

資料 5-3-1	： 各共用検討対象システムにおける共用検討用パラメータ	4
(1)	920MHz 帯	4
(ア)	デジタルMCAシステム	4
(イ)	高度MCAシステム	8
(ウ)	携帯電話システム	10
(エ)	RFID構内無線局/陸上移動局システム	12
(オ)	RFID特定小電力無線局システム	12
(カ)	RFIDテレメータ用、テレコントロール用及びデータ伝送用無線設備	12
(キ)	電波天文台	14
(2)	2.4GHz 帯	15
(ア)	無線LANシステム	15
(イ)	構内無線局等	15
(ウ)	ロボット無線システム	16
(エ)	移動衛星通信システム (N-STAR)	16
(オ)	移動体衛星通信システム (グローバルスター)	17
(カ)	放送事業用無線局 (FPU)	17
(キ)	電波ビーコン	17
(ク)	電波天文	18
(3)	5.7GHz 帯	19
(ア)	無線LANシステム	19
(イ)	DSRC (狭域通信) システム	19
(ウ)	放送業務用 STL/TTL システム	19
(エ)	放送事業用 FPU/TSL システム	20
(オ)	無人移動体高速伝送システム	20
(カ)	気象レーダー	21
(キ)	電波天文台	21
資料 5-3-2	： 設置環境等について	22
(1)	設置環境	22
(2)	運用調整	22
(3)	同一敷地内での送信装置の移設等について	22
(4)	人体及び被干渉機器との回避・共存	23
(5)	送信空中線の設置について	23
(6)	920MHz 帯における「WPT 一般環境」使用時の送信時間制限について	24
資料 5-3-3	： 対象システムにおける電波の安全性	25
(1)	安全性の検討	25
(ア)	電波防護指針	25
(イ)	植込み型医療機器等への影響	26
(2)	920MHz 帯	27
(ア)	電波防護指針	27
(イ)	植込み型医療機器等への影響	27
(3)	2.4GHz 帯	28
(4)	5.7GHz 帯	28
(5)	20点法による評価測定	29
資料 5-3-4	： 920MHz 帯における共用検討について	30
(1)	共用検討対象システム及び検討の絞り込み	30
(ア)	920MHz 帯 RFID との差異	30
(イ)	干渉検討対象システム	30
(2)	高度MCA システム	31
(ア)	共用検討モデル	31
(イ)	1対1対向検討	32

(ウ)	モンテカルロシミュレーションによる確率検討	3 3
(エ)	モンテカルロシミュレーションによる確率結果	3 4
(3)	電波天文	3 4
(ア)	共用モデル	3 4
(イ)	共用検討結果	3 5

資料 5-3-5 : 2.4GHz 帯における共用検討について 3 7

(1)	2.4GHz 帯無線 LAN	3 7
(ア)	共用検討モデル	3 7
(イ)	共用検討結果	3 9
(ウ)	共用検討モデル(破壊防止)	3 9
(エ)	共用検討結果(破壊防止)	3 9
(2)	構内無線局等	4 0
(ア)	共用検討モデル	4 0
(イ)	共用検討結果	4 0
(3)	ロボット無線システム	4 0
(ア)	共用検討モデル	4 0
(イ)	共用検討結果	4 1
(4)	移動体衛星通信システム(N-STAR)	4 1
(ア)	共用検討モデル	4 1
(イ)	共用検討結果	4 2
(5)	移動体衛星通信システム(グローバルスター)	4 4
(ア)	共用検討モデル	4 4
(イ)	共用検討結果	4 5
(6)	放送事業用無線局(FPU)との共用検討	4 6
(ア)	共用検討モデル	4 6
(イ)	共用検討結果	4 6
(7)	電波ビーコン	4 8
(ア)	共用検討モデル	4 8
(イ)	共用検討結果	4 9
(8)	電波天文台との共用検討	5 0
(ア)	共用検討モデル	5 0
(イ)	共用検討結果	5 1
(9)	アマチュア無線	5 2
(ア)	共用検討モデル	5 2
(イ)	共用検討結果	5 2

資料 5-3-6 : 5.7GHz 帯における共用検討について 5 3

(1)	無線 LAN システム	5 3
(ア)	共用検討モデル	5 3
(イ)	共用検討結果	5 4
(ウ)	共用検討モデル(破壊防止)	5 4
(エ)	共用検討結果(破壊防止)	5 4
(2)	DSRC(狭域通信)システム	5 5
(ア)	共用検討モデル	5 5
(イ)	共用検討結果	5 5
(3)	放送業務用 STL/TTL システム	5 5
(ア)	共用検討モデル	5 5
(イ)	共用検討結果	5 6
(4)	放送事業用 FPU/TSL システム	5 7
(ア)	共用検討モデル	5 7
(イ)	共用検討結果	5 8
(5)	無人移動体高速伝送システム	6 0
(ア)	共用検討モデル	6 0
(イ)	共用検討結果	6 1
(6)	気象レーダー	6 1
(ア)	共用検討モデル	6 1
(イ)	共用検討結果	6 2

(7)	電波天文台	6 3
(ア)	共用検討モデル	6 3
(イ)	共用検討結果	6 3
(8)	アマチュア無線【協議・確認中】	6 4
(ア)	共用検討モデル	6 4
(イ)	共用検討結果	6 4
資料 5-3-7 : キャリアセンスについて		6 5
(1)	920MHz 帯	6 5
(2)	2.4GHz 帯	6 5
(3)	5.7GHz 帯	6 6
資料 5-3-8 : 受信装置の位置推定について		7 1
(1)	920MHz 帯	7 1
(2)	2.4GHz 帯	7 1
(3)	5.7GHz 帯	7 2
(ア)	位置推定の制御フロー	7 2
(イ)	受電装置からのビーコン信号の要求条件	7 5
(ウ)	受電装置からのビーコン信号における共用条件	7 5
資料 5-3-9 : 壁等の通過時の損失について		7 7
(1)	検討の背景	7 7
(2)	ITU-R にて定義される損失モデル	7 7
(3)	実際の各種外壁材の損失	7 7
(4)	窓等の外壁部以外の損失	7 8
(5)	遮蔽損失値と実環境について	7 8
資料 5-3-10 : 共用条件検討で使用した伝搬モデルについて		8 0
(1)	自由空間伝搬モデル	8 0
(2)	SEAMCAT 拡張モデル	8 0
資料 5-3-11 : 複数送信による空間影響について		8 1
(1)	屋外への複数送信による影響について	8 1
(2)	複数送信におけるシミュレーションについて	8 1
資料 5-3-12 : 920MHz 帯 1W 以下無線局について		8 5
(1)	920MHz 帯におけるユースケース	8 5
(2)	920MHz 帯空中線電力 1W 以下での周囲への影響	8 5
(3)	空中線電力 1W 以下の 920MHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの取扱について ..	8 5

資料 5-3-1) : 各共用検討対象システムにおける共用検討用パラメータ

各共用検討対象システムにおける検討用パラメータを以下に示す。

(1) 920MHz 帯

(ア) デジタル MCA システム

デジタル MCA システムの送信側パラメータを表参 1.1.1 に、受信側パラメータを表参 1.1.2 に示す。*1

表参 1.1.1 デジタル MCA システムの送信側パラメータ

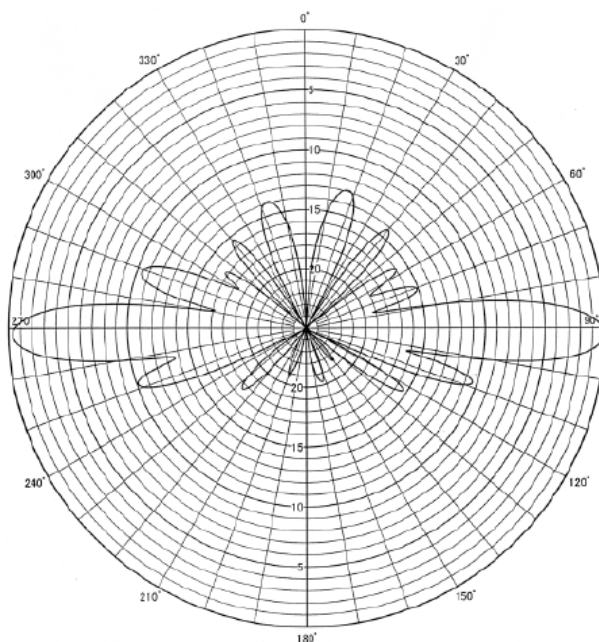
項目	中継局	移動局	備考
使用周波数	850~860MHz	930~940MHz	
空中線電力	40W/キャリア	2W/キャリア	ARIB STD-T85 Ver. 1.1 3.2(4)
空中線利得	1) 10.5dBi 2) 17dBi (大都市)	車載移動局：4dBi 管理移動局：10dBi	
アンテナ水平面内指向特性	無指向性	車載移動局：無指向性 管理移動局：指向性	図参 1.1.3 及び図参 1.1.4
アンテナ垂直面内指向特性	図参 1.1.1 及び図参 1.1.2	図参 1.1.3 及び図参 1.1.4	特性例
アンテナ地上高	1) 40m 2) 150m (大都市部)	車載移動局：1.5m 管理移動局：10m	一般値
占有周波数帯幅	24.3kHz	24.3kHz	ARIB STD-T85 Ver. 1.1 3.4.1(3)
変調方式	$\pi/4$ シフト QPSK	$\pi/4$ シフト QPSK	ARIB STD-T85 Ver. 1.1 3.2 (5)
送信フィルタ特性	任意	任意	
隣接チャンネル漏洩電力	送信電力に対して-55dB 以下	送信電力に対して-55dB 以下	ARIB STD-T85 Ver. 1.1 3.4.1 (5) 所定のキャリア周波数から±25kHz 離れた周波数を中心とする±8kHz の帯域に輻射される電力
帯域外発射電力	送信電力より 60dB 低い値	送信電力より 60dB 低い値	ARIB STD-T85 Ver. 1.1 3.4.1 (2)
スプリアス領域における不要発射の電力	25 μ W 以下、又は基本周波数の平均電力より 60dB 低い値	25 μ W 以下、又は基本周波数の平均電力より 60dB 低い値	ARIB STD-T85 Ver. 1.1 3.4.1 (2) 参照帯域幅：100kHz
1 無線局のキャリア数	8 キャリア/システム、 20 システム/中継局、最大 160 キャリア/中継局	1 キャリア	参考) 地方においては、約 20 キャリア/中継局

表参 1.1.2 デジタル MCA システムの受信側スペック

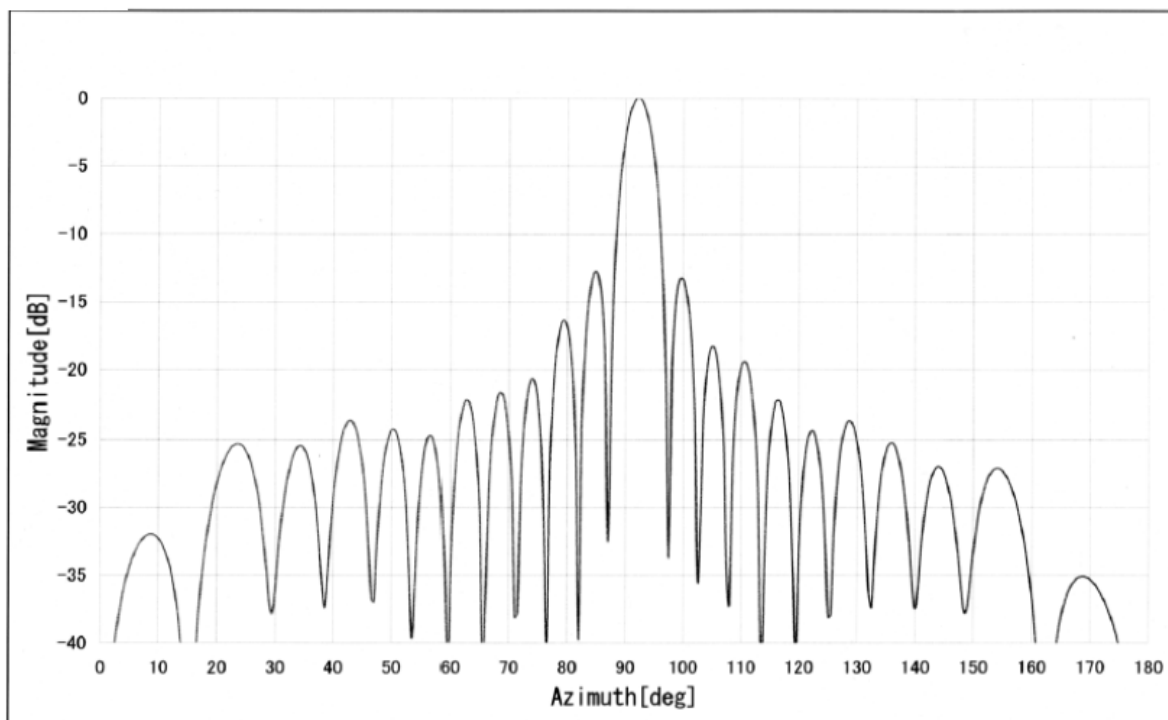
項目	中継局	移動局	備考
使用周波数	930~940MHz	850~860MHz	
受信感度・実効選択度	1×10 ⁻² (スタティック) : 6.0dB μ V 以下 (規格感度) 3×10 ⁻² (フェージング) : 10.0 dB μ V 以下	1×10 ⁻² (スタティック) : 6.0dB μ V 以下 (規格感度) 3×10 ⁻² (フェージング) : 10.0 dB μ V 以下	ARIB STD-T85 Ver. 1.1 3.4.2 (2) フェージング条件：最大ドップラ一周波数は 40Hz
給電線損失	0dB	1.5dB	一般値
空中線利得	1) 10.5dBi 2) 17dBi (大都市部)	車載移動局：4dBi 管理移動局：10dBi	一般値
アンテナ水平面内指向特性	無指向性	車載移動局：無指向性 管理移動局：指向性	図. 参 1.1.3 及び図参 1.1.4
アンテナ垂直面内指向特性	図参 1.1.1 及び図参 1.1.2	図参 1.1.3 及び図参 1.1.4	特性例
アンテナ地上高	1) 40m 2) 150m (大都市部)	車載移動局：1.5m 管理移動局：10m	一般値

*1 平成 7 年 7 月 24 日付け 情報通信審議会諮問第 81 号答申「携帯電話等の周波数有効利用方策」のうち「900MHz 帯を使用する移動通信システムの技術的条件」及び「携帯無線通信の中継を行う無線局の技術的条件」

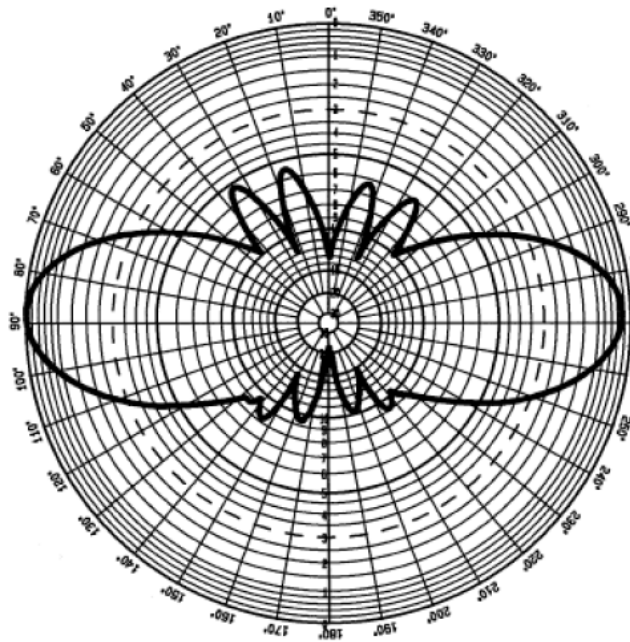
受信周波数帯域幅	16kHz	16kHz	情報通信審議会諮問第 117 号答申 (H14. 6. 23)
変調方式	$\pi/4$ シフト QPSK	$\pi/4$ シフト QPSK	ARIB STD-T85 Ver. 1.1 3.2 (5)
受信フィルタ特性	図. 参 1.1.5	任意	調査値
許容干渉レベル (帯域内)	-126.8dBm/16kHz	-126.8dBm/16kHz	情報通信審議会諮問第 117 号答申 (H14. 6. 23)
感度抑圧レベル (帯域外)	-52dBm	-52dBm	ARIB STD-T85 Ver. 1.1 3.4.2 (3) スプリアス・レスポンス 規格感度+3dB+53dB



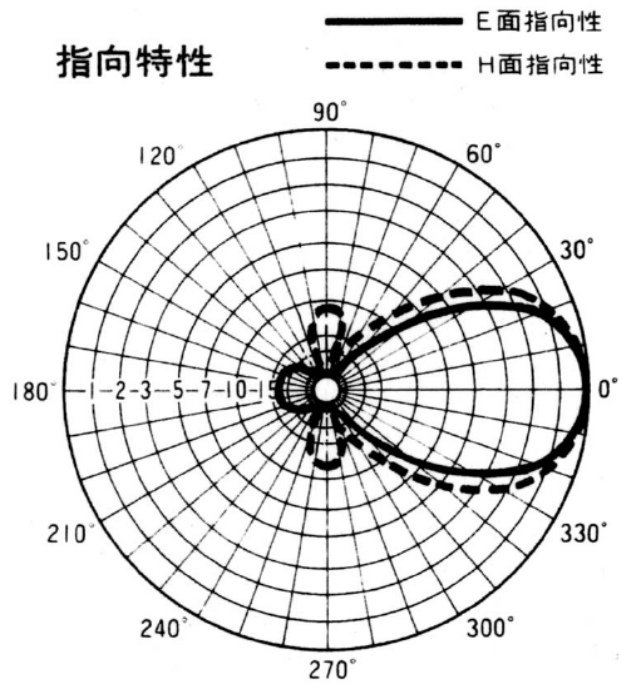
図参 1.1.1 MCA 無線中継局の送受信アンテナ垂直面内指向特性 (実力値)



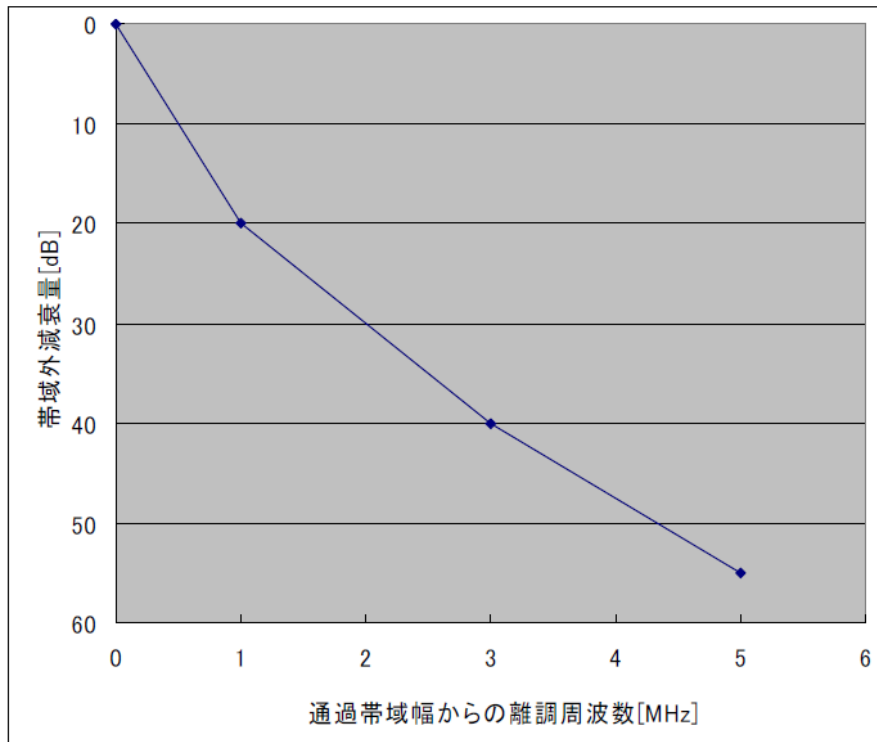
図参 1.1.2 MCA 無線中継局の送受信アンテナ水平面内指向特性 (実力値)



図参 1. 1. 3 MCA 無線車載移動局の送受信アンテナ垂直面内指向特性 (実力値)



図参 1. 1. 4 MCA 無線管理移動局の送受信アンテナ指向特性 (実力値)



図参 1.1.5 MCA デジタル中継局受信フィルタ特性
(干渉形態を前提に調査した結果)

(イ)高度 MCA システム

高度 MCA システムの送信側パラメータを表参 1.1.3、受信側パラメータを表参 1.1.4 に示す。高度 MCA システムは基本的に LTE 携帯電話システムと同等のパラメータである。※2

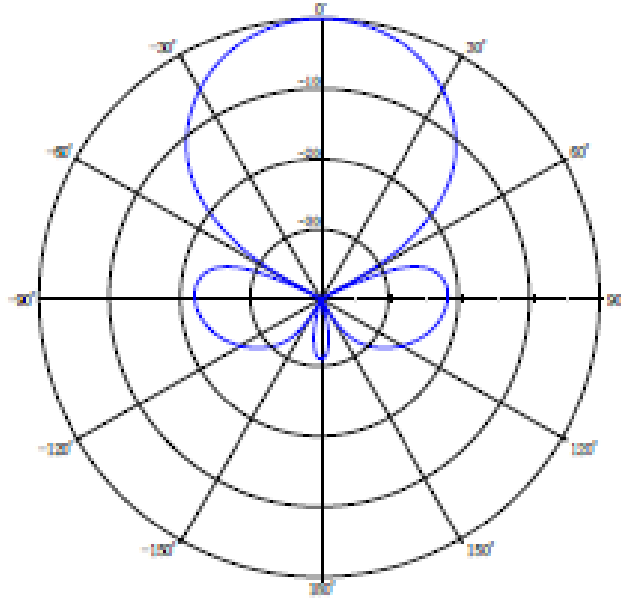
表参 1.1.3 高度 MCA システムの送信側パラメータ

項目	中継局 (制御局)	移動局	備考
使用周波数	940~945MHz	895~900MHz	
空中線電力	43dBm/MHz	23dBm/MHz	
空中線利得	1) 19dBi (都市部) 2) 16dBi (構外)	車載移動局: 4.5dBi 携帯移動局: 2dBi	
アンテナ水平面内指向特性	図参 1.1.6	無指向性	
アンテナ垂直面内指向特性	図参 1.1.7	無指向性	
アンテナ地上高	1) 150m (都市部) 2) 40m (構外)	1.5m	
占有周波数帯幅	5MHz 以下	5MHz 以下	
変調方式	BPSK、QPSK、16QAM、64QAM 又は 128QAM 方式	BPSK、QPSK、16QAM、64QAM 又は 128QAM 方式	

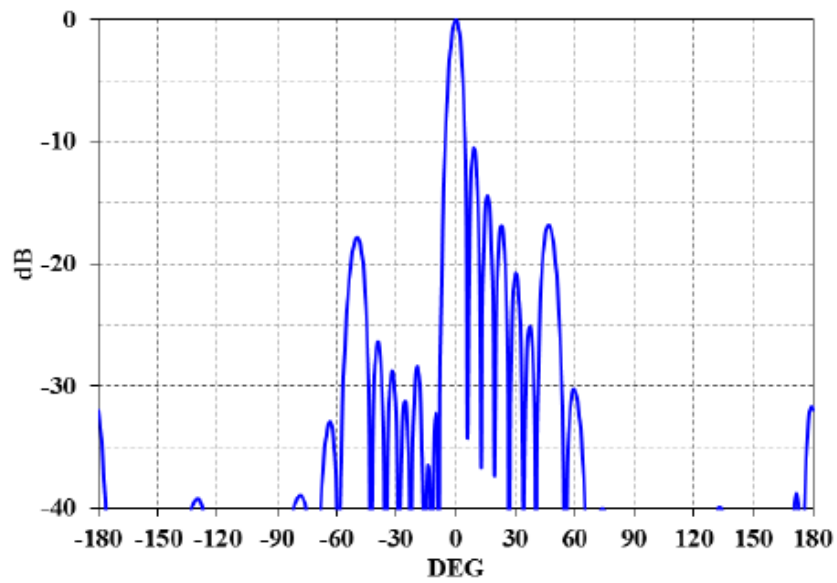
表参 1.1.4 高度 MCA システムの受信側パラメータ

	中継局 (基地局)	移動局	備考
使用周波数	895~900MHz	940~945MHz	
給電線損失	0dBi	車載移動局: 1.5dBi 携帯移動局: 1dBi	
空中線利得	1) 19dBi (都市部) 2) 16dBi (構外)	車載移動局: 4.5dBi 携帯移動局: 2dBi	
アンテナ水平面内指向特性	図参 1.1.6	無指向性	
アンテナ垂直面内指向特性	図参 1.1.7	無指向性	
アンテナ地上高	1) 150m (都市部) 2) 40m (構外)	1.5m	
許容干渉レベル (帯域内)	-119dBm/MHz (I/N=10dB)	-110.8dBm/MHz (I/N=6dB)	
感度抑圧レベル (帯域外)	-43dBm	-56dBm (BW: Channel/2+7.5MHz 離調) -44dBm (BW: Channel/2+12.5MHz 離調)	3GPP TS36.101V8.3.0 (2008-9)

※2 平成 29 年 9 月 27 日付け情報通信審議会 諮問第 2041 号答申「900MHz 帯自営用移動通信システムの高度化に関する技術的条件」



図参 1.1.6 高度 MCA 中継局の送受信アンテナ水平面内指向特性



図参 1.1.7 高度 MCA 中継局の送受信アンテナ垂直面内指向特性

(ウ)携帯電話システム

携帯電話システムの送信側パラメータを表参 1.1.5、受信側パラメータを表参 1.1.6 に示す。*3

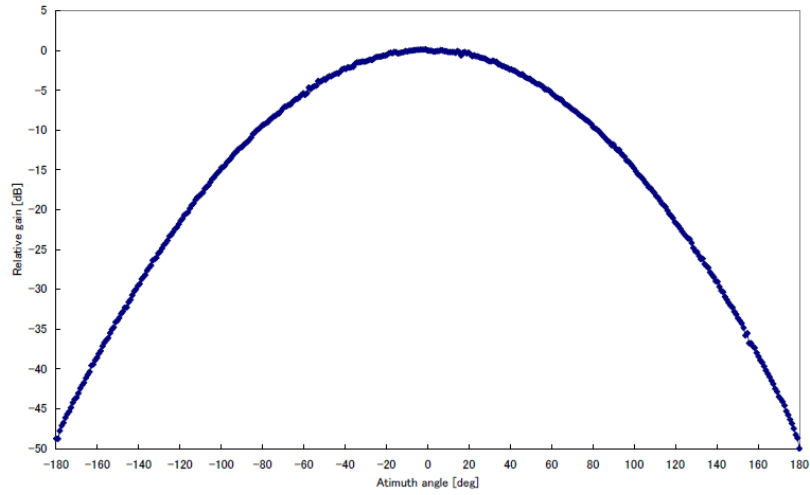
表参 1.1.5 携帯電話システム送信側パラメータ

	基地局	移動局	備考
使用周波数	900～915MHz	945～960MHz	
空中線電力	43dBm/MHz	23dBm/MHz	
空中線利得	14 dBi	0dBi	
給電線損失	5dBi	0dBi	
アンテナ水平面内指向特性	図参 1.1.8	無指向性	
アンテナ垂直面内指向特性	図参 1.1.9 参照	無指向性	
アンテナ地上高	40m	1.5m	
占有周波数帯幅	5、10、15、20MHz	5、10、15、20MHz	
その他損失	—	8dB (人体吸収損)	

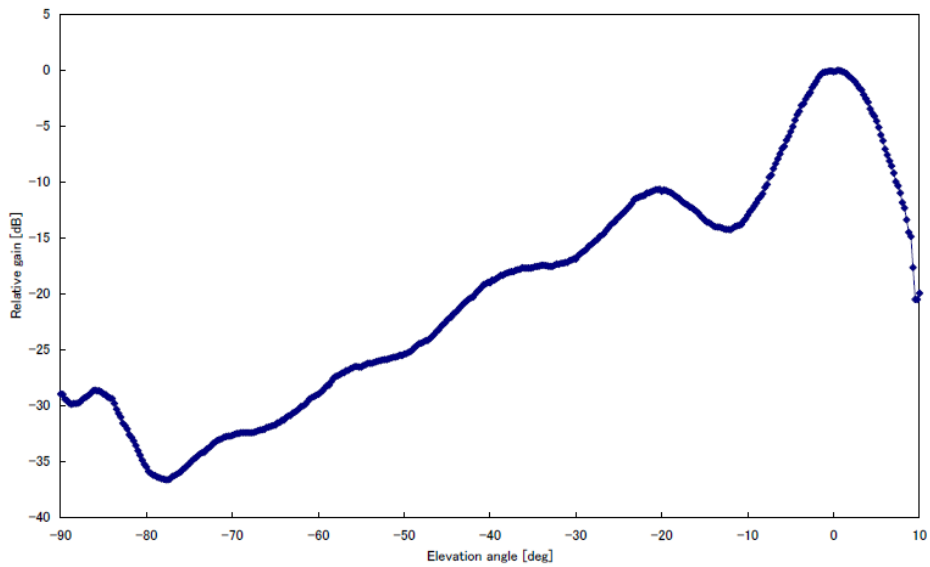
表参 1.1.6 携帯電話システム受信側パラメータ

	基地局	移動局	備考
使用周波数	945～960MHz	900～915MHz	
給電線損失	0dB	0dB	
空中線利得	14dBi	0dBi	
アンテナ水平面内指向特性	図参 1.1.8	無指向性	
アンテナ垂直面内指向特性	図参 1.1.9	無指向性	
アンテナ地上高	40m	1.5m	
許容干渉レベル (帯域内)	-119dBm/MHz (I/N=10dB)	-110.8dBm/MHz (I/N=6dB)	
感度抑圧レベル (帯域外)	-43dBm	-56dBm (BW:Channel/2+7.5MHz 離調) -44dBm (BW:Channel/2+12.5MHz 離調)	3GPP TS36.101V8.3.0 (2008-9)
その他損失	—	8dB (人体吸収損)	

*3 平成7年7月24日付け 情報通信審議会諮問第81号答申 「携帯電話等の周波数有効利用方策」のうち、「700/900MHz帯を使用する移動通信システムの技術的条件」(「携帯無線通信の中継を行う無線局の技術的条件」を含む。)



