

情報通信審議会 情報通信技術分科会

陸上無線通信委員会

報告（案）

諮問第 2043 号

「空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの技術的条件」のうち

「構内における空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの技術的条件」

目次

I	検討事項	1
II	委員会及び作業班の構成	1
III	検討経過	1
IV	検討概要	3
第1章	検討の背景	3
1.1	ワイヤレス電力伝送システムの現状と動向	3
1.2	空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの仕組み	6
1.3	空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの制度化に向けた検討	7
1.4	空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの市場規模予測	9
1.5	グローバルマーケットの動向	12
1.6	本システムの導入による市場規模予測	13
第2章	電波利用に対する要求条件	17
2.1	空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの利用のニーズ	17
2.2	要求条件	17
第3章	他の無線システムとの周波数共用条件	33
3.1	共用検討の条件	33
3.2	共用検討パラメータ	40
3.3	他の無線システムとの周波数共用条件	44
3.4	電波防護指針への適合性	79
3.5	その他留意事項	82
第4章	空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの技術的条件	83
4.1	920MHz 帯システムの技術的条件	83
4.2	2.4GHz 帯システムの技術的条件	90
4.3	5.7GHz 帯システムの技術的条件	97
第5章	国際標準化等の動向	106
第6章	今後の検討課題等	111
参考資料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	116
(1)	920MHz 帯	116
(2)	2.4GHz 帯	125
(3)	5.7GHz 帯	129
参考資料2	：設置環境等について	134
(1)	設置環境	134
(2)	運用調整	134
(3)	同一敷地内での送信装置の移設等について	135
(4)	人体及び被干渉機器との回避・共用	135

(5) 送信空中線の設置について	136
(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 ..	136
参考資料 3 : 対象システムにおける電波の安全性	137
(1) 安全性の検討	137
(2) 920MHz 帯	139
(3) 2.4GHz 帯	141
(4) 5.7GHz 帯	142
(5) 20 点法による算出	143
参考資料 4 : 920MHz 帯における共用検討について	144
(1) 共用検討対象システム及び検討の絞り込み	144
(2) 高度 MCA システム	145
(3) 携帯電話システム	149
(4) 電波天文	153
参考資料 5 : 2.4GHz 帯における共用検討について	159
(1) 2.4GHz 帯無線 LAN システム	159
(2) 構内無線局等	164
(3) 無人移動体高速伝送システム	165
(4) 移動体衛星通信システム (N-STAR)	166
(5) 移動体衛星通信システム (グローバルスター)	170
(6) 放送事業用 FPU システム	172
(7) 電波ビーコン	181
(8) 電波天文	183
(9) アマチュア無線	185
参考資料 6 : 5.7GHz 帯における共用検討について	187
(1) 無線 LAN システム	187
(2) DSRC (狭域通信) システム	192
(3) 放送業務用 STL/TTL システム	196
(4) 放送事業用 FPU/TSL システム	198
(5) 無人移動体高速伝送システム	202
(6) 気象レーダー	203
(7) 電波天文	204
(8) アマチュア無線	206
参考資料 7 : キャリアセンスについて	208
(1) 920MHz 帯	208
(2) 2.4GHz 帯	208
(3) 5.7GHz 帯	209
(4) 5.7GHz 帯のキャリアセンスのパラメータ算出	211
参考資料 8 : 受信装置の位置推定について	214
(1) 920MHz 帯	214
(2) 2.4GHz 帯	214

(3) 5.7GHz 帯.....	2 1 5
参考資料 9 : 壁等の通過時の損失について.....	2 2 0
(1) 検討の背景	2 2 0
(2) ITU-R にて定義される損失モデル.....	2 2 0
(3) 実際の各種外壁材の損失	2 2 0
(4) 窓等の壁以外の損失	2 2 1
(5) 遮蔽損失値と実環境について	2 2 1
参考資料 1 0 : 共用条件検討で使用了た伝搬モデルについて.....	2 2 3
(1) 自由空間伝搬モデル	2 2 3
(2) SEAMCAT 拡張秦モデル	2 2 3
(3) クラッタ損失	2 2 5
参考資料 1 1 : 複数送信による空間影響について.....	2 2 7
(1) 屋外への複数送信による影響について	2 2 7
(2) 複数送信におけるシミュレーションについて	2 2 7
参考資料 1 2 : 920MHz 帯 1W 以下無線局の取扱いについて	2 3 1
(1) 920MHz 帯におけるユースケース.....	2 3 1
(2) 920MHz 帯の周囲への影響.....	2 3 1
(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について	2 3 2

I 検討事項

情報通信審議会情報通信技術分科陸上無線通信委員会（以下「委員会」という。）は、電気通信技術審議会諮問第2043号「空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの技術的条件」に基づき、構内における空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの技術的条件について検討を行った。

II 委員会及び作業班の構成

委員会は、検討の促進を図るために委員会の下に設置された空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム作業班（以下「作業班」という。）で検討を行った。

委員会及び作業班の構成は、それぞれ別表1及び別表2のとおりである。

III 検討経過

委員会及び作業班での検討経過は、以下のとおりである。

1. 委員会

ア 第46回（平成31年1月16日）

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの技術的条件について検討するために作業班の開始が承認された。

イ 第47回（平成31年2月7日）

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの技術的条件に関する提案募集の結果について、また当該結果を踏まえ作業班において検討を進めることについて報告を行った。

ウ 第54回（令和2年2月6日）

作業班において取りまとめられた空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの技術的条件に関する報告書案について検討を行った。

2. 作業班

ア 第1回（平成31年2月20日）

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの技術的条件について検討するために作業班の設立が承認された。

作業班の設置及び主任の指名について説明があり、主任代理及び構成員の指名並びにスケジュールについて確認等が行われた。また、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの技術的条件に関する提案募集の結果等について説明があり、今後の検討課題等について議論が行われた。

イ 第2回（平成31年4月9日）

各周波数帯における無線通信との共用条件案について議論が行われた。

ウ 第3回（令和元年5月23日）

各周波数帯における無線通信との共用条件案について議論が行われた。

- エ 第4回（令和元年7月9日）
各周波数帯における無線通信との共用条件案について議論が行われた。
- オ 第5回（令和元年12月6日）
各周波数帯における無線通信との共用条件案について議論が行われた。
- カ 第6回（令和2年1月10日）
各周波数帯における無線通信との共用条件案、報告書案について議論が行われた。
- キ 第7回（令和2年1月31日）
各周波数帯における無線通信との共用条件案、報告書案について議論が行われた。

IV 検討概要

第1章 検討の背景

1.1 ワイヤレス電力伝送システムの現状と動向

近年、家電製品や電気自動車等において、無線技術により迅速かつ容易に充電できるワイヤレス電力伝送システム（以下「WPTシステム」という。）のニーズが高まっている。WPTシステムは、磁界結合等の方式により、電源コードを用いることなく、送電部から受電部に対して電力を伝送できる一方で、WPTシステムから放射される漏えい電波が課題となる。そのため、総務省では、WPTシステムの導入に当たり、他の無線通信システムとの共用のための技術的条件を検討し、これまで、磁界結合・電界結合等の近接結合型 WPT システムに関する制度化を行ってきた。

磁界結合等の近接結合型の WPT システムでは、送電部と受電部を接近させて使用するが、これらの方式とは異なり、遠く離れた場所にあるデバイスへの電力伝送を目的として、電波によって電力を伝送する仕組み（空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム）の研究開発が進められている。

近接結合型の WPT システムの有効伝送距離が数十 cm であるのに対し、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムでは 10m 以上離れたデバイスにも電力伝送が可能（空中線電力等による）となるため、家庭内や工場内にある電子機器のワイヤレス化をはじめ、災害時の遠隔地へ向けた電力伝送等、その展開に期待が寄せられている。



図 1.1.1 空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムへの期待

特に近年は、IoT 技術の進展により、センサによる稼働状態等のデータ取得・蓄積が増加し、それらのデータを生産管理等に利用するセンサネットワークを活用したシステムの普及・拡大が進んでいる。空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムにてこれらのセンサへ給電し、利用する

ことで電池交換作業のために稼働を停止させる必要が無くなる。これにより工場等の 24 時間稼働と省力化が可能となる利点から、産業界からの導入を希望する声が多く、実証実験も行われている。また、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムを用いることで、配線の問題を解決、太陽電池で課題となるセンサへの汚れ付着や照度不足となる課題も解決する空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの利点は、各種センサの利用の増加が予想される今後の IoT 化社会の発展にとって、非常に有効であると考えられる。

●**遍在するコンピュータへの電力供給に利用**
 ✓電源ケーブルが引けない場合や、少し離れたデバイスに手軽に給電

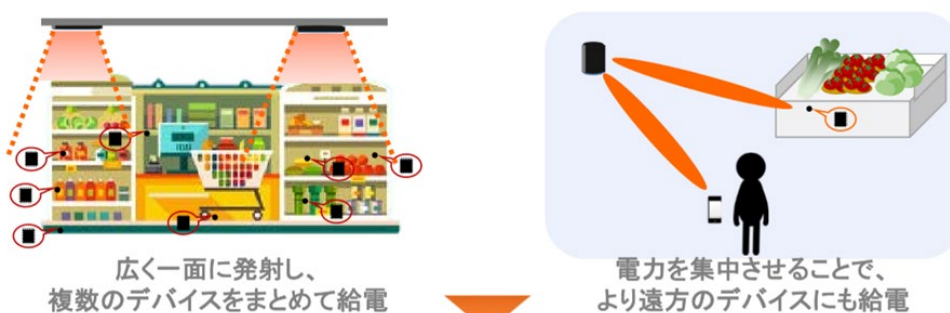


図 1. 1. 2 空間伝送型ワイヤレス電力伝送の利用シーン

【国内の実証実験の事例】

京都大学では、京都大学センター・オブ・イノベーション・プログラムの一環として、国家戦略特別区域の制度を活用した特定実験試験局制度を用いて、次のような民間企業との共同実証実験が実施されている。

- (ア) 5W の空中線電力で 10m 先のセンサを駆動し、データを収集するセンサネットワークシステムの社会実証実験（京都大学、パナソニック）
- (イ) 100W の空中線電力で約 30W の充電を行うといった電動車両向けの空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの社会実証実験（京都大学、三菱重工業株式会社）



図 1. 1. 3 センサネットワークシステムの社会実証実験（ア）

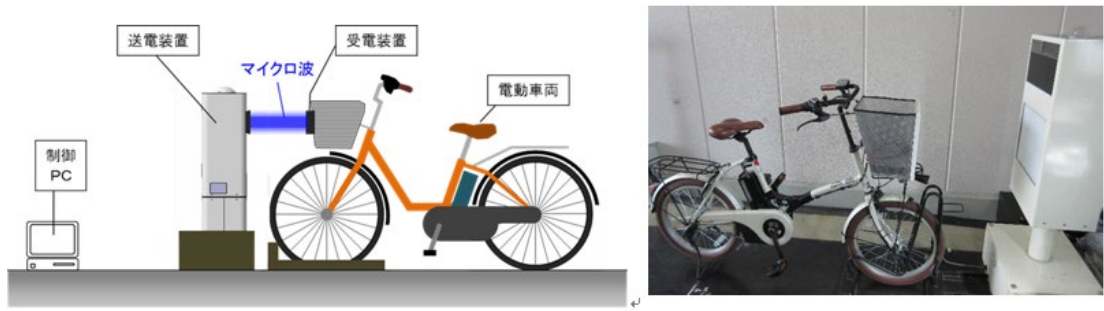


図 1. 1. 4 電動車両向け空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの社会実証実験（イ）

また、高度利用を目指した内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム（SIP：エスアイビー）の第2期研究開発計画のテーマの一つである「IoE 社会のエネルギーシステム」（2018年度から5カ年計画）において、遠距離・高効率・大電力で安全な空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムを用いたエネルギーマネジメントの実現に向けた技術の研究開発が課題の一つとなっている。

そこでは、我が国が強みを持つ次世代半導体を基にした高周波デバイスの研究開発、WPTシステムの送信側・受信側の高効率化、高度伝送制御技術の研究開発等の基盤要素技術の研究開発を実施するとともに、屋外でのマイクロ波電力伝送（ドローン（インフラ維持・管理））及び屋内でのマイクロ波電力伝送（センサや情報機器等）の社会実装に向けたシステムの研究開発、安全性確保、標準化等の実用化まで、一貫した取組にて推進されている※1



図 1. 1. 5 SIP 第 2 期にて推進する WPT 研究概要

※1 周波数資源開発シンポジウム 2019 資料 篠原,2019

1.2 空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの仕組み

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムは、送信／受電間で空中線を対向させ、電波として電力を伝送する方式であるため、無線通信システムと同様に遠距離への送信が可能となる。

また、一方で放射された電波が他の無線通信に干渉を与えるおそれや送信装置の近くに人が立ち入ることによる電波暴露が想定されるため、他の無線通信システムと同様に無線通信システムとの共用検討や電波の生体への安全性について考慮する必要がある。

送信側の空中線には、無線通信システムと同様に、1つの受電装置への送信に対しては、指向性の鋭いパラボラアンテナやアレーアンテナ等、同時に複数を受電する場合には、無指向性又はセクタビーム等のブロードな指向性を持つ空中線が用いられ、受電側には、空中線素子で受信した高周波信号を、整流回路を介して電力として取り出すまでを一体構造としたレクテナと呼ばれる空中線が用いられる。

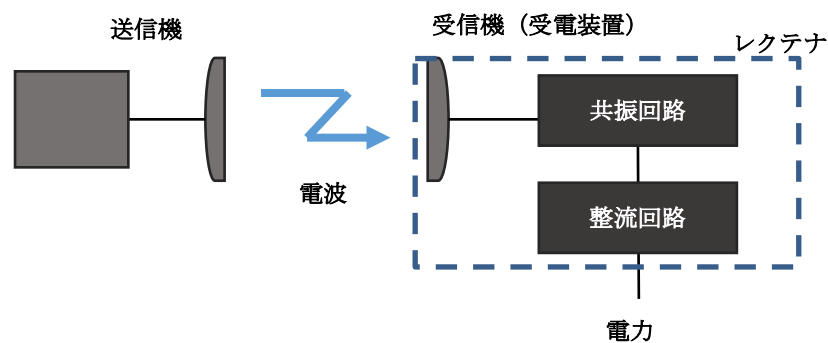


図 1.2.1 空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの仕組み

1.3 空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの制度化に向けた検討

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムは、既に実用化されているコイルを介した磁界結合型ワイヤレス電力伝送システムや電極を介した電界結合型ワイヤレス電力伝送システムと異なり、空中線を用いて空間へ意図的に電波を発射することで電力を伝送するという性格を有している。このため、2018年（平成30年）8月に公表された「電波有効利用成長戦略懇談会」の報告書において、「空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム」の実用化に係る制度整備に当たっては、周波数の割当てや無線従事者の配置、受信設備への規律等が必要になると考えられることから、基本的には、無線設備として規律していくことが適当と考えられるとの提言がなされた。

○ 制度整備に当たっての考慮すべき課題等

● 周波数割当て

- ✓ 無線局（無線設備及び無線設備の操作を行う者の総体）には、電波有効利用に配慮しつつ、使用目的に沿った個別の周波数が割り当てられる。免許審査では、他の無線局との干渉検討を実施する。
- ✓ 高周波利用設備は、電波を意図的に発射するものではないため、個別の周波数は割り当てられない。許可審査でも、他の無線局との干渉検討は実施しない。

● 操作者

- ✓ 無線局には原則、無線設備の操作を行う無線従事者の配置が必要。
- ✓ 高周波利用設備は、操作者に関する規定はない。

● 有効期間

- ✓ 無線局免許の有効期間は、5年。
- ✓ 高周波利用設備には、許可の有効期間はない。

● 受信設備に係る規律

- ✓ 無線設備には、受信設備の規律がある。
- ✓ 高周波利用設備には、送信・受信の概念がないため、受信設備に係る規律はない。

● 電波利用料等

- ✓ 無線局は、電波利用料や手数料を徴収。
- ✓ 高周波利用設備は、電波利用料や手数料徴収の対象ではない。

本提言を受け、平成30年12月12日に「空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの技術的条件」について情報通信審議会へ諮問がなされ、これを受け、情報通信技術分科会 陸上無線通信委員会に空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム作業班を設置する運びとなった。

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの技術的条件の検討に当たり、導入を希望する空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの条件（送受信距離、利用周波数、空中線電力等）について平成31年1月に一般に広く募集が行われた。表1.3.1に提案募集の結果を示す。

表 1.3.1 「空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの技術的条件」に関する提案募集の結果

提案提出者	提案された 実用化の時期等	提案されたユースケース (出力は空中線電力)
ブロードバンドワイヤレスフォーラム(BWF) ワイヤレス電力伝送WG(WPT-WG)	第1ステップ 2020年実用化	屋内利用 1W~32W ・IoTセンサーネットワーク、モバイル機器への給電
	第2ステップ 2022年頃実用化	屋内・屋外利用 5W~32W ・屋外を含むIoTセンサーネットワーク、モバイル機器への給電
	第3ステップ以降	屋内・屋外利用・大電力 ~kWクラス ・スマートモビリティ、ロボット・ドローンへの給電・充電 ・災害時の電力供給等
パナソニック株式会社、オムロン株式会社、 株式会社東芝、電気興業株式会社、 新潟大学、信州大学、岩手大学、 千葉大学	事業化時期の目標 2024~2025年 制度化検討 2022~23年	広範囲のセンサへの小電力供給 0.25W~5W ・工場内の生産及び品質管理 ・エイジフリー事業における監視 センサ及びモバイル機器への中電力給電 5W~32W ・工場におけるセンサやロボットへの給電 ・インフラ点検 ・モバイル機器への給電
東京電力ホールディングス株式会社、 三菱電機株式会社、京都大学	想定する実用化時期 2030年代	屋外でのマイクロ波によるドローン等への給電 1kW ・インフラ点検、物流、農業や非常災害時対応等への活用

作業班では、提案募集の結果等を踏まえ、無線設備との共用、生体への安全性等、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの技術的条件について検討を行った。

1.4 空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの市場規模予測

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（第47回）の資料47-3-2「空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの技術的条件」に関する提案（ブロードバンドワイヤレスフォーラム）における2025年の国内での空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの市場規模予測は、表1.4.1に示すように合計5,520億円である。

表1.4.1 2025年の国内での空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの市場規模予測
(ブロードバンドワイヤレスフォーラムにおいて試算)

用途	市場規模予測金額 (2025年、国内)
①FA/IoT センサ	3,750 億円
②介護・見守り用途センサ	500 億円
③モバイル端末（スマートフォン、タブレット等）	1,270 億円
合計	5,520 億円

この予測値は、FA/IoT センサ、スマートフォン、タブレットの数量、市場規模予測から下記のように推定した値である。

①FA/IoT センサ

2025年のIoTセンサシステムは、250万システム、12.5兆円規模（矢野経済研究所資料より推定）。うち、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム搭載率30%、システム中の空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムコスト比率10%として算出。

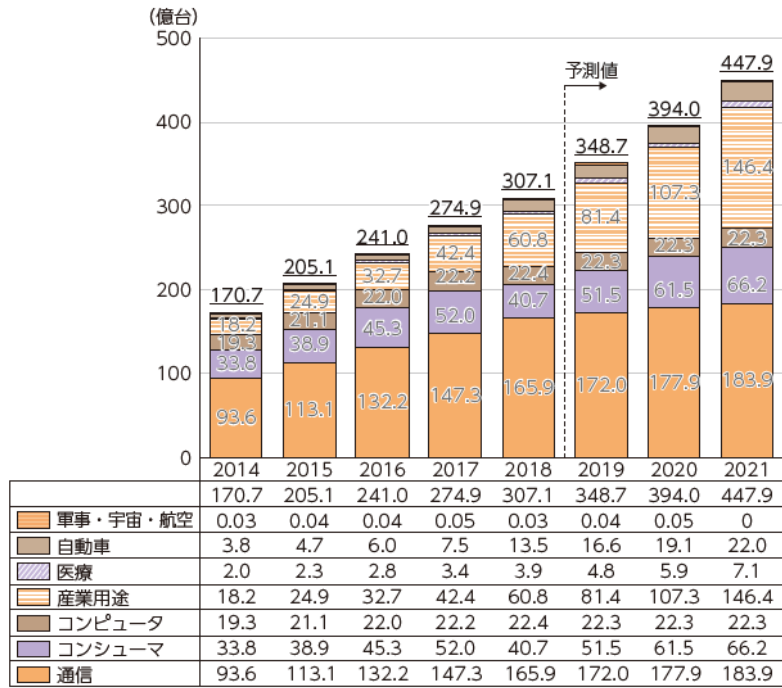
②介護・見守り用途センサ

生体センシング、位置把握・管理、見守り等のセンサに空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム機能を付加し、市場規模5000億円の10%に搭載されたと想定し算出。

③モバイル端末（スマートフォン、タブレット等）

スマートフォン市場は、34百万システム、搭載率47%として550億円。タブレット端末24百万システム搭載率30%として230億円。（富士経済推定、送信機器を3,200円～3,500円と想定）。さらに、電力の送信インフラ市場として100万システム×5万円=500億円を想定し算出。

令和元年版情報通信白書によれば、図1.4.1～1.4.3に示すように2018年の世界市場の実績としては、産業用途のIoTデバイスが60.8億台、ヘルスケア、医療用途のIoTデバイスが3.9億台、スマートフォンが14.4億台、タブレットが1.4億台であり、IoTデバイスは今後も大きな成長が予測されている。そのため、国内市場だけでなく、全世界への市場に日本発の空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムを普及させていくことが期待される。

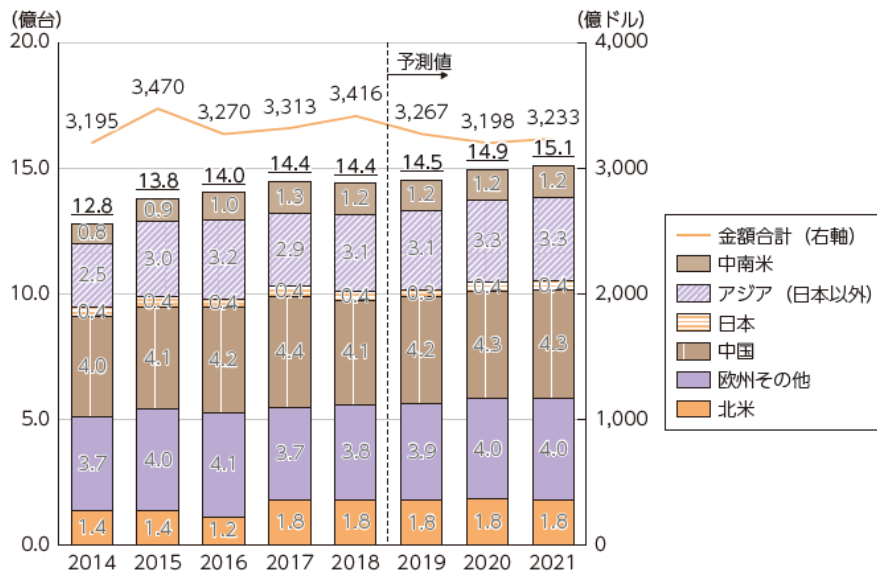


(出典) IHS Technology

図 1.4.1 世界の IoT デバイス数の推移及び予測※2

「産業用途」：オートメーション (IA/BA)、照明、エネルギー関連、セキュリティ、検査・計測機器等オートメーション以外の工業・産業用途の機器。

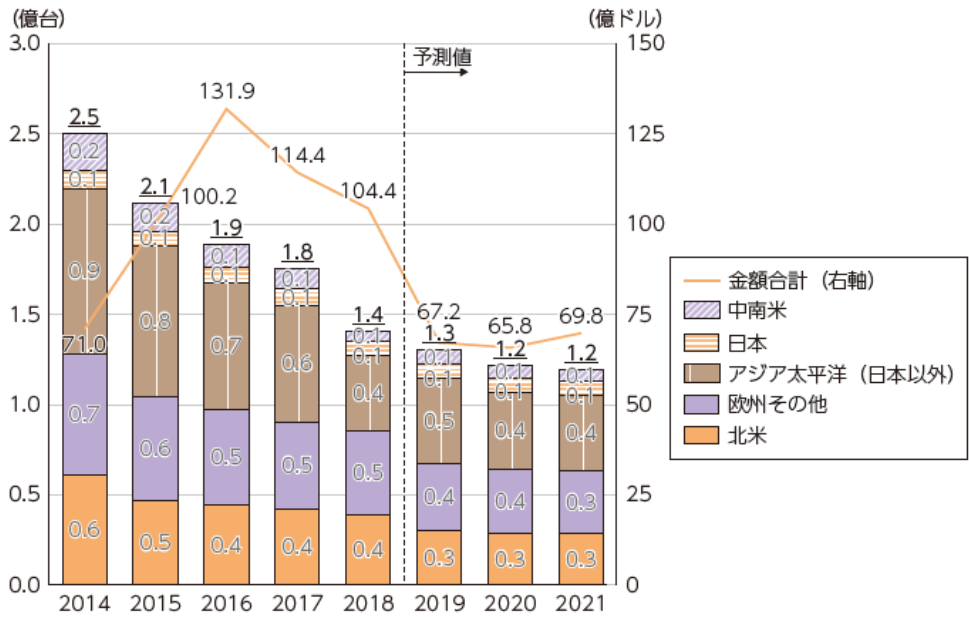
「医療」：画像診断装置ほか医療向け機器、コンシューマーヘルスケア機器



(出典) IHS Technology

図 1.4.2 世界のスマートフォン市場規模・出荷台数の推移及び予測※9

※2 令和元年版情報通信白書，総務省，2019



(出典) IHS Technology

図 1.4.3 世界のタブレット市場規模・出荷台数の推移及び予測^{※9}

1.5 グローバルマーケットの動向

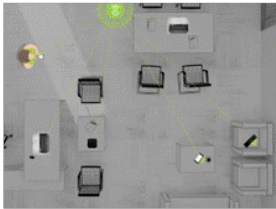


米国では2000年代に入り、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの商用化を目指したベンチャー企業が何社か立ち上がり、2010年代後半にはFCC(Federal Communications Commission; 連邦通信委員会)に直接に働きかけ商品の個別認可を得るようになってきた。

その一社である Energous 社は電子装置向けの空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムである WattUp 技術の開発する NASDAQ 上場会社で、2017年12月に世界初となる空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの900MHz帯でのFCC Part 18の認可を得ている。Energous社はWPTシステムの世界標準規格を目指すAirFuel Allianceにも参加しており、AirFuel規格の一部に空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムを「AirFuel RF」として設定し、世界での普及を目指して、2019年12月にはFCC認可のWattUp技術を用いたSmart Glasses Developer Kitのリリースも始めている。

また、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムを開発するベンチャー企業であるOssia社も、2019年6月及び10月の2度にわたり、2.45GHz帯で動作するCotaと名付けられたシステムについて、FCC Part 15とPart18の認可を得ている。Cotaシステムは、室内でのマルチパス環境下で用いることを想定したシステムであり、受電装置から発射されたビーコン波のマルチパスを利用し、人体及び障害物を避けるマルチビームを形成し、安全かつ高効率、高速かつ安価なシステムでマイクロ波送信することを特徴としている。Cotaは一種のフェーズドアレーアンテナシステムである。Ossia社は携帯電話へマイクロ波送信により電力伝送するユースケースについて米国CES(Consumer Electronics Show)等でデモンストレーションを行っており、10m程度の距離で携帯電話の無線充電できるとしている。彼らはCota技術をベースに、現在Walmart社と共同で、電池レス、コードレスで動作する集中管理型の商品タグの開発を行っている。また、世界最大の電子レンジメーカーである中国Galanz社とIT家電の開発でも合意している。

※ 上記の内容はITUジャーナルFebruary 2020 Vol. 50 No. 2を元に記載

表 1.5.1 米国での空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムでの実用化品

企業名/方式	Ossia	Energous	Powercast
概要			
方式	マルチパス方式	Near / Middle Field	Oneアンテナ方式
周波数帯	2.4 GHz帯	913 MHz / 2.4 GHz帯 / 5.8 GHz帯	915 MHz
制度化	ISM機器として一部認可(FCC)	ISM機器として一部認可(FCC)	ISM機器として認可(FCC)
販売	一部販売開始	一部販売開始	販売中
人体防護	近づいて良い距離が示されているのみ。機種によっては異物検知時に放射を抑制		
他通信システムとの共存	FCCは米国独自の解釈として、WPTをISM機器としている。干渉については双方システムで許容しなければならぬ		

1.6 本システムの導入による市場規模予測

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム作業班では提案募集によって、屋内へのシステム導入となる第1ステップ、屋外へのシステム導入を見込んだ第2ステップ及び将来的な大容量伝送を見込んだ第3ステップの段階を踏んだ普及案が示された。しかし、他の無線システムとの共用検討等を進めて行く途上において、当初のシステムより制限事項を設けた導入が不可欠との検討結果になった。そのため、本項では、その制限事項を設けた屋内での本検討システムの第1ステップによる市場の普及について検討を実施した。

920MHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムでは、実証試験にて行った半分以下の空中線電力である RFID システムと同等の構成による使用に制限した。

2.4GHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムでは、1階又は地下階での使用のみとして2階以上の高層では使用しないものとし、工場、倉庫、配送センター等の WPT 管理環境下（定義は 2.2(4) 利用環境に記載）とした無人時の送信のみとし、キャリアセンスによる停波を設けた使用に制限した。

5.7GHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムでは、電力消費の大きい大型センサ、大規模工場での数十mの伝送距離となる各種センサ、監視カメラ等への送信用途を見込んでいたが、キャリアセンスによる停波を設けたこと及び屋内の無人工場や無人倉庫等管理環境下でのみとした使用に制限した。

このような他の無線システムとの共用をする上での制限事項を設けた使用環境としたことで、システム導入時の市場規模は 1.4 項での当初予想より小さくなると予想される。そのため、限定された使用環境におけるユースケース及び市場規模について見直し、また、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの有用性と、社会的価値についても用途ごとに再検討した。

第1ステップでは WPT 屋内設置環境の「WPT 管理環境」と 920MHz 帯のみ「WPT 一般環境」においても使用する。

「WPT 管理環境」で想定されるユースケース

- 工場、倉庫、配送センター等の無人エリアでの、センサ、カメラ等への送信であり、920MHz 帯、2.4GHz 帯、5.7GHz 帯の3つの周波数帯が用いられる。
- 工場、倉庫、配送センター等の有人エリアでの、センサ、表示器等への送信であり、920MHz 帯のみが用いられる。

「WPT 一般環境」で想定されるユースケース

- 物流現場での品質管理用センサ等への送信であり、920MHz 帯のみが用いられる。
- 老人介護施設等での見守りセンサ等への送信であり、920MHz 帯のみが用いられる。

上記のユースケースに該当する施設は下記を想定

- ① 屋内の無人の工場ライン（組み立て型工場）
- ② プラント（加工型工場）
- ③ 自動倉庫
- ④ 自動仕分けライン（配送センター）
- ⑤ 介護施設、老人施設等（920MHz 帯のみ）

施設における使用数は、用途面積を用いて設定し、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム市場の予測試算を実施した。

表 1.5.1 第1ステップで予想される使用用途

ユースケース	WPT 管理環境	WPT 一般環境	
	無人	無人	有人
	920MHz 帯 2.4GHz 帯 5.7GHz 帯	920MHz 帯	920MHz 帯
①屋内の無人の工場ライン（組み立て型工場）	用途 1	-	-
②プラント（加工型工場）	用途 2	-	-
③自動倉庫	用途 3	-	-
④（自動）仕分けライン（配送センター）	用途 3	用途 4	用途 4
⑤介護施設、老人施設等	-	-	用途 5

用途 1

組み立て型の無人工場ラインにおいて、ロボット及び周辺機器に設置されたセンサ群へ 920MHz 帯、2.4GHz 帯及び 5.7GHz 帯の空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムを使用する。空間伝送型ワイヤレス電力伝送を用いることで、センサ群について、配線工事不要、可動部の配線の断線がない及びセンサ付きアタッチメント等の組み込み器具の交換が自動で可能といった生産性向上、信頼性向上のメリットが得られる。このようにセンサ群に用いられる空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの台数を産業用ロボットの国内出荷台数^{※3}から予測し試算した。

用途 2

プラント等の加工型工場の無人エリアにおける圧力センサ、温度センサ、振動センサ、電流センサ等の低消費電力のインテリジェントセンサへ 920MHz 帯、2.4GHz 帯、5.7GHz 帯の空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムを使用する。空間伝送型ワイヤレス電力伝送を用いることで、配線工事不要、センサの取付け位置変更が容易といった生産性向上のメリットが得られる。このように用いられる空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの台数を、インテリジェントセンサの国内市場台数^{※4}から試算した。

用途 3

倉庫、配送センターの無人エリアにおけるセンサ、電子棚札等へ 920MHz 帯、2.4GHz 帯、5.7GHz 帯の空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムを使用する。空間伝送型ワイヤレス電力伝送を用いることで、構造物に設置するセンサの配線工事が不要になるだけでなく、運搬されるパレットや荷物にもセンサの設置が可能となり、荷物の温湿度や振動等の異常検知等、保管・仕分け品質管理、履歴管理ができるといった生産性向上、品質向上のメリットが得られる。このように用いられる空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの台数を、自動倉庫の出荷統計^{※5}の面積（パレット数を面積に換算）から試算した。

※3 （一社）日本ロボット工業会 年間統計推移表 <https://www.jara.jp/data/dl/yeartable.pdf>

※4 NEXT FACTORY 関連市場の実態と将来展望 2019（富士経済, 2019）

※5 「2018 年度 物流システム機器生産出荷統計」公益社団法人日本ロジスティクスシステム協会 <http://www.logistics.or.jp/data/survey/manufacture.html>

用途 4

RFID システムが使用されている配送センター等の物流現場での有人エリア、無人エリアで品質センサ等へ 920MHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムを RFID システムの置き換えとして使用する。空間伝送型ワイヤレス電力伝送を用いることで、構造物に設置するセンサの配線工事が不要になるだけでなく、パレット、コンテナ及び荷物にもセンサの設置が可能となり、荷物の温湿度や振動等の異常検知等、保管・仕分け品質管理、履歴管理ができるといった生産性向上、品質向上のメリットが得られる。このように用いられる空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの台数を、パッシブ系電子タグシステムの普及予測台数(中・高出力)^{※6}の一部が置き換えられるとして試算した。

用途 5

老人介護施設等で、見守りセンサへ 920MHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムを使用する。介護分野においては有効求人倍率 3.5 倍(2017 年)と人材が不足しており、高齢化の進展に伴い必要な人材は 2016 年度の 190 万人から 2025 年度 245 万人と増加が見込まれている。この需要増に対して、離職防止や生産性向上が求められ、介護ロボットや ICT 活用推進が期待されている。空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムを用いた、配線不要、電池交換不要の見守りセンサにより、高齢者等施設利用者の状態を把握することで、状態監視による介護サービスの向上、介護担当者の負担軽減等のメリットが得られる。このように用いられる空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの台数を、有料老人ホームの定員^{※7}から試算した。

用途 1～5 に示したように、共用する上での制限事項を見込んだ屋内へのシステム導入となる第 1 ステップにおける空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの有用性を検証した。さらに、この結果を踏まえた市場規模の試算結果を図 1.5.1 に示す。第 1 ステップでの空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの市場規模は 2025 年に約 700 億円の市場が見込まれる。

※6 920MHz 帯小電力無線システムの高度化に係る技術的条件, 総務省, 2019

※7 平成 29 年社会福祉施設等調査の概況, 厚生労働省 2017,

<https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/fukushi/17/index.html>

「福祉・介護人材の確保に向けた取組について」平成 30 年 9 月 6 日厚生労働省 社会・援護局福祉基盤課 資料 <https://www.mhlw.go.jp/content/12201000/000363270.pdf>

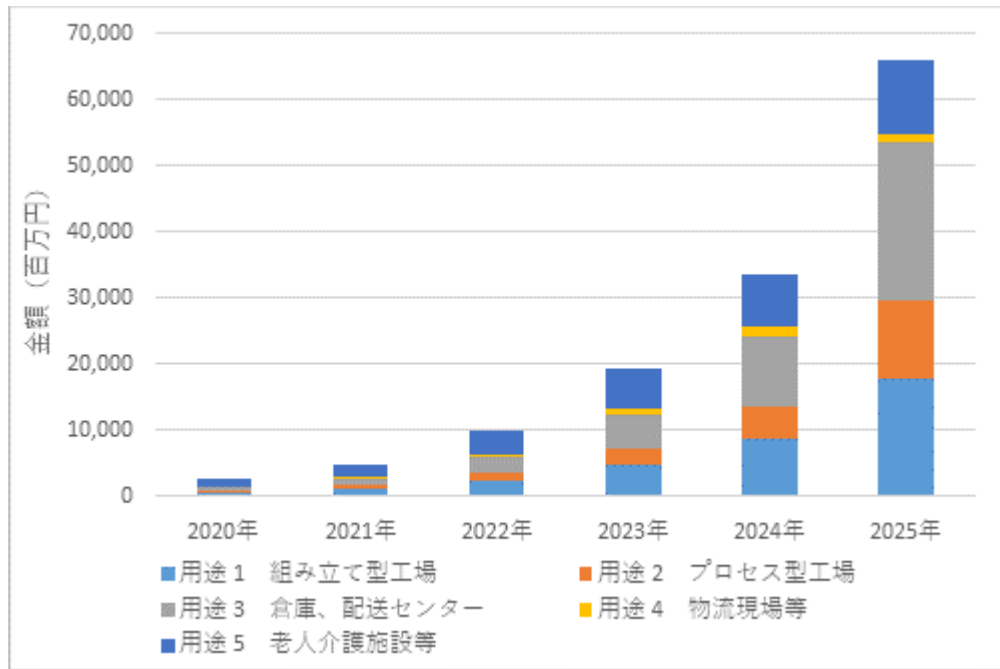


図 1.5.1 第1ステップでの空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの国内市場予測
(ブロードバンドワイヤレスフォーラムにおいて試算)

また、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの国外での動向を考慮すると、今後の世界市場において日本発の技術としてリードするためには、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの市場を形成することが急務であると考えます。

第2章 電波利用に対する要求条件

2.1 空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの利用のニーズ

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムにおける電波利用に対する要求条件について、提案募集及び作業班でのヒアリング等により、検討を行った。

2.2 要求条件

前節で記載したニーズを更に具体的に検討した結果、低コストの無線設備実現、国際標準化の観点も踏まえ、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムに活用可能な3つの周波数に検討対象を絞った。周波数帯の特徴と利用方法を表2.2.1に示す。

表 2.2.1 利用希望周波数における特徴と利用方法

周波数	特徴（同一条件時）				利用方法
	送信距離	送受回路	空中線大きさ	伝搬特性	
920MHz 帯	↑ 長距離化	↑ 低コスト化	↑ 大型化		無指向性空中線又はワイドビームにより物陰等の見通し外を含めた広範囲、複数同時に送信を行う
2.4GHz 帯					無線LAN機器を利用したビーコン信号等により既存システムと連携し、廉価な受電装置により電力の1対1送信を行う
5.7GHz 帯		↓ 高コスト化	↓ 小型化	↓ 直進性	専用受電装置により細かい制御による装置連携制御を行い、等価的に長時間の送信と高電力の1対1送信を行う

表 2.2.1 の周波数特徴と利用方法を踏まえた空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムに係る具体的なユースケース及び要求条件を表 2.2.2 に示す。

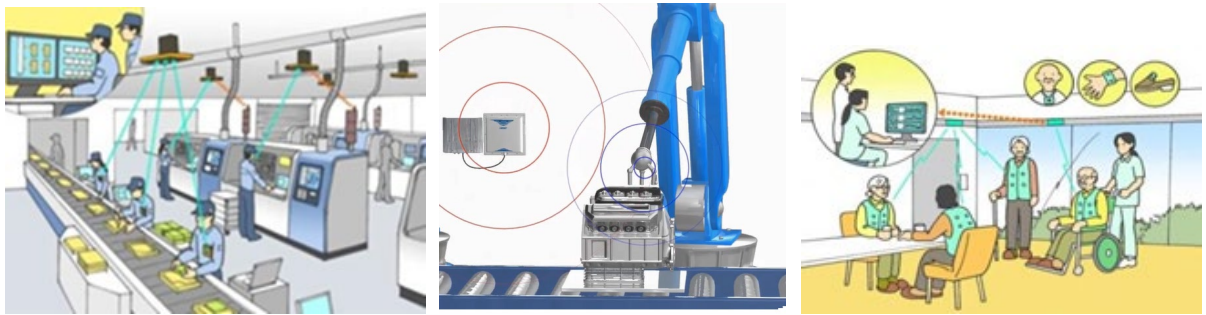
表 2.2.2 空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムに対する要求条件

使用環境	920MHz : 屋内工場、介護施設等 2.4GHz : 屋内工場、プラント、倉庫等 5.7GHz : 屋内工場、プラント、倉庫等
利用目的	920MHz : センサネットワークの電源提供 2.4GHz : センサ、表示器等の電源提供 5.7GHz : センサ、表示器等の電源提供
受電装置台数 (送信装置 1 台あたり)	920MHz : 5～10 台 (同時) 2.4GHz : 1～数 10 台 (逐次) 5.7GHz : 1～数 10 台 (逐次)
必要電力	920MHz : 数 μ W ~ 数百 μ W 2.4GHz : 約 50mW ~ 約 2W 5.7GHz : 数 mW ~ 数 100mW
伝送距離	920MHz : ~5m 程度 2.4GHz : ~10m 程度 5.7GHz : ~10m 程度
設置者	他の無線設備の利用も可能
人がいるときの送信	920MHz : 実施する 2.4GHz : 実施しない 5.7GHz : 実施しない
送信環境の認知	920MHz : 可能又は不可能 2.4GHz : 可能 5.7GHz : 可能

(1) 920MHz 帯

920MHz 帯の電波は伝搬損失が小さく、構造物の影等へも比較的回り込んで伝搬することから、低電力ながら広範囲に設置されたセンサへの電力伝送が期待でき、工場や介護現場のセンサネットワークへの電源として 1 対 N の多数同時送信が適している。

なお、RFID システムと同一チャネル及び同等の電氣的仕様であることから、すでに市場に出回っている RFID システムへの応用が期待される。さらに装着者の移動により送信装置から受電装置へ人体により遮蔽されやすいバイタルセンサや位置センサ、ロボットアーム等の可動によりセンサの空中線を一定方向に向けることが難しい装置等で受電空中線の指向方向が常時、送信装置へ向かない状態でも低い電力受信となるがセンサへの電力伝送が可能であり、弱い電力での常時受電による 2 次電池へのながら充電により、電池交換や配線が不要となる利点は、市場からのニーズがある。また、RFID システムが使用するバックスキヤッタ通信等の既存受信機器を流用することが可能であり既存市場への展開が見込まれる。



(a) 製品や動線管理
(工場品質)

(b) ロボットの可動部センサ
(工場品質)

(c) 健康管理・見守り
(介護現場)

図 2.2.1 920MHz 帯での利用シーン

技術的な要求条件としては、既存 RFID システムと同等の等価等方輻射電力 (EIRP) 4W による 5m 程度をサービスエリア (受電可能範囲) として整理した。ヒアリングでは、屋外利用での見守りセンサや構造物の点検用センサ等、送信距離・使用環境を拡大した図 2.2.2 に示す第 2 ステップでのユースケースが見込まれている。しかし、これを実現するために必要な人体回避技術、他の通信システムの検出・回避技術等が必要であり、現時点では開発途上であることから今回の要求条件からは見送った。



(a) トンネル内センサ

(b) 敷地内での見守りセンサ

図 2.2.2 920MHz 帯での第 2 ステップ利用シーン

(2) 2.4GHz 帯

2.4GHz 帯は、既存無線システムである無線 LAN システム等の信号を利用した位置推定や制御通信が可能であり、これらのシステムに空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムを組み込むことが可能である。また、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの送信装置を他の構内無線局、特定小電力無線及び ISM 機器等に連携・追加する利用形態が想定され、広範囲な市場形成と世界市場への展開が見込まれる。

2.4GHz 帯は 920MHz 帯と比較して、指向性を制御した 1 対 1 の送信指向性の制御が可能なことから高い電力を伝送できるシステムとして期待できる。また、無線 LAN システム等で世界的に広く使用されており、装置設計にあたり汎用部品が安価かつ容易に調達可能であることから、新規メーカーの市場参入が容易な環境が整っており、低コスト化と早い展開による市場規模の拡大が見込まれる。

本検討における 2.4GHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムは高い等価等方輻射電力となることから、電波防護指針による管理環境による使用を前提とし、電波防護指針値を超える範囲に人が立ち入った場合及びキャリアセンスにより無線 LAN システム等の他無線設備への干渉が想定される場合は、送信を行わないとして要求条件を整理した。

そのため、本システムでの利用シーンとして図 2.2.3 に示す無人倉庫、無人の工場及び人がいる工場等では休止中や夜間の無人時での送信となることを想定している。しかし、使用環境の制約はあるものの、センサ機器への配線不要によるレイアウトの自由化、電池交換や充電の管理が不要となる利点からニーズがあり、市場からの期待は大きい。



図 2.2.3 2.4GHz 帯での利用シーン

当初のヒアリングによる提案ではスマートオフィス、スマートホームにおける各種センサ、店舗における電子棚札、スマートフォン・タブレット等のモバイル端末への送信として、送信されていることが利用者に認知されない図 2.2.4 に示す WPT 一般環境でのユースケースも見込まれていた。

しかし、実用化に際しては人体を含めた送信伝搬上の障害物を回避する技術（ビーコン信号を利用したレトロディレクティブ方式等）の評価方法及び他の無線システム検出時の無停波による回避技術等に関して現時点で、検討・開発途上であることから今回の要求条件からは見送った。



(a) オフィスにおけるセンサ



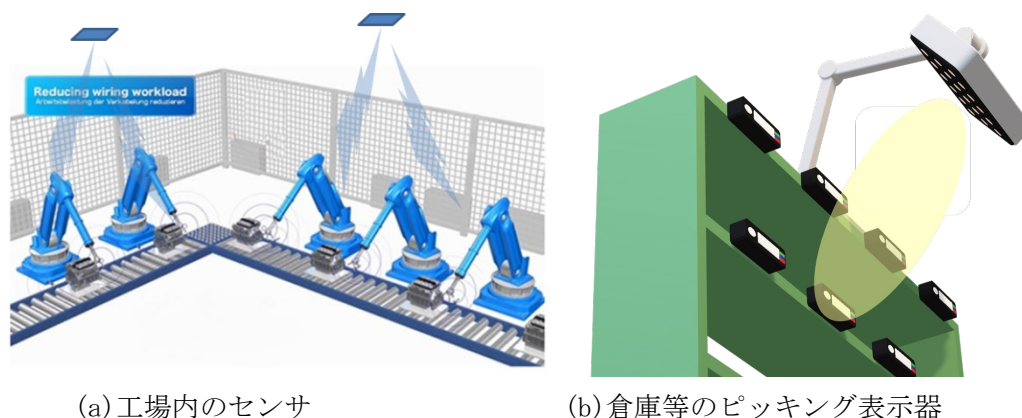
(b) 店舗における電子棚札

図 2.2.4 2.4GHz 帯での第 2 ステップ利用シーン

(3) 5.7GHz 帯

5.7GHz 帯は、周波数が高く、波長が短いため、2.4GHz 帯より空中線の小型化が可能となり、小型・軽量の専用受電装置の開発が可能である。また、受電装置からの専用ビーコンを使用した高精度な受電装置の位置推定と検出が可能となる。送信装置においても、指向性形成による狭ビームにて対象を絞り、ビームを切替えながらの逐次送信が可能となる。そのため、工場の無人ラインに使用するロボットへの組込みセンサ等への送信、倉庫の無人化が進む設備における大規模なセンサ群等への送信に利用されることが想定される。また、無線 LAN システム等で世界的に広く使用され、汎用部品等を容易に調達でき、低コストでの送受信装置の製品化が可能であることから、海外地域での製品化も容易であることから本技術の展開により世界市場への発展が見込まれる。

本検討における 5.7GHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムは、高い等価等方輻射電力であることから電波防護指針による管理環境による使用を前提として、電波防護指針値を超える範囲に人が立ち上がった場合及びキャリアセンスにより無線 LAN システム等の他無線システムへの干渉が想定される場合は送信を行わないとして要求条件を整理した。そのため、本システムでの利用シーンとしては図 2.2.5 に示す工場の無人区画でのロボット用センサ、無人倉庫等のピッキング表示用等となる。制限の発生する利用環境ではあるが、無人区画への人が立ち入った際の電池交換は不要となり、倉庫棚内の自由なレイアウト（保管品）変更等が容易となり、高精度な制御によりくまなく給電できる利点から市場からの期待は大きい。



(a)工場内のセンサ

(b)倉庫等のピッキング表示器

図 2.2.5 5.7GHz 帯での利用シーン例

当初のヒアリングによる提案では、図 2.2.6 に示すように作業等がある環境にて複数の送信装置を連携制御し、電力消費の大きい大型センサ、大規模工場での数十mの伝送距離となる各種センサ、屋外監視カメラ等へ継続的な送信を行うシステムがユースケースとして見込まれていた。しかし、実用化するための複数装置による連携制御技術、より広範囲な人体及び他の無線システムの検出と回避技術等に関して、現時点では開発途上であることから今回の要求条件からは見送った。

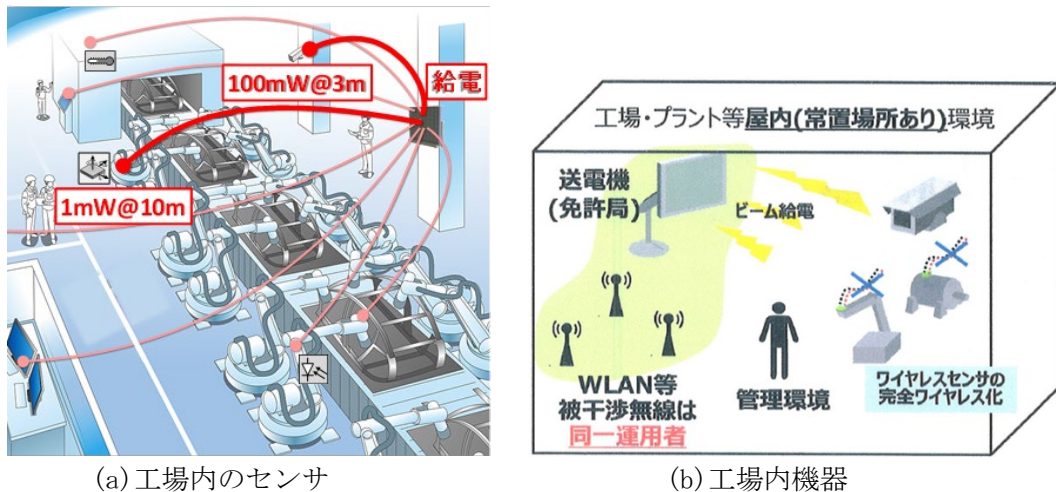


図 2.2.6 5.7GHz 帯での利用シーン例

(4) 利用環境

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの利用環境として、送信装置を設置する環境について、他の無線装置及び人への影響を考慮して「WPT 屋内設置環境」として定義することとした。

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムのキャリアセンスによる干渉回避技術は、現段階では停波のみとなる。そこで、停波による受電効率の低下を最小限にして利用したいニーズと実利用環境となる工場、倉庫等では輻輳する電波環境を考慮して、2.4GHz 帯及び 5.7GHz 帯では、無人化工場、倉庫等の送信エリア内及び周囲の設置された無線システムの把握が可能な「WPT 管理環境」で管理者による干渉を考慮した設置が可能な利用環境として整理した。また電波防護指針を上回る電波強度となる範囲の周知と安全対策の実施が容易に可能であることから電波防護指針による管理環境を要求条件とした。

一方、920MHz 帯においては、他システムへの干渉に関しては既存 RFID システムと同等であり、電波防護指針を満足する距離が短距離であり停波の必要も少ないことから無線システムの把握が不要となる「WPT 一般環境」での使用も可能とした。また、「WPT 一般環境」では電波防護指針についても一般環境による要求条件とした。(参考資料 2)

「WPT 管理環境」の定義

- 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。
 - ※ 窓を含めた「WPT 屋内設置環境」の周囲にある壁損失が参考資料 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損失以上を担保し、他の無線システム等への干渉を低減できる環境

また、この定義に基づく管理を必要としない使用環境を「WPT 一般環境」と区分。

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの「WPT 屋内設置環境」では、屋内設置となる事から工場、倉庫及び介護現場でのレイアウト変更などの利便性を考慮した柔軟な対応ができる事が望ましいが、「WPT 屋内設置環境」外の他の無線システムへの影響が変わらない範囲にて行える事とした。

(5) 必要電力と等価等方輻射電力について

(ア) センサの必要電力

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの送信対象として、表 2.2.3 のようなアプリケーションへの利用を期待している。空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムにおける各アプリケーションが必要とする電力と距離の概要関係を図 2.2.7 に示す。これらのアプリケーションが必要とする電力量の算出に当たっては次項(イ)の等価等方輻射電力の必要値による算出にて求めたものである。

これらの伝送距離と要求必要電力の関係は周波数帯により差はあるが、空間損失、空中線利得等を考慮すると同等となり、ユースケースにより周波数帯を使い分けることとした。

表 2.2.3 利用アプリケーション例

アプリケーション	利用シーン	利用環境	必要電力
モバイル機器	工場/オフィス/住環境	屋内/屋外	2W
人位置センサ	工場/介護施設/住環境	屋内/屋外	数100mW
火災報知器	工場/オフィス/病院	屋内/屋外	数100mW
速度センサ	工場	屋内	数100mW
光電センサ	工場	屋内	数10mW
バイタルセンサ	介護施設/病院	屋内/屋外	数mW
電子棚札	倉庫/店舗	屋内/屋外	数mW
CO2センサ	工場/オフィス/住環境	屋内	数100 μ W
温湿度センサ	工場/オフィス/住環境	屋内	数100 μ W
照度センサ	工場/オフィス/住環境	屋内	数100 μ W
機器アラームセンサ	工場/オフィス	屋内	数100 μ W
加速度センサ	工場	屋内	数100 μ W
近接センサ	工場	屋内	数100 μ W
ドアセンサ	工場/オフィス/住環境	屋内	数10 μ W

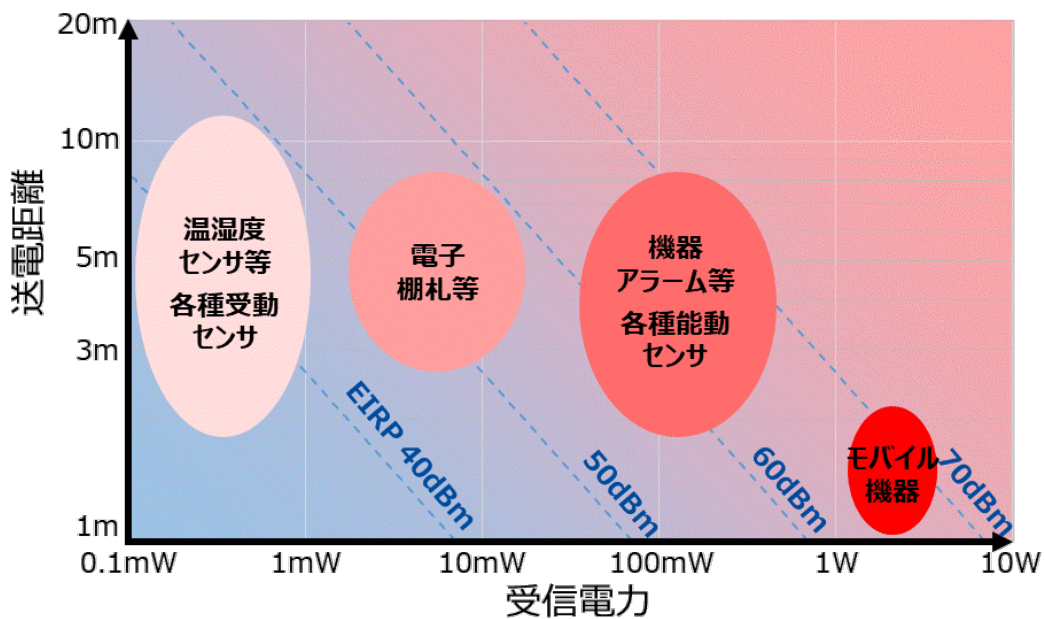


図 2.2.7 アプリケーションの必要電力と送信距離の例

(イ) 等価等方輻射電力の必要値

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムは、通信とは異なり、C/N 又は S/N といった回線品質を担保する方式ではなく、アプリケーションが必要とする電力をどの程度の送信電力にて供給する方式となる。また、供給する電力もセンサが通信・動作を行うための電力が必要電力となる場合と充電するために必要な電力となる場合等があり、アプリケーション、使用場所、使用方法、設計及びユースケースによって必要電力が異なり一律に規定することは難しい。そのため、受電装置の必要電力よりユースケースによる送信距離を踏まえた、送信装置に求められる等価等方輻射電力（空中線利得+空中線電力）の算出には、通信とは異なる方式とする必要がある。

アプリケーションが必要とする電力は、一般的に数 μ 秒から数m秒の間隔でセンシングやデータ送信を行うものであり、温湿度センサなどの環境センサでは数十秒から数分程度、バイタルセンサでは脈拍となる数十～百数十回/分程度であり、高速なデータ・サンプリングや常時電力を必要とするものは少ない。

このため、動作時間は受電時間よりも短く、その比 (Duty 比) はせいぜい数%程度である。この Duty 比を 10% とする場合 (充電時間 90 に対して、電力消費時間 10) センサ等が必要とする電力は、等価的に受信電力の (100/10=) 10 倍となり、これを「アプリ DUT 利得」として整理した。

受電側では、受信した電波を整流して DC 電源とするための整流効率、整流した電源を負荷に合わせた電圧へ変換する電圧変換効率等による損失が発生する。また、これらの変換効率は、受電する電界強度によっても変動し、その効率は 10%～70% の程度と広いものとなる。併せて、2.4GHz 帯/5.7GHz 帯では、複数の受電装置へ逐次送信するため、空中線の送信指向方向は、一定ではなく、受電装置側は常には電波を受信しないものになる。

これらは、使用するデバイス、ユースケース、制御方式、想定受信電力及びこれらの組合せ等にて異なり、一律化することは困難である。本検討による回線設計では、これらの効率損失を総合して「送信 DUT 損失」として整理した。また、無指向性空中線などの送信空中線の指向方向を変化させない空中線では、整流等の効率のみとなるが、同一名称にて取り扱うこととした。

また、回線設計では、「アプリ DUT 利得」及び「送信 DUT 損失」とした受信の時間率、DC 電源への整流効率、電圧変換効率等を踏まえた受信電力となることから「等価受信電力」としてセンサ等の必要電力と対比できるように整理した。

上記の考え方をもとに表 2.2.3 に示したアプリケーションの必要電力から送信装置に求められる等価等方輻射電力を算出した回線設計例を表 2.2.4～表 2.2.6 に示す。

表 2.2.4 小電力センサ (1mW 以下) への送信方式回線設計例

周波数帯	MHz	920MHz 帯	5.7GHz 帯
送信電力	dBm	30.0	45.0
空中線利得	dBi	6.0	25.0
伝送距離	m	5.0	10.0
自由空間損失	dB	45.7	67.6
受電空中線利得	dBi	3.0	1.5
受信電力	dBm	-6.7	3.9
送信 DUT 損失	dB	3.0	13.0
アプリ DUT 利得	dB	10.0	10.0
等価受信電力	dBm	0.3	0.9
供給電力	mW	1.1	1.2

表 2.2.5 中電力センサ（100mW 以下）への送信方式回線設計例

周波数帯	MHz	2.4GHz 帯	5.7GHz 帯
送信電力	dBm	41.8	45.0
空中線利得	dBi	24.0	25.0
伝送距離	m	10.0	5.0
自由空間損失	dB	60.2	61.6
受電空中線利得	dBi	2.2	7.0
受信電力	dBm	7.8	15.4
送信 DUT 損失	dB	5.2	10.0
アプリ DUT 利得	dB	13.8	6.0
等価受信電力	dBm	16.4	11.4
供給電力	mW	43.7	13.8

表 2.2.6 大電力センサ（100mW 以上）への送信方式回線設計例

周波数帯	MHz	2.4GHz 帯	5.7GHz 帯
送信電力	dBm	41.8	45.0
空中線利得	dBi	24.0	25.0
伝送距離	m	5.0	3.0
自由空間損失	dB	54.2	57.2
受電空中線利得	dBi	5.0	13.0
受信電力	dBm	16.6	25.8
送信 DUT 損失	dB	5.2	7.8
アプリ DUT 利得	dB	13.8	3.0
等価受信電力	dBm	25.2	21.0
供給電力	mW	331.1	125.9

(6) 使用周波数帯と必要チャネルについて

(ア) 使用周波数帯

920MHz 帯、2.4GHz 帯、5.7GHz 帯の3バンドを使用することとしている。

920MHz 帯は、無指向又はブロードな指向性をもつ空中線を使用し、同時に複数の受電装置が受電する。また、920MHz 帯の準マイクロ波帯の周波数特性として回折を利用して送信装置から影となる受電装置へも電源を供給するケースにも対応可能であり、このような必要電力が比較的少ないアプリケーションが常時受電（ながら受電）し、使用することを想定している。また、同一周波数を使用する RFID システムとの共用化も考慮して、使用チャネルの選定も実施した。

2.4GHz 帯及び 5.7GHz 帯は、マイクロ波帯の周波数特性を生かし、複数の空中線素子を使用したアレー配置とし、合成指向性により鋭いビーム指向性をもつ空中線を利用したビームフォーミング方式にて複数の受電装置に対して、時分割にて送信し、効率的な電力伝送が可能である。また、既存無線システムであり、センサ等でのデータ伝送にも広く使用されている無線 LAN システムと近い周波数を使用することから無線 LAN システムとの共用が容易である。

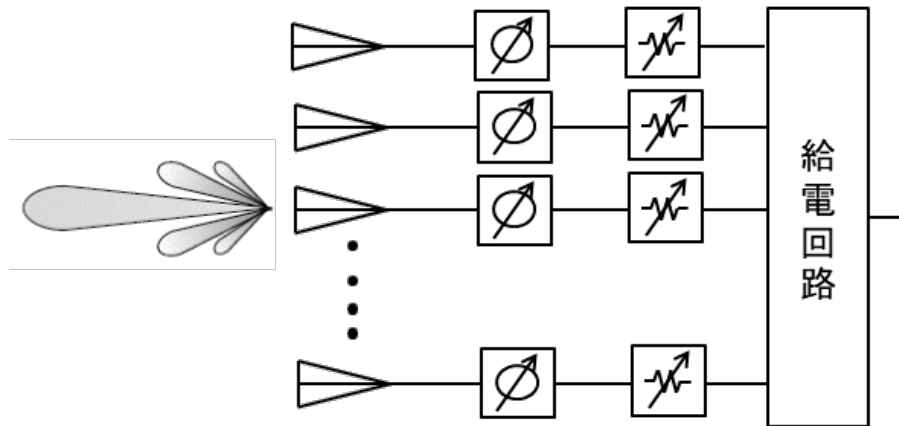


図 2.2.8 アレー空中線の構成例

2.4GHz 帯は時分割を実現するスケジューリングのために、送信装置と受電装置は電力伝送以外の手段にて通信を行う。その通信のための 2.4GHz 帯小電力用通信システムはデバイスが比較的安価に調達可能であることから、受電装置の低廉化も想定している。

2.4GHz 帯では、無線 LAN システム、2.4GHz 帯高度化特定小電力データ通信等の世界的に広く使用されているデータ通信を使用したシステムと同じ周波数帯域にて使用することから送信デバイスを含めた共用化が容易であり、半導体デバイスもシリコンなどを中心とした安価な素材での利用が可能である。このことから市場参入が容易であり、開発に係る時間、コストも低く抑えられ、世界市場へも受け入れやすい帯域でもあることより、今後の市場形成のためにも必要な帯域であると想定される。

