資料 93-4-2

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
「920MHz 帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの屋外利用等に係る技術的条件」

令和 7 年 8 月 6 日

目　次

Ⅰ　検討事項 ３
Ⅱ　委員会及び作業班の構成 ３
Ⅲ　検討経過 ３
Ⅳ　検討概要 ４
第１章　検討の背景 ４
1.1　現行制度の概要 ４
1.2　製品化に関する状況 ５
1.3　国際制度化・標準化動向 １０
1.4　現行制度の課題と新たな利用ニーズ １３
1.5　市場動向 １８
1.6　用語の解説 ２０
第２章　第 2 ステップの概要 ２２
2.1　拡張する WPT システムの概要 ２２
2.2　要求条件 ２３
第３章　他の無線システムとの周波数共用の検討 ３０
3.1　920MHz 帯における共用検討対象システム ３０
3.2　共用検討パラメータ ３２
3.3　他の無線システムとの周波数共用条件 ３３
3.4　電波防護指針等への適合性 ５２
3.5　その他留意事項 ５５
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 ５６
4.1　屋外型 WPT システムの技術的条件 ５６
4.2　屋外型 WPT システムの測定法 ６０
4.3　特定小電力型 WPT システムの技術的条件 ６３
4.4　特定小電力型 WPT システムの測定法 ６６

第５章　　今後の検討課題等 ６９
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 ７３
参考資料２：設置環境等 ７８
参考資料３：屋外型 WPT システムにおける共用検討 ８０
参考資料４：特定小電力型 WPT システムにおける共用検討 ９０
参考資料５：キャリアセンス・送信時間制限装置 １０４
参考資料６：対象システムにおける電波の安全性 １０７
参考資料７：共用条件検討で使用した伝搬モデル １１１

Ⅰ　検討事項

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（以下「委員会」という。）は、情報通信審議会諮問第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」のうち「920MHz帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの屋外利用等に係る技術的条件」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90回（令和7年3月13日）

920MHz帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの屋外利用等について検討するために作業班の開始を承認した。

イ　第　回（令和　年　月　日）

ウ　第　回（令和　年　月　日）

2.　作業班

ア　第9回（令和7年4月9日）

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、920MHz帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの屋外利用等に係る技術的条件に関する検討の背景や共用検討の状況等について説明があり、議論が行われた。

イ　第10回（令和7年6月27日）

920MHz帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムについて、特定小電力型のキャリアセンス、屋外型、特定小電力型の共用検討の状況等について説明があり、議論が行われた。

ウ　第11回（令和7年7月23日）

報告案について説明が行われ、議論の結果、必要な修正を行った上で報告案として取りまとめられた。

Ⅳ　検討概要

第１章 検討の背景

1.1 現行制度の概要

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム（以下「空間伝送型 WPT システム」という。）は、2019 年 12 月に「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の諮問がなされ、導入に向けた検討が開始された。2020 年 7 月に「空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの技術的条件」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」に関する一部答申が出された。

この一部答申において、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とされたことを受け、2021 年 5 月には「空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの運用調整に関する基本的な在り方」が公表され、2022 年 1 月には空間伝送型 WPT システムの運用調整を支援する「ワイヤレス電力伝送運用調整協議会（以下、「JWPT」という。）」が設立された。

その後、2022 年 5 月 26 日に電波法施行規則の一部を改正する省令が施行され、空間伝送型 WPT が、無線電力伝送用の構内無線局として、920MHz 帯、2.4GHz 帯、5.7GHz 帯の 3 周波数帯にて初めて実用化された。

2022 年 9 月に 920MHz 帯を使用した空間伝送型 WPT システムに用いる無線局が初めて免許され、以降の空間伝送型 WPT システムの利用は、主に PoC（Proof of Concept：概念検証）などのセンサネットワーク等への実証評価で利用され、工場品質を支える環境センサ、介護や見守り、オフィス空間などの検出センサ等の給電に幅広く利用されている。また、オフィス空間などビルマネジメント分野においては、センサをメッシュ状に配置し、人の有無の検知、最適な空調制御などを行うための各種の環境・生体情報センサを組み合せたセンサ群の電源に利用されている。

920MHz 帯を使用した空間伝送型 WPT システムは、伝搬損失が小さく、広い空中線指向特性から広範囲に設置されたセンサへの給電が期待できる。1 対多の給電に適しており、使用電力の少ないセンサ等（温度湿度、照度、CO2 濃度などの環境センサや、ドア開閉、漏水、人の有無などの検知センサ）への給電に使用し、センサからのデータ収集もワイヤレス通信にて行うことで、ケーブルレスで設置・配置を可能としている。センサへの給電に場所を選ばず使用できることから BEMS（Building Energy Management System）を初めとした、様々なビルシステムと連携するビルマネジメントにおいて多く利用されている。また、高圧受電設備等の受配電盤内での温湿度や、異常検知、状態監視用などにおけるセンサへも後付けの設置が容易であり、電池交換が不要となるため、このようなケースでも利用されている。

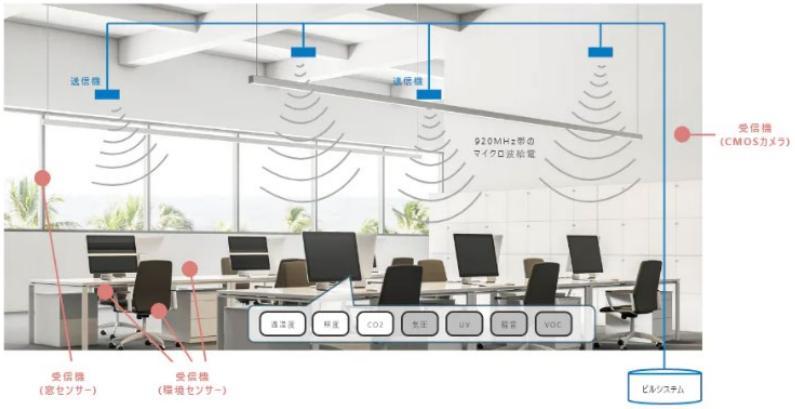


図 1.1.1　ビルマネジメントでの利用例

空間伝送型 WPT システムの普及は、2022 年の制度開始から 920MHz 帯を中心に主に PoC として、ひとつの広い設置空間に複数の送電装置を使用した運用形態で導入されており、空間伝送型 WPT システムとしての構内無線局は、470 局（2025 年 3 月現在、JWPT HP より引用）を超え、開局・運用されている。