図参 1.1.8 携帯電話システム基地局の送受信アンテナ水平面内指向特性



図参 1.1.9 携帯電話システム基地局の送受信アンテナ垂直面内指向特性

(エ)RFID構内無線局/陸上移動局システム

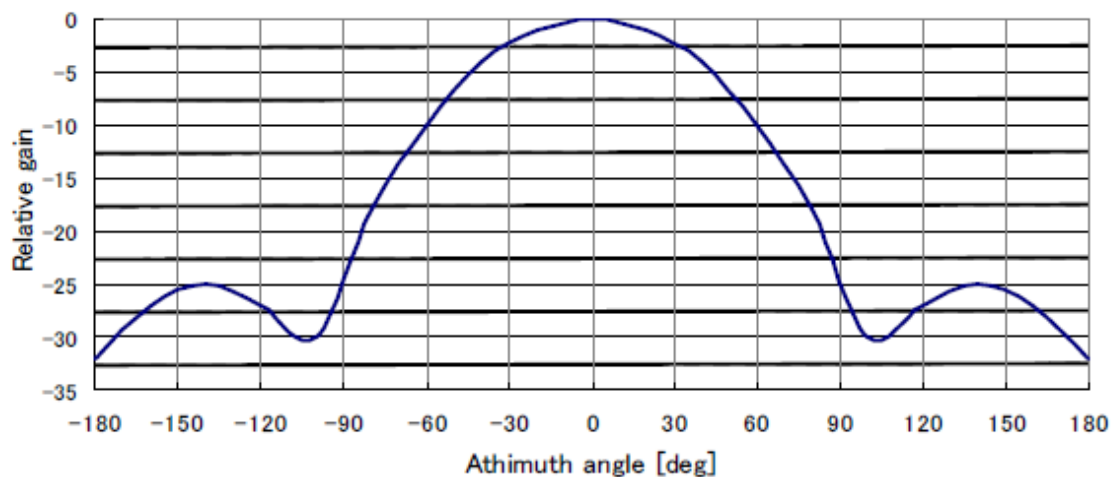
(オ)RFID特定小電力無線局システム

(カ)RFIDテレメータ用、テレコントロール用及びデータ伝送用無線設備

共用検討用のパラメータを、RFID構内無線局/陸上移動局システム及びRFID特定小電力無線局システムをパッシブタグシステム、RFIDテレメータ用、テレコントロール用及びデータ伝送用無線設備をアクティブタグシステムとして、表参 1.1.7 に示す。*4

表参 1.1.7 RFID 検討用パラメータ

	パッシブタグシステム		アクティブタグシステム	
送信周波数	920MHz 帯			
受信周波数	920MHz 帯			
空中線電力	30dBm	24dBm	10dBm	1dBm
空中線利得	6dBi		3dBi	
アンテナ水平面内指向特性	図参 1.1.10 又は 図参 1.1.11	図参 1.1.10	図参 1.1.11	
アンテナ垂直面内指向特性	図参 1.1.10 又は 無指向性		無指向性	
隣接チャンネル漏洩電力	-61dBc		-55dBc	
アンテナ地上高	1.5m			
許容帯域内干渉電力	86.4dBm/4.2MHz			
許容帯域外干渉電力	-30dBm			



図参 1.1.10 RFID パッシブタグシステム アンテナ指向特性 (水平面内/垂直面内)

*4 平成 29 年 9 月 27 日付け 情報通信審議会諮問第 2041 号答申 「920MHz 帯小電力無線システムの高度化に係る技術的条件」

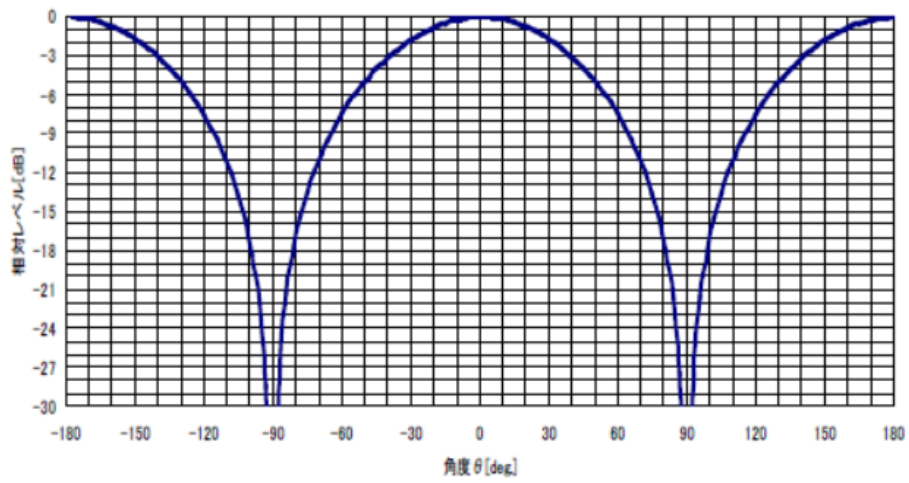


図. 参 1. 1. 11 RFID アンテナ水平面内指向特性 (垂直面内は無指向性)

(キ)電波天文台

干渉検討用に用いた電波天文台の受信パラメータを表参 1.1.8 に電波天文施設の設置場所及び設置状況を表参 1.1.9 に示す。※5

表参 1.1.8 電波天文の受信側パラメータ

	電波天文 観測局	備考
受信感度・実効選択度	「許容干渉レベル(帯域内)」を参照	
給電線損失	0dB	実力値
空中線利得	0dBi	ITU-R RA. 796
アンテナ指向特性(水平)	等方的アンテナ	
アンテナ指向特性(垂直)	等方的アンテナ	
アンテナ地上高	0m	
受信周波数帯域幅	1400~1427MHz(27MHz幅)	ITU-R RA. 796
許容干渉レベル(帯域内)	-188dBm/MHz	実力値
感度抑圧レベル(帯域外)	—	

表参 1.1.9 電波天文の設置場所・設置状況

観測所名	アンテナ形式	大きさ(直径)	緯度(°)	経度(°)	海拔高(m)	地上高(m)	最小運用仰角(°)	観測周波数(MHz)
野辺山・宇宙	パラボラ	3 m	138E 28' 33"	35N 56' 18"	1349	5.2	5	1400- 1427

※5 平成7年7月24日付け 情報通信審議会諮問第81号答申「携帯電話等の周波数有効利用方策」のうち「900MHz帯を使用する移動通信システムの技術的条件」及び「携帯無線通信の中継を行う無線局の技術的条件」

(2) 2.4GHz 帯

(ア)無線 LAN システム

表参 1.2.1 2.4GHz 帯無線 LAN システムの受信パラメータ 1

項目	パラメータ
空中線電力	①FH 方式 (2427MHz~2470.75MHz) のもの : 3mW/MHz 以下 ②スペクトル拡散方式のもの(①を除く) : 10mW/MHz 以下 ③OFDM のもの (①を除く) 占有周波数帯幅が 26MHz 以下 : 10mW/MHz 以下 占有周波数帯幅が 26MHz を超え 38MHz 以下 : 5mW/MHz 以下 ④上記以外のもの : 10mW 以下
空中線利得	2.14dBi
スプリアス発射又は不要発射の強度の許容値	2387MHz 未満及び 2496.5MHz を超えるもの : 2.5 μW/MHz 以下 2387MHz 以上 2400MHz 未満及び 2483.5MHz を超え、2496.5MHz 以下 : 25 μW/MHz 以下

表参 1.2.2 2.4GHz 帯無線 LAN システムの受信パラメータ 2

変調方式 (コーディングレート)	所要 D/U (dB)			受信感度 (dBm)	
	同一 チャンネル	隣接 チャンネル	次隣接 チャンネル	10MHz	20MHz
BPSK (1/2)	10	-16	-32	-85	-82
QPSK (1/2)	13	-13	-29	-82	-79
16QAM (1/2)	18	-8	-24	-77	-74
64QAM (2/3)	26	0	-16	-69	-66

(イ)構内無線局等

表参 1.2.3 構内無線局等 共用検討用パラメータ

		構内無線局	特定小電力無線局
送信空中線電力		300mW	10mW
送受信周波数帯		2.4GHz 帯	
送受信 空中線利得	質問機	11dBi	11dBi
	応答機	2dBi	2dBi
給電線損失(送受信)		0dB	0dB
応答機損失		10dB	
伝搬マージン		10dB	
干渉マージン		10dB	
受信帯域幅		32kHz	
許容干渉入力 (空中線利得 11dBi を含む)		-98dBm	-97dBm

(ウ) ロボット無線システム

表参 1.2.4 2.4GHz 帯及び 5.7GHz 帯ロボット用無線システムの検討パラメータ

項目		パラメータ	
送信出力		1W (30dBm)	
周波数		2.4GHz 帯及び 5.7GHz 帯	
占有周波数帯幅		5MHz、10MHz、20MHz (5.7GHz 帯のみ)	
空中線利得 (送受信)		6dBi	
空中線高	地上利用	10m (制御側)	3m (ロボット側)
	上空利用	2m (制御側)	0~250m (ロボット側)

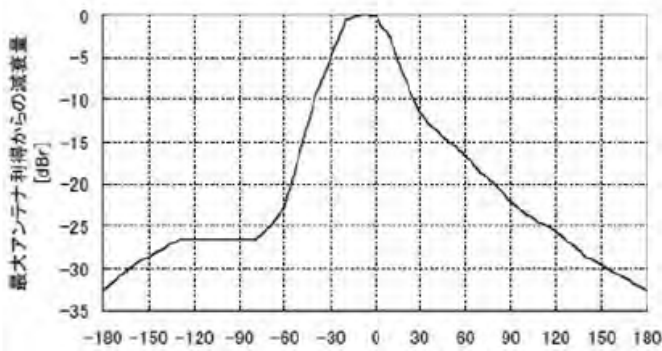
表参 1.2.5 2.4GHz 帯及び 5.7GHz 帯ロボット用システムの受信特性

変調方式 (コーディングレート)	所要 D/U (dB)			受信感度 (dBm)		
	同一 チャンネル	隣接 チャンネル	次隣接 チャンネル	5MHz	10MHz	20MHz
BPSK (1/2)	10	-16	-32	-88	-85	-82
QPSK (1/2)	13	-13	-29	-85	-82	-79
16QAM (1/2)	18	-8	-24	-80	-77	-74
64QAM (2/3)	26	0	-16	-72	-69	-66

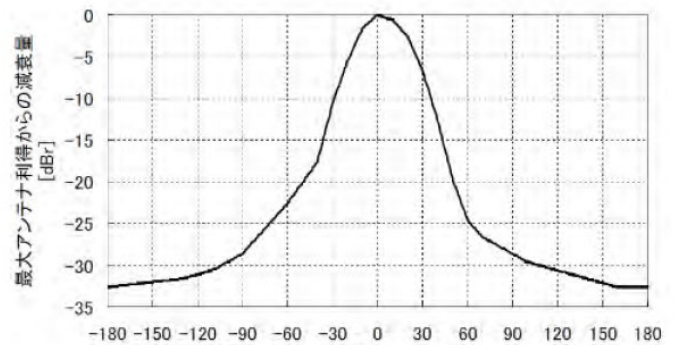
(エ) 移動衛星通信システム (N-STAR)

表参 1.2.6 2.4GHz 帯受信特性

項目		移動局
アンテナ利得		12.6 dBi
給電線損失		0 dB
許容干渉量	帯域内干渉	-124.9 dBm/MHz
	帯域外干渉	-60 dBm 0-10MHz 離調
		-41 dBm 10-25MHz 離調 -37 dBm 25-30MHz 離調



図参 1.2.1 アンテナ垂直面内指向特性



図参 1.2.2 アンテナ水平面内渡航特性

(オ) 移動体衛星通信システム(グローバルスター)

表参 1.2.7 2.4GHz 帯及受信特性

パラメータ	移動局
帯域幅	1.23 MHz
アンテナ利得	0.51 dBi
許容干渉電力(帯域内・帯域外)	-119.4 dBm/MHz

(カ) 放送事業用無線局 (FPU)

表参 1.2.11 1.2/2.3GHz 帯 4K・8K 対応高度化 FPU システムのパラメータ※6

	固定中継上り	移動中継上り	固定中継下り	移動中継下り
周波数[GHz]	2.37	2.37	2.37	2.37
標準受信電力 [dBm/BW]	-57	-57	-57	-57
所要 D/U 比[dB]	17.4	32.6	13	21.6
FPU アンテナ利得 [dBi]	21.1	18.1	12	5.2

表参 1.2.12 1.2/2.3GHz 帯 FPU システムのパラメータ※7

	移動中継 ハーフ 16QAM- OFDM2/3	移動中継 フル 16QAM-OFDM2/3	固定中継 32QAM- OFDM 3/4	固定中継 フル 16QAM-OFDM RS(204, 166)	移動中継 フル 8PSK-OFDM RS(204, 166)	移動中継 ハーフ 32QAM-OFDM RS(204, 188)
周波数[GHz]	2.37	2.37	2.37	2.37	2.37	2.37
標準受信電力 [dBm/BW]	-61	-61	-61	-61	-61	-61
所要 C/I[dB]	29.4	22.4	26.8	19.2	17.2	23.2
FPU アンテナ利得 [dBi]	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1

(キ) 電波ビーコン

表参 1.2.8 電波ビーコン 共用検討パラメータ

項目	パラメータ
送信空中線電力	20mW
周波数	2499.7MHz
占有周波数帯幅	85kHz
スプリアス領域における不要発射	2.5 μW 以下
車載機受信利得	2dB
受信フィルタ減衰量	52.5dB
許容干渉入力	-90.4dBm

※6 情報通信審議会諮問第2023号「放送システムに関する技術的条件」における「放送事業用無線局の高度化のための技術的条件」のうち「超高精細度テレビジョン放送のための1.2GHz帯及び2.3GHz帯を使用する放送事業用無線局(FPU)の技術的条件」

※7 情報通信審議会諮問第2023号「放送システムに関する技術的条件」のうち、「放送事業用無線局の高度化のための技術的条件」

(ク)電波天文

表参 1.2.9 電波天文 共用検討用パラメータ

項目	パラメータ
観測周波数	2695 MHz
観測帯域	10 MHz
アンテナゲイン	0 dBi
干渉閾値	
入力電力	-207 dBW
pdf	-177 dB(W/m ²)
pdf スペクトラム	-247 dB(W/(m ² ・Hz))

表参 1.2.10 電波天文の設置場所・設置状況

観測所名	アンテナ形式	大きさ (直径)	緯度 (°)	経度 (°)	海拔高 (m)	地上高 (m)	最小運用 仰角 (°)	観測周波数 (MHz)
野辺山・ 宇宙	パラボ ラ	2m	138E 28' 33"	35N 56' 18"	1349	4.7	5	1910-2090
	パラボ ラ	1.5m	138E 28' 33"	35N 56' 18"	1349	4.5	5	3410-3840
白田	パラボ ラ	64m	138E 21' 46"	36N 7' 57"	1456	33	5	2200-2300
小金井	パラボ ラ	11m	139E 29' 17"	35N 42' 38"	99.7	12.5	5	2212-2360
石岡	パラボ ラ	13.2m	140E 13' 8"	36N 12' 33"	130	18	3	2200-2400
水沢	パラボ ラ	20m	141E 7' 57"	39N 8' 1"	63	22	3	2200-2400
石垣島	パラボ ラ	20m	124E 10' 16"	24N 24' 44"	26	22	3	2200-2400
入来	パラボ ラ	20m	130E 26' 24"	31N 44' 52"	528	22	3	2200-2400

(3) 5.7GHz 帯

(ア)無線 LAN システム

無線 LAN システム (5470MHz~5730MHz) の受信側パラメータを表参 1.3.1 に示す。

表参 1.3.1 無線 LAN システムの受信パラメータ

		無線 LAN 変調方式 (コーディングレート)			
		BPSK (1/2)	QPSK (1/2)	16QAM (1/2)	64QAM (2/3)
周波数帯域		5,470~5,730MHz			
受信感度+3dB		-79dBm	-76dBm	-71dBm	-63dBm
感度抑圧レベル	隣接チャネル	-16dB	-13dB	-8dB	0dB
	次隣接チャネル	-32dB	-29dB	-24dB	-16dB
許容入力レベル	隣接チャネル	-63dBm			
	次隣接チャネル	-47dBm			
最大空中線利得		20dBi			
SIFS 時間		16us			
Slot 長		9us			

(イ)DSRC (狭域通信) システム

DSRC システムの受信側パラメータを表参 1.3.2 に示す。

表参 1.3.2 DSRC (狭域通信) システムの受信パラメータ

項目	車載機	路側機	
		クラス 1	クラス 2
周波数帯域	5775~5805MHz Ch 間隔 5MHz	5815~5845MHz Ch 間隔 5MHz	5815~5845MHz Ch 間隔 5MHz
スプリアス・レスポンス・ リジェクション (ISM 帯域内)	24.0 dB	28.0 dB	30.0 dB
受信感度+3dB	-57.0 dBm	-62.0 dBm	-72.0 dBm
スプリアス許容入力量	-33.0 dBm	-34.0 dBm	-42.0 dBm
帯域内干渉許容入力量	-84.5 dBm	-90.0 dBm	-100.0 dBm
最大空中線利得	10 dBi	20 dBi	20 dBi

(ウ)放送業務用 STL/TTL システム

放送業務用の STL/TTL システムにおける干渉検討を行う回線設計パラメータを表参 1.3.3 に示す。

表参 1.3.3 放送事業用 STL/TTL システムの回線設計パラメータ

項目	SHF 帯 TS 伝送方式 Bバンド
計算周波数	5,900 MHz
キャリア変調方式	64QAM
伝播距離	平野 50 km
所要フェージングマージン	-27.6 dB
帯域幅	6.7 MHz
標準受信電力	-42.89 dBm
受信雑音指数	4.0 dB
受信等価熱雑音	-101.6 dBm
標準時熱雑音 C/N	58.7 dB
フェージングマージン時 所要熱雑音 C/N	30.8 dB
空中線利得	40.4 dBi

給電線損失	8.3 dB
-------	--------

(エ)放送事業用 FPU/TSL システム

放送業務用の FPU システムにおける受信パラメータを表参 1.3.3 に TSL システムにおける干渉検討を行う回線設計を表 1.3.5 に示す。

表参 1.3.4 放送事業用 FPU システムの受信パラメータ

項目	固定中継局 (4K/8K 標準伝送)	固定中継局 (4K/8K 高品質伝送)	移動中継局
周波数帯域	5,850~5,925 MHz	5,850~5,925 MHz	5,850~5,925 MHz
キャリア変調方式	1024QAM (LDPC 2/3)	4096QAM (LDPC 5/6)	64QAM LDPC 5/6
標準受信電力	-55 dBm	-45 dBm	-62 dBm
所要 C/N	27.1 dB	37.1 dB	21.2 dB
干渉雑音(異伝播路) C/N	34.4 dB	44.4 dB	28.5 dB
帯域	17.5 MHz	17.5 MHz	17.5 MHz
干渉雑音電力(異伝播路)	-89.4 dBm	-89.4 dBm	-90.5 dBm
	-101.8 dBm/MHz	-101.8 dBm/MHz	-102.9 dBm/MHz
空中線利得	35.0 dBi	35.0 dBi	23.2 dBi
給電線損失	5.0 dB	5.0 dB	0.5 dB

表参 1.3.5 放送事業用 TSL システムの回線設計パラメータ

項目	SHF 帯 TSL 伝送方式 B バンド
計算周波数	5,900 MHz
キャリア変調方式	64QAM
伝播距離	平野 50 km
所要フェージングマージン	24.5 dB
帯域幅	14.0 MHz
標準受信電力	-44.8 dBm
受信雑音指数	4.0 dB
受信等価熱雑音	-98.5 dBm
標準時熱雑音 C/N	53.7 dB
フェージングマージン時 所要熱雑音 C/N	29.2 dB
空中線利得	42.0 dBi
給電線損失	4.9 dB

(オ)無人移動体高速伝送システム

無人移動体高速伝送システムにおける受信妨害波特性を表参 1.3.6 に示す。

表参 1.3.6 無人移動体高速伝送システムの受信妨害波特性

項目	チャンネル条件		
	同一チャンネル	隣接チャンネル	次隣接チャンネル
周波数	5650MHz~5755MHz	5650MHz~5755MHz	5650MHz~5755MHz
帯域幅	5 MHz	5 MHz	5 MHz
変調方式	BPSK(レート 1/2)	BPSK(レート 1/2)	BPSK(レート 1/2)
最小受信感度	-88 dBm	-88 dBm	-88 dBm
各チャンネル妨害波 所要 D/U	10 dB	-16 dB	-32 dB
各チャンネル妨害波 許容入力量	-98 dBm	-72 dBm	-56 dBm
空中線利得	6 dBi	6 dBi	6 dBi

(カ) 気象レーダー

気象レーダーの受信パラメータを表参 1.3.9 に示す。

表参 1.3.9 気象レーダーの受信パラメータ

項目	パラメータ値	備考
受信空中線利得	47 dBi	空港設置の 7m アンテナタイプ
指向性減衰量	0 dB	
受信中心周波数	5,372.5 MHz	WPT システムに最も近い周波数
受信帯域幅	1.2 MHz	
受信帯域内許容雑音入力電力	-120 dBm/BW	NF 3dB の入力雑音及び I/N -10dB (ITU-R M. 1849)
WPT キャリア信号許容入力電力	-40 dBm	許容雑音入力電力+ ダイナミックレンジ 80 dB

(キ) 電波天文台

電波天文の設置場所・設置状況を表参 1.3.7、受信パラメータを表参 1.3.8 に示す。5.7GHz 帯に近い国内電波天文台のうち、ITU-R RA.769 において許容干渉レベルが規定されている白田 64m 鏡（観測周波数 4995MHz）及び石岡 13.2m 鏡（観測周波数 10650MHz）を検討対象とした。

表参 1.3.7 電波天文の設置場所・設置状況

観測所名	空中線形式	大きさ (直径)	緯度 (°)	経度 (°)	海拔高 (m)	地上高 (m)	最小運用仰角 (°)	観測周波数 (MHz)
白田	パラボラ	64m	138E 21' 46"	36N 7' 57"	1456	33	5	4700-5140
石岡	パラボラ	13.2m	140E 13' 08"	36N 12' 33"	130	18	5	3000-14000

表参 1.3.8 電波天文の受信パラメータ

項目	値	備考	
受信空中線利得	0 dBi		
指向性減衰量	0 dB		
電力スペクトルフラックス密度	-241.0 dB(W/(m ² ・Hz))	ITU-R RA.769	
干渉閾値換算値	-187 dBm/MHz		
伝搬条件	伝搬条件	自由空間伝搬	
	水蒸気圧	5.5 mmHg	
	水蒸気密度	4.1 g/m ³	15°C
	水蒸気分子による吸収係数	0.001 dB/km	
	大気減衰	0.0 dB	
	ナイフエッジ回折損	0.0 dB	

資料 5-3-2 : 設置環境等について

(1) 設置環境

本システムの設置に際しては、無線 LAN システム等と同一空間内に他の無線システムと共存して設置・使用される環境が想定される。その為、干渉による他の無線システムへ著しい影響が想定される。そのため、屋内の管理環境を定義した。以下に示す定義に対応できる利用環境での使用を「WPT 管理環境」とし、この様な管理を必要としない環境を「WPT 一般環境」として区分し、本システムも含めた無線システムによる使用環境を整備する事で電波の有効利用した環境として使用することとする。

「WPT 管理環境」

- 屋内、閉空間であること。
- 電波防護指針における指針値を超える範囲が上記、屋内、閉空間に含まれる。
- 屋内の管理環境に設置される空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの運用が、他の無線システム等に与える影響を回避・軽減するため、本システムの設置者、運用者、免許人等が、一元的に他の無線システムの利用、端末設置状況を管理できること。
- 屋内の管理環境に隣接する空間（隣接室内、上下階等）においても他の無線システムとの共用条件を満たすか、屋内の管理環境と同一の管理者により一元的に管理できること。【2.4GHz 帯、5.7GHz 帯】
- 2.4GHz 帯においては、屋内の1階（地上階）又は地下階とし、周囲への他の無線局等への与える影響を回避・軽減するものとする。

上記を満たさない使用環境では他の管理者が使用する無線システム等に干渉を与える可能性があり、これを考慮した対策等が必要であるため、「WPT 一般環境」と定義した。2.4GHz 帯及び5.7GHz 帯では、最大空中線電力をそれぞれ15W と32W で送信することを要求条件としていることから、「WPT 一般環境」で他の無線システムと共用するには回避技術の検証を得てからの導入が必要であるため、現段階では検討の対象としないこととした。

また、屋内、閉空間であることの定義は、窓を含めた設置環境における四方の壁等が資料 5-3-9【壁等の通過時の損失について】にて検討した干渉検討に使用する壁等の損失値以上を担保し、他の無線システム等への干渉を低減できる環境とする。

(2) 運用調整

周波数の有効利用を図るために空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムを製造、運用する者等が主体となって、既存の無線システムや空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム相互間の運用調整のための仕組み作りが行われることが望ましい。

この仕組みによって空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの使用周波数、使用場所等の情報を管理・公開し、既存無線システムとの共存可能とする環境を図るものとする。また、この仕組みにより空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムが既存無線局の運用に著しく、かつ、継続的に干渉を与える様な場合には、必要に応じて運用者へ対策を講じるための措置等を指示することで、電波の利用環境の維持に努める事が望ましい。

(3) 同一敷地内での送信装置の移設等について

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの設置環境は、窓を含めた四方の壁等が資料 5-3-9【壁等の通過時の損失について】において検討した壁等の損失値以上を担保した屋内、閉空間である。それが保証される設置環境内であれば送信装置を移設しても「WPT 設置環境」外への漏洩電力には影響がないことから、移設の際に新たに他の無線システムとの共用検討を必要ないと考えられる。また、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムは、工場、倉庫及び介護現場での利用を想定しており、利用者の利便性も考慮し移設の際に変更申請等が必要のない構内無線局とすることが適当と考えられる。ただし、構内無線局は一の構内での移設を可

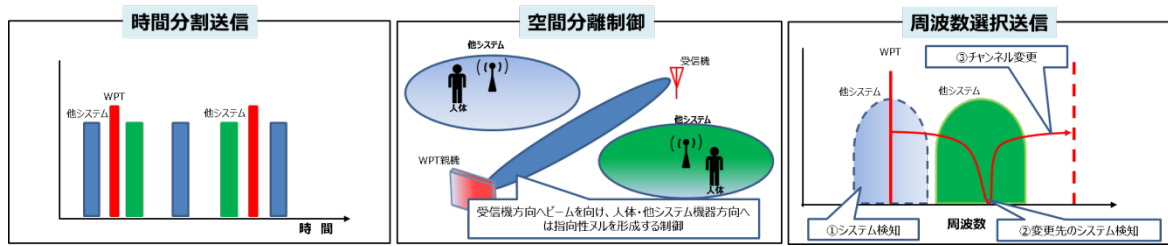
能としているが空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムでは、一の「WPT 設置環境」内での移設に限定する必要がある。

しかし、他の無線システムとの共用検討により干渉条件など設置時に検討評価する必要がある事から当初設置環境と大きく異なる状況が発生する状況での移設は望ましく無く、設置建物、設置階等の設置方法が変わるなどの「WPT 設置環境」外への漏洩電力が著しく変わる環境の変更が発生する場合には、運用調整のための仕組みを利用した変更・検討を実施する必要がある。

(4) 人体及び被干渉機器との回避・共存

本報告における空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムは、既存技術の組み合わせにより、屋内限定として検討しているが、今後も空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムが、継続的に発展・進化していくためには、人体への曝露に対する安全性と他の無線システムとの共存を行いながら給電が可能となることが必須である。

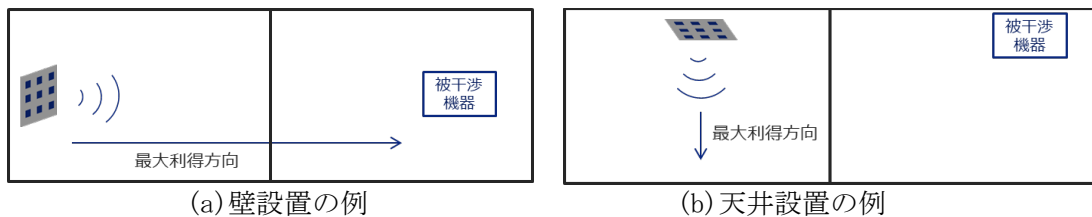
そこで、SIP (Strategic Innovation Promotion Program) 第2期において研究開発を進めている、時間・空間・周波数を統合的に制御することで、電波曝露に対する人体への安全性確保と他の無線システムとの共存を実現しつつ、最大効率での電力伝送及び伝送電力のアップを実現する図参 2.4.1 に示す概念の iTAF-WPT (intelligent Time-Area-Frequency Control WPT) 技術のような革新が必要である。



図参 2.4.1 iTAF-WPT 技術の概要

(5) 送信空中線の設置について

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの設置方法については、送信装置を壁に設置する場合と天井に設置する方法の2種類が想定される。



図参 2.5.1 送信装置の設置方法

2.4GHz 帯及び5.7GHz 帯の送信装置は、ビーム指向性を任意に形成・可変できるフェーズドアレーを使用した空中線を想定している。そのため、空中線の設置に対して自由に方向を制御可能であるが、最大利得方向となるのは一般的には空中線放射素子の正面方向となり、これが横方向(水平方向)となる場合に壁損失を含んでも他の無線システムへ大きな干渉を与える事となる。

その為、本システムでは天井設置する事を原則として、空中線の最大利得方向が大地に対して±10度以内となるように規定した。また、併せて水平方向の等価等方輻射電力(EIRP)の制限をすることで他の無線システムへの干渉を軽減できるように規定し、与干渉の軽減対策とした。

しかし、壁に設置しても空中線の最大利得方向が大地方向とすることが技術的に可能となるか、ビームフォーミングにより水平方向への最大輻射が抑えられることが担保できる空中

線が実現できれば壁設置も可能と考えられるが、今回は検討では対象外とした。

(6) 920MHz 帯における「WPT 一般環境」使用時の送信時間制限について

920MHz 帯を使用した空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムは RFID システムを準拠したシステムとしての検討を実施した。そのため、RFID システムが採用している送信時間制限に関しては、携帯電話への干渉において実施している要件となる。

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムでは、RFID システムと同等設置条件となる「WPT 一般環境」においては、携帯電話との共用となることから RFID システムと同様に送信時間制限「最大 4 秒送信 50msec 停止」を技術要件として行うこととする。ただし、無線システムを一元的に管理する「WPT 管理環境」においては、送信制御をしないものとする。

資料 5-3-3 : 対象システムにおける電波の安全性

(1) 安全性の検討

(ア) 電波防護指針

電波防護指針では、電波のエネルギー量と生体への作用との関係が定量的に明らかにされており、これに基づき、システムの運用形態に応じて、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。空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムについては、新たな利用形態での使用となるため、電波防護指針の基準値（電気通信技術審議会答申諮問第 38 号「電波利用における人体の防護指針」（平成 2 年 6 月））への適合性について検討を行った。

電波防護指針では、評価する対象が、電波利用の実情が認識されていると共に、防護対象を特定することができる状況下であり、注意喚起など必要な措置可能であり、電波利用の実情が認識され防護指針の主旨に基づいた電波利用を行うことが可能な場合は、条件 P（管理環境）を適用し、このような条件が満たされない場合は、条件 G（一般環境）を適用することとしている。各条件における指針値を、それぞれ表参 3.1.1 及び表参 3.1.2 に示す。

表参 3.1.1 条件 P（管理環境）の電磁界強度（6 分間平均値）の指針値

周波数 F	電界強度の実効値 E[V/m]	磁界強度の実効値 H[A/m]	電力束密度 S[mW/cm ²]
300MHz-1.5GHz	3.54f (MHz) 1/2 (61.4-137)	f (MHz) 1/2/106 (0.163-0.365)	f (MHz)/300 (1-5)
1.5GHz-300GHz	137	0.365	5

表参 3.1.2 条件 G（一般環境）の電磁界強度（6 分間平均値）の指針値

周波数 F	電界強度の実効値 E[V/m]	磁界強度の実効値 H[A/m]	電力束密度 S[mW/cm ²]
300MHz-1.5GHz	1.585f (MHz) 1/2 (27.5-61.4)	f (MHz) 1/2/237.8 (0.0728-0.163)	f (MHz)/1500 (0.2-1)
1.5GHz-300GHz	137	0.365	5