5.7GHz 帯では、2.4GHz 帯と同様に無線 LAN システムと近い周波数帯域を使用することから同時利用などのシステム共用などが可能であると同時に 2.4GHz 帯と比較し、波長は 4 割程度であり、空中線の大きさを半分以下とすることが可能である。本検討システムでは受電装置からのビーコン信号も専用周波数を使用することからすべての機器について開発する必要があり、工作機器などに合わせた取組ができる環境である。また、デバイスは高価ではあるものの高性能な化合物半導体（GaAs、GaN 等）が利用される周波数帯でもあ

り、小型・高性能な工業用途向け市場が想定され、日本独自の半導体デバイス技術等を使用した専用性の高い装置開発と先進性が有望な環境があり、第2ステップやそのさらに先のユースケースを見込んだ場合に非常に有効な帯域である。

(イ)920MHz 帯の必要チャンネル

920MHz 帯では、920MHz 小電力無線システムとの共用の観点から RFID システムの 1W 構内無線局に使用している 4 チャンネルを候補とし、無指向性空中線などにより電力を送信し、RFID システムとも共用することを考慮したチャンネル配置として検討を実施した。その場合、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムによる送信と RFID システムの通信を行う上では、受電装置との管理や RFID と同様に受電装置からの送り返しを考慮すると隣り合うエリアとは異なるチャンネルを使用する事が好ましく、図 2.2.9 に示すように 3 つ以上のチャンネルとすることが好ましい。しかし、RFID 特定小電力無線局システムとの干渉が懸念され、同一使用チャンネルとはならない 2 チャンネルとした。

しかし、920MHz 帯では、伝送距離 5m で半径約 5m 程度の範囲にある複数センサ(5~10 台)への同時給電を想定している。この条件を 2 チャンネルの送電で実現するには、工場の製造ライン等での設置を考慮して図 2.2.10 に示す配置とし、同一チャンネルでの干渉を防ぐ衝立などの設置により、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムとしてのチャンネル干渉を軽減することで、設置間隔を近づけ、使用を可能とすることとした。

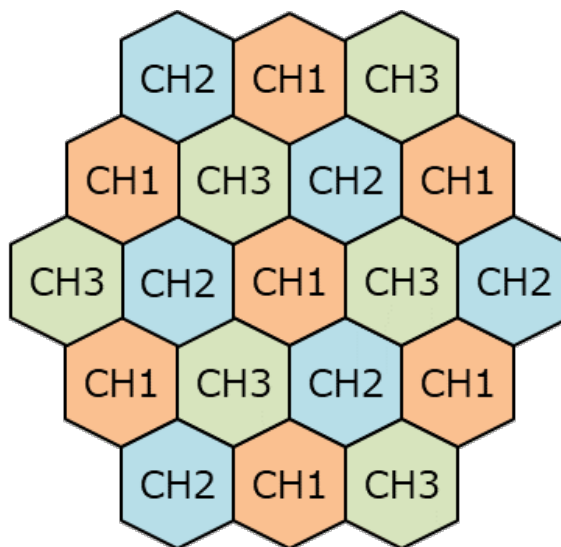


図 2.2.9 920MHz 帯のチャンネル使用例 (当初検討)

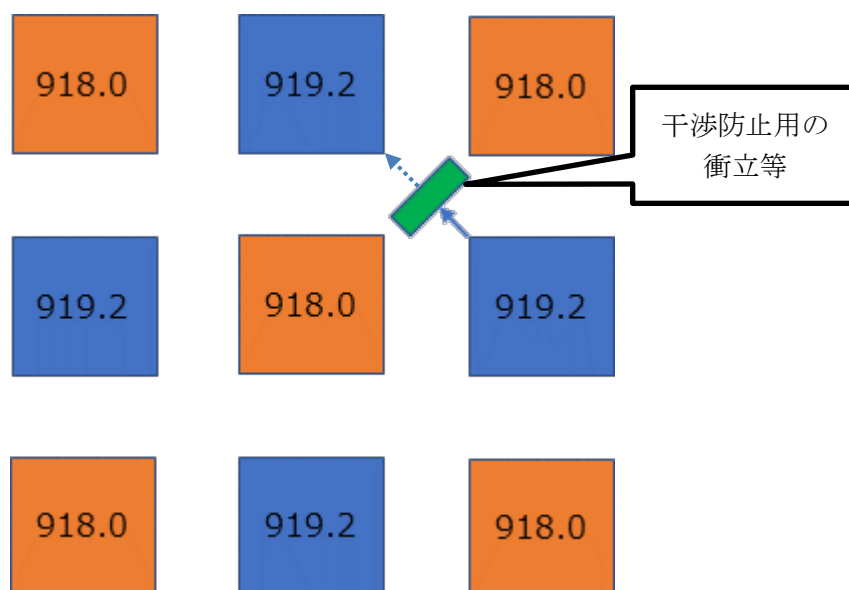


図 2. 2. 10 920MHz 帯の 2 チャンネルでの配置例

(ウ)2. 4GHz 帯の必要チャンネル

2. 4GHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムは天井から送信し、半径約 10m 程度の範囲に送信を行う。同一構内において、複数の空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムを想定した場合、受電側からのビーコン信号はビーコン信号の識別のためにチャンネルを分けて使用する必要がある、チャンネルの組み合わせとしては、図 2. 2. 11 に示すように 3 チャンネルが最低限必要である。

3 チャンネルを利用する大規模な構内において、2. 4GHz の無線 LAN を利用する必要があることを前提とすると、無線 LAN システムの使用チャンネル 2, 412MHz を使用しない構成が、キャリアセンスの対象としない使用チャンネルを空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムが使用する事ができ、無線 LAN システムも 5 チャンネルを確保できることから、管理環境となる同一空間の通信効率の良い構成を実現でき、同一構内における共用が可能となる。(無線 LAN のチャンネル ch1~ch5 と空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムにて残り 3 チャンネル：2, 437MHz、2, 462MHz、2, 484MHz で運用)

一方、2. 4GHz 帯の無線 LAN システムを運用しない環境においては、同様に 3 チャンネルを利用する規模の事業所がグローバルスターやロボット無線との調整が必要な地域にあり、干渉軽減措置が必要な場合、2, 412MHz、2, 437MHz 及び 2, 462MHz を 2. 4GHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムとして利用し、2, 484MHz を利用しないことで、グローバルスターやロボット無線のシステムに影響を最小限とした上で、3 チャンネルの運用を可能とすることで共用が可能となる。

以上より、2. 4GHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムは合計 4 チャンネルを利用することとした。

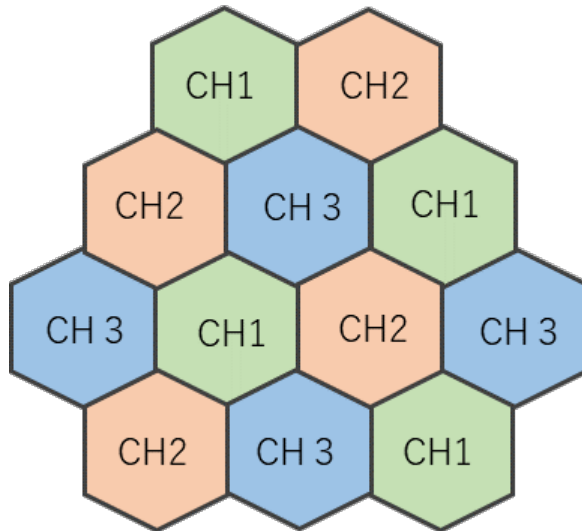


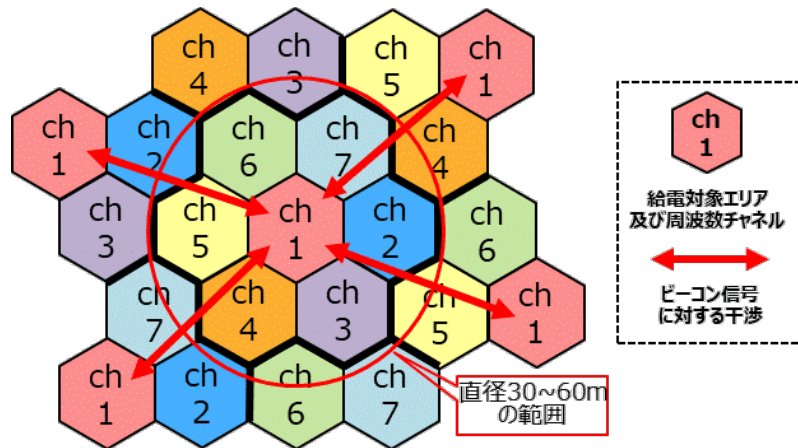
図 2. 2. 11 2. 4GHz 帯におけるチャンネル配置例

(エ)5. 7GHz 帯の必要チャンネル

5. 7GHz 帯での必要チャンネルの算出にあたっては、複数の空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムと無線 LAN システムが共用した環境についても検討を実施した。

5. 7GHz 帯は、半径 5m～10m の範囲を対象としたエリアへのセンサ等へ電力伝送を行うため、工場などの製造ラインに使用する場合には、10 台程度の送信装置が必要となる。また、受電装置の位置・伝搬路推定向けのビーコン信号(無変調(NON)信号)が無変調であるため、同一チャンネルでは、信号識別ができない事とビーコン信号同士の干渉にて受電装置の位置推定に誤差が生じる恐れがある。このような事態が発生すると送信装置から異なる方向に送信され、受電できない又は受電電力の低下によるアプリケーションの停止など工場ラインが停止するなどリスクが発生する。

そのため、工場の製造ライン等において電力伝送を行うためには、隣接する送信装置エリアとは異なる周波数チャンネルを利用する必要があり、図 2. 2. 12 に示すように 7 チャンネルを利用して送信エリアを構築することとした。



システム及び周波数チャンネル配置

アマチュア無線のビーコン・月面反射通信（EME）・レピータ（ダウンリンク）を考慮した場合のチャンネル配置例。

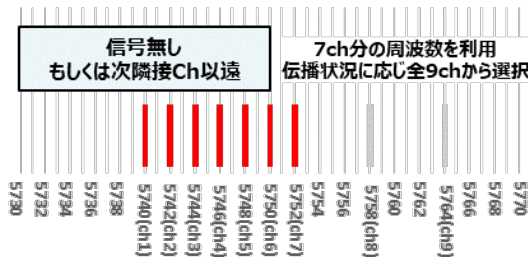


図 2. 2. 12 5. 7GHz 帯におけるチャンネル配置例

無線 LAN システムが空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムのエリア内もしくは近接された場所に存在し、通信を行っている状態では、無線 LAN システムの最近接周波数チャンネル (Ch144、5710MHz～5730MHz) への影響を最小限とする必要がある。そのため、このエリアで使用する場合には、無線 LAN システムから次隣接チャンネルとなる周波数になる送信チャンネル (ch7:5752MHz、ch8:5758MHz、ch9:5764MHz) を利用する。無線 LAN システムが 2 システムある場合には、図 2. 2. 13 に示すように無線 LAN システムと隣接しないエリアでは、少なくとも ch3～ch6 の 4 チャンネルを使用することでビーコン信号に対する干渉軽減を行う必要があり、無線 LAN システムと共用する使用環境では、7 チャンネルを利用した構成とすることで運用が可能である。

さらに、屋内設置環境、建物構造及び屋内伝搬状況により、干渉は変わることから一部チャンネルを使用できない場合を考慮すると、最大 9 チャンネルを必要とする場合がある（運用はそのうちの 7 チャンネルで可能）。

一方、無線 LAN システムが存在せず、送信装置から建物壁までの距離を 5m 程度確保できることで送信装置からの反射・散乱の影響が少なく、次隣接エリアへの干渉が発生しない設置環境では、図 2. 2. 14 に示すように 4 チャンネルでの構成が可能である。

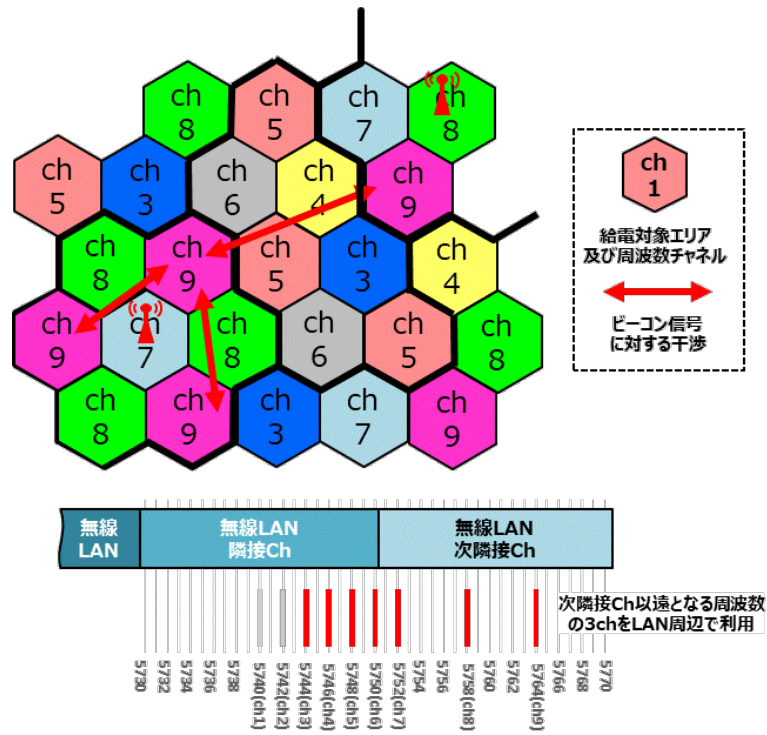


図 2. 2. 13 無線 LAN システムと共用する 5. 7GHz 帯におけるチャンネル配置例

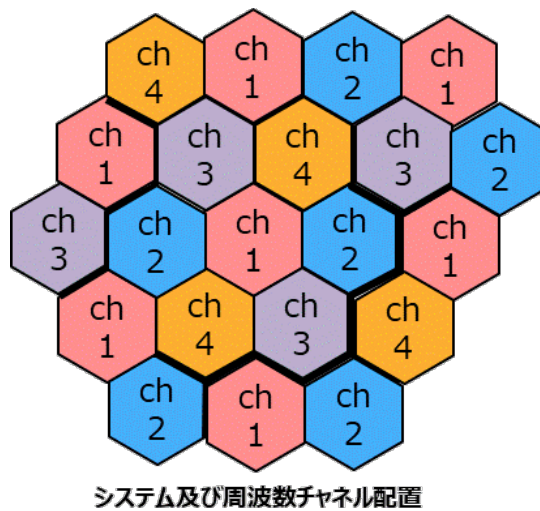


図 2. 2. 14 5. 7GHz 帯における最小 ch チャンネル配置例

第3章 他の無線システムとの周波数共用条件

3.1 共用検討の条件

前章で記載した以下の候補周波数帯それぞれについて、当該周波数帯及び隣接周波数帯における既存システムについて、共用検討を行った。

また、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムは単一方向へ電波により電力を送信するシステムとなる事から共用検討に当たっては、与干渉による検討のみとなる。

3.1.1 920MHz 帯における共用検討対象システム

920MHz 帯及びその隣接周波数帯の周波数の使用状況を図 3.1.1 に示す。

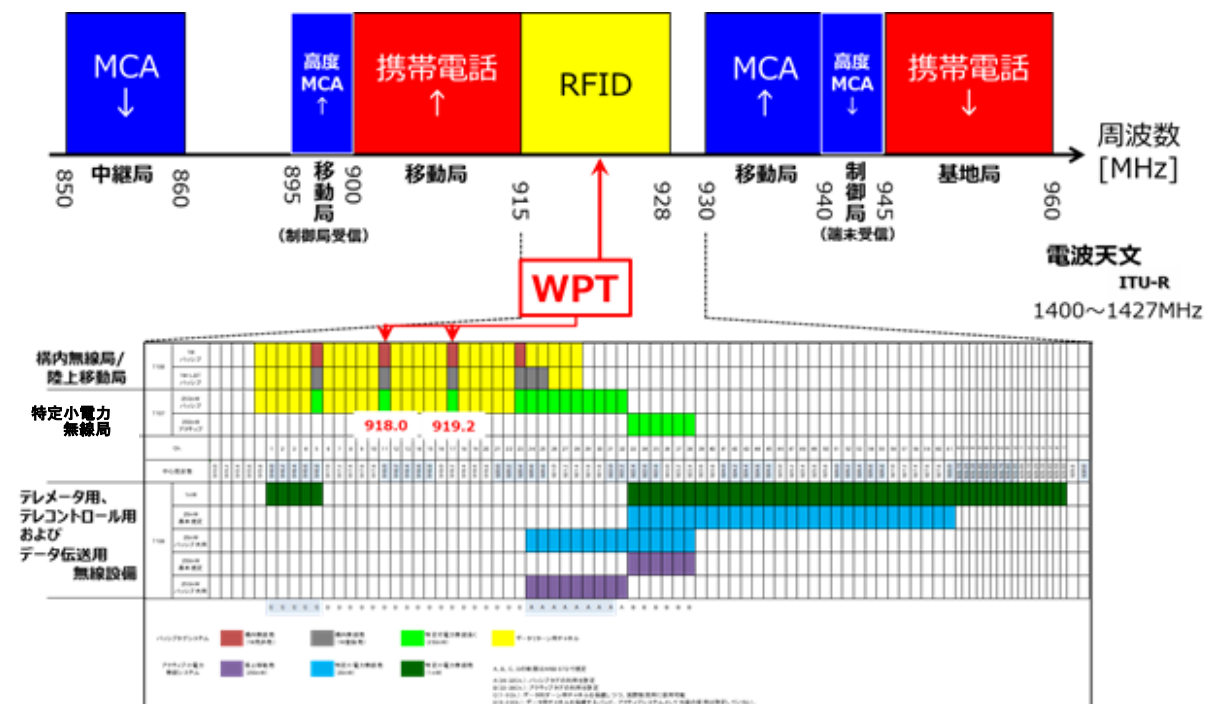


図 3.1.1 920MHz 帯の周波数使用状況

(1) デジタル MCA システム（上り：930MHz～940MHz、下り：850MHz～860MHz）

デジタル MCA システムは、現在、900MHz 帯の複数の通信チャンネルを束ねて多くのユーザにより共用する業務用無線であり、主な利用者として陸上運輸、製造販売、各種サービス業、地方公共団体(防災、バス事業、上下水道事業、清掃事業等)等の事業者がある。また、最近では、地方公共団体による防災目的や、携帯電話等が輻輳して使用しづらい時等の企業における危機管理対策目的でも使用されている。移動局送信⇒中継局受信を上り、中継局送信⇒移動局受信を下りとして使用されている。

(2) 高度 MCA システム（上り：895MHz～900MHz、下り：940MHz～945MHz）

高度 MCA システムは、デジタル MCA システムの特徴を継承しつつ、多様なデータ通信に対応するために LTE 技術を利用した自営用移動通信システムとなる。移動局送信⇒基地局受信を上り、基地局送信⇒移動局受信を下りとして使用されている。

(3) 携帯電話システム（上り：900MHz～915MHz、下り：945MHz～960MHz）

周波数帯域を上り方向（携帯端末送信用）と下り方向（携帯端末受信用）の2つに分割して利用する FDD 方式を用いた LTE 携帯電話システムとなる。携帯端末送信⇒基地局受信を上り、基地局送信⇒携帯端末受信を下りとして使用されている。

(4) RFID 構内無線局／陸上移動局システム（916.7MHz～920.9MHz）

RFID システムを用いた空中線電力 1W 以下の移動体識別（無線設備が、応答器から発射された電波を受信することにより行う移動体の識別）用であって、916.7MHz を超え 923.5MHz 以下の周波数の電波を使用する無線設備であり、同一の構内において使用される構内無線局及び陸上を移動する陸上移動局がある。

(5) RFID 特定小電力無線局システム（916.7MHz～923.5MHz）

RFID システムを用いた空中線電力 250mW 以下の移動体識別（無線設備が、応答器から発射された電波を受信することにより行う移動体の識別）用であって、無線設備規則第 49 条の 14 第 6 号に規定された 916.7MHz を超え 923.5MHz 以下の周波数の電波を使用する無線設備である。

(6) RFID テレメータ用、テレコントロール用（915.9MHz～929.7MHz）

及びデータ伝送用無線設備（920.5MHz～923.5MHz）

陸上移動局の用途等のうち、テレメータ用、テレコントロール用及びデータ伝送用であって、920.5MHz 以上 923.5MHz 以下の周波数の電波を使用する無線設備に関するもの及び特定小電力無線局の用途等のうち、テレメータ用、テレコントロール用及びデータ伝送用であって 915.9MHz 以上 929.7MHz 以下の周波数の電波を使用する無線設備である。

(7) 電波天文

電波天文業務は、宇宙から発する電波の受信を基礎とする天文学のための当該電波の受信の業務であり、微弱な信号を扱っている。

3.1.2 2.4GHz 帯における共用検討対象システム

2.4GHz 帯及びその隣接周波数帯の周波数の使用状況を図 3.1.2 に示す。

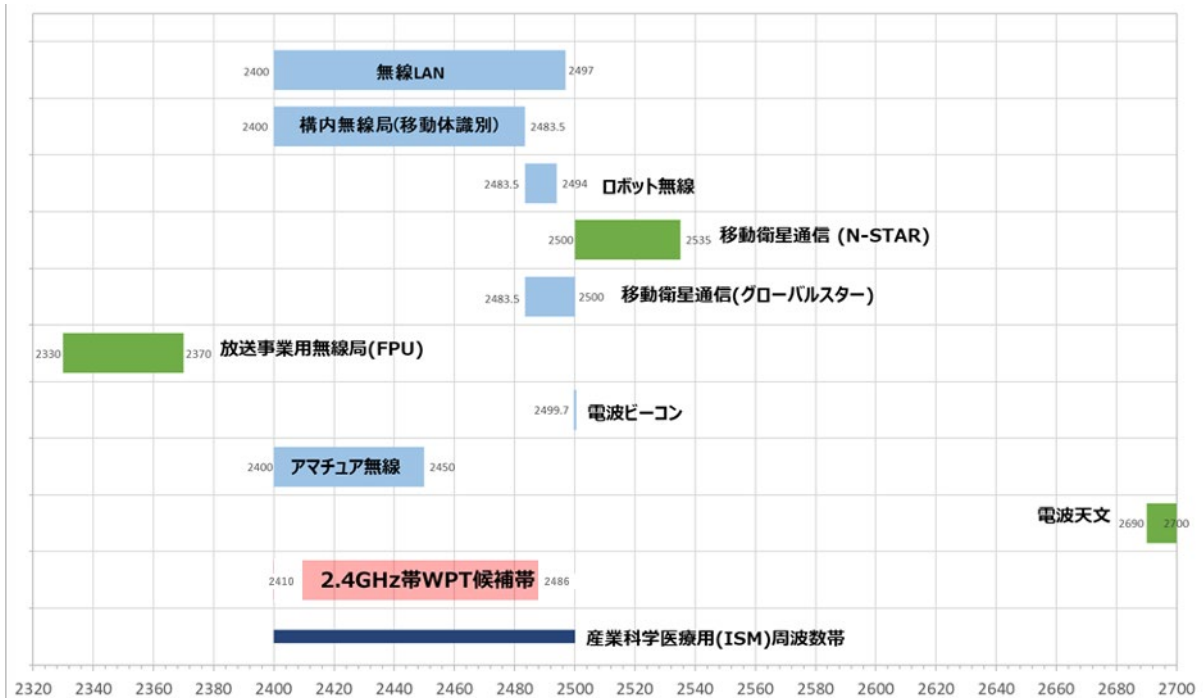


図 3.1.2 2.4GHz 帯の周波数使用状況

(1) 無線LANシステム (2400MHz～2497MHz)

2400MHz～2497MHz において、2.4GHz 帯無線 LAN (LAN : Local Area Network) システムが利用されている。無線 LAN システムの規格としては、米国電気電子学会 (IEEE : The Institute of Electrical and Electronics Engineers) により標準化された規格が広く利用されている。

IEEE802.11b における 20MHz システムのチャンネル配置を図 3.1.3 に示す。2412MHz から 2472MHz までの 5MHz 間隔の計 13 チャンネル (ch1～ch13) と、2484MHz の ch14 (我が国においてのみ使用可能) の計 14 チャンネルから構成される。

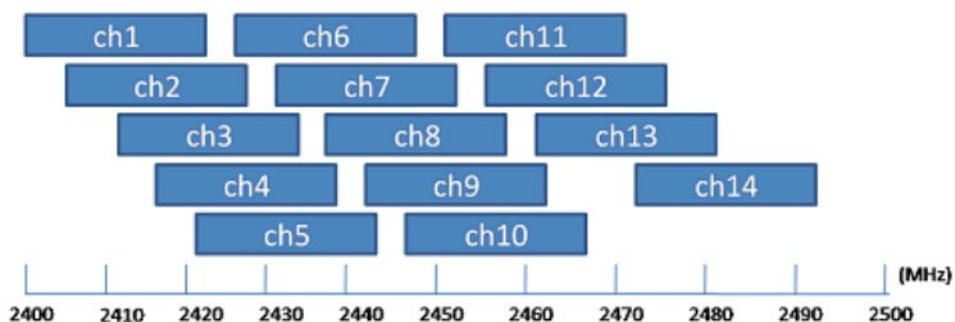


図 3.1.3 2.4GHz 帯無線 LAN システム (IEEE802.11b : 20MHz システム) のチャンネル配置

(2) 構内無線局 (移動体識別) (2400MHz～2483.5MHz)

質問機から応答機に向けて電波を発射し、それを受けた応答機においてデータを確認後、移動体データを質問機に送信することで、同データにより移動体を識別する装置である。工場で

の生産物管理や物流分野における物品管理、人員の入退室管理等に用いられる。

- (3) 無人移動体高速伝送システム (2483.5MHz～2494MHz)
人が容易に近づけない場所での作業、設備点検、映像伝送、輸送等、多様に活用されるロボット、無人航空機（ドローン）等の操縦用データの送信、ロボットからの映像やデータの送信に用いられる。
- (4) 移動衛星通信システム (N-STAR) (2500MHz～2535MHz)
静止衛星を利用した、日本及びその周辺海域をサービスエリアとして提供される移動通信システムである。2,500MHz～2,535MHz までをダウンリンク（衛星から送信される電波を地上側の通信端末において受信）として使用している。
- (5) 移動衛星通信システム (グローバルスター) (2483.55MHz～2500MHz)
低高度軌道衛星を利用した、グローバルにサービスを提供している移動通信システムである。2,483.5MHz～2,500MHz までをダウンリンク（衛星から送信される電波を地上側の通信端末において受信）として使用している。
- (6) 放送事業用 FPU システム (2330MHz～2370MHz)
マラソン・駅伝等のロードレースにおける中継車やバイクでの移動中継、ゴルフ・イベントでのワイヤレスカメラ伝送、報道中継等のテレビ放送番組素材の中継用として利用されている。
- (7) 電波ビーコン (2499.7MHz)
道路交通情報通信システム (Vehicle Information and Communication System : VICS) の一部として、道路上に設置した電波ビーコンにより、車載機に対して情報（渋滞情報、規制情報、道路案内、駐車場情報等）を提供するシステムである。
- (8) 電波天文 (2695MHz)
電波天文業務は、宇宙から発する電波の受信を基礎とする天文学のための当該電波の受信の業務であり、微弱な信号を扱っている。
- (9) アマチュア無線局 (2400MHz～2450MHz)
2400MHz～2450MHz をアマチュア無線局が使用している。

3.1.3 5.7GHz 帯における共用検討対象システム

5.7GHz 帯及びその隣接周波数帯の周波数の使用状況を図 3.1.4 に示す。

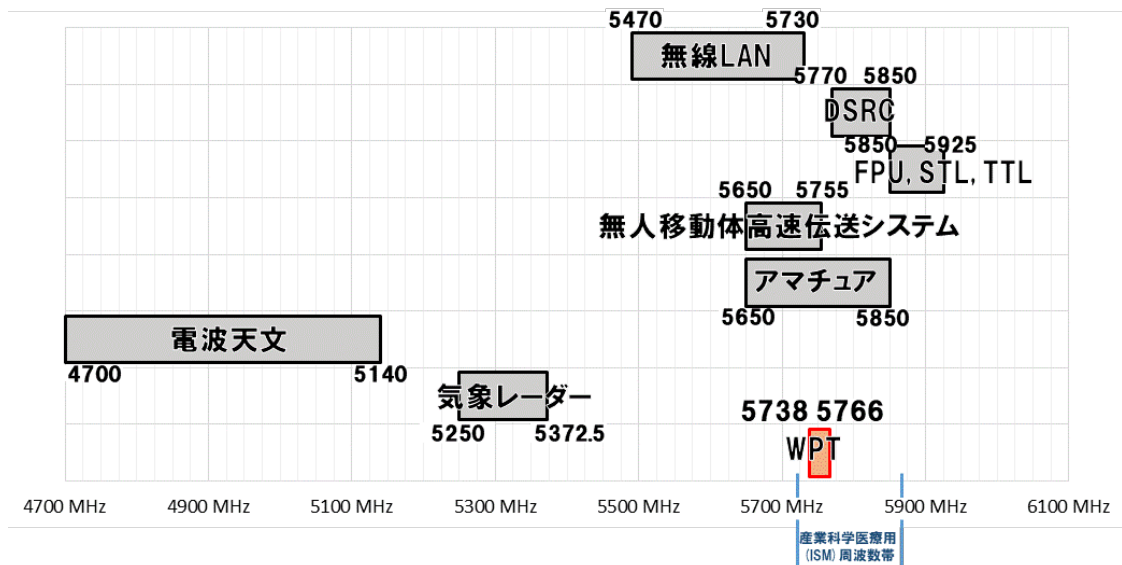


図 3.1.4 5.7GHz 帯の周波数使用状況

(1) 無線 LAN システム (5470MHz～5730MHz)

5470MHz～5730MHz において、無線 LAN (LAN : Local Area Network) システムにおける 5.6GHz 帯 (W56) が利用されている。無線 LAN システム規格としては、米国電気電子学会 (IEEE : The Institute of Electrical and Electronics Engineers) により標準化された規格が広く利用されている。

IEEE802.11ac における 20MHz、40MHz、80MHz システムのチャンネル配置を図 3.1.5 に示す。5490MHz から 5730MHz までの 20MHz 間隔の計 12 チャンネル (ch100～ch144) から構成される。

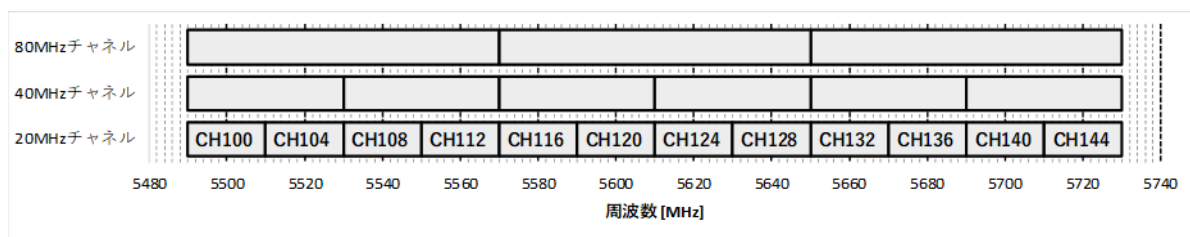


図 3.1.5 5.7GHz 帯における無線 LAN システムのチャンネル配置

(2) DSRC (狭域通信) システム (5770MHz～5850MHz)

狭域通信システム (DSRC : Dedicated Short-Range Communication System) は、路車間の通信システムとして、自動料金収受システム (ETC : Electronic Toll Collection System) や、ITS スポットと車載器の通信等に利用されるシステムである。DSRC におけるチャンネル配置図は図 3.1.6 のとおりであり、低域の 7 波をダウンリンク (車載機側受信)、高域 7 波をアップリンク (路側機側受信) で使用している。

また、料金収納及び料金所ゲートの開閉を行う通信に使用するため、通信環境として安全性及び公共性が求められる無線システムとなっている。

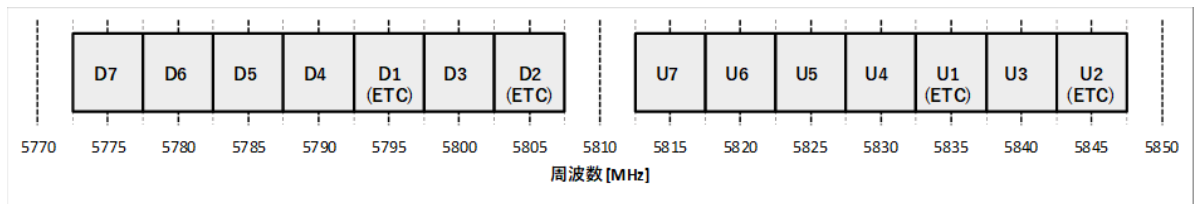


図 3.1.6 DSRC におけるチャネル配置

(3) 放送業務用 STL/TTL システム (5850MHz～5925MHz)

STL (Studio to Transmitter Link)は、放送局 (演奏所) と親局 (送信所) を結ぶ放送番組中継用回線、TTL (Transmitter to Transmitter Link)は、親局 (送信所) 又は中継局 (送信所) と中継局 (送信所) を結ぶ放送番組中継用回線である。5.7GHz 帯近傍の周波数帯として、テレビ放送の中継用途回線であり、Bバンド(5850-5925MHz)が用いられている。

(4) 放送事業用 FPU/TSL システム (5850MHz～5925MHz)

FPU(Field Pickup Unit)は、放送施設外の中継先からの番組素材を伝送するために用いられる可搬・移動無線システムであり、送信及び受信所の設置場所は運用によって多岐にわたる。

TSL(Transmitter to Studio Link)は、送信所又は中継局で受信した FPU の放送番組素材信号を放送局又は送信所に伝送する固定通信として用いられる。5.7GHz 帯近傍の番組素材伝送回線として、Bバンド(5850-5925MHz)が用いられている。

(5) 無人移動体高速伝送システム (5650MHz～5755MHz)

ロボットにおける電波利用として、設備点検、映像伝送及び輸送等の分野で多様に活用されるロボットや無人航空機 (ドローン) 等において、操縦用データの送信及び映像やデータのロボットからの送信に用いられる。無人移動体画像伝送システムにおけるチャネル配置図は図 3.1.7 に示す 5MHz、10MHz、20MHz 帯域でのシステムとなる。

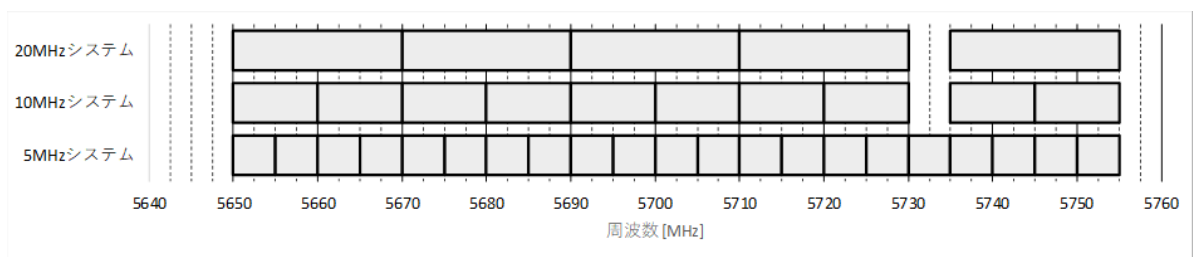


図 3.1.7 無人移動体画像伝送システムにおけるチャネル配置

(6) 気象レーダー (5250MHz～5372.5MHz)

気象レーダーは、台風・集中豪雨・ゲリラ豪雨・突風等を検知し、国民の生命・財産を守るための防災情報を発信する重要なインフラである。

(7) 電波天文

電波天文業務は、宇宙から発する電波の受信を基礎とする天文学のための当該電波の受信の業務であり、微弱な信号を扱っている。

- (8) アマチュア無線局 (5650MHz～5850MHz)
5650MHz～5850MHz をアマチュア無線局が使用している。

3.2 共用検討パラメータ

各周波数帯における空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの無線局の検討パラメータを以下に示す。

3.2.1 920MHz 帯

920MHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムのパラメータを表 3.2.1 に示す。

受信装置への被干渉については、通信を行わないものとなるため、被干渉検討は対象外とした。また、受電装置から送信装置への通信については、特定小電力データ通信等の他システムにより規定された通信であるか、RFID システムと同様に受電装置から副次的に発する電波を使用するものであり、送信装置より 90dB 低い等価等方輻射電力であるため、共用検討の対象外とした。

表 3.2.1 920MHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムのパラメータ

項目	パラメータ
空中線電力	1W (30dBm)
周波数	918.0MHz/919.2MHz
等価等方輻射電力	4W (36dBm)
占有周波数帯幅の許容値	200kHz
空中線利得 (送信)	6.0dBi
給電線損失	無損失
空中線高 (送信)	屋内設置 (床高 2.5m)
空中線指向特性	図 3.2.1 による
壁損失	10.0dB
利用場所	屋内
設置高	2.5m (ビル等の天井高より想定)
変調方式	NON、G1D 等

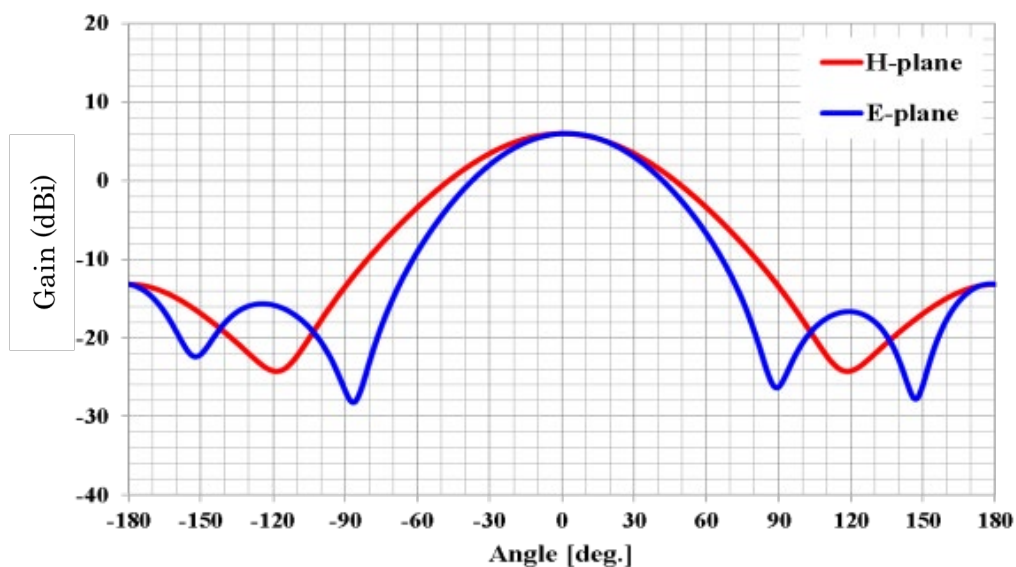


図 3.2.1 920MHz 帯空中線指向特性

3.2.2 2.4GHz 帯

2.4GHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムのパラメータを表 3.2.2 に示す。

受電装置への被干渉については、通信を行わないものとなるため、被干渉検討は対象外とした。また、送信装置と受電装置間の通信に関しては、特定小電力データ通信等の他システムにて規定された通信方式であり、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム同士は、同一屋内環境においては一元的に管理及び近隣施設については運用調整の仕組みを利用した措置等を行うため、共用検討の対象外とした。

表 3.2.2 2.4GHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムのパラメータ

項目	パラメータ
空中線電力	15W (41.8dBm)
周波数	2410MHz～2486MHz
等価等方輻射電力	65.8dBm
占有周波数帯幅の許容値	規定しない
空中線利得 (送信)	24.0dBi
給電線損失	無損失
空中線高 (送信)	屋内 天井面設置 (床高 4.5m)
空中線指向特性	図 3.2.2 又は図 3.2.3 による
壁損失	14.0dB
利用場所	屋内
設置高	4.5m (トラック横づけ可能倉庫モデルより想定)
変調方式	NON

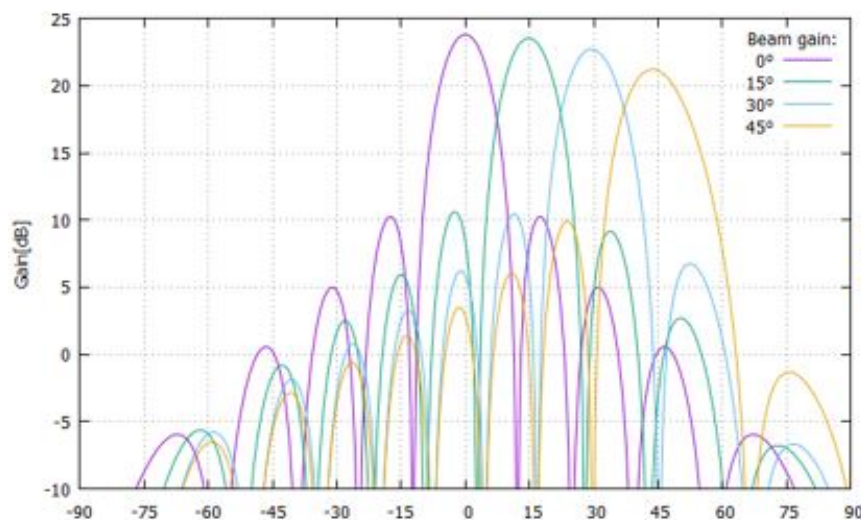


図 3.2.2 2.4GHz 帯空中線指向特性 (メインビーム放射角 0 度～45 度)

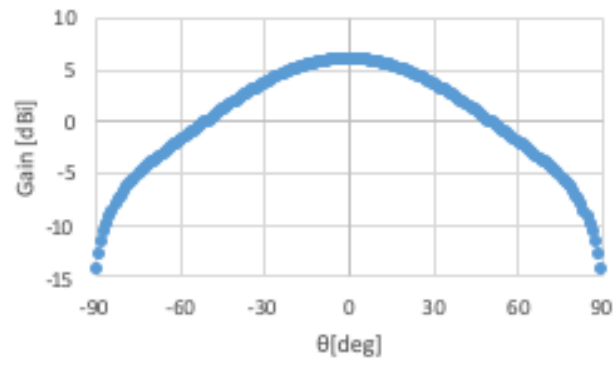


図 3. 2. 3 帯域外における空中線指向特性

3.2.3 5.7GHz 帯

5.7GHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムのパラメータを表 3.2.3 に示す。

受電装置への被干渉については、通信を行わないものとなるため、被干渉検討は対象外とした。また、送信装置と受電装置間の通信に関しては、特定小電力データ通信等の他システムに規定された通信方式であり、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム同士は、同一屋内環境においては一元的に管理し、近隣施設については運用調整の仕組みを利用した措置等を行う事とし、同一周波数によるビーコン信号では、送信装置より 70dB 低い等価等方輻射電力となるため、共用検討の対象外とした。

表 3.2.3 5.7GHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムのパラメータ

項目	パラメータ
空中線電力	32W (45.0dBm)
周波数	5738MHz～5766MHz
等価等方輻射電力	70.0dBm
占有周波数帯幅の許容値	規定しない
空中線利得 (送信)	25.0dBi
給電線損失	無損失
空中線高 (送信)	屋内 天井面設置 (床高 5m)
空中線指向性	図 3.2.4 による
壁損失	16.0dB
利用場所	屋内
設置高	5.0m (一般的な工場モデルより想定)
変調方式	NON

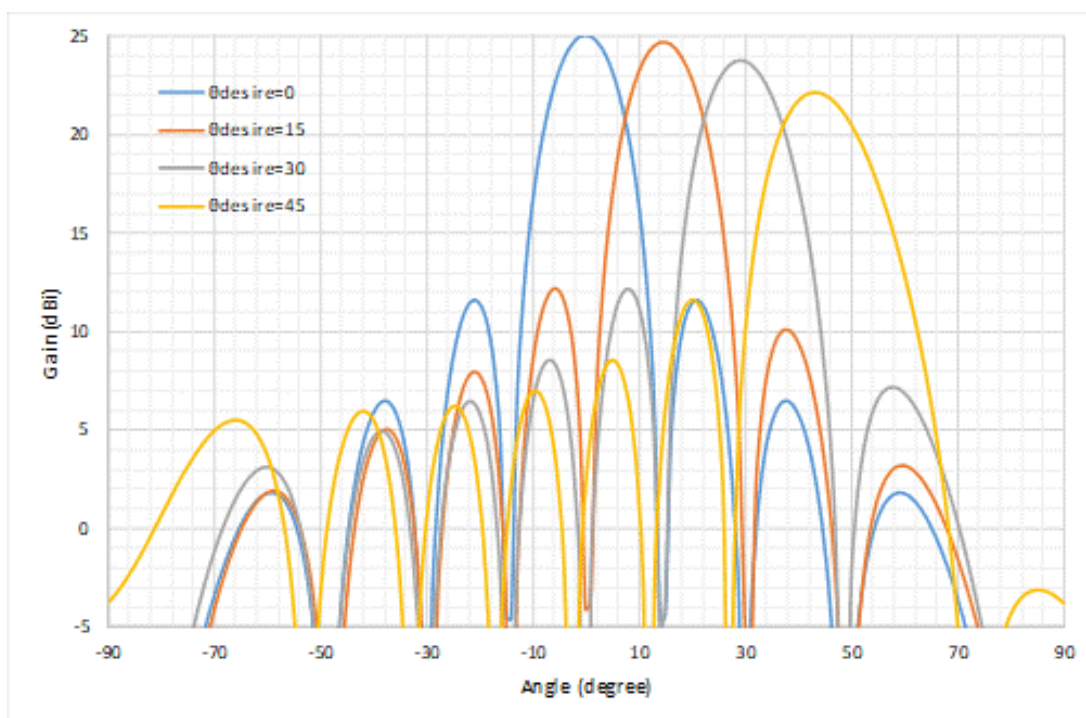


図 3.2.4 5.7GHz 帯空中線指向性

3.3 他の無線システムとの周波数共用条件

3.3.1 920MHz 帯システムと他の無線システムとの周波数共用条件

検討に当たっては、920MHz 帯空間伝送型ワイヤレスシステムの検討パラメータは、920MHz 帯を使用した RFID 構内無線局（パッシブ系電子タグシステム 1W 設備）と同等であることから平成 23 年 5 月付の「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 17 日答申）、諮問第 2009 号「小電力の無線システムの高度化に必要な技術的条件」のうち「920MHz 帯小電力無線システムの高度化に係る技術的条件」（平成 29 年 3 月 31 日答申）において既に検討されている結果と同等であるものに関してはその検討結果を引用している。（参考資料 4）

(1) デジタル MCA システム

デジタル MCA システム中継局の実際の立地条件（山上）を考慮すると、中継局の周辺 100m 以内に、RFID システムが設置される確率は極めて低く、双方の設備の離隔距離を 100m 以上確保することや、RFID 構内無線局（パッシブ系電子タグシステム 1W 設備）の空中線の設置条件の調整、中継局へのフィルタの挿入等の対策を行うことにより、共用可能との検討結果とされており、屋内使用となる本システムについては、壁損失も見込めることから共用が可能である。

(2) 高度 MCA システム

1 対 1 対向における干渉計算結果を表 3.3.1 に示す。

高度 MCA 移動局（携帯）は、人が持ちながら使用することがあるため、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用する可能性がある環境では、帯域外感度抑圧レベルが大きく共用が判断できないため、SEAMCAT によるモンテカルロシミュレーションによる検討を実施した。その結果を表 3.3.2 に示す。高度 MCA 基地局等は、所要改善量を満たしており、さらに実際の設置環境を考慮すると共用は可能である。

表 3.3.1 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		壁損失
		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

高度 MCA 移動局（車載①及び携帯②）のモンテカルロシミュレーションの結果を表 3.3.2 に示す。干渉確率 3%における改善量を 0dB とする所要改善量を算出した結果でなり、共用は可能となる。また、高度 MCA 移動局（携帯）は、近接時又は双方の空中線が対向するような場合での干渉が発生する恐れがある事から、取扱説明書等による注意喚起を促すことが必要である。

表 3.3.2 SEAMCAT による干渉確率計算結果 (所要改善量)

	壁損失	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 3.3.1 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こととする。

(3) 携帯電話システム

RFID システムから LTE 基地局及び LTE 移動局への干渉は、SEAMCAT を利用した干渉確率計算による評価において、所要改善量がマイナス又はほぼゼロであり、共用可能である。との検討結果により共用可能である。(参考資料 4 (3))

(4) RFID 構内無線局/陸上移動局システム

(5) RFID 特定小電力無線局システム

(6) 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

920MHz 帯を利用した各種 RFID システム間の共用検討については、実施されていることから答申の 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 1W 設備) に準拠していることを踏まえ、共用は可能である。

(7) 電波天文

920MHz 帯システムの 1.4GHz 帯における不要発射強度が、電波天文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、所要離隔距離は 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 (壁損失: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図 3.3.1~図 3.3.8 の地図内の制限区域 (見通し区域) として示した区域が制限区域となる。制限区域では、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの設置を制限する区域とすることで電波天文との共用は可能である。

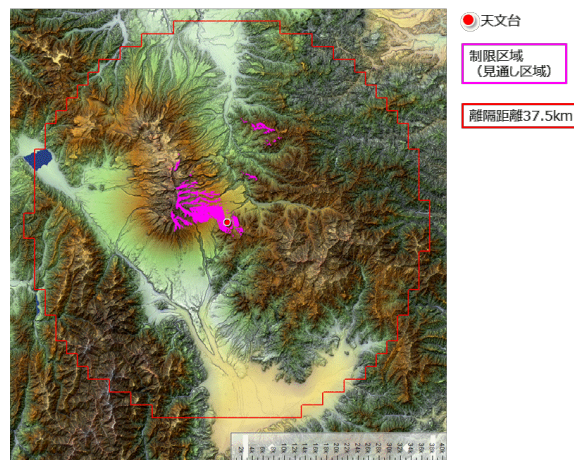


図 3.3.1 野辺山・宇宙観測所における空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの制限区域

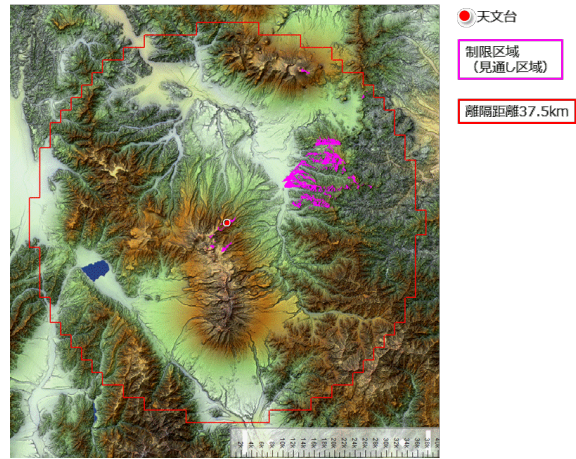


図 3.3.2 臼田観測所における空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの制限区域

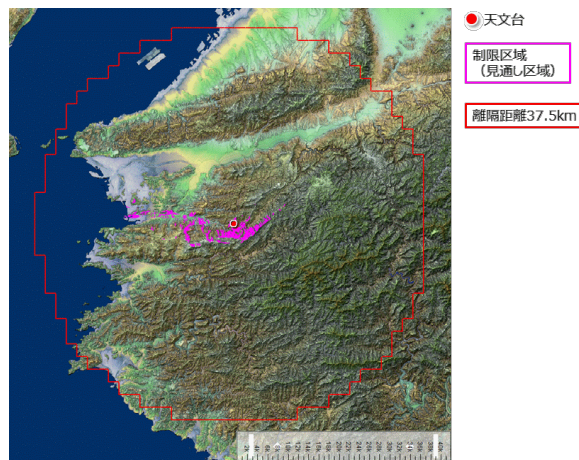


図 3.3.3 みさと天文台観測所における空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの制限区域

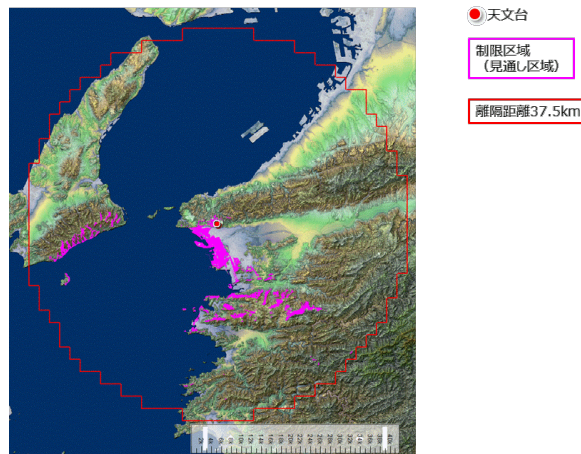


図 3.3.4 和歌山大学観測所における空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの制限区域

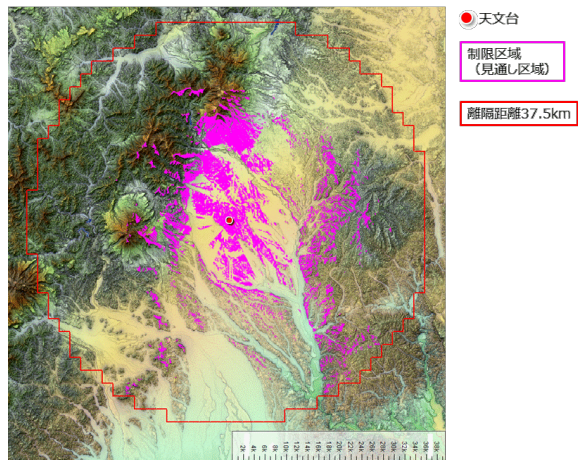


図 3.3.5 那須パルサー観測所における空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの制限区域

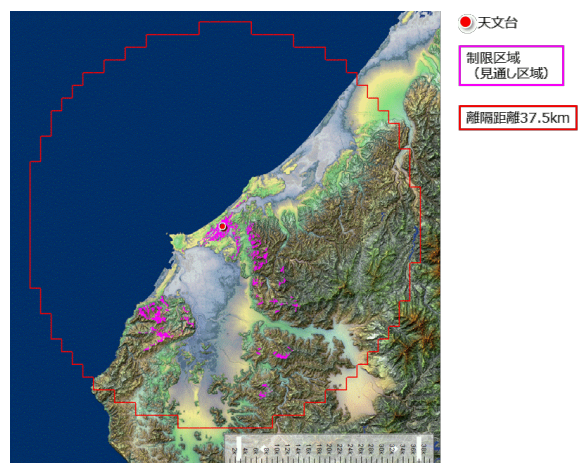


図 3.3.6 あらわ観測所における空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの制限区域

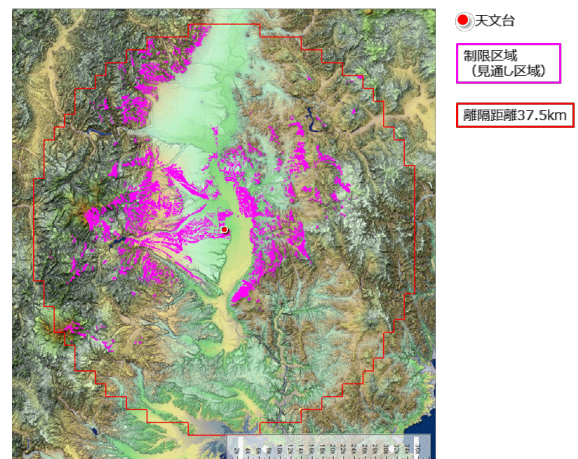


図 3.3.7 水沢観測所における空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの制限区域

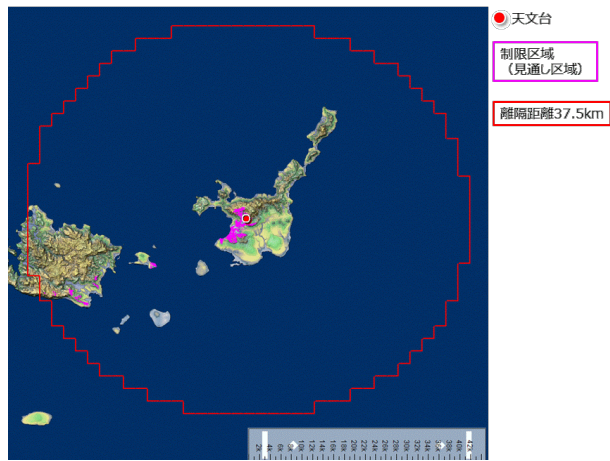


図 3.3.8 石垣島観測所における空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの制限区域

3.3.2 2.4GHz 帯システムと他の無線システムとの周波数共用条件

(1) 2.4GHz 帯無線 LAN システム

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム送信装置の主ビーム方向の角度 θ を 45 度及び 60 度とした際の WPT 屋内設置環境外における受信点での信号強度を表 3.3.3 に示す。

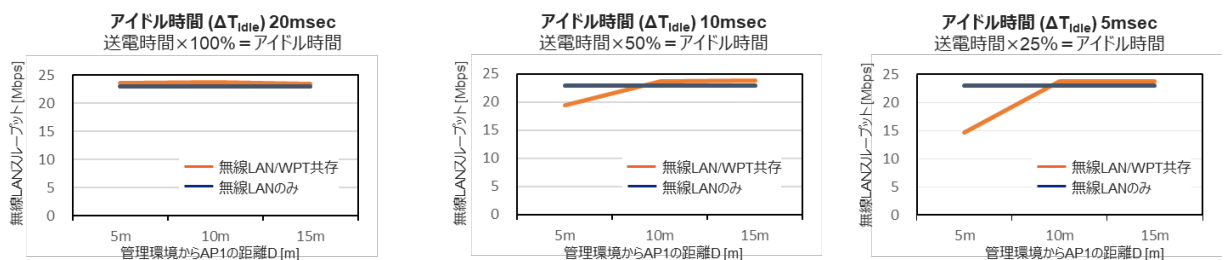
設置物がない場合については、角度 $\theta=45$ 度の場合、壁からの距離が 1m にて壁の外に設置した無線 LAN アクセスポイント（以下 AP）と同等の信号強度以下となるが、角度 $\theta=60$ 度の場合には、壁から 1m の距離では、壁の外に設置した無線 LAN システムの信号強度を 2.7dB 上回る結果となった。しかし、実際のユースケースを考慮した WPT 屋内設置環境に棚等の設置物がある場合においては、ビーム方向の角度 $\theta=60$ 度においても、壁の外に設置した無線 LAN AP の信号強度を下回る結果となった。

表 3.3.3 WPT 屋内設置環境外における信号強度検討結果

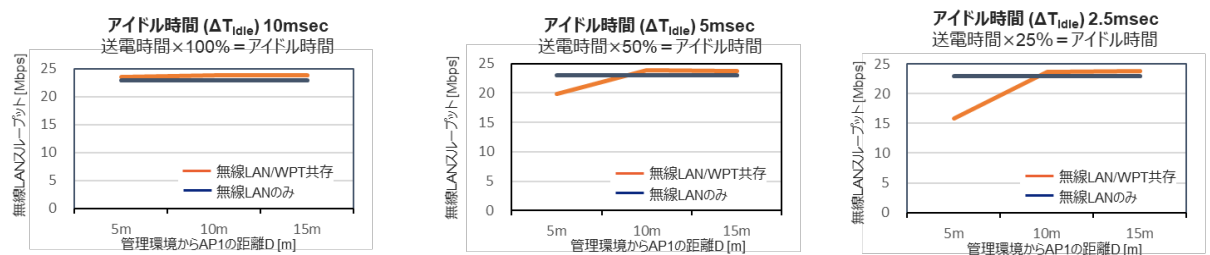
	受信点の位置（壁からの距離）			
	1m	10m	100m	1,000m
無線 LAN AP (dBm)	-24.9	-34.9	-54.9	-74.9
$\theta=45$ 度設置物なし (dBm)	-32.0	-41.0	-59.3	-80.4
$\theta=60$ 度設置物なし (dBm)	-22.2	-32.7	-52.7	-74.0
$\theta=45$ 度設置物あり (dBm)	-35.6	-44.3	-64.1	-85.4
$\theta=60$ 度設置物あり (dBm)	-31.4	-45.0	-61.8	-82.8

WPT 屋内設置環境外の無線 LAN システムのスループット低下が、無線 LAN システム同士の干渉によるスループット低下と同等以下になる空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムのキャリアセンスの設定を評価した。WPT 管理環境外 10m 以内に無線 LAN AP が存在する場合でも、送信時間にかかわらず、アイドル時間を送信時間と等しくすることにより、スループットの低下は無線 LAN システム同士の低下を下回らない結果を得た。アイドル時間と送信時間を等しくすることで、WPT 管理環境外における送信装置からの影響を抑制できる結果となり、2.4GHz 帯無線 LAN システムとの共用が可能となる。

送信時間：20msec とした場合



送信時間：10msec とした場合



送信時間：5msec とした場合

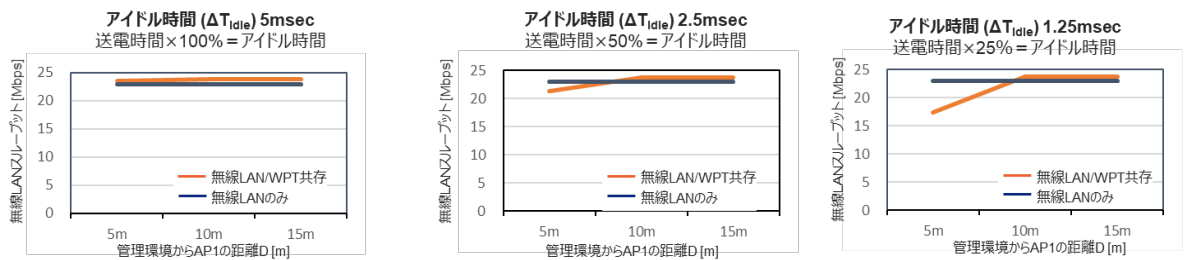


図 3. 3. 9 同一チャネルでの WPT 管理環境外でのスループット評価

無線 LAN システムが WPT 屋内設置環境に存在する場合のキャリアセンスによる無線 LAN システムの検出可能距離についての検討結果を表参 3. 3. 4 に示す。この結果より WPT 屋内設置環境において、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム送信装置がキャリアセンスによって同一チャネル、隣接チャネル及び次隣接チャネルの空き状況を判定する場合、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム送信装置の無線 LAN システム検出可能距離は 71m 以内であり、無線 LAN システムを WPT 屋内設置環境で使用する場合には、この範囲内にて設置することで共用可能となる。

表 3. 3. 4 キャリアセンスによる無線 LAN システム検出可能距離

項目	検討結果	
無線 LAN 周波数	2, 412MHz	
無線 LAN 空中線電力	23. 0dBm	
無線 LAN 空中線利得	2. 14dBi	
CCA(Clear Channel Assessment) 閾値	-62dBm (隣接、次隣接)	-72dBm (同一)
受信空中線利得(最小値)	-10dBi	-10dBi
所要結合量	77. 14dB	87. 14dB
無線 LAN の検出可能距離	71m	223m

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 システムへの最大入力定格(このレベルを上回る信号が入力される場合、回路が破壊されるリスクが生じる)を 0dBm とすると同一屋内空間においては 25m の所要離隔距離が必要となる。しかし、壁損失を見込むことが可能な設置環境外では所要離隔距離 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。また、同一設置環境においては、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 システムに対しては送信されない。そのため、同一運用者に注意喚起を行う事として、共用は可能とした。

