・海上無線通信委員会 資料14-4 より引用)

干渉検討結果～航空機SAR

検討結果等

検討結果

(1) アグリゲートモデル：

パルス方式： オフナディア角10度、65度のそれぞれの条件で干渉許容値を満たした。

FM-CW方式： オフナディア角45度、75度のそれぞれの条件で干渉許容値を満たした。

干渉評価

共用可能と考えられる。

ただし、干渉許容値に対する余裕が少ないため、9.5GHz帯を帯域外とし、不要輻射レベル-60dBm/MHzとすることで共用可能と考えられる。

また、双方のシステムの技術的条件、運用条件が変わる場合には再度の検討が必要である。

干渉検討結果～衛星システム 宇宙研究業務(深宇宙)地球局

被干渉側無線局の諸元等及びシミュレーション条件

概要と使用状況(受信設備を含む)

周波数 (GHz)	局数 (局)	備考 (運用状態などの特記事項)
8.4-8.45	3	宇宙航空研究開発機構 (JAXA) 臼田局(長野)、美笹局(長野)、内之浦局(鹿児島)

無線局諸元(受信設備を含む)

アンテナ特性	指向性パラボラアンテナ (直径 64m:臼田局、54m:美笹局) 最大利得: 72 dBi:臼田局、72.5 dBi:美笹局 最小仰角: 8度: 臼田局、7度: 美笹局
地上からのアンテナ高さ [m]	70:臼田局、32.75:美笹局
干渉許容値 [dBm/MHz]	-130.9 (-220.9dBW/Hz: ITU-R SA.1157-1参照)
被干渉局から市街地中心までの距離	12.5km: 臼田局、13.5km: 美笹局

シミュレーション条件等

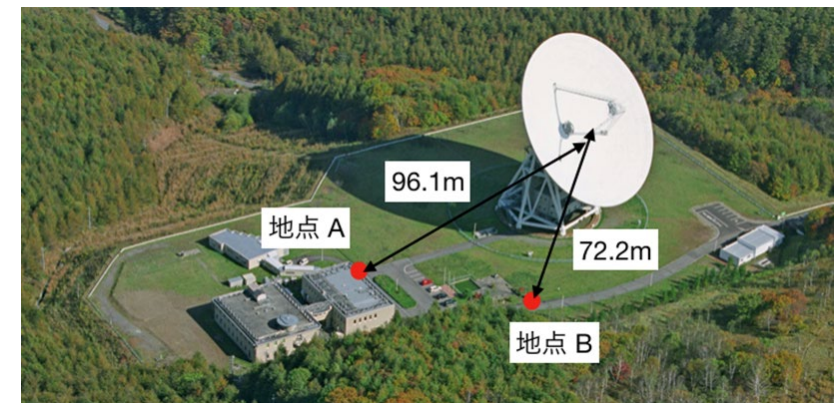
UWB出力レベル	-41.3dBm/MHz
UWBアンテナ高さ [m]	1.5
伝搬モデル	自由空間伝搬に伝搬係数Kb を考慮 Kb (壁減衰): 13 dB (Kbはアグリゲートモデルにおいて、屋内部分にのみ考慮)
シミュレーション手法、条件	アグリゲート - 屋内/屋外比率: 80%/20% (ITU-R SM.2057) - UWB稼働率: 5% (ITU-R SM.1755) - UWBデバイス密度: 152/km ²

屋外干渉評価実験概要

被干渉局となる宇宙航空研究開発機構 (JAXA) 臼田局の近傍に与干渉局のシステムを設置し、UWB10チャンネル (中心周波数:8486.4MHz) の信号をオン/オフさせ、被干渉システムの受信特性の差分を確認する。

実験手順

1. 地点Aにおいて、UWB信号 (X1D) を送信し、被干渉アンテナの水平、垂直方向のアンテナ角度を変えながら、受信レベルが最大となる角度を探索する。
2. UWB ON (X1D) とOFFの状態それぞれで、受信機での特性 (Eb/N0、AGCレベル、RSエラーの発生の有無) を確認する。
3. F3Nの信号を用いて手順2を繰り返す。
4. 地点Bにおいて、手順1-3を繰り返す。



臼田局周辺環境及び測定点

干渉検討結果～衛星システム 宇宙研究業務(深宇宙)地球局

検討結果等

検討結果(シミュレーション結果)

(1) アグリゲートモデル：

白田局、美笹局近くの市街地からの影響を確認

無線局	UWB無線システムの利用密度 [1/km ²]	干渉許容値 [dBm/MHz]	総和干渉レベル [dBm/MHz]	マージン [dB]
白田	152	-130.9	-191.0	60.1
美笹			-198.8	67.9