電波の強度の算出については、「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を定める件」（平成 11 年郵政省告示第 300 号）において、以下の式が定められている。

$$S = \frac{PG}{40\pi R^2} \cdot K$$

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おける絶対利得[真数]

R : 送信空中線と算出を行う地点との距離[m]

K : 反射係数

すべての反射を考慮しない場合 : K=1

大地面の反射を考慮する場合 : K=2.56

水面等大地面以外の反射を考慮する場合 : K=4

算出地点付近にビル、鉄塔、金属物体等の建造物が存在し強い反射を生じさせるおそれがある場合は、算出した電波の強度に 6dB を加えること。

また、式を変換することで電波防護指針値を超える送信装置からの距離の算出が可能であり、これをバンド毎に指針値を超える範囲を算出した。

実際の電波防護指針への指針値を超える範囲については、設置環境を考慮した反射係数による検討又は測定等により確定させ、表示、安全柵等の対策を実施する必要がある。

本システムの 2.4GHz 帯及び 5.7GHz 帯では、人体検出機能を備え、電波防護指針値を超える範囲に人体が立ち入ったことを検出した場合は、送信を停止する機能を有する事とし

ており、これを正しく機能する事で安全対策としている。また、電波防護指針を超える範囲には従来の対策と同様に表示や柵などを設ける事で対応も併せて実施する事が望ましい。

(イ) 植込み型医療機器等への影響

総務省では、各種電波利用機器の電波が植込み型医療機器へ及ぼす影響の調査研究を実施し、平成 28 年 11 月改訂「各種電波利用機器の電波が植込み型医療機器等へ及ぼす影響を防止するための指針」として示されている。

しかし、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムは新しい無線システムであることから調査対象機器が市場にないため、今後の調査検討が必要である。ただし、920MHz 帯システムは、920MHz 帯のパッシブ系電子タグシステムの機器と同等であることからこれに準じた取扱いについて調査した。

(2) 920MHz 帯

(ア) 電波防護指針

920MHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムにおける電磁界強度 (6 分間平均) の指針値及び電波防護指針の限界距離の計算結果を表参 3.2.1 及び表参 3.2.2 示す。

920MHz 帯における送信は連続送信 (電波の型式: NON) であり、間欠的送信 (電波の型式: PON 等) とする場合には、更に電波防護指針の限界距離は小さくなる。

表参 3.2.2 より、工場のような条件 P (管理環境) においては、送信空中線と人体との距離を最大 0.325m 離す事で、人体防護指針を満足できる。これは、送信空中線を床から 2.4 m 以上の高さに設置すれば概ね人体防護指針を満足することを示している。

また、介護施設のような条件 G (一般環境) においては、送信空中線と人体との距離を最大 0.727m 離せば、人体防護指針を満足できる。これは、送信空中線を床から 2.8m 以上の高さに設置すれば概ね人体防護指針を満足することを示している。

以上のことから、920MHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの送信空中線の高さは、2.8m 以上とすることや設置環境又は設置方法を工夫することで、概ね人体防護指針の値を満足する事が可能である。

表参 3.2.1 電磁界強度 (6 分間平均) の指針値 (920MHz 帯)

周波数 F=920MHz	電界強度の実効値 E[V/m]	磁界強度の実効値 H[A/m]	電力束密度 S[mW/cm ²]
条件 P (管理環境)	107.374	0.286	3.067
条件 G (一般環境)	48.075	0.128	0.613

表参 3.2.2 電波防護指針の限界距離 (920MHz 帯)

周波数 F=920MHz	K=1	K=2.56	K=4	K=2.56×4 =10.2
条件 P (管理環境)	0.102m	0.163m	0.203m	0.325m
条件 G (一般環境)	0.227m	0.364m	0.456m	0.727m

(イ) 植込み型医療機器等への影響

920MHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムは、920MHz 帯のパッシブ系電子タグシステムの機器と同等であることから、医療機器への影響発生を防止するため、「各種電波利用機器の電波が植込み型医療機器へ及ぼす影響を防止するための指針」(平成 19 年 4 月) に示された RFID 機器 (電子タグの読み取り機) の電波が植込み型医療機器へ及ぼす影響を防止するための指針として、「据置きタイプ RFID 機器 (高出力型 950MHz 帯パッシブ系電子タグシステムに限る。)」と同等な設置形式を想定しており、この対応策の指針に沿った適切な対応が望まれる。

(3) 2.4GHz 帯

2.4GHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムにおける電磁界強度 (6 分間平均) の指針値及び電波防護指針の限界距離の計算結果を表参 3.3.1 及び表参 3.3.2 示す。

2.4GHz 帯における送信はキャリアセンスと間欠的送信 (電波の型式: PON など) から、更に電波防護指針の限界距離は小さくなる。

表参 3.3.2 より、工場のような条件 P (管理環境) においては、送信空中線と人体との距離を最大 4.0m 離す事で、人体防護指針を満足できる。これは、送信空中線を検討モデルと同様に 4.5m 以上の高さに設置すれば、反射の強い空間においても空中線周囲 3m の範囲に対策することで概ね人体防護指針を満足することを示している。

以上のことから、2.4GHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの送信空中線の高さは、4.5m 以上とすることや設置環境又は設置方法を工夫することで、概ね人体防護指針の値を満足する事が可能である。また、2.4GHz 帯では「WPT 一般環境」での使用については今の時点では対象としない事とした。

表参 3.3.1 電磁界強度 (6 分間平均) の指針値 (2.4GHz 帯)

周波数 F=2400MHz	電界強度の実効値 E[V/m]	磁界強度の実効値 H[A/m]	電力束密度 S[mW/cm ²]
条件 P (管理環境)	137.00	0.365	5
条件 G (一般環境)	61.40	0.163	1

表参 3.3.2 電波防護指針の限界距離 (2.4GHz 帯)

周波数 F=2400MHz	K=1	K=2.56	K=4	K=2.56×4 =10.2
条件 P (管理環境)	1.30m	2.00m	2.50m	4.00m
条件 G (一般環境)	2.90m	4.40m	5.30m	7.60m

(4) 5.7GHz 帯

5.7GHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムにおける電磁界強度 (6 分間平均) の指針値及び電波防護指針の限界距離の計算結果を表参 3.4.1 及び表参 3.4.2 示す。

5.7GHz 帯における送信はキャリアセンスにより、間欠的送信 (電波の型式: PON など) となり、更に電波防護指針の限界距離は小さくなる。

表参 3.4.2 より、工場のような条件 P (管理環境) においては、送信空中線と人体との距離を最大 5.2m 離す事で、人体防護指針を満足できる。これは、送信空中線を検討モデルと同様に 4.5m 以上の高さに設置すれば、反射の強い空間においても空中線周囲 4.5m の範囲に対策することで、概ね人体防護指針を満足することを示している。

以上のことから、5.7GHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの送信空中線の高さは、4.5m 以上とすることや設置環境又は設置方法を工夫することで、概ね人体防護指針の値を満足する事が可能である。また、5.7GHz 帯では一般環境での使用については今の時点では対象としない事とした。

表参 3.4.1 電磁界強度 (6 分間平均) の指針値 (5700MHz 帯)

周波数 F=5700MHz	電界強度の実効値 E[V/m]	磁界強度の実効値 H[A/m]	電力束密度 S[mW/cm ²]
条件 P (管理環境)	137.00	0.365	5
条件 G (一般環境)	61.40	0.163	1

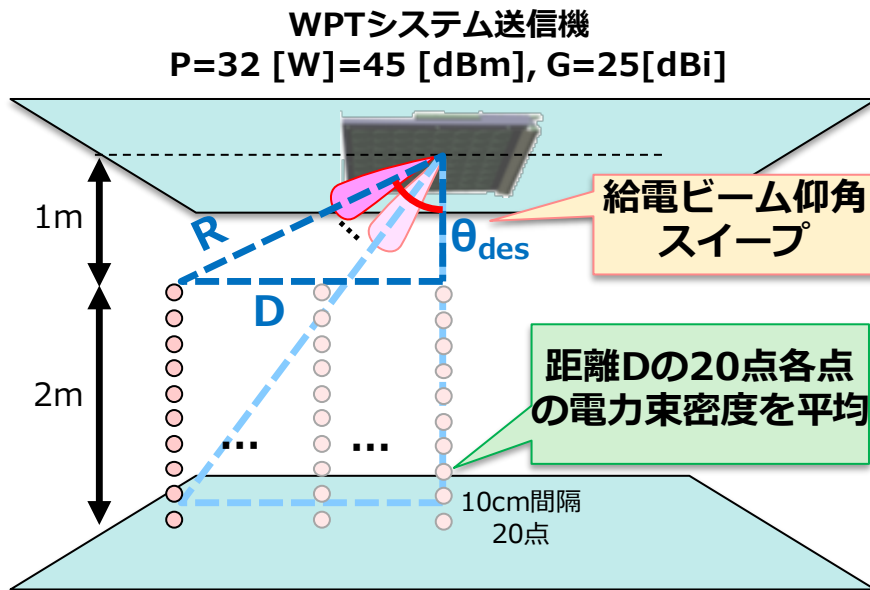
表参 3. 4. 2 電波防護指針の限界距離 (5. 7GHz 帯)

周波数 F=5700MHz	K=1	K=2. 56	K=4	K=2. 56×4 =10. 2
条件 P (管理環境)	1. 50m	2. 70m	3. 40m	5. 20m
条件 G (一般環境)	3. 80m	5. 70m	6. 80m	9. 80m

(5) 20 点法による評価測定

5. 7GHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムにおける電磁界強度 (6 分間平均) の指針値及び電波防護指針の限界距離の計算結果を表参 3. 5. 1 及び表参 3. 5. 2 示す。

【※計算結果の表について整理中】



図参 3. 5. 1 20 点法による評価・測定

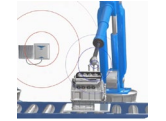
資料 5-3-4 : 920MHz 帯における共用検討について

(1) 共用検討対象システム及び検討の絞り込み

(ア) 920MHz 帯 RFID との差異

920MHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム（送信装置）の技術基準が RFID 構内無線局（パッシブ系電子タグシステムの 1W 設備）に準拠していることを踏まえ、共用検討対象を絞り込む事とした。RFID システムと本検討の 920MHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムとの技術的な差異を表参 4. 1. 1 に示す。

表 4. 1. 1 RFID システムとの使用技術差

使用環境	920MHz帯 空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム			920MHz帯パッシブRFID (1W)	
	屋内工場、物流倉庫	屋内工場	介護等施設	屋内物流管理	マラソントイム計測、移動車両による設備点検、構内に限定されない物流管理など(一部屋外の利用も可能)
1日のうちの稼働率	30~90% (工場の稼働携帯による)	30~90% (工場の稼働携帯による)	50~100% (入居者率による)	30~90% (工場の稼働携帯による)	数%~数十%程度
給電能力	数 μW~数百 μW			←(タグの受信電力は同等レベル)	←
給電対象	環境センサ (IDあり) 人が持つセンサ (IDあり)	工作ロボット等の各種センサ (IDあり)	環境センサ (IDあり)、見守り対象者がもつセンサ (IDあり)	IDタグ	←
給電距離	~5m程度			送信距離 ~5m	←
電波防護の電磁界強度指針値	管理環境 (条件P)	管理環境 (条件P)	一般環境 (条件G)	一般環境 (条件G)	←
設置者	他無線の管理可能	他無線の管理可能	他無線の管理可能	免許人が基本	←
送電環境の認知人がいる時の送電	可能 有り	可能 有り	不可能 有り	可能 ←	←
免許形式(案)	構内無線局(免許局:1W,パッシブ系)			←	←
送電電力(EIRP)	4W			←	←
送信時間制御	無し	無し	有り (4秒以内に停止し50msec後に送信)	←	←
送電変調方式	規定しない (NON, G1Dなど)			←	←
占有帯域幅	200kHz			←	←
帯域外領域におけるスプリアス放射強度の上限值	710MHz 以下 710MHz を超え900MHz 以下 900MHz を超え915MHz 以下 915MHz を超え915.7MHz 以下 915.7MHz を超え923.5MHz 以下 (無線チャネルの中心周波数からの離調が200kHz 以下を除く。) 930MHz を超え1000MHz 以下 1000MHz を超え1215MHz 以下 1.215GHz を超えるもの	-36dBm (100kHz) -58dBm (1MHz) -58dBm (100kHz) -39dBm (100kHz) -29dBm (100kHz) -58dBm (100kHz) -48dBm (1MHz) -30dBm (1MHz)	←	←	←
スプリアス領域 (fc±2.5Bn)における不要放射強度の上限值	-29dBm/100kHz			←	←
受電側からの送信信号	有り(バックスキヤッタ(ARIB-STD-T106 V1.1)・BLEなど)			あり (バックスキヤッタ(ARIB-STD-T106 V1.1))	←
受電側からのビーコン信号	なし			なし	←
キャリアセンス方式	なし			免許不要局のみ有り	←
ユースケース					

(イ) 干渉検討対象システム

920MHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムを干渉、他の 920MHz 帯の通信システムを被干渉とした、今回の検討対象とする干渉形態を表参 4. 1. 2 に示す。(空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムを被干渉としての干渉検討は行なわない。)

また、表参 4. 1. 2 に示す高度 MCA システム以外の被干渉システムは「情報通信審議会情報通信技術分科会携帯電話等高度化委員会報告書」(諮問 81 号「携帯電話等の周波数有効利用方策」のうち「900MHz 帯を使用する移動通信システムの技術的条件」及び「携帯無線通信の中継を行う無線局の技術的条件」)(平成 23 年 5 月 11 日)において、既に検討が行われており、共用可能であると結論付けられている。

表参 4. 1. 2 920MHz 帯の検討対象となる干渉形態
(920MHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム ⇒ 被干渉システム)

被干渉システム		過去の検討及び検討対象
デジタル MCA	中継局	実施済
	移動局	実施済
高度 MCA	基地局 (都市部・構外)	今回の検討対象
	移動局 (車載・携帯)	今回の検討対象
携帯電話 (LTE)	基地局	実施済
	移動局	実施済
RFID	構内無線局 (パッシブ系電子タグシステム 1W 設備)	実施済
	特定小電力無線局 (パッシブ系電子タグシステム 250mW 設備)	実施済
	テレメータ用、テレコンとロール用及びデータ伝送用無線設備 (アクティブタグ)	実施済
電波天文		再実施

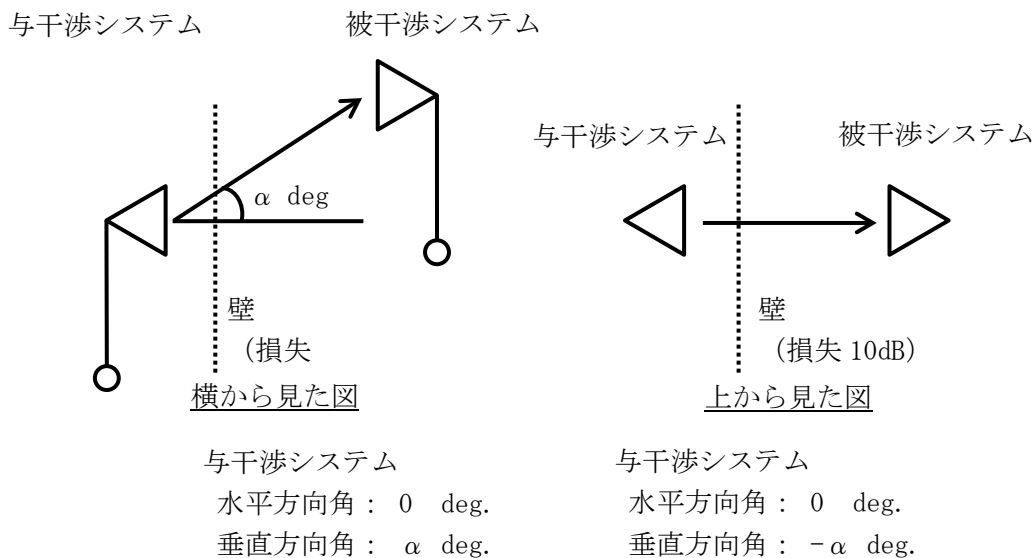
(2) 高度 MCA システム

(ア) 共用検討モデル

1 対 1 対向モデルによる検討を行ない、現実的な設置条件に近い検討モデルとして、壁損失が考慮可能な使用環境では、その値を 10dB とする。空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムは屋内利用のため、屋外の被干渉システムとの間には壁損失が含まれるが、同室内に存在する場合には壁損失は含まれないものとして検討を実施した。

また、アンテナ高低差を考慮できる基地局との検討では、本検討モデルでは自由空間伝搬損失に垂直方向の指向性減衰量を加えた損失にて、離隔距離が最小となる離隔距離での所要改善量を算出し、2 システムの共存可能性について検討を行なった。

このように現実的な検討モデルにおける被干渉局の許容干渉レベル (帯域内許容干渉レベル及び帯域外感度抑圧レベル) に対する所要改善量及び所要離隔距離を算出した上で、共用条件を算出した。

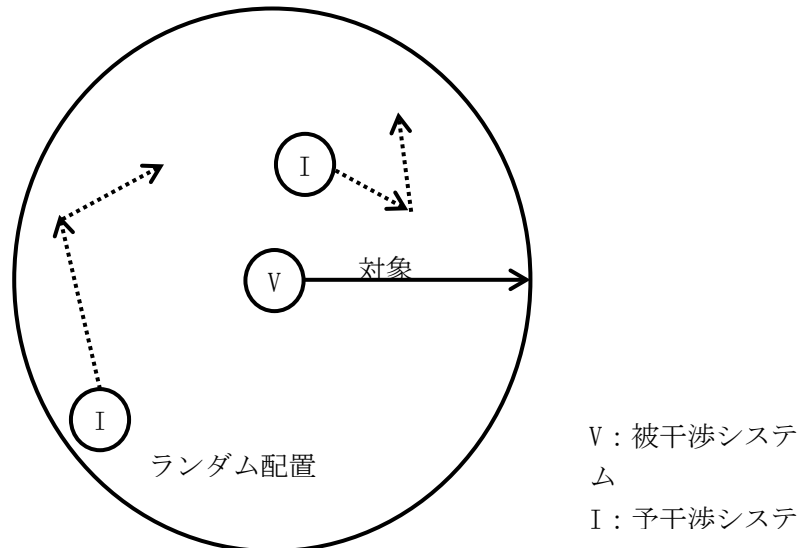


図参 4. 2. 1 1 対 1 対向の干渉検討モデル

1 対 1 対向モデルにて共用の判断ができない場合には、被干渉システムの特性を考慮し、確率的な調査を適用可能と判断された被干渉システムでは、モンテカルロシミュレーション

ンによる確率的な検討を行なった。(図参 4.2.2)

モンテカルロシミュレーションとは、移動局間の干渉又は与干渉、被干渉の何れかが移動局である干渉形態において、複数の局の相対的な位置関係により変化する被干渉受信機への総受信電力等の影響を考慮して、確率的に干渉影響を評価する手法であり、具体的には被干渉局から対象半径の範囲に、トラフィック量を考慮した複数の移動局をランダムに配置して、与干渉局からの総干渉電力を求める手法であり、SEAMCAT (Spectrum Engineering Advanced MonteCarlo Analysis Tool：モンテカルロ手法を用いた無線システム間の干渉調査を行うためのソフトウェアツール) による確率的な調査について配置パターンを変化させて複数回の計算を実施した。



図参 4.2.2 モンテカルロシミュレーションによる干渉検討イメージ

(イ)1 対 1 対向検討

1 対 1 対向干渉計算の結果を表参 4.3.1 に示す。

表参 4.3.1 空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム ⇒ 高度 MCA システムにおける 1 対 1 対向干渉検討結果一覧

被干渉システム		帯域内干渉レベル		帯域外感度抑圧レベル		壁損
		所要改善量	所要離隔距離	所要改善量	所要離隔距離	
高度 MCA 移動局	車載①	-0.1dB	10m	21.3dB	116m	あり
	携帯②	-2.1dB	8m	19.3dB	92m	あり
		7.9dB	25m	29.3dB	291m	なし
高度 MCA 基地局	都市部③	-25.2dB	10m	-13.4dB	41m	あり
	郊外④	-18.7dB	7m	-6.9dB	29m	あり

① 空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム ⇒ 高度 MCA 移動局 (車載)

高度 MCA 移動局 (車載) は、車に搭載されているため、屋内環境での使用は考えにくい。壁損がある場合のみ干渉計算を行ない、壁損がない場合は割愛している。

表参 4.3.1 に示すように帯域内干渉レベルの所要改善量はマイナス (-) となっており、十分に共用が可能である。

帯域外感度抑圧レベルにおいては、所要改善量が 21.3dB となっているが、フィーダ損失を考慮することで数 dB の損失が見込める。また、与干渉システムである空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの設置場所に応じて、実際には屋内構造物による伝搬損失、作業員の人体損失などで数十 dB 程度の損失を見込むことができ、共用可能と考える。

② 空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム ⇒ 高度 MCA 移動局（携帯）

高度 MCA 移動局（携帯）は、人が持ちながらも使用するため、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムと同一室内に共存する可能性があるため、壁損失はある場合とない場合の 2 通りにて干渉計算を行なっている。

高度 MCA 移動局（携帯）と空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムが同一室内に存在しない、壁損失が考慮可能な場合、帯域内干渉レベルにおいては所要改善量がマイナス (-) となっており、共存可能である。

壁損失がある場合の帯域外感度抑圧レベルの所要改善量は 19.3dB となり、壁損失がない場合の帯域内干渉レベルの所要改善量 7.9dB となっている。これらは、フィーダ損失を考慮することで数 dB の損失が見込める。また、与干渉システムである空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの設置場所に応じて、実際には構造物による遮蔽損失、作業員等の人体損失などで数十 dB 程度の損失を見込むことが可能であり、共用可能と考える。

しかし、壁損失がない場合の帯域外感度抑圧レベルにおける所要改善量は 29.3dB となっており、1 対 1 対向における干渉検討では、共用が判断できないため、モンテカルロシミュレーションによる確率検討を行なう。

③ 空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム ⇒ 高度 MCA 基地局（都市部）

④ 空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム ⇒ 高度 MCA 基地局（郊外）

高度 MCA 基地局は、壁損を考慮している。また、アンテナ地上高が高く、垂直指向性減衰量を考慮している。これにより、帯域内干渉レベル及び帯域外感度抑圧レベルともに、所要改善量がマイナス (-) となっており、共用可能と考える。

(ウ)モンテカルロシミュレーションによる確率検討

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムにおける 920MHz 帯の市場は、工場、倉庫・配送センター、物流現場、老人介護施設などを想定しており、表 4.3.1 に 2020 年から 2025 年までの普及予測を示す。

表参 4.3.1 920MHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの普及予想

年	2020	2021	2022	2023	2024	2025
局数	1,088	1,741	3,717	6,759	10,828	19,190
累計	1,088	2,828	6,546	13,305	24,133	43,323

今回の同時送信台数など干渉計算パラメータを設定するにあたり、条件を以下として、表参 4.3.2 に計算条件を示す。

- 従業員 10 名以上の事業所に設置されるとした。
- 想定地域は従業員 10 名以上の事業所密度が全国 1 位の東京都とした。
- 東京都の従業員 10 名以上の事業所の比率に合わせて、送信局を設定した。
- 1 台当たりの送信時間率は 0.9 とし、工場、倉庫・配送センター、物流現場、老人介護施設などでの平均的な設備の稼働率を 0.875 とした。
- 1 対 1 対向干渉計算結果より、最大所要改善量（最大離隔距離）が高度 MCA 移動局（携帯）のときに、帯域外感度抑圧において 29.3dB (291m) となることから、送信局の設置密度から半径 300m の干渉円内に配置される空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの送信局数を算出した。
- 伝搬モデルは拡張秦式 SRD (Short Range Device) とした。

干渉エリア内における同時送信台数の計算結果は、表 4.3.2 に示す 0.88 台となった。

表参 4.3.2 920MHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムにおけるモンテカルロ干渉計算の設定パラメータ

項目	数値	単位	備考
A WPT 送信局の設置台数 (2025 年)	43,323	台	表参 4.3.1 より
B 東京都の事業所密度 (2016 年)	85.77	所/km ²	東京都は従業員数 10 名以上の事業所密度が全国 1 位
C 日本の事業所数 (2016 年)	944,116	所	従業員数 10 名以上の事業所
D 東京都の事業所分布から計算した WPT 送信局の設置密度	3.94	台/km ²	A × B ÷ C
E 1 台当たりの送信時間率	0.79		送信時間率 0.9 × 稼働率 0.875
F 平均送信台数	3.10	台/km ²	D × E
G 干渉円内の WPT 局数	0.88	台	F × 0.3 ² × π m 干渉圏は半径 300m
H 干渉円内の WPT 局数(整数値)	1	台	SEAMCAT における設定値

(エ)モンテカルロシミュレーションによる確率結果

周波数は、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムを 919.2MHz、高度 MCA 移動局を 942.5MHz とし、表参 4.3.1 の所要改善量がプラス(+)となったものにおいて、表参 4.3.2、表参 1.1.4 及び表参 1.1.6 を計算パラメータとし、SEAMCAT (バージョン 5.3.0) による干渉確率計算を実施した。このとき、干渉確率 3%における改善量が 0dB としたときの値を所要改善量として算出する。

以下の 2 つの干渉パターンにおいて、計算結果及び共用条件を表参 4.3.4 に示す。表参 4.3.4 に示すように所要改善量を満足する結果となり、共用可能と考なる。

ただし、高度 MCA 移動局 (携帯) への干渉については、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムと同一室内において利用する事も想定され、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの送信機と高度 MCA 移動局 (端末) の近接による干渉も考慮して、920MHz 帯を使用した空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムでは、本システムの設置者、運用者、免許人等が、一元的に他の無線システムの利用、端末設置状況を管理することとしており、取扱説明書等にて高度 MCA システムとの近接時又は双方のアンテナが対向する様な場合での干渉に関して、注意喚起を促すことが必要である。

表参 4.3.4 に SEAMCAT による干渉確率計算結果 (所要改善量)

	壁損	高度 MCA 移動局 (車載)	高度 MCA 移動局 (携帯)
対域内干渉	あり	(-0.1 dB)	(-2.1 dB)
	なし	--- ※2	-16.5 dB
帯域外感度抑圧	あり	-13.3 dB	-15.3 dB
	なし	--- ※2	-5.3 dB ※3

※1: 括弧 () 内の数値は表参 4.3.1 参照。1 対 1 対向時の干渉計算結果。

※2: 高度 MCA 移動局 (車載) を室内での利用は想定していない。

※3: 干渉に関して、注意喚起することを明示する事とする。

(3) 電波天文

(ア) 共用モデル

電波天文台との共用検討を図参 4.3.1 に示す検討モデルとし、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムから野辺山・宇宙 3m 鏡 (観測周波数 1413.5MHz) を検討対象とした。また、電波天文台に対する影響を及ぼさない離隔距離は、観測周波数 1413.5MHz における空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの不要発射強度実測値 (-60.5dBm/MHz) が、電波天文台の許容干渉レベル (-197.4dBm/MHz) に対して下回るための必要な距離とした。また、壁損失としては、10dB とし実施した。

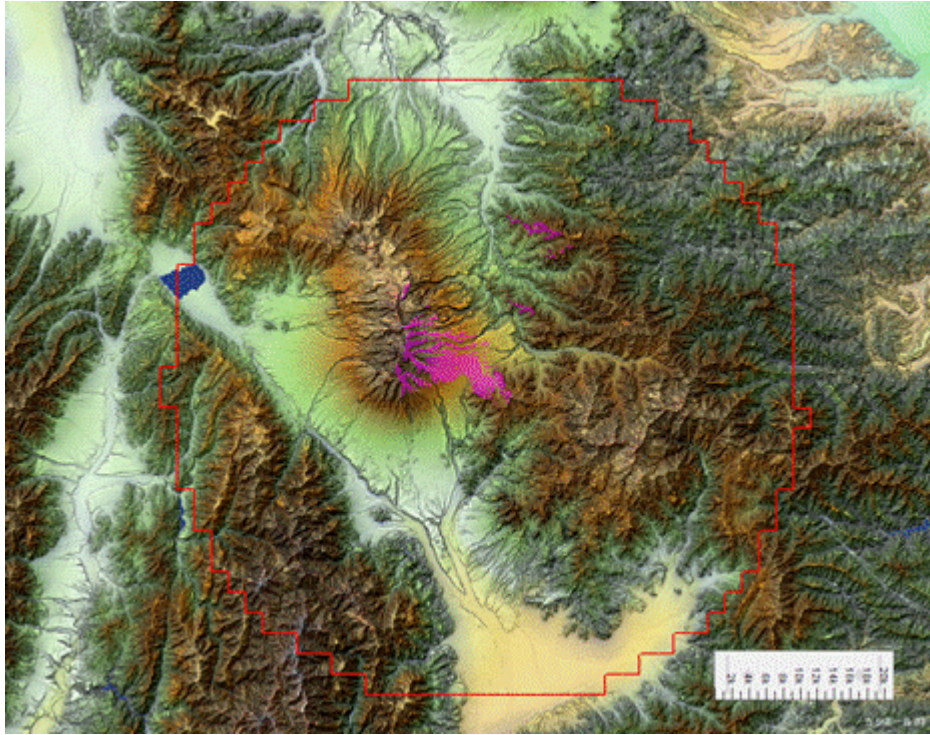
図参 4.3.1 電波天文台の共用検討モデル【作成中】

(イ) 共用検討結果

共用検討結果を表参 4.3.2 に示す。920MHz 帯システムの不要発射強度が、電波天文台の干渉閾値換算値を下回るための所要減衰量は 126.9dB となり、離隔距離は 37.5km である。そのため、検討モデルで採用した空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの設置条件（壁減衰 10dB）を確保した条件にて、観測所の設置位置から 37.5km の天文台から見通しとなる範囲では、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムを設置しない制限区域とする事で電波天文台との共用は可能となる。

表参 4.3.1 電波天文台との共用検討結果

	項目	単位	野辺山・宇宙	備考
送信パラメータ	(1) 送信空中線電力	dBm	-60.5	実測値
	(2) 占有周波数帯域幅	MHz	1.0	
	(3) 送信アンテナ利得	dBi	0.0	
	(4) 指向性減衰量	dB	-10.0	壁損のみ
	(5) 帯域内輻射電力	dBm	-70.5	(1)+(3)+(4)
	(6) 帯域内輻射電力密度	dBm/MHz	-70.5	(5)-10Log[(2)]
受信パラメータ	(7) 受信空中線利得	dBi	0.0	
	(8) 指向性減衰量	dB	0.0	
	(9) 電力スペクトルフラックス密度	dB(W/(m ² ・Hz))	-228.0	ITU-R RA.769
	(10) 干渉閾値換算値	dBm/MHz	-197.4	
所要減衰量	(11) 所要減衰量	dB	126.9	(6)-(10)
伝搬損失	(12) 自由空間損失	dB	126.9	37.5km
	(13) 水蒸気圧	mmHg	7.5	
	(14) 水蒸気密度	g/m ³	5.6	15°C
	(15) 水蒸気分子による吸収係数	dB/km	0.000	
	(16) 大気減衰	dB	0.0	
	(17) ナイフェッジ回折損失	dB	0.0	
	(18) 伝搬損失の合計	dB	126.9	(12)+(16)
	所要離隔距離		m	37,1535
残差		dB	0	(11)-(18)