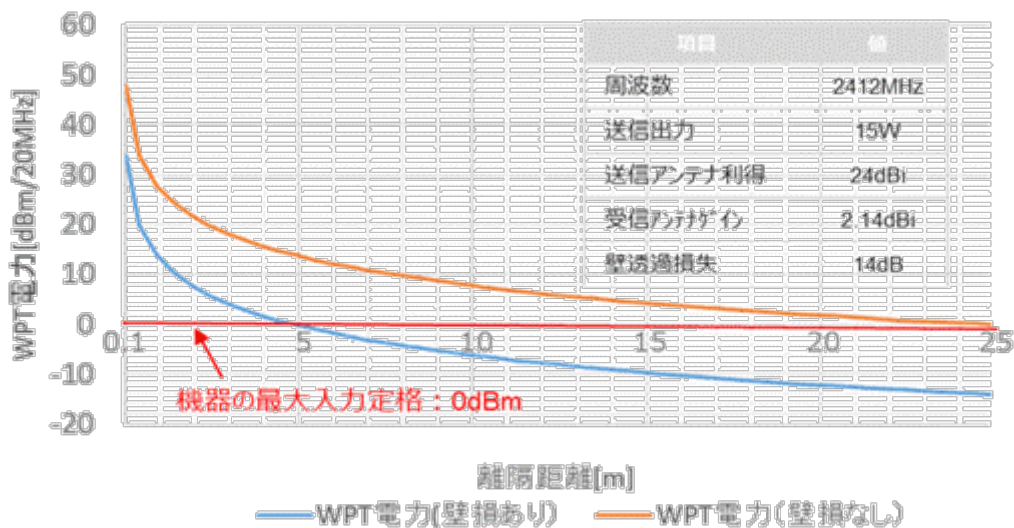


図 3. 3. 10 離隔距離による到達電力

(2) 構内無線局等

構内無線局等に対して空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムは、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する。空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムのキャリアセンスにより、構内無線局等を認識することができる送信装置からの検出可能距離を検討した。また、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にて実施した。

構内無線局等が WPT 屋内設置環境に存在する場合にキャリアセンスによる無線 LAN システムの検出可能距離についての検討結果を表 3. 3. 5 及び表 3. 3. 6 に示す。この結果より、WPT 屋内設置環境において空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム送信装置がキャリアセンスによって同一チャネル、隣接チャネル及び次隣接チャネルの空き状況を判定する場合、特定小電力無線局の検出可能距離は 15m 以内、構内無線局にて 84. 9m 以内であり、WPT 屋内設置環境で使用する場合には、この範囲内に設置することで干渉を抑制でき、共用可能となる。

表 3. 3. 5 キャリアセンスによる特定小電力無線局の検出可能距離

項目	パラメータ値	
特定小電力無線局周波数	2, 450MHz	
特定小電力無線局空中線電力	10dBm	
特定小電力無線局空中線利得	2dBi	
CCA 閾値	-62dBm (隣接、次隣接)	-72dBm (同一)
受信空中線利得(最小値)	-10dBi	-10dBi
所要結合量	64dB	74dB
無線 LAN の検出可能距離	15m	49. 5m

表 3.3.6 キャリアセンスによる構内無線局の検出可能距離

項目	パラメータ値	
特定小電力無線局周波数	2,450MHz	
特定小電力無線局空中線電力	24.8dBm	
特定小電力無線局空中線利得	2dBi	
CCA 閾値	-62dBm (隣接、次隣接)	-72dBm (同一)
受信空中線利得(最小値)	-10dBi	-10dBi
所要結合量	78.8dB	88.8dB
無線 LAN の検出可能距離	84.9m	272.3m

(3) 無人移動体高速伝送システム

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムは屋内、無人移動体高速伝送システム（ロボット無線システム）は屋外での運用として干渉計算を実施した。また、電波伝搬モデルについては、拡張秦モデル（郊外型）を用い、建物の外への等価損失 14dB を見込んだ。

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、放射角度範囲を 60 度以内とすることで、おおむね屋外にある無線 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、水平方向のずれ及び都市部においてはクラッタ損失を考慮することで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。

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の仕組みを利用した調整を行うことで、すみ分けによる共用は可能となる。

表 3.3.7 無人移動体高速伝送システムへの与干渉検討結果

項目	同一チャネル	隣接チャネル	次隣接チャネル
周波数	2,484 MHz	2,462MHz	2,437MHz
送信空中線放射角度	60 度		
不要発射の強度	41.8 dBm		
送信空中線利得	-5 dBi		
壁損失	14 dB		
ロボット無線システムの空中線地上高	上段：250m（ロボット） 下段：10m（制御）		
許容干渉電力	-98dBm	-72dBm	-56dBm
所要結合量	120.8 dB	94.8 dB	78.8 dB
所要離隔距離 (拡張秦郊外モデル)	3.6 km 0.67 km	460 m 120 m	85m
所要離隔距離 (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)

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) の干渉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信装置が存在する環境として実施した。

移動衛星端末から通信衛星方位上 (方位角差 0 度) 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結果を表 3.3.8～表 3.3.13 に示す。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て、所要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を利用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の仕組みを利用した協議等により共用を図るものとする。

表 3.3.8 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(度)		37.1	45.1	48.2	49.6	50.7	58.5
送信装置	周波数(MHz)	2,490					
	最大電力(dBm)	-34.2					
	受信点への角度(度)	74	73	72	72	72	71
	空中線利得(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					
	空中線利得(dBi)	12.6					
	送信装置の方向角度(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 3.3.9 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(度)		37.1	45.1	48.2	49.6	50.7	58.5
送信装置	周波数(MHz)	2,490					
	最大電力(dBm)	-34.2					
	受信点への角度(度)	78	77	77	77	76	76
	空中線利得(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					
	空中線利得(dBi)	12.6					
	送信装置の方向角度(度)	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 3.3.10 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(度)		37.1	45.1	48.2	49.6	50.7	58.5
送信装置	周波数(MHz)	2,490					
	最大電力(dBm)	-34.2					
	受信点への角度(度)	83	83	82	82	82	82
	空中線利得(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					
	空中線利得(dBi)	12.6					
	送信装置の方向角度(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)	-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

表 3.3.11 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(度)		37.1	45.1	48.2	49.6	50.7	58.5
送信装置	周波数(MHz)	2,490					
	最大電力(dBm)	41.8					
	受信点への角度(度)	74	73	72	72	72	71
	空中線利得(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					
	空中線利得(dBi)	12.6					
	送信装置の方向角度(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)	-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 3.3.12 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(度)		37.1	45.1	48.2	49.6	50.7	58.5
送信装置	周波数(MHz)	2,490					
	最大電力(dBm)	41.8					
	受信点への角度(度)	78	77	77	77	76	76
	空中線利得(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					
	空中線利得(dBi)	12.6					
	送信装置の方向角度(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 3.3.13 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(度)		37.1	45.1	48.2	49.6	50.7	58.5
送信装置	周波数(MHz)	2,490					
	最大電力(dBm)	41.8					
	受信点への角度(度)	83	83	82	82	82	82
	空中線利得(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					
	空中線利得(dBi)	12.6					
	送信装置の方向角度(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）

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（グローバルスター）の干渉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として実施した。

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムから同一チャネル及び不要発射による干渉検討の結果を表 3.3.14 及び表 3.3.15 に示す。同一チャネルを使用する場合の所要離隔距離は 1km 弱となり、同一チャネルでの利用ができない可能性がある。しかし、主なユースケースは携帯電話の不感地域での利用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、影響は限定的として共用可能となる。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ことでサービスへの影響を想定することが可能である。

表 3.3.14 移動体衛星通信システム（グローバルスター）への
同一チャネル与干渉検討結果

項目		パラメータ
移動衛星通信端末空中線高		1.5m
送信装置	周波数	2484 MHz
	最大電力	41.8 dBm
	空中線地上高	4.5m
	空中線利得	-5dBi
	メインビームの角（ θ ）	60 度
伝搬路	壁損失	14 dB
移動衛星通信端末 （受信）	周波数	2484.390 MHz
	空中線利得	0.51dBi
	許容干渉電力	-119.4 dBm/MHz
所要結合量	所要結合量	142.7dB
	所要離隔距離(壁からの距離)	0.96km

表 3.3.15 移動体衛星通信システム（グローバルスター）への
不要発射与干渉検討結果

項目		パラメータ
移動衛星通信端末空中線高		1.5m
送信装置	周波数	2462MHz
	最大電力	-34.2 dBm/MHz
	空中線地上高	4.5m
	空中線利得	-5 dBi
伝搬路	壁損失	14 dB
移動衛星通信端末 （受信）	周波数	2484.390 MHz
	空中線利得	0.51dBi
	許容干渉電力	-119.4 dBm/MHz
所要結合量	所要結合量	64.9 dB
	所要離隔距離(壁からの距離)	7m

(6) 放送事業用 FPU システム

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムと正対設置の場合と検討モデルによる干渉計算を実施した。また、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、電波伝搬モデルについては、自由空間伝搬損を使用し、壁損失 14dB とした。

検討結果を表 3.3.16 及び表 3.3.17 に示す。放送事業用無線局の周波数帯域とは、30MHz 以上の離調があるため帯域内干渉として検討し、所要離隔距離・設置条件を満たす事で共用可能となる。また、ユースケースでの検討結果として、表 3.3.18～表 3.3.20 に示す。最長の所要離隔距離は 9m となり、WPT 屋内設置環境内に FPU システムが設置された環境となるため、一元的に管理された環境内での使用するケースとなる。

表 3.3.16 放送事業用 FPU システムとの共用検討結果 (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 所要離隔 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 空中線利得 [dBi]	21.1	18.1	12	5.2
	⑤FPU 許容干渉電力 [dBm/BW] (=③-④) (FPU 空中線利得考慮)	-95.5	-107.7	-82	-83.8
	⑥干渉電力 [dBm/MHz]	-34.2	-34.2	-34.2	-34.2
	⑦干渉電力 [dBm/BW] (FPU 帯域換算)	-21.8	-21.8	-21.8	-21.8
	⑧送信空中線利得 [dBi]	6	6	6	6
	⑨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
	所要離隔距離 [m] (自由空間損失)	97	397	21	25
所要離隔距離 [m] (壁損失 14dB、自由空間損失)	19	79	4	5	
設置所要 距離計算	⑩所要改善量 [dB]	79.7	91.9	66.2	68
	⑪指向性減衰量 [dB]	20	20	20	20
	⑫壁損失 [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
	所要離隔距離 [m] (自由空間損失)	2.0	8.0	0.5	0.6

表 3.3.17 放送事業用 FPU システムとの共用検討結果 (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 所要 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 空中線利得 [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 空中線利得考慮)	-108.5	-101.5	-105.9	-98.3	-96.3	-102.3
	⑥干渉電力 [dBm/MHz]	-34.2	-34.2	-34.2	-34.2	-34.2	-34.2
	⑦干渉電力 [dBm/BW] (FPU 帯域換算)	-21.8	-21.8	-21.8	-21.8	-21.8	-21.8
	⑧送信空中線利得 [dBi]	6	6	6	6	6	6
	⑨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
	所要離隔距離 [m] (自由空間損失)	435	194	322	134	107	213
	所要離隔距離 [m] (壁損失 14dB、自由空間損失)	87	39	64	27	21	42
天井設置 所要 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
	⑪送信指向性減衰量 [dB]	20	20	20	20	20	20
	⑫壁損失 [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
	所要離隔距離 [m] (自由空間損失)	6.9	3.9	6.5	2.7	2.2	4.3

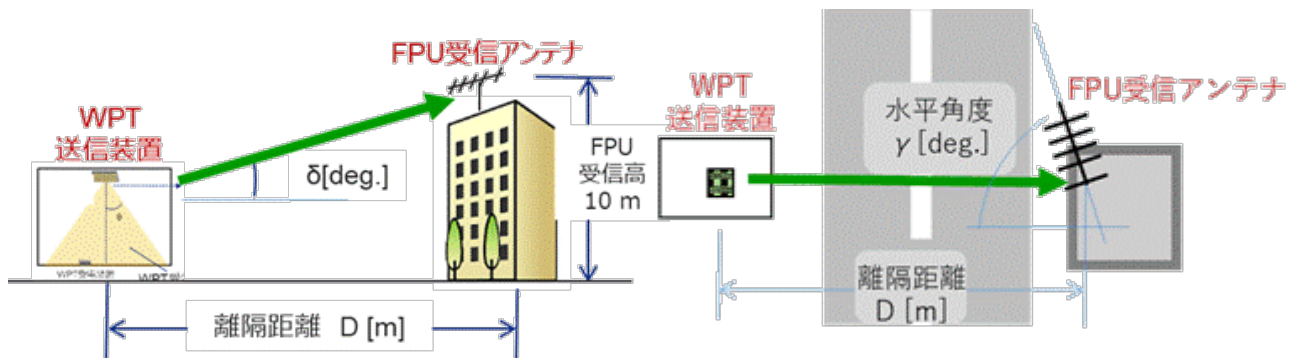


図 3.3.11 FPU システムのユースケース検討例

表 3.3.18 ユースケースによる所要離隔距離計算例
(垂直方向、平成 31 年答申システム)

設置地上高の差(垂直方向)と所要離隔距離(壁損失含む)	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仰角 δ [deg]/ 水平方向の所要離隔距離 D [m]	角度 δ	所要離隔距離 D	角度 δ	所要離隔距離 D
	-	-	43.9	5.7

※地上高の差が、表 3.3.16 の所要離隔距離以上の場合は” - “としている

表 3.3.19 ユースケースによる所要離隔距離計算例(垂直方向、現行システム)

設置地上高差(垂直方向)と所要離隔距離(壁損失含む)	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仰角 δ [deg]/ 水平方向の所要離隔距離 D [m]	角度 δ	所要離隔距離 D	角度 δ	所要離隔距離 D	角度 δ	所要離隔距離 D	角度 δ	所要離隔距離 D	角度 δ	所要離隔距離 D	角度 δ	所要離隔距離 D
	65.1	2.5	-	-	58.5	3.4	-	-	-	-	-	-

※地上高の差により所要離隔距離が不要の場合は” - “としている。

表 3.3.20 ユースケースによる所要離隔距離計算例(水平方向)

		平成 31 年度 答申システム		現行システム					
FPU 空中 線指 向角 γ 度	FPU 指向 減衰 dB	固定 中継 上り 回線 m	移動 中継 上り 回線 m	移動 中継 Half Mode m	移動 中継 16QAM Full m	固定 中継 32QAM Full m	固定 中継 16QAM Full m	移動 中継 8PSK m	移動 中継 32QAM m
-15.0	-12.0	-	1.4	0.6	-	0.8	-	-	-
-10.0	-5.0	-	3.2	1.4	-	1.9	-	-	-
-5.0	-1.1	-	5.0	2.2	-	3.0	-	-	-
-1.0	-0.1	-	5.7	2.5	-	3.3	-	-	-
0.0	0.0	-	5.7	2.5	-	3.4	-	-	-
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	-	-	-

※所要離隔距離が不要の場合は” - “としている。

(7) 電波ビーコン

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムから電波ビーコンへの干渉として、壁を隔てた外にある車のビーコン車載空中線（地上高 1m）へ干渉を与える干渉計算を実施した。また、送信装置から壁までを 10m としたユースケースとした共用検討モデルについても実施した。

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムからの干渉は、帯域外干渉として約 1.8km の所要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と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。

表 3.3.22 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
壁損失	14.0dB
所要結合量	53.5dB 39.5 dB（壁損失あり）
所要離隔距離（壁からの距離）	4.5m 0.9m（壁損失あり）

表 3.3.23 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
壁損失	14.0dB
所要結合量	105.7dB 91.7 dB（壁損失あり）
所要離隔距離（壁からの距離）	1,851m 369m（壁損失あり）

表 3. 3. 24 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
壁損失	14. 0dB
所要結合量	20. 3dB
所要離隔距離(壁からの距離)	22. 0m

(8) 電波天文

電波天文との共用検討では、周辺の建物等によるクラッタ損失を含む算出方法にて、所要結合量から所要離隔距離を算出した。また、伝搬損失は自由空間損失とし、壁による損失は、ITU-R Traditional モデルである 14 dB、クラッタ損失の算出に当たっては、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、工場等の施設内環境を踏まえ、ITU-R P. 2108 勧告のデフォルト値 (27m) として算出とした。

所要離隔距離の算出結果を表 3. 3. 25 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制限する区域とすることで電波天文との共用は可能となる。

表 3. 3. 25 観測所との所要離隔距離算出結果

観測施設	単位	野辺山	臼田	小金井	石岡	水沢	石垣島	入来
観測周波数	MHz	2695	2695	2695	2695	2695	2695	2695
観測周波数帯幅 Δf_0	MHz	10	10	10	10	10	10	10
干渉閾値レベル								
入力電力 ΔP_H	dBW	-207.0	-207.0	-207.0	-207.0	-207.0	-207.0	-207.0
pdf $S_H \Delta f$	dB(W/m ²)	-177.0	-177.0	-177.0	-177.0	-177.0	-177.0	-177.0
pdf スペクトラム S_H	dB(W/(m ² ・Hz))	-247.0	-247.0	-247.0	-247.0	-247.0	-247.0	-247.0
離調周波数 ($\angle f$)	MHz	283	283	283	283	283	283	283
送信装置天井設置高 h_1	m	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
空中線入力電力密度	dBm/MHz	-34.2	-34.2	-34.2	-34.2	-34.2	-34.2	-34.2
	dBW/MHz	-64.2	-64.2	-64.2	-64.2	-64.2	-64.2	-64.2
水平方向空中線利得	dBi	-14.2	-14.2	-14.2	-14.2	-14.2	-14.2	-14.2
壁損失	dB	-14.0	-14.0	-14.0	-14.0	-14.0	-14.0	-14.0
クラッタ損失	dB	-8.5	-8.5	-19.8	-8.5	-19.8	-8.5	-8.5
0dB _i 受信 Ant 入力閾値	dBm/MHz	-187.0	-187.0	-187.0	-187.0	-187.0	-187.0	-187.0
所要結合量	dB	116.1	116.1	104.8	116.1	104.8	116.1	116.1
所要離隔距離 (自由空間伝搬損)	Km	5.7	5.7	1.6	5.7	1.6	5.7	5.7

(9) アマチュア無線

アマチュア無線との共用検討は、周辺の建物等によるクラッタ損失を見込んだ所要結合量から所要離隔距離を算出した。また、伝搬損失は自由空間損失とし、壁による損失は、ITU-R Traditional モデルである 14 dB、クラッタ損失の算出に当たっては、倉庫、工場等の施設内環境を踏まえ、ITU-R 勧告 P. 2108 のデフォルト値 27m としてクラッタ損失が小さくなる算出とした。

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムとアマチュア無線が、同一周波数を利用した場合及び 10MHz 離調がある場合について、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムのビームの方向とアマチュア無線の空中線の最大空中線利得方向が一致した場合における算出結果を表 3.3.26 に示す。同一周波数を利用する場合、4.4km の離隔が必要となる結果となったが、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムのビームの方向とアマチュア無線の空中線の指向方向が一致する場合に限られる。

表 3.3.26 アマチュア無線との共用検討結果

項目	アマチュア無線帯域内同一周波数	アマチュア無線帯域内・外の不要発射 (10MHz 離調)	備考
周波数	2,412, 2,437 MHz	2,462, 2484 MHz	
空中線電力	41.8 dBm	41.8 dBm	
帯域外補正	-	76 .0 dBc	
送信メインローブ角度	60 度	-	
送信空中線利得 (水平方向)	-5.0 dBi	-14.0 dBi	
壁損失	14.0 dB	14.0 dB	
クラッタ損失 (ITU-R P. 2108)	38.7 dB	0 dB	送信側・受信側ともに「郊外」として算出 不要発射は所要離隔距離が小さく 0 とする。
アマチュア無線周波数	2,412, 2,437 MHz	2,400-2,450 MHz	
アマチュア無線空中線利得	18.0 dBi / 5.0 dBi	18.0 dBi / 5.0 dBi	八木アンテナ 18.0 dBi ホイップアンテナ 5.0dBi として計算
許容干渉電力	-110. 83dBm/MHz	-110.83 dBm/MHz	
所要改善量	112.1 /99.1 dB	66.6 / 53.6 dB	
所要離隔距離 (自由空間伝搬)	4.4 km / 0.97km	10.8 m / 0 m	壁からの距離

3.3.3 5.7GHz 帯システムと他の無線システムとの周波数共用条件

(1) 無線 LAN システム

共用検討のモデルとして、無線 LAN システムの AP 同士が共用する環境と無線 LAN システムと空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの共用する環境の共用検討モデルにて、システムスループットのシミュレーションを比較し、無線 LAN システム同士の干渉によるスループット低下より、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低下が同等以下となるキャリアセンスの設定を評価した。

また、壁損失及び屋内反射の影響については、レイトレーシングによるシミュレーションにより実施した。

送信時間が 10msec でのシステムスループットのシミュレーション結果を図 3.3.12、20mSec の結果を図 3.3.13 に示す。無線 LAN システムのみの環境より、無線 LAN システムと空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム環境でのスループットを高くするためには、「距離を離す」あるいは「センシング時間 (CCA 時間) を長くする」必要がある。そのため、干渉を小さく抑える条件は、送信時間や CCA 時間の絶対値ではなく、相対時間関係を設定する必要があり、送信時間が 10msec の場合は CCA 時間が 4.6msec 以上、送信時間が 20msec の場合は CCA 時間が 9.2msec 以上であれば、無線 LAN システムの AP と空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの共用環境でのスループットは高くなる結果であり、送信時間と CCA 時間の関係が 2:1 となるように設定することで共用可能となる。

その為、CCA 時間の設定としては、無線 LAN パケットの十分な検出可能な時間として 4msec とすることが妥当と考えられ、検討結果の 2:1 の関係より、送信時間は 8msec とした。

また、現行の無線 LAN システム (小電力データ通信システムの無線局) の無線設備規則※8における最大送信バースト長は 8msec であるが、無線 LAN システムの標準規格 IEEE 802.11※9では、実際の物理パケットの最大占有時間長は約 5.5msec に規定されており、制御フレームも逐次的に送受信されるため、CCA 時間としては 4msec にて無線 LAN システムの検出は可能である。

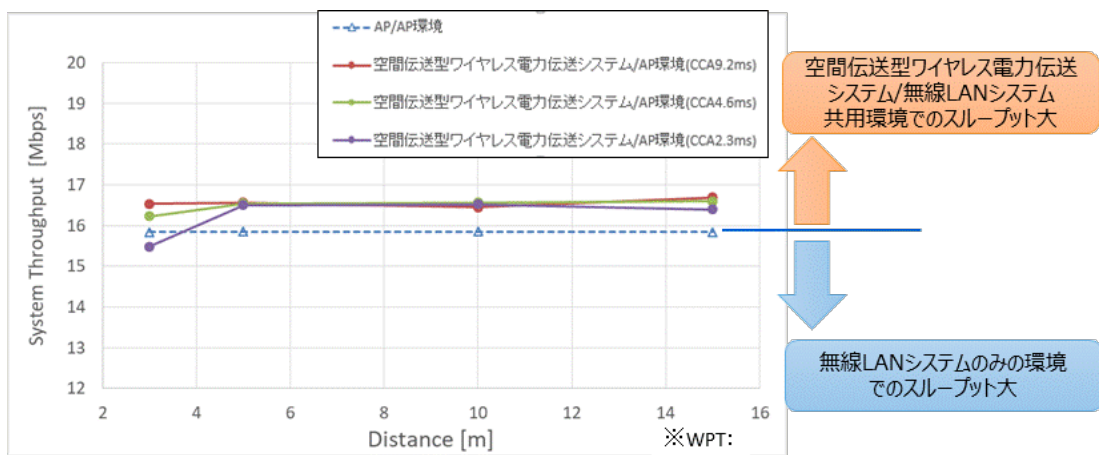


図 3.3.12 スループット評価結果例 (送信時間: 10msec の場合)

※8 無線設備規則第四十九条の二十三 へ より

※9 IEEE Std. 802.11-2016, IEEE Standard Association, 2016 年 12 月

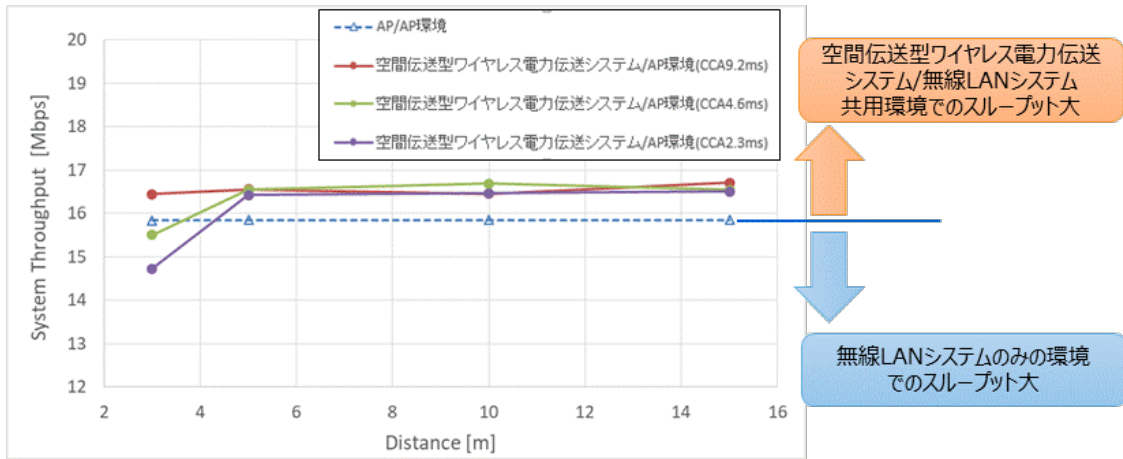


図 3.3.13 スループット評価結果例（送信時間：20msec の場合）

共用する無線 LAN AP が複数となった場合のシステムスループットのシミュレーション結果を図 3.3.14 及び図 3.3.15 に示す。図 3.3.12 及び図 3.3.13 の結果と同様となり、送信時間と CCA 時間の関係が 2:1 となるキャリアセンス設定にて無線 LAN システムとは共用可能となる。

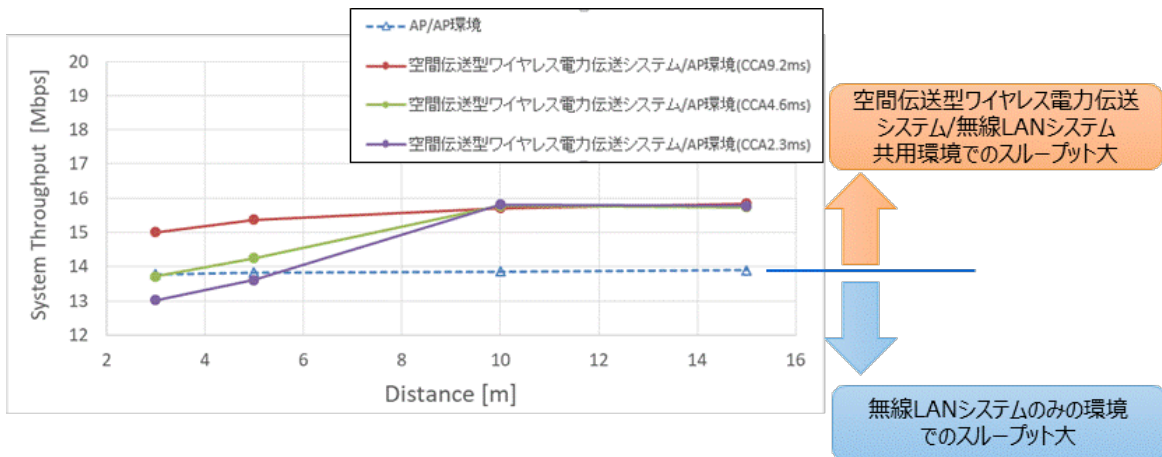


図 3.3.14 スループット評価結果例（AP 複数・送信時間：10msec の場合）

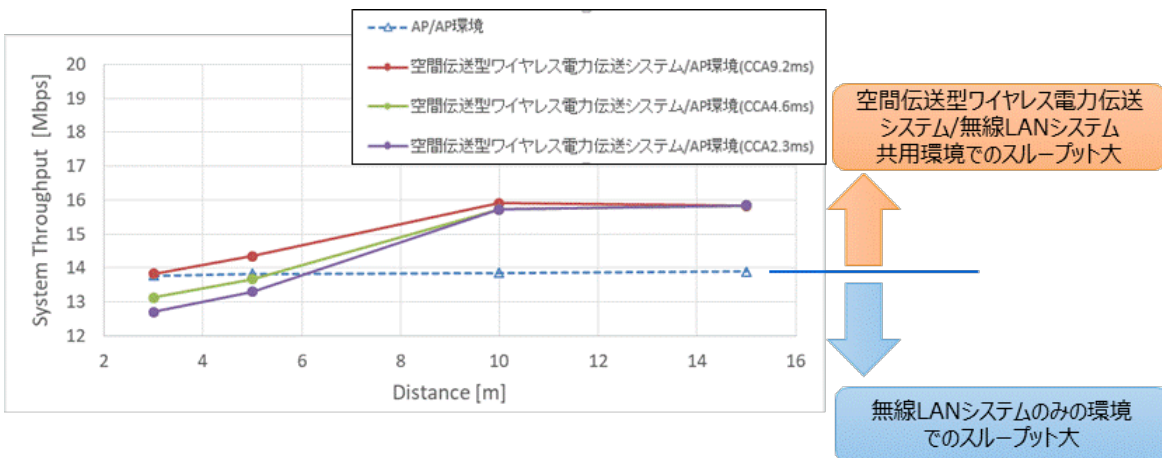


図 3.3.15 スループット評価結果例（AP 複数・送信時間：20msec の場合）

表 3.3.27 キャリアセンスの設定

		共用 状態	非共用 状態	備 考
センシング時間	CCA 時間	4msec		
	CCA 初期化時間	5sec		CCA 時間・送信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
送信時間		8msec	192msec	

共用状態 : 送信時間と CCA 時間の比率が 2:1 となる動作状態。
 非共用状態 : 無線 LAN システムとの共用の可能性が低いと判断した場合に、送信時間を延ばす状態。

また、壁損失及び屋内反射の影響について、レイトレーシングによるシミュレーション結果を表 3.3.28 に示す。天井設置された空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム送信装置からビーム角度 θ で放射された電波が壁を挟んで隣の部屋の無線 LAN 機器に到来する最大値は、-28.3dBm となった。そのため、反射を考慮した場合であっても、壁を挟んだ WPT 屋内設置環境の外にある無線 LAN 機器に到来する空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム電界強度は、既存の無線 LAN 機器と同程度であり、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムによって大きな劣化は発生しない結果となった。

表 3.3.28 反射を考慮したレイトレーシングシミュレーション結果

メインビーム角度 θ	0 度	30 度	45 度	60 度
無線 LAN 機器に到来する信号強度	-44.5dBm	-38.7dBm	-36.7dBm	-28.3dBm

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 システムに対しての最大入力定格に対する検討結果を表 3.3.29 に示す。

正面向向の場合、所要離隔距離は 9.3m～41.5m となる。しかし、送信装置を天井設置での所要離隔距離は 4.9m～11m に抑えられる。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は、互いに正面正対しない調整にて、運用することで共用可能とできる。また、別空間となる壁損失ありの場合は、所要離隔距離 1.5m～6.6m となり、想定される WPT 設置環境内における空間距離以下であり、別空間に設置する環境では共用可能になる。

表 3.3.29 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			正面向向壁損失あり		
無線 LAN 空中線利得	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
周波数	MHz	5750								
等価等方輻射電力	dBm	70								
交差偏波識別度	dB	0								
壁損失	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

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狭域通信システムに対する影響を及ぼさない所要離隔距離は、送信装置からの電波がスプリアス・レスポンス・リジェクション量及びDSRC帯域内雑音入力許容値以下となる距離とした。

また、DSRCシステムには移動局・基地局の他に、移動局の試験を行う試験機があり、これはスプリアス・レスポンス・リジェクション量及びDSRC帯域内雑音入力許容値が規定されていないため、共用検討の計算対象外とした。

スプリアス・レスポンス・リジェクション量に対する検討結果を表3.3.30、DSRC帯域内雑音入力許容値に対する検討結果を表3.3.31に示す。

所要離隔距離はスプリアス・レスポンス・リジェクション量に対するクラス2基地局が最大となり、2,620mとなる。また、DSRC帯域内雑音入力に関しては、移動局、基地局共にスプリアス干渉による所要離隔距離は短く、スプリアス・レスポンス・リジェクション量となった。この結果より、壁の種類に応じて離隔距離を確保することが前提となり、被干渉局への干渉量は、被干渉局側の指向性減衰量及び壁損失を個別に考慮した干渉計算による所要離隔距離を確保することにより共用可能となる。また、試験機が設置されている際には、個別に検討する必要がある。

表 3.3.30 狭域通信システムへの共用検討結果
(スプリアス・レスポンス・リジェクション量)

仕様・計算結果	単位	ITU-R P.2109-0 壁モデル		
		(Median 値)		
		移動局	クラス 1	クラス 2
基地局	基地局			
規格受信感度+3dB	[dBm]	-57	-62	-72
スプリアス・レスポンス・リジェクション	[dB]	24	28	30
干渉許容電力	[dBm]	-33	-34	-42
空中線利得	[dBi]	10	20	20
受信指向性減衰量	[dB]	0		
偏波損失	[dB]	0		
EIRP	[dBm]	70		
壁損失	[dB]	16		
送信指向性減衰量	[dB]	0		
1mにおける自由空間損失	[dB]	47.6		
所要減衰量	[dB]	113	124	132
所要離隔距離	[m]	294	1,043	2,620

表 3. 3. 31 狭域通信システムへの共用検討結果 (DSRC 帯域内雑音入力)

仕様・計算結果	単位	ITU-R P.2109-0 壁モデル		
		(Median 値)		
		移動局	クラス 1	クラス 2
基地局	基地局			
最小周波数	[MHz]	5,775	5,815	5,815
許容干渉入力量	[dBm]	-84.5	-90.0	-100.0
受信空中線利得	[dBi]	10.0	20.0	20.0
受信指向性減衰量	[dB]	0		
偏波損失	[dB]	0		
等価等方輻射電力	[dBm/MHz]	11.0	1,0	1.0
壁損失	[dB]	16		
送信指向性減衰量	[dB]	0		
1m における自由空間損失値	[dB]	47.6		
所要減衰量	[dB]	112.5	118.0	128.0
所要離隔距離	[m]	276	520	1,645

(3) 放送業務用 STL/TTL システム

放送事業用 STL/TTL システムへ影響を与えない所要離隔距離は、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 C/N 及びフェージングマージン時所要熱雑音 C/N に影響を及ぼさない値とし、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 を下回る所要減衰量 145.2dB とした。

また、標準時熱雑音 C/N に対する劣化は同一ルート干渉、フェージング時所要熱雑音 C/N に対しては差動フェージングを考慮して図 3.3.16 に示す検討モデルによる設置高低差による指向性減衰量を考慮した検討を実施した。

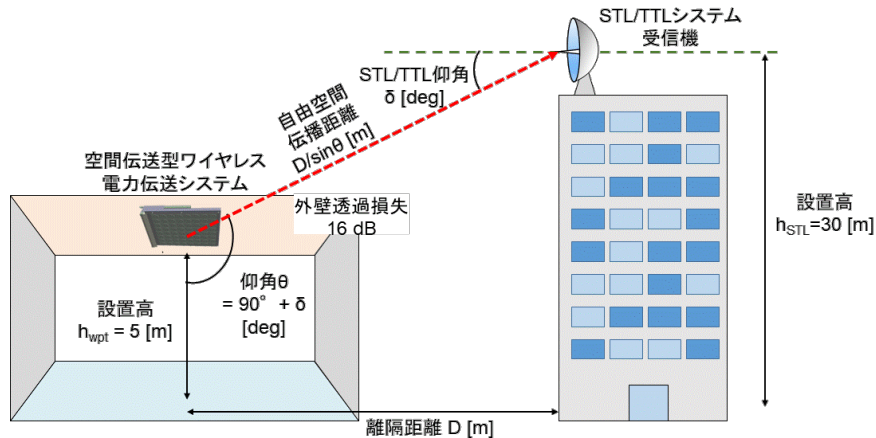


図 3.3.16 STL/TTL システムとのユースケース検討モデル

同一ルート干渉時の共用検討結果を表 3.3.32 に示す。所要離隔距離としては 46.8m となる。

異ルート干渉時の共用検討結果を表 3.3.33 に示す。所要離隔距離としては 836m となる。しかし、設置高の差が 5m 以上となる場合、STL/TTL 受信空中線の指向性減衰量を 20dB 見込む事が可能となり、所要離隔距離は 83.4m となる。また、図 3.3.16 にて送信装置の設置高を変更した場合の所要離隔距離と C/N 劣化量の状態を図 3.3.17 に示す。この結果より、所要離隔距離・設置条件を満たす事で共用可能となる。

表 3.3.32 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(フィード損失含む)	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	117.6
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
所要離隔距離	m	46.8

表 3. 3. 33 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	設置高低差	
		5m 以上	5m 未満
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/BW	-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	
受信指向性減衰量	dB	20. 0	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	125. 2	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	
所要離隔距離	m	83. 4	836

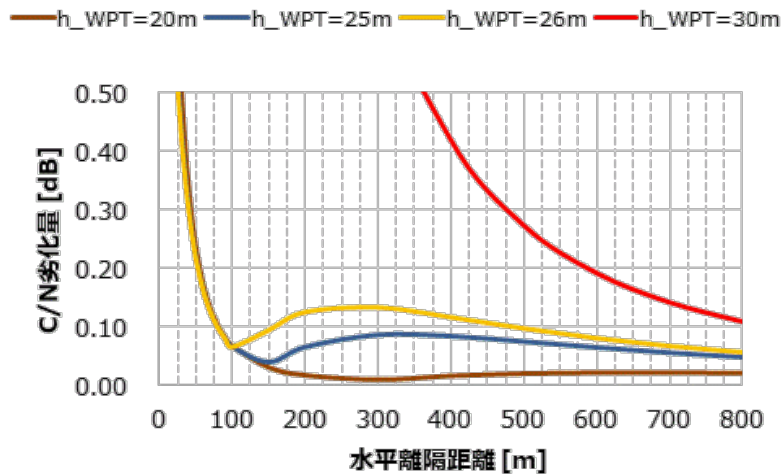


図 3. 3. 17 送信装置設置高と離隔距離による C/N 劣化量

(4) 放送事業用 FPU/TSL システム

FPU システムに対する影響を及ぼさない所要離隔距離は、所要干渉波電力を下回るために必要な値とし、ユースケースとして図 3. 3. 18 に示す検討を実施した。
また、TSL システムに関しては、前項の STL/TTL システムと同一方法により検討した。

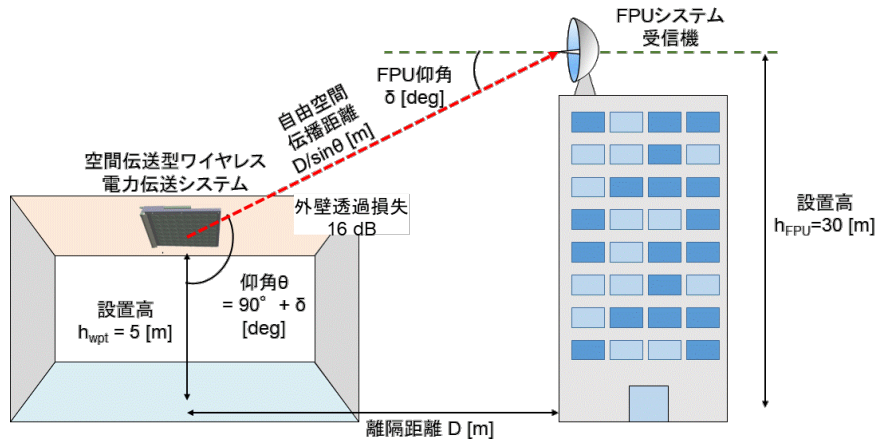


図 3. 3. 18 FPU システムの建屋設置時のユースケース

FPU システムとの共用検討結果を表 3. 3. 34 に示す。FPU システムの雑音入力許容雑音入力レベル以下となるための所要減衰量は 124. 8dB、所要離隔距離は 80. 0m となり、所要離隔距離・設置条件を満たす事で共用可能となる。

表 3. 3. 34 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)	可搬型 OFDM 中継局	移動中継局
周波数	MHz	5850	5850	5850
帯域幅	MHz	17. 5	17. 5	17. 5
標準受信電力	dBm/BW	-45. 0	-61. 0	-62
許容干渉雑音入力	dBm/BW	-89. 4	-95. 4	-90. 5
受信空中線利得(フィード損込)	dBi	30. 0	30. 0	22. 7
受信空中線指向性損失量	dB	0	0	0
所要減衰量	dB	118. 8	124. 8	112. 6
帯域外発射空中線電力(ア)	dBm/MHz	-38. 0	-38. 0	-38. 0
送信空中線利得(イ)	dBi	25. 0	25. 0	25. 0
等価等方輻射電力の最大値(ア+イ)	dBm/MHz	-33. 0	-33. 0	-33. 0
離隔距離に対する仰角	deg	84. 6	86. 4	82. 3
送信指向性減衰量	dB	20. 5	23. 0	17. 5
壁損失(ITU-R Traditional)	dB	16. 0	16. 0	16. 0
1m での自由空間損失	dB	47. 8	47. 8	47. 8
所要離隔距離	m	53. 0	80. 0	37. 0

図 3. 3. 18 に示すユースケースにおける FPU システムへの距離に対する雑音入力量の計算結果を図 3. 3. 19 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 とした場合、15dB 程度の水平面指向性減衰量を見込めるため、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、離隔距離に関わらず許容雑音電力以下となる。また、検討では FPU システムの垂直面指向性減衰量は含まないとしたが、俯角 5 度で約 14dB、10 度で約 22dB を考慮でき、さらに所要離隔距離を短くすることが可能となる。

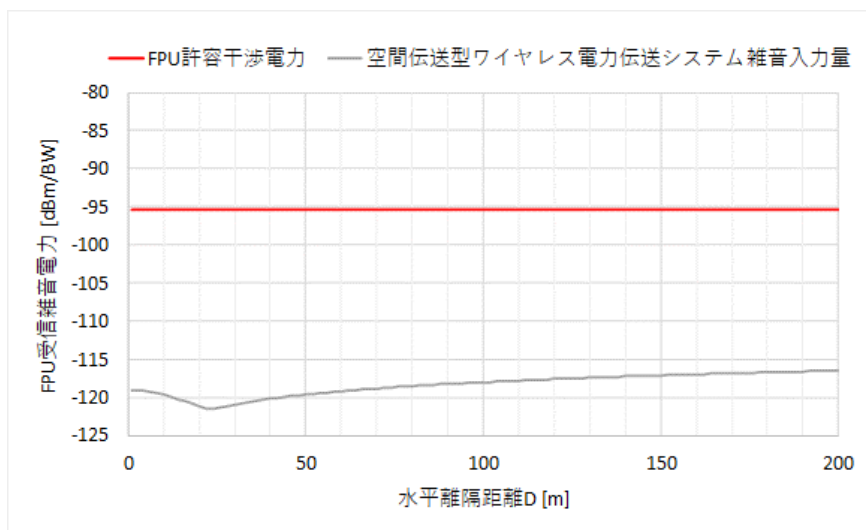


図 3.3.19 水平離隔距離に対する FPU システムの受信する空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム雑音電力の関係

TSL システムとの共用検討結果の同一ルート干渉を表 3.3.35 に示す。共用可能となる所要減衰量は、150.2dB(フェージング損導入による場合は 125.7dB)となり、同一ルート干渉による所要離隔距離は 88.3m となる。

異ルート干渉の共用検討結果を表 3.3.36 に示す。所要離隔距離は 1,485m となるが、TSL システムとの設置高低差が 7m 以上である場合、TSL 受信空中線指向性損失が 20dB、所要離隔距離は 148.5m となり、この所要離隔距離・設置条件を満たす事で共用可能となる。

表 3.3.35 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	16.2
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 (フェージング損失含む)	dB	-125.7
帯域外発射空中線電力 (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
壁損失 (ITU-R Traditional)	dB	16.0
1m の自由空間減衰量	dB	47.8
所要離隔距離	m	88.3

表 3.3.36 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	設置高低差	
		7m 以上	7m 未満
周波数	MHz	5,850	
帯域幅	MHz	16.2	
標準受信電力	dBm/BW	-44.8	
受信空中線利得 (フィーダ損失含む)	dBi	37.1	
受信等価熱雑音	dBm/BW	-97.7	
所要フェージングマージン	dB	24.5	
フェージング時所要 C/N	dB	29.0	
受信指向性減衰量	dB	20.0	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(受信指向性込)	dB	130.2	150.2
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	
送信指向性減衰量 (90 度以上)	dB	23.0	
壁損失 (ITU-R Traditional)	dB	16.0	
1m での自由空間損失	dB	47.8	
所要離隔距離	m	148.5	1,485

(5) 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(ロボット無線システム)に対する影響を及ぼさない所要離隔距離は、同一、隣接、次隣接の各チャンネル間隔での許容妨害波入力を下回るために必要な距離を検討した。また、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム側の指向性減衰量が最小となる条件として、ロボット無線システム搭載空中線の設置高は 0m としている。

共用検討結果を表 3.3.37 に示す。壁の損失が 16dB (ITU-R P. 2109-0 壁モデル) にて、所要離隔距離は、同一チャンネルで約 23km、次隣接チャンネルで 185m となる。壁損失が 41dB (RC 壁：厚さ 150mm) の場合に所要離隔距離は、同一チャンネルで約 1km、次隣接チャンネルで 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、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しており、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・使用チャンネル・壁損失)を一元的に管理し、ロボット無線システムとの運用調整の仕組みを利用した調整を行うことで、すみ分けによる共用は可能となる。

表 3.3.37 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 チャンネル	隣接 チャンネル	次隣接 チャンネル
所要離隔距離 (ITU-R Traditional)	23,348 m	1,170 m	185 m
所要離隔距離 (ITU-R Thermally efficient)	4,249 m	213 m	49 m
所要離隔距離 (RC 壁 : 厚さ 150mm)	1,313 m	68 m	27 m

(6) 気象レーダー

気象レーダーとの共用検討は、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へ干渉した場合と送信信号が気象レーダーの帯域外干渉とした場合について実施した。また、不要発射は気象レーダーの許容干渉レベル-120dBm/BW、送信信号に対しては-40dBmとし、これを下回るために必要な所要離隔距離を算出した。

不要発射に対する共用検討結果を表 3.3.38 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、所要離隔距離は 137.2m となった。

送信信号が気象レーダーの帯域外へ干渉する場合の検討結果を表 3.3.39 に示す。受信許容入力電力を下回るための所要減衰量 157.0dB、所要離隔距離は 3,308m となり、不要発射に対する所要離隔距離を上回る。そのため、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの設置条件 (天井設置及び壁損失: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の設置を制限する区域とすることで共用可能となる。

表 3.3.38 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
所要離隔距離	m	137.2

表 3.3.39 気象レーダーとの共用検討結果(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
所要離隔距離	m	3,308

(7) 電波天文

電波天文との共用検討は、離調周波数が近い、臼田観測所 64m 反射鏡及び石岡観測所 13.2m 反射鏡を検討対象とした。また、所要離隔距離は、観測周波数 4995MHz 及び 10,650MHz 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、電波天文の許容干渉レベル (-187dBm/MHz, -192dBm/MHz) を下回るための所要離隔距離とした。

共用検討結果を表 3.3.40 に示す。不要発射強度が、電波天文の干渉閾値を下回るための所要減衰量は、臼田観測所は 107dB、石岡観測所は 112dB となり、所要離隔距離は 1,096m、1,736m となった。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(天井設置及び壁損失: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の設置を制限する区域とすることで電波天文との共用は可能となる。

表 3.3.40 電波天文との共用検討結果

	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)送信空中線利得	dBi	7.0	7.0	
	(4)指向性減衰量	dB	-39.0	-39.0	Bore sight
	(5)帯域内発射電力	dBm	-80.0	-80.0	(1)+(3)+(4)
	(6)帯域内発射電力密度	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))	-255.0	-255.0	Rec. ITU-R RA. 769-2
	(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)大気減衰量	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

アマチュア無線との共用検討は、周辺の建物等によるクラッタ損失を見込んだ所要結合量から所要離隔距離を算出した。また、伝搬損失は自由空間損失とし、壁損失は、ITU-R Traditional モデルである 16 dB、クラッタ損失の算出に当たっては、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムが利用される工場・倉庫等は ITU-R 勧告 P.452-16 にて定義される”Industrial”、アマチュア無線が設置される都市部は“Urban”におけるクラッタ損とした。

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムとアマチュア無線が、同一周波数を利用した際及び 1MHz 以上の離調周波数となる場合について、アマチュア無線の空中線最大利得方向が空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの送信装置と対向した場合の所要離隔距離の算出結果を表 3.3.41 及び表 3.3.42 に示す。また、1MHz 以上の離調周波数となるアマチュア無線で用途としては月面反射通信 (EME) /レピータ/ビーコンとなる。

同一周波数かつ空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムのビーム送信方向とアマチュア無線の空中線(パラボラアンテナ)の指向方向が一致する場合、約 17.5km の所要離隔距離が必要となる結果となった。

表 3.3.41 アマチュア無線局への干渉レベル評価結果 (同一周波数)

項目	パラボラアンテナ 想定	八木アンテナ想定	ホイップ アンテナ想定
送信周波数	5,750 MHz		
等価等方輻射電力 (無変調)	70 dBm		
送信指向性減衰量 (水平方向)	23 dB		
クラッタ損失	38.5 dB		
アマチュア無線 空中線利得	30dBi	15 dBi	3 dBi
アマチュア無線 指向性減衰量	0 dB		
許容干渉電力	-110 dBm/MHz		
所要離隔距離	17,500m	3,114 m	782 m

表 3.3.42 アマチュア無線局への干渉レベル評価結果 (1MHz 離調)

項 目	パラボラアンテナ 想定	八木アンテナ想定	ホイップ アンテナ想定
送信周波数	5,756 MHz		
等価等方輻射電力 (無変調 波)	10dBm		
送信指向性減衰量 (水平方向)	23 dB		
クラッタ損失	0 dB (離隔距離小のため)		
アマチュア無線 空中線利得	30dBi	15 dBi	3 dBi
アマチュア無線 指向性減衰量	0 dB		
許容干渉電力	-110 dBm/MHz		
所要離隔距離	1,473m	262 m	66 m

3.4 電波防護指針への適合性

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ともに、防護対象を特定することができる状況下であり、注意喚起等の必要な措置が可能な場合には、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、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、表3.4.1及び表3.4.2に示す。

基本算出式を用いたバンドごとの電波防護指針を満足できる距離を算出した。

表 3.4.1 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	$3.54f(\text{MHz})^{1/2}$ (61.4－137)	$f(\text{MHz})^{1/2}/106$ (0.163－0.365)	$f(\text{MHz})/300$ (1－5)
1.5GHz－300GHz	137	0.365	5

表 3.4.2 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	$1.585f(\text{MHz})^{1/2}$ (27.5－61.4)	$f(\text{MHz})^{1/2}/237.8$ (0.0728－0.163)	$f(\text{MHz})/1500$ (0.2－1)
1.5GHz－300GHz	61.4	0.163	1

① 920MHz 帯

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を満足できる距離の計算結果を表3.4.3及び表3.4.4に示す。

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、更に電波防護指針を満足できる距離は小さくなる。

表3.4.4より、工場のような「WPT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離すことで、人体防護指針を満足できる。これは、送信空中線を床から2.4m以上の高さに設置すれば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「WPT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2.5～2.8m以上の高さに設置すればおおむ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、水面等大地面以外の反射を考慮する反射波があり、金属物体等の建造物が存在し強い反射を生じさせる環境においてもWPT一般環境にて2.8m以上、WPT管理環境にて2.4m以上とすることで、おおむね人体防護指針の値を満足することが可能である。

表 3.4.3 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]
管理環境	107.374	0.286	3.067
一般環境	48.075	0.128	0.613

表 3.4.4 電波防護指針を満足できる距離（920MHz 帯）

周波数 F=920MHz	K=1	K=2.56	K=4	電波の強度に 6dB を加算	
				K=2.56	K=4
管理環境	0.102m	0.163m	0.203m	0.325m	0.407m
一般環境	0.227m	0.364m	0.456m	0.727m	0.912m

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電磁界強度（6 分間平均）の指針値及び電波防護指針を満足できる距離の計算結果を表 3.4.5 及び表 3.4.6 に示す。

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 等）から、更に電波防護指針を満足できる距離は小さくなる。

表 3.4.6 より、工場のような「WPT 管理環境」においては、送信空中線と人体との距離を 7.9 m 離すことで、人体防護指針を満足できる。これは、送信空中線を共用検討モデルと同様に 4.5m 以上の高さに設置した場合、水面等大地面以外の反射を考慮する反射波があり、金属物体等の建造物が存在し強い反射を生じさせる環境においても空間においても空中線周囲約 6.4m の範囲に対策することでおおむね人体防護指針を満足することを示している。

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こととした。

表 3.4.5 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]
管理環境	137.00	0.365	5
一般環境	61.40	0.163	1

表 3.4.6 電波防護指針を満足できる距離（2.4GHz 帯）

周波数 F=2400MHz	K=1	K=2.56	K=4	電波の強度に 6dB を加算	
				K=2.56	K=4
管理環境	2.45m	3.92m	4.90m	7.82m	9.80m
一般環境	5.48m	8.76m	10.95m	17.49m	21.90m

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を満足できる距離の計算結果を表 3.4.7 及び表 3.4.8 に示す。

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 等）となり、更に電波防護指針を満足できる距離は小さくなる。

表 3.4.8 より、工場のような「WPT 管理環境」においては、送信空中線と人体との距離を最大 12.8m 離すことで、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 5.0m 以上の高さに設置すれば、水面等大地面以外の反射を考慮する反射波があり、金属物体等の建造物が存在し強い反射を生じさせる環境においても空中線周囲約 13m の範囲に対策することで、おおむね人体防護指針を満足することを示している。

また、5.7GHz 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こととした。

表 3.4.7 電磁界強度（6 分間平均）の指針値（5.7GHz 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]
管理環境	137.00	0.365	5
一般環境	61.40	0.163	1

表 3.4.8 電波防護指針を満足できる距離（5.7GHz 帯）

周波数 F=5700MHz	K=1	K=2.56	K=4	電波の強度に 6dB を加算	
				K=2.56	K=4
管理環境	4.00m	6.40m	8.00m	12.80m	16.00m
一般環境	9.00m	14.30m	17.80m	28.50m	35.70m

3.5 その他留意事項

既存の無線システムとの円滑な周波数共用を図るためには、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム側にて設置環境及び運用について配慮する必要がある。併せて普及に向けた配慮も必要である

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムにおける本検討システムの対象である屋内での使用環境を「WPT 屋内設置環境」とし、そのうち、人の有無及び他の無線システムの運用を含めて一元的に管理を要する「WPT 管理環境」とそれ以外の「WPT 一般環境」を定義し、管理を実施することが必要である。

また、既存の無線システム等に与える影響を回避・軽減するためには、設置環境に配慮した設置や周波数の有効利用を図るためには、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの産業界がコアとなって、官民が連携した、既存の無線システムとの運用調整の仕組みが構築され、電波の利用環境の維持に努めることが必要である。

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム相互間については、送信のみとなる事から干渉回避は不要となる。しかし、5.7GHz 帯においては同一チャンネル、2.4GHz 帯においては使用チャンネル付近の 2.4GHz 帯高度化小電力データ通信システムをビーコン信号として使用するため、干渉により受電装置の位置推定が困難となる場合がある。同一設置環境であれば管理者による調整が可能である。しかし、利用シーンとして無人倉庫、工場等を想定しており、流通団地、工業団地等を想定した場合に、使用チャンネル状況により干渉が生じる恐れがあることから、運用調整の仕組みにより既存の無線システムと同様に利用環境の調整が行われることが望ましい。(参考資料 2)

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て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 屋内設置環境」内での移設に限定する必要がある。

また、他の無線システムとの干渉検討を設置時に評価する必要があることから「WPT 屋内設置環境」外へ当初設置環境と影響が異なる状況が発生する移設、設置建物、設置階等の設置方法の変更等の「WPT 屋内設置環境」外への漏洩電力が変わる場合には、干渉検討を実施する必要がある。(参考資料 2)

920MHz 帯を使用した空中線電力 1W 以下の空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムは、他の無線システムへの影響は、RFID システムと比較して同等以下であると想定され、機器の操作に関しては RFID システムと同等である。一方、RFID システムは、無線局の免許等手続きに際して、無線設備の電気通信機器基準認定制度による「特定無線設備」に該当し、簡易な操作に該当するとして無線従事者の配置は不要とされている。このことに加え、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムのいち早い普及の推進と申請者設置免許人への負担軽減等のために 920MHz 帯を使用した 1W 以下のシステムについては、「特定無線設備」及び無線従事者の配置を不要とすることが望まれる。(参考資料 1 2)

第4章 空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの技術的条件

4.1 920MHz 帯システムの技術的条件

これまでの検討を踏まえ、920MHz 帯を使用する空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの技術的条件については、以下のとおりとすることとした。また、本システムはRFID 構内無線システムに準拠した検討とした結果、特に支障のない項目についてはRFID システムと同一として、以下とすることが適当である。

4.1.1 一般的条件

(1) 無線周波数帯

917.8MHz～919.4MHz であること。

(2) チャネル

他のRFID システムとの干渉を考慮し、918.0MHz 及び919.2MHz の2チャネルとする。

(3) 送信／通信方式

電力の送信のみの単向通信方式の他、RFID システムと同様な変調方式による通信を想定している事から単信方式、複信方式、半複信方式、同報通信方式とする。

(4) 変調方式

無変調 (NON) 又はパルス変調 (PON) を基本とするが、RFID システムと同様な変調方式 (G1D 等) による通信も含めた送信を行う可能性があることから規定しないものとする。

(5) 識別符号

変調方式を無変調 (NON) 又はパルス変調 (PON) を基本としていることから、規定しないものとする。

(6) 送信装置と受電装置の通信

受電装置との通信は、RFID システムと同様な変調方式 (G1D 等) 等の通信方式又は送信装置に接続された他方式システムによる機器により行われるものとして、本システムでは規定しないものとする。(参考資料8)

(7) 受電装置からのビーコン信号

送信装置からは無指向又は指向性を有した送信を行い、広範囲に設置された受電装置への送信とすることから受電装置からの位置推定のためのビーコン信号の送信は実施しなくてよいものとする。

また、ビーコン信号を必要とする場合は、特定小電力無線設備等の既存の他の無線システムを使用して行うものとして、本システムでは規定しないものとする。(参考資料8 参照)

(8) システム設計条件

(ア) 送信装置の筐体

空中線系を除く高周波部及び変調部は、容易に開けることができないこと。

(イ)送信空中線

無指向性空中線又は指向性を有する空中線として特に規定しないものとする。

(ウ)キャリアセンス

規定しないものとする。(参考資料7)

(エ)送信時間制限装置

免許人以外が送信を認知できない「WPT 一般環境」にて使用する送信装置にあつては、電波を発射してから送信時間4秒以内にその電波の発射を停止し、かつ、送信休止時間50msec を経過した後でなければその後の送信を行わないものであること。(参考資料2)
また、「WPT 管理環境」にて使用する送信装置にあつては、送信時間制限装置は規定しないものとする。

(オ)人体検出機能

電波防護指針値を設置条件等で対処可能であるため、規定しないものとする。

(9) 設置環境

送信機器の設置環境は、WPT 屋内設置環境の「WPT 管理環境」又は「WPT 一般環境」とすること。(参考資料2)

(10) 空中線の設置方法

設置方法による干渉等の影響はない事から規定しないものとする。

(11) 電波防護指針への適合

安全施設を設ける等、電波防護指針に適合するものであること。また、使用環境に合わせて「WPT 一般環境」又は「WPT 管理環境」として実施すること。(参考資料3)

4.1.2 無線設備の技術的条件

(1) 送信装置

(ア)周波数の許容偏差

RFID システムと同等とし、 $\pm 20.0 \times 10^{-6}$ 以内であること。

(イ)占有周波数帯幅の許容値

RFID システムと同等とし、200kHz 以内であること。

(ウ)隣接チャネル漏えい電力

RFID システムと同等とし、空中線に供給される給電点における無線チャネル端において10dBm 以下であること。また、隣接チャネル漏えい電力は0.5dBm 以下であること。(図4.1.1 参照)

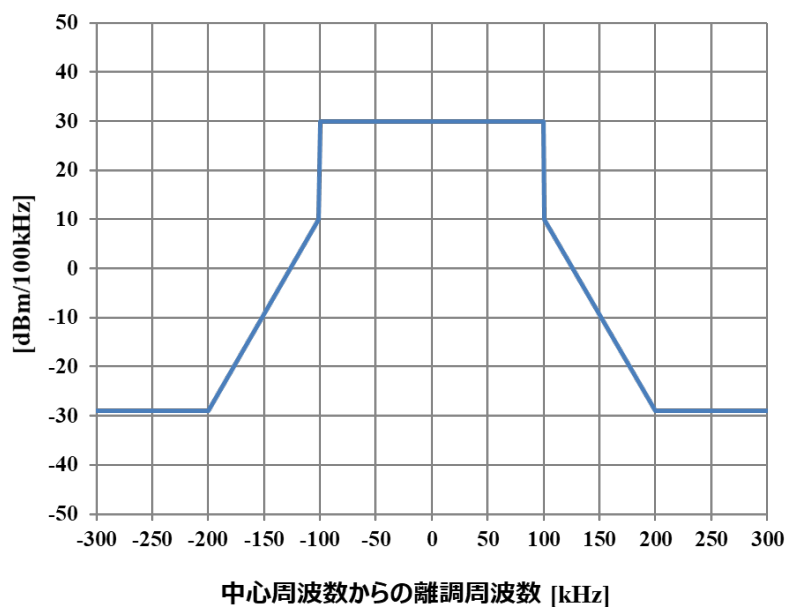


図 4. 1. 1 920MHz 帯チャンネルマスク

(エ) 不要発射の強度の許容値

給電線（給電線がない場合は空中線）に供給される不要発射の強度の許容値は、RFID システムと同等とし表 4. 1. 1 に定めるとおりであること。

表 4. 1. 1 不要発射の強度の許容値（給電線入力点）

周波数帯	不要発射の強度の許容値 (平均電力)	参照帯域幅
710MHz 以下	-36dBm	100kHz
710MHz を超え 900MHz 以下	-58dBm	1MHz
900MHz を超え 915MHz 以下	-58dBm	100kHz
915MHz を超え 915.7MHz 以下及び 923.5MHz を超え 930MHz 以下	-39dBm	100kHz
915.7MHz を超え 923.5MHz 以下	-29dBm	100kHz
930MHz を超え 1GHz 以下	-58dBm	100kHz
1GHz を超え 1.215GHz 以下	-48dBm	1MHz
1.215GHz を超えるもの	-30dBm	1MHz

(オ) 空中線電力

1W 以下とすること。

(カ) 空中線利得

給電点までの損失を含み 6dBi 以下とすること。ただし、等価等方輻射電力が 36dBm (6dBi の送信空中線に 1W の空中線電力を加えたときの値であって、空中線電力の許容偏差を含む) 以下となる場合は、その低下分を送信空中線の利得で補うことができるものとする。

(キ) 空中線指向性
規定しないものとする。

(ク) 等価等方輻射電力の制限値
規定しないものとする。

(ケ) 空中線電力の許容偏差
上限 20%、下限 80%以内であること。

(2) 受電装置

副次的に発する電波等の限度については、RFID システムと同様に 930MHz 以下 (915MHz を超え 930MHz 以下を除く。) は -54dBm/100kHz 以下、1.215GHz を超えるものは -47dBm/MHz 以下、それ以外の周波数においては不要発射の強度の許容値以下であること。