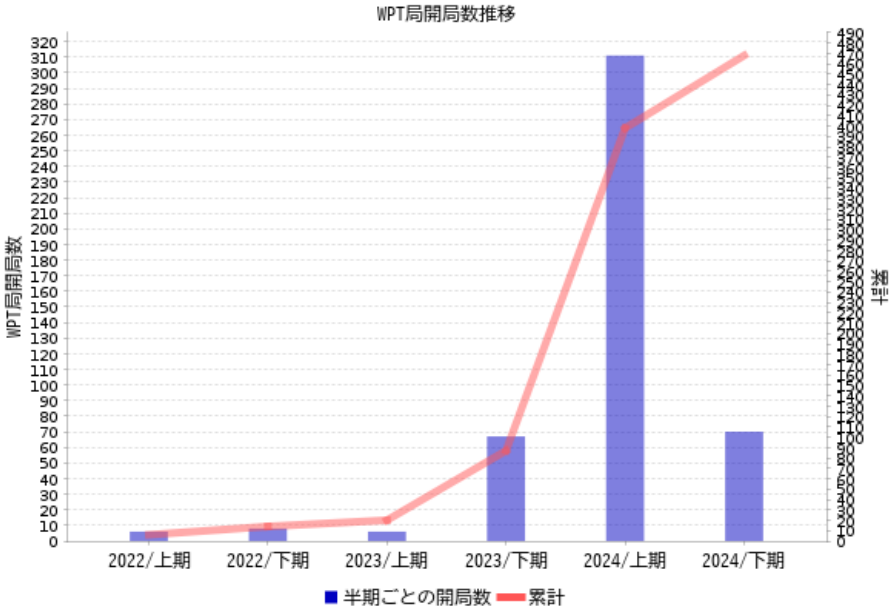


図 1.1.2　空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの開局数の推移

1.2 製品化に関する状況

1.2.1　国内の製品化の動向

920MHz 帯空間伝送型 WPT システムの給電対象は、数 μW～数 mW の電力で動作するセンサ機器が主である。伝搬損失が小さい 920MHz 帯では、送電距離は約 5～6m 離れた受電装置に対して、ブロードな固定指向性を持つ空中線により 1 対多の給電が可能となる。広範囲に設置されるセンサへの給電が中心であり、センサネットワークの電源として利用されている状況である。

920MHz 帯を使用した空間伝送型 WPT の国内製品では、送電装置としてオフィス等の天井内装材や床の OA フロアと並行になる形で設置したものや、照明用ダクトレールに取り付けるタイプなど既存施設への施工負荷を抑えたものや設置が容易な製品が販売されている。

図 1.2.1　天井設置／照明用ダクトレール設置　WPT 送電装置※1

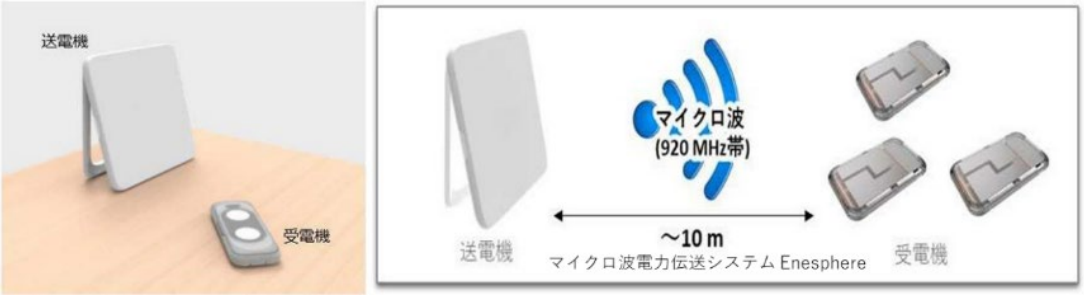


図 1.2.2　卓上・壁面設置型　WPT 送電装置※2

受電装置については、多くが送電装置と対として製品化されており、極薄の環境センサや人が身に着けた状態でも高効率に動作する受電装置など、カードタイプ、人体装着タイプ、液晶表示タイプ、基板タイプなどの様々な形態の受電装置について、製品化が進められている。

図 1.2.3　受電装置（環境センサ）※1

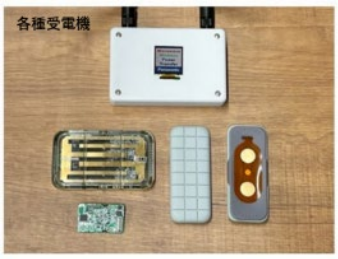


図 1.2.4　各種の受電装置例※2

受電装置に使用するための半導体デバイスでは、受信した電波を DC 電源に変換する整流用 IC デバイスも国内メーカにて製品化が進められており、ヒ化ガリウム（GaAs）素子を使用した高効率デバイスなどの開発・製造が進んでいる。

※1　：引用元　https://aeterlink.com/services/building_management/
※2　：引用元　https://news.panasonic.com/jp/press/jn220324-3

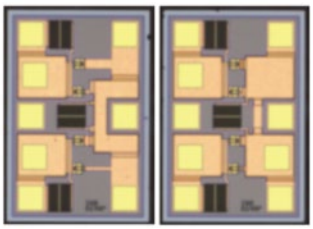


図 1.2.5　920MHz 帯　微弱電力対応整流器※3

また、920MHz 帯 WPT 装置の機器仕様は RFID システムと同等であることから、RFID のリーダー／ライターの設計ノウハウを活かした WPT 装置の開発委託なども行われている。

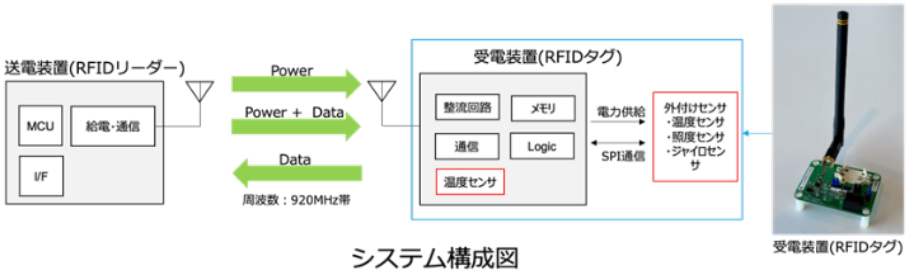


図 1.2.6　920MHz 帯 WPT 装置の構成提案例※4

1.2.2　北米における製品化の動向

米国やカナダの北米地域では、ベンチャー企業による空間伝送型 WPT 機器の製品化が進められている。周波数帯域は 915MHz 帯付近であり、無線周波数デバイス（FCC　Part15）や ISM（Industrial, Scientific, and Medical）機器（FCC　Part18）として、免許不要な機器として製品化されている。給電用途は、日本国内と同様に小型 IoT センサの電源やバッテリー充電が主流となっている。