図参 4. 3. 1 野辺山天文台における空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの制限区域

資料 5-3-5 : 2.4GHz 帯における共用検討について

(1) 2.4GHz 帯無線 LAN

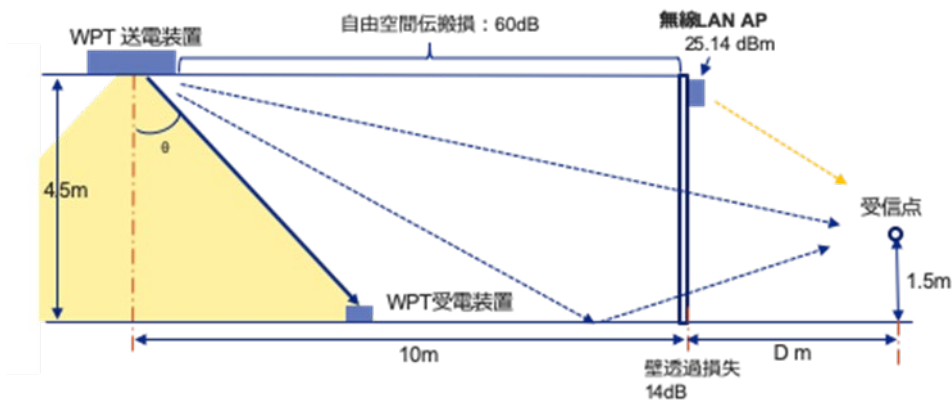
(ア) 共用検討モデル

共用検討モデルとして、図参 5.1.1 の設置物が存在しないモデル及び図参 5.1.2 の設置物が存在するモデルの干渉検討を実施した。また、図参 5.1.3 の共用検討モデルにて、表参 5.1.1 に示すパラメータにて空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム送電装置からの干渉によるスループット劣化が無線 LAN 同士の干渉によるスループット劣化が同等以下となるキャリアセンスのパラメータを評価した。

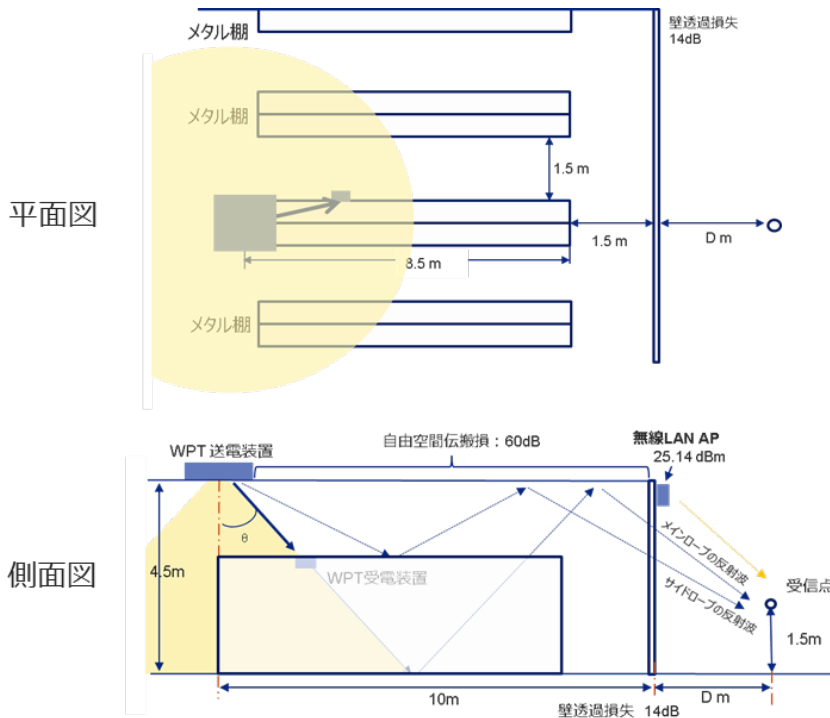
干渉検討モデルの設置物は、倉庫などのユースケースから金属製の棚と想定し、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム設置環境外への信号強度が無線 LAN AP と同等レベルとなる条件にて共用条件を評価した。また、検討ではレイトレーシング法により反射 4 回、透過 1 回として計算し、床や天井は、壁と同じコンクリート素材とした。

また、スループット検討モデルでは、無線 LAN 親機の半径 5m 内に無線 LAN 子機を 10 台配置し、壁による減衰や反射の影響がない環境として実施した。

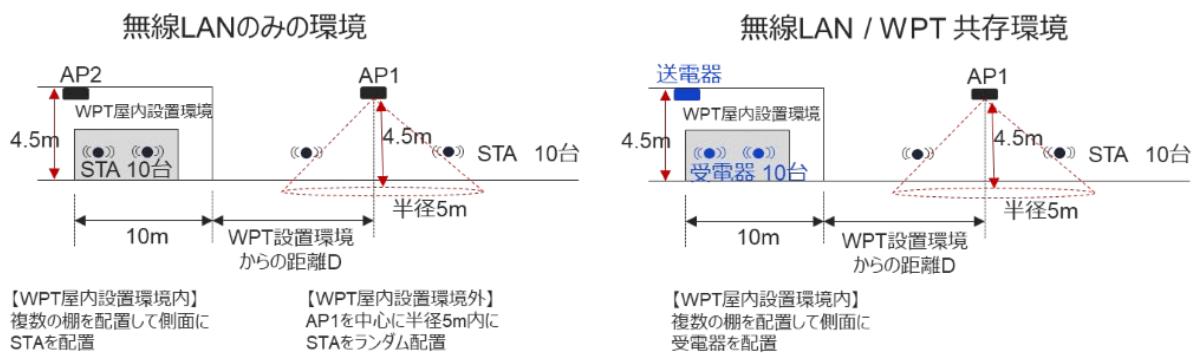
同一設置環境内に設置された場合については、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの送信装置がキャリアセンスによって無線 LAN 機器を認識することが可能な離隔距離について評価した。



図参 5.1.1 設置環境内における共用検討モデル（設置物なし）



図参 5. 1. 2 設置環境内における共用検討モデル（設置物あり）



図参 5. 1. 3 無線 LAN のスループット評価モデル

表参 5. 1. 1 キャリアセンスパラメータ（無線 LAN）

	無線 LAN のみの環境	無線 LAN/空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム共存環境
壁から AP1 までの距離	5m～15m (AP2 と壁の間の 10m を除く。)	
無線 LAN 子機数	10 台	
チャンネル帯域幅	20MHz	
送信電力	23 dBm (AP)	
	18 dBm (STA)	
利得	5 dBi (AP)	
	0 dBi (STA)	
変調方式 符号化レート	BPSK 1/2～64QAM 3/4	
チャンネル	CH 1	同一チャンネル評価：CH1
		隣接チャンネル評価：CH6
		次隣接チャンネル評価：CH11
CCA 閾値	-62 dBm	

許容干渉電力	-92 dBm (同一 ch)、 -66 dBm (隣接 ch)、 -50 dBm (次隣接 ch)	
トラフィック	種類	FTP、Inter-arrival between 2 files as 1sec (size 0.3MB)
	方向	DL : UL= 86% : 14%
	シミュレーション時間	15sec

表参 5. 1. 2 キャリアセンスパラメータ (空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム)

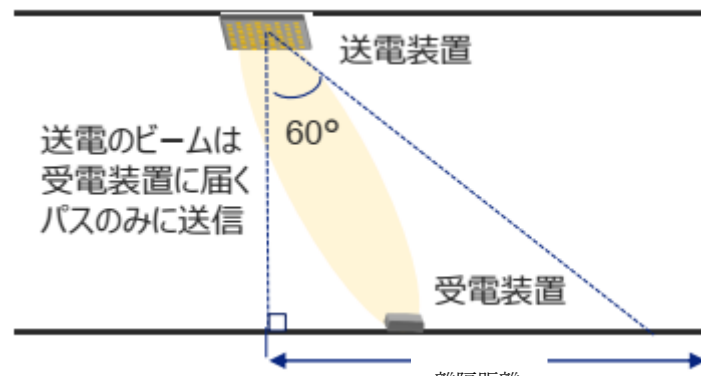
	パラメータ値
送電装置から壁までの距離	10m
受電装置数	10 台/送電装置
チャンネル	CH 1 (2, 412MHz)
送信電力	41.8 dBm
利得	24 dBi
CCA 閾値	-72 dBm (同一 ch)、 -62 dBm (隣接 ch)、 -62 dBm (次隣接 ch)
給電バースト時間 (ΔT_{wpt})	20msec、10msec、5msec
アイドル時間 (ΔT_{idle})	20msec、10msec、5msec、2.5msec、 2msec、1msec、0.5msec、0.1msec

(イ) 共用検討結果

【共用検討結果について確認中】

(ウ) 共用検討モデル (破壊防止)

屋内に設置した空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム(送信装置)と近接した環境に存在する無線 LAN システムに対して、過入力による破壊・不可逆的な影響を及ぼさないかについて図参 5. 1. 2 に示す共用検討モデルにより干渉計算を実施した。

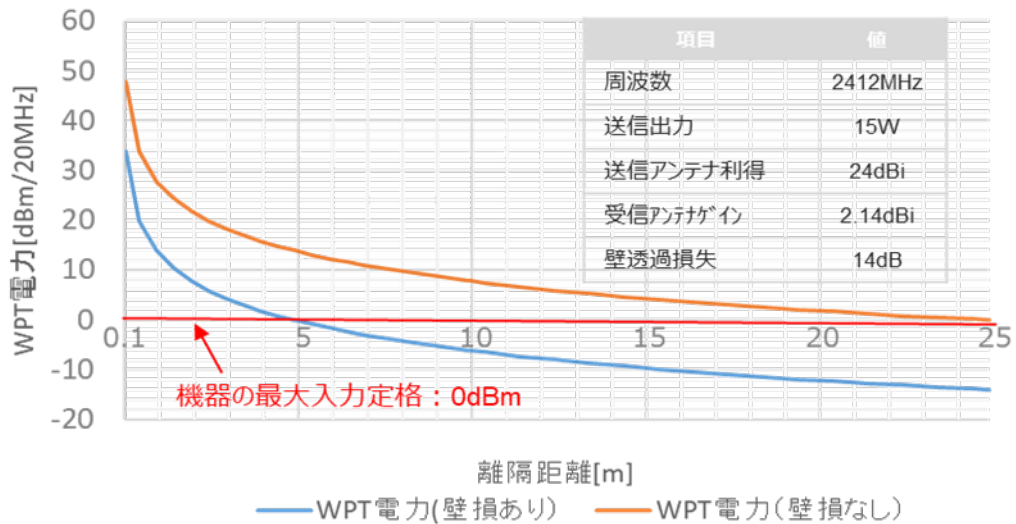


図参 5. 1. 4 無線 LAN システムとの共用検討モデル (破壊防止)

(エ) 共用検討結果 (破壊防止)

屋内に設置した空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムからの無線 LAN システムへの過入力を 0dBm とすると同一屋内空間においては 25m 必要となる。しかし、壁等の損失を見込むことが可能な設置環境外では離隔距離 5m と設置環境外にて 0dBm を下回る結果となり共用可能となる。

同一設置環境においては、25m 以下となり、送信装置からの給電範囲では過入力となる。しかし、送信装置は受電装置からのビーコンと同一伝搬経路に送信されるため、送信装置と受電装置間に無線 LAN システムを設置してもビーコン信号は遮蔽され、無線 LAN システムに対して送信されることは無いため、同一運用者に注意喚起を行うことで共用可能となる。



図参 5.1.5 離隔距離による到達電力

(2) 構内無線局等

(ア) 共用検討モデル

構内無線局等及び空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムは屋内での利用が想定される。同一屋内空間においては、同一運用者による一元的な管理を実施することを前提としていることから、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムがキャリアセンスを利用して構内無線局等を認識することができる離隔距離内で運用することによって、構内無線局等とも共用可能と考えられる。そのため、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムがキャリアセンスを使用して構内無線局等を認識することができる必要離隔距離を検討した。

構内無線局等については、構内無線局及び特定小電力無線局を想定し、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムがキャリアセンス可能となるための厳しい条件として、どちらも応答機のパラメータを使用して計算を実施した。

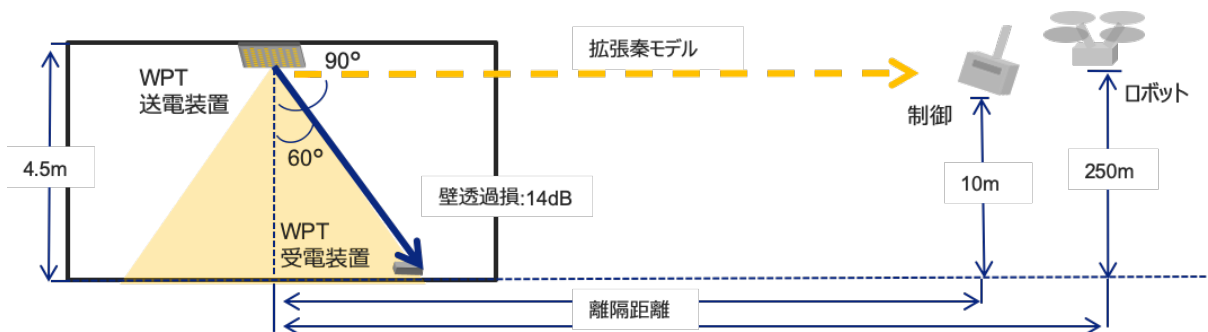
(イ) 共用検討結果

【共用検討結果について確認中】

(3) ロボット無線システム

(ア) 共用検討モデル

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムは屋内、ロボット無線システムについては屋外での運用が想定されているため、図参 5.3.1 検討モデルにより干渉計算を実施した。ユースケースを想定し、送信装置は天井設置とし、送信装置から受電装置への放射角度は、水平方向のサイドローブが大きくなる最大角度 60 度とした。電波伝搬モデルについては、拡張秦の郊外型を用い、建物の外への等価損失 14dB を見込んだ。



図参 5.3.1 ロボット無線システムとの共用検討モデル

(イ) 共用検討結果

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムを天井に設置し、輻射範囲を 60 度以内とすることで、概ね屋外にある無線 LAN AP からの信号強度と同等に抑制される。また、同一チャンネルを使用した状況で受電装置の延長上にロボット無線システムがあった場合には所要離隔距離は 3.6km となるが、水平方向のずれ又は都市部においてはクラッタ損失を考慮すると所要離隔距離は短くすることが可能（±30 度：1.5km、±40 度：500m）である。

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムは屋内利用であり、ロボット無線システムは屋外の主に市街地以外の地域の利用が想定されていることから、必要に応じ空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムとロボット無線システムとの運用調整を行うことで、すみ分けによる共用が可能となる。

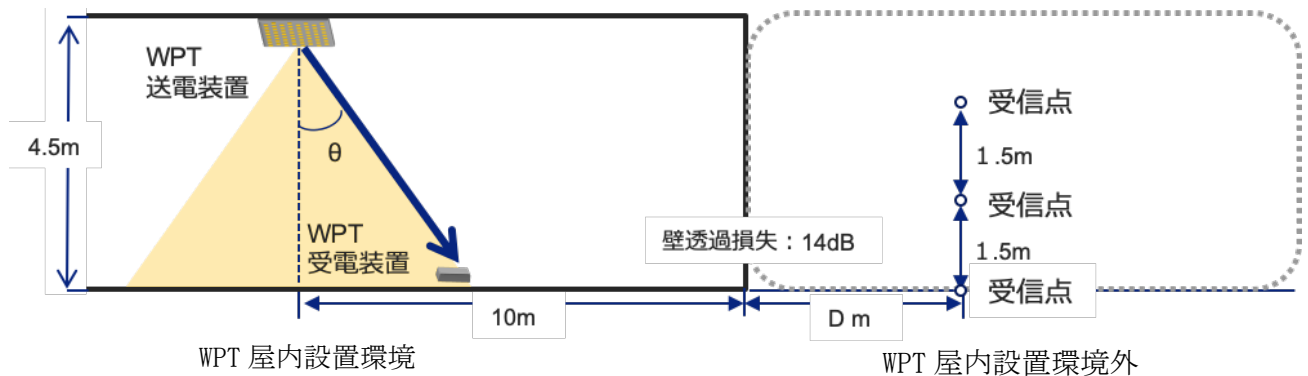
表参 5.3.1 ロボット無線システムへの与干渉検討結果

項目	同一チャンネル	隣接チャンネル	次隣接チャンネル
WPT 周波数	2,484 MHz	2,462MHz	2,437MHz
WPT 放射角度	60°		
WPT ピーク出力	41.8 dBm		
WPT アンテナ利得	-5 dBi		
壁損失	14 dB		
ロボットアンテナ高	上段：250m（ロボット） 下段：10m（制御）		
許容干渉電力	-98dBm	-72dBm	-56dBm
所要結合損失	120.8 dB	94.8 dB	78.8 dB
離隔距離 (拡張秦郊外型)	3.6 km 0.67 km	460 m 120 m	85m
離隔距離 (自由空間損失)	10.5 km	530 m	85m

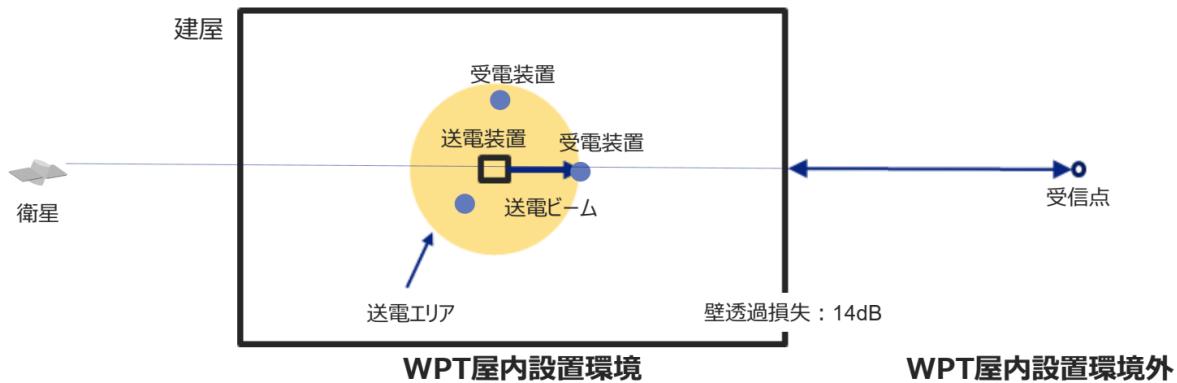
(4) 移動体衛星通信システム (N-STAR)

(ア) 共用検討モデル

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムと、移動体衛星通信システム (N-STAR) については、図参 5.4.1 及び図参 5.4.2 による検討モデルにより干渉計算を実施した。また、計算に当たっての位置関係は、移動衛星通信端末と衛星とを結ぶ直線に送信装置が存在し、さらに同じ直線上の受電装置が存在する環境として実施した。



図参 5.4.1 移動体衛星通信システム (N-STAR) との共用検討モデル



図参 5. 4. 2 移動体衛星通信システム (N-STAR) との位置 (俯瞰) モデル

(イ) 共用検討結果

移動衛星端末から通信衛星方位上 (方位角差 0°) に空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム (送信装置) が設置された場合を想定し、帯域内干渉、帯域外干渉について検討した。空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの設置建屋の北向きについて、離隔距離を確保することで共用可能となる。ただし、建物の遮蔽等で移動衛星通信端末の利用ができない範囲を除くものとする。

また、移動衛星通信端末に対して干渉影響が想定される場合には運用調整を利用した協議にてサービスへの影響を押さえる事とし、運用調整の具体的な取組みについては運用調整の仕組み作りの中で共用を図るものとする。

① 帯域内干渉

日本 6 地点での離隔距離の計算結果を表参 5. 4. 1～表参 5. 4. 3 に示す。地上高 0m の屋外に衛星移動端末が設置された環境において壁からの距離で最大 22m の離隔距離となる。

表参 5. 4. 1 帯域内干渉の共用検討結果 (地上高 0m)

パラメータ		稚内	仙台	東京	大阪	福岡	那覇
通信衛星仰角 (°)		37.1	45.1	48.2	49.6	50.7	58.5
WPT 装置	周波数 (MHz)	2,490					
	最大電力 (dBm)	-34.2					
	受信点への角度 (°)	74	73	72	72	72	71
	アンテナ利得 (dBi)	-5.0	-4.7	-4.5	-4.5	-4.5	-4.2
	メインローブの角度 (θ)	N/A (帯域外のためメインローブの角度に依存しない)					
伝搬路	壁透過損失 (dB)	14.0					
	受信点の壁からの距離 (m)	6.0	4.5	4.0	3.8	3.7	2.8
	自由空間伝搬損 (dB)	64.8	64.0	63.8	63.7	63.6	63.0
移動衛星通信端末 (受信)	周波数 (MHz)	2,500					
	アンテナ利得 (dBi)	12.6					
	WPT 送電装置方向の角度 (°)	21	28	30	32	32	39
	指向性減衰量 (垂直方向) (dB)	7.7	10.7	11.8	12.0	12.2	13.3
	許容干渉電力 (dBm)	-124.9					
所要量	所要改善量 (dB)	11.9	9.8	9.2	9.2	9.1	8.7
	所要離隔距離 (m)	22	18	17	17	17	14

表参 5. 4. 2 帯域内干渉の共用検討結果 (地上高 1.5m)

パラメータ		稚内	仙台	東京	大阪	福岡	那覇
通信衛星仰角 (°)		37.1	45.1	48.2	49.6	50.7	58.5
WPT 装置	周波数 (MHz)	2,490					
	最大電力 (dBm)	-34.2					
	受信点への角度 (°)	78	77	77	77	76	76

	アンテナ利得 (dBi)	-6.1	-5.8	-5.8	-5.8	-5.5	-5.5
	メインローブの角度 (θ)	N/A (帯域外のためメインローブの角度に依存しない)					
伝搬路	壁透過損失 (dB)	14.0					
	受信点の壁からの距離 (m)	4.0	3.0	2.7	2.6	2.5	1.8
	自由空間伝搬損 (dB)	63.5	62.9	62.7	62.6	62.6	62.1
移動衛星通信端末 (受信)	周波数 (MHz)	2,500					
	アンテナ利得 (dBi)	12.6					
	WPT 送電装置方向の角度 ($^{\circ}$)	25	32	35	36	37	44
	指向性減衰量(垂直方向) (dB)	9.4	12.1	12.6	12.8	13.0	14.2
	許容干渉電力 (dBm)	-124.9					
所要量	所要改善量 (dB)	10.3	8.5	8.2	8.1	8.3	7.5
	所要離隔距離 (m)	17	15	13	13	13	11

表参 5.4.3 帯域内干渉の共用検討結果 (地上高 3.0m)

パラメータ		稚内	仙台	東京	大阪	福岡	那覇
通信衛星仰角 ($^{\circ}$)		37.1	45.1	48.2	49.6	50.7	58.5
WPT 装置	周波数 (MHz)	2,490					
	最大電力 (dBm)	-34.2					
	受信点への角度 ($^{\circ}$)	83	83	82	82	82	82
	アンテナ利得 (dBi)	-8.1	-8.1	-7.6	-7.6	-7.6	-7.6
	メインローブの角度 (θ)	N/A (帯域外のためメインローブの角度に依存しない)					
伝搬路	壁透過損失 (dB)	14.0					
	受信点の壁からの距離 (m)	2.0	1.5	1.3	1.3	1.2	0.9
	自由空間伝搬損 (dB)	62.0	61.1	61.5	61.5	61.5	61.3
移動衛星通信端末 (受信)	周波数 (MHz)	2,500					
	アンテナ利得 (dBi)	12.6					
	WPT 送電装置方向の角度 ($^{\circ}$)	30	38	41	42	43	51
	指向性減衰量(垂直方向) (dB)	11.7	13.1	13.6	13.8	14.0	15.3
	許容干渉電力 (dBm)	-124.9					
所要量	所要改善量 (dB)	7.4	6.5	6.5	6.4	6.2	5.2
	所要離隔距離 (m)	12	10	9	9	9	6

② 帯域外干渉

日本 6 地点での離隔距離の計算結果を表参 5.4.4~表参 5.4.6 に示す。地上高 0m の屋外に衛星移動端末が設置された環境において壁からの距離で最大 30m の離隔距離となる。

表参 5.4.4 帯域外干渉の共用検討結果 (地上高 0m)

パラメータ		稚内	仙台	東京	大阪	福岡	那覇
通信衛星仰角 ($^{\circ}$)		37.1	45.1	48.2	49.6	50.7	58.5
WPT 装置	周波数 (MHz)	2,490					
	最大電力 (dBm)	41.8					
	受信点への角度 ($^{\circ}$)	74	73	72	72	72	71
	アンテナ利得 (dBi)	11.5	12.1	12.7	12.7	12.7	13.5
	メインローブの角度 (θ)	60					
伝搬路	壁透過損失 (dB)	14.0					
	受信点の壁からの距離 (m)	6.0	4.5	4.0	3.8	3.7	2.8
	自由空間伝搬損 (dB)	64.8	64.0	63.8	63.7	63.6	63.0
移動衛星通信端末 (受信)	周波数 (MHz)	2,500					
	アンテナ利得 (dBi)	12.6					
	WPT 送電装置方向の角度 ($^{\circ}$)	21	28	30	32	32	39
	指向性減衰量(垂直方向) (dB)	7.7	10.7	11.8	12.0	12.2	13.3
	許容干渉電力 (dBm)	-41.0					
所要量	所要改善量 (dB)	20.5	18.8	18.5	18.4	18.4	18.6
	所要離隔距離 (m)	30	29	27	26	25	24

表参 5.4.5 帯域外干渉の共用検討結果 (地上高 1.5m)

パラメータ		稚内	仙台	東京	大阪	福岡	那覇
通信衛星仰角 (°)		37.1	45.1	48.2	49.6	50.7	58.5
WPT 装置	周波数 (MHz)	2,490					
	最大電力 (dBm)	41.8					
	受信点への角度 (°)	78	77	77	77	76	76
	アンテナ利得 (dBi)	8.3	9.0	9.0	9.0	10.0	10.0
	メインローブの角度 (θ)	60					
伝搬路	壁透過損失 (dB)	14.0					
	受信点の壁からの距離 (m)	4.0	3.0	2.7	2.6	2.5	1.8
	自由空間伝搬損 (dB)	63.5	62.9	62.7	62.6	62.5	62.1
移動衛星通信端末 (受信)	周波数 (MHz)	2,500					
	アンテナ利得 (dBi)	12.6					
	WPT 送電装置方向の角度 (°)	25	32	35	36	37	44
	指向性減衰量 (垂直方向) (dB)	9.3	12.1	12.6	12.8	13.0	14.2
	許容干渉電力 (dBm)	-41.0					
所要量	所要改善量 (dB)	16.8	15.4	15.1	15.0	15.9	15.1
	所要離隔距離 (m)	25	22	22	21	20	17

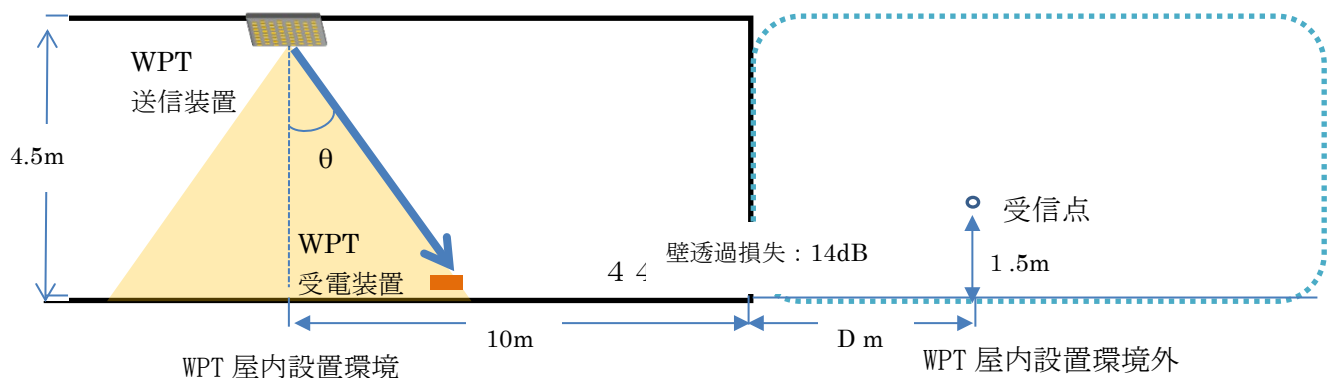
表参 5.4.6 帯域外干渉の共用検討結果 (地上高 3.0m)

パラメータ		稚内	仙台	東京	大阪	福岡	那覇
通信衛星仰角 (°)		37.1	45.1	48.2	49.6	50.7	58.5
WPT 装置	周波数 (MHz)	2,490					
	最大電力 (dBm)	41.8					
	受信点への角度 (°)	83	83	82	82	82	82
	アンテナ利得 (dBi)	3.9	3.9	4.7	4.7	4.7	4.7
	メインローブの角度 (θ)	60					
伝搬路	壁透過損失 (dB)	14.0					
	受信点の壁からの距離 (m)	2.0	1.5	1.3	1.3	1.2	0.9
	自由空間伝搬損 (dB)	62.0	61.7	61.5	61.5	61.5	61.2
移動衛星通信端末 (受信)	周波数 (MHz)	2,500					
	アンテナ利得 (dBi)	12.6					
	WPT 送電装置方向の角度 (°)	30	38	41	42	43	51
	指向性減衰量 (垂直方向) (dB)	11.7	13.1	13.6	13.8	14.0	15.3
	許容干渉電力 (dBm)	-41.0					
所要量	所要改善量 (dB)	11.6	10.6	11.0	10.8	10.6	9.6
	所要離隔距離 (m)	16	15	14	13	13	10

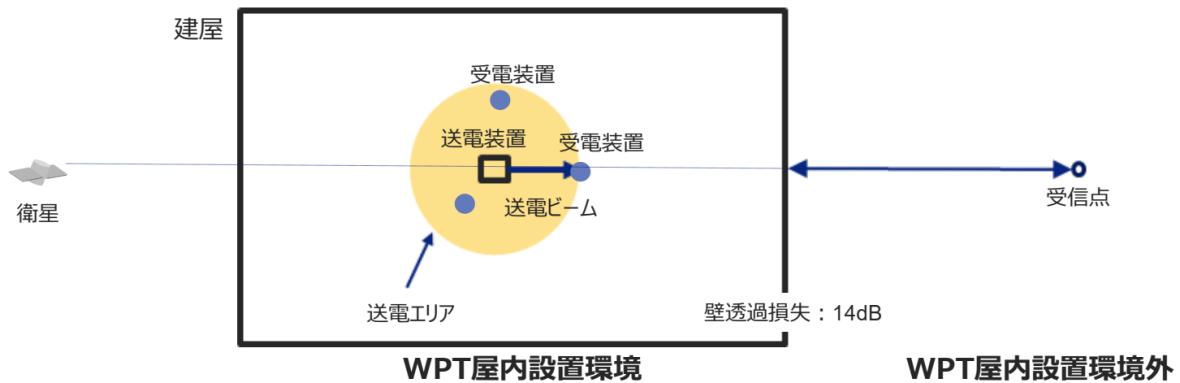
(5) 移動体衛星通信システム (グローバルスター)