4.1.3 測定法

空中線接続端子がない場合の測定法は、試験時に測定用の空中線接続端子（臨時に設ける試験用端子を含む。）を設けることが困難な場合に適用すること。

(1) 周波数の偏差

(ア) 空中線接続端子がある場合

被試験機の送信装置を送信されるように設定し、空中線接続端子に接続した周波数計又は波形解析器等を使用し、測定する。

(イ) 空中線接続端子がない場合

被試験機の送信装置を空中線から送信されるように設定し、試験用空中線に接続した周波数計又は波形解析器等を使用し、測定する。

(2) 隣接チャネル漏えい電力

(ア) 空中線接続端子がある場合

被試験器の送信装置を定格出力で送信するよう設定し、空中線接続端子に接続されたスペクトルアナライザにより、分解能帯域幅を技術的条件により定められた参照帯域幅とし、規定される周波数範囲ごとに隣接チャネル漏えい電力を測定する。

分解能帯域幅を技術的条件により定められた参照帯域幅に設定できない場合は、分解能帯域幅を参照帯域幅より狭い値として測定し、定められた参照帯域幅内に渡って積分した値を求める。

アクティブ空中線等の複数空中線素子に給電する場合は、空中線電力の総和が最大となる状態にて測定し、空中線端子ごとに隣接チャネル漏えい電力を測定し、その全空中線端子の総和が規定値以下となることを確認する。

なお、被試験器の送信装置の出力部から空中線放射部までにフィルタあるいは給電線等による減衰領域がある場合には、測定結果を前記減衰量にて補正すること。

(イ) 空中線接続端子がない場合

被試験器の送信装置を空中線電力の総和が最大となる状態で送信するよう設定し、指向性方向を固定する。試験用空中線に接続したスペクトルアナライザにより、分解能帯

域幅を技術的条件により定められた参照帯域幅とし、規定される周波数範囲ごとに送信周波数を中心とした参照帯域幅の電力と、送信周波数から離調周波数分離れた周波数を中心とした参照帯域幅の電力を測定する。

被試験器の送信装置を一定の角度ごとに回転させ、順次、送信周波数を中心とした参照帯域幅の電力と送信周波数から離調周波数分離れた周波数を中心とした参照帯域幅の電力を測定する。角度ごとに測定された送信周波数を中心とした参照帯域幅の電力と送信周波数から離調周波数分離れた周波数を中心とした参照帯域幅の電力の総和をそれぞれ求め、離調周波数を中心とした参照帯域幅の範囲において、全放射面の電力の総和を求める。分解能帯域幅を技術的条件により定められた参照帯域幅に設定できない場合は、分解能帯域幅を参照帯域幅より狭い値として測定し、定められた参照帯域幅内に渡って積分した値を求める。

なお、被試験器の送信装置の出力部から空中線放射部までにフィルタあるいは給電線等による減衰領域がある場合には、測定結果を前記減衰量にて補正すること。

(3) 占有周波数帯幅

(ア) 空中線接続端子がある場合

被試験器の送信装置を定格出力で送信するよう設定する。スペクトルアナライザを搬送波周波数に設定してその電力分布を測定し、全電力の 0.5%となる上下の限界周波数点を求め、その差を占有周波数帯幅とする。

(イ) 空中線接続端子がない場合

被試験器の送信装置を空中線電力の総和が最大となる状態で送信するよう設定し、指向性方向を固定する。試験用空中線を被試験器の空中線と対向させる。試験用空中線に接続したスペクトルアナライザを搬送波周波数に設定してその電力分布を測定し、全電力の 0.5%となる上下の限界周波数点を求め、その差を占有周波数帯幅とする。

(4) 不要発射の強度

(ア) 空中線接続端子がある場合

被試験器の送信装置を定格出力で送信するよう設定し、空中線接続端子に接続されたスペクトルアナライザにより、分解能帯域幅を技術的条件により定められた参照帯域幅とし、規定される周波数範囲ごとにスプリアス領域における不要発射の強度を測定する。

分解能帯域幅を技術的条件により定められた参照帯域幅に設定できない場合は、分解能帯域幅を参照帯域幅より狭い値として測定し、定められた参照帯域幅内に渡って積分した値を求める。

また、精度を高めた測定とする場合及び搬送波等の影響を受ける場合は、分解能帯域幅を参照帯域幅より狭い値として測定し参照帯域幅に換算する方法を用いることができる。

なお、被試験器の空中線端子から空中線放射部までにフィルタあるいは給電線等による減衰領域がある場合には、測定結果を前記減衰量にて補正すること。

アクティブ空中線を用いる場合は、空中線電力の総和が最大となる状態にて測定し、空中線接続端子ごとに測定されたスプリアス領域における不要発射の強度の総和を求める。

(イ) 空中線接続端子がない場合

被試験器の送信装置を空中線電力の総和が最大となる状態で送信するよう設定し、指向性方向を固定する。試験用空中線に接続したスペクトルアナライザにより、分解能帯域幅を技術的条件により定められた参照帯域幅とし、規定される周波数範囲毎にスプリアス領域における不要発射の強度を測定する。被試験器の送信装置を一定の角度ごとに回転させ、順次、スプリアス領域における不要発射の強度を測定する。周波数毎に測定されたスプリアス領域における不要発射の強度の全放射面における総合放射電力を求める。

分解能帯域幅を技術的条件により定められた参照帯域幅に設定できない場合は、分解能帯域幅を参照帯域幅より狭い値として測定し、定められた参照帯域幅内に渡って積分した値を求める。

また、精度を高めた測定とする場合及び搬送波等の影響を受ける場合は、分解能帯域幅を参照帯域幅より狭い値として測定し参照帯域幅に換算する方法を用いることができる。

なお、被試験器の送信装置の出力部から空中線放射部までにフィルタあるいは給電線等による減衰領域がある場合には、測定結果を前記減衰量にて補正すること。

(5) 空中線電力

(ア) 空中線接続端子がある場合

被試験器の送信装置を定格出力で送信するよう設定し、電力計により空中線電力を測定する。

アクティブ空中線を用いる場合は、一の空中線電力を最大にした状態で空中線電力の総和が最大となる状態等で測定すること。

なお、被試験器の送信装置の出力部から空中線放射部までにフィルタあるいは給電線等による減衰領域がある場合には、測定結果を前記減衰量にて補正すること。

(イ) 空中線接続端子がない場合

被試験器の送信装置を空中線電力の総和が最大となる状態で送信するよう設定し、指向性方向を固定する。試験用空中線に接続した電力計により空中線電力を測定する。被試験器の送信装置からの一定角度ごとの空中線電力を測定し、測定された空中線電力の総合放射電力を求める。

なお、被試験器の送信装置の出力部から空中線放射部までにフィルタあるいは給電線等による減衰領域がある場合には、測定結果を前記減衰量にて補正すること。

(6) 送信時間制限装置

(ア) 空中線接続端子がある場合

スペクトルアナライザの中心周波数を試験周波数に設定し掃引周波数幅を 0Hz（ゼロスパン）として測定する。送信時間が規定の送信時間以下であること及び送信休止時間が規定の送信休止時間以上であることを測定する。測定時間精度を高める場合はスペクトルアナライザのビデオトリガ機能等を使用し、送信時間と送信休止時間の掃引時間を適切な値に設定すること。

(イ) 空中線接続端子がない場合

被試験器の送信装置を空中線電力の総和が最大となる状態で送信するよう設定し、指

向性方向を固定する。試験用空中線を被試験器の空中線と対向させる。試験用空中線に接続したスペクトルアナライザの中心周波数を試験周波数に設定し掃引周波数幅を 0Hz（ゼロスパン）として測定する。送信時間が規定の送信時間以下であること及び送信休止時間が規定の送信休止時間以上であることを測定する。測定時間精度を高める場合はスペクトルアナライザのビデオトリガ機能等を使用し、送信時間と送信休止時間の掃引時間を適切な値に設定すること。

(7) 受電装置の副次的に発する電波等の限度

スペクトルアナライザ等を用いて、給電線入力点において測定すること。この場合、スペクトルアナライザ等の分解能帯域幅は、技術的条件で定められた参照帯域幅に設定すること。なお、精度を高めるために分解能帯域幅を狭くして測定してもよく、この場合、副次発射の強度は、分解能帯域幅ごとの測定結果を参照帯域幅に渡り積分した値とする。

ただし、空中線端子がない場合においては、測定のために一時的に測定用端子を設けて同様に測定すること。なお、測定用の端子が空中線給電点と異なる場合は、損失等を補正する。

4.2.2. 4GHz 帯システムの技術的条件

これまでの検討を踏まえ、2.4GHz 帯を使用する空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの技術的条件については、以下のとおりとすることが適当である。

4.2.1 一般的条件

(1) 無線周波数帯

2410MHz～2486MHz であること。

(2) チャンネル

2.4GHz 帯高度化小電力データ通信等でのビーコン信号の使用を考慮し 2412MHz、2437MHz、2462MHz、2484MHz の4チャンネルとする。

(3) 送信／通信方式

給電電力の送信のみとなるため単向方式とする。

(4) 変調方式

連続波 (CW: Continuous Wave) による電力の送信のみとなるため、無変調 (NON) とする。

(5) 識別符号

変調方式を無変調 (NON) としていることから、規定しないものとする。

(6) 送信装置と受電装置の通信

受電装置は、2.4GHz 帯高度化特定小電力データ通信等の通信方式又は送信装置に接続された他の方式による通信が行えるものとして、使用する通信システムによる規定を適用し、本システムでは規定しないものとする。(参考資料8)

(7) 受電装置からのビーコン信号

送信設備からの指示にて、送信装置と同一周波数帯を使用した他の無線システムにて規定された通信電波等により行うものとし、本システムでは規定しないものとする。また、2.4GHz 帯高度化特定小電力データ通信等を使用した情報により、受電装置の位置特定が可能な装置については、この機能を有しないものとする。(参考資料8)

(8) システム設計条件

(ア) 送信装置の筐体

空中線系を除く高周波部及び変調部は、容易に開けることができないこと。

(イ) 送信空中線

ビームフォーミングアンテナによるビームを可変させ指向性を制御して受電装置に対しての送信を行うものであること。

(ウ) キャリアセンス (参考資料7)

- ① 送信装置は、新たな送信に先立ち、キャリアセンスによる干渉確認を実行した後、送信を開始すること。
- ② キャリアセンスは、電波を発射する周波数が含まれる単位チャンネル及び隣接チャネ

ル並びに次隣接チャネルに対して行い、 $34\mu\text{S}$ 以上行うものであること。

- ③ キャリアセンスレベルは、給電線入力点にて、発射しようとする電波と同一周波数が含まれるチャネルにおける受信電力において $-72\text{dBm}/20\text{MHz}$ 、隣接及び次隣接チャネルにおいて $-62\text{dBm}/20\text{MHz}$ とし、これを超える場合は、送信を行わないものであること。
- ④ 共用状態確認の認定の時間基準については、特に規定しないでキャリアセンスを行うものとする。

(エ)送信時間制限装置

送信時間制限装置は、規定しないものとする。

(オ)人体検出機能

電波防護指針の指針値を超える範囲に人体が立ち入ったことを検出し、送信を停止する機能を有すること。

(9) 設置環境

送信装置の設置環境は、WPT 屋内設置環境の「WPT 管理環境」とすること。(参考資料 2)

(10) 空中線の設置方法

ビームフォーミングによる指向方向（メインローブ）が水平方向に向かないために空中線の最大空中線利得方向が大地面方向に対して ± 10 度以内となるように原則として天井設置すること。また、設置は地下又は地上 1 階とし、高層階への設置は行わないものとする。(参考資料 2)

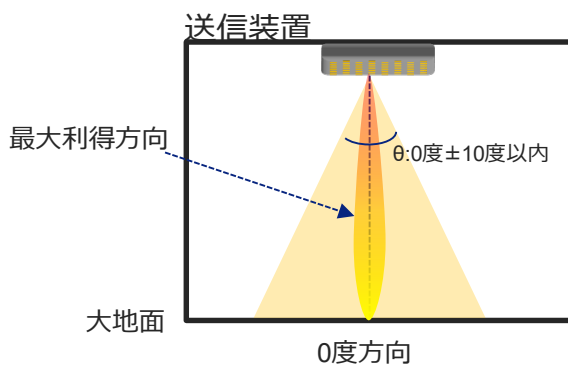


図 4. 2. 1 空中線の設置方法

(11) 電波防護指針への適合

安全施設を設ける等、電波防護指針（管理環境）に適合するものであること。(参考資料 3)

4.2.2 無線設備の技術的条件

(1) 送信装置

(ア) 周波数の許容偏差

2.4GHz 帯を使用した機器部品特性を考慮し、 $\pm 50.0 \times 10^{-6}$ 以内であること。

(イ) 占有周波数帯幅の許容値

変調方式が無変調 (NON) であるため、占有周波数帯幅の許容値は規定しない。

(ウ) 隣接チャネル漏えい電力

隣接チャネルとは、20MHz 以上離れており、不要発射の強度として規定することとし、隣接チャネル漏えい電力は規定しないものとする。

(エ) 不要発射の強度の許容値

給電線 (給電線がない場合は空中線) に供給される電力の不要発射の強度の許容値は、表 4.2.1 及び図 4.2.2 に定めるとおりであること。なお、給電点は図 4.2.3 に示す給電線 (給電線がない場合は空中線) 入力端とし、各給電線 (給電線がない場合は空中線) への全給電点電力における不要発射の強度の合算値とする。

表 4.2.1 不要発射の強度の許容値 (給電点における電力値)

離調周波数	不要発射の上限値
1MHz	15.8 (dBm/MHz)
10MHz 以上	-34.2 (dBm/MHz)

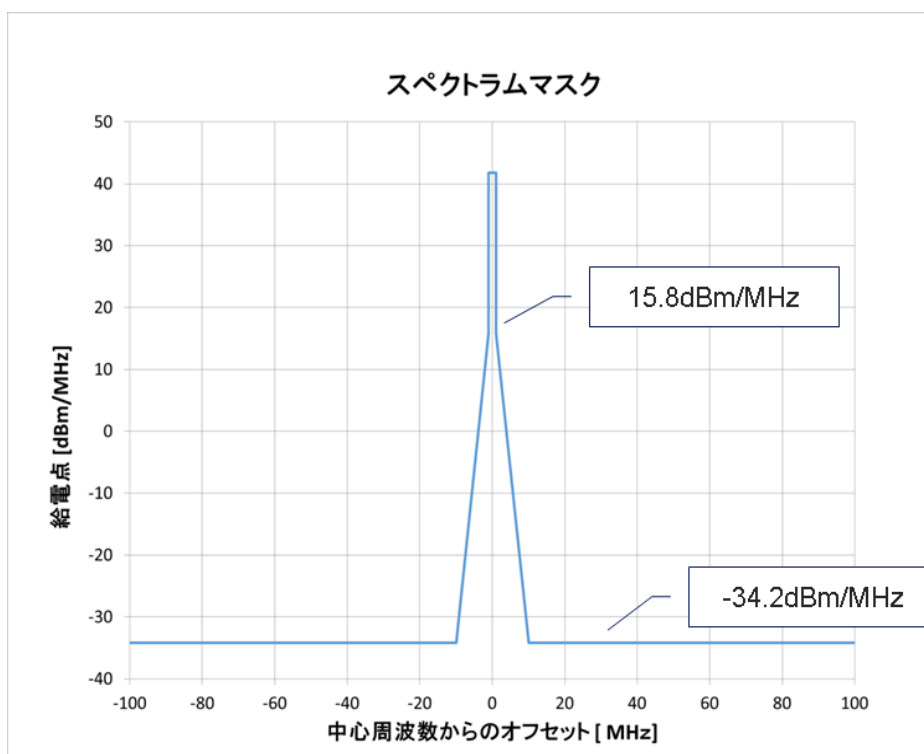


図 4.2.2 不要発射の強度の許容値 (給電点における電力値)

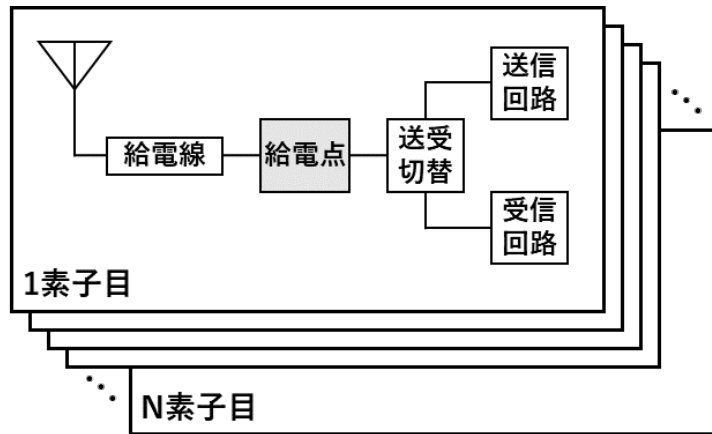


図 4. 2. 3 給電点

(オ) 空中線電力

空中線電力は、要求条件を考慮し、空中線入力電力の合算値にて 15W 以下とすること。

(カ) 空中線利得

空中線利得は、要求条件を考慮し、利得値の上限値を設定したが、空中線電力を下げても空中線利得を上げることも要求条件を満たし、干渉条件は変わらないことが可能であることから等価等方輻射電力の上限を定め、その範囲での使用を可能とした。

合成空中線利得として給電点までの損失を含み 24dBi 以下とすること。ただし、等価等方輻射電力が 65.8dBm (24dBi の送信空中線に 15W の空中線電力を加えたときの値であって、空中線電力の許容偏差を含む) 以下となる場合は、その低下分を送信空中線の利得で補うことができるものとする。

(キ) 空中線指向性

複数の空中線素子及び送信素子を用いて 1 つ又は複数のビーム指向性 (メインローブ) を有する空中線とし、ビーム指向性を任意に形成・制御できるものであること。ただし、大地面方向に対しての角度範囲 θ を 60 度以上としたビーム指向性の形成を行わないこと。

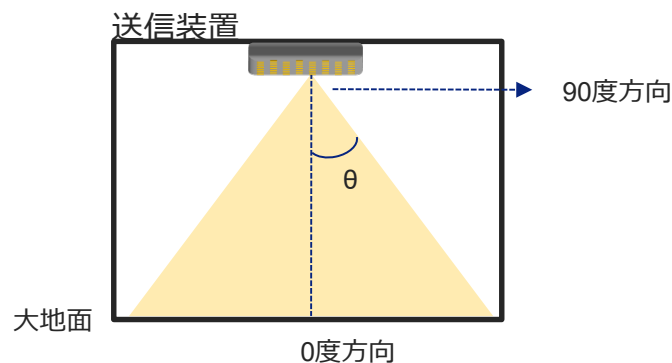


図 4. 2. 4 ビーム指向性の角度範囲

(ク)等価等方輻射電力の制限値

空中線の設置状態にて、ビーム指向性を大地面方向に対しての角度範囲 60 度以下のいかなる可変したビーム指向性を形成した場合においても、大地面方向に対しての角度範囲 θ の 80 度から 90 度の範囲において 47dBm/MHz 以下とすること。(参考資料 2)

(ケ)空中線電力の許容偏差

上限 20%、下限 50%以内であること。

(2) 受電装置

2.4GHz 帯高度化小電力データ通信等の他の無線システムにて規定した通信にて制御するものとし、本システムでは規定しない。(参考資料 8)

4.2.3 測定法

空中線接続端子がない場合の測定法は、試験時に測定用の空中線接続端子（臨時に設ける試験用端子を含む。）を設けることが困難な場合に適用すること。

(1) 周波数の偏差

(ア)空中線接続端子がある場合

被試験機の送信装置を送信されるように設定し、空中線接続端子に接続した周波数計又は波形解析器等を使用し測定する。

(イ)空中線接続端子がない場合

被試験機の送信装置を空中線から送信されるように設定し、試験用空中線に接続した周波数計又は波形解析器等を使用し、測定する。

(2) 不要発射の強度

(ア)空中線接続端子がある場合

被試験器の送信装置を定格出力で送信するよう設定し、空中線接続端子に接続されたスペクトルアナライザにより、分解能帯域幅を技術的条件により定められた参照帯域幅とし、規定される周波数範囲ごとに隣接チャンネル漏えい電力を測定する。

分解能帯域幅を技術的条件により定められた参照帯域幅に設定できない場合は、分解能帯域幅を参照帯域幅より狭い値として測定し、定められた参照帯域幅内に渡って積分した値を求める。

アクティブ空中線等の複数空中線素子に給電する場合は、空中線電力の総和が最大となる状態にて測定し、空中線端子ごとに隣接チャンネル漏えい電力を測定し、その全空中線端子の総和が規定値以下となることを確認する。

なお、被試験器の送信装置の出力部から空中線放射部までにフィルタあるいは給電線等による減衰領域がある場合には、測定結果を前記減衰量にて補正すること。

(イ)空中線接続端子がない場合

被試験器の送信装置を空中線電力の総和が最大となる状態で送信するよう設定し、指向性方向を固定する。試験用空中線に接続したスペクトルアナライザにより、分解能帯域幅を技術的条件により定められた参照帯域幅とし、規定される周波数範囲ごとに送信周波数を中心とした参照帯域幅の電力と、送信周波数から離調周波数分離れた周波数を

中心とした参照帯域幅の電力を測定する。

被試験器の送信装置を一定の角度ごとに回転させ、順次、送信周波数を中心とした参照帯域幅の電力と送信周波数から離調周波数分離れた周波数を中心とした参照帯域幅の電力を測定する。角度ごとに測定された送信周波数を中心とした参照帯域幅の電力と送信周波数から離調周波数分離れた周波数を中心とした参照帯域幅の電力の総和をそれぞれ求め、離調周波数を中心とした参照帯域幅の範囲において、全放射面の電力の総和を求める。分解能帯域幅を技術的条件により定められた参照帯域幅に設定できない場合は、分解能帯域幅を参照帯域幅より狭い値として測定し、定められた参照帯域幅内に渡って積分した値を求める。

なお、被試験器の送信装置の出力部から空中線放射部までにフィルタあるいは給電線等による減衰領域がある場合には、測定結果を前記減衰量にて補正すること。

(3) 空中線電力

(ア) 空中線接続端子がある場合

被試験器の送信装置を定格出力で送信するよう設定し、電力計により空中線電力を測定する。

アクティブ空中線を用いる場合は、一の空中線電力を最大にした状態で空中線電力の総和が最大となる状態等で測定すること。

なお、被試験器の送信装置の出力部から空中線放射部までにフィルタあるいは給電線等による減衰領域がある場合には、測定結果を前記減衰量にて補正すること。

(イ) 空中線接続端子がない場合

被試験器の送信装置を空中線電力の総和が最大となる状態で送信するよう設定し、指向性方向を固定する。試験用空中線に接続した電力計により空中線電力を測定する。被試験器の送信装置からの一定角度ごとの空中線電力を測定し、測定された空中線電力の総合放射電力を求める。

なお、被試験器の送信装置の出力部から空中線放射部までにフィルタあるいは給電線等による減衰領域がある場合には、測定結果を前記減衰量にて補正すること。

(4) キャリアセンス

(ア) 標準信号発生器から規定の電力を連続的に加え、スペクトルアナライザ等により送信しないことを確認する。

(イ) (ア) の状況後に標準信号発生器の出力を断にして送信を開始するまでの時間が、規定の必須キャリアセンス時間以上であることを確認する。

(ウ) 標準信号発生器の出力断の時間が規定の必須キャリアセンス時間未満の場合は送信しないことを確認する。

なお、無線チャンネル内の任意の周波数において動作することを確認すること。

(イ)においては、標準信号発生器の出力時間を送信時間程度、標準信号発生器の出力断の時間を送信休止時間程度に設定した無変調波の繰り返しパルス信号等を用いることができる。また、(ウ)においては、標準信号発生器の出力時間を送信時間程度、標準信号発生器の出力断時間を必須キャリアセンス時間未満に設定した無変調波の繰り返しパルス信号

を用いることができる。

4.3.5. 7GHz 帯システムの技術的条件

これまでの検討を踏まえ、5.7GHz 帯を使用する空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの技術的条件については、以下のとおりとすることが適当である。

4.3.1 一般的条件

(1) 無線周波数帯

5738MHz～5766MHz であること。

(2) チャンネル

5740MHz、5742MHz、5744MHz、5746MHz、5748MHz、5750MHz、5752MHz、5758MHz、5764MHz の 9 チャンネルとする。

(3) 送信／通信方式

電力の送信のみとなるため単向方式とする。

(4) 変調方式

連続波 (CW: Continuous Wave) による電力の送信のみとなるため、無変調 (NON) とする。

(5) 識別符号

変調方式を無変調 (NON) としていることから、規定しないものとする。

(6) 送信装置と受電装置の通信

受電装置は、特定小電力設備等の他の通信方式又は送信装置に接続された機器により他の通信方式による通信が行えるものとして、使用する通信システムによる規定を適用し、本システムでは規定しないものとする。(参考資料 8)

(7) 受電装置からのビーコン信号

特定小電力設備等を使用した送信設備からの指示により、送信装置と同一周波数帯の電波を発射するものとする。ただし、特定小電力無線設備等を使用した情報により、受電装置の位置を特定が可能な装置については、この機能を有しないものとする。(参考資料 8)

(8) システム設計条件

(ア) 送信装置の筐体

空中線系を除く高周波部及び変調部は、容易に開けることができないこと。

(イ) 送信空中線

ビームフォーミングアンテナによるビームを可変させ指向性を制御して受電装置に対しての送信を行うものであること。

(ウ) キャリアセンス (参考資料 7)

① 送信装置は新たな送信に先立ち、キャリアセンスによる干渉確認を実行した後、送信を開始すること。

② キャリアセンスは、5470MHz 以上 5730MHz 以下の周波数に対して行うものであること。

- ③ キャリアセンスレベルは、5680MHz 以上 5730MHz 未満の周波数チャンネルにおける受信電力において-75dBm/20MHz、5570MHz 以上 5680MHz 未満の周波数チャンネルにおいて-72dBm/20MHz、5470MHz 以上 5570MHz 未満の周波数チャンネルにおいて-60dBm/20MHz 以上の場合、送信を行わないものであること。
- ④ キャリアセンスは累積非検出時間（=チャンネルクリアと判定した時間の合計）が4msec 以上となるものとし、送信装置からの送信は開始後 8msec 以内に終了すること。ただし、無線設備が非共用状態であることを認定した場合は、認定後の5秒間は、送信の時間を192msecに変更できるものとする。
- ⑤ 非共用状態であることの認定は、③に規定されるキャリアセンスレベルで、1秒間以上の検出が無い状態とすること。

(エ)送信時間制限装置

送信時間制限装置は規定しないものとする。

(オ)人体検出機能

電波防護指針の規定値を超える範囲に人体が立ち入ったことを検出し、送信を停止する機能を有すること。(参考資料3)

(9) 設置環境

送信装置の設置環境は、WPT 屋内設置環境の「WPT 管理環境」とすること。(参考資料2)

(10) 空中線の設置方法

ビームフォーミングによる指向方向（メインローブ）が水平方向に向かわないために空中線の最大空中線利得方向が大地面方向に対して±10度以内となるように原則として天井設置すること。(参考資料2)

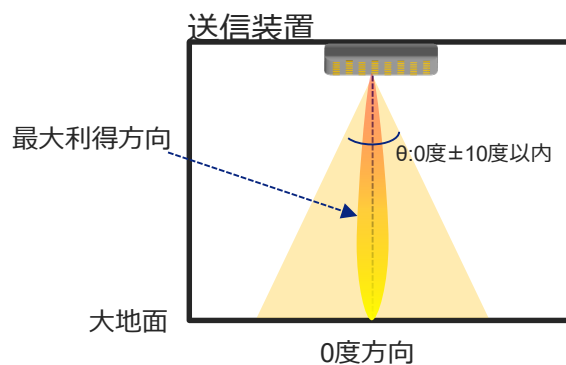


図 4.3.1 設置範囲

(11) 電波防護指針への適合

安全施設を設ける等、電波防護指針（管理環境）に適合するものであること。(参考資料3)

4.3.2 無線設備の技術的条件

(1) 送信装置

(ア) 周波数の許容偏差

5.7GHz 帯を使用した機器部品特性を考慮し、 $\pm 20.0 \times 10^{-6}$ 以内であること。

(イ) 占有周波数帯幅の許容値

変調方式が無変調 (NON) であるため、占有周波数帯幅の許容値は規定しない。

(ウ) 隣接チャネル漏えい電力

隣接チャネルは 2MHz 以上離れており、不要発射の強度として規定することとし、隣接チャネル漏えい電力としては規定しないものとする。

(エ) 不要発射の強度の許容値

給電線（給電線がない場合は空中線）に供給される電力又は等価等方輻射電力における不要発射の強度の許容値は、表 4.3.1 及び図 4.3.2 に定めるとおりであること。なお、給電点は図 4.3.3 に示す給電線（給電線がない場合は空中線）入力端とし、各給電線（給電線がない場合は空中線）への全給電点電力における不要発射の強度の合算値とする。

表 4.3.1 不要発射の強度の許容値

中心周波数 f_c からの離調周波数	不要発射の強度の許容値 (給電点による平均電力)	不要発射の強度の許容値 (平均 EIRP)
-350MHz 以下	-48 dBm/MHz	-23 dBm/MHz
-350MHz を超え -200MHz 以下	-46 dBm/MHz	-21 dBm/MHz
-200MHz を超え -80MHz 以下	-38 dBm/MHz	-13 dBm/MHz
-80MHz を超え -10MHz 以下	-24 dBm/MHz	1 dBm/MHz
-10MHz を超え -2MHz 以下	-14 dBm/MHz	11 dBm/MHz
-2MHz を超え -50kHz 以下	8 dBm/MHz	33 dBm/MHz
50kHz を超え 2MHz 以下	8 dBm/MHz	33 dBm/MHz
2MHz を超え 10MHz 以下	-14 dBm/MHz	11 dBm/MHz
10MHz を超え 80MHz 以下	-24 dBm/MHz	1 dBm/MHz
80MHz を超え 900MHz 以下	-38 dBm/MHz	-13 dBm/MHz
900MHz を超えるもの	-48 dBm/MHz	-23 dBm/MHz

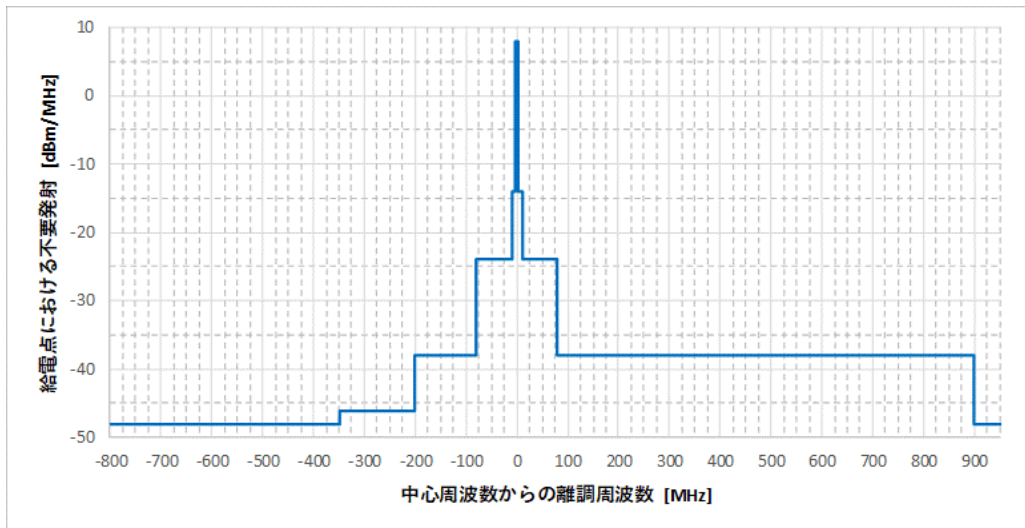


図 4.3.2 不要発射の強度の許容値（給電点における合計の平均電力値）

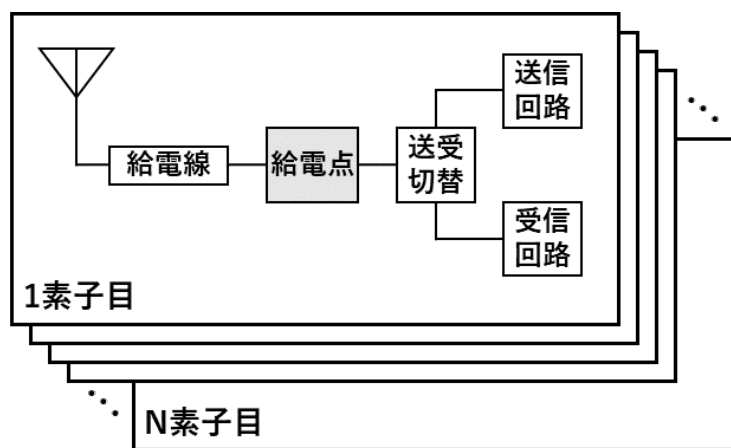


図 4.3.3 給電点

(オ) 空中線電力

空中線電力は、要求条件を考慮し、空中線入力電力の合算値で 32W 以下とすること。

(カ) 空中線利得

空中線利得は、要求条件を考慮し、利得値の上限値を設定したが、空中線電力を下げても空中線利得を上げることで要求条件を満たし、干渉条件は変わらないことが可能であることから等価等方輻射電力の上限を定め、その範囲での使用を可能とした。

合成空中線利得として給電点までの損失を含み 25dBi 以下とすること。ただし、等価等方輻射電力が 70.0dBm (25dBi の送信空中線に 32W の空中線電力を加えたときの値であって、空中線電力の許容偏差を含む) 以下となる場合は、その低下分を送信空中線の利得で補うことができるものとする。

(キ) 空中線指向性

複数の空中線素子及び送信素子を用いて 1 つ又は複数のビーム指向性を有する空中線とし、ビーム指向性を任意に形成・制御できるものであること。ただし、大地面方向に対して角度範囲 θ を 60 度以上としたビーム指向性の形成を行わないこと。

(ク)等価等方輻射電力の制限値

空中線の設置状態にて、ビーム指向性を大地面方向に対しての角度範囲 θ とした60度以下のいかなる可変したビーム指向性を形成した場合において、大地面方向に対しての角度範囲 θ の80度から90度の範囲において47dBm/MHz以下とすること。

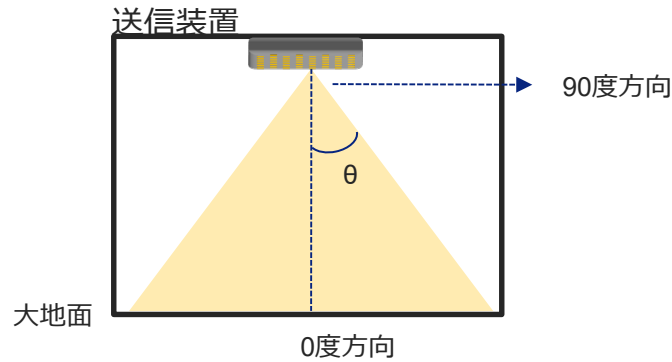


図 4.3.4 ビーム指向性の角度範囲

(ケ)空中線電力の許容偏差

上限 20%、下限 50%以内であること。

(2) 受電装置

(ア)周波数の許容偏差

5.7GHz 帯を使用した機器部品特性を考慮し、 $\pm 20.0 \times 10^{-6}$ 以内であること。

(イ)占有周波数帯幅の許容値

送信装置からの要求により、無変調 (NON) 波を受電装置の位置推定のために輻射するとして、占有周波数帯幅の許容値は規定しない。

(ウ)隣接チャネル漏えい電力

隣接チャネルとは、2MHz 以上離れており、不要発射の強度として規定し、隣接チャネル漏えい電力は規定しないものとする。

(エ)不要発射の強度の許容値

給電線 (給電線がない場合は空中線) に供給される給電点又は、等価等方輻射電力における不要発射の強度の許容値は、表 4.3.2 及び図 4.3.5 に定めるとおりであること。なお、給電点は図 4.3.4 に示す給電線 (給電線がない場合は空中線) 入力端とする。

表 4.3.2 受電装置からの不要発射の強度の許容値（給電点）

中心周波数 f_c からの離調周波数	不要発射の強度の許容値 (平均電力)	不要発射の強度の許容値 (平均 EIRP)
-80MHz 以下	-66dBm/MHz	-61 dBm/MHz
-80MHz を超え -10MHz 以下	-62dBm/MHz	-57 dBm/MHz
-10MHz を超え -2MHz 以下	-48dBm/MHz	-43 dBm/MHz
-2MHz を超え -0.05MHz 以下	-36dBm/MHz	-31 dBm/MHz
0.05MHz を超え 2MHz 以下	-36dBm/MHz	-31 dBm/MHz
2MHz を超え 10MHz 以下	-48dBm/MHz	-43 dBm/MHz
10MHz を超え 80MHz 以下	-62dBm/MHz	-57 dBm/MHz
80MHz を超えるもの	-66dBm/MHz	-61dBm/MHz

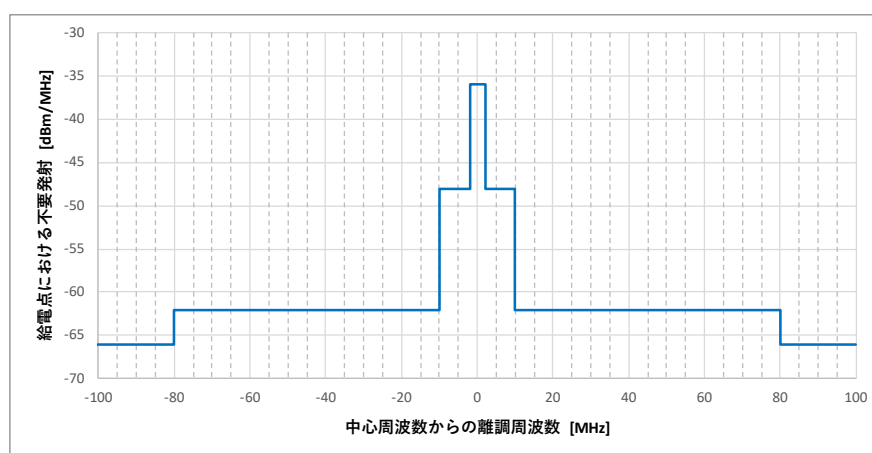


図 4.3.5 受電装置からの不要発射の強度の許容値

(オ) 空中線電力

空中線電力は、要求条件である伝送距離 10m 程度離れた受電装置から送信されたビーコン信号を用いて、送信装置が伝搬路を推定するのに必要とする電力とし、受電装置の空中線電力は 0.32mW 以下とすること。(参考資料 8)

(カ) 空中線利得

空中線利得は、要求条件を考慮し、利得値の上限値を設定したが、空中線電力を下げても空中線利得を上げることで要求条件を満たすことが可能であることから等価等方輻射電力の上限を定め、その範囲での使用を可能として定めた。

給電線損失を含み 5dBi 以下とすること。ただし、等価等方輻射電力が 0dBm (5dBi の送信空中線に 0.32mW の空中線電力を加えたときの値であって、空中線電力の許容偏差を含む) 以下となる場合は、その低下分を送信空中線の利得で補うことができるものとする。(参考資料 8)

(キ) 空中線指向性

無指向性又は指向性を有する空中線として特に規定しないものとする。

(ク) 空中線電力の許容値

上限 20%、下限 50%以内であること。

4.3.3 測定法

空中線接続端子がない場合の測定法は、試験時に測定用の空中線接続端子（臨時に設ける試験用端子を含む。）を設けることが困難な場合に適用すること。

(1) 周波数の偏差

(ア) 空中線接続端子がある場合

被試験機の送信装置を送信されるように設定し、空中線接続端子に接続した周波数計又は波形解析器等を使用し測定する。

(イ) 空中線接続端子がない場合

被試験機の送信装置を空中線から送信されるように設定し、試験用空中線に接続した周波数計又は波形解析器等を使用し、測定する。

(2) 隣接チャネル漏えい電力

(ア) 空中線接続端子がある場合

被試験器の送信装置を定格出力で送信するよう設定し、空中線接続端子に接続されたスペクトルアナライザにより、分解能帯域幅を技術的条件により定められた参照帯域幅とし、規定される周波数範囲ごとに隣接チャネル漏えい電力を測定する。

分解能帯域幅を技術的条件により定められた参照帯域幅に設定できない場合は、分解能帯域幅を参照帯域幅より狭い値として測定し、定められた参照帯域幅内に渡って積分した値を求める。

アクティブ空中線等の複数空中線素子に給電する場合は、空中線電力の総和が最大となる状態にて測定し、空中線端子ごとに隣接チャネル漏えい電力を測定し、その全空中線端子の総和が規定値以下となることを確認する。

なお、被試験器の送信装置の出力部から空中線放射部までにフィルタあるいは給電線等による減衰領域がある場合には、測定結果を前記減衰量にて補正すること。

(イ) 空中線接続端子がない場合

被試験器の送信装置を空中線電力の総和が最大となる状態で送信するよう設定し、指向性方向を固定する。試験用空中線に接続したスペクトルアナライザにより、分解能帯域幅を技術的条件により定められた参照帯域幅とし、規定される周波数範囲ごとに送信周波数を中心とした参照帯域幅の電力と、送信周波数から離調周波数分離れた周波数を中心とした参照帯域幅の電力を測定する。

被試験器の送信装置を一定の角度ごとに回転させ、順次、送信周波数を中心とした参照帯域幅の電力と送信周波数から離調周波数分離れた周波数を中心とした参照帯域幅の電力を測定する。角度ごとに測定された送信周波数を中心とした参照帯域幅の電力と送信周波数から離調周波数分離れた周波数を中心とした参照帯域幅の電力の総和をそれぞれ求め、離調周波数を中心とした参照帯域幅の範囲において、全放射面の電力の総和を求める。分解能帯域幅を技術的条件により定められた参照帯域幅に設定できない場合は、分解能帯域幅を参照帯域幅より狭い値として測定し、定められた参照帯域幅内に渡って積分した値を求める。

なお、被試験器の送信装置の出力部から空中線放射部までにフィルタあるいは給電線等による減衰領域がある場合には、測定結果を前記減衰量にて補正すること。

(3) 不要発射の強度

(ア) 空中線接続端子がある場合

被試験器の送信装置を定格出力で送信するよう設定し、空中線接続端子に接続されたスペクトルアナライザにより、分解能帯域幅を技術的条件により定められた参照帯域幅とし、規定される周波数範囲ごとにスプリアス領域における不要発射の強度を測定する。

分解能帯域幅を技術的条件により定められた参照帯域幅に設定できない場合は、分解能帯域幅を参照帯域幅より狭い値として測定し、定められた参照帯域幅内に渡って積分した値を求める。

また、精度を高めた測定とする場合及び搬送波等の影響を受ける場合は、分解能帯域幅を参照帯域幅より狭い値として測定し参照帯域幅に換算する方法を用いることができる。

なお、被試験器の空中線端子から空中線放射部までにフィルタあるいは給電線等による減衰領域がある場合には、測定結果を前記減衰量にて補正すること。

アクティブ空中線を用いる場合は、空中線電力の総和が最大となる状態にて測定し、空中線接続端子ごとに測定されたスプリアス領域における不要発射の強度の総和を求める。

(イ) 空中線接続端子がない場合

被試験器の送信装置を空中線電力の総和が最大となる状態で送信するよう設定し、指向性方向を固定する。試験用空中線に接続したスペクトルアナライザにより、分解能帯域幅を技術的条件により定められた参照帯域幅とし、規定される周波数範囲ごとにスプリアス領域における不要発射の強度を測定する。被試験器の送信装置を一定の角度ごとに回転させ、順次、スプリアス領域における不要発射の強度を測定する。周波数毎に測定されたスプリアス領域における不要発射の強度の全放射面における総合放射電力を求め、別に求めた空中線利得を差し引き算出する。

分解能帯域幅を技術的条件により定められた参照帯域幅に設定できない場合は、分解能帯域幅を参照帯域幅より狭い値として測定し、定められた参照帯域幅内に渡って積分した値を求める。

また、精度を高めた測定とする場合及び搬送波等の影響を受ける場合は、分解能帯域幅を参照帯域幅より狭い値として測定し参照帯域幅に換算する方法を用いることができる。

なお、被試験器の送信装置の出力部から空中線放射部までにフィルタあるいは給電線等による減衰領域がある場合には、測定結果を前記減衰量にて補正すること。

(4) 空中線電力

(ア) 空中線接続端子がある場合

被試験器の送信装置を定格出力で送信するよう設定し、電力計により空中線電力を測定する。

アクティブ空中線を用いる場合は、一の空中線電力を最大にした状態で空中線電力の総和が最大となる状態等で測定すること。なお、被試験器の送信装置の出力部から空中線放射部までにフィルタあるいは給電線等による減衰領域がある場合には、測定結果を

前記減衰量にて補正すること。

(イ) 空中線接続端子がない場合

被試験器の送信装置を空中線電力の総和が最大となる状態で送信するよう設定し、指向性方向を固定する。試験用空中線に接続した電力計により空中線電力を測定する。被試験器の送信装置からの一定角度ごとの空中線電力を測定し、測定された空中線電力の総合放射電力を求める。なお、被試験器の送信装置の出力部から空中線放射部までにフィルタあるいは給電線等による減衰領域がある場合には、測定結果を前記減衰量にて補正すること。

(5) キャリアセンス

(ア) 標準信号発生器から規定の電力を連続的に加え、スペクトルアナライザ等により送信しないことを確認する。

(イ) (ア) の状況後に標準信号発生器の出力を断にして送信を開始するまでの時間が、規定の必須キャリアセンス時間以上であることを確認する。

(ウ) 標準信号発生器の出力断の時間が規定の必須キャリアセンス時間未満の場合は送信しないことを確認する。

なお、無線チャネル内の任意の周波数において動作することを確認すること。

(イ) においては、標準信号発生器の出力時間を送信時間程度、標準信号発生器の出力断の時間を送信休止時間程度に設定した無変調波の繰り返しパルス信号等を用いることができる。また、(ウ) においては、標準信号発生器の出力時間を送信時間程度、標準信号発生器の出力断時間を必須キャリアセンス時間未満に設定した無変調の繰り返しパルス信号を用いることができる。

第5章 国際標準化等の動向

5.1 空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムに関する国際制度化・標準化動向

(1) ITU-R 及び WRC における国際協調議論の状況

表 5.1.1 に ITU-R における空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムに関する国際制度化・標準化動向を示す。

WPT システムに関する国際協調議論は古くから行われており、元々は 1978 年の CCIR (国際無線通信諮問委員会) 総会における空間伝送型の WPT システムに対する課題提示とレポート策定が発端になっている。2013 年の ITU-R SG1 会合において、WPT システムを NON-BEAM WPT (磁界結合型、電界結合型等近傍界領域における WPT システム) と BEAM WPT (電磁波放射による空間伝送型電力送信にて電波を意図的に放射させるもの) に分けて議論を行うことになった。

BEAM WPT に関しては、2016 年 6 月に、これまで作業文書 (Working Document) として維持してきたレポート案をアプリケーションに特化させたレポートとして再構成することで、Report ITU-R SM.2392 として発行された^{※10}

2019 年 6 月時点では、Report ITU-R SM.2392 の中で提示した最初の実用化ターゲットとなるセンサやモバイル機器への応用に特化した共用化検討を新レポート ITU-R SM. [WPT. BEAM. IMPACT] として策定中である。この新レポートでは、日本が主導するセンサネットワーク (工場でのセンサへの給電、車両内への給電、介護ホーム内等での管理用センサへの給電等)、モバイルデバイス及びウェアラブルデバイスへの給電をユースケースとして明確化し、共用検討の方法や結果を作成していくことになる。

並行して、レポート ITU-R SM.2392 の改訂作業及び米国提案の新勧告 ITU-R SM. [WPT. BEAM. FRQ] による BEAM WPT の利用周波数の ITU-R 勧告化に向けた議論も開始された。

この作業文書では、表 5.1.2 に示すような周波数帯が現状ではリストアップされている。新レポート ITU-R SM. [WPT. BEAM. IMPACT] の完成、レポート ITU-R SM.2392 の改訂完了、新勧告 ITU-R SM. [WPT. BEAM. FRQ] の成立はすべて 2021 年が目標である。

無線通信規則 (RR : Radio Regulation) に WPT システム機器を新たなカテゴリに盛り込むべきという議論に関して、EV 用に利用される NON-BEAM WPT については WRC-19 での Urgent Study^{※11} という位置付けでこれまで検討されてきたが、WRC-19 への検討結果の報告になる CPM テキストでは RR 改訂は必要なしという結論になっている。しかし、電波を意図的に放射する BEAM WPT については RR にて明確に規定すべきという意見があることから、今後の ITU-R での BEAM WPT の検討推移を見て、WRC での RR 改訂の議題提案を行うかどうかという議論が行われると予想され、WRC-23 又は WRC-27 で議題提案される可能性がある。

(2) AWG における国際協調議論の状況

ITU 下部のアジア太平洋地区組織にあたる APT (Asia Pacific Telecommunity) の Wireless Group 会合 (AWG 会合) においても、BEAM WPT の議論が開始され、APT 各国の開発状況、制度化及び標準化状況をまとめた新レポートを作成中である。

このレポートは、そのドラフトを ITU-R へ入力することも想定され、ITU-R で作成中のレ

※10 ITU-R : Report ITU-R SM.2392-0, “Applications of wireless power transmission via radio frequency beam”, <http://www.itu.int/pub/R-REP-SM.2392>, 2016.

※11 Urgent Study : .

ポートとの整合性等を今後検討していく必要もある。

表 5. 1. 1ITU-R における空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムに関する動向

年月 会合名	空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム(BEAM WPT)に関する議論等の推移
1978年 第14回CCIR総会	<ul style="list-style-type: none"> BEAM.WPTの研究の元になったQuestion 20/2が承認 Report 679 “Characteristics and effects of radio techniques for the transmission of energy from space”が承認され、発行(1982年と1986年に改訂版を発行)
1997年 ITU-R会合	<ul style="list-style-type: none"> 現在のWPT研究の元になっているQuestion 210-3/1の元になったQuestion 210/1が最初に承認
2013年6月 ITU-R SG1会合 (WP1A/WP1B会合含む)	<ul style="list-style-type: none"> Report化のためのWorking Document(WD)をNON-BEAM方式とBEAM方式に分割(NON-BEAMの議論の開始)
2015年6月 ITU-R SG1会合 (WP1A/WP1B会合含む)	<ul style="list-style-type: none"> BEAM.WPT方式の新レポートのWDレベルの改訂
2016年6月 ITU-R SG1会合 (WP1A/WP1B会合含む)	<ul style="list-style-type: none"> BEAM.WPTのアプリケーションに特化した新Reportが承認 ⇒ Report ITU-R SM.2392の発行 他システムとの共用検討に着目した新Report ITU-R SM.[WPT.BEAM.IMPACT]の作業開始
2016年11月 ITU-R WP1A/WP1B会合	<ul style="list-style-type: none"> 共用検討を含めたBEAM.WPT方式のレポート作成のためのワークプラン改訂
2017年6月 ITU-R SG1会合 (WP1A/WP1B会合含む)	<ul style="list-style-type: none"> WIDE-BEAM方式(広角ビーム、マルチビームによるセンサーネットワーク、モバイル機器応用)に関する共用検討結果を含めた新Report ITU-R SM.[WPT.WIDE-BEAM.IMPACT]の作業開始
2017年11月 ITU-R WP1A/WP1B会合	<ul style="list-style-type: none"> WIDE-BEAM方式に関する新Report ITU-R SM.[WPT.WIDE-BEAM.IMPACT]の作成作業継続
2018年6月 ITU-R WP1A/WP1B会合	<ul style="list-style-type: none"> WIDE-BEAM方式に関する新Report ITU-R SM.[WPT.WIDE-BEAM.IMPACT]の作業文書を更新。
2019年5月～6月 ITU-R WP1A/WP1B会合	<ul style="list-style-type: none"> 新Report ITU-R SM.[WPT.WIDE-BEAM.IMPACT]が新Report ITU-R SM.[WPT.BEAM.IMPACT]に変更され作業文書を更新 Report ITU-R SM.2392-0の改訂作業が開始され、作業文書を作成 米国提案によりBEAM WPTの利用周波数に関する新勧告ITU-R SM.[WPT.BEAM.FRQ]の作業開始
今後の目標および展開予想	<ul style="list-style-type: none"> 新Report ITU-R SM.[WPT.BEAM.IMPACT]は2021年完成が目標 Report ITU-R SM.2392-1の改訂は2021年完成が目標 新勧告ITU-R SM.[WPT.BEAM.FRQ]は2021年成立が目標 無線通信規則(RR)におけるBEAM WPTを含むWPT機器の位置付けの検討

表 5. 1. 2 新勧告 ITU-R SM. [WPT. BEAM. FRQ]作業文書にリスト化されている空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの利用周波数候補

Frequency range	[Region / Sub-region]	Suitable Beam WPT technologies and applications
[TBD] [902-928 MHz]	[TBD]	Wireless Charging of Mobile/Portable Devices
[TBD] [2 400-2 500 MHz]	[TBD]	
[TBD] [5 725-5 875 MHz]	[TBD]	
[TBD] [915-930 MHz]	[TBD]	Wireless Powered Sensor Networks
[TBD] [5 470-5 770 MHz]	[TBD]	

(3) CISPR における動向

CISPR B小委員会においては、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムをWPT-AAD(AT A Distance)と呼び、利用周波数や放射妨害波許容値等についての検討を開始した。しかし、2019年8月時点では作業文書等はない状況であり、ISM機器と見なすかという議論がある。また、WPT-AADとしての伝送距離は10mまでとする方向で検討が進められている。

(4) IEC TC100 における標準化動向

韓国提案により、主にモバイル機器向けの空間伝送型ワイヤレス電力伝送を目的とした IEC 62980「Parasitic communication protocol for radio-frequency wireless power transmission」の製品規格化及び IEC TR 63239「Radio Frequency(RF) Beam Wireless Power Transfer/Transmission (WPT) for Mobile devices」の技術報告についての策定が進められている。しかし、実用化の前提となる制度化、電波ばく露への対応方法等の検討が不十分であり、実用化レベルにはまだ至っていない。

(5) IEC TC106 における電波ばく露評価、測定法の検討状況

IEC TC106 では、無線システムにおける人体への電波ばく露に対する評価法や測定法の標準化に取り組んでおり、近年、WPT システムに対する検討を進めている。

NON-BEAM WPT に関しては、2016 年 2 月に WG9 を設立し、NON-BEAM WPT システムのばく露評価法について検討を行い、その結果をまとめ、技術報告書 TR 62905 として 2018 年 2 月に発行した。これを受け、NON-BEAM WPT システムからのばく露評価の基本規格を策定する PT63184 が発足し、現在、規格化に向けた検討を行っている。

一方、BEAM WPT (TC106 では「Radiative WPT」と表現している) に関する電波ばく露の評価・測定法に関する技術報告 (TR) 化の作業も並行して進められ、BEAM WPT に関しても、TR 発行後に、規格化の検討が行われる予定である。

(6) 国内の標準化検討状況

国内の WPT システム標準化については、新たな無線通信技術を用いたシステムやサービスの早期実用化及び国際展開を図る組織として、ブロードバンドワイヤレスフォーラム (BWF) にて、磁界結合型・電界結合型の WPT システムにおける課題解決に向けた活動が行われ、2011 年には、WPT システムの業界基準としてガイドラインを策定している。

標準規格としては一般社団法人電波産業会 (ARIB) にて標準規格等が策定され、電界結合型ワイヤレス電力伝送システム及び磁界結合ワイヤレス電力伝送システムでは、標準規格として ARIB STD-T113 として平成 27 年に制定されている。

5.2 空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの製品化に関する動向^{※12}

(1) 米国の製品化動向

米国では企業による空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの製品化に向けた開発が進められている。主に開発を主導している企業を表 5.2.1 に示す。2017 年末には、このうち Energous と Powercast の 2 社の 900MHz 帯を用いた空間伝送型ワイヤレスシステムの製品、2019 年には、Ossia の 2.4GHz 帯の製品に対して FCC が承認を与えている。

表 5.2.1 空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの製品開発企業

企業名	製品名	周波数帯 [※]	伝送距離 [※]
Ossia	Cota [®]	2.4GHz 帯	～10m
Energous	WattUp [®]	2.4GHz 帯 5.7GHz 帯 913MHz 帯	～4.5m
Powercast	PowerCaster [®] PowerSpot [®]	915M 帯	～25m

※実用化されていない技術も含む

3 社ともプロトタイプ開発の段階から、チップセットメーカーと提携して、量産化を見据えた送受信モジュールの開発を進めているほか、具体的なアプリケーションを想定して、国内外の機器メーカーやサービス事業者とも連携や開発ツール等の提供を拡大している。

規制当局の承認が得られ次第、量産化が可能な体制を整えつつ、いち早く主要なアプリケーションを囲いこむことでデファクトスタンダード化を狙う戦略と考えられる。

(2) 欧州 EnABLES

欧州委員会の研究枠組み Horizon2020 の助成を受けて 2018 年から開始されたプロジェクト EnABLES (European Infrastructure Powering the Internet of Things) の 1 テーマとして、Stichting IMEC Nederland (IMEC - NL) において、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの研究が進められている。技術開発のターゲットは、10m 程度の距離のセンサノードへの電力伝送であり、ホームセンシング/オートメーションを主なアプリケーションとして想定している。具体的な技術開発として、868MHz/915MHz 及び 2.45GHz 帯の送受信空中線設計、RF-DC 変換機構の最適化等を予定している。

(3) 韓国/成均館大学 (SKKU)

韓国研究財団 (NRF) による Engineering Research Center (ERC) の助成 (2014-2021) を受け、成均館大学に Energy Harvesting Communication Research Center (EHCRC) を設置し研究活動を行っている。助成額は総額約 1,000 万ドルであり、SKKU のほか韓国科学技術院 (KAIST) やソウル大学も参画している。無線通信と無線電力伝送を融合した Wireless-Powered Communication の開発を目指し、EHCRC 内にテストベッド施設 (Distributed wireless power transfer testbed) を備えている。また、企業パートナーとして KT、SK テレコム、LG 電子、サムスン電子等も参加しており、産学の連携体制で要素技術開発、商用システムへの適用検証、標準化活動を進める計画としている。

※12 ワイヤレス電力伝送システムの利用に関する周波数共用条件の調査検討会 報告書
2019 年 3 月 総務省関東総合通信局

(4) 中国^{※3}

中国では空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムを推進する目立った企業はない。しかし、西安、重慶、四川、上海等の複数の大学や研究機関にて重点的にマイクロ波による電力伝送システムの研究開発を行っている。

また、携帯基地局からの電波をハーベストし、ドローンに無線充電するシステムをファーウェイ社が計画中であると、2017年の展示会MWC(Mobile World Congress)で発表され、その後の研究開発が期待されている。また、中国では屋外で複数の空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムのデモンストレーションや実証実験が行われており、法制化の仕組みも他国とは異なるであろうことから、今後最も注目すべき国の一つである。

第6章 今後の検討課題等

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムでは、既存の無線システム等に与える影響の回避・軽減を考慮し、設置環境に配慮した設置や周波数の有効利用を図るため、既存の無線システムとの運用調整のための官民が連携した仕組みの構築について検討が行われることが必要である。

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムと既存の無線通信システムとの共用のためには、新たに空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムを設置する側において壁損失等の条件を満たす必要がある。また、設置後も、設置場所のレイアウトの変更等が条件の適合性に影響を生じる可能性が考えられるため、制度化にあたってはこれらのことに配慮した検討が行われることが必要である。

また、電力伝送を目的とする空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムは、主に通信を目的としてきた既存の無線システムとは性格を異とするものであり、運用調整に当たり、それぞれのシステム設置者等は、混信の除去に積極的に対応することが求められる。

本検討では、第1ステップとして、工場等の屋内での利用を前提とした空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムに関し、他の無線通信システムとの共用や電波の安全性について検討を行った。今後、屋外での利用や大電力化の可能性の検討については、技術の研究成果、商用化の時期や実用化の取組状況等を踏まえつつ、再度干渉等について検討が行われることが必要である。

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構成員一覧

(令和元年 6 月 3 日現在 敬称略)

氏 名	主 要 現 職
主 査 員 安藤 真	独立行政法人国立高等専門学校機構 理事
主 査 代 理 員 浜口 清	国立研究開発法人情報通信研究機構 ワイヤレスネットワーク総合研究センター 総合研究センター長
委 員 森川 博之	東京大学大学院 工学系研究科 教授
専 門 委 員 飯塚 留美	一般財団法人マルチメディア振興センター 電波利用調査部 研究主幹
” 市川 武男	日本電信電話株式会社 技術企画部門 電波室長
” 伊藤 数子	特定非営利活動法人STAND 代表理事
” 小花 貞夫	国立大学法人 電気通信大学 特任教授 産学官連携センター長
” 河野 隆二	横浜国立大学大学院 工学研究院 教授 兼 同大学 未来情報通信医療社会 基盤センター長
” 鈴木 薫	一般社団法人全国陸上無線協会 専務理事
” 薄田 由紀	日本電気株式会社 電波・誘導事業部 情報システム部 マネージャ
” 高田 政幸	日本放送協会 放送技術研究所 伝送システム研究部長
” 田丸 健三郎	日本マイクロソフト株式会社 技術統括室 業務執行役員 ナショナルテクノロジー オフィサー
” 日野岳 充	一般社団法人日本アマチュア無線連盟 専務理事
” 藤野 義之	東洋大学 理工学部 電気電子情報工学科 教授
” 本多 美雄	欧州ビジネス協会 電気通信機器委員会 委員長
” 松井 房樹	一般社団法人電波産業会 代表理事・専務理事・事務局長
” 松尾 綾子	株式会社東芝 研究開発本部 本部企画部 兼 研究開発センター 研究企画 部 参事
” 三谷 政昭	東京電機大学 工学部 情報通信工学科 教授
” 三次 仁	慶應義塾大学 環境情報学部 教授
” 吉田 貴容美	日本無線株式会社 新規事業開発本部 新規事業開発企画部 シニアエキス パート

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
空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム作業班 構成員一覧

(令和2年1月31日現在、敬称略)

氏名		主要現職
主任	三谷 政昭	東京電機大学 工学部 情報通信工学科 教授
主任代理	藤野 義之	東洋大学 理工学部 電気電子情報工学科 教授
構成員	浅井 裕介	ARIB 無線 LAN 作業班 T71_11ac SWG リーダ 日本電信電話(株) NTT アクセスサービスシステム研究所 無線アクセスプロジェクト 主幹研究員
"	井上 統之	KDDI(株) 技術企画本部電波部 企画・制度グループマネージャー
"	井上 保彦	ARIB 無線 LAN 作業班 主任 日本電信電話(株) NTT アクセスサービスシステム研究所 無線アクセスプロジェクト 主任研究員
"	上原 光太郎	国土交通省 道路局道路交通管理課 高度道路交通システム(ITS)推進室 課長補佐
"	大山 真澄	ソフトバンク(株) テクノロジーユニット電波企画室 担当部長
"	柿沼 由佳	(公社)全国消費生活相談員協会 IT研究会 研究員
"	亀谷 収	自然科学研究機構 国立天文台 電波研究部 水沢 VLBI 観測所
"	栗田 昌典	ARIB 小電力無線局作業班 主任 パナソニック株式会社 ライフソリューションズ社 エナジーシステム事業部 R&Dセンター 通信ネットワーク技術部
"	児島 史秀	(国研)情報通信研究機構 ワイヤレスネットワーク総合研究センター ワイヤレスシステム研究室 室長
"	佐々木 邦夫	ARIB 電子タグ作業班 主任 電気興業(株) 新規事業統括部 事業開発部 参事
"	佐野 康二	(一財)テレコムエンジニアリングセンター 電磁環境試験部 部長
"	庄木 裕樹	ブロードバンドワイヤレスフォーラム(BWF) ワイヤレス電力伝送ワーキング グループリーダー
"	鈴木 淳	(一財)移動無線センター 事業企画部 担当部長
"	角埜 勝明	(一社)電波産業会 研究開発本部周波数資源グループ 主任研究員
"	高井 正興	(一社)日本アマチュア無線連盟 電磁環境委員会 委員長
"	高木 秀紀	(一財)総合研究奨励会 日本無人機運航管理コンソーシアム
"	中村 順一	ARIB ITS 情報通信システム推進会議 5GHz 帯路車間通信検討 WG 主査 東芝インフラシステムズ(株) 社会システム事業部 道路ソリューション技術部 道路システム技術主幹
"	藤本 卓也	ブロードバンドワイヤレスフォーラム(BWF) ワイヤレス電力伝送ワーキンググループ TG6 リーダ
"	牧山 隆宏	(株)NTTドコモ 電波部 電波企画担当部長
"	和氣 加奈子	(国研)情報通信研究機構 電磁波研究所 電磁環境研究室 主任研究員