表 1.2.1　北米地域における 920MHz 帯付近の製品化および開発状況

会社名	製品名	周波数帯	仕様（送電電力、距離など）	制度での認可状況	その他	参考サイト
Powercast	UBIQUITY	902-928 MHz	3W EIRP、アンテナ利得6dBi Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS) modulation	FCC (Part 15) and ISED (Canada) certified FCC Grant (Search FCC ID YESPCR91501)	周波数ホッピングにより他の電子機器への干渉を低減できることが特徴	https://www.powercastco.com/transmitters/
	POWERSPOT	915MHz帯 (周波数固定)	3W EIRP、アンテナ利得6dBi Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) modulation	FCC (Part 15) and ISED (Canada) certified FCC Grant (Search FCC ID YESTX91503)		
	POWERCASTER	915MHz帯 (周波数固定)	1W or 3W EIRP、アンテナ利得8dBi Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) modulation	FCC (Part 15) and ISED (Canada) certified FCC Grant (Search FCC ID YESTX91501B,YESTX91511B)	付属機器を利用して伝送距離を最大15mまで伸長可能	
Energous	PowerBridge LITE/PRO	907-920MHz	送電電力　1W、2W	FCC Part 18		https://energous.com/products/devices/
	WattUP PowerBridge	917.5MHz	送電電力　最大15W			https://ir.energous.com/news-releases/news-release-details/energous-breakthrough-fcc-approval-15w-wattup-powerbridge
WiGL	(開発段階)	915MHz帯、2.4GHz帯	送電電力 1-3 W 伝送距離　10 feet以上		Energousと技術連携	https://wi-gl.com/technology/

FCC (Part 15)：無線周波デバイス(RADIO FREQUENCY DEVICES) とされる非意図的放射装置（Unintentional Radiators）と意図的放射装置（Intentional Radiators）とされる免許を要しない無線デバイス
FCC (Part 18)：ISM機器(Industrial, Scientific, and Medical equipment)と呼ばれる工業(Industrial)、科学(Scientific)、医療(Medical)の目的で使用される機械

※3　：引用元　https://www.nisshinbo-microdevices.co.jp/ja/about/info/20240220.html
※4　：引用元　https://www.fujitsu.com/jp/group/mtc/activity/wpt/

また、WPT 装置の送電特性は、国内の現行制度の等価等方輻射電力（EIRP）4W と同程度なものが多いが、空中線電力 15W と高出力な製品も開発されている。

図 1.2.7　Powercast 社の WPT 送電装置※5

図 1.2.8　Energous 社の WPT 送電装置※6

1.2.3　他の諸外国の製品化および開発状況

(1) 欧州地域での状況

欧州地域では、大学や研究機関にて主に WPT システムの研究等が進められているが、空間伝送型 WPT システムの製品化を進めている企業や 920MHz 帯を使用した WPT 装置の研究を行っている機関については、見受けられない状況である。

(2) アジア地域での状況

APT（Asia-Pacific Telecommunity:アジア・太平洋電気通信共同体）の AWG（Asia-Pacific Telecommunity Wireless Group: アジア・太平洋電気通信共同体無線グループ）より 2022 年に承認された APT 調査レポート（APT/AWG/REP-122 “APT Survey Report on radio frequency beam WPT”）では、APT 加盟国のうち、日本を含む 8 か国から空間伝送型 WPT の利用や制度化などの状況について回答があり、レポートとしてまとめられた。

このレポートでは、ミャンマー、カンボジアの 2 か国にて、920MHz 帯を使用した WPT 装置が検討、計画または、規制の対象として市場に出回っているとの回答となっている。また、規制対象としては、ISM 機器等の免許不要局として実施とされている。

韓国内では空間伝送型 WPT システムとして制度化はされていない状況である。しかし、ベンチャー企業（WARP Solution 社）からは 920MHz 帯を利用し、同時に 12 台の受電器への送電を可能とする機器が製品化されている。

※5　：引用元　https://www.powercastco.com/transmitters/
※6　：引用元　https://energous.com/products/devices/
https://ir.energous.com/news-releases/news-release-details/energous-breakthrough-fcc-approval-15w-wattup-powerbridge

図 1.2.9　韓国 WARP Solution 社の WPT 送電装置※7

※7　：引用元　https://warpsolution.com/en/products-en/rf-charging-tx-en/baron-en/
https://warpsolution.com/en/products-en/rf-charging-tx-en/bridgeon-en/

1.3 国際制度化・標準化動向

1.3.1 ITU-R SG1 及び WP1A における動向

表 1.3.1 に ITU-R SG1 及び WP1A における空間伝送型 WPT 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、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 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の電力送信にて、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）として維持されてきたレポート案を、アプリケーションに特化させ、再構成することで、レポート ITU-R SM.2392-0（“Applications of wireless power transmission via radio frequency beam”）として発行された。また、2021 年 6 月にレポート ITU-R SM.2392-1 として、改訂され、日本の空間伝送型 WPT システムにおける諮問第 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」（平成 30 年 12 月 12 日諮問）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」（令和 2 年 7 月 14 日）に記載された IoT センサなどのアプリケーション例を日本から提案し、改訂に反映された。

空間伝送型 WPT システムに特化した共用検討については、レポート ITU-R SM.2505（“Impact studies and human hazard issues for wireless power transmission via radio frequency beam”）として 2022 年 6 月に発行されている。このレポートでも同じく、日本の諮問第 2043 号に明記されたセンサネットワーク（工場でのセンサへの給電、介護ホーム内等での管理用センサへの給電等）、モバイル機器及びウェアラブル機器への給電をユースケースとし、他の無線システムとの共用検討について、検討方法や結果が明記されている。また、レポート ITU-R SM.2505 と並行して行われた利用周波数帯の ITU-R 勧告化に向けた議論として、勧告 ITU-R SM.2151（“Guidance on frequency ranges for operation of wireless power transmission via radio frequency beam for mobile/portable devices and sensor networks”）が 2022 年に承認されている。表 1.3.2 に空間伝送型 WPT システムとして利用される周波数帯の勧告を示す。ここでは、国内で利用されている周波数帯（920MHz 帯、2.4GHz 帯、5.7GHz 帯）の他に、米国提案による 61GHz 帯も挙げられている。また、現在、米国提案による利用周波数の追加として 24GHz 帯の提案がなされており、勧告化に向けて議論がされている状況である。

現在、国際的な無線通信規則（RR：Radio Regulation）では、WPT システムは明確に区分されておらず、新たなカテゴリに盛り込むべきという議論がある。これに関して、WRC-23 会合の結果により、WRC-31 暫定議題「無線電力伝送によって引き起こされる無線通信業務への有害な干渉を避けるための[Non ビーム及びビーム]無線電力伝送の可能な[周波数帯域の]検討」として合意されており、WRC-31 での正式議題化に向けた議論が進められている状況にある。