検討結果 (屋外干渉評価実験結果)

白田局敷地内での影響を確認

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

干渉許容値をLNA入力端換算値-195dBm/0.1Hz 条件下の、UWB機器1台から被干渉局を保護するための必要最小離隔距離は724.4mとなった。

UWB10ch (中心周波数8486.4MHz) と宇宙研究業務 (8400-8450MHz) の周波数差を考慮した必要最小離隔距離は229.1mとなった。

干渉評価

アグリゲートモデルによるシミュレーション結果：

共用可能と考えられる。

屋外評価実験による結果：

被干渉局の設置敷地内での利用制限等の運用調整等を行うことにより、共用可能と考えられる。

宇宙研究業務設備との共用のためには、下記の事項などに配慮することが有効と考えられる。

- ・ **UWBの送信を止める機能を有すること**
- ・ **使用エリアの制限が必要となるケースがあることの注意喚起を行うこと**

干渉検討結果～衛星システム 衛星SAR

被干渉側無線局の諸元等及びシミュレーション条件

概要と使用状況

周波数 (GHz)	局数 (局)	備考 (運用状態などの特記事項)
9.5	2 (日本国籍のみ)	ASNARO-2, QPS-SAR (ASNARO-2の地上局は3局)

無線局諸元

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

シミュレーション条件等

UWB出力レベル	-41.3dBm/MHz
UWBアンテナ高さ [m]	1.5
伝搬モデル	自由空間伝搬に伝搬係数Kb を考慮 Kb (壁減衰): 13 dB (Kbはアグリゲートモデルにおいて、屋内部分にのみ考慮)
シミュレーション手法、条件	アグリゲート(完全見通し内伝搬モデル) - 屋内/屋外比率: 80%/20% (ITU-R SM.2057) - UWB稼働率: 5% (ITU-R SM.1755) - UWBデバイス密度: 最大10000/km ²

検討結果等

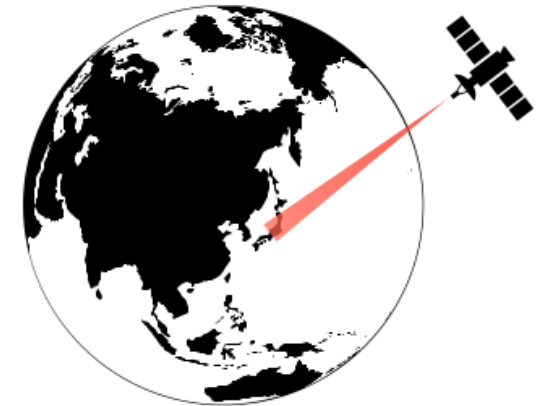
検討結果

(1) アグリゲートモデル:
オフナディア角15度、45度それぞれの条件で干渉許容値を満たす結果となった。

干渉評価

共用可能と考えられる。

ただし、将来、双方のシステムの技術的条件、運用条件が変わる場合には再度の検討が必要。



衛星SARのイメージ図

干渉検討結果～衛星システム 地球探査衛星(受動)

被干渉側無線局の諸元等及びシミュレーション条件

概要と使用状況

周波数 (GHz)	局数 (局)	備考 (運用状態などの特記事項)
10.6-10.7 6.425-7.25	1	AMSR2 高性能マイクロ波放射計2 (GCOM-Wに搭載)

無線局諸元

アンテナ特性	指向性アンテナ 最大利得：44.1dBi アンテナビーム幅：+/-6度
衛星高度[km]	699.6
オフナディア角[度]	47.5
干渉許容値 [dBm/MHz]	-156dBm/MHz (10.6-10.7GHz)(ITU-R RS. 2017-0参照) -159dBm/MHz (6.425-7.25GHz)(日本国籍のみ)

シミュレーション条件等

UWB出力レベル	-85dBm/MHz (10.6-10.7GHz) -70dBm/MHz (6.425-7.25GHz)
UWBアンテナ高さ [m]	1.5
伝搬モデル	自由空間伝搬に伝搬係数Kb を考慮 Kb (壁減衰)：13 dB (Kbはアグリゲートモデルにおいて、屋内部分にのみ考慮) Attenuation by atmospheric gasesを考慮 (ITU-R P.676-11)
シミュレーション手法、条件	アグリゲート - 屋内/屋外比率：80%/20% (ITU-R SM.2057) - UWB稼働率：5% (ITU-R SM.1755) - UWBデバイス密度：最大10,000/km ²