參考資料

参考資料 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

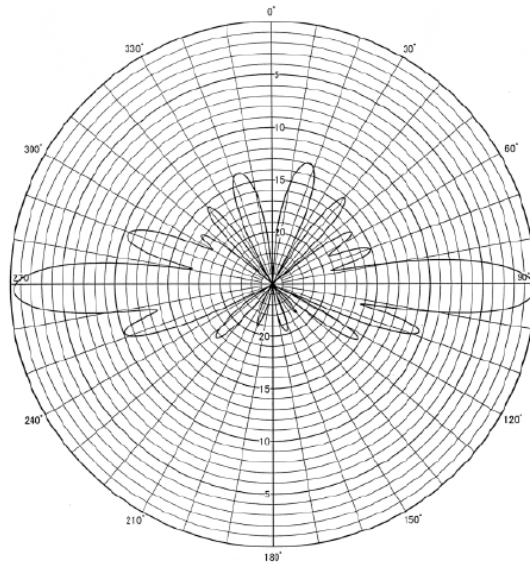
(ア) デジタル MCA システム

デジタル MCA システムの受信パラメータを表参 1.1.1 に示す。*13

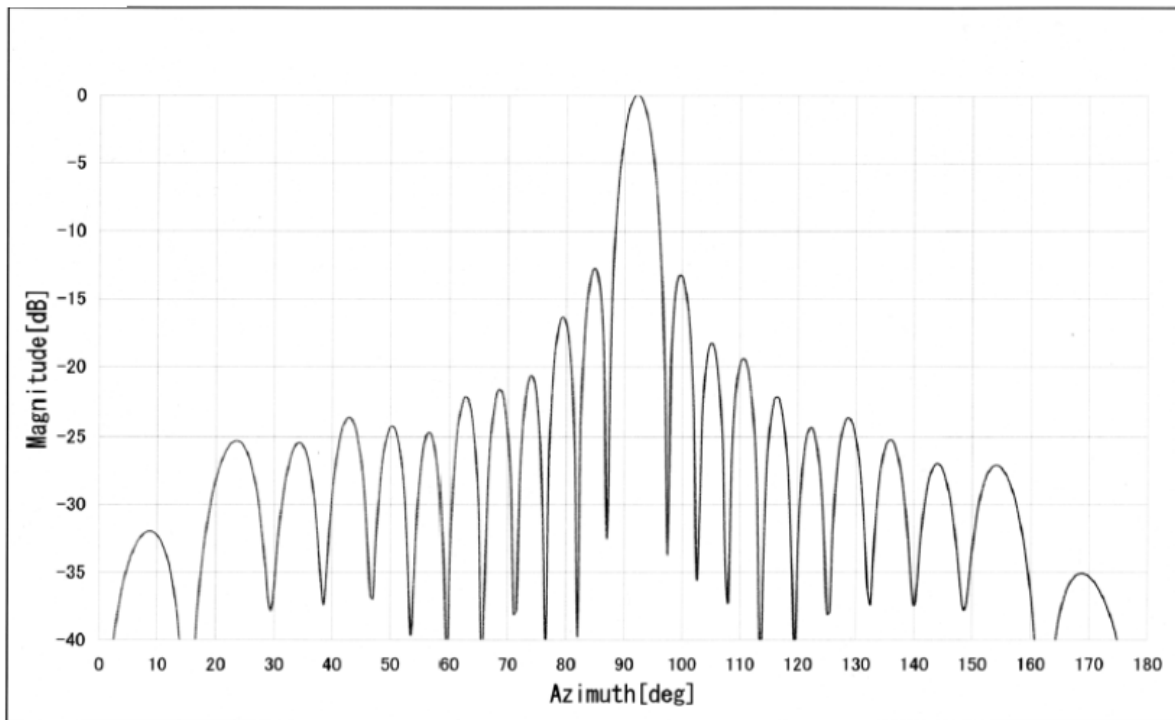
表参 1.1.1 デジタル MCA システムの受信側パラメータ

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) : 6.0dBμV 以下 (規格感度) 3×10 ⁻² (フェージング) : 10.0 dBμV 以下	1×10 ⁻² (スタティック) : 6.0dBμV 以下 (規格感度) 3×10 ⁻² (フェージング) : 10.0 dBμV 以下	ARIB STD-T85 Ver. 1.1 3.4.2 (2) フェージング条件: 最大ドップラー周波数は 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
空中線水平面内指向特性	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
空中線垂直面内指向特性	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
空中線地上高	1) 40m 2) 150m (大都市部)	車載移動局: 1.5m 管理移動局: 10m	一般値
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	π/4 シフト QPSK	π/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

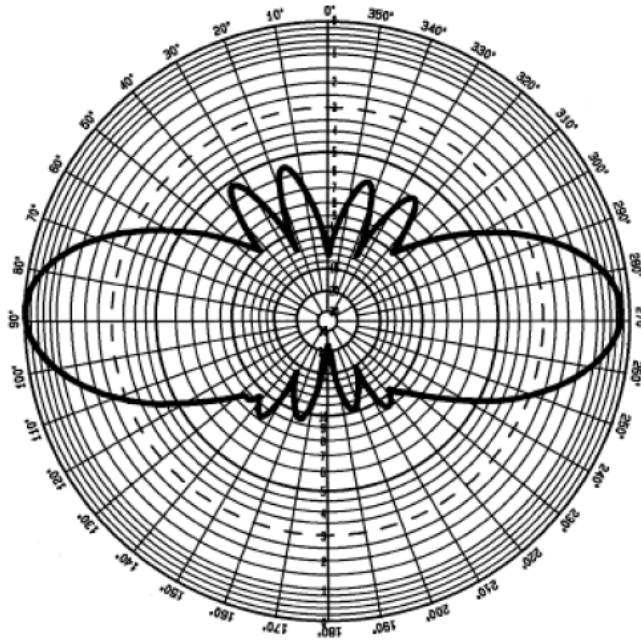
*13 平成 7 年 7 月 24 日付け電気通信技術審議会諮問第 81 号「携帯電話等の周波数有効利用方策」のうち「900MHz 帯を使用する移動通信システムの技術的条件」及び「携帯無線通信の中継を行う無線局の技術的条件」(平成 23 年 5 月 17 日答申)



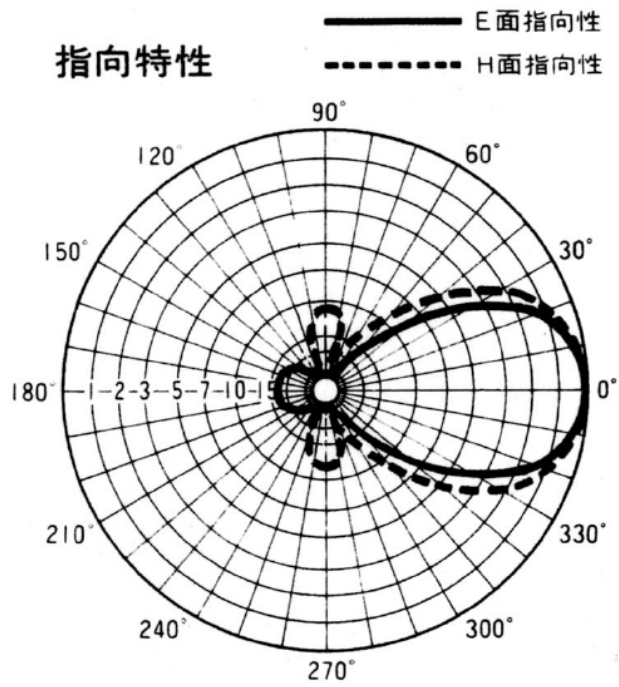
図参 1. 1. 1 MCA 無線中継局の送受信空中線垂直面内指向特性（実力値）



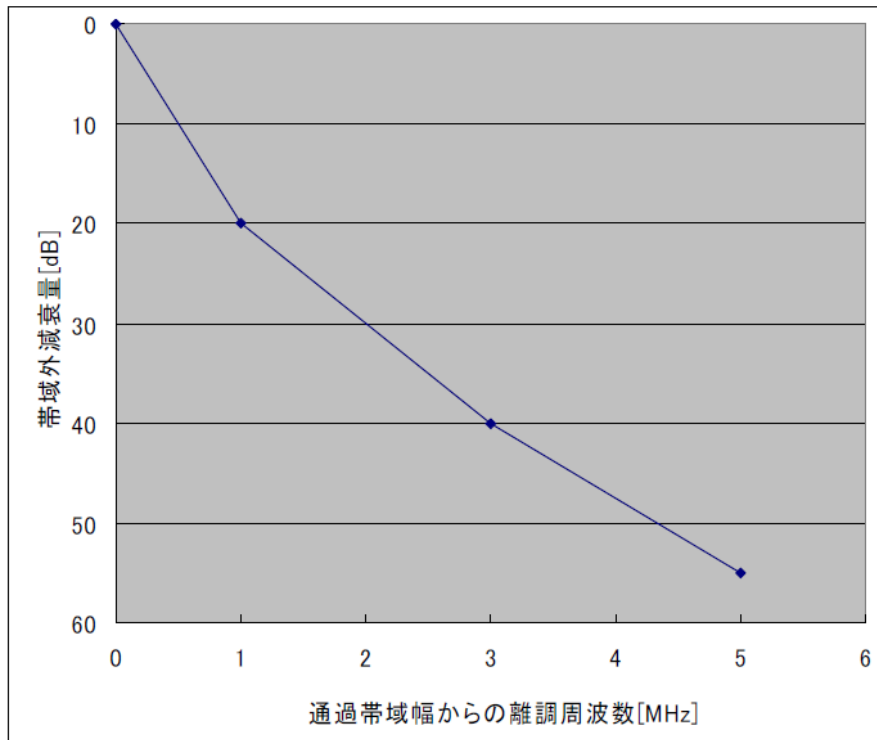
図参 1. 1. 2 MCA 無線中継局の送受信空中線水平面内指向特性（実力値）



図参 1. 1. 3 MCA 無線車載移動局の送受信空中線垂直面内指向特性（実力値）



図参 1. 1. 4 MCA 無線管理移動局の送受信空中線指向特性（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)

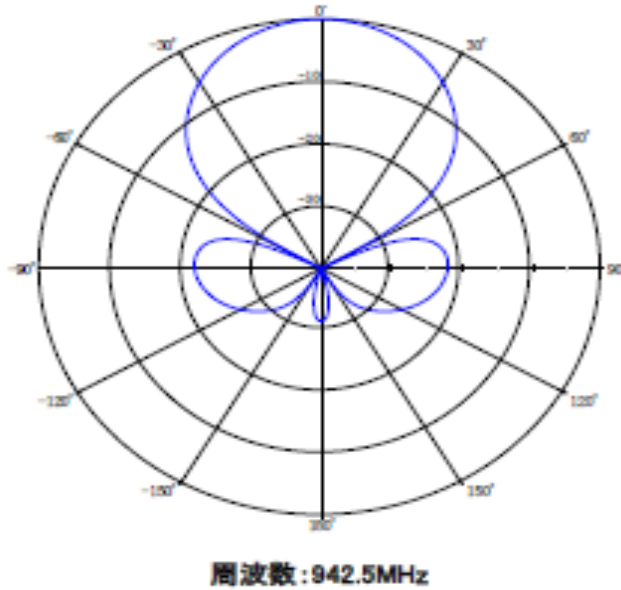
(イ)高度 MCA システム

高度 MCA システムの受信パラメータを表参 1.1.2、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。^{※14}

表参 1.1.2 高度 MCA システムの受信パラメータ

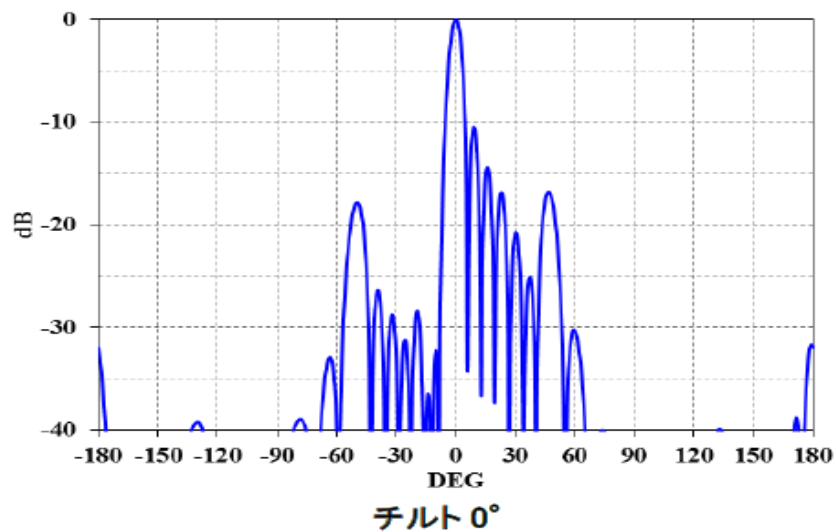
	中継局 (基地局)	移動局	備考
使用周波数	895~900MHz	940~945MHz	
空中線利得	1) 19dBi (都市部) 2) 16dBi (郊外)	車載移動局: 4.5dBi 携帯移動局: 2dBi	
空中線水平面内指向特性	図参 1.1.6	無指向性	
空中線垂直面内指向特性	図参 1.1.7	無指向性	
空中線地上高	1) 150m (都市部) 2) 40m (郊外)	1.5m	
許容干渉レベル (帯域内)	-119dBm/MHz (I/N=10dB)	-110.8dBm/MHz (I/N=6dB)	
感度抑圧レベル (帯域外)	-43dBm	-56dBm (BW: Channel1/2+7.5MHz 離調) -44dBm (BW: Channel1/2+12.5MHz 離調)	3GPP TS36.101V8.3.0 (2008-9)

※14 平成 14 年 9 月 30 日付け情報通信審議会諮問第 2009 号「小電力の無線システムの高度化に必要な技術的条件」のうち「920MHz 帯小電力無線システムの高度化に係る技術的条件」(平成 29 年 3 月 31 日答申)



図参 1.1.6 高度 MCA 中継局の送受信空中線水平面内指向特性

周波数: 942.5MHz



図参 1.1.7 高度 MCA 中継局の送受信空中線垂直面内指向特性

(ウ) 携帯電話システム

携帯電話システムの受信パラメータを表参 1.1.3 に示す。*15

※15 平成 7 年 7 月 24 日付け電気通信技術審議会諮問第 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 17 日答申)

表参 1. 1. 3 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	900~915MHz	945~960MHz	
給電線損失	0dB	0dB	
空中線利得	14dBi	0dBi	
空中線水平面内指向特性	図参 1. 1. 8	無指向性	
空中線垂直面内指向特性	図参 1. 1. 9	無指向性	
空中線地上高	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)	

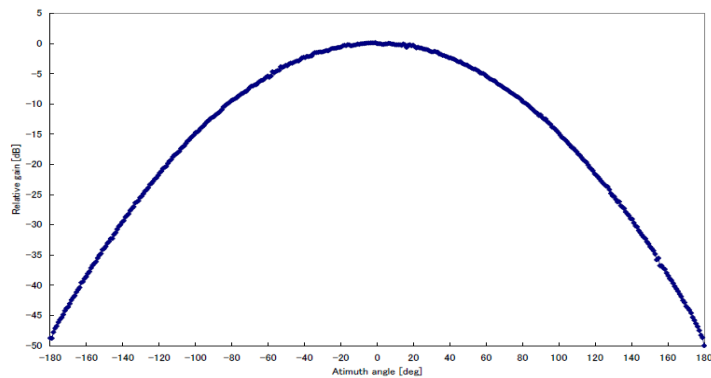


図 2. 2. 1-1 LTE基地局の送受信アンテナパターン(水平面)
(携帯電話等周波数有効利用方策委員会報告(平成18年12月21日)図3. 2-1を引用)

図参 1. 1. 8 携帯電話システム基地局の送受信空中線水平面内指向特性

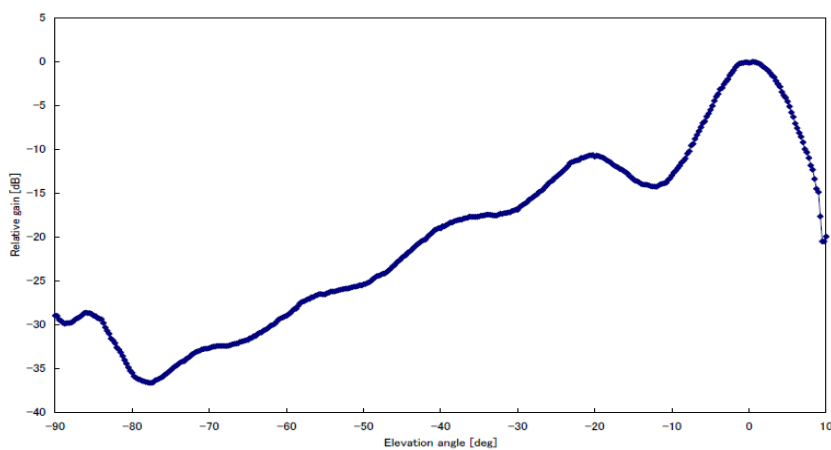


図 2. 2. 1-2 LTE基地局の送受信アンテナパターン(垂直面)
(携帯電話等周波数有効利用方策委員会報告(平成18年12月21日)図3. 2-2を引用)

図参 1. 1. 9 携帯電話システム基地局の送受信空中線垂直面内指向特性

(エ)RFID 構内無線局/陸上移動局システム

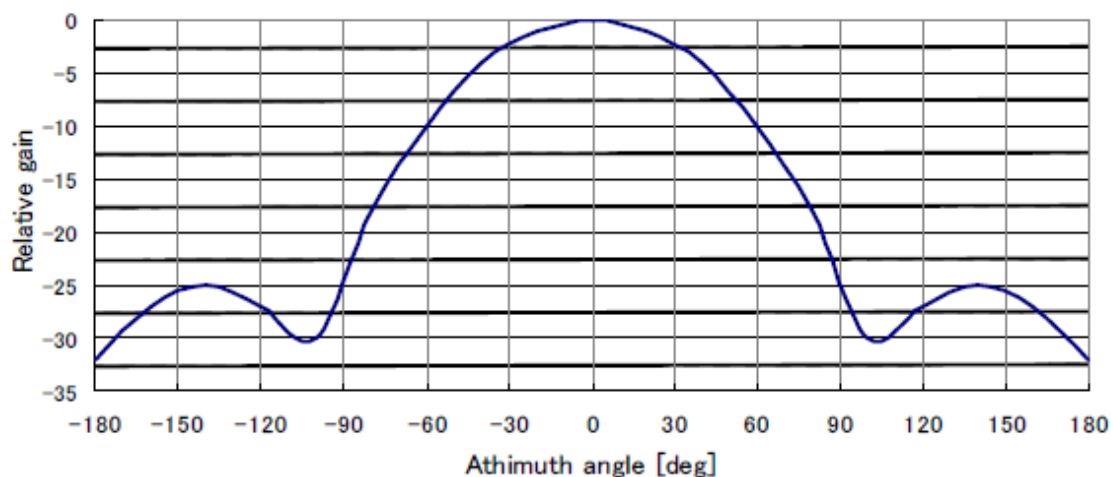
(オ)RFID 特定小電力無線局システム

(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、表参 1.1.4 に示す※16。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記載している。

表参 1.1.4 RFID システムのパラメータ

	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	
空中線水平面内指向特性	図参 1.1.10 又は 図参 1.1.11	図参 1.1.10	図参 1.1.11	
空中線垂直面内指向特性	図参 1.1.10 又は 無指向性		無指向性	
隣接チャネル漏洩電力	-61dBc		-55dBc	
空中線地上高	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空中線指向特性（水平面内/垂直面内）

※16 平成 14 年 9 月 30 日付け情報通信審議会諮問第 2009 号「小電力の無線システムの高度化に必要な技術的条件」のうち「920MHz 帯小電力無線システムの高度化に係る技術的条件」（平成 29 年 3 月 31 日答申）

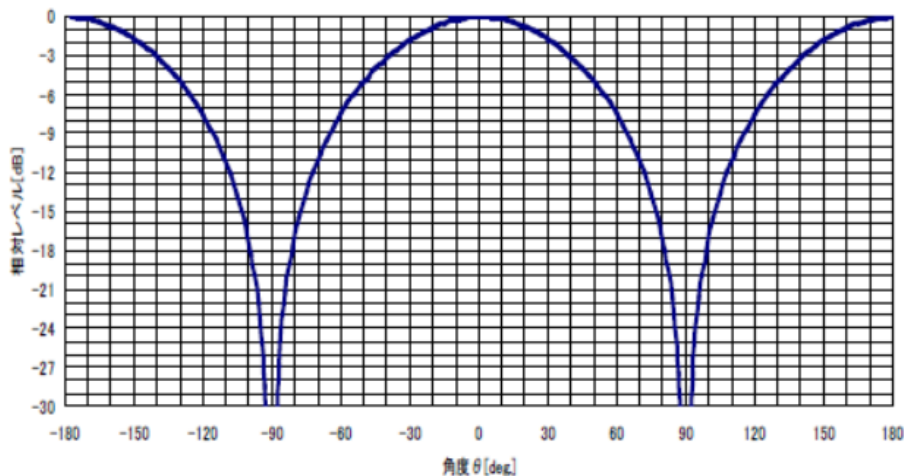


図. 参 1. 1. 11 RFID システム空中線水平面内指向特性（垂直面内は無指向性）

(キ)電波天文

干渉検討用に用いた電波天文のパラメータを表参 1. 1. 5 に電波天文施設の設置場所及び設置状況を表参 1. 1. 6 に示す。*17

表参 1. 1. 5 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
空中線指向特性（水平）	パラボラ	
空中線指向特性（垂直）	パラボラ	
空中線地上高	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）	—	

*17 平成 7 年 7 月 24 日付け電気通信技術審議会諮問第 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 17 日答申）

表参 1.1.6 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(度)	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
白田	パラボラ	6.4 m	135E 21' 46"	36N 07' 57"	1456	33.0	5	1400- 1750
みさと天文台	パラボラ	8 m	135E 24' 24"	34N 8' 39"	416	-	-	1420- 1420
和歌山大12m	パラボラ	12 m	135E 9' 00"	34N 16' 02"	84	7.5	10	144-8100
那須パルサー	固定球面鏡	20m×8 30m×1	139E 59' 00"	36N 55' 30"	296	21.0	70	1405- 1425
あわら	パラボラ	10 m	136E 14' 07"	36N 15' 50"	18	15.0	2	1300- 2500
水沢	パラボラ	20 m (VERA)	141E 07' 57"	39N 08' 01"	63	22.0	3	1350- 2350
石垣島	パラボラ	20 m (VERA)	124E 10' 16"	24N 24' 44"	26	22.0	3	1350- 2350

(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 μ W/MHz 以下 2387MHz 以上 2400MHz 未満及び 2483.5MHz を超え、2496.5MHz 以下 : 25 μ W/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)無人移動体高速伝送システム

表参 1. 2. 4 2. 4GHz 帯及び 5. 7GHz 帯無人移動体高速伝送システムの検討パラメータ

項目		パラメータ	
送信空中線電力		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)

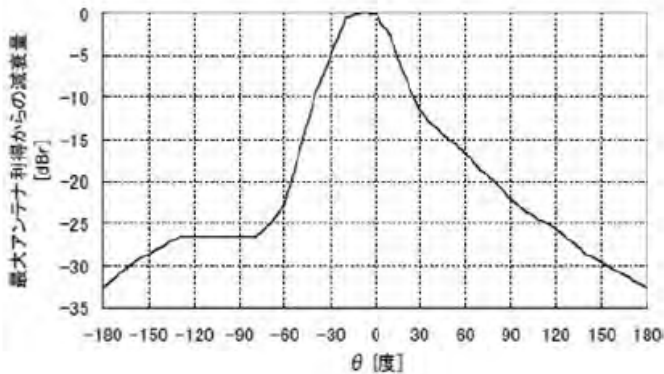
表参 1. 2. 5 2. 4GHz 帯及び 5. 7GHz 帯無人移動体高速伝送システムの受信特性

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

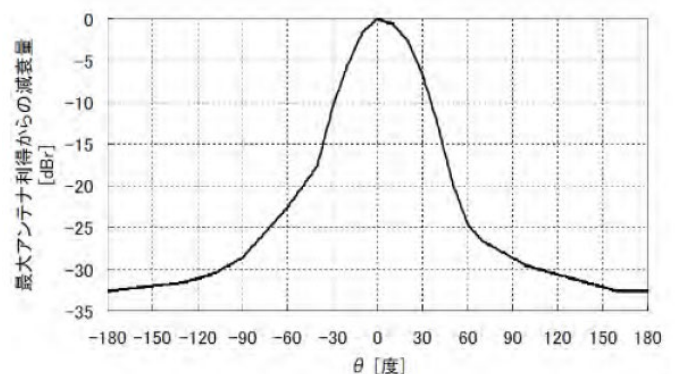
(エ)移動衛星通信システム (N-STAR)

表参 1. 2. 6 N-STAR の受信パラメータ

項 目		移動局
空中線利得		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 垂直面内指向特性



図参 1. 2. 2 水平面内指向特性

(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 グローバルスターの受信パラメータ

パラメータ	移動局
帯域幅	1.23 MHz
空中線利得	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 FPU システム

表参 1.2.8 1.2/2.3GHz 帯 4K・8K 対応高度化 FPU システムのパラメータ^{※18}

	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 空中線利得 [dBi]	21.1	18.1	12	5.2

表参 1.2.9 1.2/2.3GHz 帯 FPU システムのパラメータ^{※19}

	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 空中線利得 [dBi]	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1

※18 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」

※19 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」

(キ)電波ビーコン

表参 1. 2. 10 電波ビーコンのパラメータ

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電力	2.5 μ W 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

(ク)電波天文

表参 1. 2. 11 電波天文のパラメータ

項目	パラメータ
観測周波数	2695 MHz
観測帯域	10 MHz
空中線利得	0 dBi
干渉閾値	
入力電力	-207 dBW
pf _d	-177 dB(W/m ²)
pf _d スペクトラム	-247 dB(W/(m ² ・Hz))

表参 1. 2. 12 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(度)	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

(ケ)アマチュア無線

表参 1. 2. 13 アマチュア無線のパラメータ

項目	パラメータ
最小感度	-110.83 dBm/MHz
D/U 比	0 dB
許容干渉入力	-110.83 dBm/MHz

(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	隣接チャンネル	-16dB	-13dB	-8dB	0dB
	次隣接チャンネル	-32dB	-29dB	-24dB	-16dB
許容入力レベル	隣接チャンネル	-63dBm			
	次隣接チャンネル	-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	5,775～5,805MHz Ch 間隔 5MHz	5,815～5,845MHz Ch 間隔 5MHz	5,815～5,845MHz 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
空中線利得 (最大値)	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 1.3.4 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)	可搬型 OFDM 中継局	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	5,850~5,925 MHz
キャリア変調方式	1024QAM (LDPC 2/3)	4096QAM (LDPC 5/6)	64QAM (FEC 5/6)	64QAM LDPC 5/6
標準受信電力	-55 dBm	-45 dBm	-61 dBm	-62 dBm
所要 C/N	27.1 dB	37.1 dB	28.0 dB	21.2 dB
干渉雑音(異伝播路)C/N	34.4 dB	44.4 dB	34.4 dB	28.5 dB
帯域	17.5 MHz	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	-95.4 dBm	-90.5 dBm
	-101.8 dBm/MHz	-101.8 dBm/MHz	-107.8 dBm/MHz	-102.9 dBm/MHz
空中線利得	35.0 dBi	35.0 dBi	30.0 dBi	23.2 dBi
給電線損失	5.0 dB	5.0 dB	0.0 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	16.2 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パラメータ

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 1.3.7 に示す。

表参 1.3.7 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 空中線タイプ
指向性減衰量	0 dB	
受信中心周波数	5,372.5 MHz	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)
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

電波天文の設置場所・設置状況を表参 1.3.8、受信パラメータを表参 1.3.9 に示す。5.7GHz 帯に近い国内電波天文台のうち、Rec. ITU-R RA. 769-2 において許容干渉レベルが規定されている臼田 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 1.3.8 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 (度)	観測周波数 (MHz)
臼田	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 1.3.9 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))	Rec. ITU-R RA. 769-2	
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	
	大気減衰量	0.0 dB	
	ナイフエッジ回折損	0.0 dB	

(ク) アマチュア無線

表参 1.3.10 アマチュア無線の受信パラメータ

項目	パラメータ
最小感度	-110.83 dBm/MHz
D/U 比	0 dB
許容干渉入力	-110.83 dBm/MHz

参考資料 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 システム等の無線システムと同一空間内に設置・使用されることによる影響が想定される。そのため、使用する環境について定義し、規定するものとした。

「WPT 屋内設置環境」を本検討での空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの設置環境とし、下記に示す定義に対応する使用環境を「WPT 管理環境」とし、この定義に基づく管理を必要としない使用環境を「WPT 一般環境」と区分した。

「WPT 管理環境」の定義

- 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「WPT 管理環境」の定義を満たさない使用環境では、同一屋内空間において他の無線システムに干渉を与える可能性があり、これを考慮した対策等も必要である。

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干渉の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「WPT 管理環境」のみで設置、使用できることとした。

2.4GHz 帯は、設置場所の地上高が高いと比較的大きなサイドローブが壁を通過して、地上階に設置された運用中の他の無線システムに高い電力で到達する可能性がある。特に同一周波数の場合等、実用運用を考慮した場合、に使用上支障をきたす離隔距離が必要になるケースも考えられるため、2.4GHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムは、屋内の 1 階（地上階）又は地下階への設置とし、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。

また、屋内であることの定義は、窓を含めた「WPT 屋内設置環境」の周囲にある壁損失が参考資料 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損失以上を担保し、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

設置環境に配慮した設置や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の産業界がコアとなって、官民が連携した、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が構築されることが必要である。

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設置環境が WPT 管理環境か WPT 一般環境かを問わず、使用周波数、使用場所等の情報を一元的に管理・公開し、使用チャネルの調整等、既存の他の無線システムを含む免許人間の運用調整等により、共用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措置等を指示するなどにより、電波の利用環境の維持に努める。

さらに今後設置される他の無線局からの照会に対しては、運用調整の仕組みを活用して協

議、検討、変更等を実施できるものとする。

(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損失が参考資料9【壁等の通過時の損失について】において検討した壁損失以上を担保した屋内、閉空間である。これが保証される「WPT 屋内設置環境」内であれば送信装置を移設しても「WPT 屋内設置環境」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する必要はないと考えられる。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 屋内設置環境」内での移設に限定する必要がある。

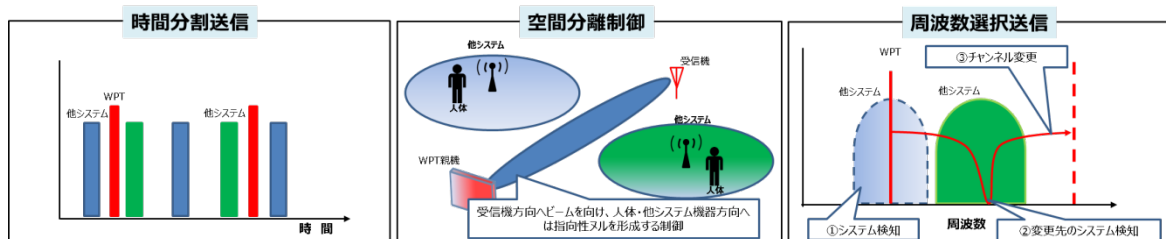
しかし、他の無線システムとの共用検討により干渉条件等設置時に検討評価する必要があることから当初設置環境と大きく異なる状況が発生する状況では、干渉検討等の検討なしに移設することは望ましく無く、設置建物、設置階等の設置方法が変わる等の「WPT 屋内設置環境」外への漏洩電力が著しく変わる環境の変更が発生する場合には、運用調整のための仕組みを利用した変更・検討を実施する必要がある。

(4) 人体及び被干渉機器との回避・共用

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。しかし、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・拡大し、より大きな社会貢献をしていくためには、設置環境の制約を軽減させ、送信電力を増加させてアプリケーションを増やして行くことが必要である。また、その際には人体への曝露に対する安全性の確保と他の無線システムとの共用を行いながらの電力伝送が可能となることが必須である。

SIP (Strategic Innovation Promotion Program) 第2期では、時間・空間・周波数を統合的に制御することで、最大効率での電力伝送及びマイクロ波から DC 電源への変換効率の向上を目標としている。受電効率の増加と電波曝露に対する人体への安全性を確保した他の無線システムとの共用を実現するために図参 2.4.1 に示す iTAF-WPT (intelligent Time-Area-Frequency Control WPT) 技術の研究開発が進められている。

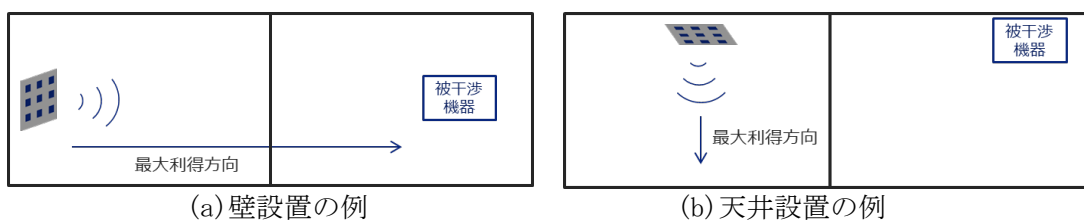
このような革新的技術が開発され、実用化されることで空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの屋外へのユースケースの拡大や送信電力増加 (920MHz 帯においては 100W-EIRP) の可能性も期待でき、次のステップへ向けた検討が可能になると予想される。



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、最大空中線利得方向となるのは一般的には空中線放射素子の正面である。これが横方向（水平方向）となる場合には、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。そのため、本システムでは天井設置することを原則とし、空中線の最大空中線利得方向が大地面方向に対して ± 10 度以内となるように規定した。

また、原則としたのは、送信装置の形状等により、空中線の最大空中線利得方向が大地面方向に対して ± 10 度以内となるが、天井以外（壁と天井の角、梁等）に設置可能な送信装置を想定し、利用できるものとした。さらに、水平方向の等価等方輻射電力（EIRP）の制限値を規定することで「WPT 屋内設置環境」外への漏洩電力については影響がない事としており、設置位置を天井以外とした場合でも技術的条件は緩和しないことで他の無線システムへの影響は変わらないとした。

また、920MHz 帯については、送信装置の空中線設置方向による他の無線システムへの干渉について特に影響がないことから設置位置の制限は設けないものとする。

(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は、携帯電話への干渉時の確認として、「電波を発射してから送信時間 4 秒以内にその電波の発射を停止し、かつ、送信休止時間 50msec を経過した後でなければその後送信を行わないもの」とした条件とされている。

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、RFID システムと同様に携帯電話への干渉が発生する可能性があるため「最大 4 秒送信 50msec 停止」とした送信時間制限を行うこととしたが、無線システムを一元的に管理する「WPT 管理環境」内においては、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの認知が免許人にて可能であることから送信時間制限装置を条件とはしないものとした。

参考資料 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ともに、防護対象を特定することができる状況下であり、注意喚起等の必要な措置が可能な場合には、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、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、表参 3.1.1 及び表参 3.1.2 に示す。

表参 3.1.1 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 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	61.4	0.163	1

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、以下の式が基本算出式として定められている。

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

S : 電力束密度[mW/cm²]

P : 空中線入力電力[W]

G : 送信空中線の最大発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

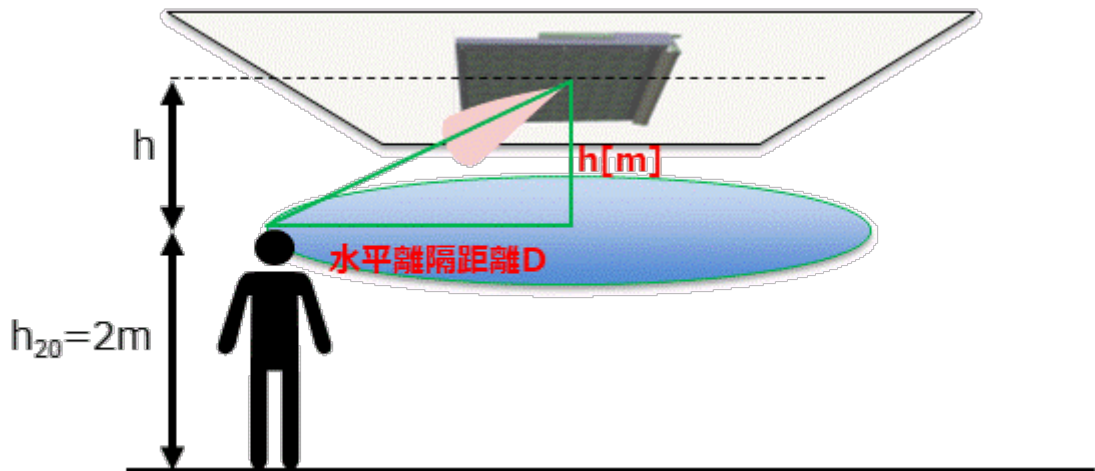
すべての反射を考慮しない場合 : K=1

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。

この式を変換することで電波防護指針値を満足できる送信装置からの距離の算出が可能であり、図参 3.1.1 による算出モデルにて基本算出式を用いたバンドごとの電波防護指針を満足できる距離を算出した。また、指向性を考慮した空間的平均値の算出例として鋭い指向性を有する 2.4GHz 帯と 5.7GHz 帯について実施した。



図参 3.1.1 電波防護指針を満足できる距離算出モデル

計算例としては、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムにて想定している「WPT 屋内設環境」内であり、実際の電波防護指針への指針値を満足する距離の策定には、設置環境を考慮した反射係数による算出又は実際の測定等により確定させ、注意喚起の表示、安全柵等の対策を実施する必要がある。

また、人体の近傍（20cm 以内）で使用が想定されるものについては、人体における比吸収率の許容値（表参 3.1.3）に適合する必要がある（ただし、平均電力が 20mW を超えない場合は、適用対象外となる）

表参 3.1.3 局所比吸収率の指針値（100kHz-6GHz）

条件	任意の組織 10g 当りの比吸収率 (W/kg)	
	人体（四肢、両手を除く）	人体四肢（両手を除く）
管理環境	10	20
一般環境	2	4

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こととしている。このため、これを正しく機能させることで安全対策とするが、電波防護指針を超える範囲には一般的な対策と同様に表示や柵等を設ける対策も併せて実施することが望ましい。また、920MHz 帯では電波防護指針値を超える範囲が至近距離となるため、設置位置による対策としている。

人体の近傍における比吸収率については、ユースケース及び電波防護指針への対策より、送信装置より、20cm 以内となる環境での使用は、想定しておらず、必要性はないと想定している。しかし、人体の近傍（20cm 以内）で使用することが想定される際には、比吸収率（総合照射比）を審査する必要がある。

(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 1W 設備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。また、2.4GHz 帯及び 5.7GHz 帯については、管理環境の使用であるが、第 2 ステップなどの一般環境での使用を考慮する際には、評価および対応の必要性についての検討が必要である。

(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を満足できる距離の計算結果を表参 3.2.1 及び表参 3.2.2 に示す。

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、更に電波防護指針を満足できる距離は小さくなる。

表参 3.2.2 より、工場のような「WPT 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 離すことで、人体防護指針を満足できる。これは、送信空中線を床から 2.4m 以上の高さに設置すれば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「WPT 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 2.5~2.8m 以上の高さに設置すればおおむ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、水面等大地面以外の反射を考慮する反射波があり、金属物体等の建造物が存在し強い反射を生じさせる環境においても WPT 一般環境にて 2.8m 以上、WPT 管理環境にて 2.4m 以上とすることで、おおむね人体防護指針の値を満足することが可能である。

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]
管理環境	107.374	0.286	3.067
一般環境	48.075	0.128	0.613

表参 3.2.2 電波防護指針を満足できる距離 (920MHz 帯)

周波数 F=920MHz	K=1	K=2.56	K=4	電波の強度に 6dB を加算	
				K=2.56	K=4
管理環境	0.102m	0.163m	0.203m	0.325m	0.407m
一般環境	0.227m	0.364m	0.456m	0.727m	0.912m

(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 1W 設備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を満足できる距離の計算結果を表参 3.3.1 及び表参 3.3.2 に示す。

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 等）から、更に電波防護指針を満足できる距離は小さくなる。

表参 3.3.2 より、工場のような「WPT 管理環境」においては、送信空中線と人体との距離を 7.9m 離すことで、人体防護指針を満足できる。これは、送信空中線を共用検討モデルと同様に 4.5m 以上の高さに設置した場合、水面等大地面以外の反射を考慮する反射波があり、金属物体等の建造物が存在し強い反射を生じさせる環境においても空間においても空中線周囲約 6.4m の範囲に対策することでおおむね人体防護指針を満足することを示している。

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こととした。

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]
管理環境	137.00	0.365	5
一般環境	61.40	0.163	1

表参 3.3.2 電波防護指針を満足できる距離（2.4GHz 帯）

周波数 F=2400MHz	K=1	K=2.56	K=4	電波の強度に 6dB を加算	
				K=2.56	K=4
管理環境	2.45m	3.92m	4.90m	7.82m	9.80m
一般環境	5.48m	8.76m	10.95m	17.49m	21.90m

(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を満足できる距離の計算結果を表参 3.4.1 及び表参 3.4.2 に示す。

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 等) となり、更に電波防護指針を満足できる距離は小さくなる。

表参 3.4.2 より、工場のような「WPT 管理環境」においては、送信空中線と人体との距離を最大 12.8m 離すことで、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 5.0m 以上の高さに設置すれば、水面等大地面以外の反射を考慮する反射波があり、金属物体等の建造物が存在し強い反射を生じさせる環境においても空中線周囲約 13m の範囲に対策することで、おおむね人体防護指針を満足することを示している。

また、5.7GHz 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こととした。

表参 3.4.1 電磁界強度 (6 分間平均) の指針値 (5.7GHz 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]
管理環境	137.00	0.365	5
一般環境	61.40	0.163	1

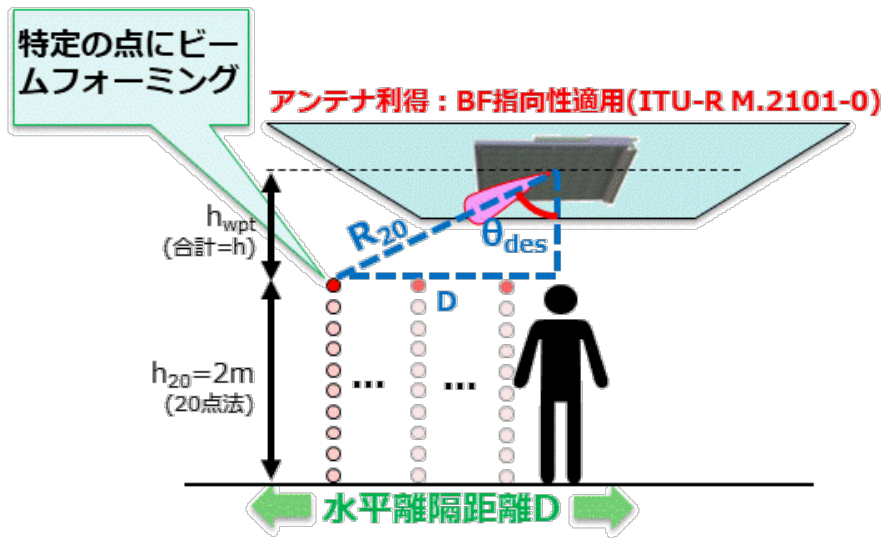
表参 3.4.2 電波防護指針を満足できる距離 (5.7GHz 帯)

周波数 F=5700MHz	K=1	K=2.56	K=4	電波の強度に 6dB を加算	
				K=2.56	K=4
管理環境	4.00m	6.40m	8.00m	12.80m	16.00m
一般環境	9.00m	14.30m	17.80m	28.50m	35.70m

(5) 20点法による算出

2.4GHz帯及び5.7GHz帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムでは、多素子アレー合成したビーム指向性を用いたビームフォーミングアンテナを使用することを想定している。このビームフォーミングアンテナは、狭いビーム幅となる高い空中線利得の指向性が成形できることから20点法による電力束密度の空間平均値での算出について検討した。

前項の電技防護指針の基本計算式にて満足できる距離よりも短い距離とすることが可能となる。20点法による空間的平均値の算出モデル概要を図参3.5.1、20点法における電波防護指針を満足できる距離の計算結果例を表参3.5.1及び表参3.5.2に示す。



図参 3.5.1 20点法による評価モデル

20点法による空間的平均値の算出にあたっては、送信装置との距離が最小となる最長点(2m)に対して最大空中線利得方向を向けた場合の20点の平均値と各点に最大空中線利得方向を向けた場合の20点での平均値について比較した。

その結果、20点に対して最大空中線利得を向けた場合が最大となる。これは、最長点に対して向けた場合は距離による自由空間損失と角度による指向性減衰量により差が生じる為であり、この結果は基本算出式にて算出した距離より近い距離にて満足できる結果となった。

表参 3.5.1 20点法を用いた電波防護指針を満足できる距離 (2.4GHz帯)

周波数 F=2400MHz	K=1	K=2.56	K=4	電波の強度に6dBを加算	
				K=2.56	K=4
管理環境	0m	1.3m	2.2m	4.0m	4.9m
一般環境	2.6m	4.4m	5.4m	7.9m	9.4m

表参 3.5.2 20点法を用いた電波防護指針を満足できる距離 (5.7GHz帯)

周波数 F=5700MHz	K=1	K=2.56	K=4	電波の強度に6dBを加算	
				K=2.56	K=4
管理環境	1.5m	2.7m	3.4m	5.2m	6.2m
一般環境	3.8m	5.7m	6.8m	9.8m	11.7m

参考資料 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 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こととした。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差異を表参 4. 1. 1 に示す。

表参 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	マラソントイメ計測、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			← (受信電力は同等レベル)	← (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	管理環境	一般環境	一般環境	←
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	可能	可能	不可能	可能	←
人がいる時の送電	有り	有り	有り	←	←
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)	← (介護施設等のWPT一般環境と同一)	←
送電変調方式	規定しない (NON, G1Dなど)			←	←
占有帯域幅	200kHz			200kHz	←
帯域外領域におけるスプリアス発射強度の上限値	710MHz 以下 -36dBm(100kHz) 710MHz を超え900MHz 以下 -58dBm(1MHz) 900MHz を超え915MHz 以下 -58dBm(100kHz) 915MHz を超え915.7MHz 以下及び 915.7MHz を超え923.5MHz 以下 923.5MHz を超え930MHz 以下 -39dBm(100kHz) 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。) -29dBm(100kHz) 930MHz を超え1000MHz 以下 -58dBm(100kHz) 1000MHz を超え1215MHz 以下 -48dBm(1MHz) 1.215GHz を超えるもの -30dBm(1MHz)			←	←
スプリアス領域 (fc+2.5Bn)における	-29dBm/100kHz			←	←
受電側からの送信信号	あり (ボックスキャット通信・BLEなど)			あり (ボックスキャット通信)	←
受電側からのビーコン信号	なし			←	←
キャリアセンス方式	なし			登録局のみあり	←
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」、「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)、「920MHz 帯小電力無線システムの高度化に係る技術的条件」(平成 29 年 3 月 31 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。

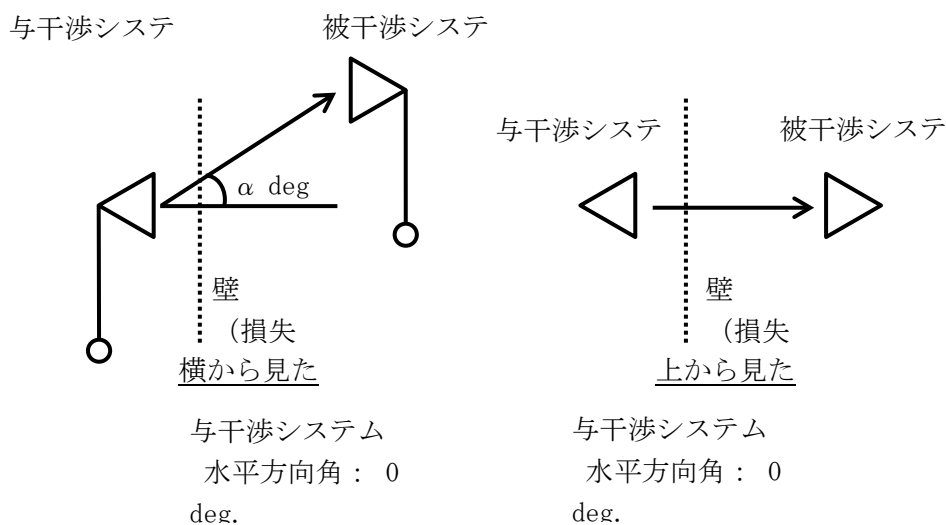
表参 4.1.2 920MHz 帯の検討対象となる干渉システム
(920MHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム ⇒ 被干渉システム)

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・郊外)	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、設置条件として、壁損失 10dB として実施した。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、空中線高低差を考慮できる基地局との検討では、自由空間伝搬損失に垂直面指向性減衰量を加えた損失にて、所要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 システムの共用について検討を行ない、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。

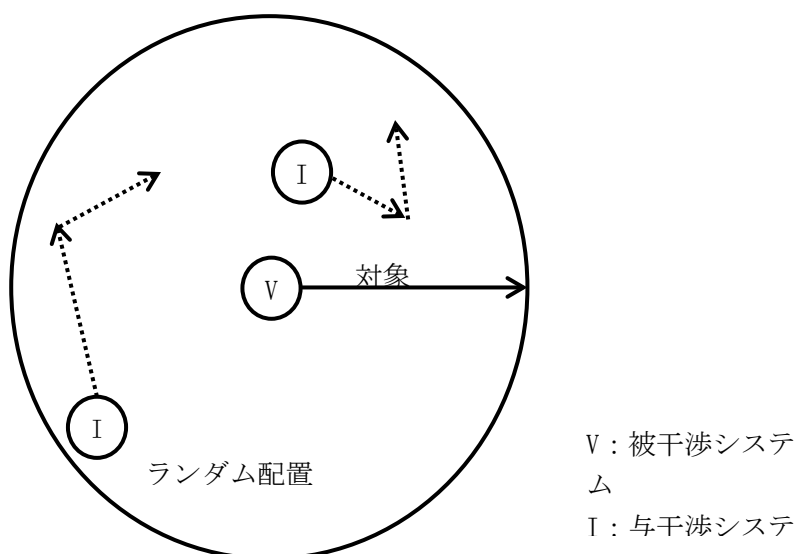


図参 4.2.1 1 対 1 対向の干渉検討モデル

1対1対向モデルにて共用の判断ができない場合は、被干渉システムの特徴を考慮し、確率的な調査の適用を可能と判断した被干渉システムについては、モンテカルロシミュレーショ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は、移動局間の干渉又は与干渉、被干渉の何れかの局が移動す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システム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る。

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対向モデルによる干渉計算結果を表参4.2.1に示す。

表参4.2.1 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		壁損失
		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。壁損失がある場合のみ干渉計算を行ない、壁損失がない場合は割愛している。

表参4.2.1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。給電線損失や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、屋内

構造物による伝搬損失等で数十 dB 程度の損失を見込むことができる。しかし、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干渉確率検討を実施した。

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て共用する可能性がある。そのため、壁損失がある場合とない場合の 2 通りについて実施した。

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、壁損失の考慮可能な場合、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、共用可能である。

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、給電線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等で数十 dB 程度の損失を見込むことが可能である。しかし、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干渉確率検討を実施した。

また、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は、同様に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干渉確率検討を実施した。

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、壁損失を考慮しており、空中線地上高が高く、垂直面指向性減衰量も考慮している。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、老人介護施設等を想定しており、表 4.2.2 に 2020 年から 2025 年までの普及予測を示す。

表参 4.2.2 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等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 4.2.3 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、老人介護施設等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（所要離隔距離）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 4.2.3 に示す 0.88 台となった。

表参 4.2.3 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 送信局の設置台数 (2025 年)	43,323	台	表参 4.2.1 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	$A \times B \div C$
E 1 台当たりの送信時間率	0.79		送信時間率 $0.9 \times$ 稼働率 0.875
F 平均送信台数	3.10	台/km ²	$D \times E$
G 干渉円内の送信局数	0.88	台	$F \times 0.3^2 \times n$ m 干渉圏は半径 300m
H 干渉円内の送信局数 (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干渉検討結果

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 として、表参 4.2.1 の所要改善量がプラス(+)となったものについて、表参 4.2.3、参考資料 1 表参 1.1.4 及び表参 1.1.6 を計算パラメータとして、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%における空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムと高度 MCA システムとの距離が 10m の時に改善量を 0dB とする所要改善量として算出した。

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 4.2.4 に示す。表参 4.2.4 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ことも想定され、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの送信装置と高度 MCA 移動局 (端末) の近接による干渉を考慮して、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、設置者、運用者、免許人等に対して、本システムの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空中線が対向するよう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 4.2.4 SEAMCAT による干渉確率計算結果 (所要改善量)

	壁損失	移動局		制御局 (基地局)	
		車載	携帯	都市部	郊外
対域内干渉	あり	-0.1 dB	-2.1 dB	-25.2dB	-18.7dB
	なし	--- ※2	-16.5 dB		
帯域外感度抑圧	あり	-13.3 dB	-15.3 dB	-13.4dB	-6.3dB
	なし	--- ※2	-5.3 dB ※3		

※1: 太字はモンテカルロシミュレーションにより算出。その他は、表参 4.3.1 による 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: 同一室内の移動局 (携帯) 干渉に関しては、注意喚起を明示する。

(3) 携帯電話システム

携帯電話システムとの共用検討は、RFID システムパッシブ系電子タグシステム 1W 設備による携帯電話システムとの共用検討と同等であり、過去の報告書(諮問第 2009 号「小電力の無線システムの高度化に必要な技術的条件」のうち「920MHz 帯小電力無線システムの高度化に係る技術的条件」について一部答申(平成 29 年 3 月 31 日))からの検討結果の抜粋を記載する。

(ア)1 対 1 対向モデルにおける所要改善量の算出

1 対 1 対向モデルにおける所要結合量を表参 4.3.1 及び表参 4.3.2 に示す。また、表参 4.3.1 及び表参 4.4.2 にて、被干渉システムの所要結合損が最大となる与干渉システムについて、空中線指向性及び自由空間損失を考慮した場合の干渉所要改善量の算出結果を表参 4.3.3 及び表参 4.3.4 に示す。

表参 4.3.1 920MHz 帯電子タグシステム等から携帯電話システム(LTE)上りへの干渉 所要結合量

			与干渉 RFID			アクティブ
			パッシブタグシステム (リーダ/ライタ)			タグシステム
被干渉 LTE 上り	基地局	帯域内干渉 [dB]	高出力 (1W)	特小 (250mw)	特小 (10mw)	250mW
				帯域外干渉 [dB]	86.0	86.0
	小電力レピータ	帯域内干渉 [dB]	88.0	79.0	65.0	79.0
		帯域外干渉 [dB]	76.9	76.9	76.9	76.9
	陸上移動中継局 (屋外エリア用)	帯域内干渉 [dB]	80.0	71.0	57.0	71.0
		帯域外干渉 [dB]	79.9	79.9	79.9	79.9
	陸上移動中継局 (屋内エリア用 一体型)	帯域内干渉 [dB]	83.0	74.0	60.0	74.0
		帯域外干渉 [dB]	76.9	76.9	76.9	76.9
	陸上移動中継局 (屋内エリア用 分離型)	帯域内干渉 [dB]	80.0	71.0	57.0	71.0
		帯域外干渉 [dB]	66.9	66.9	66.9	66.9
		帯域外干渉 [dB]	70.0	61.0	47.0	61.0

表参 4.3.2 920MHz 帯電子タグシステム等から携帯電話システム(LTE)上りへの干渉 所要改善量

			所要結合損	水平離隔距離	水平離隔距離	所要改善量
			dB	m	での結合損	dB
被干渉 LTE 上り	基地局	帯域内干渉	86.0	274	82.0	4.0
		帯域外干渉	88.0	274	82.0	6.0
	小電力レピータ	帯域内干渉	76.9	0.7	34.9	42.0
		帯域外干渉	80.0	0.7	34.9	45.1
	陸上移動中継局 (屋外エリア用)	帯域内干渉	79.9	33	67.4	12.5
		帯域外干渉	83.0	33	67.4	15.6
	陸上移動中継局 (屋内エリア用 一体型)	帯域内干渉	76.9	0.7	34.9	42.0
		帯域外干渉	80.0	0.7	34.9	45.1
	陸上移動中継局 (屋内エリア用 分離型)	帯域内干渉	66.9	2.2	44.4	22.5
		帯域外干渉	70.0	2.2	44.4	25.6

表参 4.3.3 920MHz 帯電子タグシステム等から携帯電話システム(LTE)下りへの干渉 所要結合量 (指向性考慮)

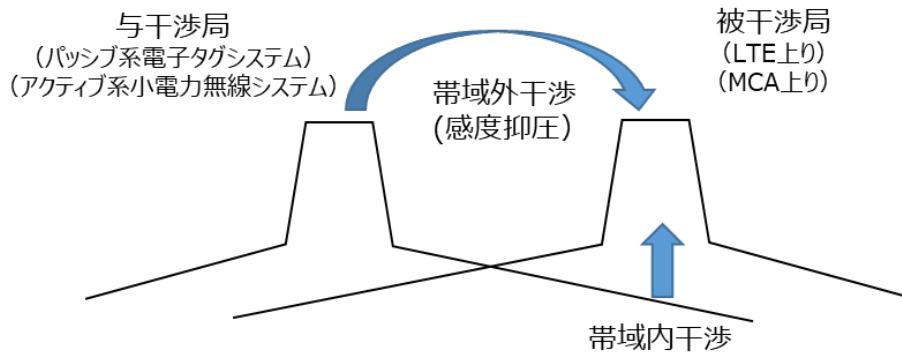
			与干渉 RFID			アクティブ
			パッシブタグシステム (リーダ/ライタ)			タグシステム
被干渉 LTE 下り	移動局	帯域内干渉 [dB]	高出力 (1W)	特小 (250mw)	特小 (10mw)	250mW
				帯域外干渉 [dB]	57.8	57.8
	小電力レピータ (基地局対向器・一体型)	帯域内干渉 [dB]	72.0	63.0	49.0	63.0
		帯域外干渉 [dB]	74.9	74.9	74.9	77.9
	小電力レピータ (基地局対向器・分離型)	帯域内干渉 [dB]	89.0	80.0	66.0	80.0
		帯域外干渉 [dB]	62.9	62.9	62.9	65.9
	陸上移動中継局 (基地局対向器・屋外エリア用)	帯域内干渉 [dB]	77.0	68.0	54.0	68.0
		帯域外干渉 [dB]	70.9	70.9	70.9	73.9
	陸上移動中継局 (基地局対向器・屋内エリア用・一体型)	帯域内干渉 [dB]	85.0	76.0	62.0	76.0
		帯域外干渉 [dB]	72.9	72.9	72.9	75.9
	陸上移動中継局 (基地局対向器・屋内エリア用・分離型)	帯域内干渉 [dB]	87.0	78.0	64.0	78.0
		帯域外干渉 [dB]	62.9	62.9	62.9	65.9
		帯域外干渉 [dB]	77.0	68.0	54.0	68.0

表参 4.3.4 920MHz 帯電子タグシステム等から携帯電話システム(LTE)下りへの干渉 所要改善量 (指向性考慮)

			所要結合損	水平離隔距離	水平離隔距離での結合損	所要改善量
			dB	m	dB	dB
被干渉 LTE 下り	移動局	帯域内干渉	60.8	5	45.9	14.9
		帯域外干渉	72.0	5	45.9	26.1
	小電力レピータ (基地局対向器・一体型)	帯域内干渉	77.9	1.1	37.8	40.1
		帯域外干渉	89.0	1.1	37.8	51.2
	小電力レピータ (基地局対向器・分離型)	帯域内干渉	65.9	7.9	54.7	11.2
		帯域外干渉	77.0	7.9	54.7	22.3
	陸上移動中継局 (基地局対向器・屋外エリア用)	帯域内干渉	73.9	64.0	71.3	2.6
		帯域外干渉	85.0	64.0	71.3	13.7
陸上移動中継局 (基地局対向器・屋内エリア用・一体型)	帯域内干渉	75.9	1.5	40.4	35.5	
	帯域外干渉	87.0	1.5	40.4	46.6	
陸上移動中継局 (基地局対向器・屋内エリア用・分離型)	帯域内干渉	65.9	26.0	65.0	0.9	
	帯域外干渉	77.0	26.0	65.0	12.0	

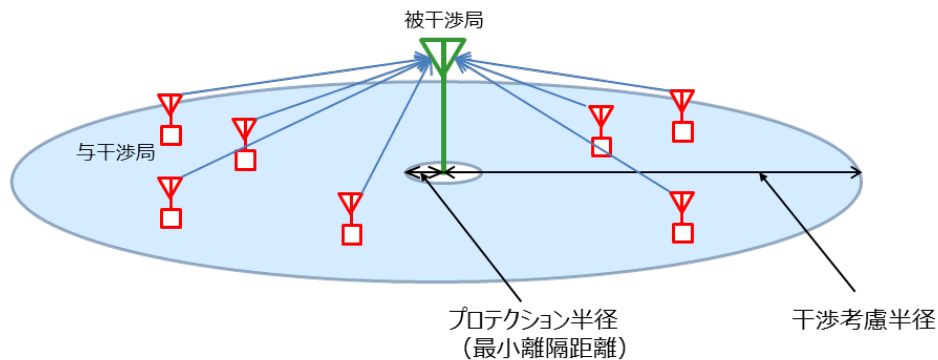
(イ)SEAMCAT を用いた干渉確率の計算

1対1対向モデルにおいては、いずれの干渉パターンも所要干渉改善量がプラスとなるため、SEAMCAT を用いた干渉確率計算を実施し、干渉確率を3%以下とするための所要改善量を算出した。干渉の様子を図参 4.3.1 に示す。



図参 4.3.1 干渉の様子

計算手法として、モンテカルロシミュレーションは ECO(European Communication Office) で開発されているモンテカルロ手法に基づく干渉確率計算プログラム SEAMCAT (Spectrum Engineering Advanced Monte Carlo Analysis Tool) を用いた。計算のモデルを図参 4.3.2 に示す。設定条件は表参 4.3.5 及び表参 4.3.6 に示す。



図参 4.3.2 確率干渉計算評価の様子

表参 4.3.5 設定条件

計算ソフトウェア：SEAMCAT5.0.1
試行回数：20,000回
干渉考慮半径：500m
最小離隔距離：5m
干渉確率：3%以下（累積97%値で許容干渉レベル以下）
伝搬モデル：自由空間モデルまたは拡張秦モデル

表参 4.3.6 確率干渉計算条件 同時送信台数

パッシブ系 電子タグシステム	1W	4.464 台/km ²	➡	4 台/半径500m
	250mW	0.902 台/km ²		1 台/半径500m

920MHz 帯 RFID システムから携帯電話システム（LTE）上りへの確率干渉計算を行った。共用検討の評価についてはそれぞれ電力種別毎の無線局が同時存在したものとしてパッシブ系電子タグシステム単位で確率計算した結果で行った。なお参考までに、最大同時送信台数は電力種別毎に算出したため、個別に確率計算した結果も併せて記載した。