表 1.3.1　ITU-R SG1 および WP1A における
空間伝送型 WPT システムに関する国際制度化・標準化動向

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	・BEAM.WPTの研究の元になったQuestion 20/2が承認 ・レポート 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	・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および WP1A/WP1B会合	・レポート化のための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および WP1A/WP1B会合	・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および WP1A/WP1B会合	・BEAM.WPTのアプリケーションに特化した新レポートが承認 ⇒　“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レポートITU-R SM.[WPT.BEAM.IMPACT]の作業開始
2016年11月 ITU-R WP1A/WP1B 会合	・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および WP1A/WP1B会合	・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レポートITU-R SM.[WPT.WIDE-BEAM.IMPACT]の作業開始
2019年5月～6月 ITU-R SG1および WP1A/WP1B会合	・新レポートITU-R SM.[WPT.WIDE-BEAM.IMPACT]が新レポート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
2021年5月～6月 ITU-R SG1および WP1A会合	・”Report ITU-R SM.2392-0”の改訂文書が完成・承認、”Report ITU-R SM.2392-1”として発行 【日本の制度化を反映して成立】
2022年6月～7月 ITU-R SG1および WP1A会合	・共用検討に特化した新レポートITU-R SM.[WPT.BEAM.IMPACTS] “Impact study and human hazard issues for Wireless Power Transmission via radio frequency beam”が完成・承認、”Report ITU-R SM.2505”として発行 【日本の制度化を反映して成立】 ・利用周波数に関する新勧告ITU-R SM.[WPT.BEAM.FRQ] “Guidance on frequency ranges for operation of wireless power transmission via radio frequency beam for mobile/portable devices and sensor”の内容が合意され、郵便投票により承認、”Recommendation ITU-R SM.2151”として発行 【日本の制度化を反映して成立】
2023年5月～6月 ITU-R SG１および WP1A会合	・米国より利用周波数帯24GHz帯の追加が提案され、” Report ITU-R SM.2151”および、”Report ITU-R SM.2505”の改訂作業が開始
今後の展開予想	・”Report ITU-R SM.2505”の改訂は、2025年完成の見込み ・” Recommendation ITU-R SM.2151”の改訂は、上記レポートの改訂後に議論される可能性あり。

表 1.3.2　勧告 ITU-R SM.2151 にリストされている
空間伝送型 WPT（BEAM WPT）の利用周波数

Frequency ranges for operation of beam WPT

Frequency range	Suitable beam WPT technologies and applications
915-921 MHz	Wireless charging of mobile/portable devices Wireless powered and charging of sensor networks
2 410-2 483.5/2 486 MHz	
5 725-5 875 MHz	
61-61.5 GHz	

NOTE 1 – The frequency ranges listed in this Table indicate those with possible use for beam WPT, noting that some frequency ranges may not be designated for ISM applications, and may not be available for beam WPT applications in some countries, as a result of the different national allocations and regulatory conditions.

NOTE 2 – In some administrations in Regions 1 and 3, the compatibility study of beam WPT is still ongoing and the available frequency ranges for beam WPT are still under consideration.

1.3.2 AWGにおける状況

アジア太平洋地域における電気通信及び情報基盤の均衡した発展を目的とした地域的な国際機関に当たるAPTのWireless Group会合（AWG会合）においても、WPTにおける議論が行われており、AWG-30（2022年9月）では、アジア・太平洋地域における空間伝送型WPTシステムの技術開発、市場、制度化状況などをまとめたAPTサーベイレポート“APT Survey Report on radio frequency beam WPT”（APT/AWG/REP-122)として、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が承認されている。

また、AWG-31（2023年5月）では、空間伝送型WPTシステムに関するユースケースや技術方式などをまとめたAPTレポート（APT/AWG/REP-133 “APT Report on radio frequency beam Wireless Power Transfer/Transmission (WPT)”）が承認されている。

更に、AWG-34（2025年4月）において、空間伝送型WPTシステムにおける共用検討のAPTレポート “APT Report on impact study for radio frequency beam Wireless Power Transmission (WPT)”(APT/AWG/REP-148)が承認された。このレポートでは、日本を中心としたAPT各国における共用検討の結果がまとめられている。また、同時に日本より提案した今後の共用検討のレポート改訂、利用周波数に関するAPT勧告化に向けた作業計画が、承認されている。

1.3.3 CISPRにおける動向

CISPR B小委員会において、空間伝送型WPTシステム（CISPRではRadio Beam WPTと呼んでいる）の定義をCISPR 11へ追記する米国提案をきっかけに議論が開始された。米国提案に対して、カナダより測定法の提案もなされている。また、オランダ、ノルウェー、IARU（International Amateur Radio Union）からISMバンド内で使用する無線システムへの障害を避けるための出力制限が必要との意見も出された。何故なら現行のCISPR 11ではISMバンドにおいて許容値を規定していない。一方ITU-R勧告SM.2151-0では空間伝送型WPTの規制は各国の主管庁の判断に任されている。このためCISPR 11に追記することには反対の国も多い状況である。そこで、すでに市場に製品が存在し、早期の規格化を望む米国に配慮するかたちで、PAS（Publicly Available Specification：公開仕様書）が2025年4月に承認された。なお、本文書のスコープで空間伝送型WPT機器が無線機器と分類されていない場合のみ本文書が適用できると規定されている。

1.3.4 IEC TC106における電波ばく露評価、測定法の検討状況

30 MHz～300 GHzにおける空間伝送型WPTシステム（TC106ではRadiative WPTと呼んでいる）における電波ばく露に関する評価法（測定、計算）とケーススタディをまとめた技術レポート“Procedures for the assessment of human exposure to electromagnetic fields from radiative wireless power transfer systems - measurement and computational methods (frequency range of 30 MHz to 300 GHz)”がIEC TR63377:2022として、2022年11月に承認された。現在、IS（International Standard:国際規格）化に向けた議論が進められている。

1.4 現行制度の課題と新たな利用ニーズ

1.4.1　現行制度の課題

現行制度における 920MHz 帯空間伝送型 WPT システムでは、ビルマネジメント等における環境センサや工場で利用される検知センサ等の小電力機器に活用されているが、更なる普及拡大に向けては、以下の課題を有している。

① 屋外（既定の減衰量を有しない壁等で一部区画された屋内空間を含む）での利用

物流倉庫などの荷積みのためにトラックが出入りする一部区画が開放された空間、人が出入することにより常時閉空間が担保できない空間（例:ビルのエントランスなど）での給電に使用したいとの要望がある。また、ビルの意匠により窓付近に遮蔽物の設置や窓への遮蔽フィルムの貼り付けが難しい環境での使用が望まれている。

② 免許不要での利用

一般の家電製品（例 : 冷蔵庫などの家電製品）に WPT 装置を組み込んでの利用や移動する車両内 （例: 物流トラックのコンテナ内）での利用、高圧分電盤内等の一時的利用など、場所や利用環境によって、事前の免許申請等の制度での導入が困難なケースでの利用が望まれている。

③ 電力伝送距離の拡大

溶接ロボットのアームなどのセンサ位置が移動するものや、ホテルロビーなどの高い天井に設置した送電装置からの給電など、現行制度の空中線電力では給電能力が不足する利用環境での利用が望まれている。