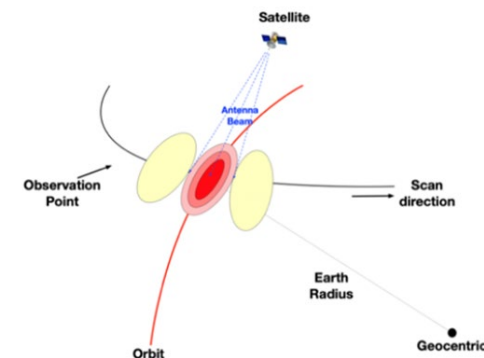
検討結果等

検討結果

10.6-10.7GHz、6.425-7.25GHz共に、30dB以上のマージンで干渉許容値を満たす結果となった。

干渉評価

共用可能と考えられる。



地球探査衛星業務(受動)のイメージ図

干渉検討結果～電波天文

被干渉側無線局の諸元等及びシミュレーション条件概要と使用状況

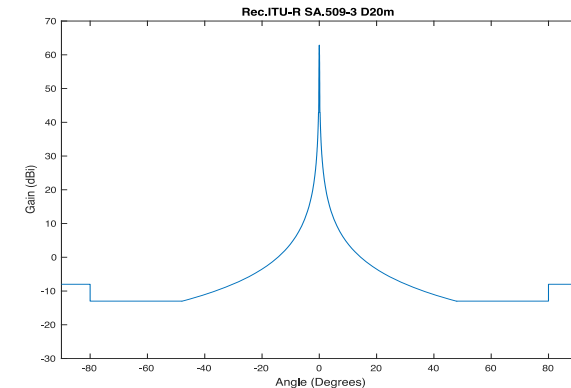
周波数 (GHz)	局数 (局)	備考 (運用状態などの特記事項)
6.65-6.6752 10.60-10.70	11	国立天文台水沢局、高萩局、山口局(山口大学／国立天文台)など

無線局諸元 (6.65-6.6752GHz)

アンテナ特性	無指向性アンテナ及び 指向性パラボラアンテナ (直径20m) 指向性アンテナ放射パターン : ITU-R SA.509 最小仰角: 3度
地上からのアンテナ高さ [m]	30
干渉許容値[dBm/MHz]	-187 (ITU-R RA. 769-2表1参照)

シミュレーション条件等

UWB出力レベル	-70dBm/MHz
UWBアンテナ高さ [m]	1.5
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 (Kbはアグリゲートモデルにおいて、屋内部分にのみ考慮)
シミュレーション手法、条件	シングルエントリー及びアグリゲート (モンテカルロ法) - 屋内/屋外比率 : 80%/20% (ITU-R SM.2057) - UWB稼働率 : 5% (ITU-R SM.1755) - UWBデバイス密度 : 110/km ²



ITU-R SA.509-3のアンテナパターン

干渉検討結果～電波天文

検討結果等

検討結果

- (1) シングルエントリーモデル(無指向性アンテナ)：
Klosを加味した場合： 干渉許容値を満たす必要離隔距離は504mとなった。
Klosを加味しない場合： 干渉許容値を満たす必要離隔距離は2,552mとなった。
- (2) アグリゲートモデル：
無指向性アンテナパターンの場合： 干渉許容値を満たす必要離隔距離は10.4kmとなった。
指向性アンテナパターンの場合：

干渉許容値 [dBm/MHz]	UWB出力レベル [dBm/MHz]	離隔距離 (km) 無指向性アンテナ	離隔距離 (km) 指向性アンテナ (ITU-R SA.509)
-187	-70	10.4	6.2
	-80	0.45	0.03

干渉評価

使用エリアの制限等の運用調整により両立可能と考えられる。

なお、電波天文受信設備への影響を低減するためには、下記の事項などに配慮することが有効と考えられる。

- ・ 帯域外輻射電力を最大限抑えること
- ・ 使用エリアの制限が必要となるケースがあることの注意喚起を行い、UWBの送信を止める機能を有すること

(参考)

帯域外輻射電力を段階的に低下させた場合の所要離隔距離
(被干渉システムのアンテナ特性：ITU-R SA.509)

干渉許容値 [dBm/MHz]	UWB出力レベル [dBm/MHz]	離隔距離 (km)
-187	-70	6.2
	-75	1.13
	-78	0.18
	-80	0.03