パッシブ系電子タグシステムから携帯電話システム（LTE）上りへの影響の様子を図参 4.3.3 図参 4.3.3 に、確率干渉計算結果を

表参 4.3.7 に示す。表内の数値は干渉確率 3%における所要改善量 (dB) を示す。表の 1 行目から 3 行目が平成 23 年委員会報告値に基づいて今回新たな条件で確率干渉計算を実施した結果を、黄色で示している 4 行目から 6 行目までが、今回検討した値に基づいて確率干渉計算を実施した値である。また、1 行目と 4 行目がパッシブ系電子タグシステムをそれぞれシステム単位で確率計算を行った計算結果となり、それ以外の電力種別毎の計算結果は参考値である。



図参 4.3.3 パッシブ系電子タグシステムから携帯電話システム (LTE) 上りへの影響

表参 4.3.7 パッシブ系電子タグシステムから携帯電話システム (LTE) 上りへの確率干渉計算結果

与干渉機器 ※半径500m内の同時送信台数	被干渉機器											
	基地局				小電力レピータ (移動局対向器)		陸上移動中継局 (移動局対向器 屋外型)		陸上移動中継局 (移動局対向器 屋内用一体型)		陸上移動中継局 (移動局対向器 屋内用分離型)	
	自由空間		拡張秦		自由空間		自由空間		自由空間		自由空間	
	帯域内 (dB)	帯域外 (dB)	帯域内 (dB)	帯域外 (dB)	帯域内 (dB)	帯域外 (dB)	帯域内 (dB)	帯域外 (dB)	帯域内 (dB)	帯域外 (dB)	帯域内 (dB)	帯域外 (dB)
パッシブ系電子タグシステム※H23年委員会報告値 1W:10台、250mW:7台	9.53	2.60	-5.78	-11.72	16.51	14.91	9.29	3.40	16.61	15.07	6.40	4.85
パッシブ系電子タグシステム 1W:10台	-12.89	-10.89	-21.04	-19.04	10.53	13.63	-16.77	-13.67	10.52	13.62	0.50	3.60
パッシブ系電子タグシステム 250mW:7台	9.57	2.57	-5.93	-12.93	15.12	9.22	9.24	3.34	15.30	9.40	5.42	-0.48
パッシブ系電子タグシステム 1W:4台、250mW:1台	4.43	-2.46	-16.82	-19.31	9.48	9.96	1.17	-4.66	9.56	10.06	-0.36	-0.09
パッシブ系電子タグシステム 1W:4台	-16.11	-14.11	-27.36	-25.36	6.20	9.30	-20.22	-17.12	6.34	9.44	-3.50	-0.40
パッシブ系電子タグシステム 250mW:1台	4.36	-2.64	-18.63	-25.63	6.68	0.78	1.16	-4.74	6.60	0.70	-3.71	-9.61

パッシブ系電子タグシステムから LTE 基地局への干渉は、伝搬モデルを自由空間にて計算した場合は所要改善量がプラスとなるケースがあるが、より実環境に近い伝搬特性となる拡張秦式で計算した場合は、所要改善量がマイナスとなることから共用可能である。

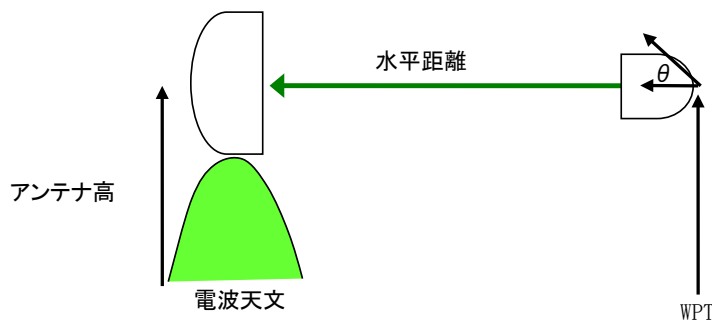
パッシブ系電子タグシステムから小電力レピータ及び陸上移動中継局への干渉は、所要改善量がプラスとなるケースがあるが、パッシブ系電子タグシステムの製造マージンが数 dB、与干渉屋内⇒被干渉屋外及び与干渉屋外⇒被干渉屋内の位置関係になる場合においては壁損失 (10dB 程度) が見込まれる。また小電力レピータ及び陸上移動中継局への干渉は設置高・考慮半径等の設定条件を SEAMCAT に実装されている伝搬式で適用可能な範囲で実施しているが、実運用においては遮蔽損、透過損等のその他減衰も見込まれる。

これらにより所要改善量の改善が見込まれる事及び実運用に当たってはパッシブ系電子タグシステムと携帯電話システム (LTE) の小電力レピータ及び陸上移動中継局のアンテナ設置場所及び設置条件 (高さ、向き、離隔距離等) を調整する事により、共用可能である。

(4) 電波天文

(ア) 共用モデル

電波天文との共用検討を図参 4.4.1 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 反射鏡 (観測周波数 1,413.5MHz) を検討対象とした。また、電波天文に対する影響を及ぼさない所要離隔距離は、観測周波数 1,413.5MHz 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、壁損失は、10dB として実施した。



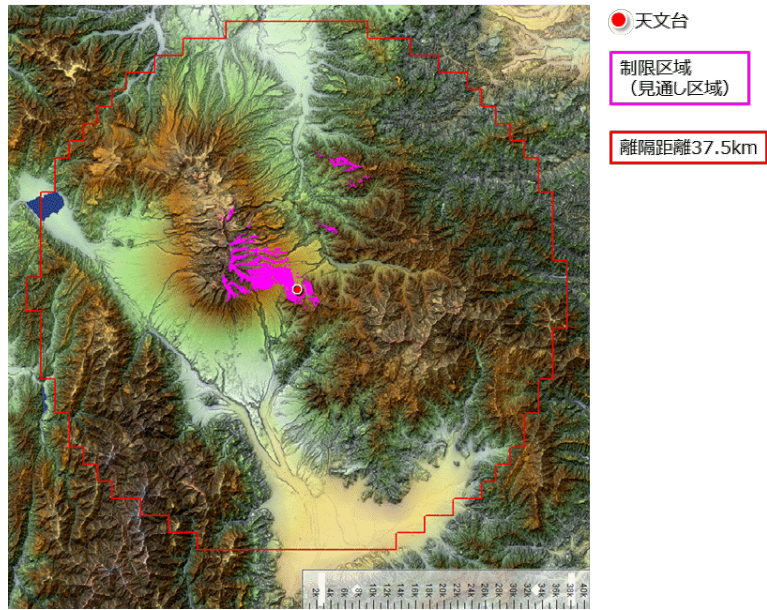
図参 4.4.1 電波天文の共用検討モデル

(イ) 共用検討結果

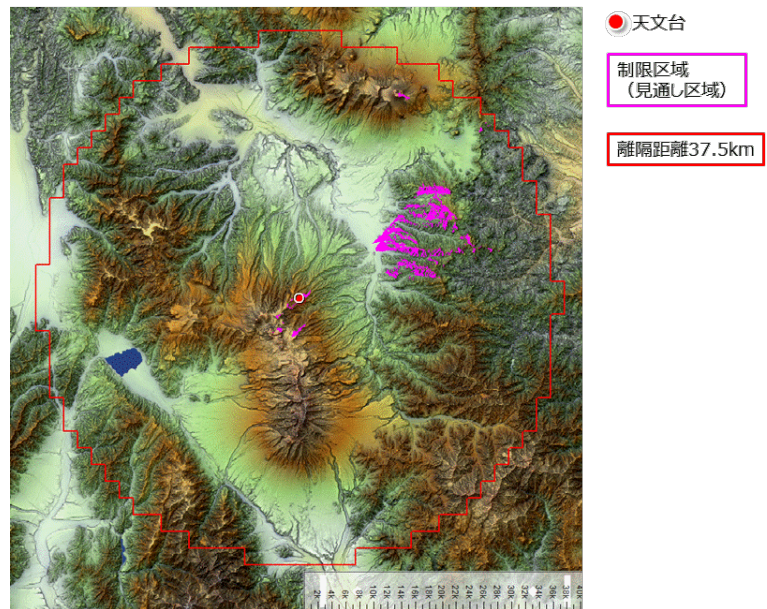
共用検討結果を表参 4. 4. 1 に示す。920MHz 帯システムの不要発射強度が、電波天文の干渉閾値換算値を下回るための所要減衰量は 126. 9dB となり、所要離隔距離は 37. 5km である。そのため、検討モデルで採用した空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの設置条件（壁損失:10dB）を確保した条件にて、観測所の設置位置から 37. 5km の天文台から見通しとなる範囲では、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム設置を制限する区域とすることで電波天文との共用は可能となる。

表参 4. 4. 1 電波天文との共用検討結果

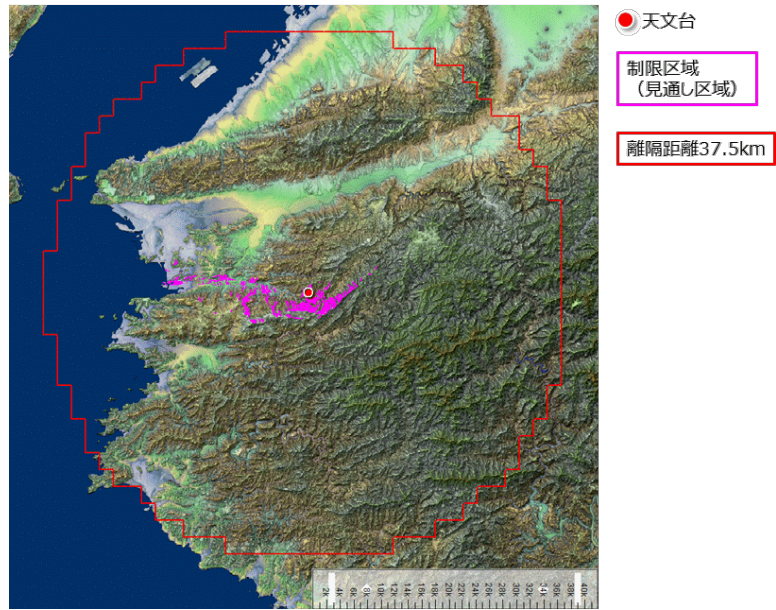
	項目	単位	野辺山・宇宙	備考
送信パラメータ	(1) 送信空中線電力	dBm	-60. 5	実測値
	(2) 占有周波数帯域幅	MHz	1. 0	
	(3) 送信空中線利得	dBi	0. 0	
	(4) 指向性減衰量	dB	-10. 0	壁損失、仰角 2 度
	(5) 帯域内発射電力	dBm	-70. 5	(1)+(3)+(4)
	(6) 帯域内発射電力密度	dBm/MHz	-70. 5	(5)-10Log[(2)]
受信パラメータ	(7) 受信空中線利得	dBi	0. 0	
	(8) 指向性減衰量	dB	0. 0	
	(9) 電力スペクトルフラックス密度	dB(W/(m ² ・Hz))	-255. 0	Rec. ITU-R RA. 769-2
	(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) 大気減衰量	dB	0. 0	
	(17) ナイフエッジ回折損失	dB	0. 0	
	(18) 伝搬損失の合計	dB	126. 9	(12)+(16)
	所要離隔距離 c	m	37, 500	
残差		dB	0	(11)-(18)



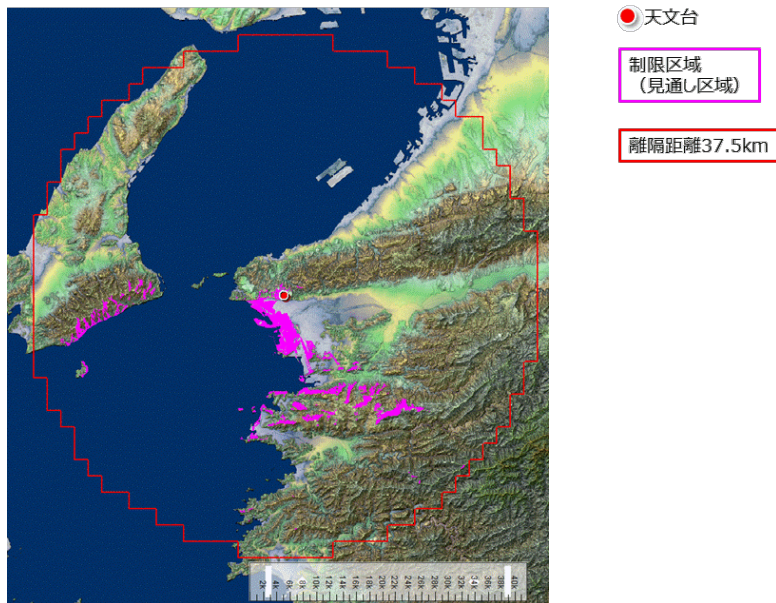
図参 4. 4. 2 野辺山・宇宙観測所における空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの制限区域



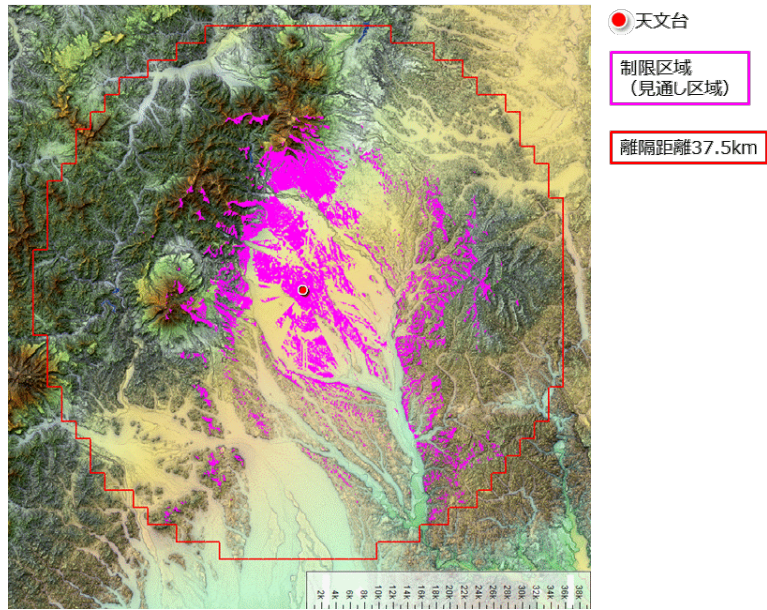
図参 4. 4. 3 白田観測所における空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの制限区域



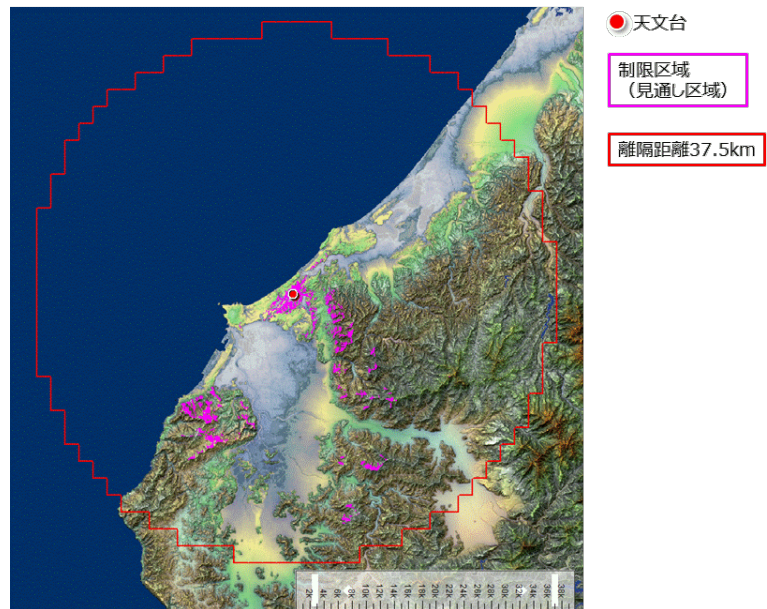
図参 4. 4. 4 みさと天文台観測所における空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの制限区域



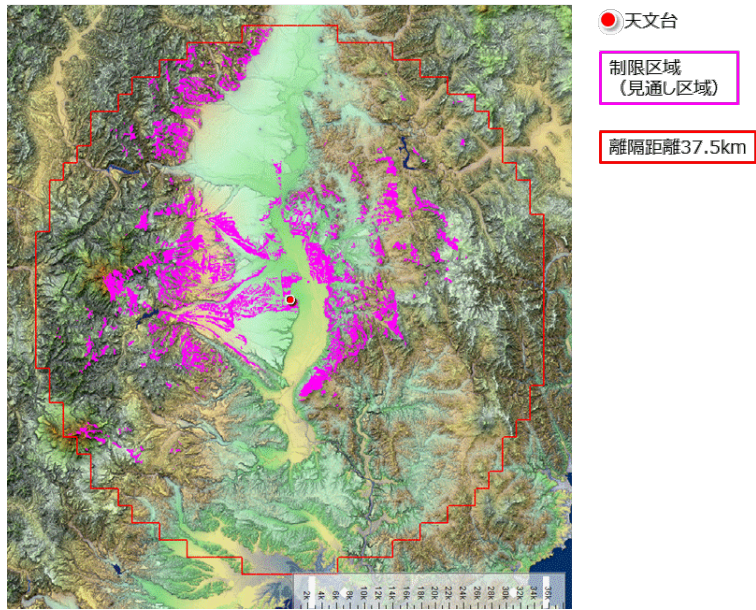
図参 4. 4. 5 和歌山大学観測所における空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの制限区域



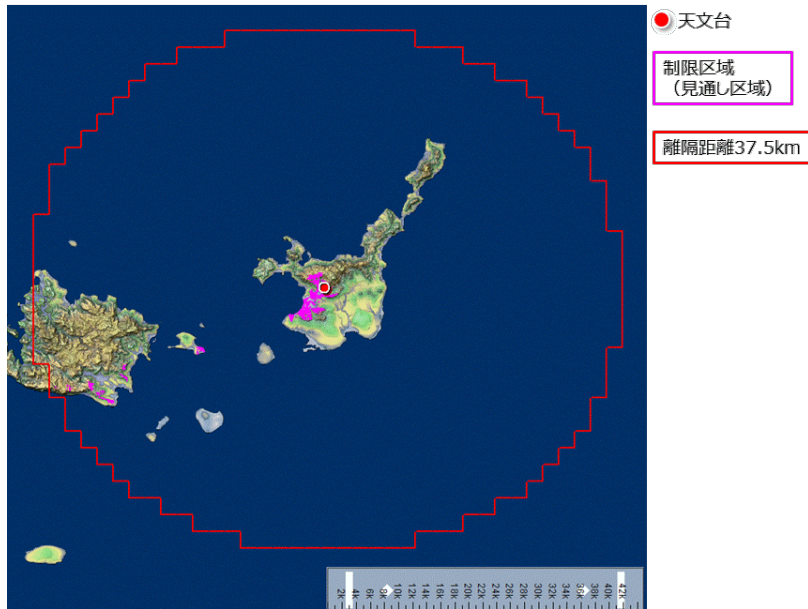
図参 4. 4. 6 那須パルサー観測所における空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの制限区域



図参 4. 4. 7 あらわ観測所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



図参 4. 4. 8 水沢観測所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



図参 4. 4. 9 石垣島観測所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

参考資料 5 : 2.4GHz 帯における共用検討について

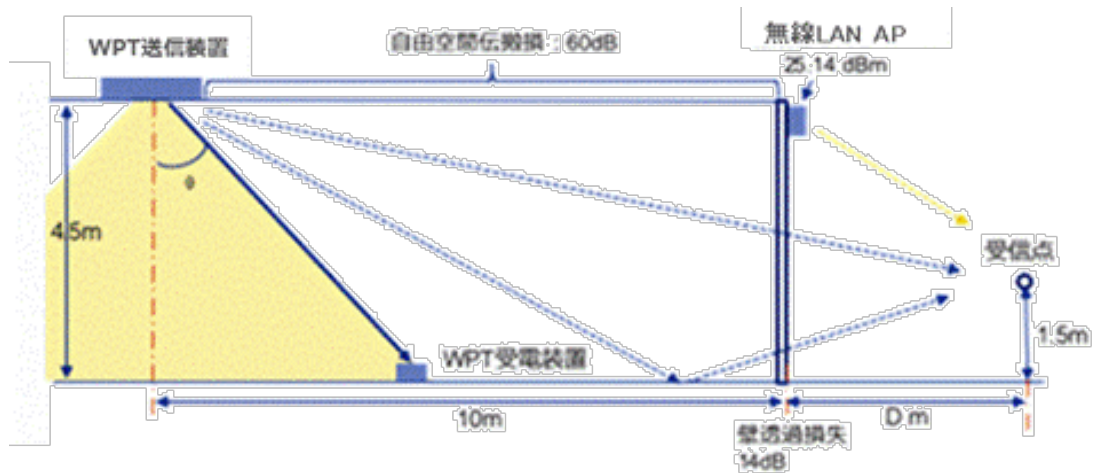
(1) 2.4GHz 帯無線 LAN システム

(ア) 共用検討モデル

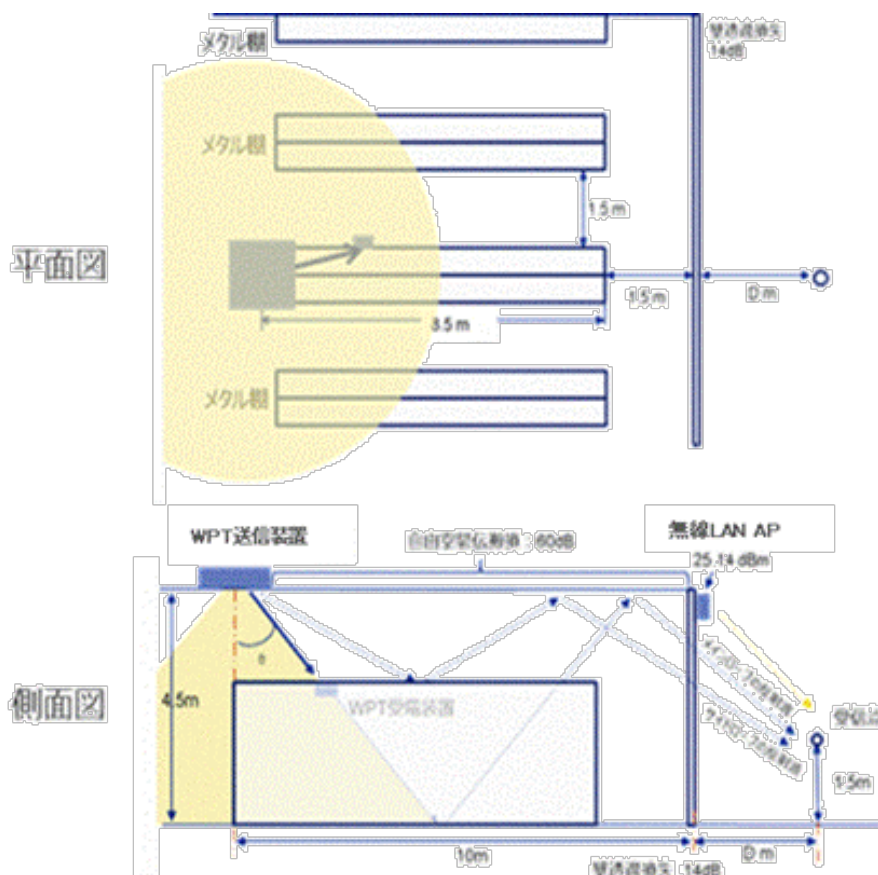
2.4GHz 帯無線 LAN システムについてキャリアセンスによる共用を検討した。WPT 屋内設置環境内の空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム送信装置からの WPT 管理環境外に設置された無線 LAN システムへの影響を検討するため、図参 5.1.1 (設置物が存在しないモデル) 及び図参 5.1.2 (設置物が存在するモデル) による WPT 屋内設置環境外における電波強度の検討を実施した。また、両モデルにおける検討方法は、レイトレーシング法により、反射 4 回、透過 1 回、床や天井は壁と同じコンクリート素材、設置物は金属製の棚と想定して、WPT 屋内設置環境外への信号強度と WPT 屋内設置環境の外壁に設置した無線 LAN AP の信号強度との比較検討を実施した。

図参 5.1.3 の検討モデルにおいて、表参 5.1.1 に示すパラメータにより WPT 管理環境外に設置された無線 LAN システムのスループット低下が、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干渉と無線 LAN システム同士の干渉と比較して、同等以下となるキャリアセンスの設定を評価した。また、無線 LAN AP の半径 5m 内に無線 LAN 子機を 10 台配置し、WPT 屋内設置環境に無線 LAN システムを設置した場合と WPT 送信装置を設置した場合のスループットを比較している。

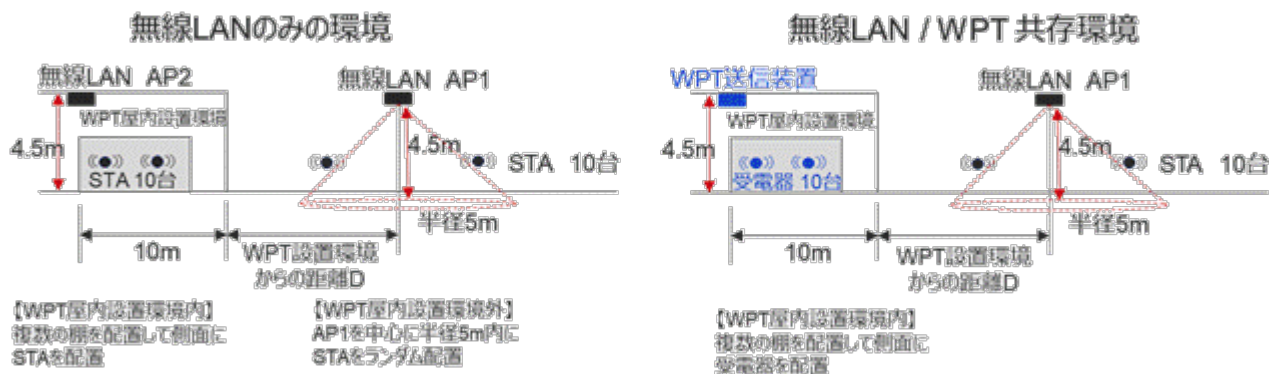
WPT 屋内設置環境に無線 LAN システムが設置された場合において、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの送信装置がキャリアセンスによって無線 LAN 機器を認識することが可能な検知可能距離についても併せて評価を実施した。



図参 5.1.1 共用検討モデル (設置物なし)



図参 5.1.2 共用検討モデル（設置物あり）



図参 5.1.3 無線 LAN システム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 システム）

	無線 LAN システムのみの環境	無線 LAN システム/空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム共用環境
壁から AP1 までの距離	5m～15m (AP2 と壁の間の 10m を除く。)	
無線 LAN システムの子機数	10 台	
チャンネル帯域幅	20MHz	
送信電力	23 dBm (AP)	
	18 dBm (STA)	
空中線利得	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	-92dBm (同一 ch)、-66dBm (隣接 ch)、-50dBm (次隣接 ch)	
トラヒック	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
送信装置から壁までの距離	10m
受電装置数	10 台/送信装置
チャンネル	CH 1 (2,412MHz)
送信電力	41.8 dBm
空中線利得	24 dBi
CCA 閾値	-72 dBm (同一 ch)、-62 dBm (隣接 ch)、-62 dBm (次隣接 ch)
送信時間 (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

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム送信装置の主ビーム方向の角度 θ を 45 度及び 60 度とした際の WPT 屋内設置環境外における受信点での信号強度を表参 5.1.3 に示す。設置物がない場合については、角度 $\theta = 45$ 度の場合、壁からの距離が 1m にて壁の外に設置した無線 LAN AP と同等の信号強度以下となるが、角度 $\theta = 60$ 度の場合には、壁から 1m の距離では、壁の外に設置した無線 LAN システムの信号強度を 2.7dB 上回る結果となった。しかし、実際のユースケースを考慮した WPT 屋内設置環境に棚等の設置物がある場合においては、ビーム方向の角度 $\theta = 60$ 度においても、壁の外に設置した無線 LAN AP の信号強度を下回る結果となった。

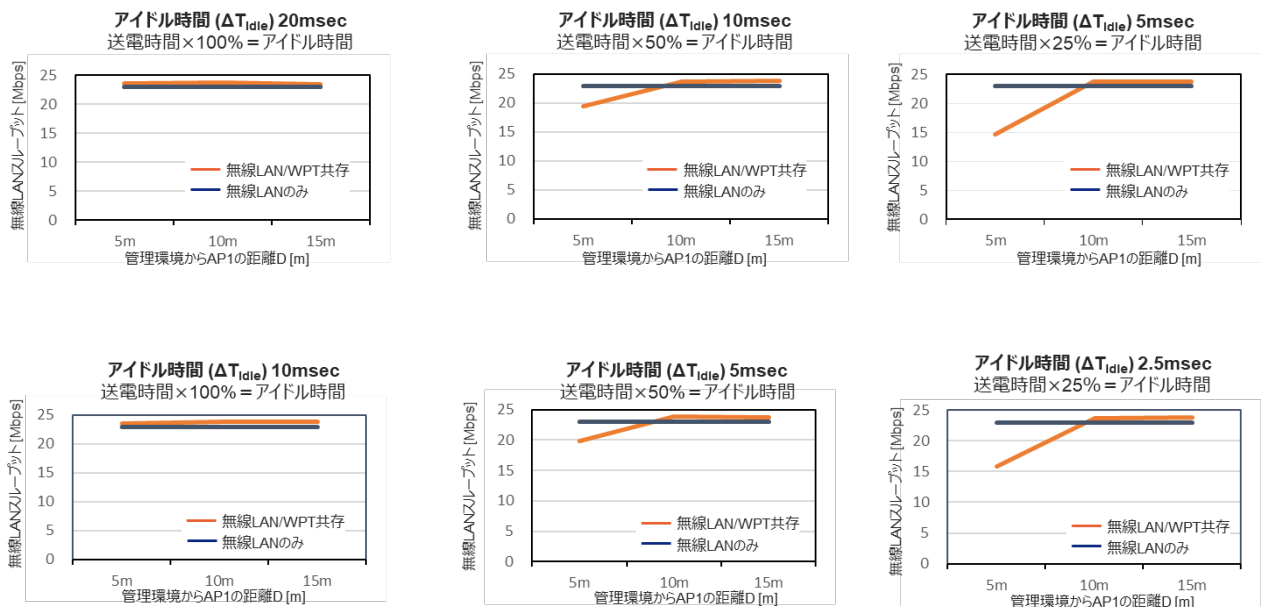
表参 5.1.3 WPT 屋内設置環境外における信号強度検討結果

	受信点の位置 (壁からの距離)			
	1m	10m	100m	1,000m
無線 LAN AP (dBm)	-24.9	-34.9	-54.9	-74.9
$\theta = 45$ 度設置物なし (dBm)	-32.0	-41.0	-59.3	-80.4
$\theta = 60$ 度設置物なし (dBm)	-22.2	-32.7	-52.7	-74.0
$\theta = 45$ 度設置物あり (dBm)	-35.6	-44.3	-64.1	-85.4

$\theta = 60$ 度設置物あり (dBm)	-31.4	-45.0	-61.8	-82.8
----------------------------	-------	-------	-------	-------

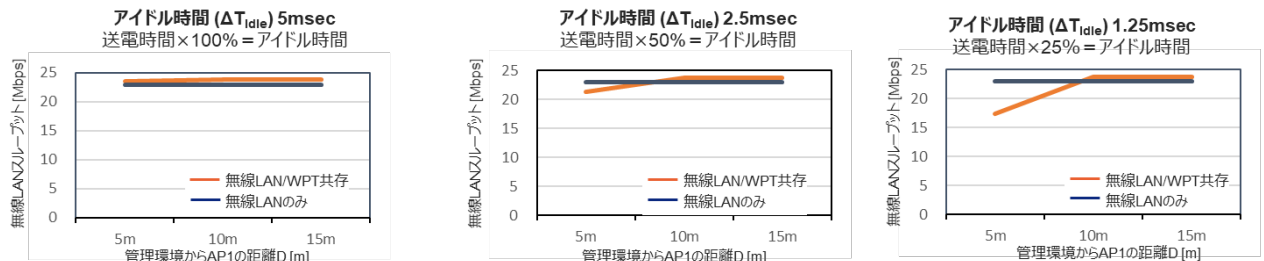
WPT 屋内設置環境外にある無線 LAN システムのスループット低下が、無線 LAN システム同士の干渉によるスループット低下と同等以下になる空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムのキャリアセンスの設定を評価した (図参 5.1.4)。本検討により WPT 管理環境外 10m 以内に無線 LAN AP が存在する場合でも、送信時間にかかわらず、アイドル時間を送信時間と等しくすることにより、スループットの低下は無線 LAN システム同士の低下を下回らない結果を得た。そのため、WPT 屋内設置環境の周辺 10m 以内が同一管理者の管理でない場合でも、アイドル時間と送信時間を等しくすることで、WPT 管理環境外における送信装置からの影響を抑制できる結果となった。これにより、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムと 2.4GHz 帯無線 LAN システムとの共用が可能となる。

送信時間：20msec とした場合



送信時間：10msec とした場合

送信時間：5msec とした場合



図参 5.1.4 同一チャネルでの WPT 管理環境外でのスループット評価

無線 LAN システムが WPT 屋内設置環境に存在する場合のキャリアセンスによる無線 LAN システムの検出可能距離についての検討結果を表参 5.1.4 に示す。この結果より WPT 屋内設置環境において、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム送信装置がキャリアセンスに

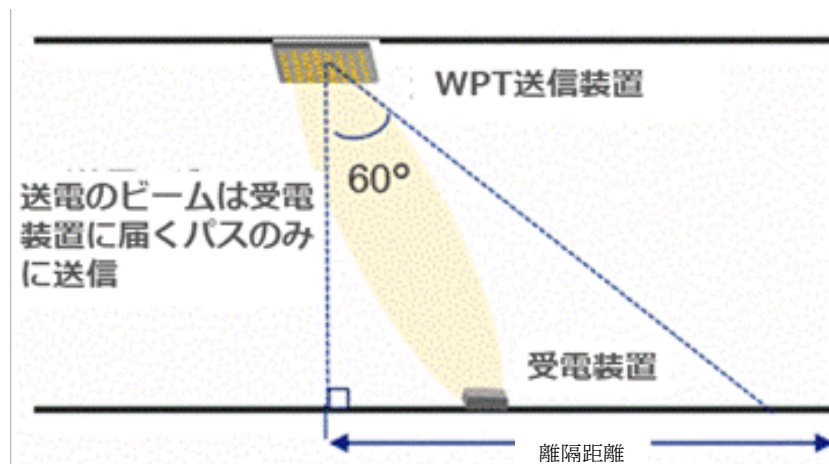
よって同一チャネル、隣接チャネル及び次隣接チャネルの空き状況を判定する場合、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム送信装置の無線 LAN システム検出可能距離は 71m 以内であり、無線 LAN システムを WPT 屋内設置環境で使用する場合には、この範囲内にて設置することで共用可能となる。

表参 5. 1. 4 キャリアセンスによる無線 LAN システム検出可能距離

項目	検討結果	
無線 LAN 周波数	2, 412MHz	
無線 LAN 空中線電力	23. 0dBm	
無線 LAN 空中線利得	2. 14dBi	
CCA 閾値	-62dBm (隣接、次隣接)	-72dBm (同一)
受信空中線利得(最小値)	-10dBi	-10dBi
所要結合量	77. 14dB	87. 14dB
無線 LAN の検出可能距離	71m	223m

(ウ) 共用検討モデル (破壊防止)

WPT 屋内設置環境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、最大入力定格による破壊及び不可逆的な影響について図参 5. 1. 5 に示す共用検討モデルにより干渉計算を実施した。

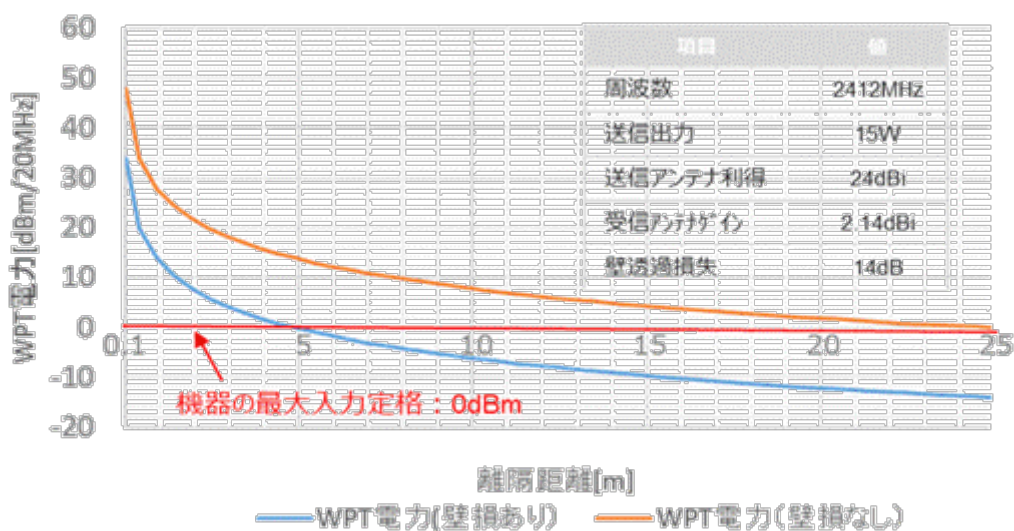


図参 5. 1. 5 無線 LAN システムとの共用検討モデル (破壊防止)

(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 システムへの最大入力定格(このレベルを上回る信号が入力される場合、回路が破壊されるリスクが生じる)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、壁損失を見込むことが可能な設置環境外では所要離隔距離 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、送信装置からこの範囲に設置された場合には最大入力定格を上回る事となる。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の間に無線 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ないため、運用者に対しての注意喚起を行うことで共用可能とした。



図参 5.1.6 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

構内無線局等に対して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のキャリアセンスにより、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した。また、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送信装置からの検出可能距離を検討した。

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

構内無線局等が WPT 屋内設置環境に存在する場合のキャリアセンスによる無線 LAN システムの検出可能距離についての検討結果を表参 5.2.1 及び表参 5.2.2 に示す。この結果より、WPT 屋内設置環境において空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム送信装置がキャリアセンスによって同一チャンネル、隣接チャンネル及び次隣接チャンネルの空き状況を判定する場合、特定小電力無線局の検出可能距離は 15m 以内、構内無線局にて 84.9m 以内であり、WPT 屋内設置環境で共に使用する場合には、この範囲内に設置することで干渉を抑制できる。また、構内無線局等が空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム設置された WPT 屋内設置環境との隣接空間に存在する場合、必要に応じ運用調整の仕組みを利用した調整を行い、影響を抑制する措置を行うことで共用可能とした。

表参 5. 2. 1 キャリアセンスによる特定小電力無線局の検出可能距離

項目	パラメータ値	
特定小電力無線局の周波数	2, 450MHz	
特定小電力無線局の空中線電力	10dBm	
特定小電力無線局の空中線利得	2dBi	
CCA 閾値	-62dBm (隣接、次隣接)	-72dBm (同一)
受信空中線利得(最小値)	-10dBi	-10dBi
所要結合量	64dB	74dB
検出可能距離	15m	49. 5m

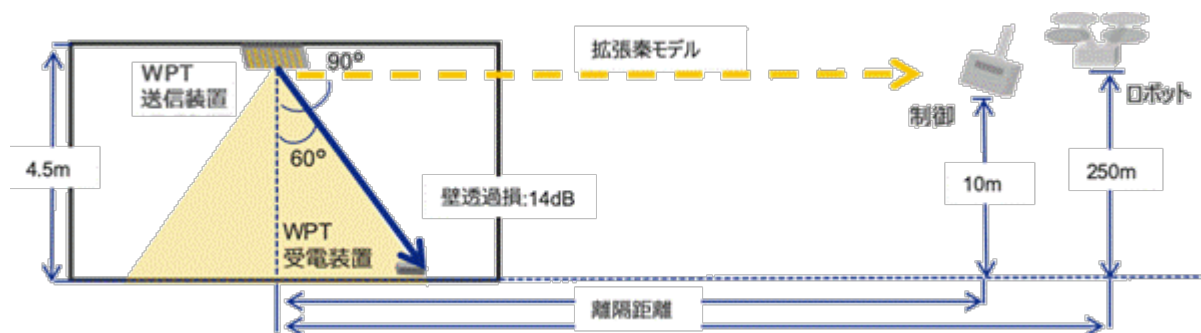
表参 5. 2. 2 キャリアセンスによる構内無線局の検出可能距離

項目	パラメータ値	
構内無線局の周波数	2, 450MHz	
構内無線局の空中線電力	24. 8dBm	
構内無線局の空中線利得	2dBi	
CCA 閾値	-62dBm (隣接、次隣接)	-72dBm (同一)
受信空中線利得(最小値)	-10dBi	-10dBi
所要結合量	78. 8dB	88. 8dB
検出可能距離	84. 9m	272. 3m

(3) 無人移動体高速伝送システム

(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、無人移動体高速伝送システム(ロボット無線システム)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、拡張秦モデル(郊外型)を用い、建物の外への壁損失 14dB を見込んだ。



図参 5. 3. 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

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、ビーム発射角度範囲を 60 度以内とすることで、おおむね屋外にある無線 LAN AP からの信号強度と同等に抑制される。また、同一チャネルを使用した状況に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、現状で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の仕組みを利用した調整を行うことで、すみ分けによる共用が可能となる。

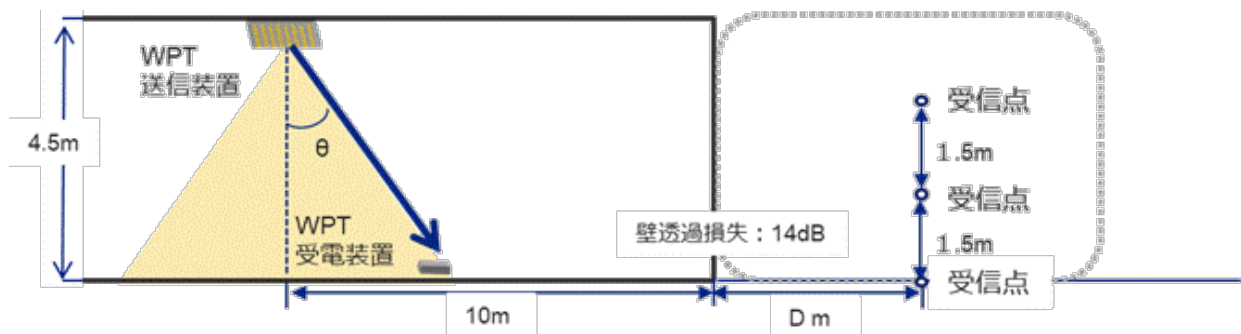
表参 5.3.1 ロボット無線システムへの与干渉検討結果

項目	同一チャンネル	隣接チャンネル	次隣接チャンネル
周波数	2,484 MHz	2,462MHz	2,437MHz
送信空中線放射角度	60度		
不要発射空中線電力	41.8 dBm		
送信空中線利得	-5 dBi		
壁損失	14 dB		
ロボット空中線高	上段：250m（ロボット） 下段：10m（制御）		
許容干渉電力	-98dBm	-72dBm	-56dBm
所要結合量	120.8 dB	94.8 dB	78.8 dB
所要離隔距離 （拡張秦モデル）	3.6 km 0.67 km	460 m 120 m	85m
所要離隔距離 （自由空間損失）	10.5 km	530 m	85m

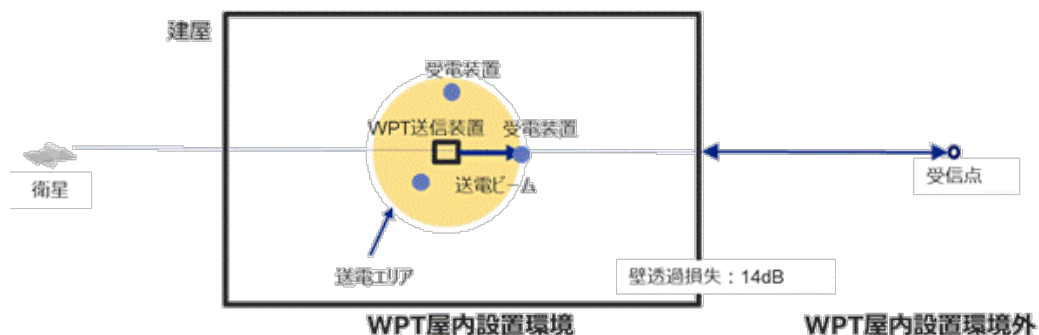
(4) 移動体衛星通信システム（N-STAR）

(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上に送信装置が存在し、さらに同じ直線上の受信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 度) 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結果を表参 5. 4. 1～表参 5. 4. 6 に示す。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、所要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を利用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の仕組みを利用した協議にてサービスへの影響を押しやることとし、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 地点での所要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、壁から最大 22m が所要離隔距離となる。

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 (度)		37.1	45.1	48.2	49.6	50.7	58.5
送信装置	周波数 (MHz)	2,490					
	最大電力 (dBm)	-34.2					
	受信点への角度 (度)	74	73	72	72	72	71
	空中線利得 (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					
	空中線利得 (dBi)	12.6					
	送信装置方向の角度 (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(度)		37.1	45.1	48.2	49.6	50.7	58.5
送信装置	周波数(MHz)	2,490					
	最大電力(dBm)	-34.2					
	受信点への角度(度)	78	77	77	77	76	76
	空中線利得(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					
	空中線利得(dBi)	12.6					
	送信装置方向の角度(度)	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(度)		37.1	45.1	48.2	49.6	50.7	58.5
送信装置	周波数(MHz)	2,490					
	最大電力(dBm)	-34.2					
	受信点への角度(度)	83	83	82	82	82	82
	空中線利得(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					
	空中線利得(dBi)	12.6					
	送信装置方向の角度(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)	-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地点での所要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 の所要離隔距離となる。

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(度)		37.1	45.1	48.2	49.6	50.7	58.5
送信装置	周波数(MHz)	2,490					
	最大電力(dBm)	41.8					
	受信点への角度(度)	74	73	72	72	72	71
	空中線利得(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					
	空中線利得(dBi)	12.6					
	送信装置方向の角度(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)	-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(度)		37.1	45.1	48.2	49.6	50.7	58.5
送信装置	周波数(MHz)	2,490					
	最大電力(dBm)	41.8					
	受信点への角度(度)	78	77	77	77	76	76
	空中線利得(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					
	空中線利得(dBi)	12.6					
	送信装置方向の角度(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

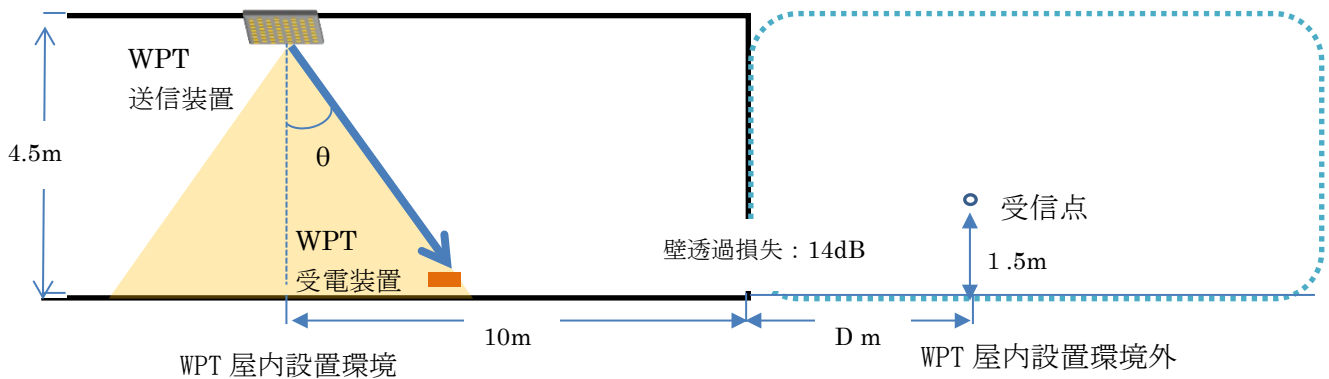
表参 5.4.6 帯域外干渉の共用検討結果 (地上高 3.0m)

パラメータ		稚内	仙台	東京	大阪	福岡	那覇
通信衛星仰角(度)		37.1	45.1	48.2	49.6	50.7	58.5
送信装置	周波数(MHz)	2,490					
	最大電力(dBm)	41.8					
	受信点への角度(度)	83	83	82	82	82	82
	空中線利得(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					
	空中線利得(dBi)	12.6					
	送信装置方向の角度(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
	所要隔離距離(m)	16	15	14	13	13	10

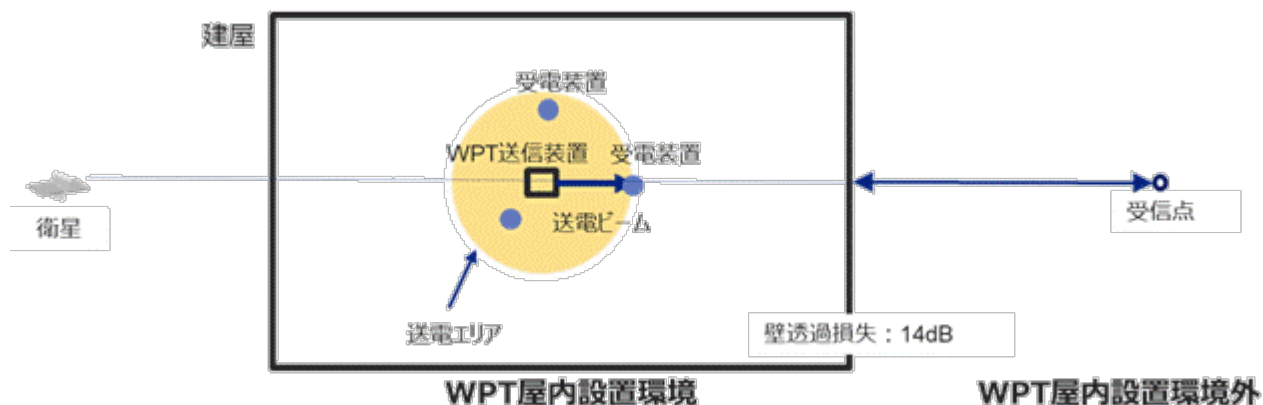
(5) 移動体衛星通信システム (グローバルスター)

(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) 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同一チャネル及び不要発射による干渉検討の結果を表参 5. 5. 1 及び表参 5. 5. 2 に示す。同一チャネルを使用する場合の所要離隔距離は1km弱となり、同一チャネルで利用できない可能性がある。しかし、主なユースケースは携帯電話の不感地域での利用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、影響は限定的として共用可能とした。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ことでサービスへの影響を想定することが可能である。

① 同一チャネル干渉

同一チャ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）への同一チャネル干渉検討結果

項目		パラメータ
移動衛星通信端末空中線高		1. 5m
送信装置	周波数	2484 MHz
	最大電力	41. 8 dBm
	空中線地上高	4. 5m
	空中線利得	-5dBi
	メインビームの角（ θ ）	60 度
伝搬路	壁損失	14 dB
移動衛星通信端末（受信）	周波数	2484. 390 MHz
	空中線利得	0. 51dBi
	許容干渉電力	-119. 4 dBm/MHz
所要結合量	所要結合量	142. 7dB
	所要離隔距離（壁からの距離）	0. 96km

② 不要発射による干渉

隣接チャネル(22MHz 離調)での不要発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。

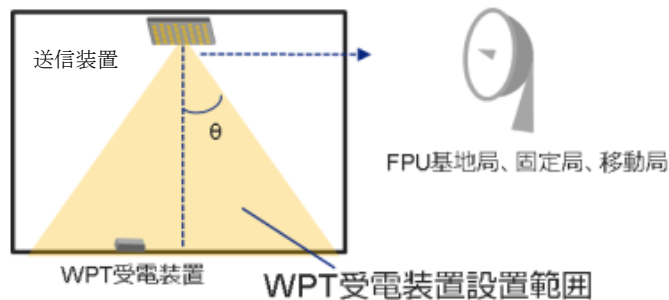
表参 5.5.2 移動体衛星通信システム（グローバルスター）への
不要発射与干渉検討結果

項目		パラメータ
移動衛星通信端末空中線高		1.5m
送信装置	周波数	2462MHz
	最大電力	-34.2 dBm/MHz
	空中線地上高	4.5m
	空中線利得	-5 dBi
伝搬路	壁損失	14 dB
移動衛星通信端末 (受信)	周波数	2484.390 MHz
	空中線利得	0.51dBi
	許容干渉電力	-119.4 dBm/MHz
所要結合量	所要結合量	64.9 dB
	所要離隔距離(壁からの距離)	7m

(6) 放送事業用 FPU 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、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 5.6.2 に示す。放送事業用 FPU システムとの周波数帯域は 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。

2.3GHz 帯 FPU システムの受信点高 10m、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では、最大の所要離隔距離が 9m となり、この所要離隔距離・設置条件を満たせば共用可能となる。また、多くの場合には、WPT 屋内設置環境内に FPU システムが設置された場合の距離と同等になるため、一元的に管理された環境内で使用するケースとなる。

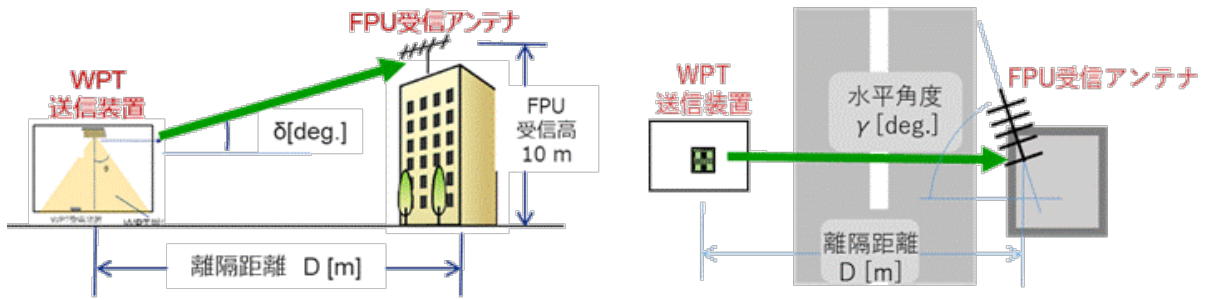
表参 5.6.1 放送事業用 FPU システムとの共用検討結果 (平成 31 年度答申システム)

		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 所要 離隔 距離 計算	周波数[GHz]	2.37	2.37	2.37	2.37
	占有周波数帯幅[MHz]	17.5	17.5	17.5	17.5
	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 空中線利得[dBi]	21.1	18.1	12	5.2
	⑤FPU 許容干渉電力[dBm/BW] (=③-④) (FPU 空中線利得考慮)	-95.5	-107.7	-82	-83.8
	⑥与干渉干渉電力[dBm/MHz]	-34.2	-34.2	-34.2	-34.2
	⑦与干渉干渉電力[dBm/BW] (FPU 帯域換算)	-21.8	-21.8	-21.8	-21.8
	⑧送信空中線利得[dBi]	6	6	6	6
	⑨与干渉電力 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
	所要離隔距離[m] (自由空間損失)	97	397	21	25
所要離隔距離[m] (壁損失 14dB、自由空間損失)	19	79	4	5	
天井設置 所要 離隔 距離 計算	⑩所要改善量[dB]	79.7	91.9	66.2	68
	⑪送信指向性減衰量[dB]	20	20	20	20
	⑫壁損失[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
	所要離隔距離[m] (自由空間損失)	2.0	8.0	0.5	0.6

表参 5.6.2 放送事業用 FPU システムとの共用検討結果（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 所要 離隔 距離 計算	周波数 [GHz]	2.37	2.37	2.37	2.37	2.37	2.37
	占有周波数帯幅 [MHz]	8.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5
	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 空中線利得 [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 空中線利得考慮)	-108.5	-101.5	-105.9	-98.3	-96.3	-102.3
	⑥与干渉電力 [dBm/MHz]	-34.2	-34.2	-34.2	-34.2	-34.2	-34.2
	⑦与干渉電力 [dBm/BW] (FPU 帯域換算)	-24.9	-21.8	-21.8	-21.8	-21.8	-21.8
	⑧送信空中線利得 [dBi]	6	6	6	6	6	6
	⑨与干渉電力 EIRP [dBm/BW] (=⑦+⑧)	-18.9	-15.8	-15.8	-15.8	-15.8	-15.8
	⑩所要改善量 [dB] (=⑨-⑤)	89.6	85.7	90.1	82.5	80.5	86.5
	所要離隔距離 [m] (自由空間損失)	303	194	322	134	107	213
	所要離隔距離 [m] (壁損失 14dB、 自由空間損失)	61	39	64	27	21	42
天井設置 所要 離隔 距離 計算	⑩所要改善量 [dB]	89.6	85.7	90.1	82.5	80.5	86.5
	⑪指向性減衰量 [dB]	20	20	20	20	20	20
	⑫壁損失 [dB]	14	14	14	14	14	14
	⑬残存する所要改善量 [dB] (⑩-⑪-⑫)	55.6	51.7	56.1	48.5	46.5	52.5
	所要離隔距離 [m] (自由空間損失)	6.1	3.9	6.5	2.7	2.2	4.3

FPU システム受信点をビル屋上に設置したユースケース（図参 5.6.2）での所要離隔距離計算例を表参 5.6.3、FPU システムの受信空中線の高さ方向の指向性を考慮した所要離隔距離の計算例を表参 5.6.4 及び FPU システムの受信空中線の水平方向の指向性を考慮した所要離隔距離の計算例を表参 5.6.5 に示す。これらの所要離隔距離・設置条件を満たせば共用可能となる



図参 5.6.2 FPU ユースケースでの検討例(1)

表参 5.6.3 ユースケースによる所要離隔距離計算例(1) (平成 31 年答申システム)

地上高差(垂直方向)と所要離隔距離(壁損失含む)	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仰角 δ [deg]/ 水平方向の所要離隔距離 D [m]	角度 δ	所要離隔距離 D	角度 δ	所要離隔距離 D
	-	-	43.9	5.7

※地上高の差が、表参 5.6.1 の所要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所要離隔距離計算例(1) (現行システム)

地上高差(垂直方向)と所要離隔距離(壁損失含む)	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仰角 δ [deg]/ 水平方向の所要離隔距離 D [m]	角度 δ	所要離隔距離 D	角度 δ	所要離隔距離 D	角度 δ	所要離隔距離 D	角度 δ	所要離隔距離 D	角度 δ	所要離隔距離 D	角度 δ	所要離隔距離 D
	65.1	2.5	-	-	58.5	3.4	-	-	-	-	-	-

※地上高の差により所要離隔距離が不要の場合は” - “としている。

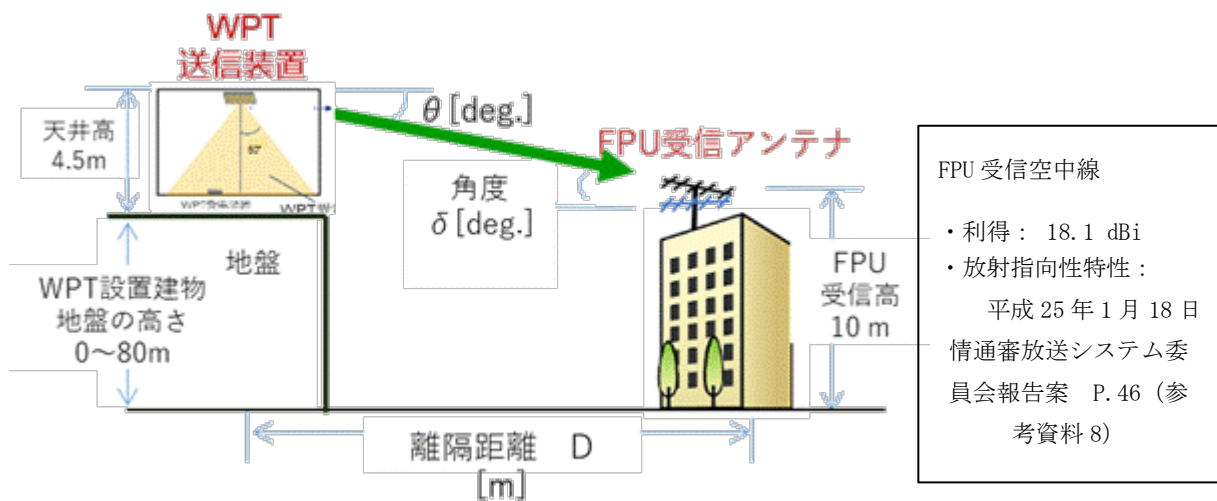
図参 5.6.2 右図のように FPU システムの受信空中線の水平方向角度によって、離隔距離の変化させた場合の検討結果は表参 5.6.5 となる。

表参 5.6.5 ユースケースによる所要離隔距離計算例 (1)

		H31 年度答申 システム		現行システム					
FPU 空中 線指 向角 γ °	FPU 指向 減衰 dB	固 定 中継 上り 回線 m	移 動 中継 上り 回線 m	移 動 中継 Half Mode m	移 動 中継 16QAM Full m	固 定 中継 32QAM Full m	固 定 中継 16QAM Full m	移 動 中継 8PSK m	移 動 中継 32QAM m
-15.0	-12.0	-	1.4	0.6	-	0.8	-	-	-
-10.0	-5.0	-	3.2	1.4	-	1.9	-	-	-
-5.0	-1.1	-	5.0	2.2	-	3.0	-	-	-
-1.0	-0.1	-	5.7	2.5	-	3.3	-	-	-
0.0	0.0	-	5.7	2.5	-	3.4	-	-	-
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	-	-	-

※所要離隔距離が不要の場合は” - “としている。

更に、ユースケースの例(2)として2.4GHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの空中線の高さを変更し、FPUシステム受信空中線高を10mとした場合の計算例を示す。



図参 5.6. 4FPU ユースケースでの検討例(2)

- ・2.4GHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムを設置する建物の地盤が周囲の地形より高い場合を想定し、FPUシステムの受信空中線を地上高10mとした際の地上から2.4GHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムを設置する建物の地盤の高さを0~80mと想定した場合を想定し、所要離隔距離を計算。
- ・2.4GHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム空中線のメインローブの最大の放射角は60度以内に制限されており、メインローブが壁方向に直接放射することのない設置とする。帯域外放射は、大地面方向に放射され、地盤を透過することがないと想定。
- ・FPUシステムの受信空中線の最大空中線利得方向が、2.4GHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム空中線方向となる、最も所要離隔距離が大きくなるケースに加え、垂

直方向に 2.4GHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム装置方向から、5 度、10 度の角度差異が発生し、FPU システムの受信空中線の垂直面指向性減衰量を見込んだ計算を実施。

表参 5.6.6 ユースケースによる所要離隔距離計算例 (2) (平成 31 年答申システム)
FPU 受信空中線の指向性減衰量を見込まない場合の設置地盤高さに対する所要離隔距離

H31 年度答申システム								
高さ m	固定中継 上り回線		移動中継 上り回線		固定中継 下り回線		固定中継 下り回線	
	角度	所要 離隔 距離 m	角度	所要 離隔 距離 m	角度	所要 離隔 距離 m	角度	所要 離隔 距離 m
0	-	-	-43.9	5.7	-	-	-	-
5	-14.9	1.9	-3.6	7.9	-	-	-81.0	0.1
10	-	-	12.8	19.8	-	-	-	-
15	-	-	21.4	24.2	-	-	-	-
20	-	-	28.3	26.9	-	-	-	-

※所要離隔距離が不要の場合は” - “としている。また 20m を超える範囲も同様に所要離隔距離は不要となった。

表参 5.6.7 ユースケースによる所要離隔距離計算例 (2) (現行システム)
FPU 受信空中線の指向性減衰量を見込まない場合の設置場所地盤の高さに対する所要離隔距離