④ 伝送範囲（面）の拡大

スーパーなどの一般環境において、広範囲に設置されたセンサや電子棚札などに向けての給電利用が望まれている。

本検討では、課題となっている①屋外利用および②免許不要となる 920MHz 帯空間伝送型 WPT システムについての提案を実施した。

③電力伝送距離の拡大に向けた利用は、空中線電力および等価等方輻射電力の増力が必要であり、④伝送範囲（面）の拡大では、送電装置の連係動作が必要となる。現行制度では、RFID システムと同じ周波数を使用していることから、これらの利用拡大には、まだ解決すべき課題があり、今後の課題解決に向けた検討を引き続き行う必要がある。

1.4.2　新たな利用ニーズ

(1) 屋外型 WPT システム利用イメージ

現行制度では、壁損失の確保や遮蔽物を置くなど壁損失の担保が難しい利用環境での利用が望まれており、具体的な利用シーンを図 1.4.1 に示す。

工場や物流倉庫の積荷現場のような、一部区画が開放されている空間やオフィスビルのエントランスの様な入退室により、一時的に開放される空間では、現行制度による壁損失を保証することが困難となっている。また、ビルの屋上や、オフィスにおけるテラス席、小売店の屋外無人販売スペース等も同様に、屋外、完全な屋外ではないものおよび壁等による遮蔽損失が期待できない環境での利用であり、このような環境での利用が望まれている。

一方、屋内の閉空間の場合でも窓などでは、規定の壁損失が望めないが、オフィス外観の意匠の問題などにて、遮蔽物や遮蔽フィルムなどを設置することなく、ビル環境の変更を行わずに利用したいとの要望が出ている。

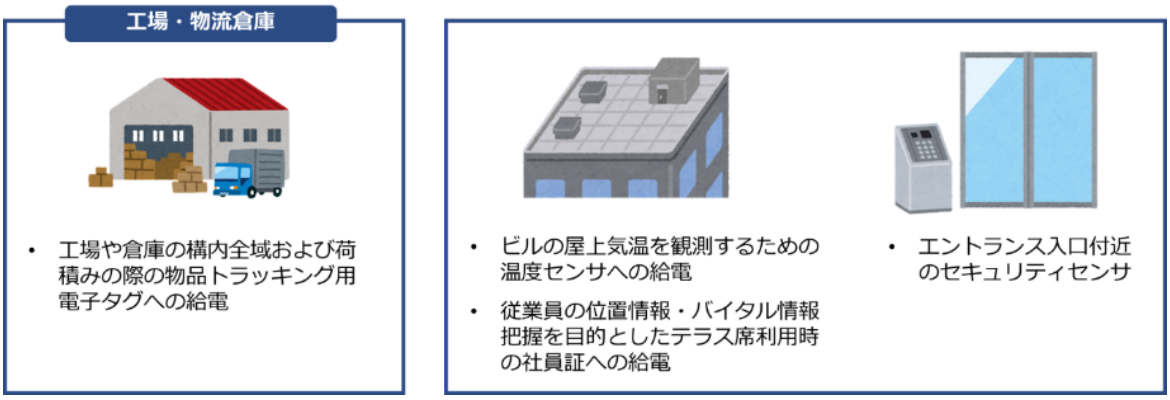


図 1.4.1　屋外型 WPT システム利用イメージ

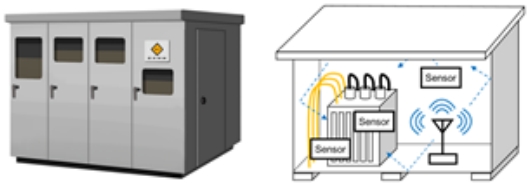
(2) 特定小電力型 WPT システム利用イメージ

現行制度での構内無線局では、設置場所を定め、無線局免許を取得した運用がなされている。一方、図 1.4.2 に示すユースケースでは、家庭・オフィス・公共空間などでユーザが WPT を利用しているという認識を持たずに手軽に使用する場合、移動場所に制限なく利用したい場合および必要な時期や場所を特定せずに即時利用したい場合など、柔軟な利用形態での要望が出ている。

具体的なユースケースと利用条件を図 1.4.3～図 1.4.6 に示す。

図 1.4.2　特定小電力型 WPT システム利用イメージ

- 電力インフラモニタリング
  - 給電対象：環境センサ
  - 送電距離：0.5～3m
  - 受電端末台数：～30台
  - 設置環境：閉空間



- 高圧受電設備等、定期的な点検を要するインフラ設備内の点検コスト削減が求められている
- 高圧充電部等、発熱や電流等のモニタリングが必要になる箇所については通信・電源配線や電池交換が困難であり、ワイヤレス給電によって自立駆動センサが設置可能となる
- 多数のシステムが設置運用され、施工と同時に動作確認が必要であるため、免許制度の無線局として運用することが困難
  参考：キュービクルの台数は全国約80万箇所
- 空間内の電波反射が利用できるため、空中線出力は低減可能

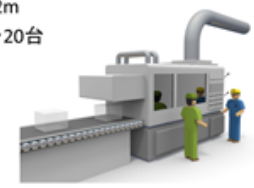
図 1.4.3　電力インフラモニタでのユースケース

- 物流・移動体給電
  - 給電対象：センサタグ
  - 送電距離：0.5～5m
  - 受電端末台数：～50台
  - 設置環境：閉空間・屋外（移動体）

- 物流トラック・コンテナ内の遠隔センシングに利用
- 低温輸送等において一次電池では起電力不足により動作が困難
- タイヤ内部や回転部のモニタリングにおいては電池交換・配線が困難
- 現行の構内無線局制度の場合自動車等に利用不可

図 1.4.4　物流コンテナでのユースケース

- 生産設備モニタリング
  - 給電対象：環境センサ・振動センサ・リミットスイッチ
  - 送電距離：0.1～2m
  - 受電端末台数：～20台
  - 設置環境：屋内



- 生産設備内のモニタリング・トレーサビリティセンサ等において、電池レス・配線レス化のニーズ大
- 回転部や移動部、交換部には配線が困難
- 高温部や防爆構造など特殊環境においては電池動作が困難
- 給電距離は近いものの、設置台数が多いため免許局での運用が困難
- 特定小電力型ワイヤレス電力伝送により、生産設備に多数のセンサを設置でき、生産性向上・品質確保につながる

図 1.4.5　生産設備内でのユースケース

- 住宅・オフィス・公共
  - 給電対象：リモコン・センサ・スマートデバイス
  - 送電距離：0.1～1m
  - 受電端末台数：～10台
  - 設置環境：屋内

- IoT家電等において、センサやリモコン等のアクセサリへの給電
- オフィス等における環境センサへの給電
- 一次電池が多く利用・廃棄されており、環境負荷の観点からワイヤレス給電の利用が期待されている

図 1.4.6　一般家電製品への組込み使用でのユースケース

(3) 屋外型 WPT システムと RFID 陸上移動局とのユースケースの差異

屋外型 WPT システムと RFID 陸上移動局とのユースケースを表 1.4.1 に示す。

本検討による屋外型 WPT システムは、RFID 陸上移動局と同等な特性である。しかし、ユースケースとしては、物流倉庫、集合住宅、オフィスビルなどの構内無線局としての屋外利用であり、構内無線局の利用範囲にて、固定設置した利用を想定している。そのため、RFID 陸上移動局が利用想定している構内を自由に移動してのパッシブタグの識別や不特定の広かれた空間での屋外イベントなどとは異なっており、屋外型 WPT システムと RFID 陸上移動局の利用は異なるものである。