(ア) 共用検討モデル

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムは屋内、移動体衛星通信システム (グローバルスター) については屋外での使用が想定されているため、図参 5.5.1 及び図参 5.5.2 の検討モデルにより干渉計算を実施した。また、計算に当たっての位置関係は、移動衛星通信端末と衛星とを結ぶ直線上に送信装置が存在し、さらに同じ直線上の受電装置が存在する環境として実施した。



図参 5.5.1 移動体衛星通信システム（グローバルスター）との共用検討モデル



図参 5.5.2 移動体衛星通信システム（グローバルスター）との位置（俯瞰）モデル

(イ) 共用検討結果

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムからの離隔距離が 1km 弱となり、同一チャンネルでの利用できない可能性があるが、主に携帯電話の不感地域での利用をユースケースとしたシステムであることから空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムとはすみ分けが可能と考えられ影響は限定的となり共用は可能となる。また、干渉の発生が懸念される場合には運用調整の仕組みを利用する事でサービスへの影響を押さえる事が可能である。

① 同一チャンネル干渉

同一チャンネルでの影響について拡張秦モデル（郊外型）を利用して計算結果を表参 5.5.1 に示す。

表参 5.5.1 移動体衛星通信システム（グローバルスター）への同一チャンネル与干渉検討結果

項目	パラメータ値	
移動衛星通信端末アンテナ高	1.5m	
WPT 送信装置	周波数	2484 MHz
	最大電力	41.8 dBm
	アンテナ高	4.5m
	アンテナ利得	-5dBi
	メインビームの角 (θ)	60°
伝搬路	壁透過損失	14 dB
移動衛星通信端末 (受信)	周波数	2484.390 MHz
	アンテナ利得	0.51dBi
	許容干渉電力	-119.4 dBm/MHz
所要量	所要結合損失	142.7dB
	離隔距離 (壁からの距離)	0.96km

② 不要輻射による干渉

隣接チャンネル(22MHz 離調)での不要輻射による干渉を自由空間伝搬損により計算した結果を表 5.5.2 に示す。

表参 5.5.2 移動体衛星通信システム（グローバルスター）への

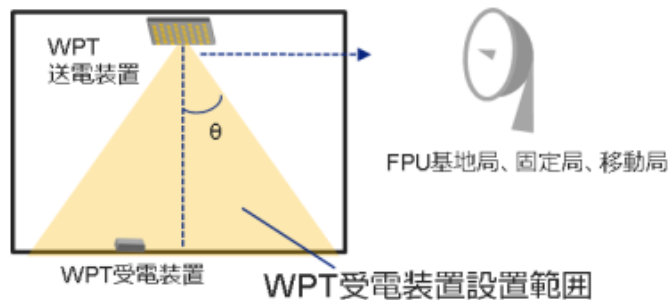
不要輻射与干渉検討結果

項目		パラメータ値
移動衛星通信端末アンテナ高		1.5m
WPT 送信装置	周波数	2462MHz
	最大電力	-34.2 dBm/MHz
	アンテナ高	4.5m
	アンテナ利得	-5 dBi
伝搬路	壁透過損失	14 dB
移動衛星通信端末 (受信)	周波数	2484.390 MHz
	アンテナ利得	0.51dBi
	許容干渉電力	-119.4 dBm/MHz
所要量	所要結合損失	64.9 dB
	離隔距離(壁からの距離)	7m

(6) 放送事業用無線局 (FPU) との共用検討

(ア) 共用検討モデル

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムは屋内に設置されることから、正対設置の場合と図参 5.6.1 検討モデルによる干渉計算を実施した。また、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムは天井設置とし、送信装置から受電装置への放射角度は、水平方向のサイドローブが大きくなる最大角度 60 度 (θ) とした。電波伝搬モデルについては、離隔距離が比較的小さくなる可能性から自由空間伝搬損を用い、建物の外への壁損失 14dB とした。



図参 5.6.1 放送事業用無線局との共用検討モデル

(イ) 共用検討結果

共用検討モデルに基づいた検討を表参 5.6.1 及び表参 5.6.2 に示す。放送事業用無線局の周波数帯域は 2.4GHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムとは 30MHz 以上の離調があるため帯域内干渉として検討した。

また、2.3GHz 帯 FPU の受信点高 10m 及び 2.4GHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの設置高 4.5m としたユースケースを想定した。【※共用可否については被干渉システムとの協議・確認中】

表参 5.6.1 放送事業用無線局 (FPU) との共用検討結果 (H31 年度答申システム)

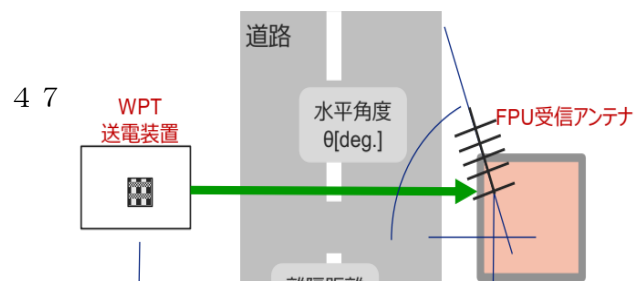
		固定中継上り	移動中継上り	固定中継下り	移動中継下り
正対時 FPU との離隔距離計算	周波数 [GHz]	2.37	2.37	2.37	2.37
	①標準受信電力 [dBm/BW]	-57	-57	-57	-57
	②所要 D/U 比 [dB]	17.4	32.6	13	21.6
	③FPU 許容干渉電力 [dBm/BW] (=①-②)	-74.4	-89.6	-70	-78.6
	④FPU アンテナ利得 [dBi]	21.1	18.1	12	5.2
	⑤FPU 許容干渉電力 [dBm/BW] (=③-④) (FPU アンテナ利得考慮)	-95.5	-107.7	-82	-83.8
⑥WPT: 干渉電力 [dBm/MHz]		-34.2	-34.2	-34.2	-34.2

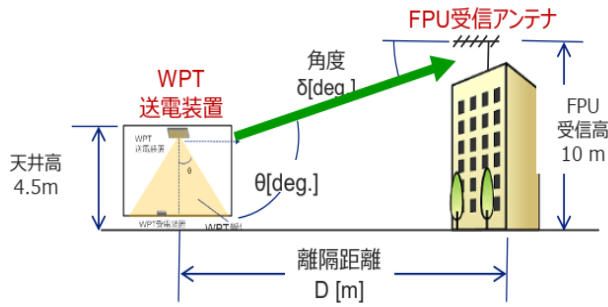
	⑦WPT:干渉電力[dBm/BW] (FPU帯域換算)	-21.8	-21.8	-21.8	-21.8
	⑧WPT:アンテナ利得[dBi]	6	6	6	6
	⑨WPT:干渉電力 EIRP[dBm/BW] (=⑦+⑧)	-15.8	-15.8	-15.8	-15.8
	⑩所要改善量[dB] (=⑨-⑤)	79.7	91.9	66.2	68
	離隔距離[m] (自由空間損失)	97	397	21	25
	離隔距離[m] (壁透過損失 14dB 考慮、自由空間損失)	19	79	4	5
FPU天井設置 離隔距離計算	⑩所要改善量[dB]	79.7	91.9	66.2	68
	⑪WPT:アンテナ利得指向性減衰[dB]	20	20	20	20
	⑫壁透過損失[dB]	14	14	14	14
	⑬残存する所要改善量[dB] (⑩-⑪ - ⑫)	45.7	57.9	32.2	34
	離隔距離[m] (自由空間損失)	2	8	0	1

表参 5.6.2 放送事業用無線局 (FPU) との共用検討結果 (現行システム)

		移動中継 ハーフ 16QAM	移動中継 フル 16QAM	固定中継 32QAM	固定中継 フル 16QAM	移動中継 フル 8PSK	移動中継 ハーフ 32QAM
正対時 FPUとの 離隔距離 計算	周波数[GHz]	2.37	2.37	2.37	2.37	2.37	2.37
	①標準受信電力[dBm/BW]	-61	-61	-61	-61	-61	-61
	②所要 C/I[dB]	29.4	22.4	26.8	19.2	17.2	23.2
	③FPU許容干渉電力[dBm/BW] (=①-②)	-90.4	-83.4	-87.8	-80.2	-78.2	-84.2
	④FPUアンテナ利得[dBi]	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1
	⑤FPU許容干渉電力[dBm/BW] (=③-④) (FPUアンテナ利得考慮)	-108.5	-101.5	-105.9	-98.3	-96.3	-102.3
	⑥WPT:干渉電力[dBm/MHz]	-34.2	-34.2	-34.2	-34.2	-34.2	-34.2
	⑦WPT:干渉電力[dBm/BW] (FPU帯域換算)	-21.8	-21.8	-21.8	-21.8	-21.8	-21.8
	⑧WPT:アンテナ利得[dBi]	6	6	6	6	6	6
	⑨WPT:干渉電力 EIRP[dBm/BW] (=⑦+⑧)	-15.8	-15.8	-15.8	-15.8	-15.8	-15.8
	⑩所要改善量[dB] (=⑨-⑤)	92.7	85.7	90.1	82.5	80.5	86.5
	離隔距離[m] (自由空間損失)	435	194	322	134	107	213
	離隔距離[m] (壁透過損失 14dB 考慮、 自由空間損失)	87	39	64	27	21	42
FPU天井設置 離隔距離 計算	⑩所要改善量[dB]	92.7	85.7	90.1	82.5	80.5	86.5
	⑪WPT:アンテナ利得指向性減衰[dB]	20	20	20	20	20	20
	⑫壁透過損失[dB]	14	14	14	14	14	14
	⑬残存する所要改善量[dB] (⑩-⑪ - ⑫)	58.7	51.7	56.1	48.5	46.5	52.5
	離隔距離[m] (自由空間損失)	9	4	6	3	2	4

また、FPU受信点をビル屋上に設置したユースケース (図参 5.6.2) での離隔距離計算例を表参 5.6.3、FPU受信アンテナの高さ方向の指向性を考慮した場合の最小離隔距離の計算例を表参 5.6.4 及び FPU受信アンテナの水平方向の指向性を考慮した場合の最小離隔距離の計算例を表参 5.6.5 に示す。





図参 5.6.2 FPU ユースケース例

表参 5.6.3 ユースケースによる離隔距離計算例（平成 31 年答申システム）

FPU-WPT 地上高差（垂直方向）と離隔距離（壁透過損失含む）	平成 31 年答申システム			
	固定中継 上り回線		移動中継 上り回線	
FPU 空中線の地上高からの WPT 仰角 δ [deg]/ 水平方向の離隔距離 D [m]	角度 δ	離隔距離 D	角度 δ	離隔距離 D
	-	-	43.9	5.7

※地上高の差が、表参 5.6.1 の離隔距離以上の場合は” - “としている

表参 5.6.4 ユースケースによる離隔距離計算例（現行システム）

FPU-WPT 地上高差（垂直方向）と離隔距離（壁透過損失含む）	現行システム											
	移動中継 ハーフ 16QAM		移動中継 フル 16QAM		固定中継 32QAM		固定中継 フル 16QAM		移動中継 フル 8PSK		移動中継 ハーフ 32QAM	
FPU 空中線の地上高からの WPT 仰角 δ [deg]/ 水平方向の離隔距離 D [m]	角度 δ	離隔距離 D	角度 δ	離隔距離 D	角度 δ	離隔距離 D	角度 δ	離隔距離 D	角度 δ	離隔距離 D	角度 δ	離隔距離 D
	65.1	2.5	-	-	58.5	3.4	-	-	-	-	-	-

※地上高の差により離隔距離が不要の場合は” - “としている。

表参 5.6.5 ユースケースによる離隔距離計算例（水平方向）

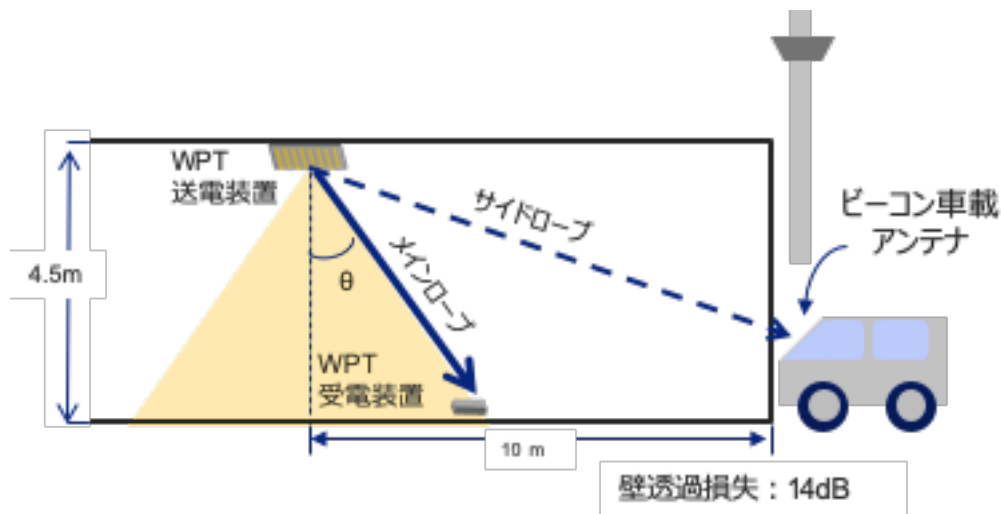
(壁透過損失含む) FPU/WPT 対向角度差 (水平方向) と離隔距離	角度 (正対 0°)	26 素子 八木空 中線指 向性 [dB]	H31 答申システム		現行システム						
			固定中継上り	移動中継上り	移動中継 ハーフ 16QAM	移動中継 フル 16QAM	固定中継 32QAM	固定中継 フル 16QAM	移動中継 フル 8PSK	移動中継 ハーフ 32QAM	
FPU - WPT	-15.0	-12.0	-	1.4	0.6	-	0.8	-	-	-	-
水平対向	-10.0	-5.0	-	3.2	1.4	-	1.9	-	-	-	-
角度差	-5.0	-1.1	-	5.0	2.2	-	3.0	-	-	-	-
対向	-1.0	-0.1	-	5.7	2.5	-	3.3	-	-	-	-
離隔距離	0.0	0.0	-	5.7	2.5	-	3.4	-	-	-	-
D [m]	1.0	-0.1	-	5.7	2.5	-	3.3	-	-	-	-
	5.0	-1.1	-	5.0	2.2	-	3.0	-	-	-	-
	10.0	-5.0	-	3.2	1.4	-	1.9	-	-	-	-
	15.0	-12.0	-	1.4	0.6	-	0.8	-	-	-	-

※地上高の差により離隔距離が不要の場合は” - “としている。

(7) 電波ビーコン

(ア) 共用検討モデル

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムは屋内に設置されることから、壁を隔ててすぐ外にある車のビーコン車載アンテナ（地上高 1m）へサイドローブが干渉を与える図参 5.7.1 の検討モデルで干渉計算を実施した。また、共用モデルとして図参 5.7.1 に示す送信装置から壁までを 10m としたユースについても検討を実施した。



図参 5.7.1 電波ビーコンとの共用検討モデル

(イ) 共用検討結果

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムからの干渉について帯域外干渉としては、約 1.8km の離隔距離が必要となるが共用モデルによる所要離隔距離は、22m と空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムのユースケースとなる工場や倉庫等を考慮すると共用は可能となる。また、電波ビーコンは令和 3 年度末での情報提供停止、それに向けた路側機の減少も公表されていることから電波ビーコンのサービスに影響を与える可能性はより低いと国土交通省道路局 ITS 推進室から情報を得ている。

① 帯域内干渉

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの帯域内干渉の検討結果を表参 5.7.1 に示す。

表参 5.7.1 電波ビーコンとの共用検討結果（帯域内干渉）

項目	パラメータ
干渉波周波数	2484 MHz
空中線電力	41.8 dBm/MHz
帯域外補正值	76.0dBc
帯域補正 (85kHz)	-10.7dB
帯域外空中線利得 (最大値)	6.0dBi
ビーコン周波数	2499.7MHz
ビーコン車載機空中線利得	2.0dBi
許容干渉電力	-90.4dBm
壁透過損失	14.0dB
所要結合度	53.5dB 39.5 dB (壁損あり)
所要離隔距離(壁からの距離)	4.5m 0.9m (壁損あり)

② 帯域外干渉

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの帯域外干渉の検討結果を表参 5.7.2 に示す。

表参 5.7.2 電波ビーコンとの共用検討結果（帯域外干渉）

項目	パラメータ
干渉波周波数	2,484 MHz
空中線電力	41.8 dBm
空中線利得（最大値）	24.0dBi
ビーコン周波数	2,499.7MHz
ビーコン車載機空中線利得	2.0dBi
ビーコンフィルタの減衰量	52.5dB
許容干渉電力	-90.4dBm
壁透過損失	14.0dB
所要結合度	105.7dB 91.7 dB（壁損あり）
所要離隔距離（壁からの距離）	1,851m 369m（壁損あり）

③ 共用検討モデルによる干渉検討

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの共用モデルによる干渉検討結果を表参 5.7.3 に示す。

表参 5.7.3 電波ビーコンとの共用検討結果（共用モデル）

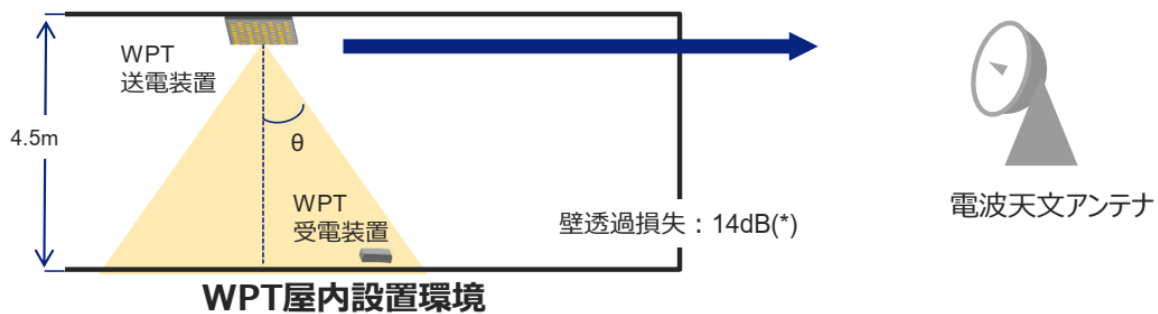
項目	パラメータ
干渉波周波数	2,484 MHz
空中線電力	41.8 dBm
送信メインローブ角度	60.0 度
送信サイドローブ角度 （車載空中線方向角度）	70.7 度
サイドローブ方向の空中線利得	13.5dBi
ビーコン周波数	2,499.7MHz
ビーコンフィルタの減衰量	52.5dB
ビーコン車載機空中線利得	2.0dBi
許容干渉電力	-90.4dBm
自由空間損失	60.9dB
壁透過損失	14.0dB
所要結合度	20.3dB
所要離隔距離（壁からの距離）	22.0m

(8) 電波天文台との共用検討

(ア) 共用検討モデル

電波天文台との共用検討を図参 5.8.1 に示す検討モデルとし、周辺の建物等によるクラッタ損失を見込んだ算出にて所要結合損失から離隔距離を算出した。

伝搬損失は自由空間損失とし、外壁による透過損失は、ITU-R Traditional モデルである 14 dB とした。また、クラッタ損失の算出に当たっては、国内における道路の 84% を占める市町村道の平均値が 3.7m、5% を占める国道の幅の平均値が 7.8m であるが、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムが設置される倉庫及び工場等の施設内環境を踏まえ、ITU-R 勧告のデフォルト値 27m としてクラッタ損失が小さくなる形での算出とした。



図参 5.8.1 電波天文との共用検討モデル

(イ) 共用検討結果

① クラッタ損失の算出

2.4GHz帯における空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムは建物1階部分への設置を想定しているため、離隔距離の大きい観測施設との間において、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム設置の周辺環境によるクラッタ損失をITU-R P.2108WPTの§3による算出結果を表参5.8.1に示す。

表 5.8.2 クラッタ損失の算出結果

		野辺山			臼田		小金井		石岡		水沢		石垣島		入来	
観測周波数 f[GHz]		2.09	2.695	3.21	2.3	2.695	2.36	2.69	2.4	2.69	2.4	2.69	2.4	2.695	2.4	2.695
WPTアンテナ高 h[m]		4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
WPT設置クラッタタイプ		rural			rural		urban		rural		suburban		rural		rural	
代表的クラッタ高R[m]		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
道路幅 w _s [m]		27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
計算項	J(ν)	24.74	25.84	26.60	25.15	25.84	25.26	25.84	25.34	25.84	25.34	25.84	25.34	25.84	25.34	25.84
	ν	3.93	4.47	4.88	4.13	4.47	4.18	4.47	4.22	4.47	4.22	4.47	4.22	4.47	4.22	4.47
	K _{nu}	0.49	0.56	0.61	0.52	0.56	0.53	0.56	0.53	0.56	0.53	0.56	0.53	0.56	0.53	0.56
	h _{dif} m	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
	θ _{clut} °	11.51	11.51	11.51	11.51	11.51	11.51	11.51	11.51	11.51	11.51	11.51	11.51	11.51	11.51	11.51
クラッタ損 dB		8.25	8.49	8.65	8.34	8.49	19.23	19.81	8.38	8.49	19.31	19.81	8.38	8.49	8.38	8.49

② 離隔距離の算出

離隔距離の算出結果を表参5.8.3に示す。この結果より小金井及び水沢観測所においては1.6km、野辺山、臼田、石岡、石垣島及び入来観測所においては5.7kmの範囲にて空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムを設置しない制限区域とする事で電波天文台との共用は可能となる。

表 5.8.3 観測所との離隔距離算出結果

観測施設	単位	野辺山・宇宙		白田		小金井		石岡		水沢		石垣島		入来		
海拔高	m	1349		1349	1456		99.7		130		63		26		528	
観測周波数	MHz	2090	2695	3210	2300	2695	2360	2695	2400	2695	2400	2695	2400	2695	2400	2695
観測周波数min	MHz	1910		3410	2200		2212		2200		2200		2200		2200	
観測周波数max	MHz	2090		3840	2300		2360		2400		2400		2400		2400	
観測周波数帯幅 Δf_2	MHz	180	10	430	100	10	148	10	200	10	200	10	200	10	200	10
最小Ant雑音温度 T_A	K	12		12	12		12		12		12		12		12	
受信機雑音温度 T_R	K	10		10	10		10		10		10		10		10	
地上高 h_2	m	4.7		4.5	33		12.5		18		22		22		22	
干渉閾値レベル																
入力電力 ΔP_s	dBW	-200.4	-207.0	-198.5	-201.7	-207.0	-200.8	-207.0	-200.2	-207.0	-200.2	-207.0	-200.2	-207.0	-200.2	-207.0
pfid $S_{w\Delta f}$	dB(W/m ²)	-172.9	-177.0	-165.8	-173.1	-177.0	-172.1	-177.0	-171.4	-177.0	-171.4	-177.0	-171.4	-177.0	-171.4	-177.0
pfidスペクトラム S_H	dB(W/(m ² ·Hz))	-255.4	-247.0	-252.2	-253.1	-247.0	-253.8	-247.0	-254.5	-247.0	-254.5	-247.0	-254.5	-247.0	-254.5	-247.0
離調周波数 (Δf)	MHz	322	283	798	112	283	52	283	12	283	12	283	12	283	12	283
WPT天井設置高 h_1	m	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
アンテナ入力電力密度	dBm/MHz	-34.2	-34.2	-34.2	-34.2	-34.2	-34.2	-34.2	-34.2	-34.2	-34.2	-34.2	-34.2	-34.2	-34.2	-34.2
<<Ant Gain>>		-64.2	-64.2	-64.2	-64.2	-64.2	-64.2	-64.2	-64.2	-64.2	-64.2	-64.2	-64.2	-64.2	-64.2	-64.2
水平方向アンテナゲイン	dBi	-14.2	-14.2	-14.2	-14.2	-14.2	-14.2	-14.2	-14.2	-14.2	-14.2	-14.2	-14.2	-14.2	-14.2	-14.2
壁減衰	dB	-14.0	-14.0	-14.0	-14.0	-14.0	-14.0	-14.0	-14.0	-14.0	-14.0	-14.0	-14.0	-14.0	-14.0	-14.0
クラッタ損失	dB	-8.2	-8.5	-8.6	-8.3	-8.5	-19.2	-19.8	-8.4	-8.5	-19.3	-19.8	-8.4	-8.5	-8.4	-8.5
0dB受信Ant入力閾値	dBm/MHz	-193.0	-187.0	-194.8	-191.7	-187.0	-192.5	-187.0	-193.2	-187.0	-193.2	-187.0	-193.2	-187.0	-193.2	-187.0
所要結合損	dB	122.3	116.1	123.8	120.9	116.1	110.9	104.8	122.4	116.1	111.4	104.8	122.4	116.1	122.4	116.1
所要離隔距離 (自由空間伝搬損)		14.9	5.7	11.5	11.6	5.7	3.6	1.6	13.1	5.7	3.8	1.6	13.1	5.7	13.1	5.7

(9) アマチュア無線

(ア) 共用検討モデル

【※協議・確認中】

(イ) 共用検討結果

【※協議・確認中】

資料 5-3-6 : 5.7GHz 帯における共用検討について

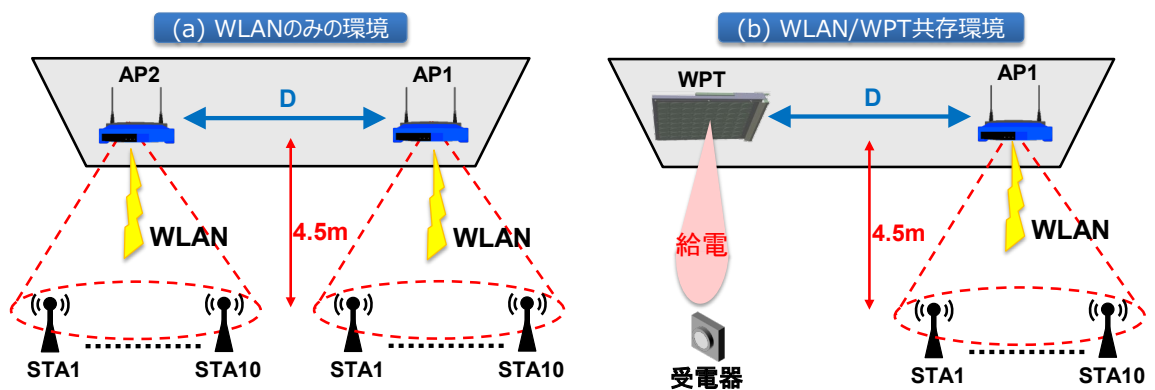
(1) 無線 LAN システム

(ア) 共用検討モデル

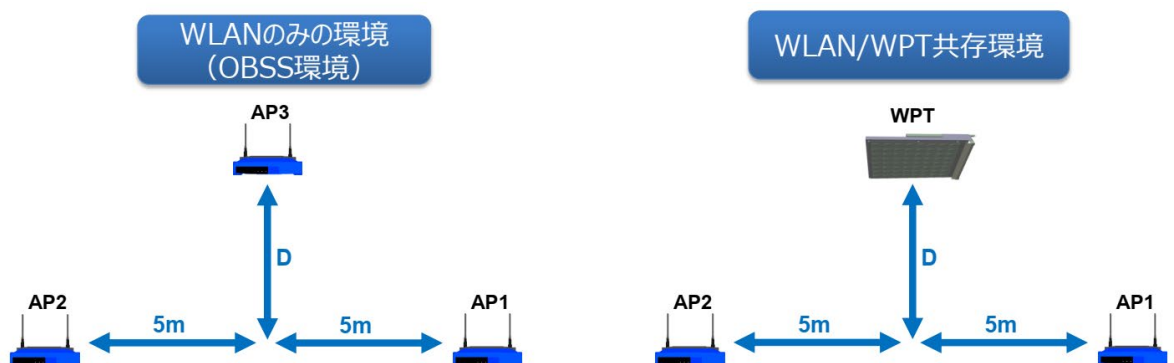
共存検討のモデルを図参 6.1.1、検討諸元を表参 6.1.1. に示す。図参 6.1.1(a) WLAN のみの環境は、無線 LAN の親局同士が共存する環境、図参 6.1.1(b) WLAN/WPT 共存環境は無線 LAN の親局と空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム送信装置が共存する環境である。これら 2つの共用検討モデルでのシステムスループットをシミュレーションによる評価にて両者を比較し、無線 LAN 同士の干渉によるスループット劣化よりも空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム送信装置による干渉によって発生するスループットの劣化が小さくなる条件としてキャリアセンス条件を評価した。

同様に無線 LAN 親機が複数存在する場合の検討モデルを図参 6.1.2 に示し、子機は半径 5m 内に 10 台を配置、壁減衰及び屋内反射の影響はないものとした。

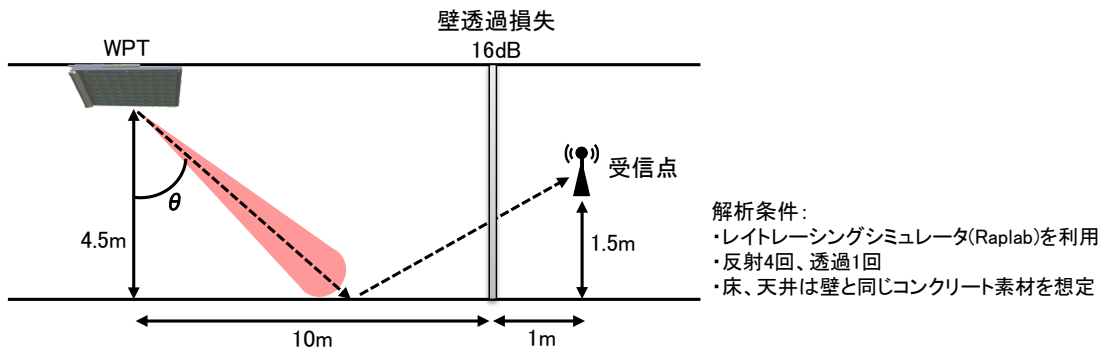
また、壁損失及び屋内反射の影響については、図参 6.1.3 に示すモデルにてレイトレーシングによるシミュレーションを実施し、評価した。



図参 6.1.1 無線 LAN システムとの共用検討モデル



図参 6.1.2 複数無線 LAN システムとの共用検討モデル



図参 6. 1. 3 レイトレーシングによる共用検討モデル

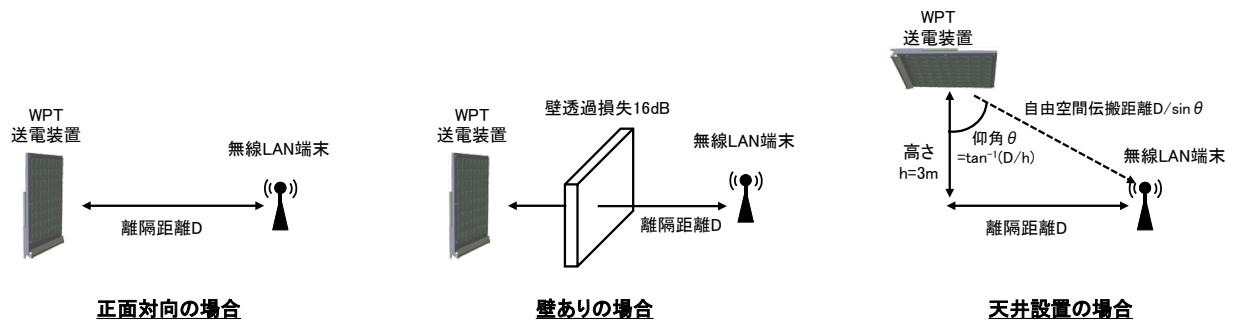
表参 6. 1. 1 シミュレーションパラメータ【作成中】

(イ) 共用検討結果

【共用検討結果について確認中】

(ウ) 共用検討モデル(破壊防止)