現行システム												
高さ m	移動中継 Half Mode		移動中継 16QAM Full		固定中継 32QAM Full		固定中継 16QAM Full		移動中継 8PSK		移動中継 32QAM	
	角度	所要 離隔 距離 m	角度	所要 離隔 距離 m	角度	所要 離隔 距離 m	角度	所要 離隔 距離 m	角度	所要 離隔 距離 m	角度	所要 離隔 距離 m
0	-65.1	2.5	-	-	-58.5	3.4	-	-	-	-	-	-
5	-4.7	6.0	-7.4	3.9	-4.4	6.4	-10.7	2.6	-13.5	2.1	-6.7	4.2
10	15.4	16.3	20.9	11.8	14.8	17.0	26.7	8.9	-	-	19.7	12.6
15	25.5	19.9	-	-	24.5	20.8	-	-	-	-	-	-

※所要離隔距離が不要の場合は” - “としている。また 15m を超える範囲も同様に所要離隔距離は不要となった。

表参 5.6.8 ユースケースによる所要離隔距離計算例(2) (平成 31 年答申システム)
 FPU 受信空中線の垂直指向方向と 2.4GHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム空中線方向が 5 度異なる場合の設置場所地盤の高さに対する所要離隔距離

H31 年度答申システム								
高さ m	固定中継 上り回線		移動中継 上り回線		固定中継 下り回線		固定中継 下り回線	
	角度	所要 離隔 距離 m	角度	所要 離隔 距離 m	角度	所要 離隔 距離 m	角度	所要 離隔 距離 m
0	-	-	-51.9	4.3	-	-	-	-
5	-16.9	1.6	-4.1	7.0	-	-	-	-
10	-	-	13.9	18.2	-	-	-	-
15	-	-	23.3	22.1	-	-	-	-

※所要離隔距離が不要の場合は”-“としている。また 15m を超える範囲も同様に所要離隔距離は不要となった

表参 5.6.9 ユースケースによる所要離隔距離計算例(2) (現行システム)
 FPU 受信空中線の垂直指向方向と 2.4GHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム空中線方向が 5 度異なる場合、設置場所地盤の高さに対する所要離隔距離

現行システム												
高さ m	移動中継 Half Mode		移動中継 16QAM Full		固定中継 32QAM Full		固定中継 16QAM Full		移動中継 8PSK		移動中継 32QAM	
	角度	所要 離隔 距離 m	角度	所要 離隔 距離 m	角度	所要 離隔 距離 m	角度	所要 離隔 距離 m	角度	所要 離隔 距離 m	角度	所要 離隔 距離 m
0	-	-	-	-	-75.5	1.4	-	-	-	-	-	-
5	-5.4	5.3	-8.4	3.4	-5.0	5.7	-12.2	2.3	-15.4	1.8	-7.7	3.7
10	16.8	14.9	22.8	10.7	16.1	15.6	28.8	8.2	-	-	21.4	11.5
15	27.8	18.0	-	-	26.7	18.9	-	-	-	-	-	-

※所要離隔距離が不要の場合は”-“としている。また 15m を超える範囲も同様に所要離隔距離は不要となった。

表参 5.6.10 ユースケースによる所要離隔距離計算例(2) (平成 31 年答申システム)
 FPU 受信空中線の垂直指向方向と 2.4GHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム空中線方向が 10 度異なる場合、設置場所地盤の高さに対する所要離隔距離

H31 年度答申システム								
高さ m	固定中継 上り回線		移動中継 上り回線		固定中継 下り回線		固定中継 下り回線	
	角度	所要 離隔 距離 m	角度	所要 離隔 距離 m	角度	所要 離隔 距離 m	角度	所要 離隔 距離 m
0	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-27.2	1.0	-6.4	4.4	-	-	-	-
10	-	-	19.0	13.1	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-

※所要離隔距離が不要の場合は”-“としている。また 15m を超える範囲も同様に所要離隔距離は不要となった。

表参 5.6.11 ユースケースによる所要離隔距離計算例(2) (現行システム) (2)
 FPU 受信空中線の垂直指向方向と 2.4GHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム空中線方向が 10 度異なる場合、設置場所地盤の高さに対する所要離隔距離

現行システム												
高さ m	移動中継 Half Mode		移動中継 16QAM Full		固定中継 32QAM Full		固定中継 16QAM Full		移動中継 8PSK		移動中継 32QAM	
	角度	所要 離隔 距離 m	角度	所要 離隔 距離 m	角度	所要 離隔 距離 m	角度	所要 離隔 距離 m	角度	所要 離隔 距離 m	角度	所要 離隔 距離 m
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-8.4	3.4	-13.2	2.1	-7.9	3.6	-19.3	1.4	-24.6	1.1	-12.0	2.3
10	22.9	10.7	-	-	21.9	11.2	-	-	-	-	28.8	8.2

※所要離隔距離が不要の場合は”-“としている。また 15m 以上の範囲も同様に所要離隔距離は不要となった。

表参 5.6.65～表参 5.6.10 について図参 5.6.2 右図のように FPU システムの受信空中線の水平方向の角度によって、所要離隔距離の変化を計算すると表参 5.6.5 のようになる。

表参 5.6.11 ユースケースによる所要離隔距離計算例(2) (現行システム) (2)
 FPU 受信空中線の垂直指向方向と 2.4GHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム空中線方向が一致する場合の所要離隔距離

		H31 年度答申システム				現行システム					
FPU 空中線指向角 γ °	FPU 指向減衰量 dB	固定中継上り回線 m	移動中継上り回線 m	固定中継下り回線 m	固定中継下り回線 m	移動中継 Half Mode m	移動中継 16QAM Full m	固定中継 32QAM Full m	固定中継 16QAM Full m	移動中継 8PSK m	移動中継 32QAM m
-15.0	-12.0	0.5	6.8	-	-	5.0	3.0	5.2	2.2	0.5	3.2
-10.0	-5.0	1.1	15.1	-	-	11.2	6.6	11.7	5.0	1.2	7.1
-5.0	-1.1	1.7	23.7	-	-	17.5	10.4	18.3	7.9	1.8	11.1
-1.0	-0.1	1.9	26.6	-	-	19.7	11.6	20.6	8.8	2.1	12.4
0.0	0.0	1.9	26.9	-	-	19.9	11.8	20.8	8.9	2.1	12.6
1.0	-0.1	1.9	26.6	-	-	19.7	11.6	20.6	8.8	2.1	12.4
5.0	-1.1	1.7	23.7	-	-	17.5	10.4	18.3	7.9	1.8	11.1
10.0	-5.0	1.1	15.1	-	-	11.2	6.6	11.7	5.0	1.2	7.1
15.0	-12.0	0.5	6.8	-	-	5.0	3.0	5.2	2.2	0.5	3.2

※所要離隔距離が不要の場合は“－”としている。

表参 5.6.12 ユースケースによる所要離隔距離計算例 (現行システム) (2)
 FPU 受信空中線の垂直指向方向と 2.4GHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム空中線方向が 5 度異なる場合の所要離隔距離

		H31 年度答申システム				現行システム					
FPU 空中線指向角 γ °	FPU 指向減衰量 dB	固定中継上り回線 m	移動中継上り回線 m	固定中継下り回線 m	固定中継下り回線 m	移動中継 Half Mode m	移動中継 16QAM Full m	固定中継 32QAM Full m	固定中継 16QAM Full m	移動中継 8PSK m	移動中継 32QAM m
-15.0	-12.0	0.4	5.5	-	-	4.5	2.7	4.7	2.1	0.5	2.9
-10.0	-5.0	0.9	12.4	-	-	10.1	6.0	10.6	4.6	1.0	6.5
-5.0	-1.1	1.4	19.4	-	-	15.9	9.4	16.6	7.2	1.6	10.1
-1.0	-0.1	1.6	21.8	-	-	17.8	10.6	18.7	8.1	1.8	11.4
0.0	0.0	1.6	22.1	-	-	18.0	10.7	18.9	8.2	1.8	11.5
1.0	-0.1	1.6	21.8	-	-	17.8	10.6	18.7	8.1	1.8	11.4
5.0	-1.1	1.4	19.4	-	-	15.9	9.4	16.6	7.2	1.6	10.1
10.0	-5.0	0.9	12.4	-	-	10.1	6.0	10.6	4.6	1.0	6.5
15.0	-12.0	0.4	5.5	-	-	4.5	2.7	4.7	2.1	0.5	2.9

※所要離隔距離が不要の場合は“－”としている。

表参 5.6.13 ユースケースによる所要離隔距離計算例（現行システム）（2）

FPU 受信空中線の垂直指向方向と 2.4GHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム空中線方向が 10 度異なる場合の所要離隔距離

		H31 年度答申システム				現行システム					
FPU 空中線指向角 γ °	FPU 指向減衰量 dB	固定中継 上り 回線 m	移動中継 上り 回線 m	固定中継 下り 回線 m	固定中継 下り 回線 m	移動中継 Half Mode m	移動中継 16QAM Full m	固定中継 32QAM Full m	固定中継 16QAM Full m	移動中継 8PSK m	移動中継 32QAM m
-15.0	-12.0	0.2	3.3	-	-	2.7	0.5	2.8	0.4	0.3	0.6
-10.0	-5.0	0.5	7.3	-	-	6.0	1.2	6.3	0.8	0.6	1.3
-5.0	-1.1	0.9	11.5	-	-	9.4	1.9	9.9	1.3	1.0	2.1
-1.0	-0.1	1.0	12.9	-	-	10.5	2.1	11.1	1.4	1.1	2.3
0.0	0.0	1.0	13.1	-	-	10.7	2.1	11.2	1.4	1.1	2.3
1.0	-0.1	1.0	12.9	-	-	10.5	2.1	11.1	1.4	1.1	2.3
5.0	-1.1	0.9	11.5	-	-	9.4	1.9	9.9	1.3	1.0	2.1
10.0	-5.0	0.5	7.3	-	-	6.0	1.2	6.3	0.8	0.6	1.3
15.0	-12.0	0.2	3.3	-	-	2.7	0.5	2.8	0.4	0.3	0.6

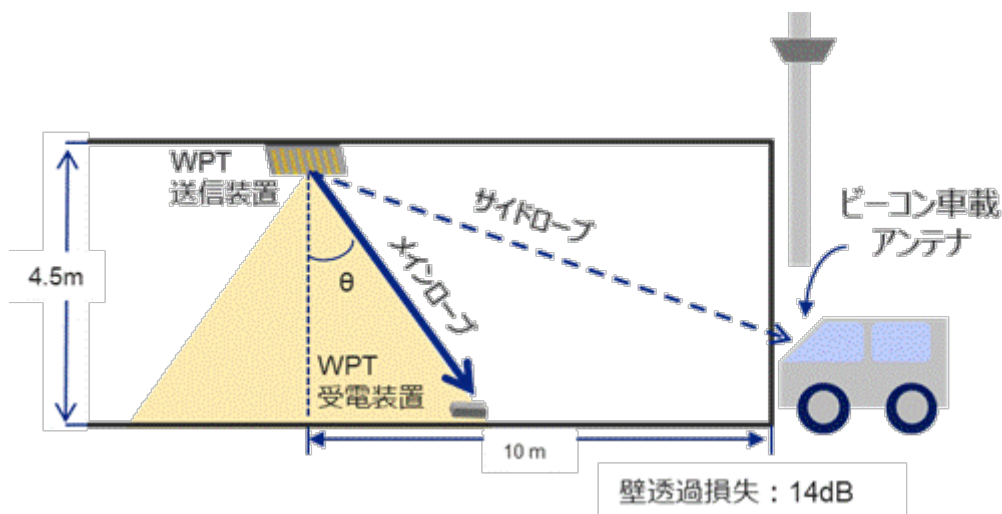
※所要離隔距離が不要の場合は“－”としている。

いくつかのユースケースの計算結果より、2.4GHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムが、地形上、FPU システムの受信空中線より高い位置に存在する場合、最大 30m 弱の所要離隔距離が必要となる。しかし、FPU システムの受信空中線の指向性減衰量を考慮すると所要離隔距離は 10m 以下となる。以上より、所要離隔距離・設置条件を満たせば共用可能である。

(7) 電波ビーコン

(ア) 共用検討モデル

電波ビーコンとの共用検討モデルを図参 5.7.1 に示す。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、壁を隔てた外にある車のビーコン車載空中線（地上高 1m）へは、サイドローブによる干渉を与えるとして干渉計算を実施した。また、送信装置から壁までを 10m とし、壁損失の有無での所要離隔距離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て、最大の所要離隔距離は、帯域外干渉の約 1.8km が必要となる。しかし、壁損失を含む共用モデルでは、369m となり、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムのコ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
壁損失	14.0dB
所要結合量	53.5dB 39.5 dB (壁損失あり)
所要離隔距離 (壁からの距離)	4.5m 0.9m (壁損失あり)

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
壁損失	14.0dB
所要結合量	105.7dB 91.7 dB (壁損失あり)
所要離隔距離 (壁からの距離)	1,851m 369m (壁損失あり)

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）

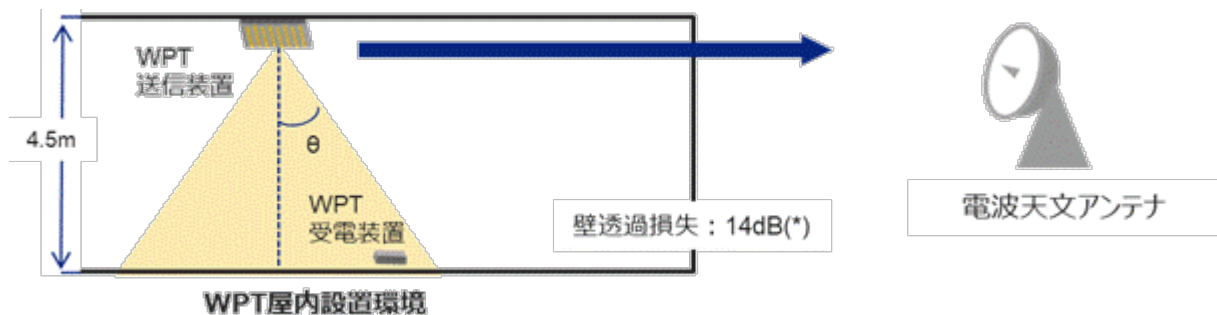
項目	パラメータ
干渉波周波数	2,484 MHz
空中線電力	41.8 dBm
送信メインローブ角度	60.0 度
送信サイドローブ角度 (車載空中線方向角度)	70.7 度
サイドローブ方向の空中線利得	13.5dBi
ビーコン周波数	2,499.7MHz
ビーコンフィルタの減衰量	52.5dB
ビーコン車載機空中線利得	2.0dBi
許容干渉電力	-90.4dBm
自由空間損失	60.9dB
壁損失	14.0dB
所要結合量	20.3dB
所要離隔距離(壁からの距離)	22.0m

(8) 電波天文

(ア) 共用検討モデル

電波天文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含む算出にて、所要離隔距離を算出した。

伝搬損失は自由空間損失とし、壁損失は、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、工場等の施設内環境を踏まえ、ITU-R P.2108 勧告のデフォルト値 (27m) として算出とした。



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では、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てクラッタ損失するとして、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	2.695	2.695	2.695	2.695	2.695	2.695	2.695
送信空中線高	h	m	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
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
道路幅	w_s	m	27	27	27	27	27	27	27
計算項	$J(\nu)$		25.84	25.84	25.84	25.84	25.84	25.84	25.84
	ν		4.47	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47
	K_{nu}		0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56
	h_{dif}	m	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
	K_{h2}		24.47	24.47		24.47		24.47	24.47
クラッタ損		dB	8.49	8.49	19.81	8.49	19.81	8.49	8.49

② 所要離隔距離の算出

所要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制限する区域とすることで電波天文との共用は可能となる。

表 5.8.3 観測所との所要離隔距離算出結果

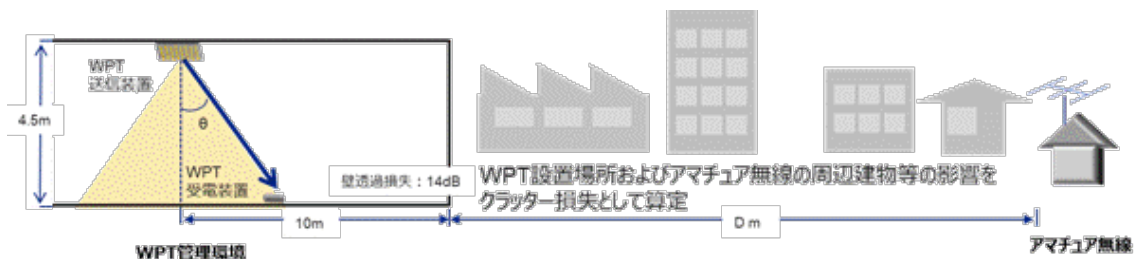
観測施設	単位	野辺山	臼田	小金井	石岡	水沢	石垣島	入来
観測周波数	MHz	2695	2695	2695	2695	2695	2695	2695
観測周波数帯幅 Δf_0	MHz	10	10	10	10	10	10	10
干渉閾値レベル								
入力電力 ΔP_H	dBW	-207.0	-207.0	-207.0	-207.0	-207.0	-207.0	-207.0
pfд $S_H \Delta f$	dB(W/m ²)	-177.0	-177.0	-177.0	-177.0	-177.0	-177.0	-177.0
pfд スペクトラム S_H	dB(W/(m ² ・Hz))	-247.0	-247.0	-247.0	-247.0	-247.0	-247.0	-247.0
離調周波数 ($\angle f$)	MHz	283	283	283	283	283	283	283
送信空中線天井設置高 h_1	m	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
空中線入力電力密度	dBm/MHz	-34.2	-34.2	-34.2	-34.2	-34.2	-34.2	-34.2
	dBW/MHz	-64.2	-64.2	-64.2	-64.2	-64.2	-64.2	-64.2
水平方向空中線利得	dBi	-14.2	-14.2	-14.2	-14.2	-14.2	-14.2	-14.2
壁損失	dB	-14.0	-14.0	-14.0	-14.0	-14.0	-14.0	-14.0
クラッタ損失	dB	-8.5	-8.5	-19.8	-8.5	-19.8	-8.5	-8.5
0dBi 受信 Ant 入力閾値	dBm/MHz	-187.0	-187.0	-187.0	-187.0	-187.0	-187.0	-187.0
所要結合量	dB	116.1	116.1	104.8	116.1	104.8	116.1	116.1
所要離隔距離 (自由空間伝搬損)	Km	5.7	5.7	1.6	5.7	1.6	5.7	5.7

(9) アマチュア無線

(ア) 共用検討モデル

アマチュア無線との共用検討を図参 5.9.1 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所要離隔距離を算出した。

伝搬損失は自由空間損失、壁損失は、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、工場等の施設内環境を踏まえ、ITU-R 勧告 P.2108 のデフォルト値 27m としてクラッタ損失が小さくなる算出とした。



図参 5.9.1 アマチュア無線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とアマチュア無線が、同一周波数を利用した場合及び 10MHz 離調がある場合について、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムのビームの方向とアマチュア無線の空中線の最大空中線利得方向が一致した場合における算出結果を表参 5.9.1 に示す。同一周波数を利用する場合、4.4km の離隔が必要との結果となった。ただし、これは空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムのビームの方向とアマチュア無線の空中線の指向方向が一致する場合となる。

表参 5.9.1 アマチュア無線との共用検討結果

項目	アマチュア無線帯域 内同一周波数	アマチュア無線帯域 の不要発射 (10MHz 離調)	備考
送信周波数	2,412, 2,437 MHz	2,462, 2484 MHz	
送信空中線電力	41.8 dBm	41.8 dBm	
帯域外補正	-	76.0 dBc	
空中線指向性指向方向	60 度	-	
送信空中線利得 (水平方向)	-5.0 dBi	-14.0 dBi	
壁損失	14.0 dB	14.0 dB	
クラッタ損失 (ITU-R P. 2108)	38.7 dB	0 dB	送信側・受信側ともに 「郊外」として算出 不要発射は所要離隔距 離が小さくなることか ら 0 とする。
アマチュア無線周波数	2,412, 2,437 MHz	2,400-2,450 MHz	
アマチュア無線 空中線利得	18.0 dBi / 5.0 dBi	18.0 dBi / 5.0 dBi	八木アンテナ 18.0 dBi ホイップアンテ ナ 5.0dBi として計算
許容干渉電力	-110.83dBm/MHz	-110.83 dBm/MHz	
所要改善量	112.1 / 99.1 dB	66.6 / 53.6 dB	
所要離隔距離 (自由空間伝搬)	4.4 km / 0.97km	10.8 m / 0 m	壁からの距離

参考資料 6 : 5.7GHz 帯における共用検討について

(1) 無線 LAN システム

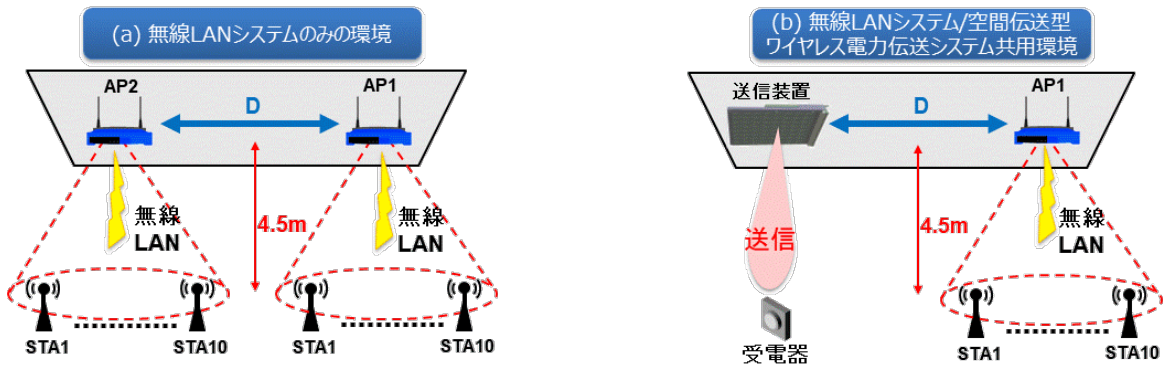
(ア) 共用検討モデル

共用検討のモデルを図参 6.1.1、共用検討パラメータを表参 6.1.1. に示す。

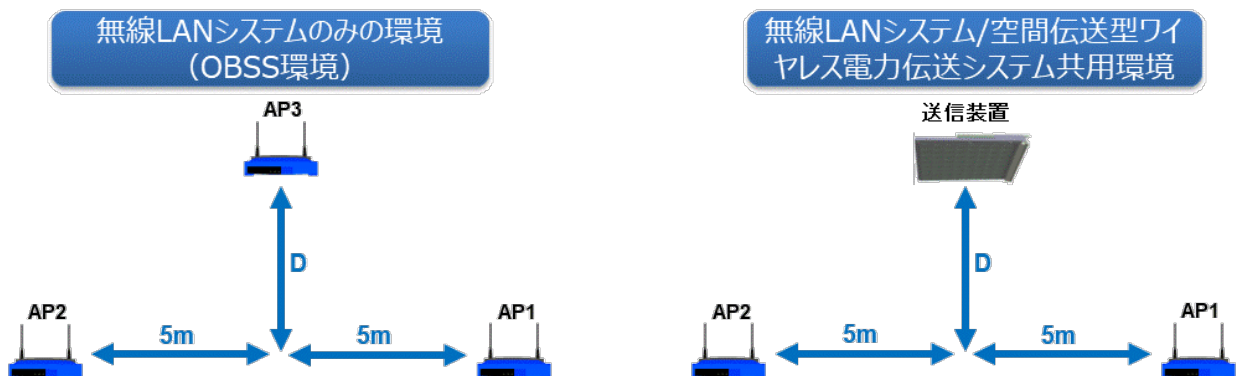
図参 6.1.1(a)無線 LAN システムのみの環境は無線 LAN システムの AP 同士が共用する環境、図参 6.1.1(b)無線 LAN システムと空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの共用環境は無線 LAN システムの親局と空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム送信装置が共用する環境となる。これら 2つの共用検討モデルでのシステムスループットをシミュレーションにて両者を比較し、無線 LAN システム同士の干渉によるスループット低下より、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム送信装置による干渉によって発生するスループットの低下が同等以下となるキャリアセンスの設定を評価した。なお、表 3.2.3 に記載した共用検討のパラメータは工場モデルとして床高 5m としているが、無線 LAN 子機の設置高を考慮し、図参 6.1.1 のモデルでは親局-子機間距離を 4.5m とした。

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

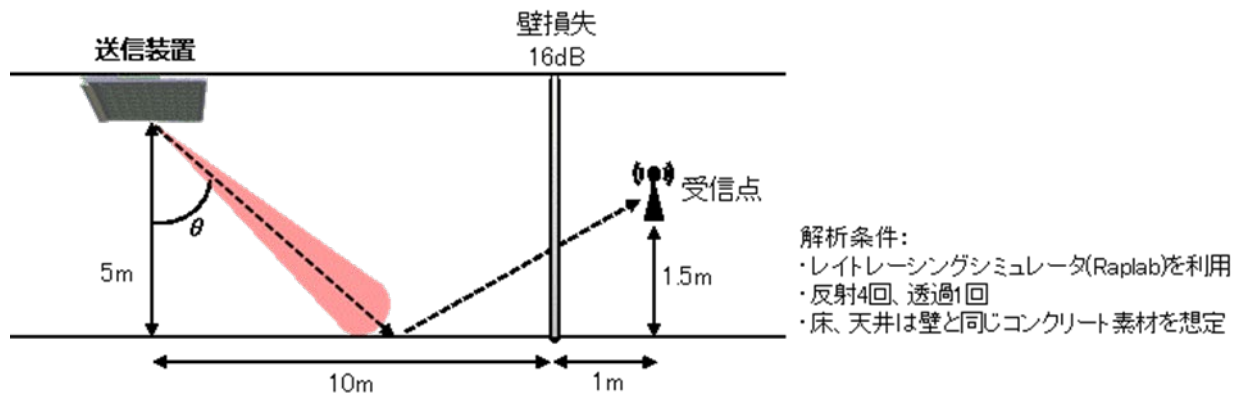
また、壁損失及び屋内反射の影響については、図参 6.1.3 に示すモデルにてレイトレーシングによるシミュレーションを実施し、評価した。



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

	項目	AP1+AP2 無線 LAN システム のみの環境	AP1+空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム の共用環境
無線 LAN システム	AP 間距離	3-15m	#N/A
	周波数帯域幅	20MHz	
	送信空中線電力	23dBm (AP) 18dBm (STA)	
	空中線利得	5dBi (AP) 0 dBi (STA)	
	チャンネルモデル	802.11n D	
	MCS	6	
	無線 LAN チャンネル	144ch	
空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム	周波数	#N/A	5750 MHz
	送信空中線電力	#N/A	40 dBm
	空中線利得	#N/A	Max Gain: 25.84dBi
	システム間距離	#N/A	3-15m
	CCA 時間	#N/A	2.3msec (256slots) 4.6msec (512slots) 9.2msec (1024slots)
	送信時間	#N/A	10-20msec
Traffic	トラフィックシナリオ	FTP (※1)	
	トラフィックタイプ	DL50%/UL50%	
	シミュレーション時間	15sec	

※1 inter-arrival between 2 files as 1s (size:0.1MB)

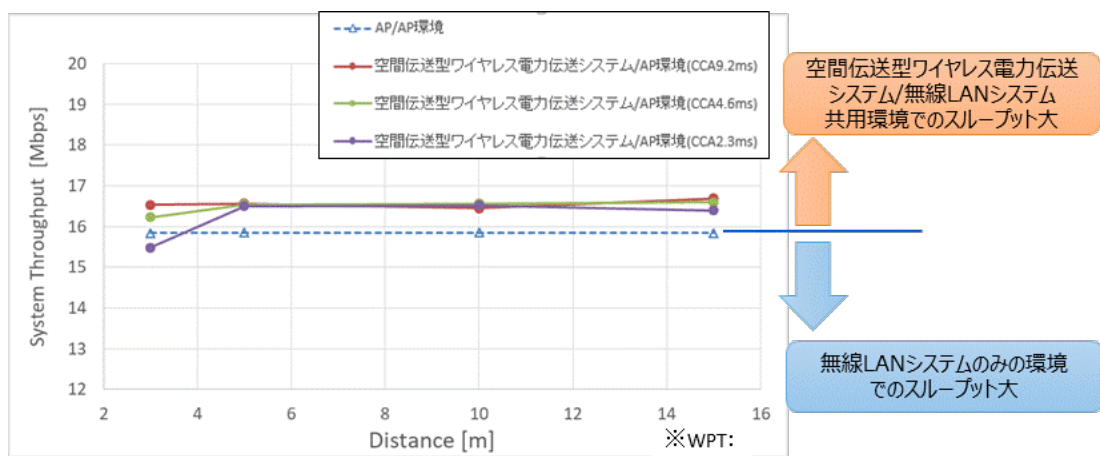
(イ) 共用検討結果

送信時間が 10msec のときのシステムスループットのシミュレーション結果を図参 6.1.4、20msec の結果を図参 6.1.5 に示す。いずれの結果も傾向は類似しており、無線 LAN システムのみの環境より、無線 LAN システム/空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム環境でのスループットを高くするためには、「距離を離す」あるいは「センシング時間 (CCA 時間) を大きくする」必要がある。また、無線 LAN AP 間の干渉よりも空間伝送型ワイヤレス電力伝

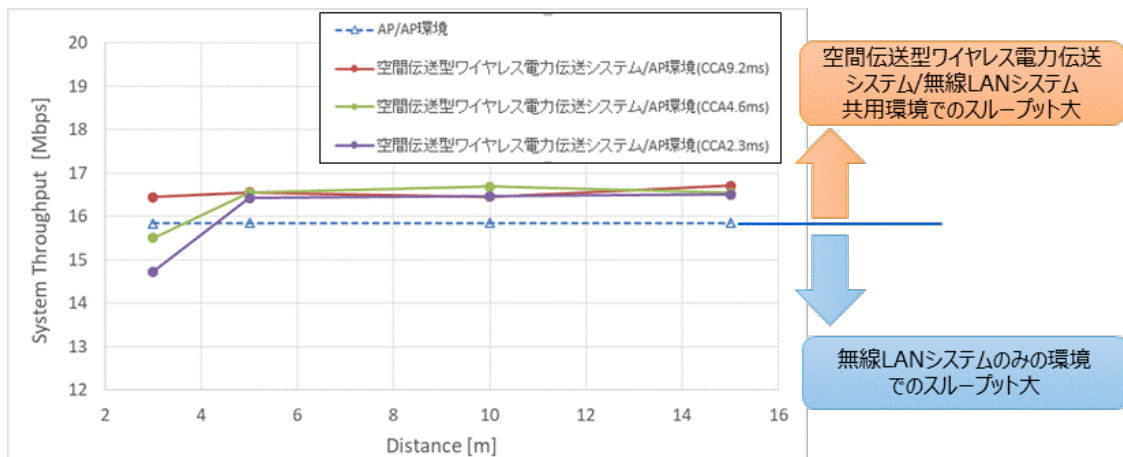
送システムによる干渉を小さく抑える条件としては、送信時間や CCA 時間の絶対値ではなく、相対時間関係の結果となった。

検討結果より、送信時間が 10msec の場合は CCA 時間が 4.6msec 以上、送信時間が 20msec の場合は CCA 時間が 9.2msec 以上であれば、無線 LAN システムの AP 同士の環境に対し、無線 LAN システムの AP と空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムとの環境でのスループットは高くなる結果となり、送信時間と CCA 時間の関係が 2:1 となるように送信時間は 8msec と設定することで共用可能となる。

また、現行の無線 LAN システム(小電力データ通信システムの無線局)の無線設備規則における最大送信バースト長は 8msec だが、無線 LAN システムの標準規格 IEEE 802.11 では、実際の物理パケットの最大占有時間長は約 5.5msec と規定されており、制御フレームも逐次的に送受信されることを加味すると、CCA 時間としては 4msec とすることで無線 LAN システムの検出が可能である。



図参 6.1.4 スループット評価結果例 (送信時間: 10msec の場合)

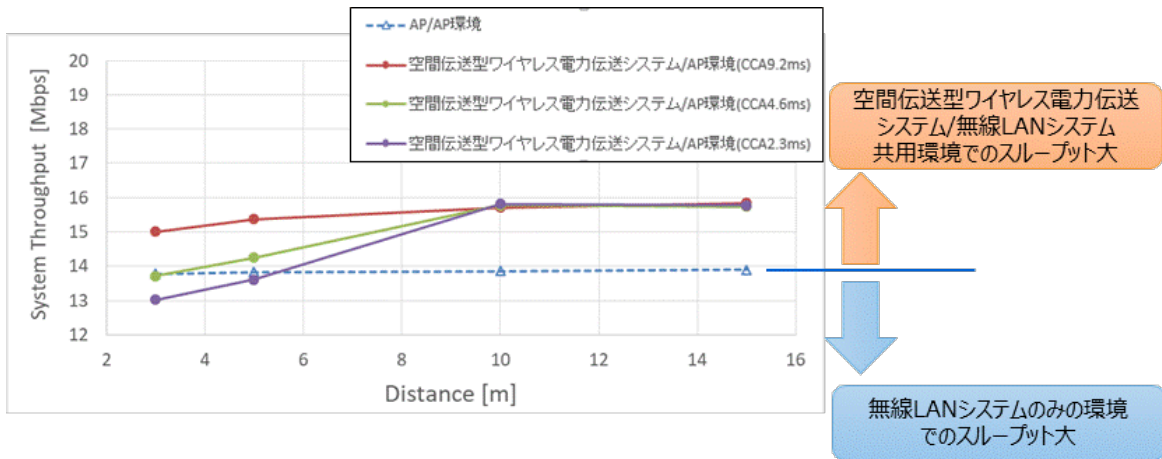


図参 6.1.5 スループット評価結果例 (送信時間: 20msec の場合)

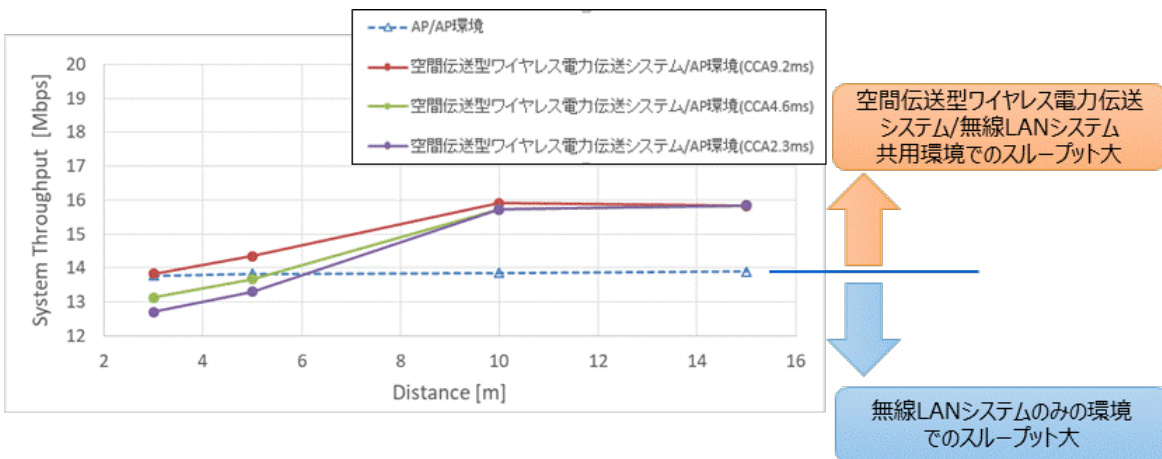
共用する無線 LAN AP が複数となった場合のシステムスループットのシミュレーション結果を図参 6.1.6 及び図参 6.1.7 に示す。

図参 6.1.4 及び図参 6.1.5 の結果と同様に送信時間が 10msec の場合は CCA 時間が 4.6msec 以上、送信時間が 20msec の場合は CCA 時間が 9.2msec 以上であれば、無線 LAN システムの AP 同士に対して無線 LAN AP と空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの共用環境でのスループットが高い結果となり、送信時間と CCA 時間の関係が 2:1 となる表参

6.1.2でのキャリアセンス設定にて無線LANシステムとは共用可能となる。



図参 6.1.6 スループット評価結果例 (AP 複数・送信時間 : 10msec の場合)



図参 6.1.7 スループット評価結果例 (AP 複数・送信時間 : 20msec の場合)

表参 6. 1. 2 キャリアセンスの設定

		共用 状態	非共用 状態	備 考
センシング時間	CCA 時間	4msec		CCA 時間・送信時間を初期化する周期
	CCA 初期化時間	5sec		
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
送信時間		8msec	192msec	

共用状態 : 送信時間と CCA 時間の比率が 2:1 となる動作状態。

非共用状態 : 無線 LAN システムとの共用の可能性が低いと判断した場合に、送信時間を延ばす状態。

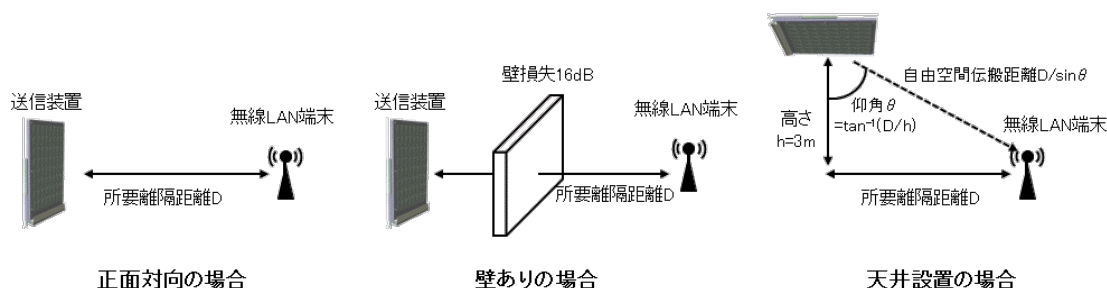
壁損失及び屋内反射の影響について、レイトレーシングによるシミュレーション結果を表 6. 1. 3 に示す。天井設置された空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム送信装置からビーム角度 θ で放射された電波が壁を挟んで隣の部屋の無線 LAN 機器に到来する際の信号強度の最大値は、-28. 3dBm となった。そのため、反射を考慮した場合であっても、壁を挟んだ WPT 屋内設置環境の外にある無線 LAN 機器に到来する空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム電界強度は、既存の無線 LAN 機器と同程度であり、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムによって大きな劣化は発生しない結果となった。

表参 6. 1. 3 反射を考慮したレイトレーシングシミュレーション結果

メインビーム角度 θ	0 度	30 度	45 度	60 度
無線 LAN 機器に到来する 与干渉電力	-44. 5dBm	-38. 7dBm	-36. 7dBm	-28. 3dBm

(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、最大入力定格による破壊・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 システムの空中線利得を 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、空中線利得 2.14dBi は無線 LAN 端末の子機、空中線利得 7dBi 及び 20dBi は、無線 LAN AP 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) を天井設置とすることにより、所要離隔距離は 4.9m~11m に抑えられる。ただし、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、別空間となる壁損失ありの場合は、所要離隔距離 1.5m~6.6m となり、想定される WPT 設置環境内における空間距離以下であり、別空間に設置する環境では共用可能となる。

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		
		2.14	7	20	2.14	7	20	2.14	7	20
無線 LAN 空中線利得	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
検討周波数	MHz	5750								
等価等方輻射電力	dBm	70								
交差偏波識別度	dB	0								
壁損失	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

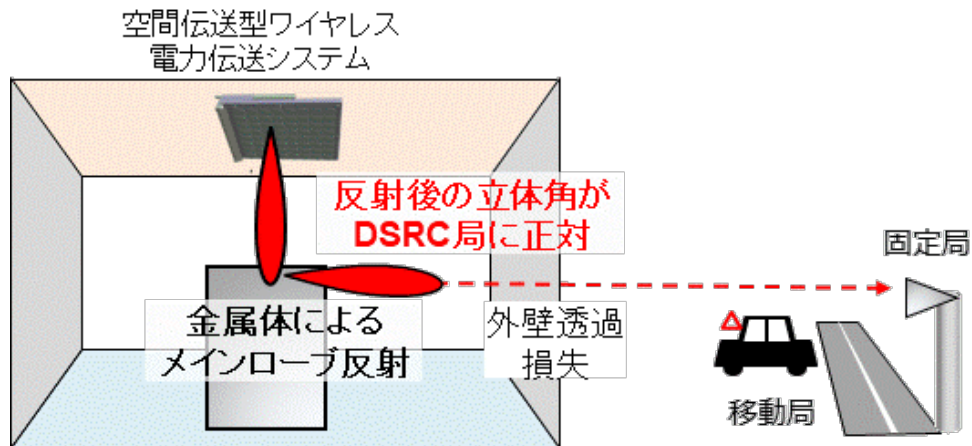
(ア) 共用検討モデル

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) から狭域通信システムへの共用検討については、図参 6.2.1 に示す。

また、狭域通信システムに対して影響を及ぼさない所要離隔距離は、送信装置からの電波が、スプリアス・レスポンス・リジェクション量及び DSRC 帯域内雑音入力許容値を下回るために必要な距離とした。

DSRC システムには移動局・基地局の他に、移動局の試験を行う試験機があり、これはスプリアス・レスポンス・リジェクション量及び DSRC 帯域内雑音入力許容値が規定されていないため、共用検討の計算対象外とした。

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、非常に低確率ではある屋内に設置された工作機械等の金属体による反射波を考慮した最悪ケースである。



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

共用検討結果として、スプリアス・レスポンス・リジェクション量に対する結果を表参 6. 2. 1、DSRC 帯域内雑音入力量許容値に対する結果を表参 6. 2. 2 に示す。

壁損失を ITU-R P. 2109-0 壁モデルの 16dB とした場合、所要離隔距離はスプリアス・レスポンス・リジェクション量に対するクラス 2 基地局が最大となり、2,620m となる。

また、実際の測定結果等の壁損失を使用した例として、鉄筋コンクリート（厚さ 150mm）、壁損失 41dB とした場合の所要離隔距離は、クラス 2 基地局に対し 147m となる。

DSRC 帯域内雑音入力に関しては、移動局、基地局共にスプリアス干渉による所要離隔距離は短く、スプリアス・レスポンス・リジェクション量となった。

検討結果では、壁の種類に応じての所要離隔距離の確保が前提であり、被干渉局側の指向性減衰量及び壁損失の個別実施した干渉計算による所要離隔距離を確保することにより共用可能となる。また、試験機が設置されている際には、個別に検討する必要がある。

表参 6.2.1 狭域通信システムへの共用検討結果
(スプリアス・レスポンス・リジエクション量)

仕様・計算結果	単位	鉄筋コンクリート壁			ITU-R P.2109-0 壁モデル		
		移動局	クラス 1	クラス 2	移動局	クラス 1	クラス 2
			基地局	基地局		基地局	基地局
規格受信感度+3dB	[dBm]	-57	-62	-72	-57	-62	-72
スプリアス・レスポンス・リジエクション	[dB]	24	28	30	24	28	30
干渉許容入力量	[dBm]	-33	-34	-42	-33	-34	-42
受信空中線利得	[dBi]	10	20	20	10	20	20
受信指向性減衰量	[dB]	0			0		
偏波損失	[dB]	0			0		
EIRP	[dBm]	70			70		
壁損失	[dB]	41			16		
送信指向性減衰量	[dB]	0			0		
1mにおける自由空間損失値	[dB]	47.6			47.6		
所要減衰量	[dB]	113	124	132	113	124	132
所要離隔距離	[m]	17	59	147	294	1,043	2,620

表参 6.2.3 狭域通信システムへの共用検討結果 (DSRC 帯域内雑音入力)

仕様・計算結果	単位	鉄筋コンクリート壁			ITU-R P.2109-0 壁モデル		
		移動局	クラス 1	クラス 2	移動局	クラス 1	クラス 2
			基地局	基地局		基地局	基地局
最小周波数	[MHz]	5,775	5,815	5,815	5,775	5,815	5,815
許容干渉入力量	[dBm]	-84.5	-90.0	-100.0	-84.5	-90.0	-100.0
受信空中線利得	[dBi]	10.0	20.0	20.0	10.0	20.0	20.0
受信指向性減衰量	[dB]	0			0		
偏波損失	[dB]	0			0		
EIRP	[dBm/MHz]	11.0	1.0	1.0	11.0	1.0	1.0
壁損失	[dB]	41			16		
送信指向性減衰量	[dB]	0			0		
1mにおける自由空間損失値	[dB]	47.6			47.6		
所要減衰量	[dB]	112.5	118.0	128.0	112.5	118.0	128.0
所要離隔距離	[m]	16	29	93	276	520	1,645

(3) 放送業務用 STL/TTL システム

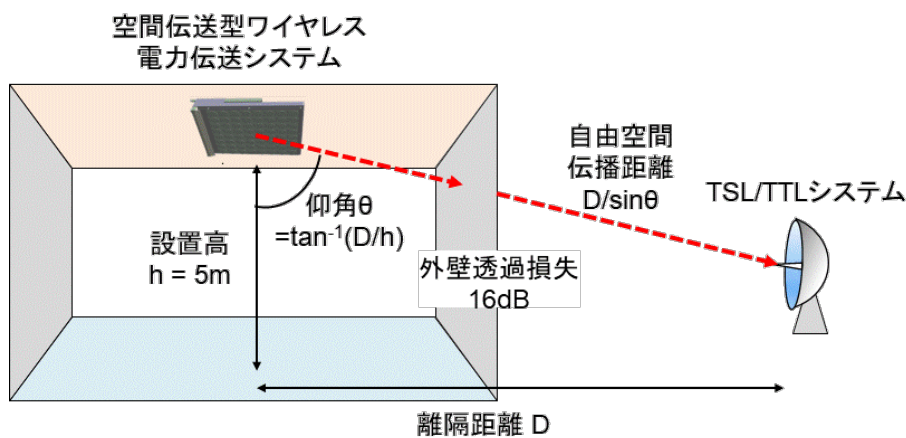
(ア) 共用検討モデル

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。

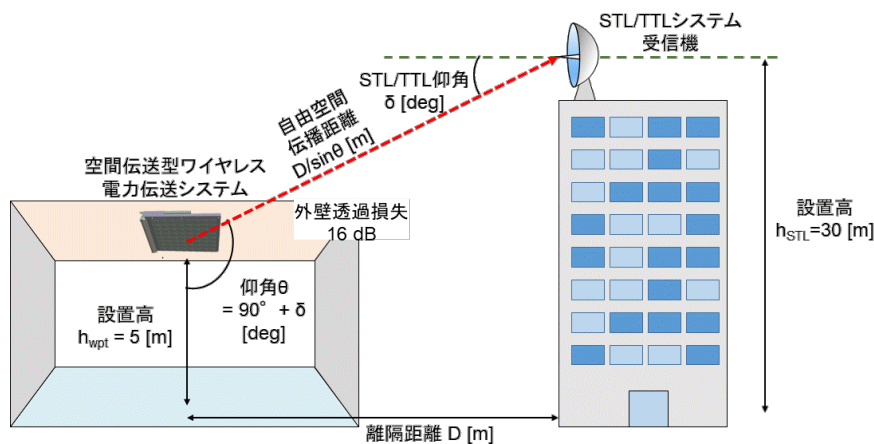
STL/TTL システムに対する影響を及ぼさない所要離隔距離は、送信装置からの STL/TTL システムにおける帯域内雑音信号が、STL/TTL の標準時熱雑音 C/N 及びフェージング時熱雑音 C/N に対する影響を及ぼさない値として、受信等価熱雑音レベルの低下量が 0.1dB 以下になる入力レベル-117.9dBm 以下となる所要減衰量を 145.2dB とした。

また、標準時熱雑音 C/N に対する劣化は同一ルート干渉とし、正対条件(指向性損失 0dB)、フェージング時熱雑音 C/N に対しては差動フェージングを考慮した送受信での高低差による指向性減衰量を考慮した異ルート干渉として実施した。

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、指向性損失について、23dB を最大値、仰角 θ に対し $10 \log_{10}(\cos^2(\theta))$ としている。伝搬損失は自由空間損失、壁損失は 16 dB とした。



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 システムとのユースケース検討モデル

(イ) 共用検討結果

同一ルート干渉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損失(16dB) を適用することで所要離隔距離は 46.8m となる。

異ルート干渉の共用検討結果を表参 6.3.2 に示す。空間伝送型ワイヤレス電力伝送シ

テム設置条件による天井設置及び壁損失(16dB)を適用することで所要離隔距離は836mとなる。しかし、STL/TTLシステムと送信装置の設置高の差が5m以上となる場合、STL/TTL受信指向性減衰量を20dB見込む事が可能となり、所要離隔距離は83.4mとなり、所要離隔距離を確保する事で、共用可能となる。

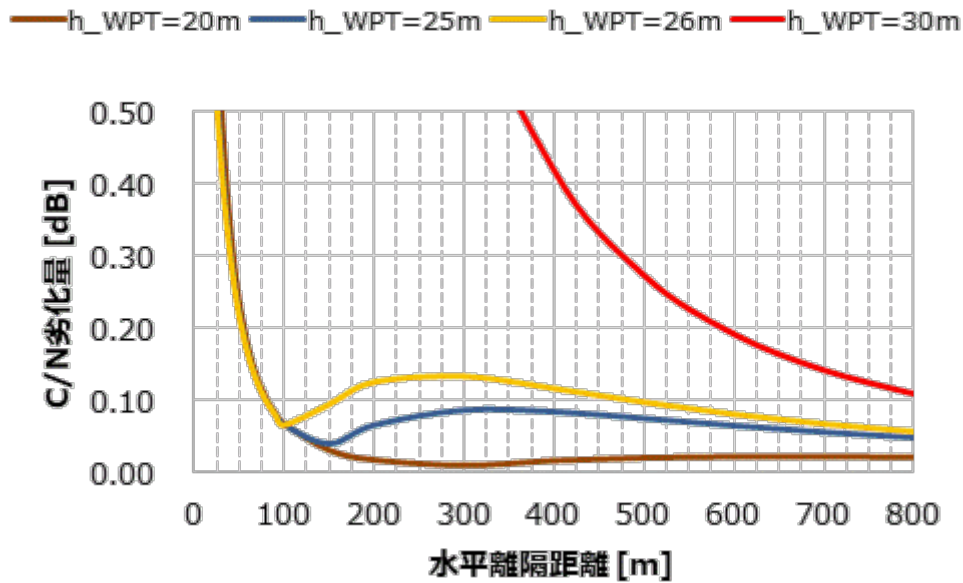
また、図参6.3.2に示すユースケースにおける空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの送信装置の設置高を変更した場合の離隔距離とC/N劣化量の状態を示すグラフを図参6.3.3に示す。

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	117.6
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
所要離隔距離	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	設置高低差	
		5m以上	5m未満
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/BW	-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	
受信指向性減衰量	dB	20.0	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	125.2	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	
所要離隔距離	m	83.4	836



図参 6. 3. 3 送信装置設置高と離隔距離による C/N 劣化量

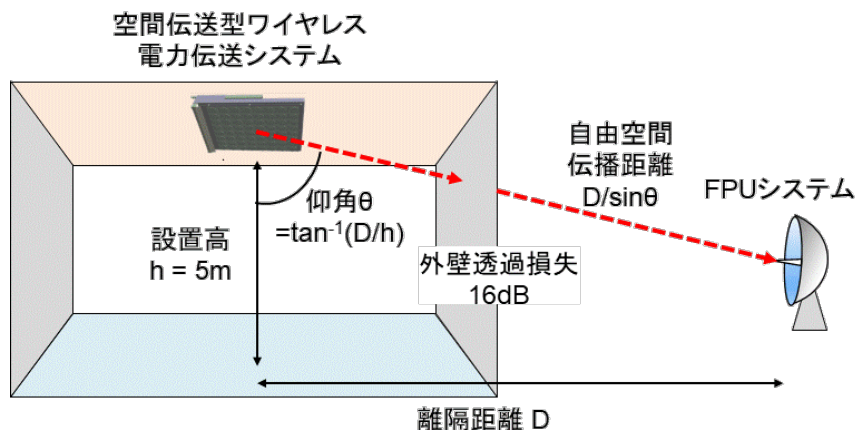
(4) 放送事業用 FPU/TSL システム

(ア) 共用検討モデル

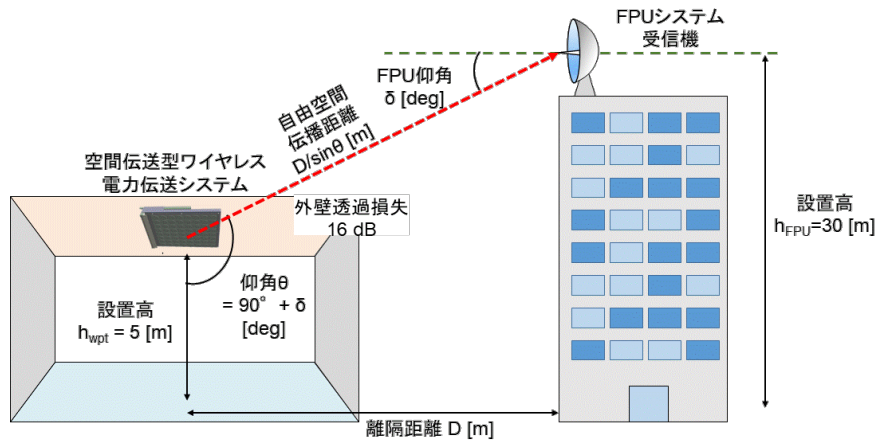
放送事業用 FPU/TSL システムとの共用検討では、図参 6. 4. 1 に示す検討モデルにより実施した。

FPU システムに対する影響を及ぼさない所要離隔距離は、所要干渉波電力を下回るために必要な値として算出した。また、ユースケースとしては図参 6. 4. 2 における所要離隔距離を算出し、TSL システムに関しては、資料 5-2-6 (3) (イ) STL/TTL システムと同一の方法にて実施した。

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、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、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 システムへ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 124. 8dB、設置条件の天井設置及び壁損失 (16dB) を適用することで所要離隔距離は 80. 0m となり、所要離隔距離・設置条件を満たせば共用可能となる。

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)	可搬型 OFDM 中継局	移動中継局
周波数	MHz	5850	5850	5850
帯域幅	MHz	17. 5	17. 5	17. 5
標準受信電力	dBm/BW	-45. 0	-61. 0	-62
許容干渉雑音入力	dBm/BW	-89. 4	-95. 4	-90. 5
受信空中線利得(フィード損込)	dBi	30. 0	30. 0	22. 7
受信空中線指向性損失量	dB	0	0	0
所要減衰量	dB	118. 8	124. 8	112. 6
帯域外発射空中線電力 (ア)	dBm/MHz	-38. 0	-38. 0	-38. 0
送信空中線利得(イ)	dBi	25. 0	25. 0	25. 0
等価等方輻射電力の最大値 (ア+イ)	dBm/MHz	-33. 0	-33. 0	-33. 0
離隔距離に対する仰角	deg	84. 6	86. 4	82. 3
送信指向性減衰量	dB	20. 5	23. 0	17. 5
壁損失 (ITU-R Traditional)	dB	16. 0	16. 0	16. 0
1m での自由空間損失	dB	47. 8	47. 8	47. 8
所要離隔距離	m	53. 0	80. 0	37. 0

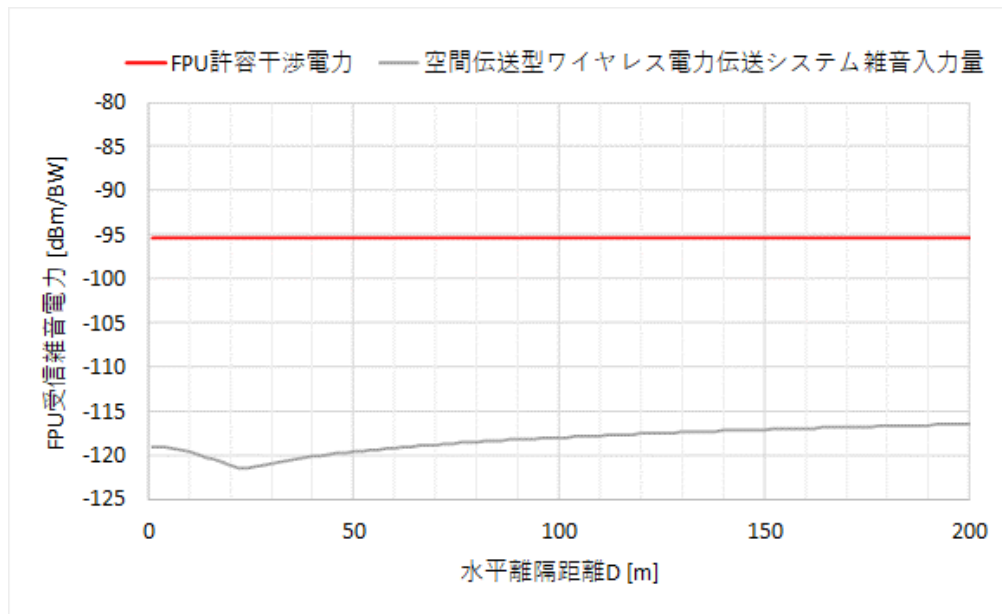
図参 6. 4. 2 に示したユースケースにおける FPU システムへの距離に対する雑音入力量の計算結果を図参 6. 4. 3 に示す。図参 6. 4. 3 に示すグラフは、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム設置高を 5m とした場合の FPU システムへ入力される空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムからの帯域外雑音電力を示す。

検討に当たっては、FPU の空中線指向方向は、水平 0 度方向に向き、俯角 δ による指向性減衰量を考慮した。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 空中線から見た俯角 δ の関係及び検討に使用した FPU 受信空中線の指向性減衰量(直径 1. 2m、最大空中線利得 35dBi の空中線)は、ITU-R F. 699 にて定義される指向性モデル (図参 5. 4. 4) を適用した。

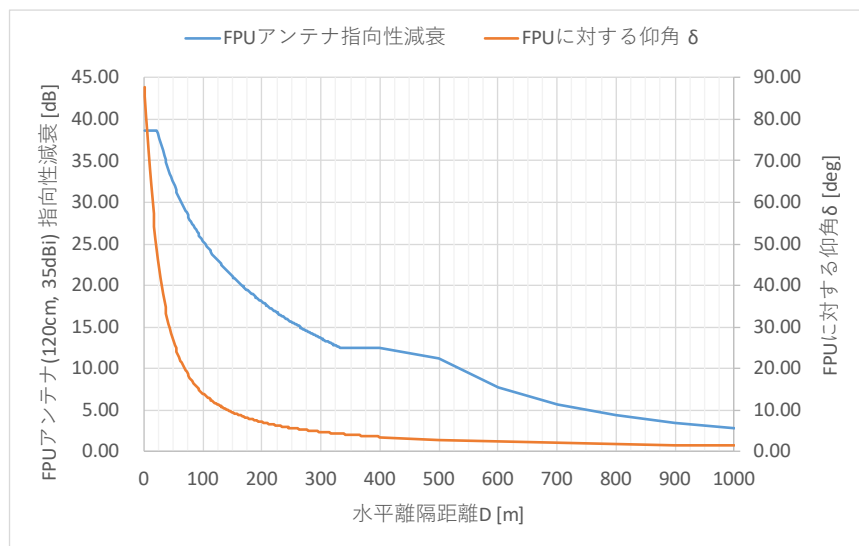
表参 6. 4. 1 での離隔距離に対して、15dB 程度の指向性減衰量を見込めるため、空間伝送

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、離隔距離によらず許容雑音電力以下となり、図参 6. 4. 3 によるユースケースでは、水平方向の所要離隔距離の確保は不要となった。

また、検討では FPU システムの垂直方向の指向性減衰量は含まないとして実施した。しかし、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの送信装置方向と異なる場合には、俯角 5 度で約 14dB、10 度で約 22dB を見込むことで更に短い距離での共用が可能となる。また、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は 23dB、壁損 16dB として実施した。



図参 6. 4. 3 水平離隔距離に対する 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. 4 水平離隔距離に対する FPU 仰角 δ による指向性減衰量の関係

TSL システムとの共用検討結果の同一ルート干渉を表参 6. 4. 2 に示す。

共用可能となる所要減衰量は、150. 2dB(フェージング損導入による場合は 125. 7dB)となり、同一ルート干渉による所要離隔距離は 88. 3m となる。

異ルート干渉の共用検討結果を表参 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条件による天井設置及び壁損失(16dB)を適用することで所要離隔距離は 1, 485m と

なる。しかし、TSL システムとの設置高低差が 7m 以上ある場合には図参 6.4.5 に示すように TSL 受信空中線指向性減衰量 20dB を用いることで、所要離隔距離は 148.5m となり、この所要離隔距離・設置条件を満たす事で共用可能となる。

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	16.2
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 (フェージング損失含む)	dB	-125.7
帯域外発射空中線電力 (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
壁損失 (ITU-R Traditional)	dB	16.0
1m の自由空間減衰量	dB	47.8
所要離隔距離	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	設置高低差	
		7m 以上	7m 未満
周波数	MHz	5,850	
帯域幅	MHz	16.2	
標準受信電力	dBm/BW	-44.8	
受信空中線利得 (フィーダ損失含む)	dBi	37.1	
受信等価熱雑音	dBm/BW	-97.7	
所要フェージングマージン	dB	24.5	
フェージング時所要 C/N	dB	29.0	
受信指向性減衰量	dB	20.0	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(受信指向性込)	dB	130.2	150.2
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	
送信指向性減衰量 (90 度以上)	dB	23.0	
壁損失 (ITU-R Traditional)	dB	16.0	
1m での自由空間損失	dB	47.8	
所要離隔距離	m	148.5	1,485

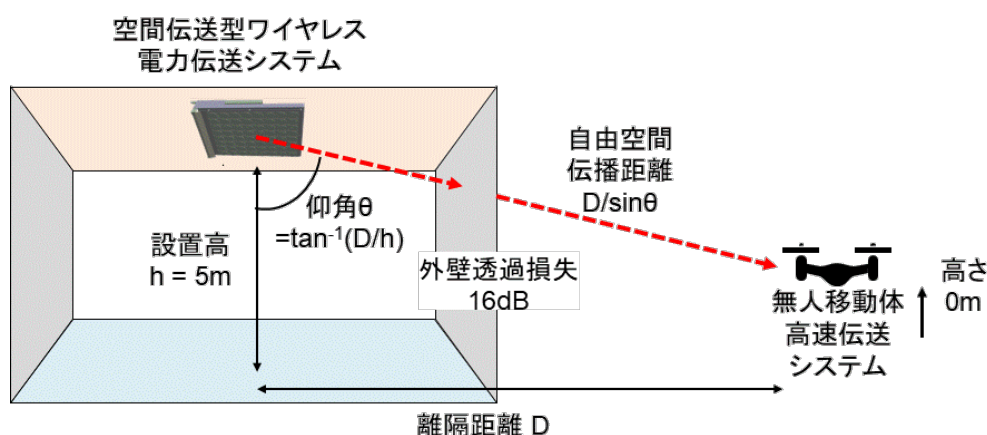
(5) 無人移動体高速伝送システム

(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 に示す検討モデルにより実施した。また、ロボット無線システムに対する影響を及ぼさない所要離隔距離は、同一、隣接、次隣接の各チャン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、指向性減衰損 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、壁損失は、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) 及び厚さ 150mm の RC 壁 (41dB) の場合も算出した。

また、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム側の指向性減衰量が最小となる条件として、ロボット無線システム搭載空中線の設置高は 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。壁損失が 16dB (ITU-R P. 2109-0 壁モデル) にて、所要離隔距離は、同一チャンネルで約 23km、次隣接チャンネルで 185m となる。