表 1.4.1　屋外型 WPT システムと RFID 陸上移動局とのユースケースの差異

利用空間	WPT一般環境(屋外)	RFID陸上移動局でのユースケース 【参考】
工場・物流倉庫	- 物流倉庫内全域および荷積みの際の物品のトラッキング用電子タグへの給電 - 工場での流量・圧力センサ等への給電	- 入出荷・トレーサビリティ管理を目的としたパッシブタグの識別
集合住宅等	- エントランス等のセキュリティセンサなどへの給電	- 該当なし
オフィスビル	- ビルの屋上気温を観測するための温度センサへの給電 - 従業員の位置情報の把握を目的としたテラス席利用時の社員証への給電	- 該当なし
屋外イベント	- 該当なし	下記を目的としたパッシブタグの識別 - マラソン大会でのタイム計測 - 入退場管理 - 備品管理

(4) 特定小電力型 WPT システムで想定される受電電力

特定小電力型 WPT システムでは、等価等方輻射電力は現行制度 WPT システム（36dBm）の 1/8 となるため、同じ電力を得る送電距離は現行制度 WPT システムの約 35%と短くなる。そのため、現行制度の WPT システムと同様な給電は難しいものの、机上や装置内等の近距離のユースケースにおいての利用には有効である。

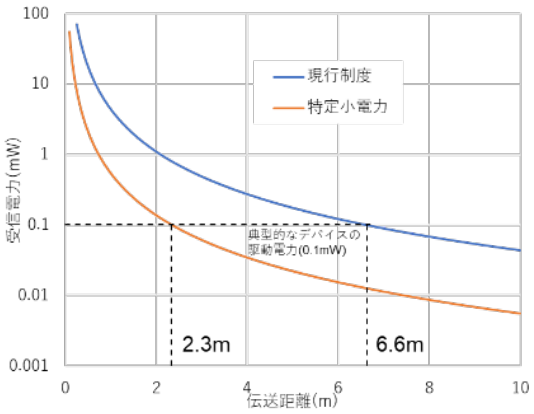


図 1.4.7　特定小電力型と現行制度 WPT システムでの受電電力

また、物流コンテナや受電キュービクルなど、金属等の反射物で囲まれた空間での利用では、周囲からの多重反射により、受電側の適切な設計によっては、自由空間と比較しても伝送距離が

短くなること無く、利用することも可能である。そのため、0.25W の空中線電力であっても、十分な電力供給が得られる利用シーンは数多く存在する。

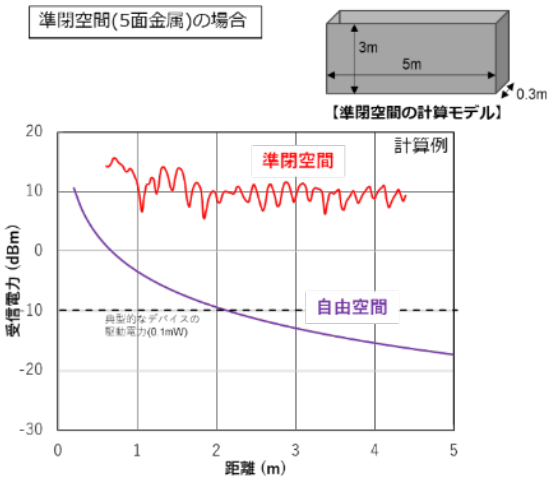


図 1.4.8　金属に囲まれた準閉空間内での受電電力例

(5) 新たな利用ニーズの普及で期待される波及効果

屋外型および特定小電力型 WPT システムで広がる利用ニーズにより、一般家庭、工場などの事業所やオフィスなどでの利用が広がることで、CO_2 排出量が 2030 年度にて、1024 万[t-CO2]の削減が可能との試算もあり、今後の普及に伴う波及効果が期待される。

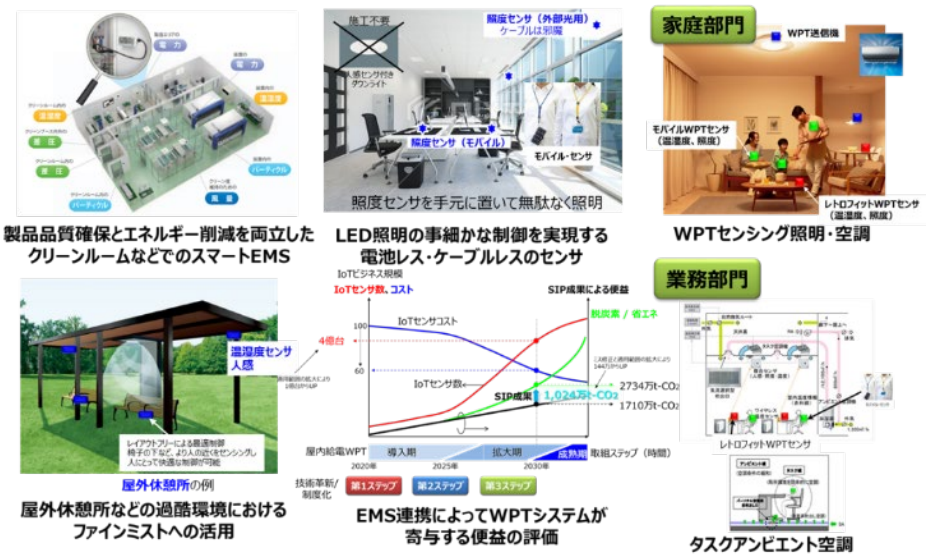


図 1.4.9　WPT システムの利用シーンと便益評価※8

※8 ：引用元　戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第 2 期 IoE 社会のエネルギーシステム　テーマ C-①「センサネットワークおよびモバイル機器への WPT システム」報告書

1.5 市場動向

1.5.1 空間伝送型 WPT システム全体による市場規模と今後の予測

図 1.5.1 に現行制度と本検討を含む空間伝送型 WPT システムにおける WPT 機器の市場規模を示す。

空間伝送型ワイヤレス給電ビジネスは FA・物流機器分野でのさらなる拡大に加え、ビルマネジメント分野や介護・見守り機器などの多様なアプリケーションへの展開などで 2030 年の国内空間伝送型ワイヤレス給電（送電・受電モジュール）市場は 1,685 億円、2040 年には 8,418 億円規模に達するものと予測されている。