屋内に設置した空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム(送信装置)と近接した環境に存在する無線 LAN システムに対して、過入力による破壊・不可逆的な影響を及ぼさないかについて図参 6. 1. 9 に示す共用検討モデルにより干渉計算を実施し、評価した。



図参 6. 1. 9 無線 LAN システムとの共用検討モデル (破壊防止)

(エ) 共用検討結果(破壊防止)

干渉検討結果を表参 6. 1. 4 に示す。正面向向の場合、壁ありの場合及び天井設置の場合について、無線 LAN システムのアンテナ利得を 3 種類 (2. 14dBi、7dBi、20dBi) として無線 LAN 許容破壊レベル (0dBm、10dBm) に対する所要離隔距離を算出した。また、利得 2. 14dBi は無線 LAN 端末の子機、利得 7dBi 及び 20dBi は、無線 LAN 端末の親機を想定した。

正面向向の場合、所要離隔距離は 9. 3m~41. 5m となるが、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム(送信装置)を天井設置とする事により、所要離隔距離は 4. 9m~11m に抑えられる。ただし、この場合は空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム(送信装置)と無線 LAN システムの空中線が対向とした場合であり、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムと無線 LAN システムが同一管理者によって運用されている環境であれば、互いの指向性が正対しないように調整して運用することで回避できると考えられる。

また、別空間となる壁ありの場合は、所要離隔距離 1. 5m~6. 6m となり、同一室内における距離相当となり、別空間に設置する環境を考慮すると共用可能となる。

表参 6. 1. 4 無線 LAN システムとの共用検討結果 (破壊防止)

項目	単位	正面向向			天井設置			正面向向壁あり		
無線 LAN アンテナ利得	dBi	2.14	7	20	2.14	7	20	2.14	7	20
無線 LAN 許容破壊レベル	dBm	0	10	10	0	10	10	0	10	10
WPT 周波数	MHz	5750								
WPT 等価等方輻射電力	dBm	70								
偏波減衰	dB	0								
壁透過減衰	dB	0	0	0	0	0	0	16	16	16
伝搬モデル		自由空間損失								
所要減衰量	dB	72.1	67	80	72.1	67	80	56.1	51	64
所要離隔距離	m	16.8	9.3	41.5	6.8	4.9	11	2.65	1.5	6.6

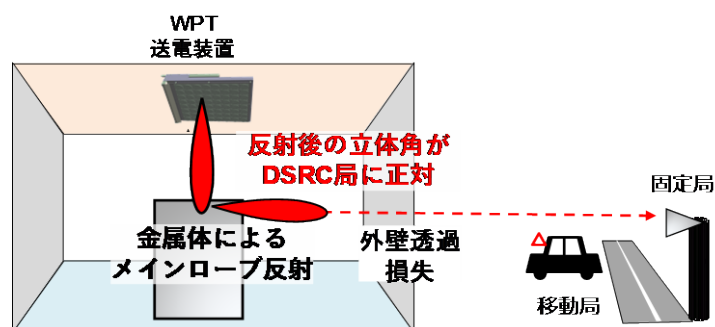
(2) DSRC (狭域通信) システム

(ア) 共用検討モデル

屋内に設置した空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム(送信装置)と狭域通信システムとの共用検討については、図 6.2.1 に示す共用検討モデルより、干渉計算を実施した。

また、狭域通信システムに対する影響を及ぼさない離隔距離は、送信装置からの電波が資料 5-3-1 にて示したスプリアス・レスポンス・リジェクション量及び DSRC 帯域内雑音入力量許容値に対し、下回るために必要な距離とした。

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム(送信装置)は、天井設置することを前提とするため、屋外に対しては送信装置の指向性損失が見込まれる。しかし、屋内に設置された工作機械等の金属体による反射波が非常に低確率ではあるが発生することを考慮したものである。これは、狭域通信システムが再送困難な通信システムであることから最悪ケースとして検討を実施した。



図参 6.2.1 狭域通信システムとの共用検討モデル

(イ) 共用検討結果

【※共用可否については被干渉システムとの協議・確認中】

(3) 放送業務用 STL/TTL システム

(ア) 共用検討モデル

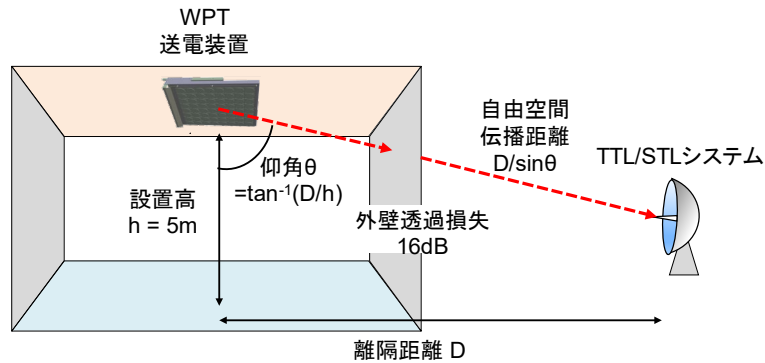
放送事業用 STL/TTL システムとの共用検討では、図参 6.3.1 及び図参 6.3.2 に示す検討モデルより、干渉計算を実施した。

STL/TTL システムに対する影響を及ぼさない離隔距離は、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム(送信装置)からの STL/TTL システムにおける帯域内雑音信号が、STL/TTL の標準時熱雑音 CN 及びフェージングマージン時所要熱雑音 CN に対する影響を及ぼさない値として、受信等価熱雑音レベルに対し 0.1dB 以下となる入力レベルである -117.9dBm を下回るための所要減衰量は 145.2dB とした。

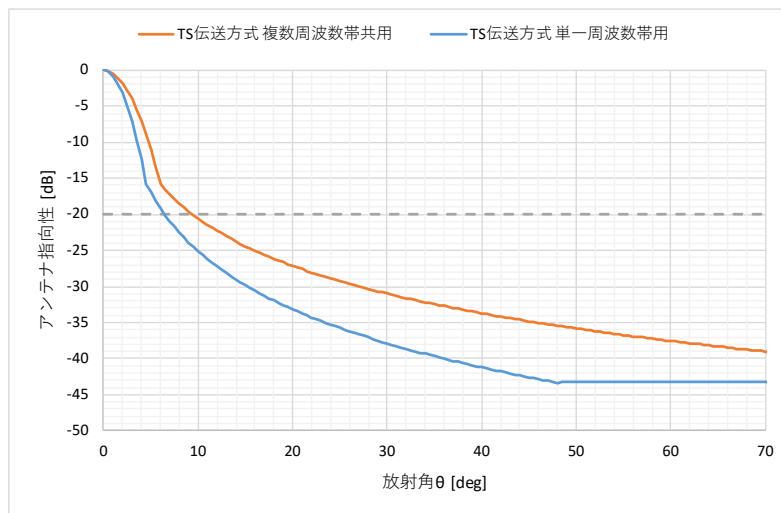
空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムは、天井に設置することを前提とし、指向性損失

について、23dBを最大値とし、仰角 θ に対し $10 \log_{10}(\cos^2(\theta))$ の関数としている。伝搬損失は自由空間損失とし、外壁による透過損失は16 dBとした。

また、STL/TTLシステムの指向性減衰に関しては、標準時熱雑音 CN に対しては同一ルート干渉として、正対条件(指向性損失 0dB)とし、フェージングマージン時所要熱雑音 CN に対しては、45度、90度、180度方向からの差動フェージングを考慮し20dBの指向性減衰を考慮した異ルート干渉として検討した。



図参 6.3.1 STL/TTL システムとの共用検討モデル



図参 6.3.2 STL/TTL システムの受信アンテナ指向性モデル

(イ) 共用検討結果

同一ルート干渉時の共用検討結果を表参 6.3.1 に示す。空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの不要発射による STL/TTL システムの雑音劣化が、フェージング損失、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム設置条件による天井設置及び壁減衰(16dB) を適用することで離隔距離は 46.8m となる。

異ルート干渉時の共用検討結果を表参 6.3.2 に示す。異ルート干渉のため STL/TTL 受信アンテナ指向性損失を 20dB とし、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム設置条件による天井設置及び壁減衰(16dB) を適用することで離隔距離は 83.4m となる。

【※共用可否については被干渉システムとの協議・確認中】

表参 6.3.1 STL/TTL システムとの同一ルート干渉による共用検討結果

項目	単位	値
周波数	MHz	5,850

帯域幅	MHz	6.7
標準受信電力	dBm/BW	-42.9
受信空中線利得(フィーダ損失含む)	dBi	32.1
受信等価熱雑音	dBm	-101.5
所要フェージングマージン	dB	28.5
フェージング時所要C/N	dB	30.9
受信空中線指向性減衰量	dB	0.0
熱雑音劣化0.1dBとなる入力レベル	dBm/BW	-117.9
所要減衰量	dB	145.2dB
帯域外空中線電力(ア)	dBm/MHz	-38.0
送信空中線利得(イ)	dBi	25.0
等価等方輻射電力の最大値(ア+イ)	dBm/MHz	-13.0
送信空中線指向性減衰量(83.9度)	dB	19.5
壁損失	dB	16.0
1mでの自由空間損失	dB	47.8
離隔距離	m	46.8

表参 6.3.2 STL/TTL システムとの異ルート干渉による共用検討結果

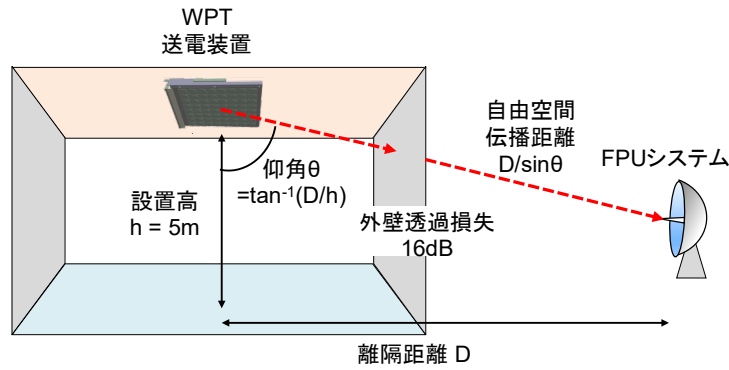
項目	単位	値
周波数	MHz	5,850
帯域幅	MHz	6.7
標準受信電力	dBm/BW	-42.9
受信空中線利得(フィーダ損失含む)	dBi	32.1
受信等価熱雑音	dBm	-101.5
所要フェージングマージン	dB	28.5
フェージング時所要C/N	dB	30.9
受信空中線指向性減衰量	dB	20.0
熱雑音劣化0.1dBとなる入力レベル	dBm/BW	-117.9
所要減衰量	dB	145.2
帯域外空中線電力(ア)	dBm/MHz	-38.0
送信空中線利得(イ)	dBi	25.0
等価等方輻射電力の最大値(ア+イ)	dBm/MHz	-13.0
送信空中線指向性減衰量(86.6度)	dB	23.0
壁損失(ITU-R Traditional)	dB	16.0
1mでの自由空間損失	dB	47.8
離隔距離	m	83.4

(4) 放送事業用 FPU/TSL システム

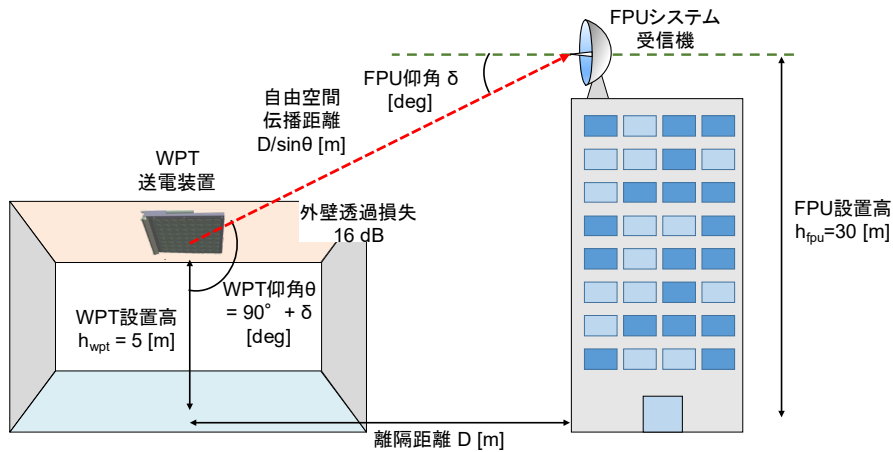
(ア) 共用検討モデル

放送事業用 FPU/TSL システムとの共用検討では、図参 6.4.1 に示す検討モデルより、干渉計算を実施した。FPU システムに対する影響を及ぼさない離隔距離は、所要干渉波電力を下回るために必要な値として導出した。TSL システムに関しては、資料 5-3-6(3) (イ) STL/TTL システムと同一の導出方法を摘要した。また、考えられるユースケースとして図参 6.4.2 を想定し、この場合の離隔距離についても検討を実施した。

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムは、天井に設置することを前提とし、送信指向性減衰量は、23dB を最大値として、仰角 θ に対し $10 \log_{10}(\cos^2(\theta))$ とした。また、伝搬損失は自由空間損失とし、外壁による壁損失は 16 dB とした。



図参 6. 4. 1 FPU システムとの共用検討モデル



図参 6. 4. 2 FPU システムの建屋設置時のユースケース

(イ) 共用検討結果

FPU システムとの共用検討結果を表参 6. 4. 1 に示す。空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの不要発射による FPU システムの雑音入力が許容雑音入力レベル以下となるための所要減衰量は 118. 8dB となり、設置条件の天井設置及び壁減衰 (16dB) を適用することで離隔距離は 53. 0m となる。

【※共用可否については被干渉システムとの協議・確認中】

表参 6. 4. 1 FPU システムとの共用検討結果

項目	単位	固定中継局 (4K/8K 標準伝送)	移動中継局
周波数	MHz	5850	5850
帯域幅	MHz	17. 5	17. 5
標準受信電力	dBm/BW	-45. 0	-62
許容干渉雑音入力	dBm/BW	-89. 4	-90. 5
受信空中線利得(フィーダ損込)	dBi	30. 0	22. 7
受信空中線指向性損失量	dB	0	0
所要減衰量	dB	118. 8	112. 6
帯域外輻射空中線電力 (ア)	dBm/MHz	-38. 0	-38. 0
送信空中線利得(イ)	dBi	25. 0	25. 0
等価等方輻射電力の最大値 (ア+イ)	dBm/MHz	-33. 0	-33. 0
離隔距離に対する仰角	deg	84. 6	82. 3
送信空中線指向性減衰量	dB	20. 5	17. 5
壁損失 (ITU-R Traditional)	dB	16. 0	16. 0
1m での自由空間損失	dB	47. 8	47. 8

離隔距離	m	53.0	37.0
------	---	------	------

TSL システムとの共用検討結果について同一ルート干渉時を表参 6.4.2 及び異ルート干渉時を表参 6.4.3 に示す。共用可能となる所要減衰量が 150.2dB であり、同一ルート干渉時及び異ルート干渉時の離隔距離はそれぞれ 88.3m、148.5m となる。

【※共用可否については被干渉システムとの協議・確認中】

表参 6.4.2 TSL システムとの共用検討結果 (同一ルート干渉)

項目	単位	値
計算周波数	MHz	5850
帯域幅	MHz	14.0
標準受信電力	dBm/BW	-44.8
空中線利得(フィーダ損込)	dBi	37.1
受信等価熱雑音	dBm/BW	-98.3
所要フェージングマージン	dB	24.5
フェージングマージン時所要 C/N	dB	29.0
受信空中線指向性減衰量	dB	0.0
熱雑音劣化 0.1dB となる入力レベル	dBm/BW	-114.7
所要減衰量	dB	-150.2
帯域外輻射空中線電力 (ア)	dBm/MHz	-38.0
送信空中線利得(イ)	dBi	25.0
等価等方輻射電力の最大値 (ア+イ)	dBm/MHz	-13
送信指向性減衰量 (86.8 度)	dB	23.0
壁減衰 (ITU-R Traditional)	dB	16.0
1m の自由空間減衰量	dB	47.8
離隔距離	m	88.3

表参 6.4.3 TSL システムとの異ルート干渉条件における共用検討結果

項目	単位	値
計算周波数	MHz	5850
帯域幅	MHz	14.0
標準受信電力	dBm/BW	-44.8
空中線利得(フィーダ損込)	dBi	37.1
受信等価熱雑音	dBm/BW	-98.3
所要フェージングマージン	dB	24.5
フェージングマージン時所要 C/N	dB	30.9
受信空中線指向性減衰量	dB	20.0
熱雑音劣化 0.1dB となる入力レベル	dBm/BW	-114.7
所要減衰量	dB	-150.2
帯域外輻射空中線電力 (ア)	dBm/MHz	-38.0
送信空中線利得(イ)	dBi	25.0
等価等方輻射電力の最大値 (ア+イ)	dBm/MHz	-13
送信空中線指向性減衰量 (88.1 度)	dB	23.0
壁損失 (ITU-R Traditional)	dB	16.0
1m の自由空間減衰量	dB	47.8
離隔距離	m	148.5

FPU 受信点を建屋屋上(地上高 30m)に設置したユースケース (図参 6.4.2) では、での離隔距離計算を実施した結果を図参 6.4.3 に示す。(空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム設置高を 5m とした際の水平離隔距離と FPU システムへの空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム帯域外雑音入力電力量)

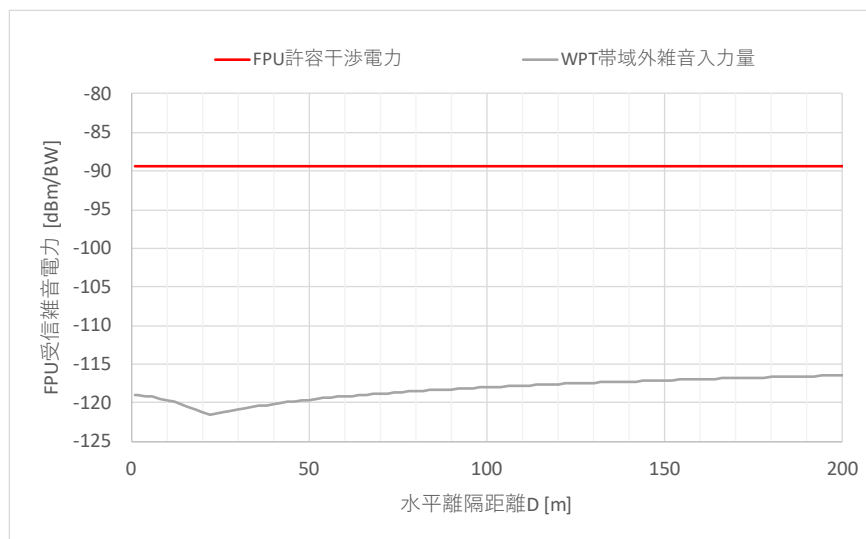
検討に当たっては、FPU のアンテナ指向性が水平方向に設置され、俯角 δ による指向性減衰量を加味したものとなる。また、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム設置高を 5m と

した際の水平方向離隔距離と FPU アンテナから見た俯角 δ の関係及び検討に使用した FPU 受信アンテナの指向性減衰量(直径 1.2m、最大利得 35dBi のアンテナに対し、ITU-R F.699 にて定義される指向性モデルを適用)を図参 5.4.4 に示す。

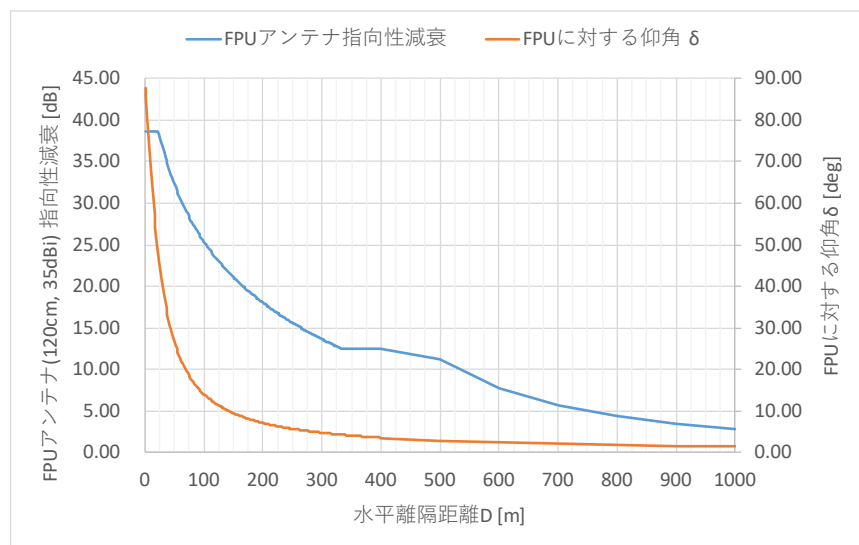
表参 6.4.1 に示した FPU システムとの離隔距離数十 m に対し、15dB 程度の指向性減衰が発生しているため、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムからの帯域外雑音入力はずべての離隔距離で許容雑音電力以下となり、このユースケースであれば水平方向の離隔距離の確保は不要となる。

また、検討では FPU システムの空中線指向性減衰量を見込まない検討としたが、実際には空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム方向とは異なる指向方向となるため、俯角 5 度で約 14dB、10 度で約 22dB を見込むことでさらに短い距離での運用も可能となる。

また、計算では空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムからの送信指向性減衰量を 23dB、壁損 16 dB として実施した。



図参 6.4.3 水平離隔距離と FPU システムに受信する空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム雑音電力の関係



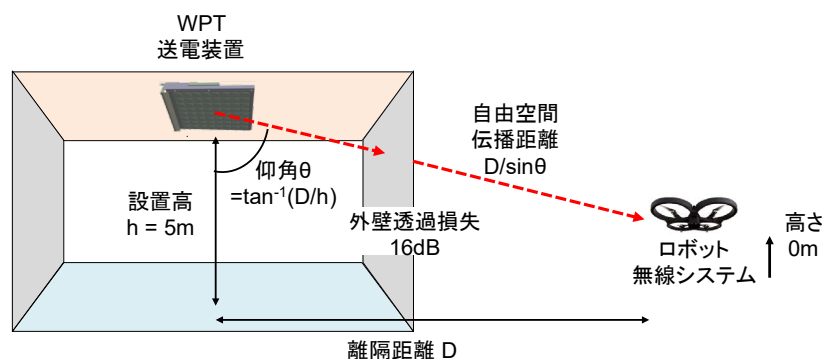
図参 6.4.2 水平離隔距離に対する FPU 仰角 δ による指向性減衰の関係

- (5) 無人移動体高速伝送システム
 - (ア) 共用検討モデル

無人移動体高速伝送システム(ロボット無線システム)では、図参 6.5.1 に示す検討モデルより実施した。ロボット無線システムに対する影響を及ぼさない離隔距離は、同一、隣接、次隣接の各チャネルにおける許容妨害波入力に対して下回るための必要な距離とした。

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムは、天井に設置することを前提とし、指向性損失について、23dB を最大値とし、仰角 θ に対し $10 \log_{10}(\cos^2(\theta))$ の関数としている。伝搬損失は自由空間損失とし、外壁による透過損失は、ITU-R Traditional モデルである 16 dB を基準とし、ITU-R Thermally efficient モデル (30.8dB 減衰) 及び厚さ 150mm の RC 壁 (41dB 減衰) の場合も併せて算出した。

また、前記の空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム側指向性損失が最小すなわちロボット無線システムへの入射が最大となる条件として、ロボット無線システム搭載アンテナの設置高は 0m としている。



図参 6.5.1 無人移動体高速伝送システムとの共用検討モデル

(イ) 共用検討結果

共用検討結果を表参 6.5.1 に示す。外壁の損失が 16dB (ITU-R P. 2109-0 外壁モデル) にて、離隔距離は、同一チャネルで約 23km、次隣接チャネルで 185m となる。

外壁の損失が 41dB (RC 外壁: 厚さ 150mm) の場合に離隔距離は、同一チャネルで約 1km、次隣接チャネルで 27m となる。

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムは屋内利用、一方、ロボット無線システムでは市街地以外の屋外での利用を想定されている。そのため、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの利用環境 (設置場所・使用チャネル・壁損) を一元的に管理し、ロボット無線システムとの運用調整を行うことで、すみ分けによる共用は可能となる。

表参 6.5.1 無人移動体高速伝送システムとの共用検討結果

項目	同一チャネル	隣接チャネル	次隣接チャネル
離隔距離 (ITU-R Traditional)	23,348 m	1,170 m	185 m
離隔距離 (ITU-R Thermally efficient)	4,249 m	213 m	49 m
離隔距離 (RC 外壁: 厚さ 150mm)	1,313 m	68 m	27 m

(6) 気象レーダー

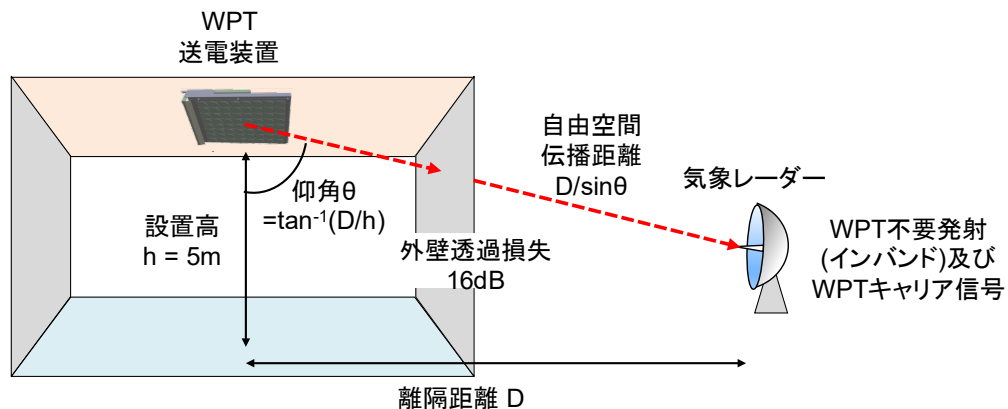
(ア) 共用検討モデル

気象レーダーとの共用検討を図参 6.6.1 に共用検討モデルを示す。空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムからの不要発射が気象レーダー帯域内に入射した場合と給電キャリア信号が、気象レーダーの帯域外に入射する場合の検討を実施した。

また、気象レーダーに対する影響を及ぼさない離隔距離の算出には、不要発射に対しては気象レーダーの許容干渉レベル (-120dBm/BW)、給電キャリア信号に対しては -40dBm としてこれを下回るために必要な距離とした。

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム送信装置の設置条件は、天井設置とし、指向性減衰量については、23dB を最大値とした仰角 θ に対し $10 \log_{10}(\cos^2(\theta))$ の関数としている。ま

た、伝搬損失は自由空間損失とし、外壁による壁損失は、ITU-R Traditional モデルである 16 dB とした。また、気象レーダーへの入射が最大となる条件として、気象レーダーの設置地上高は 0m、指向性減衰は 0dB としている。



図参 6. 6. 1 気象レーダーの共用検討モデル

(イ) 共用検討結果

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムからの不要発射に対する共用検討結果を表参 6. 6. 1 に示す。不要発射強度が、気象レーダーの許容雑音入力電力値を下回る所要減衰量は 128. 9dB となり、離隔距離は 137. 2m となった。

給電キャリア信号が気象レーダーの帯域外に入射する場合の検討結果を表参 6. 6. 2 に示す。受信許容入力電力を下回るための減衰量 157. 0dB、所要離隔距離は 3, 308m となり、不要発射に対する離隔距離を上回る。そのため、共用検討モデルで採用した空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの設置条件（天井設置及び壁減衰 16dB）を確保した環境にて、気象レーダー設置位置から 3. 3km の範囲には空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムを設置しない制限区域とする。【※共用可否については被干渉システムとの協議・確認中】

表参 6. 6. 1 気象レーダーとの共用検討結果(不要発射強度)

項目	単位	計算値
周波数	MHz	5, 372. 5
帯域幅	MHz	1. 2
受信空中線利得	dBi	47. 0
受信許容雑音電力	dBm/BW	-120. 0
受信空中線指向性減衰量	dB	0. 0
所要減衰量	dB	128. 9
帯域外空中線電力 (ア)	dBm/MHz	-48. 0
送信空中線利得 (イ)	dBi	25. 0
無相関雑音の減衰量 (ア+イ)	dB	16. 0
等価等方輻射電力の最大値 (ア+イ-ウ)	dBm/BW	-38. 2
送信空中線指向性減衰量 (87. 9 度)	dB	23. 0
壁損失	dB	16. 0
1m での自由空間損失	dB	47. 1
離隔距離	m	137. 2

表参 6. 6. 2 気象レーダーとの共用検討結果(給電キャリア信号)

項目	単位	計算値
周波数	MHz	5732. 0
受信空中線利得	dBi	47. 0
受信許容入力電力	dBm	-40. 0
受信空中線指向性減衰量	dB	0. 0

所要減衰量	dB	157.0
等価等方輻射電力	dBm	70.0
送信空中線指向性減衰量 (89.9 度)	dB	23.0
壁損失	dB	16.0
1m での自由空間損失	dB	47.6
離隔距離	m	3,308

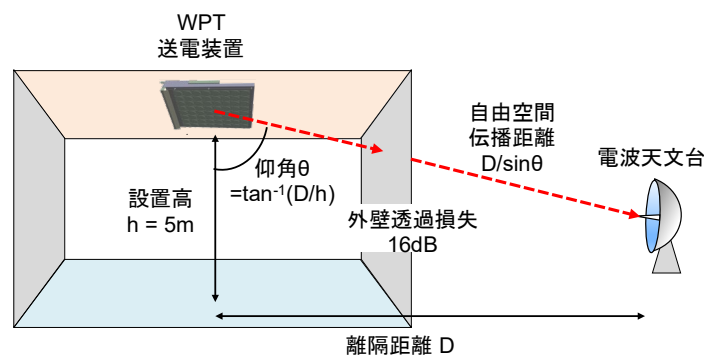
(7) 電波天文台

(ア) 共用検討モデル

電波天文台との共用検討を図参 6.7.1 に示す検討モデルとし、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムからの離調周波数が最も小さくなる臼田 64m 鏡（観測周波数 4995MHz）を検討対象とした。また、電波天文台に対する影響を及ぼさない離隔距離は、観測周波数 4995MHz における空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの不要発射強度 (-48dBm/MHz) が、電波天文台の許容干渉レベル (-187dBm/MHz) に対して下回るための必要な距離とした。

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム（送信装置）の設置条件の天井設置とし、指向性減衰量については、23dB を最大値とし、仰角 θ に対し $10 \log_{10}(\cos^2(\theta))$ の関数としている。