干渉検討結果～測地VLBIシステム

屋外干渉評価実験概要

概要と使用状況

周波数 (GHz)	局数 (局)	備考 (運用状態などの特記事項)
7.78-9.08など	十数局	国土地理院石岡局など

被干渉局となる国土地理院 石岡測地観測局の近傍に与干渉局のシステムを設置し、UWB9チャンネル(中心周波数:7987.2MHz)の信号をオン/オフさせ、被干渉システムで観測される信号を確認する。

実験手順

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



石岡測地観測局周辺環境及び測定点

干渉検討結果～測地VLBIシステム

検討結果等

実験結果

平成30年度報告書の結果同様、与干渉と被干渉の距離に応じて、UWBの信号に起因する信号が被干渉側で確認された。

被干渉アンテナより約200m離れた地点Cからの送信においてはノイズフロアからの有意な差は確認されなかった。

X1D (710MHz) での信号レベルとノイズフロアの差分

X1D (710MHz)	地点 A	地点 B	地点 C
0度	17dB程度	9.5dB程度	有意な差はなし
45度	26dB程度	11dB程度	有意な差はなし
76度	N/A	13dB程度	N/A
90度	有意な差はなし	有意な差はなし	有意な差はなし

X1D (1480MHz) での信号レベルとノイズフロアの差分

X1D (1480MHz)	地点 A	地点 B	地点 C
0度	22dB程度	10.5dB程度	有意な差はなし
45度	30dB程度	15dB程度	有意な差はなし
76度	N/A	17dB程度	N/A
90度	1.5dB程度	1.5dB程度	有意な差はなし

F3Nでの信号レベルとノイズフロアの差分

F3N	地点 A	地点 B	地点 C
0度	6dB程度	1.5dB程度	有意な差はなし
45度	12.5dB程度	2dB程度	有意な差はなし
76度	N/A	3dB程度	N/A
90度	1dB程度	0.5dB程度	有意な差はなし

干渉評価

被干渉局の設置場所を考慮し、敷地内での利用制限等の運用調整等を行うことにより共用可能と考えられる。

なお、本受信設備との共用のためには、下記の事項などに配慮することが有効と考えられる。

- ・ **UWBの送信を止める機能を有すること**
- ・ **使用エリアの制限が必要となるケースがあることの注意喚起を行うこと**

干渉検討結果～衛星放送用受信設備 (BS/CS) システム

干渉評価実験概要

BS/CS受信設備の概要と使用状況

周波数 (GHz)	放送視聴可能世帯*	備考 (運用状態などの特記事項)
11.7 - 12.75	4287万 (BS) 214万 (110° CS) 95万 (124/128° CS)	衛星放送用受信設備として全国に設置

* 出展元 総務省「衛星放送の現状」令和2年1月1日

屋内における干渉評価試験

UWB干渉波信号と実際の衛星放送波信号をIF周波数で混合させ所要C/Iを求めた。求めた所要C/Iとイメージ妨害抑圧比 (ARIB規格値) を用いて、必要離隔距離を算出した。

屋外における干渉評価試験

BS/CS受信アンテナで衛星放送を受信した状態で、近傍にUWB送信機を設置し、UWB10チャンネル及びUWB12チャンネルの信号をオン/オフさせ、BS/CS受信設備でUWB送信波の干渉による映像破綻がないかを確認した。

屋外干渉評価実験のUWB機器の仕様

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

* 使用した機器の代表値 (平均電力-41.3dBm/MHz、周波数帯域幅545MHz以下の条件)。なお、周波数帯域幅1750MHz以下の場合についても実機による干渉試験を実施。

屋外干渉評価実験のBS/CS周波数とUWB周波数の関係

BS・CSのch周波数 [GHz]		UWBの干渉周波数 [GHz]		BS/CS-IF 中心周波数 [GHz]
BS-23ch	12.14944	UWB-12ch	9.20656 *	1.47144
ND-24ch	12.73100	UWB-10ch	8.62500 *	2.05300

* UWBの中心周波数ではなく、UWB帯域内のBS/CSイメージ周波数

屋外干渉評価実験のBS/CS受信アンテナの諸元

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

干渉検討結果～衛星放送用受信設備 (BS/CS) システム

検討結果等

(屋外干渉評価実験結果 *1)