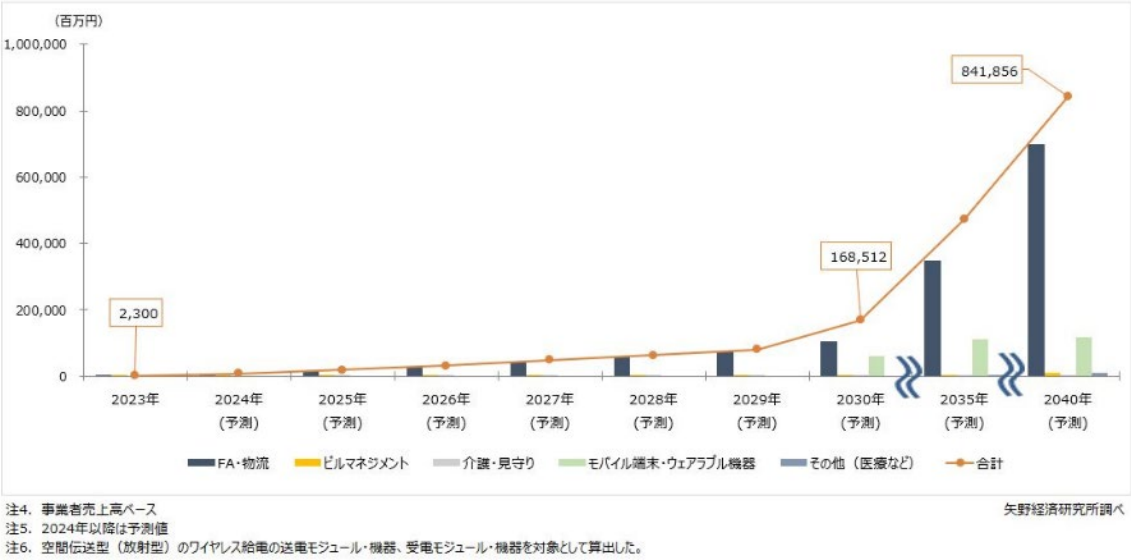


図 1.5.1　国内の空間伝送型ワイヤレス給電（送電、受電モジュール）
の市場規模推移と予測※9

1.5.2 免許不要局による市場規模と今後の予想

前項の WPT 機器における市場予測では、免許不要となる特定小電力型におけるユースケースでの市場は含まれていない。そのため、利用ニーズをもとに、車載コンテナ等の自動車分野、一般家電製品、工場・生産設備での利用およびインフラでのモニタリング利用について、今後の市場予測を含めた市場規模についてブロードバンドワイヤレスフォーラム(以下、BWF)にて試算した。

図 1.5.2 に試算結果を示す。2030 年の特定小電力型 WPT システムの市場は約 70 億円、2045 年には 468 億円規模に達するものと予測する。

※9　：引用元　矢野経済研究所　2024 年版 ワイヤレス給電市場の現状と将来展望 ～非放射型と空間伝送型を中心に～
https://www.yano.co.jp/press-release/show/press_id/3466

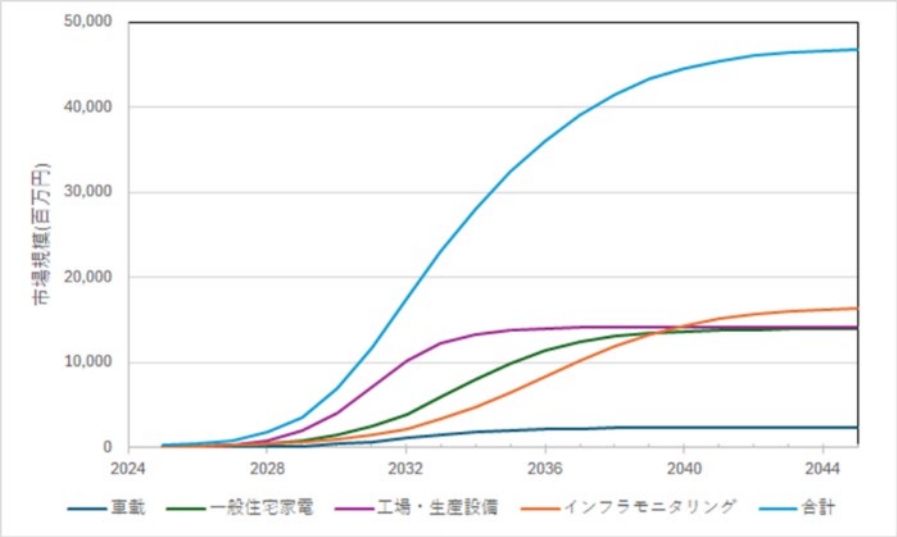


図 1.5.2　国内の特定小電力型ワイヤレス給電の市場規模推移と予測

1.6 用語の解説

本章で使用している用語の解説を表 1.6.1 に示す。

表 1.6.1 用語集

No.	用語	用語解説
1	動作必要電力	センサ、表示器等アプリケーションによる受電方法（アプリ DUT 利得と送信 DUT 損失）を考慮した受電装置が動作に必要な電力を指す。なお、空間を伝送する電力とは異なる。
2	アプリ DUT 利得	動作必要電力として必要とするエネルギーを連続して受信する必要はなく、送信される等価等方輻射電力と伝送距離を踏まえて、アプリケーションにより受信電力とその受信時間の積によるエネルギー量を満足すれば良い。一般的には、必要とするエネルギー量を満足するための受信時間に対する動作必要電力を消費する時間の比率は、数%程度である。この比率を 10%とした場合（充電時間 90 ミリ秒に対して、電力消費時間 10 ミリ秒）センサ等が必要とする電力は、等価的に受信電力の 10 倍となり、これを「アプリ DUT 利得」として定義。
3	送信 DUT 損失	受電側アプリケーション内では、受信した電波を電源として、整流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り、損失が発生する。また、整流効率は、受電する電界強度によっても変動し、その効率は 10%～70%程度と広いものとなる。併せて、2.4GHz 帯及び 5.7GHz 帯では、ビームフォーミングによる指向方向を変えて複数の受電装置へ逐次送信するため、送信空中線からは常に受電装置へ向けて送信していない状況になる。このため、全送信時間に対して、一つのアプリケーションへ向けた送信時間は少ない時間となる。送信空中線は一つの受電装置へ向けて常には送信しておらず、これは全送信時間に対して、一つのアプリケーションへの送信する時間率となり、この時間比はアプリケーション側からの要求指示によるものとなり、アプリケーション側からの充電要求指示により変わるものとなる。 これらは、使用するアプリケーション、ユースケース、制御方式、動作必要電力、受信電力及びこれらの組合せ等にて異なる。 このため、効率による損失、送信時間の比率等を総合して「送信 DUT 損失」として定義した。
4	等価受信電力	送信 EIRP(等価等方輻射電力)、自由空間損失、受信空中線利得から求まる受信電力に「アプリ DUT 利得」及び「送信 DUT 損失」を適用した電力として定義。
5	空間伝送電力	送電空中線の電力と利得（指向性）により決まる等価等方輻射電力（EIRP）と伝送距離、受電空中線の利得（指向性）により決まる電力。
6	受電効率	総時間に対する、総時間から他システムとの共用、電波防護指針遵守のため停波する時間を引いた時間(正味の送信時間)の比。