伝搬損失は自由空間損失とし、外壁による透過損失は、ITU-R Traditional モデルである 16 dB とした。また、電波天文台への入射が最大となる条件として、電波天文台の設置地上高は 0m としている。



図参 6.7.1 電波天文台の共用検討モデル

(イ) 共用検討結果

共用検討結果を表参 6.7.1 に示す。5.7GHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの不要発射強度が、電波天文台の干渉閾値換算値を下回るための所要減衰量は、臼田観測所は 107dB となり、離隔距離は 1,096m、石岡観測所は 112dB となり、離隔距離は 1,736m である。そのため、検討モデルで採用した空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの設置条件（天井設置及び壁減衰 16dB）を確保した条件にて、各観測所の設置位置から 1.1km 及び 1.8km の範囲には空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムを設置しない制限区域とする事で電波天文台との共用は可能となる。

表参 6.7.1 電波天文台との共用検討結果

	項目	単位	臼田	石岡	備考
送信パラメータ	(1) 送信空中線電力	dBm	-48.0	-48.0	
	(2) 占有周波数帯域幅	MHz	1.0	1.0	
	(3) 送信アンテナ利得	dBi	7.0	7.0	
	(4) 指向性減衰	dB	-39.0	-39.0	Bore sight
	(5) 帯域内輻射電力	dBm	-80.0	-80.0	(1)+(3)+(4)
	(6) 帯域内輻射電力密度	dBm/MHz	-80.0	-80.0	(5)-10Log[(2)]
受信パラメータ	(7) 受信空中線利得	dBi	0.0	0.0	
	(8) 指向性減衰量	dB	0.0	0.0	
	(9) 電力スペクトルフラックス密度	dB(W/(m ² ・Hz))	-241.0	-240.0	ITU-R RA.769

	(10) 干渉閾値換算値	dBm/MHz	-187.0	-192.0	
所要減衰量	(11) 所要減衰量	dB	107.0	112.0	(6)-(10)
伝搬損失	(12) 自由空間損失	dB	107.0	112.0	1.096km
	(13) 水蒸気圧	mmHg	5.5	5.5	
	(14) 水蒸気密度	g/m ³	4.1	4.1	15°C
	(15) 水蒸気分子による吸収係数	dB/km	0.001	0.001	
	(16) 大気減衰	dB	0.0	0.0	
	(17) ナイフエッジ [°] 回折損失	dB	0.0	0.0	
	(18) 伝搬損失の合計	dB	107.0	112.0	(12)+(16)
所要離隔距離		m	1,096	1,736	
残差		dB	0	0	(11)-(18)

(8) アマチュア無線【協議・確認中】

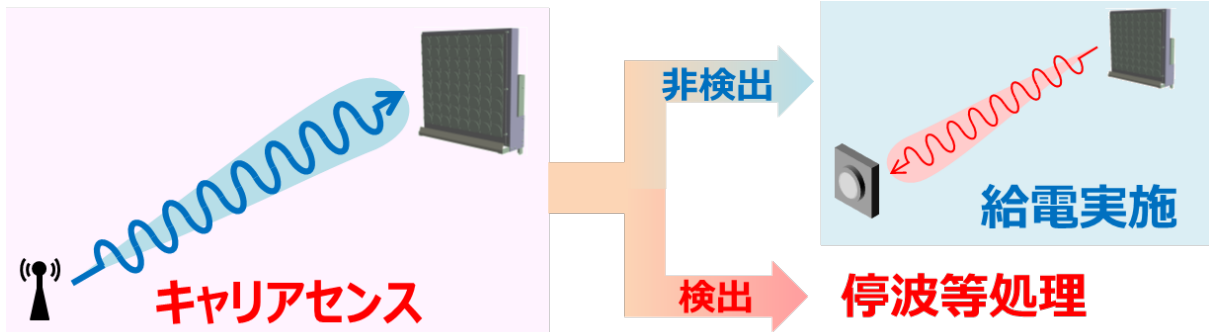
(ア) 共用検討モデル

(イ) 【※協議・確認中】 共用検討結果

【※協議・確認中】

資料 5-3-7：キャリアセンスについて

キャリアセンス（Clear Channel Assessment：CCA）の概要を図参 7.0.1 に示す。送信装置は送信に先立ち、キャリアセンスによる干渉確認を実施し、干渉を検出しなかった場合のみ送信を開始するものであり、各バンドでのキャリアセンスについて示す。



図参 7.0.1 キャリアセンスの概要

(1) 920MHz 帯

920MHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムでは、既設 RFID システムと等価等方輻射電力（EIRP）を含めて同一の技術基準であり、免許局となることから、キャリアセンスについても同様に使用せずとも他の無線システムとの共存が可能であると考えられる。

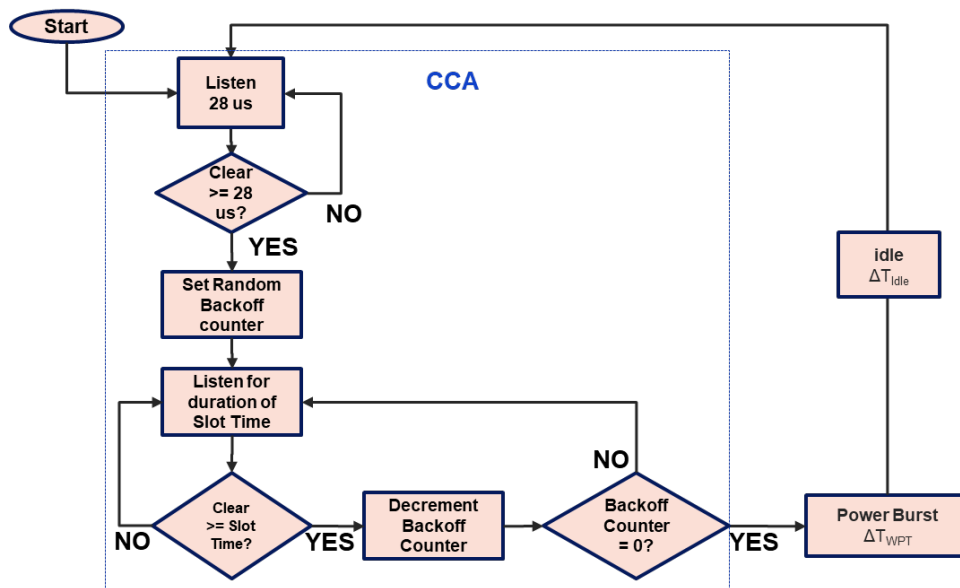
(2) 2.4GHz 帯

2.4GHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムでは送信に先立ち、キャリアセンスによる干渉確認を実施した後、送信を開始する。キャリアセンスのパラメータを表参 7.2.1 に示す。キャリアセンスは同一チャンネルの他、隣接チャンネル、次隣接チャンネルについても実施する。

表参 7.2.1 キャリアセンスのパラメータ（2.4GHz 帯）

カテゴリ	項目	パラメータ
センシング時間	センシング時間（バックオフ含まず）	28 μ sec
センシング条件	同一チャンネル CCA 閾値	-72 dBm/20MHz
	隣接チャンネル CCA 閾値	-62 dBm/20MHz
	次隣接チャンネル CCA 閾値	-62 dBm/20MHz
送電時間	最長送電バースト時間 (最長チャンネル占有時間)	13msec
アイドル時間	アイドル時間	13msec

キャリアセンスと給電バースト時間及びアイドル時間の制御フローは図参 7.2.1 に示す。



図参 7. 2. 1 2. 4GHz 帯におけるキャリアセンスのフロー

(3) 5. 7GHz 帯

5. 7GHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムでは送信に先立ち、キャリアセンスによる干渉確認を実施した後、送信を開始する。キャリアセンスのパラメータを表参 7. 3. 1 に示す。5. 7GHz 帯におけるキャリアセンスでは以下の 2 つの状態でのキャリアセンスを規定する事とした。

- 共存状態：無線 LAN (WLAN) に対するキャリアセンスのセンシング時間 (CCA 時間) と給電時間の比率が 1:2 となるように動作する状態。
- 非共存状態：無線 LAN との共存の可能性が低いと判断した場合に、給電時間を延ばす状態。

表参 7. 3. 1 5. 7GHz 帯におけるキャリアセンスのパラメータ

		共存状態	非共存状態	備考
センシング時間	CCA 時間	4ms		
	CCA 初期化時間	5sec		CCA 時間・給電バースト時間を初期化する周期
センシング閾値	隣接チャンネル	-75dBm		5680~5730MHz
	次隣接チャンネル	-72dBm		5570~5680MHz
	次隣接チャンネル以遠	-60dBm		5470~5570MHz
給電時間		8ms	192ms	

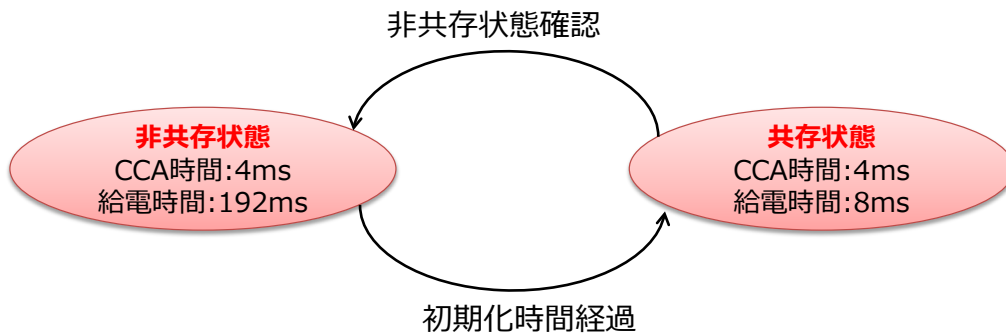
2 つのキャリアセンス状態は、図参 7. 3. 1 に示すステートマシンに従って制御され、各状態でキャリアセンス時間と給電時間が設定される。

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの標準は、共存状態として動作し、一定時間のキャリアセンスにより干渉が無いと確認された場合のみ、非共存状態へ移行する。ただし、非共存状態に移行した場合であっても、初期化時間 (5 秒) 経過後は基本状態へ戻るとした制御により監視・制御を行うものとする。

共存状態から非共存状態への移行条件 (非共存状態との認識) は、「共存状態において連続 1 秒間に渡りセンシング閾値以上の信号を検出しないこと」とする。

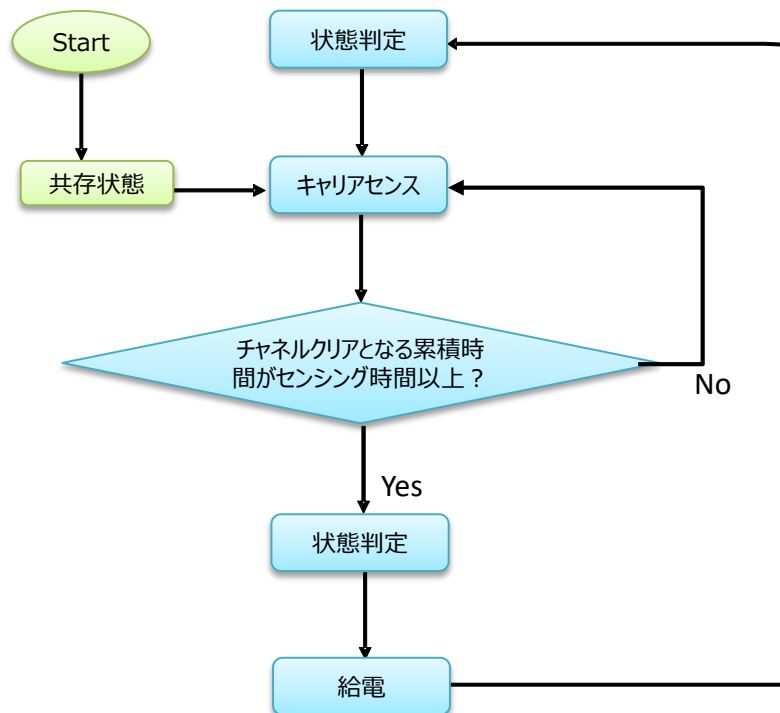
1 秒間は無線 LAN のビーコン平均周期の約 10 倍であり、検出漏れを十分に回避できる時間であると考えられる。連続 1 秒間のキャリアセンス時間においてセンシング閾値以上の信号を検出しなかった場合のみ、共存状態から被共存状態に最短で遷移するものとし、途中でセン

シング閾値以上の信号を検出した場合は、累積時間はリセットされるものとする。



図参 7.3.1 5.7GHz 帯キャリアセンスの制御ステートマシン

5.7GHz 帯のキャリアセンスの制御フローは図参 7.3.2 に示す。共存状態からスタートし、キャリアセンスと給電を行うごとに状態判定により、キャリアセンス時間及び給電時間のパラメータ更新を行い、キャリアセンスと給電処理を実施する。



図参 7.3.2 5.7GHz 帯キャリアセンスの制御フロー

キャリアセンスのセンシング閾値及び給電時間のパラメータの算出根拠となるキャリアセンスのセンシング閾値の導出にあたっては、下記の2つの条件を考慮した。

- ・条件1：送信装置からの給電電力によって、被干渉装置（他無線システム）におけるキャリアセンスがチャンネルビジーとならないこと。
- ・条件2：送信装置から被干渉装置へ到来する電力レベルが、被干渉装置における妨害波規定レベルを超えないようにすること。

条件1を満たすキャリアセンス閾値の導出の関係を図参 7.3.3 に示す。図参 7.3.3 左側に示すように、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム（送信装置）の送信電力を P1、アンテナ

ナ利得を G_1 、伝搬損を L 、被干渉装置 (Victim) のアンテナ利得を G_2 、フィルタ減衰量を L_2 とすると、被干渉装置に到来する送信装置の電力 Prx_1 は $Prx_1 = P_1 + G_1 - L + G_2 - L_2$ で表され、これがキャリアセンス閾値 Th_1 を下回れば、条件 1 を満足する状態となる。

$$Prx_1 = P_1 + G_1 - L + G_2 - L_2 < Th_1 \quad \text{式(1)}$$

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム (送信装置) 側でのキャリアセンス閾値を導出するにあたっては、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム (送信装置) が検出する被干渉装置の信号電力 Prx_2 を計算すれば良く、これは図参 7.3.3 右側に示すように $Prx_2 = P_2 + G_2 - L + G_1$ で表されるため、上記式(1)を代入することで表される。

$$Prx_2 < Th_1 + P_2 - P_1 + L_2 \quad \text{式(2)}$$

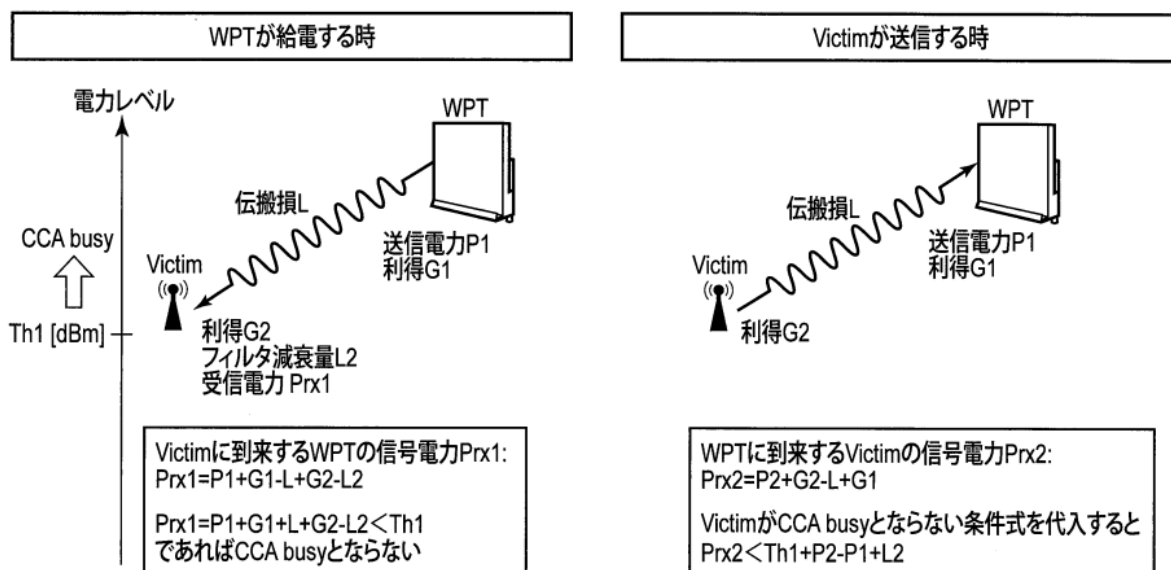
これらにより条件 1 を満たすキャリアセンス閾値が導出される。

同様に条件 2 を満たすキャリアセンス閾値の導出関係を図参 7.3.4 に示す。基本的には、条件 1 での関係と同様であるが、図参 7.3.3 でのキャリアセンス閾値 Th_1 が被干渉装置のデジタル入力レベルで規定されるのに対し、図参 7.3.4 での妨害波規定値レベル Th_2 は被干渉装置の RF 入力レベルで規定される点異なる。すなわち、条件 2 では被干渉装置でのチャンネル選択フィルタによる減衰は考慮されないため、条件 2 を満たす条件式は以下の式(3)となる。

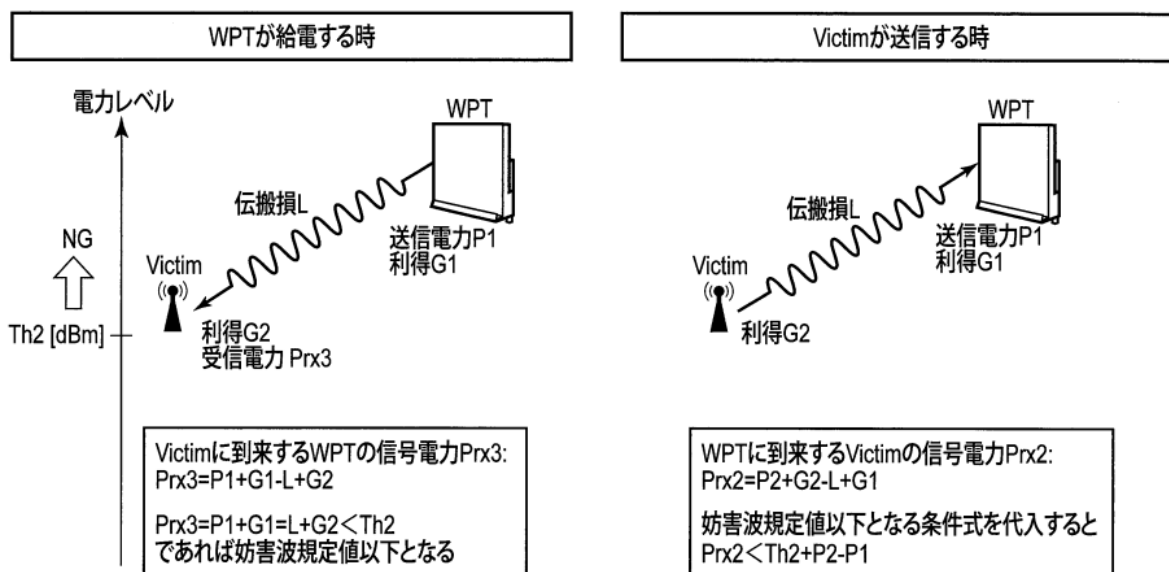
$$Prx_2 < Th_2 + P_2 - P_1 \quad \text{式(3)}$$

条件 1、条件 2 を満たすキャリアセンス閾値の計算結果例を図参 7.3.5 に示す。図参 7.3.5 の実線は条件 1 を満たすキャリアセンス閾値の計算例であり、式(2)に基づいて算出している。この計算例における Th_1 は被干渉装置側でのキャリアセンス閾値 (-62dBm)、 P_2 は被干渉装置側の送信電力 (19dBm)、 P_1 は送信装置の空中線電力 (40dBm)、 L_2 は被干渉装置側のフィルタ減衰量 (4次バタワースフィルタ)、 M はマージン (6dB) とした。

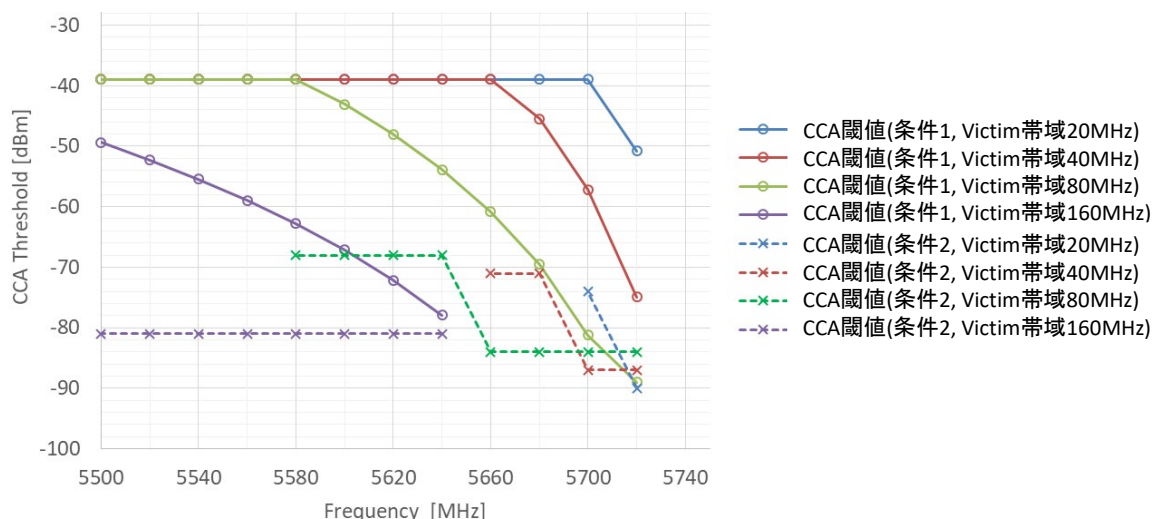
点線は条件 2 を満たすキャリアセンス閾値の計算例であり、式(3)に基づいて算出している。ここで Th_2 は被干渉装置側の妨害波規定値 (-63dBm: 隣接チャンネル、-47dBm: 次隣接チャンネル) である。



図参 7.3.3 条件 1 を満たすキャリアセンス閾値の導出



図参 7.3.4 条件2を満たすキャリアセンス閾値の導出



図参 7.3.5 キャリアセンス閾値の計算例

無線 LAN の通信特性への影響を限りなく小さくするためには、キャリアセンスのセンシング閾値として図参 7.3.5 の実線及び点線を下回る閾値を設定することが好ましい。

しかし、この場合には空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムが過度に高感度な信号検出をすることになり、給電時間が確保できなくなってしまう恐れがある。そこで、条件1及び条件2を考慮しつつ、給電との両立が図れるキャリアセンス閾値として表参 7.3.1 による値を設定した。表参 7.3.1 による閾値とした場合、条件1は概ね満足するが、条件2については十分に満たさない恐れがある。具体的には、閾値未満のレベル (-75dBm 未満) で通信する無線 LAN 端末に対して、給電装置からの信号の電力レベルが妨害波規定値以上になる可能性がある。

一方で、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムから無線 LAN 端末に対して一定程度の干渉を与えたとしても、その干渉の影響が他の無線 LAN 装置からの干渉の影響と同程度以下であれば、給電装置と無線 LAN とは共存可能であるといえる。参考文献6において、表参 7.3.1 によるキャリアセンスのパラメータを使ったシミュレーション評価を実施し、給電装置からの干渉の影響が他の無線 LAN 装置からの干渉の影響と同程度以下となることを確認した。以上の観点により、無線 LAN との共存及び給電の両立が図れる仕様として表参 7.3.1 による値

を決定した。

資料 5-3-8：受信装置の位置推定について

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム（送信装置）から受電装置を給電するにあたり、送信装置からのビームを受電装置に向け、効率的に給電する必要がある。送信装置が受電装置の位置を推定するにあたり、受電装置はビーコン信号を発出し、送信装置はビーコン信号の到来方向に、送信することにより、ビームが受電装置方向に形成されることにより効率的に給電が可能となる。

(1) 920MHz 帯

920MHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムでは、送信装置からは無指向又はブロードな指向性による送信を行い、広範囲に受電装置への給電を行うことから特定の受電装置の位置推定による送信は実施しないこととする。

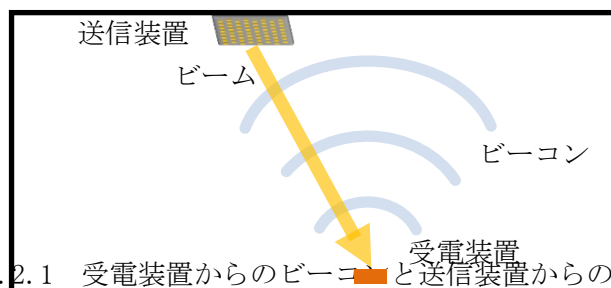
また、何らかのユースケース等にてビーコン信号を必要とする場合には、同一チャンネルを使用する RFID システムにおける信号にてこれを代用できることからこれにより行うこととし本システム独自のシステムは実施しない。

(2) 2.4GHz 帯

2.4GHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムにおける受電装置からのビーコン信号は、本システムと同一チャンネルを使用する 2.4GHz 帯高度化小電力データ通信等の既存の無線システムによる電波を使用して行うものとして本システム独自のシステムは実施しない。

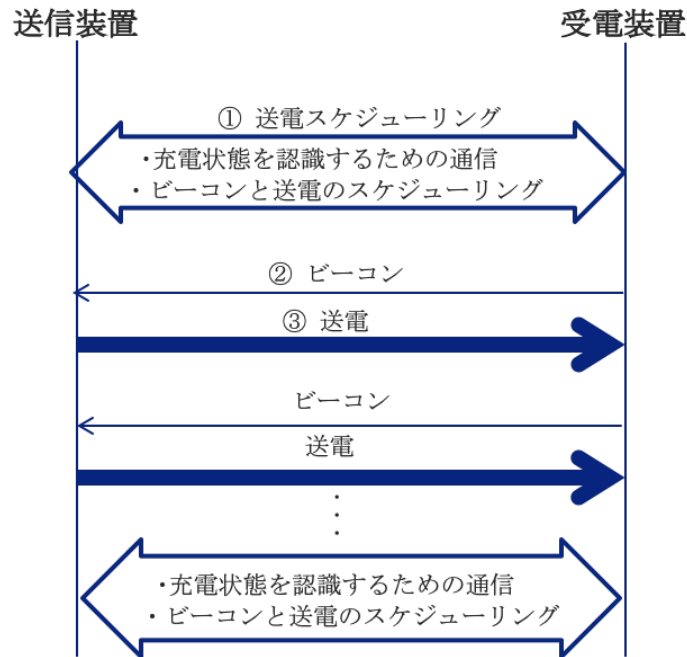
2.4GHz 帯高度化小電力データ通信を例にビーコン信号として使用する場合は、図参 8.2.2 に示す。

2.4GHz 帯高度化小電力データ通信にて送信スケジューリングを実施し、受電装置から 2.4GHz 帯高度化小電力データ通信により無指向で発出した電波を空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム（送信装置）のアンテナ素子は一定の強度以上のビーコン信号として受信した場合のみビーコン信号の到来方向に、送信することにより（レトロディレクティブ方式等）、ビームが受電装置方向に形成されることを実現する。



図参 8.2.1 受電装置からのビーコンと送信装置からのビーム

また、ビーコン信号及び送信装置からの送信に先立ち、スケジューリングでは、送信装置と受電装置は ID や負荷装置の充電状態の確認等を行う事で受電装置との認識を行うものである。また、ビーコン信号にて使用する 2.4GHz 帯高度化小電力データ通信での仕様例として比較したものを表参 8.2.3 に示す。



図参 8. 2. 2 送信装置と受電装置のフロー

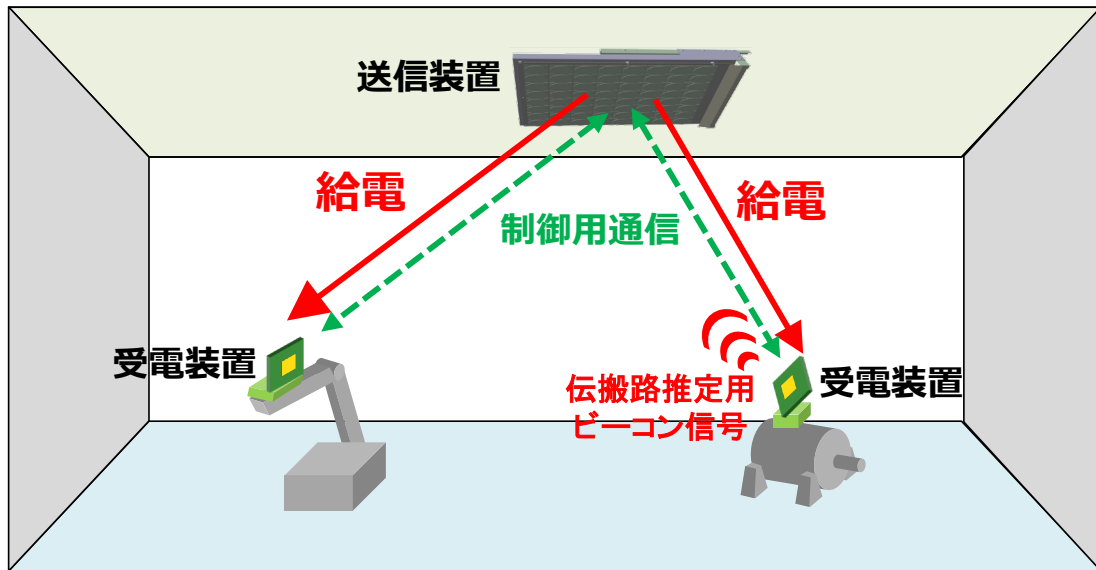
表参 8. 2. 3 送信装置と受電装置間の通信

通信の種類	①送信 スケジューリング	②ビーコン	③送信
帯域幅	2MHz	2MHz	100kHz
最大電力	3.2 mW	10 mW	15W
最大アンテナ利得	6 dBi	2 dBi	24 dBi
方向	双方向	受電装置から 送信装置	送信装置から 受電装置

(3) 5. 7GHz 帯

(ア)位置推定の制御フロー

5. 7GHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの給電は、受電端末へ向けたビーム形成をすることが必要である。給電に使用する周波数と同一の周波数を受電装置がビーコン信号として送信する機能を備えている場合、送信装置はビーコン信号を利用して給電ビーム形成を行う。また、送信装置と受電装置との間で制御用無線通信も行う必要がある。制御用通信とビーコン信号のイメージを図参 8. 3. 1 に示す。



図参 8. 3. 1 制御用通信とビーコン信号のイメージ

受電装置との制御用無線通信は、送信装置又は送信装置に接続された機器により、送信装置との間で制御用の無線通信を行う。この制御用無線通信の通信方式は、特定小電力設備等、電波法及び関連規則で定義された既存の通信を用いるものとし、通信プロトコル等の通信制御方式は、利用する通信システムの技術仕様に基づくものとして空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム独自のシステムとしては規定しない。