壁損失が 41dB (RC 壁：厚さ 150mm) の場合に所要離隔距離は、同一チャンネルで約 1km、次隣接チャンネルで 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は現状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・使用チャンネル・壁損失)を一元的に管理し、ロボット無線システムとの運用調整の仕組みを利用することで、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	同一チャンネル	隣接チャンネル	次隣接チャンネル
所要離隔距離 (ITU-R Traditional)	23,348 m	1,170 m	185 m
所要離隔距離 (ITU-R Thermally efficient)	4,249 m	213 m	49 m
所要離隔距離 (RC 壁：厚さ 150mm)	1,313 m	68 m	27 m

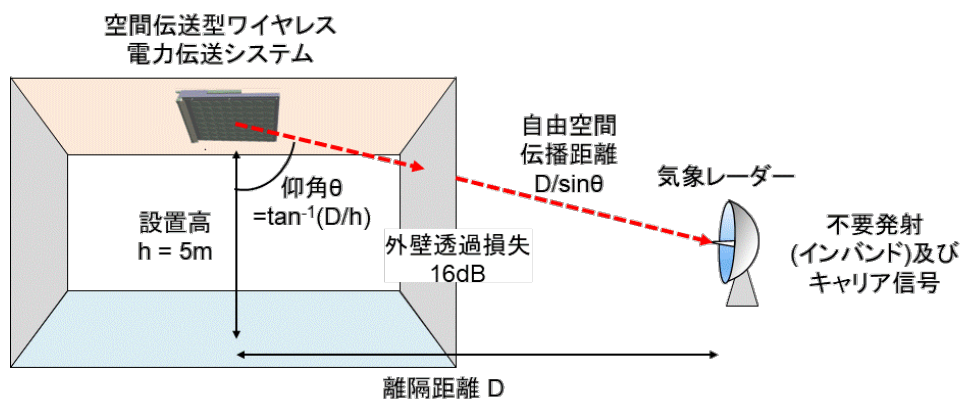
(6) 気象レーダー

(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の帯域内、送信信号が、気象レーダーの帯域外干渉とした検討を実施した。

また、気象レーダーに対する影響を及ぼさない所要離隔距離は、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)、送信信号に対しては-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、壁損失は、ITU-R Traditional モデルである 16 dB、気象レーダーへの干渉が最大となる条件として、気象レーダーの設置地上高 0m、指向性減衰量 0dB とした。



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、所要離隔距離は 137.2m となった。

キャリア信号の気象レーダーの帯域外への干渉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所要減衰量 157.0dB、所要離隔距離は 3,308m となり、不要発射に対する所要離隔距離を上回る。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（天井設置及び壁損失: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の設置を制限する区域とすることで共用可能となる。

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
所要離隔距離	m	137.2

表参 6.6.2 気象レーダーとの共用検討結果(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
所要離隔距離	m	3,308

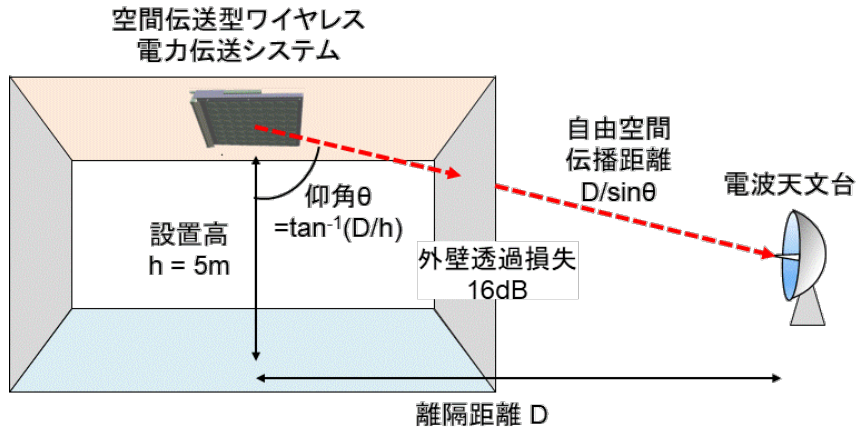
(7) 電波天文

(ア) 共用検討モデル

電波天文との共用検討を図参 6.7.1 に示す検討モデルにより実施した。5.7GHz 帯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近い、臼田観測所 64m 反射鏡（観測周波数 4,995MHz）及び石岡観測所 13.2m 反射鏡（観測周波数 10,650MHz）を検討対象とした。また、電波天文に対する影響を及ぼさない所要離隔距離は、観測周波数 4995MHz 及び 10,650MHz 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、電波天文の許容干渉レベル（-187dBm/MHz, -192dBm/MHz）を下回るために必要な離隔距離とした。

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、壁損失は、ITU-R Traditional モデルである 16 dB、電波天文の設置地上高は 0m としている。



図参 6. 7. 1 電波天文の共用検討モデル

(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、所要離隔距離は 1, 096m であり、石岡観測所は 112dB、所要離隔距離は 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（天井設置及び壁損失: 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 の範囲は、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの設置を制限する区域とすることで電波天文との共用は可能となる。

表参 6. 7. 1 電波天文との共用検討結果

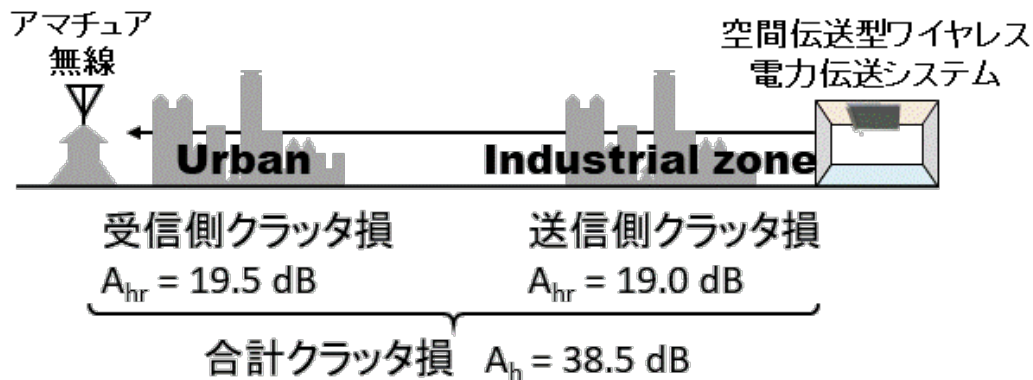
	項目	単位	臼田	石岡	備考
送信パラメータ	(1) 送信空中線電力	dBm	-48.0	-48.0	
	(2) 占有周波数帯域幅	MHz	1.0	1.0	
	(3) 送信空中線利得	dBi	7.0	7.0	
	(4) 指向性減衰量	dB	-39.0	-39.0	Bore sight
	(5) 帯域内発射電力	dBm	-80.0	-80.0	(1)+(3)+(4)
	(6) 帯域内発射電力密度	dBm/MHz	-80.0	-80.0	(5)-10Log[(2)]
受信パラメータ	(7) 受信空中線利得	dBi	0.0	0.0	
	(8) 指向性減衰量	dB	0.0	0.0	
	(9) 電力スペクトルフラックス密度	dB(W/(m ² ·Hz))	-255.0	-255.0	Rec. ITU-R RA. 769-2
	(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) 大気減衰量	dB	0.0	0.0	
	(17) ナイエッジ回折損失	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

(ア) 共用検討モデル

アマチュア無線との共用検討を図参 6.8.1 に示す検討モデルにて、周辺の建物等によるクラッタ損失を見込んだ所要結合量から所要離隔距離を算出した。

伝搬損失は自由空間損失とし、壁損失は、ITU-R Traditional モデルである 16 dB とした。また、クラッタ損失の算出に当たっては、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムが利用される工場・倉庫等は ITU-R 勧告 P.452-16 にて定義される”Industrial”、アマチュア無線が設置される都市部は”Urban”におけるクラッタ損の算出とした。



図参 6.8.1 アマチュア無線局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とアマチュア無線が、同一周波数を利用した際及び 1MHz 以上の離調周波数となる場合について、アマチュア無線の最大空中線利得方向が空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの送信装置と対向した場合の所要離隔距離の算出結果を表参 6.8.1～6.8.2 に示す。また、1MHz 以上の離調周波数となるアマチュア無線で用途としては月面反射通信 (EME) /レピータ/ビーコンとなる。

同一周波数かつ空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムのビームの送信方向とアマチュア無線の空中線 (パラボラアンテナ) の指向方向が一致する場合、約 17.5km の所要離隔距離が必要となる結果となった。この結果より、実運用上のケースにおいて、パラボラアンテナと空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの主方向が向き合った場合には、共用は難しいと考えられる。

表参 6.8.1 アマチュア無線局への干渉レベル評価結果（同一周波数）

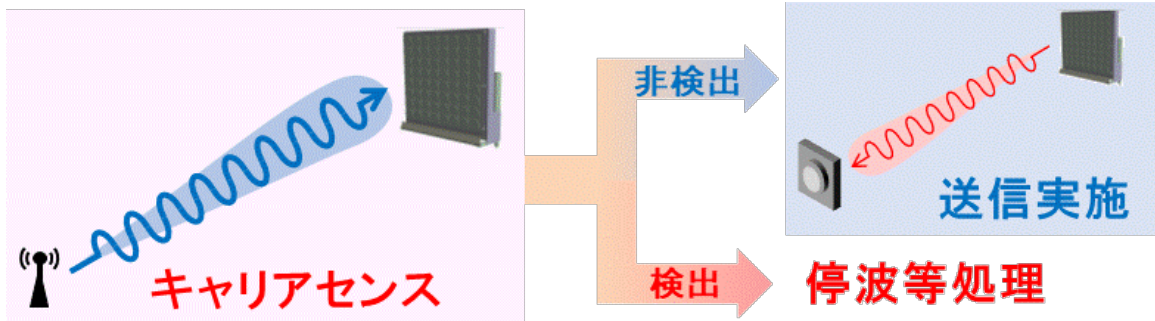
項目	パラボラアンテナ 想定	八木アンテナ 想定	ホイップ アンテナ想定
送信周波数	5,750 MHz		
等価等方輻射電力（無変調波）	70 dBm		
送信指向性減衰量（水平方向）	23 dB		
クラッタ損失	38.5 dB		
アマチュア無線 空中線利得	30dBi	15 dBi	3 dBi
アマチュア無線 指向性減衰量	0 dB		
許容干渉電力	-110 dBm/MHz		
所要離隔距離	17,500m	3,114 m	782 m

表参 6.8.1 アマチュア無線局への干渉レベル評価結果（1MHz 離調）

項目	パラボラアンテナ 想定	八木アンテナ 想定	ホイップ アンテナ想定
送信周波数	5,756 MHz		
等価等方輻射電力（無変調波）	10dBm		
送信指向性減衰量（水平方向）	23 dB		
クラッタ損失	0 dB（離隔距離小のため）		
アマチュア無線 空中線利得	30dBi	15 dBi	3 dBi
アマチュア無線 指向性減衰量	0 dB		
許容干渉電力	-110 dBm/MHz		
所要離隔距離	1,473 m	262 m	66 m

参考資料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、キャリアセンスを不要とした。

また、干渉発生時には、運用調整の仕組みを利用した問合せ等も可能であり、キャリアセンスを不要としても他の無線システムへの影響は限定的であると考えられる。

(2) 2.4GHz 帯

2.4GHz 帯の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。

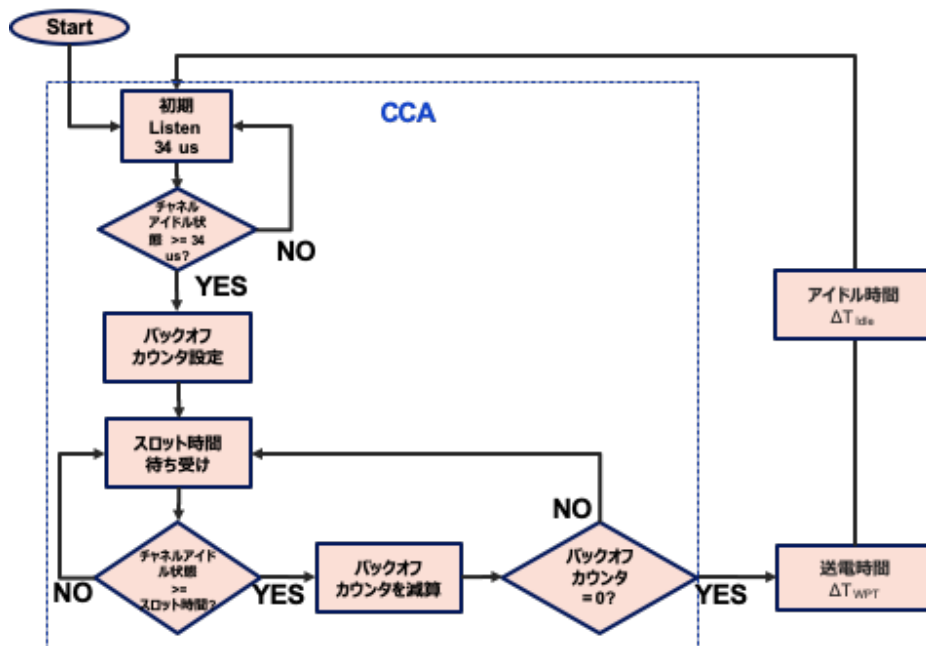
表参 7.2.1 キャリアセンスのパラメータ（2.4GHz 帯）

カテゴリ	項目	パラメータ
センシング時間	CCA 時間 (バックオフ時間を含む)	0.17~99msec (初期 Listen 時間 34us スロット時間 9us バックオフカウンタ 15-1023)
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
送信時間	最長送信バースト時間 (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、送信時間及びアイドル時間の制御フローを図参 7.2.1 に示す。WPT 屋内設置環境に隣接した場所においても、複数の無線 LAN AP 同士のキャリアセンスによるスループットが低下しないように 2.4GHz 帯の空間伝送型ワイヤレス電力システムにおいては、CCA 時間とは別にアイドル時間を設けている。

シミュレーションの結果より、WPT 管理環境の周辺 10m以内が同一管理者の管理でない場

合でもアイドル時間と送信時間を等しくすることで、WPT 管理環境周辺におけるスループットの低下を無線 LAN システム同士より抑制するパラメータとなる。



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 帯の空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの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こととした。

- 共用状態：無線 LAN システムに対するキャリアセンスのセンシング時間 (CCA 時間) と送信時間の比率が 1:2 となるように動作する状態。
- 非共用状態：無線 LAN システムが共用環境に無い可能性が高いと判断した場合に、送信時間を延ばす状態。

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

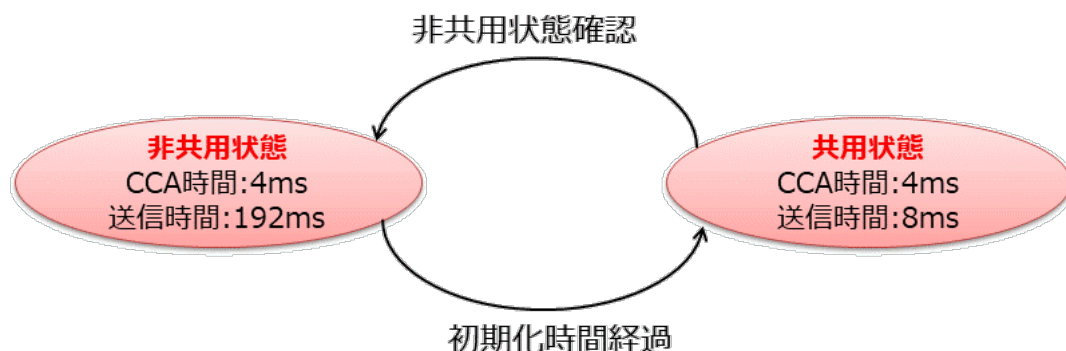
		共用状態	非共用状態	備考
センシング時間	CCA 時間	4msec		
	CCA 初期化時間	5sec		CCA 時間・送信時間を初期化する周期
センシング閾値	隣接チャンネル	-75dBm		5680~5730MHz
	次隣接チャンネル	-72dBm		5570~5680MHz
	次隣接チャンネル以遠	-60dBm		5470~5570MHz
送信時間		8msec	192msec	

共用状態と非共用状態の 2 つの状態は、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送信時間が設定される。

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの標準は、共用状態とし、一定時間のキャリアセンスにより干渉がないと確認された場合のみ、非共用状態へ移行する。ただし、非共用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り、監視・制御を行うものとする。

共用状態から非共用状態への移行条件 (非共用状態との認識) は、「共用状態において連続 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 システムのビーコン平均周期の約 10 倍であり、非共用状態へ遷移するためには「4msec の CCA での Idle 判定とその後の 8msec の電力伝送」を 80 回以上 (1 秒 ÷ [4msec+8msec] ≒ 83 回) 連続して繰り返す必要があるため、検出漏れのリスクを十分に回避できる時間である。また、連続 1 秒間内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、共用状態から非共用状態に最短で遷移し、途中でセンシング閾値以上の信号を検出した場合は、累積時間をリセットするものとする。



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

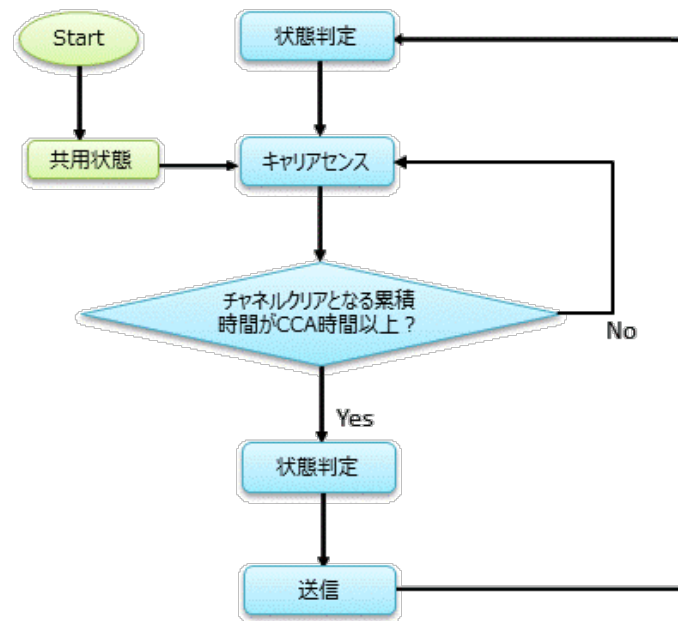
5.7GHz 帯のキャリアセンスの制御フローは図参 7.3.2 に示す。共用状態からスタートし、キャリアセンスと送信を行うごとの状態判定により、キャリアセンス時間及び送信時間のパラメータ更新を行い、キャリアセンスと送信処理を実施する。

また、「非共用状態」の送信時間は 192msec に設定されており、電波法規則における無線 LAN の最大バースト長 (8msec) と比較して長く設定されている。このため、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの長期間の送信により、無線 LAN の送信機会が得られなくなる可能性が懸念されるが、「非共用状態」の運用は、図参 7.3.1 及び図参考 7.3.2 に示した状態遷移図に記載された通り、周囲に無線 LAN システムが運用されていないことが確認された場合においてのみ許容されている。

具体的には、以下の動作となる。

- ・空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの初期状態は「共用状態」から開始され、周囲に無線 LAN システムが存在しないことが確認された場合においてのみ、「非共用状態」へと遷移する。
- ・「非共用状態」での運用期間は、「初期化時間 (5 秒)」により、時間制限が課せられており、定期的に無線 LAN の運用を確認する「共用状態」に遷移する。
- ・「非共用状態」での運用中に周囲で無線 LAN システムが運用され始めた場合には、「非共用状態」から「共用状態」に遷移するまでの間 (最大 5 秒)、無線 LAN システムの通信機会が得られにくい期間が発生するが、一度「共用状態」に遷移し、無線 LAN を検出した場合には、「非共用状態」には遷移しない。

したがって、周囲の無線 LAN システムへの影響は限定的であり、「WPT 管理環境」内での使用する環境では管理者による対応も可能であることから、実運用上は問題とされないと考えられる。



図参 7.3.2 5.7GHz 帯キャリアセンスの制御フロー

(4) 5.7GHz 帯のキャリアセンスのパラメータ算出

5.7GHz 帯のキャリアセンスのパラメータのセンシング閾値及び送信時間の算出根拠となる導出方法について以下に示す。

センシング閾値及び送信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は、下記の2つの条件を考慮した。

- ・条件1：送信装置からの送信電力によって、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 7.4.1 に示す。図参 7.4.1 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 P_1 、空中線利得を G_1 、伝搬損を L 、被干渉装置の空中線利得を 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 $Prx1$ は $P_1+G_1-L+G_2-L_2$ で表され、これがキャリアセンス閾値 $Th1$ を下回る式(1)となれば、条件1を満足する状態となる。

$$Prx1=P_1+G_1-L+G_2-L_2 < Th1 \quad \text{式(1)}$$

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）が検出する干渉装置の信号電力 $Prx2$ を計算すれば良く、被干渉装置の送信電力 P_2 とすると図参 7.4.1 右側に示すように $Prx2=P_2+G_2-L+G_1$ で表されるため、上記式(1)を代入することで表される。

$$Prx2 < Th1+P_2-P_1+L_2 \quad \text{式(2)}$$

式(2)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。

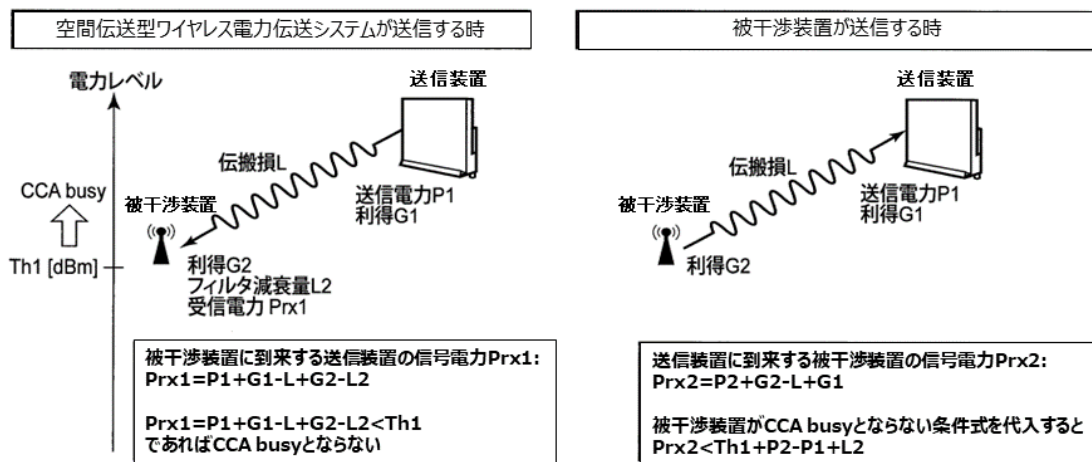
同様に条件2を満たすキャリアセンス閾値の導出を図参 7.4.2 に示す。条件1での関係と同様であるが、図参 7.4.1 でのキャリアセンス閾値 $Th1$ が被干渉装置のデジタル入力レベルで規定されるのに対し、図参 7.4.2 での妨害波規定値レベル $Th2$ は被干渉装置の RF 入力レベ

ルで規定される点が異なる。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。

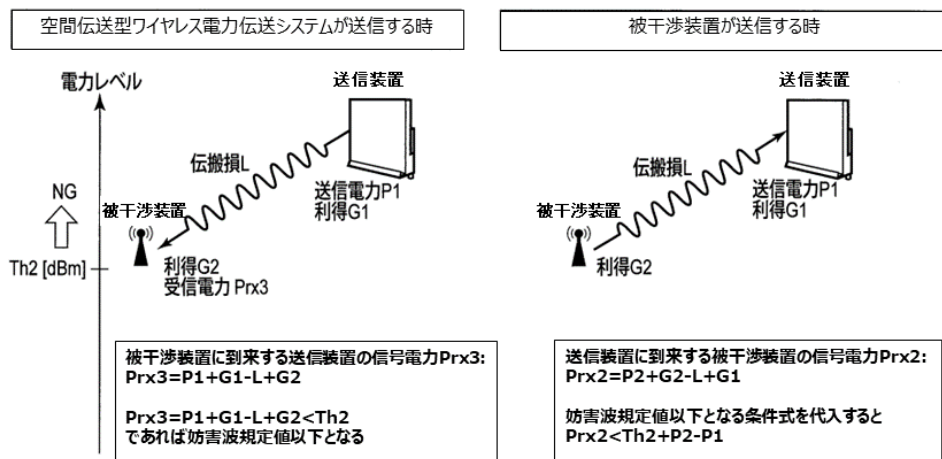
$$\text{Prx2} < \text{Th2} + \text{P2} - \text{P1} \quad \text{式(3)}$$

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 7.4.3 に示す。図参 7.4.3 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 Th1 は、被干渉装置側でのキャリアセンス閾値 (-62dBm)、 P2 は被干渉装置側の送信電力 (19dBm)、 P1 は送信装置の空中線電力 (40dBm)、 L2 は被干渉装置側のフィルタ減衰量 (4 次バターワースフィルタ) とし、さらにマージン M (6dB) を加えた値とした。

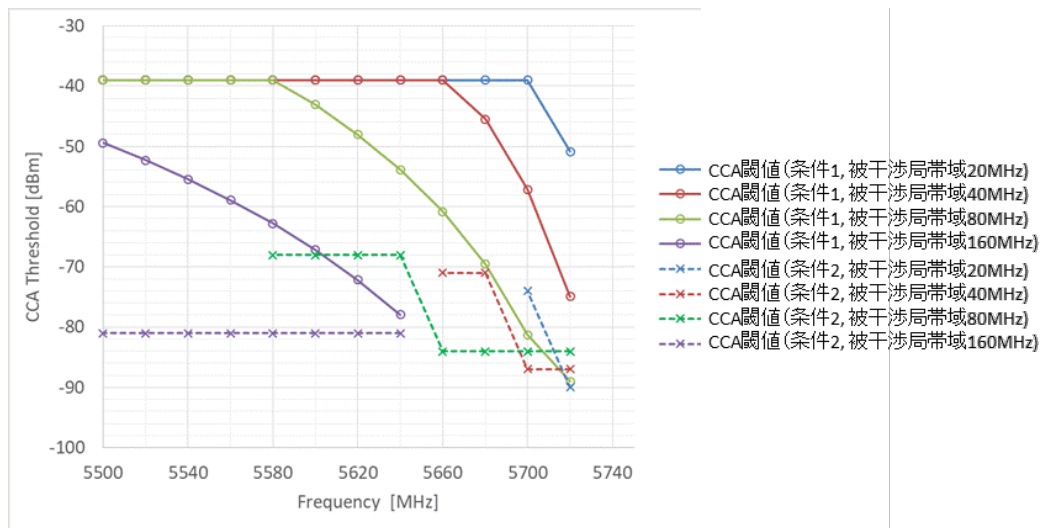
点線は条件 2 を満たすキャリアセンス閾値の計算例であり、式(3)に基づいて算出している。ここで、 Th2 は被干渉装置側の妨害波規定値 (-63dBm：隣接チャンネル、-47dBm：次隣接チャンネル) である。



図参 7.4.1 条件 1 を満たすキャリアセンス閾値の導出



図参 7.4.2 条件 2 を満たすキャリアセンス閾値の導出



図参 7. 4. 1 キャリアセンス閾値の計算例

無線 LAN システム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. 4. 1 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、そ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信号検出をすることになり、送信時間が無くなる可能性がある。そのため、条件 1 及び条件 2 を考慮し、送信時間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 はほぼ満足するが、条件 2 は十分に満たさない可能性がある。具体例としては、閾値未満のレベル (-75dBm 未満) で通信する無線 LAN システムに対して、送信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。

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 システムに対して一定程度の干渉を与えた場合でも、干渉影響が他の無線 LAN システムからの干渉影響と同程度以下であれば、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムと無線 LAN システムとは共用可能といえる。

そのため、共用検討では、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にて、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムからの干渉が、他の無線 LAN システムからの干渉の影響と同程度以下であることを確認した。

参考資料 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）から受電装置へ送信するにあたり、送信装置からのビームを受電装置に向け、効率的に送信する必要がある。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送信が可能となる。

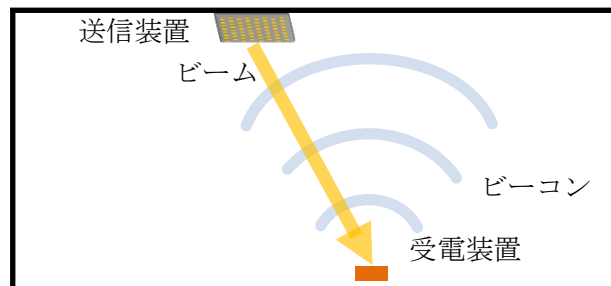
(1) 920MHz 帯

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、広範囲に設置された受電装置へ広く送信を行うことから特定の受電装置の位置推定は実施しないこととする。また、ユースケースによりビーコン信号を必要とする場合には、同一チャネルを使用する RFID システムにおける信号にて代用できることから本システム独自の規定を実施しない。

(2) 2.4GHz 帯

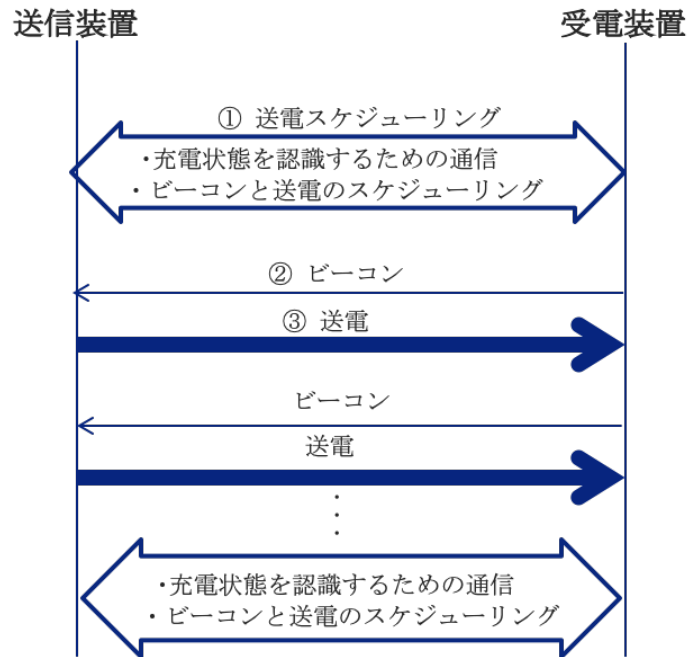
2.4GHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムにおける受電装置からのビーコン信号は、本システムと同一チャネル帯を使用する 2.4GHz 帯高度化小電力データ通信等の既存無線システムによる電波を使用して行うものとして本システム独自のシステムは実施しない。また、2.4GHz 帯高度化小電力データ通信を例にビーコン信号として使用する場合のフローを図参 8.2.2 に示す。

2.4GHz 帯高度化小電力データ通信で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方式による発出した電波をビーコン信号として、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム（送信装置）の空中線にて受信した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

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ことで受電装置の認識を行うものとする。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を例として送信装置と受電装置間の通信を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

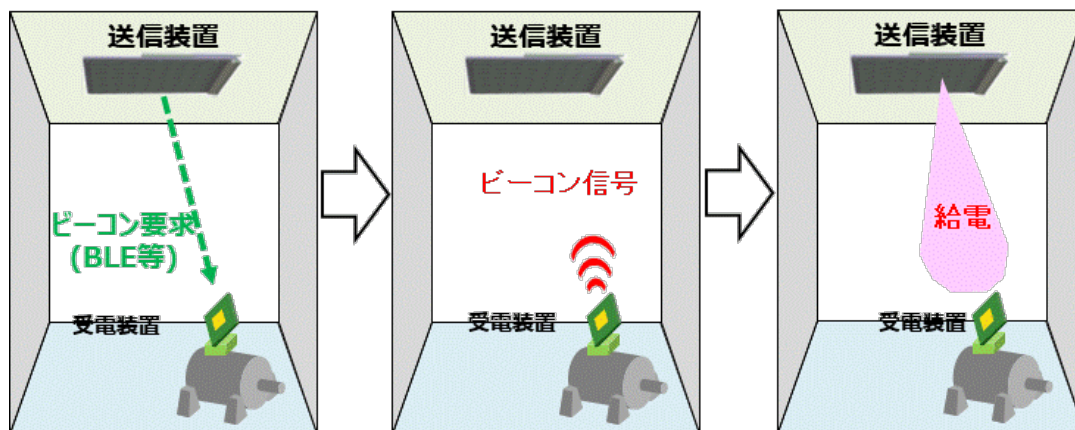
通信の種類	①スケジューリング	②ビーコン	③送信
帯域幅	2MHz	2MHz	100kHz
最大電力	3.2 mW	10 mW	15W
最大空中線利得	6 dBi	2 dBi	24 dBi
送信方向	双方向	受電装置から 送信装置	送信装置から 受電装置

(3) 5.7GHz 帯

(ア)位置推定の制御フロー

5.7GHz 帯の空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの送信では、受電装置に向けたビーム形成を行う必要がある。そのため、ビーム形成（指向方向を決める）は、送信に使用する周波数と同一周波数による受電装置からのビーコン信号を利用して送信空中線のビーム形成を構成する。また、制御無線通信による受電装置の位置情報から送信装置からの受電装置の方向を推定する方法を想定している。

しかし、いずれの方法においても送信装置と受電装置との間では、制御用の無線通信を行う必要があり、ビーコン信号と制御通信のイメージを図参 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、受電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、既存システムを用いるものとし、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規定に基づき、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、受電装置より送信するビーコン信号のみを規定する。

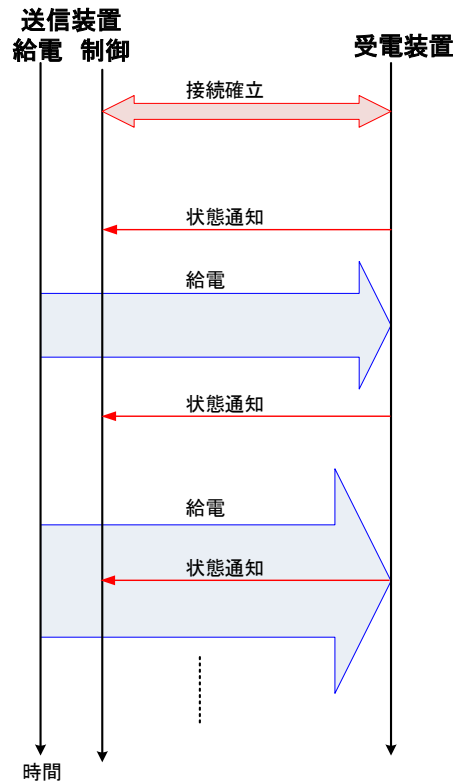
受電装置と送信装置の間では、制御用無線通信により以下のような機能を実施する。

- ・ 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知照
- ・ 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一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 となり、送信装置と受電装置との間では、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電装置の位置推定を行い、空中線のビームを形成する。

- 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、受電位置情報等の必要なデータを送信装置に通知する。また、状態通知は、送信中に行われてもよい。
- ③ 送信：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送信する。

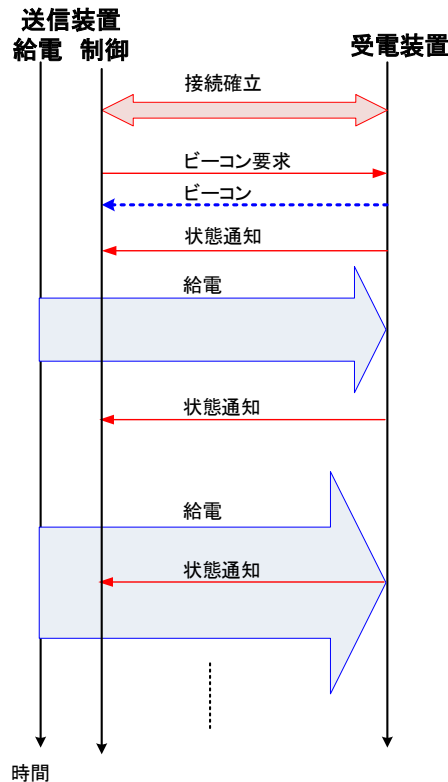


図参 8.3.2 5.7GHz 帯システムにおける制御フロー例 1

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。この場合の送信装置と受電装置との間では、以下の 5 つのやりとりが行われる。また、送信装置は、ビーコン信号をもとに受電装置の位置推定を行い、空中線のビームを形成する。

- 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。また、状態通知は、送信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電装置にビーコン要求信号を通知する。送信装置と受電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電装置の ID が含まれている。
- ④ ビーコン信号：受電装置は、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 送信：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送信する。

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電装置に向けた空中線の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、制御用無線通信等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送信効率への影響を考慮し、10msec 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送信距離 10m を考慮し、受信装置から送信されたビーコン信号を受信した送信装置が、伝搬路を推定して空中線のビームを形成するために必要な所要値である。また、受信装置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、等価等方輻射電力が 0dBm 以下となる範囲で、効率的に空中線利得を選択できるものとする。

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 100msec とする。ただし、ビーコン信号を使って空中線のビームを形成した後は、送信環境が変化しない限り、同じ空中線のビーム形成にて送信を行うため、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ものとする。

これは、固定の場所に設置された受信装置に対して送信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により、ビーコン信号の時間占有率を低く抑えられるためである。

(ウ) 受信装置のビーコン信号と他の無線システムとの共用について

ビーコン信号を送信する受信装置は、送信装置と比較して等価等方輻射電力 (EIRP) の上限が 0dBm と低いため、他の無線システムへの影響は、送信装置が支配的であり、送信装置が共用条件を満たしていれば、受信装置も十分に共用可能である。

しかし、無線 LAN システム等は、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムと WPT 屋内設置環境又は隣接する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と所要離隔距離について検討した。

受電装置のビーコン信号は最大の等価等方輻射電力が 0dBm と既存無線 LAN システムと同程度である。そのため、キャリアセンスを実施しても、無線 LAN システム同士のキャリアセンスと同等と考えられる。

しかし、無線 LAN システム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 システムとは、同一周波数を使用しないことから同一チャンネルでのキャリアセンスは不要とした。

無線 LAN システムが使用するチャンネルと隣接チャンネルとなる場合は、無線 LAN システムの隣接チャンネルの妨害波規定値は-63dBm であり、ビーコン信号の等価等方輻射電力 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」の合算値に等しい結果となる。そのため、受電装置と無線 LAN システムが、壁を介して 1m 以上離れていれば、妨害波規定値以下の干渉量となる。

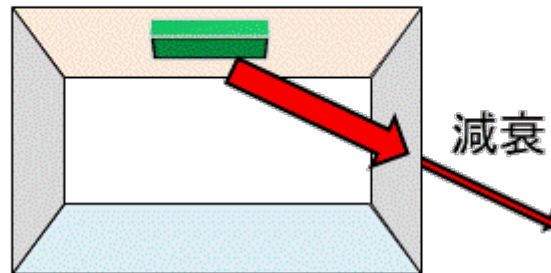
そのため、ビーコン信号による WPT 屋内設置環境外の無線 LAN システムとは共用可能となり、受信装置のキャリアセンスは不要とした。

参考資料 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、屋外設置や他建物等に設置されるため、図参 9.1.1 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、壁損失について検討を実施した。

空間伝送型ワイヤレス 電力伝送システム



図参 9.1.1 壁による屋外への減衰

(2) ITU-R にて定義される損失モデル

標準的な壁損失として、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 9.2.2 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 9.2.1 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 9.2.2 空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムで利用する 3 周波数帯に対する計算結果

	920MHz	2450MHz	5750MHz
Lh (Traditional)	12.5 dB	14.2 dB	16.0 dB
Lh (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。壁損失については、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 9.3.1 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 9.3.1 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
中央値	13 dB	22.5 dB	42 dB

(4) 窓等の壁以外の損失

窓ガラスによる通過損失については、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、ワイヤー等の金網を封入した網入りガラスは 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ことで 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壁損失は、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、工場等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た。但し、920MHz 帯に関しては、RFID システムにて干渉検討に使用されている厳しい値 10dB 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）等は厚さや製造メーカーによる差が発生する壁損失については、実際の測定結果、メーカーによる評価データ又は今後の標準化動向による損失値を個別の共用検討にて使用できるものとする。ただし、使用材料、設置状況等により変わり得ることを踏まえ、時宜を得た確認を実施する必要がある。

表参 9.5.1 干渉検討に使用する壁損失

	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 ガラス等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等の対策を実施することで、壁損失以上の通過損失を確保された環境とした屋内使用環境となる対策を行うものとする。

また、表参 5.9.1 の値以上とする壁損失においては、実際の通過損失を測定した場合にはその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こととした。

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)

参考資料 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) はすべて底が 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。

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

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方法として、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 (European Conference of Postal and Telecommunications Administrations) 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 で使用する干渉局と被干渉局との間の伝搬モデルは、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. 2. 1 に示す。

表参 10. 2. 1 SEAMCAT 秦式モデルで用いる伝搬損失計算式

距離範囲	環境	周波数範囲	伝搬損失
$d \leq 40\text{m}$			$L = 32.4 + 20 \log f + 10 \log \left[d^2 + \frac{(H_b - H_m)^2}{10^6} \right]$
$100\text{m} \leq d$	都市	$30\text{MHz} < f \leq 150\text{MHz}$	$L = 69.6 + 26.2 \log(150) - 20 \log \left(\frac{150}{f} \right) \\ - 13.82 \log(\max\{30; H_b\}) \\ + [44.9 - 6.55 \log(\max\{30; H_b\})] (\log(d))^\alpha \\ - a(H_m) - b(H_b)$
		$150\text{MHz} < f \leq 1500\text{MHz}$	$L = 69.6 + 26.2 \log(f) \\ - 13.82 \log(\max\{30; H_b\}) \\ + [44.9 - 6.55 \log(\max\{30; H_b\})] (\log(d))^\alpha \\ - a(H_m) - b(H_b)$
		$1500\text{MHz} < f \leq 2000\text{MHz}$	$L = 46.3 + 33.9 \log(f)$

			$-13.82\log(\max\{30; H_b\})$ $+ [44.9 - 6.55\log(\max\{30; H_b\})](\log(d))^\alpha$ $- a(H_m) - b(H_b)$
		2000MHz < f ≤ 3000MHz	$L = 46.3 + 33.9\log(2000) + 10\log\left(\frac{f}{2000}\right)$ $-13.82\log(\max\{30; H_b\})$ $+ [44.9 - 6.55\log(\max\{30; H_b\})](\log(d))^\alpha$ $- a(H_m) - b(H_b)$
	郊外		$L = L(\text{Urban})$ $-2 \cdot \left\{ \log \left[\frac{(\min\{\max\{150; f; 2000\}\})^2}{28} \right] \right\} - 5.4$ <p>※ L(urban) は都市部の伝搬損失値</p>
	開放		$L = L(\text{Urban})$ $-4.78 \cdot \{\log[\min\{\max\{150; f; 2000\}\}]^2$ $+ 18.33 \cdot \{\log[\min\{\max\{150; f; 2000\}\}]\}$ $- 40.94$ <p>※ L(urban) は都市部の伝搬損失値</p>
40m < d < 100m			$L = L(0.04)$ $+ \frac{[\log(d) - \log(0.04)]}{[\log(0.1) - \log(0.04)]} \times [L(0.1) - L(0.04)]$

ここで

$$a(H_m) = (1.1\log(f) - 0.7) \cdot \min\{10; H_m\} - (1.56\log(f) - 0.8) + \max\left\{0; 20\log\frac{H_m}{10}\right\}$$

$$b(H_b) = \min\left\{0; 20\log\frac{H_b}{30}\right\}$$

$$\alpha = \begin{cases} 1 & d \leq 20\text{km} \\ 1 + (0.14 + 1.87 \times 10^{-4} \times f + 1.07 \times 10^{-3} \times H_b) \left(\log\frac{d}{20}\right)^{0.8} & 20\text{km} \leq d \leq 100\text{km} \end{cases}$$

である。

f: 周波数 [MHz, 30~3000MHz]

h₁: 送信局空中線高 [m]

h₂: 受信局空中線高 [m]

$$H_b = \max\{h_1; h_2\}$$

$$H_m = \min\{h_1; h_2\}$$

d: 距離 [km, ~100km]

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。

また、 h_1 、 h_2 が 3m 以下、 d が 300m 以下のような SRD (Short Range Device) の場合における補正係数 $b(H_b)$ には次式を用いる。

$$b(H_b) = (1.1 \log(f) - 0.7) * \min(10, H_b) - (1.56 \log(f) - 0.8) + \max\left(0, 20 \log\left(\frac{H_b}{10}\right)\right)$$

なお、表参 10.2.3 に示されている環境 (土地区分) は都市部の場合は建物等が密集している地域のことを示す。郊外の場合は樹木、家屋等の散在する田園地帯、郊外の街道筋など移動局近傍に妨害物はあるが密集していない地域のことを示す。開放地場合は電波の到来方向に高い樹木、建物の妨害物がない開けた地域のことを示す。目安として前方 300~400m 以内が開けているような畑地、田地、野原などが該当する。

本調査検討では、「都市モデル (SRD)」を使用した。

(3) クラッタ損失

無線システム間の干渉評価として、無線設備周辺の建物影響として勧告 ITU-R Rec. P. 2108 及び勧告 ITU-R Rec. P. 452-16 で示されるクラッタによる伝搬損失を使用しており、クラッタ損失 (A_h) の計算式を表参 10.3.1 及び表参 10.3.2 に示す。また、勧告 ITU-R Rec. P. 2108 は、3GHz までの算出方式、勧告 ITU-R Rec. P. 452-16 は 50GHz までの算出式となる。

表参 10.3.1 において、 A_h は周辺環境により計算式が異なり、都市、住宅環境、森林等、比較的高いクラッタが想定される環境においては式(1)を、海や農村部等、高いクラッタが存在しない環境においては式(2)を利用する。また、算出に際し利用する周辺の道路幅は、国内における道路の 84% を占める市町村道の平均が 3.7m、5% を占める国道の幅の平均が 7.8m であるが、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムのユースケースである、倉庫及び工場の周辺環境を踏まえ、ITU-R 勧告のデフォルト値 27m を使用する。道路幅が狭いとよりクラッタ損失は大きくなるため、安全方向での評価とした。また、クラッタ高は、いずれも 20m として算出している。

表参 10.3.1 クラッタ損失の算出式 (ITU-R Rec. P. 2108)

<p>(1) Urban / Suburban</p> $A_h = J(v) - 6.03 \text{ (dB)}$	$J(v) = 6.9 + 20 \log(\sqrt{(v - 0.1)^2 + 1} + v - 0.1)$	
	$v = K_{nu} \sqrt{h_{dif} \theta_{clut}}$	
<p>(2) Rural / Open</p> $A_h = -K_{h2} \log\left(\frac{h}{R}\right) \text{ (dB)}$	$h_{dif} = R - h \text{ (m)}$	
	$\theta_{clut} = \tan^{-1}\left(\frac{h_{dif}}{w_s}\right) \text{ (}^\circ\text{)}$	
	$K_{h2} = 21.8 + 6.2 \log(f)$	
	$K_{nu} = 0.342 \sqrt{f}$	
		<p>f: 周波数 (GHz) w_s: 周辺道路の幅 (m) h: (WPT)アンテナ高 (m)</p>

表参 10.3.1 クラッタ損失の算出式 (ITU-R Rec. P. 452-16)

$$A_h = 10.25 F_{fc} \cdot e^{-d_k} \left(1 - \tanh \left[6 \left(\frac{h}{h_a} - 0.625 \right) \right] \right) - 0.33 \text{ [dB]}$$

$$F_{fc} = 0.25 + 0.375 \{ 1 + \tanh[7.5(f - 0.5)] \}$$

d_k : アンテナからクラッタポイントまでの距離(ITU-R規定値) [km]

h : 地面からのアンテナ高 [m]

h_a : 地面からのクラッタ高(ITU-R規定値) [m]

f : 信号周波数 [GHz]

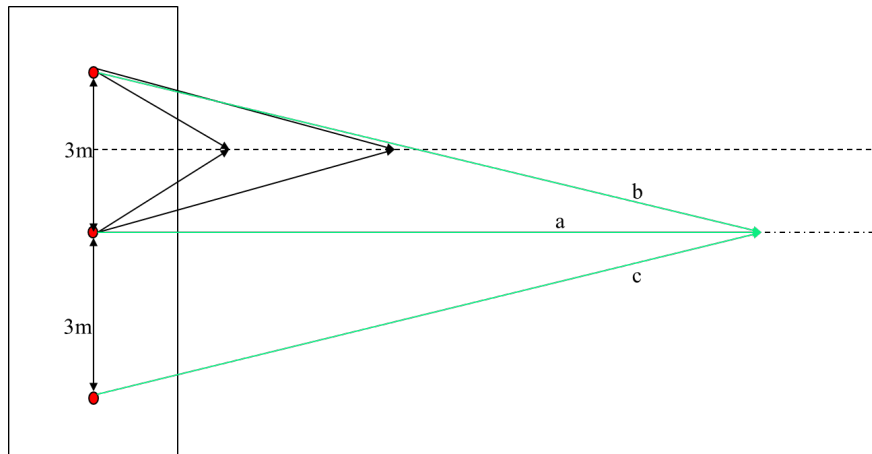
参考資料 1 1 : 複数送信による空間影響について

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る。基本的な空間合成の考え方について整理し、位相を考慮しない複数送信による影響のシミュレーション検討を実施した。

(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の任意の空間上で同相合成となる環境では、干渉量が増加する可能性がある。この場合、送信装置から発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。

3 台の場合は、位相差が $\lambda/4$ の場合には合成加算され、こ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、2.4GHz 帯にて約 145m、5.7GHz 帯にて約 346m となる。(図参 11.1.1)



図参 11.1.1 同相合成となる距離条件

送信装置から発射される電波の位相は、無変調波であり、位相周期が揃うのは、2つの電波がベクトル的に加算される周期の差を $\lambda/4$ 以下であり、そのためには、数 10p~100ps の時間差での位相周期の開始が必要であり、同期を取るための補助装置 (1PPS 信号等) がな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、ビームフォーミングアンテナを使用する。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こと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らない。また、可変位相器等の 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であ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、同一指向性でも発射された電波には、位相差が生じる。

複数台装置による干渉は、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ことから 2 台を超える干渉合成は許容値以下になる。

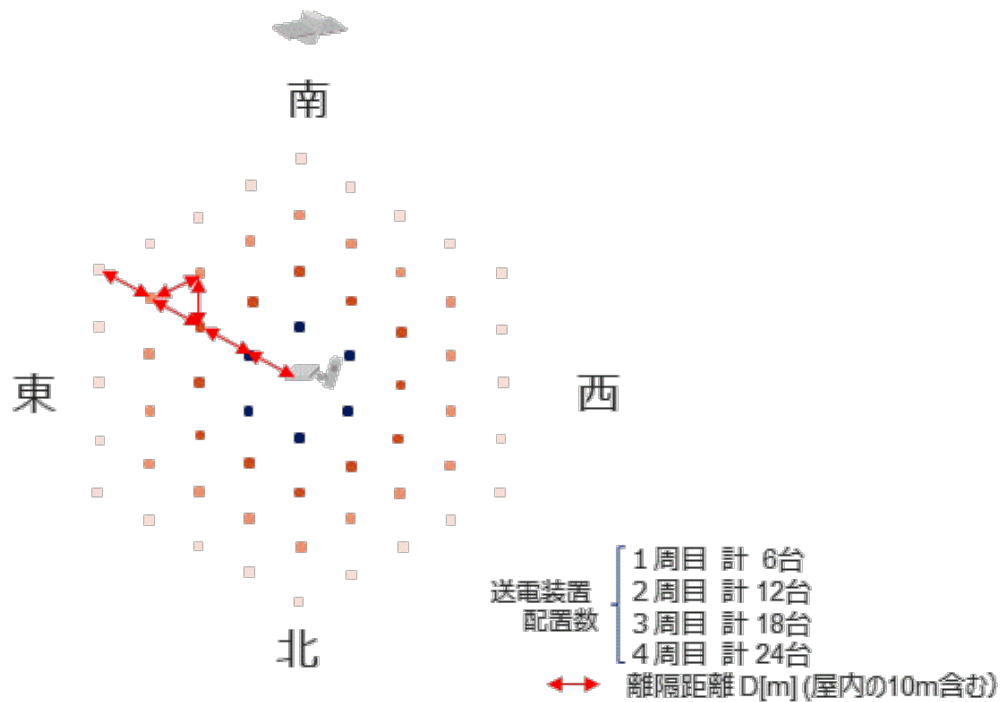
また、2 台の送信装置の合成でも同期を考慮すると同相合成は、極めて低い確率でしか発生しない。

(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 11.2.1 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
	空中線利得	空中線指向性による	
	メインローブの角度 (度)	N/A	60
伝搬路	壁損失 (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	
	空中線利得 (dBi)	12.6	
	設置地上高 (m)	0 及び 1.5	
	指向性減衰量	空中線指向性による	



図参 11.2.1 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 11.2.2~11.2.5 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。

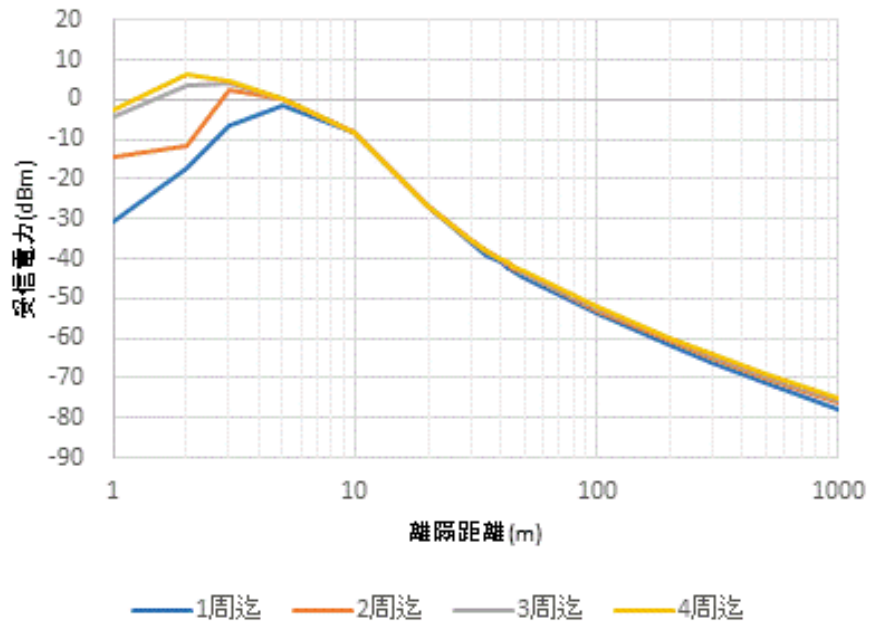


図 11.2.2 複数台による帯域内干渉電力（端末地上高 0m）

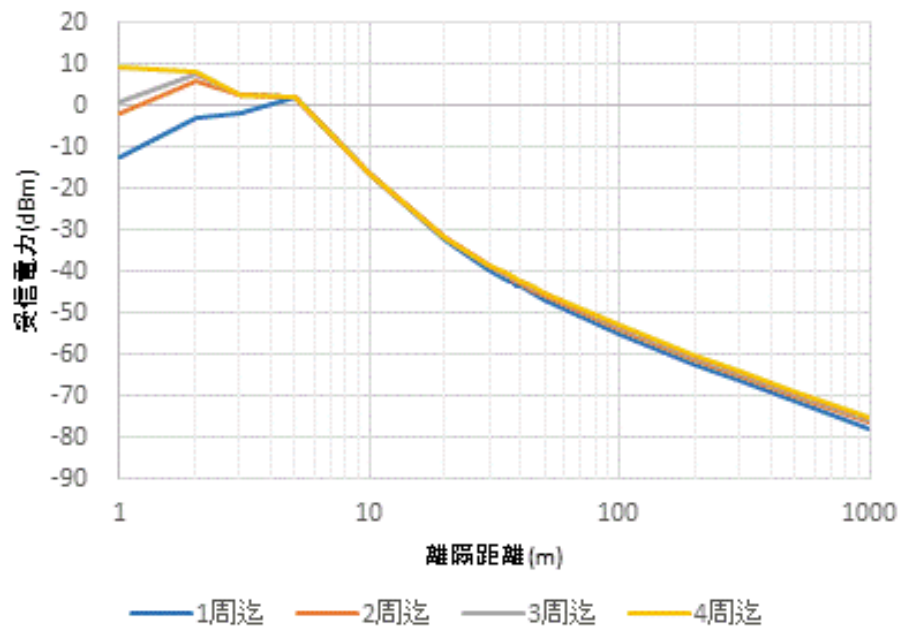


図 11.2.3 複数台による帯域内干渉電力（端末地上高 1.5m）

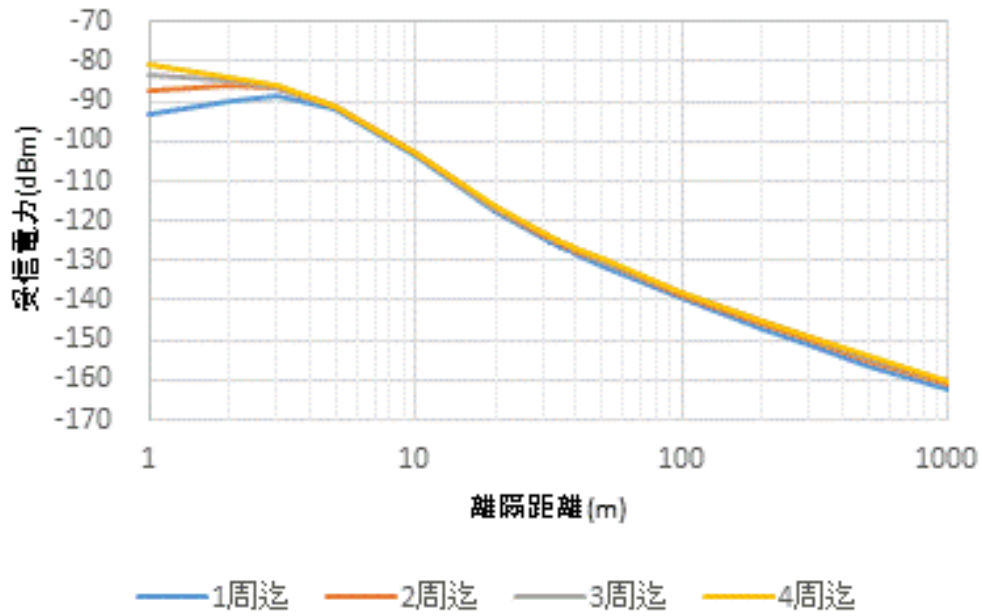


図 11. 2. 4 複数台による帯域外干渉電力（端末地上高 0m）

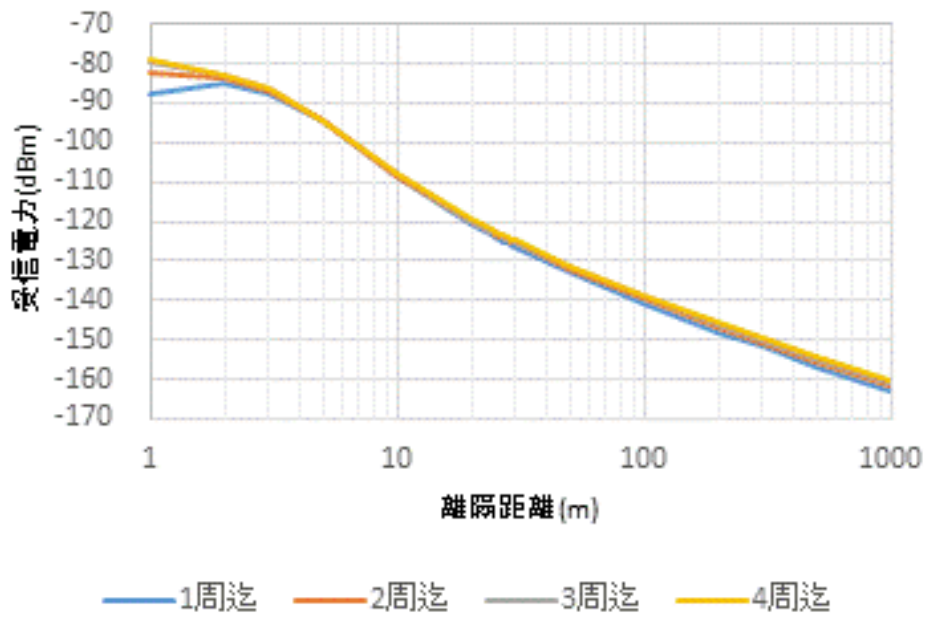

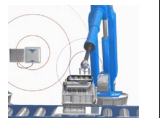

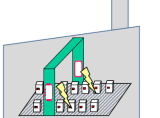



図 11. 2. 5 複数台による帯域外干渉電力（端末地上高 1.5m）

参考資料 1 2 : 920MHz 帯 1W 以下無線局の取扱いについて

(1) 920MHz 帯におけるユースケース

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と RFID システムでのユースケースを比較したものを図参 12.1.1 に示す。RFID システムについては一部屋外での使用も許可されているがユースケースとしては重複する状態となる。しかし、無線システムとしての使用目的がセンサ等への充電となる空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムか通信となる RFID システムとしたものとなっており、送信装置の操作に関しても特段の知識や操作方法を用いないユースケースを想定している。

	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)	
使用環境	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)
ユースケース					 一機内に複数設置可能な機器 (サブライチエーションマシメント) 移動車両による設備点検

図参 12.1.1 920MHz 帯でのユースケース

(2) 920MHz 帯の周囲への影響

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と RFID システムの要求基準を比較したものを表参 12.2.1 に示す。送信電力及び等価等方輻射電力は、同じであるが空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムは、RFID システムと比較して、本システムにて限定した壁損失を見込める使用環境の「WPT 屋内設置環境」として屋内での使用に限定されたものとなっている。

そのため、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの 1W 送信装置では、RFID システムの機器を空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム向けとして簡易な変更にて対応させると予想される。そのため、従来から使用されている機器での実績を考慮すると設計等のミスにより、想定外の動作が発生するなどの不良や想定外の発振等の発生は少ないと考えられる。

また、屋内での使用に限定されたものとなる空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムでは、他の無線システムへの影響は、RFID システムと比較して少ないものとなっており、何らかの原因で壁損失が見込まれない環境で使用されたとしても他の無線システムへの影響は RFID システムと同等であり、運用調整の仕組みを利用することで使用場所等が判る環境であることから他の無線システムへの影響は少なく、限定的なものになると考えられる。

表参 12. 2. 1 RFID システムとの要求基準の差

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)
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)	← (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	管理環境	一般環境	一般環境	←
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	可能	可能	不可能	可能	←
人がいる時の送電	有り	有り	有り	←	←
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)	← (介護施設等のWPT一般環境 と同一)	←
送電変調方式	規定しない (NON, G1Dなど)			←	←
占有帯域幅	200kHz			200kHz	←
帯域外領域における スプリアス 放射強度の上限値	710MHz 以下 710MHz を超え900MHz 以下 900MHz を超え915MHz 以下 915MHz を超え915.7MHz 以下及 び923.5MHz を超え930MHz 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。)	-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 要放射強度の上限値	-29dBm/100kHz			←	←
受電側からの送信信号	あり (ボックスキャット通信・BLEなど)			あり (ボックスキャット通信)	←
受電側からのビーコン 信号	なし			←	←
キャリアセンス方式	なし			登録局のみあり	←

(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の影響は、RFID システムと比較しても限定的なものであると想定される。一方、RFID システムでは、無線局の免許等手続きに際して、無線設備の基準認定制度による特定無線設備に該当し、簡易な操作に該当するとして無線従事者の配置は不要とされている。

本検討となる空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの 1W 以下となる 920MHz 帯の機器に関しては、他の無線システムを含めた周囲への影響と機器の操作に関しては RFID システムと同等以下であることから 920MHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの普及の推進と申請者の負担軽減等から「特定無線設備」及び無線従事者の配置を不要とすることが望まれる。