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

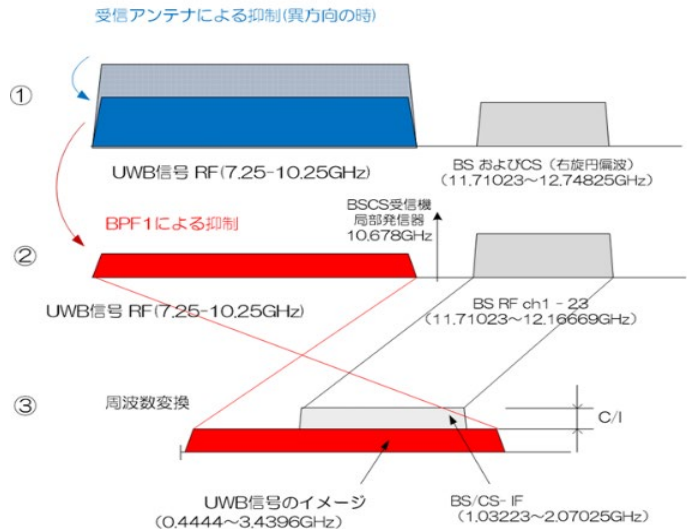
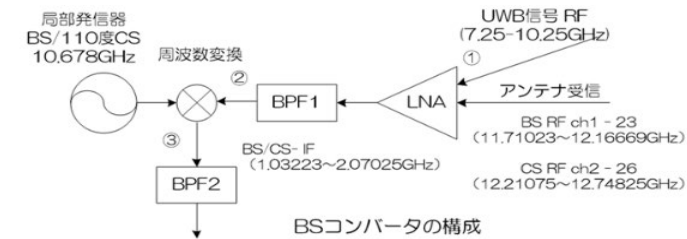
⇒ UWBの信号がX1D及びF3Nのいずれも場合も60cmまで近づけても映像破綻は確認されなかった。

(イメージ妨害抑圧比の規格値に対する所要離隔距離の計算結果)

UWB			BS/CSとの離隔距離	
方式	帯域幅	送信e.i.r.p.	イメージ妨害抑圧比 (ARIB規格値) *2	
			31dB	55dB
BPM-BPSK	1750MHz以下	-41.3dBm/MHz (平均値) 0dBm/50MHz (尖頭値)	2.1m	13cm
FMCW	545MHz以下	-41.3dBm/MHz (平均値) -14.5dBm/50MHz (尖頭値)	3.9m	25cm
	1750MHz以下	-41.3dBm/MHz (平均値) -8.9dBm/50MHz (尖頭値)	7.2m	46cm

将来、双方のシステムの技術的条件、運用条件が変わる場合には 再度の検討が必要である。

【参考】 中間周波数生成及び干渉のメカニズム (例)



イメージ妨害抑圧比の定義

1. BS/CS信号帯域内のある周波数のCWを電力P0でコンバータに入力した時のLNB出力電力をPc
2. UWB信号帯域内のある周波数のCWを電力Piでコンバータに入力した時のLNB出力電力をPi
3. PcとPiの比として定義

BS/CSアンテナで受信した信号をコンバータによって、12GHz帯の受信周波数と局発振周波数の差である中間周波数 (以下「IF周波数」という。) にスーパーヘテロダイン方式により変換する。

*1 現在、BS-2chは放送されていないことから本検討では干渉評価実験を実施していないため、BS-2chの放送開始時点での干渉評価実験による確認が必要である。

*2 イメージ妨害抑圧比のARIB規格値は、31dB (ARIB STD B21) および55dB (ARIB STD B63)。

調査検討結果

- ・ 7.25GHzから7.587GHzの帯域は送信電力密度-41.3dBm/MHzで利用可能であることが確認できた。
- ・ 8.4GHzから10.25GHzの帯域については、9GHzを超える各種レーダーとの共用検討の結果、電力密度-41.3dBm/MHzでの共用が難しいことが判明したため、9GHz以上を帯域外として整理することとした。

一方で、帯域外となる7.25GHz以下及び9GHz以上の周波数において既に運用している無線局等への影響を鑑みて、次の3点について提言を行うことが適当との結論を得た。

- 1. 7.25GHz未満及び9GHz以上の帯域外において、屋外利用型UWB無線システムは帯域外輻射電力を最大限抑える様に設計を行うこと**
- 2. 屋外利用型UWB無線システムは電波の発射を停止できる機能を持つこと。また必要に応じて、UWB製造者と被干渉設備の運用者間で電波の停止方法や停止するための条件などについて運用調整を行うことが推奨される**
- 3. 与干渉側設備の製造者は使用者に対して使用制限エリアが存在することを周知すること**

また、9GHz以上の周波数については、海外の技術基準を鑑みて、必要に応じて検討されることが望ましい事、無線技術の進歩に伴う現行の無線設備等の仕様変更が生じる場合には、必要に応じて干渉検討を追加で実施する必要性が指摘された。