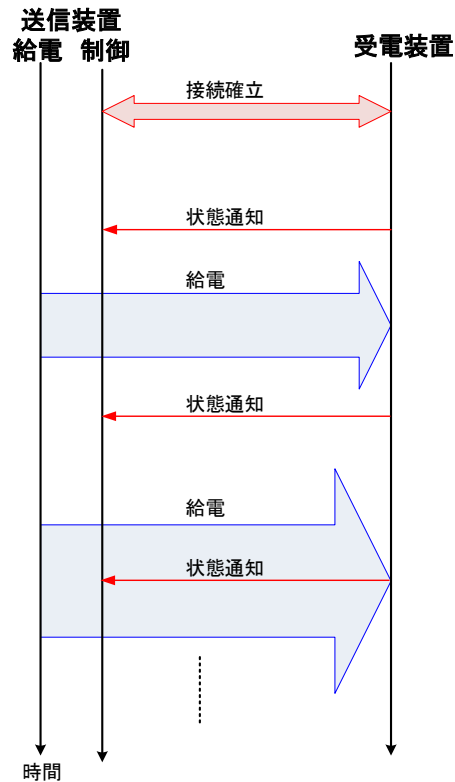
受電装置と送信装置との間では、制御用無線通信により以下のような機能を実現する。

- ・ 受電装置から送信装置に対して、受電装置の ID・受電状態・バッテリー情報等を通知
- ・ 送信装置における受電装置の位置推定
- ・ 受電装置へのビーコン要求の通知

受電装置の位置推定方法としては、制御用無線通信を利用する場合又は送信装置と同帯域のビーコン信号を使用する 2 種類いずれかの方法にて実施する。

制御用無線通信を利用する場合の送信装置との制御用無線通信のフロー例は図参 8. 3. 2 となる。送信装置と受電装置の間では、以下の 3 つのやりとりが行われる。また、送信装置は、制御用無線信号の受信情報を利用して受信装置の位置推定を行い、給電ビームを形成する。

- ① 接続確立：送信装置と受電装置との間で、制御用無線通信を介して接続確立を行う。ここで、送信装置と受電装置は、互いの固有 ID (MAC アドレス等) を交換する。
- ② 状態通知：受電装置は、制御用無線通信を介して、受電装置の ID、バッテリー情報、受電情報等を送信装置に通知する。状態通知は、給電中に行われてもよい。
- ③ 給電：送信装置は、②にて通知された情報に基づいて受電装置に対して給電を行う。

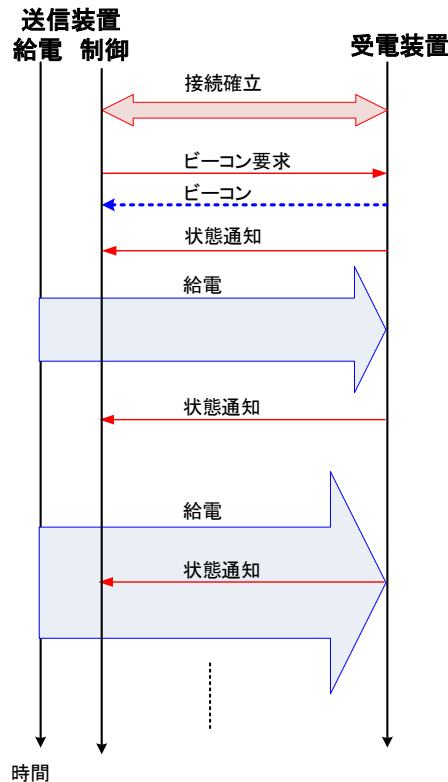


図参 8.3.2 5.7GHz 帯システムにおける制御フロー例 1

制御用無線通信とは別に、ビーコン信号を送信装置に対して送信する場合のフロー例を図参 8.3.3 に示す。

- ① 接続確立：送信装置と受信装置との間で、制御用無線通信を介して接続確立を行う。ここで、送信装置と受信装置は、互いの固有 ID (MAC アドレス等) を交換する。
- ② 状態通知：受信装置は、制御用無線通信を介して、受信装置の ID、バッテリー情報、受信情報等を送信装置に通知する。状態通知は、給電中に行われてもよい。
- ③ ビーコン要求信号：送信装置は、制御無線通信を介して受信装置にビーコン要求信号を通知する。送信装置と受信装置とは事前に接続確立を介して ID を交換しており、ビーコン要求信号には受信装置の ID が含まれている。
- ④ ビーコン信号：受信装置は、③ビーコン要求信号を受信し、自身の ID がビーコン要求信号に含まれていた場合に、ビーコン信号を送信装置に対して送信する。
- ⑤ 給電：送信装置は、②にて通知された情報に基づいて受信装置に対して給電を行う。

ビーコン信号は、制御用無線通信を通じて送信装置からビーコン要求があった場合に、送信装置と同一周波数帯の電波を発射するものとする。ビーコン信号の目的は、送信装置において受信装置に向けた給電ビーム形成を可能とすることである。



図参 8. 3. 3 5. 7GHz 帯システムの制御フロー例 2

(イ) 受信装置からのビーコン信号の要求条件

受信装置からのビーコン信号は、制御用無線通信を使用した送信装置からの指示により、送信装置と同一周波数帯の電波を放射するものとする。

受信装置がビーコン要求信号を受信してからビーコン信号を送信するまでの時間は、受信装置の低消費電力動作及び送信装置側の待ち受け動作による給電効率への影響を考慮し、10ms 以内とする。

受信装置からのビーコン信号の等価等方輻射電力 (EIRP) の上限は 0dBm とする。これは 5. 7GHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの要求条件である給電距離 10m を考慮し、10m 離れた受信装置から放射されたビーコン信号を受信した送信装置が、伝搬路を推定して給電ビームを形成するために必要な所要値である。

受信装置としては低消費電力動作の IoT センサ等が想定されるため、空中線電力の上限は -5dBm (0. 32mW) とし、空中線電力と空中線利得の合計が 0dBm 以下となる範囲で、空中線利得を調整できるものとする。

受信装置からのビーコン信号の時間長の上限は、送信装置における送受信切り替えや制御通信に伴う遅延の影響を考慮し 100ms とする。

ビーコン信号を使って給電ビームを形成した後は、給電環境が変化しない限り、同じ給電ビームを使って給電を行うため、ビーコン信号やビーコン要求信号は送信しなくてもよい。例えば、固定の場所に設置された受信装置に対して給電を行うような場合は、ビーコン信号やビーコン要求信号の送信頻度を下げることが可能となり、ビーコン信号の時間占有率は低く抑えられる。

(ウ) 受信装置からのビーコン信号における共用条件

ビーコン信号を放射する受信装置は、送信装置と比較して等価等方輻射電力 (EIRP) の上限が 0dBm と低く抑えられているため、既存無線システムへの影響という観点では送信装置の影響が支配的であり、送信装置が共存条件を満たしていれば、受信装置も十分に共存可能である。

しかし、無線 LAN に対して空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムと同じ建造物あるい

は隣の建造物等で使用される可能性があるため、キャリアセンスの必要性及び離隔距離確保の実現性について検討した。

受電装置のビーコン信号は最大等価等方輻射電力（EIRP）が 0dBm と既存無線 LAN 端末と同程度である。そのため、キャリアセンスを実施しても、無線 LAN におけるキャリアセンスと同等で良いと考えられる。

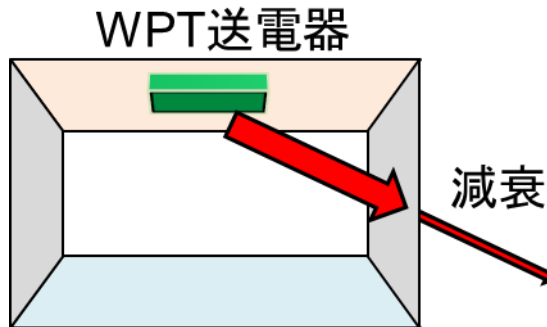
しかし、無線 LAN のキャリアセンスは、使用チャンネルと同一のチャンネルのみをキャリアセンス対象としており、受電装置は無線 LAN とは同じチャンネルを使用しないことからビーコン信号を送信する前のキャリアセンスは不要と考えられる。

また、ビーコン信号のチャンネルによっては、無線 LAN に対して隣接チャンネルとなる場合もあるが、無線 LAN の隣接チャンネルの妨害波規定値は-63dBm とビーコン信号の最大等価等方輻射電力（EIRP）である 0dBm に対して「自由空間における 1m 伝搬時の減衰量 47dB」と「5.7GHz 帯における壁損失 16dB」の合計に等しい結果となるため、受電装置と無線 LAN 機器が壁を介して 1m 以上離れていれば、隣接チャンネル利用時であっても妨害波規定値以下の干渉量となることから、ビーコン信号による空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの設置環境外の無線 LAN システムとは共用可能である。

資料 5-3-9：壁等の通過時の損失について

(1) 検討の背景

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムは、屋内に設置することとなる。それに対して被干渉局は、屋外設置又は他建物などに設置されるため、図参 9.1 に示すように壁等による通過損失により、減衰した電力となる。本資料では、壁等の面通過時の損失値について検討を実施した。



図参 9.1 外壁による屋外漏洩の減衰

(2) ITU-R にて定義される損失モデル

標準的な壁等の通過損失値として、ITU-R Recommendation P.2109-0 “Prediction of building entry loss” 第3節にて定義され、損失モデル(Building entry loss model)を利用することで算出することが可能である。

通過損失値は外壁材量に依存するため、同モデルでは電磁波反射特性の高い遮熱・断熱材を用いた外壁” Thermally efficient” 及びそれらを利用しない外壁” Traditional” の2種が提供されており、損失の中央値を求めることが可能である。以下に損失モデルの計算式を示す。また、損失は周波数にも依存するため、周波数依存性も考慮した式となっている。

$$L_h = r + s \log(f) + t(\log(f))^2$$

算出式の L_h は通過損失の中央値、 r 、 s 、 t は表参 7.1 に示す定数、 f は通過周波数(GHz)となる。空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムで使用する3周波数帯の代表周波数に対する計算結果を表参 7.2 に示す。

” Thermally efficient” モデルは” Traditional” に対し 15dB 程度損失が大きいモデルとなっているが、すべての外壁に断熱・遮熱材料が用いられていることは考えにくいいため、使用する通過損失としては、” Traditional” モデルの値を基準に検討した。

表参 9.1 ITU-R RR P.2109-0 損失モデルに用いる定数一覧

	r	s	t
Traditional	12.64	3.72	0.96
Thermally efficient	28.19	-3.00	8.48

表参 9.2 空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムで利用する3周波数帯に対する L_h 計算結果

	920MHz	2450MHz	5750MHz
L_h (Traditional)	12.5 dB	14.2 dB	16.0 dB
L_h (Thermally efficient)	28.3 dB	28.3 dB	30.8 dB

(3) 実際の各種外壁材の損失

損失モデルにて定義された損失値の妥当性を検証するため、実際に外壁材の測定を行った文献の調査を実施した。外壁材などの通過損失については、鉄筋コンクリート等によるシミュ

レーションと実際の損失による検証論文がみられ、シミュレーションでは、コンクリート等の材料の比誘電率と鉄骨等を導電性メッシュとしてモデル化したものであり、実測結果と比較して数 dB 程度の差で一致している。※2

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムを使用する工場、介護施設、オフィス等では、鉄筋コンクリート（RC 構造）又は軽量気泡コンクリート（ALC 材）が外壁として多く使用されている。

軽量気泡コンクリート壁（ALC 材）における通過損失の測定値を表参 9.3 に示す。通過損失の最小値は、ITU-R にて定義されたモデル計算値を上回る結果となっている。

表参 9.3 軽量気泡コンクリート壁の損失測定例

	810MHz	2500MHz	5000MHz
損失最小値	11 dB	18 dB	35 dB
損失最大値	15 dB	27 dB	49 dB
損失中央値	13 dB	22.5 dB	42 dB

(4) 窓等の外壁部以外の損失

窓ガラスにおける実際の通過損失としては、金属膜等をコーティングした Low-E ガラスについては、壁損失と同等又はそれ以上の通過損失が期待できる。しかし、ワイヤーなどの金網を封入した網入りガラスでも 10dB 程度までしか期待できない。※3

しかし、電磁波のシールド目的としたガラス貼付けフィルムが広く使用されており、これらは 20dB 以上の通過損失を明記しているものであり、Low-E ガラス以外の既設ガラスを使用した窓においてもこれらのシールド対策を実施する事で ITU-R にて定義されたモデル計算値の壁損失と同等にすることは可能となる。

(5) 遮蔽損失値と実環境について

干渉検討に用いる屋内から屋外への通過損失値については、最近の建物では環境等への配慮から高い遮熱・断熱材を用いた外壁が多く使用されているが、工場などの従来建築物も多く利用されることから ITU-R の損失モデルに基づく“Traditional”モデルの値を基準とし、920MHz 帯に関しては、仕様モデルとして使用している RFID における干渉検討にて使用されている厳しい値 10dB を使用する事とした。

また、鉄筋コンクリート（RC 構造）又は軽量気泡コンクリート（ALC 材）などは厚さや製造メーカーによる差が発生する壁での損失については、実際の測定結果、メーカー等による評価データ又は今後の研究発表資料などによる損失値を使用することで個別の共用検討にて使用できるものとする。

表参 9.4 干渉検討に使用する壁等の損失値

	920MHz 帯	2.4GHz 帯	5.7GHz 帯
干渉検討に使用する損失値	10.0 dB	14.0 dB	16.0 dB

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムを使用する屋内環境における窓については、干渉検討に使用する壁損失と同等又はそれ以上の損失を確保できる様な対策を実施するものとして、Low-E ガラスなどの高損失となるガラスを使用するか既存の窓ガラスに電磁シールドシートなどの対策を実施する事で壁損失以上の通過損失を確保された環境での空間伝送型ワイヤレス電力伝送の屋内使用環境とする対策を行うものとする。

また、壁損失以上となる対策については壁損失、実際の通過損失を測定した場合には測定結果を用いることとし、窓への対策にて得られる高い損失値は使用しない事とした。

参考文献

※1 遠藤他 “屋内電波環境推定のための一般建築材料の透過反射特性に関する実験的検討”，

日本建築学会環境系論文集, 第 587 号, 71-78, 2005 年 1 月

- ※2 遠藤他 “屋内電波環境推定のための一般建築材料の透過反射特性に関する実験的検討”
大成建設技術センター報 第 38 号 (2005)
- ※3 松野他 “ガラス透過損失による屋内-屋外伝搬に関する実験的検討”
信学技報 A・P2014-125 (2014-10)

資料 5-3-10：共用条件検討で使用した伝搬モデルについて

共用条件検討において、所要改善量、必要離隔距離算出に利用した伝搬モデルを示す。なお以下伝搬モデルで用いている対数 (log) は全て底が 10 となる常用対数である。

(1) 自由空間伝搬モデル

自由空間伝搬損失は、あるポイントのエネルギーが同心円状に拡散するような理想環境において示される伝搬損失式である。伝搬損失 L [dB] の式を以下に示す。

$$\begin{aligned} L &= 20 \log \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right) = 20 \log \left(\frac{4\pi f d}{c} \right) = 20 \log f + 20 \log d + 20 \log \left(\frac{4\pi}{c} \right) \\ &= 20 \log f + 20 \log d + 32.4 [\text{dB}] \end{aligned}$$

f: 周波数 [MHz]

d: 距離 [km]

c: 光速 3.0×10^8 [m/s]

同心円の表面積が $SS = 4\pi d^2$ で表され、エネルギーは表面積で割った値に減少する。よって伝搬損失は距離の二乗に反比例して減衰することになる

(2) SEAMCAT 拡張秦モデル

無線システム間の干渉評価として、勧告 ITU-R SM. 2028 で示されるモンテカルロシミュレーションに基づく干渉評価ソフトウェア SEAMCAT (Spectrum Engineering Advanced Monte-Carlo Analysis Tool) がある。このソフトウェアはヨーロッパ CEPT の Spectrum Engineering WG で開発され、携帯電話システムを中心として多くのシステム干渉検討に用いられている実績を持つ。SEAMCAT で使用する与干渉局と被干渉局との間の伝搬モデルには、前述の拡張秦モデルが用意されている。

伝搬距離、環境、周波数範囲によって伝搬損失を求める式を分けている。伝搬損失計算式を表参 10.1 に示す。

表参 10.1 SEAMCAT 秦式モデルで用いる伝搬損失計算式

【表作成中】

この伝搬損失式で計算した結果が自由空間伝搬損失より小さい値を示す場合、 L は自由空間伝搬損失値に置き換える。

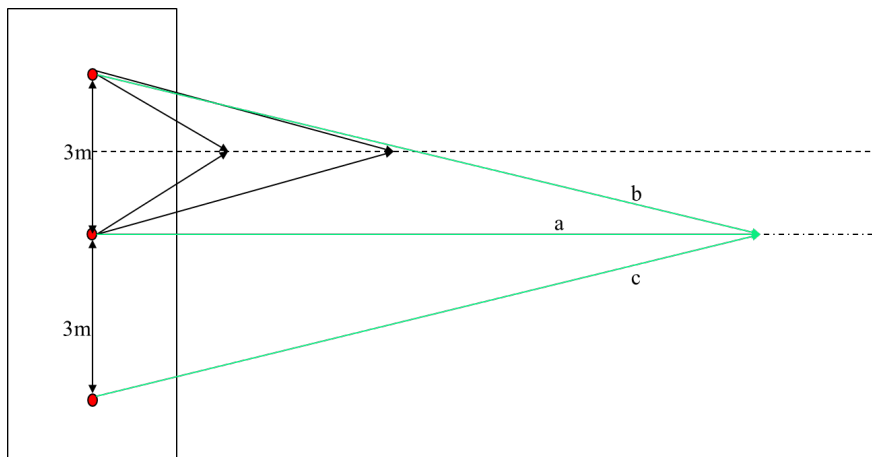
本検討では拡張秦式 SRD (Short Range Device) を使用した。

資料 5-3-11：複数送信による空間影響について

複数送信装置による他システムへの干渉としては、空間合成による干渉の増加が考えられ、基本的な空間合成の考え方について整理すると共に位相を考慮しない複数送信による影響をシミュレーションによる検討を実施した。

(1) 屋外への複数送信による影響について

複数の送信装置から同一周波数において任意の空間上で同相合成となる環境において干渉量が増加する可能性がある。この場合、送信装置から輻射される電波の位相が同期（同一）であれば伝搬による遅延を考慮しても 2 台の送信装置の中心点の延長線上が同相合成となり 2 倍となる。一方、3 台の場合では、同相とはならないが $\lambda/4$ の位相差内となる距離は送信装置の間隔が 3m とした場合に 2.4GHz 帯にて約 145m、5.7GHz 帯にて約 346m となる。(図参 11.1)



図参 11.1 同相合成となる距離条件

送信装置から輻射される電波の位相について送信波 CW による無変調波であることから位相周期が揃う必要があり、2つの電波がベクトル的に加算される周期の差を $\lambda/4$ 以下とするためには数 10p~100ps の時間差が必要となり、同期を取るための補助装置 (1PPS 信号等) が無い環境では極めて低い確率となる。

2.4GHz 帯と 5.7GHz 帯の空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムではビーム可変空中線を使用する。これは複数素子空中線を使用したビームフォーミングアンテナであり位相や電力を制御する事でビーム可変をおこなうもので放射される電波の位相は、指向方向が異なれば同一とはなりづらい。また、可変位相器などの RF コンポーネントによる製造個体差の補正を必要とする装置となることから送信装置を同期するための技術を使用しなければ、同一指向性でも輻射された電波には、位相差が発生する。

屋外等への複数台装置による干渉については、近距離では 2 台、150m 以上から複数台による干渉検討が必要となるが、送信装置から 10m 程度で許容干渉値以下となる結果であれば、合成による増加は伝搬損失の増加により相殺される事から 2 台を超える干渉合成は許容値以下になると考えられる。

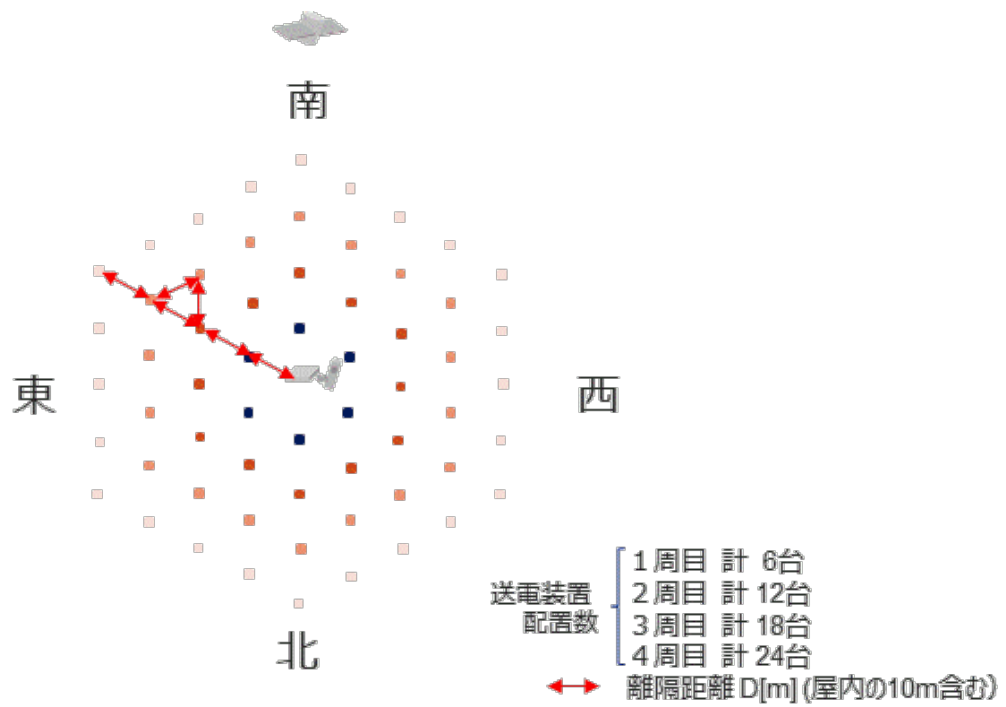
また、2 台の送信装置の合成においても空中線の特性と信号発生器の同期を考えると発生したとしても極めて低い確率でしか発生しない。

(2) 複数送信におけるシミュレーションについて

2.4GHz 帯にて実施したシミュレーションモデルを図参 11.2、計算パラメータを表参 11.1 に示す。シミュレーションでは被干渉システム (本シミュレーションでは移動衛星通信端末) を中心におき、送信装置を周囲に 10m 間隔で複数台設置 (6 台、12 台、18 台、24 台) した際の合成受信電力について実施した。ただし、本シミュレーションでは位相差による減衰は考慮しないものとして実施した。

表参 11.1 複数設置時のシミュレーションパラメータ

計算パラメータ		帯域内	帯域外
通信衛星への仰角 (度)		37.1	
送信装置	周波数 (MHz)	2490	
	最大電力 (dBm/MHz)	-34.2	41.8
	アンテナ利得	アンテナパターンによる	
	メインローブの角度 (度)	N/A	60
伝搬路	壁の透過損失 (dB)	14.0	
	伝搬損失 (dB)	自由空間損失	
移動衛星通信端末 (受信)	周波数 (MHz)	2500	
	アンテナ利得 (dBi)	12.6	
	設置地上高 (m)	0 及び 1.5	
	指向性減衰量	アンテナパターンによる	



図参 11.2 複数設置時のシミュレーションモデル

シミュレーション結果を図参 11.3～11.6 に示す。いずれの結果についても 5 m を超えた付近より台数による差は見られない結果となり複数台による影響は少ないものと考えられる。

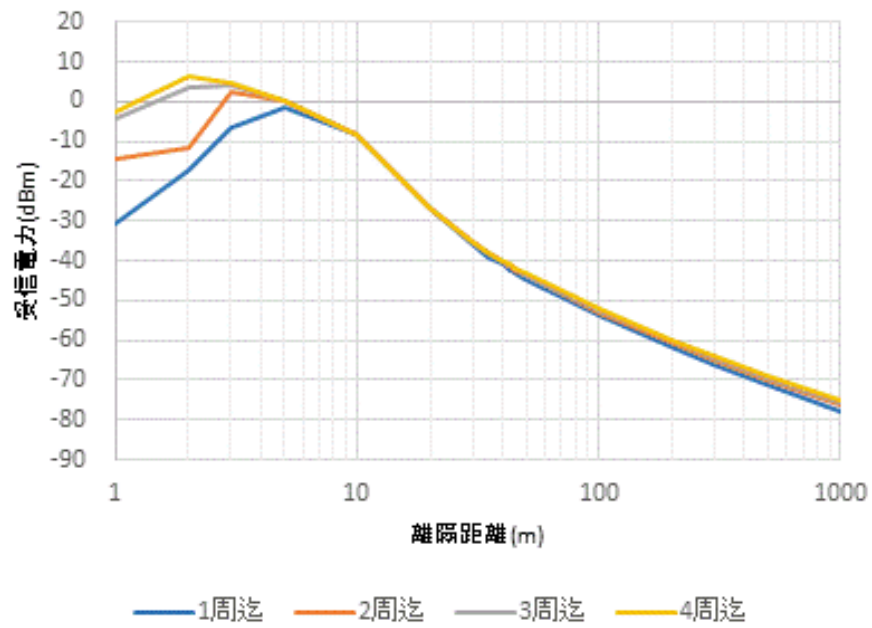


図 11.3 複数台による帯域内干渉電力（端末地上高 0m）

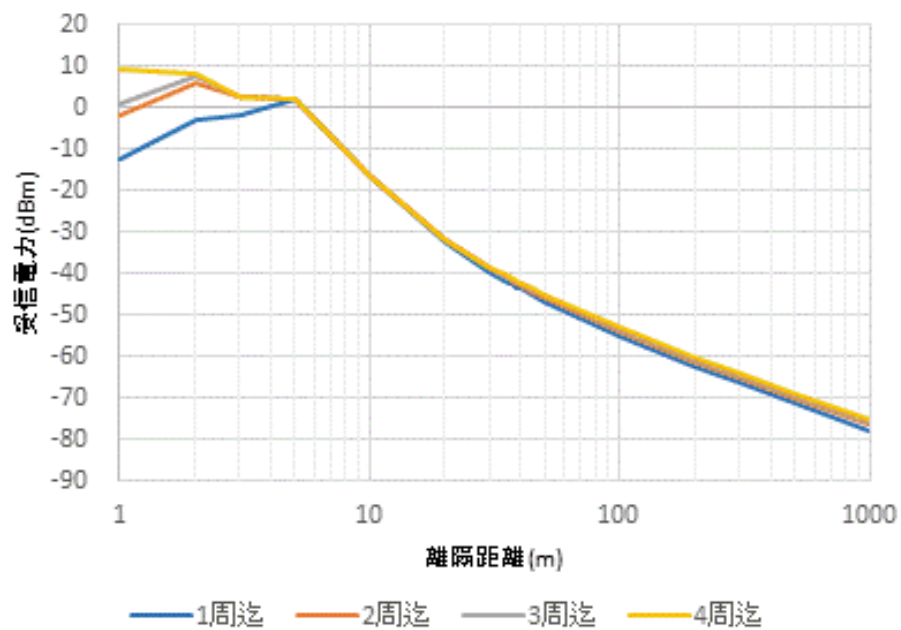


図 11.4 複数台による帯域内干渉電力（端末地上高 1.5m）

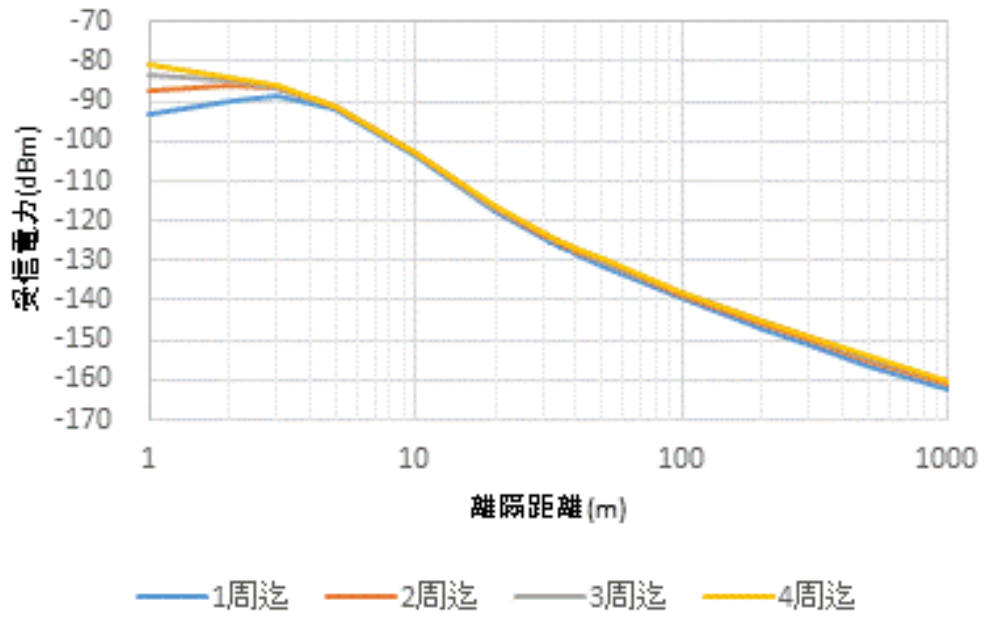


図 11.5 複数台による帯域外干渉電力（端末地上高 0m）

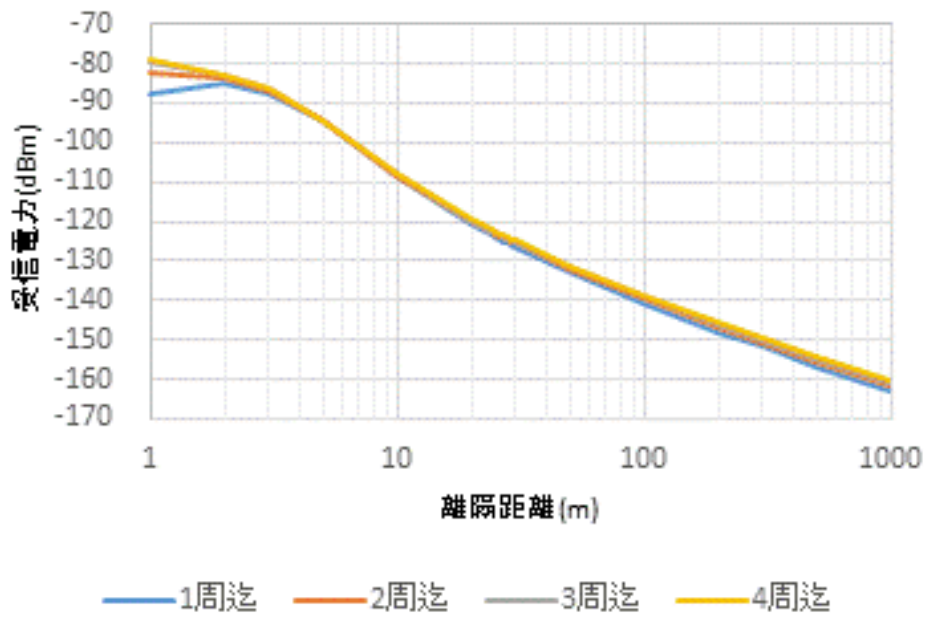


図 11.6 複数台による帯域外干渉電力（端末地上高 1.5m）

資料 5-3-12 : 920MHz 帯 1W 以下無線局について

【文書については作成中】

(1) 920MHz 帯におけるユースケース

(2) 920MHz 帯空中線電力 1W 以下での周囲への影響

(3) 空中線電力 1W 以下の 920MHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの取扱いについて