7	WPT 屋内設置環境	空間伝送型 WPT システムの設置環境として、窓を含めた四方の壁損失が規定の壁損失以上を担保した屋内、閉空間として定義。
8	WPT 屋外設置環境	空間伝送型 WPT システムの設置環境として、壁損失を考慮しない構内（構内無線局として影響の及ぶ屋内外（建物内や屋外の敷地）の構内範囲）として定義。
9	WPT 管理環境（屋内）	WPT 屋内設置環境の区分であり、利用空間を無人（無人と記載しているが、電波防護指針で定義される管理環境のもと安全な範囲にて対応する人は存在する可能性がある）として、「設置環境の定義」として整理した下記 4 項目を満たす使用環境。 ● 屋内、閉空間であること。 ● 電波防護指針における管理環境の指針値を上記、屋内、閉空間内で満足するものとする。（電波防護指針における管理環境の指針値を超える範囲に人が立ち入った際には送電を停止することとする。） ● 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。
10	WPT 管理環境（屋外）	WPT 屋外設置環境の区分であり、利用空間を無人（無人と記載しているが、電波防護指針で定義される管理環境のもと安全な範囲にて対応する人は存在する可能性がある）として、「設置環境の定義」として整理した下記 2 項目を満たす使用環境。 ● 電波防護指針における管理環境の指針値を上記、利用空間で満足するものとする。（電波防護指針における管理環境の指針値を超える範囲に人が立ち入った際には送電を停止することとする。） ● 構内（構内無線局として影響の及ぶ屋内外（建物内や屋外の敷地）の構内範囲）の管理環境に設置される空間伝送型 WPT 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。
11	WPT 一般環境（屋内）	WPT 屋内設置環境の区分の一つであり、WPT 管理環境（屋内）の定義を満たさない使用環境を指す。電波防護指針における一般環境の指針値を満足するものとする。
12	WPT 一般環境（屋外）	WPT 屋外設置環境の区分の一つであり、WPT 管理環境（屋外）の定義を満たさない使用環境を指す。電波防護指針における一般環境の指針値を満足するものとする。
13	管理環境	電波防護指針における管理環境を指す。
14	一般環境	電波防護指針における一般環境を指す。
15	伝送距離	送信装置と受電装置間の距離を指す。

第２章 第２ステップの概要

2.1 拡張する WPT システムの概要

本検討にて実施する 920MHz 帯空間伝送型 WPT システムの利用拡張として検討した屋外型 WPT システムと特定小電力型 WPT システムの概要を表 2.1.1 に示す。

表 2.1.1　拡張する WPT システムの概要

分類	屋外型WPTシステム	特定小電力型WPTシステム
使用周波数	918.0、919.2MHz	918.0、919.2MHz
CH数／帯域幅	2ch / 200kHz	2ch / -
空中線電力	1W	250mW
アンテナ利得	6dBi	3dBi
不要発射の強度の許容値	RFID（1W免許局)と同等	特定小電力RFIDと同等
受電電力	～10mW	0.1mW～20mW
伝送距離	2～10m	0.1～3m
利用環境	・ WPT管理環境（屋内） ・ WPT管理環境（屋外） 【工場、倉庫等】 ・WPT一般環境（屋内・屋外） 【集合住宅、公共施設、オフィス、工場等】	WPT利用環境定義外 (特定小電力)
周波数共用の仕組み	送信時間制限	送信時間制限　および、キャリアセンス
安全性（人体防護）	適合すること	一般環境にて適合すること 注意書き または、設置位置による対策 但し、ユースケースにより、人体の近傍（20cm以内）での使用が想定され場合は、人体への比吸収率について検討
免許条件等	構内無線局(免許局)	特定小電力無線局

2.1.1　屋外型 WPT システムの特性概要

屋外型 WPT システムの特性は、現行制度における 920MHz 帯 WPT システムと同一であり、利用環境を壁損失 10dB の担保する屋内空間から、壁損失を考慮しないとした屋外での利用を可能とした。但し、免許条件となる構内無線局に変更は無く、現行制度と同様に構内の指定された場所への設置とした。

2.1.2　特定小電力型 WPT システムの特性概要

特定小電力型 WPT システムは、RFID システムの 250mW 特定小電力と同等の特性であり、他の無線局との共用条件も同等になる形とした。但し、送信時間制限とキャリアセンス特性を、同一チャネルを利用する構内無線局 RFID 等に対して影響を回避したものとしている。また、RFID や現行制度における 920MHz 帯空間伝送型 WPT システムでは通信も可能とするため変調方式を規定しないとしているが、特定小電力型 WPT システムでは通信を利用しない無変調（NON）のみとしている。

空間伝送型 WPT システムでは WPT 利用環境を定義し、使用する空間伝送型 WPT システムに対して利用環境を規定してきたが、特定小電力型 WPT システムは、特定小電力無線局とした免許不要局での利用となることから、利用環境を定めた利用は難しいとして、WPT 利用環境の定義外とした。

2.2 要求条件

2.2.1　屋外型 WPT システムの特性

920MHz 帯を使用した屋外型 WPT システムの特性案を表 2.2.1～2 に示す。

現行の 920MHz 帯を使用した空間伝送型 WPT システムと比較して変更内容と理由を明確にしており、変更となるのは、設置環境として「WPT 管理環境（屋外）」と「WPT 一般環境（屋外）」を追加し、屋外での利用を可能としている。

表 2.2.1 920MHz 帯　屋外型 WPT システムの特性

	RFID 構内無線局（免許局）	現行制度(第 1 ステップ)	屋外型 WPT システム	現行制度からの変更理由	仕様変更の技術的根拠
使用周波数	916.8MHz、918.0MHz、919.2MHz、920.4MHz、920.6MHz、920.8MHz	918.0MHz 及び 919.2MHz	同左	－	－
送信／通信方式	単向通信・単信・複信・半複信・同報通信方式・	単向通信・単信・複信・半複信・同報通信方式	同左	－	－
変調方式	規定しない	規定しない	同左	－	－
送信装置と受電装置の通信	－	規定しない	同左	－	－
受電装置からのビーコン信号	－	規定しない 他方式通信を使用する	同左	－	－
送信装置の筐体	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	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	同左	－	－
送信空中線	規定しない	規定しない	同左	－	－
設置環境	－	「WPT 管理環境」又は「WPT 一般環境」	「WPT 管理環境（屋外）」又は「WPT 一般環境（屋外）」	屋外での利用を可能としたことによる。	RFID 陸上移動局と同等であり、干渉検討に追加で影響を及ぼすことはない。
キャリアセンス	規定しない	規定しない	同左	－	－
送信時間制限装置	電波を発射してから 4 秒以内に電波の発射を停止し 50 ミリ秒を経過した後でなければその後の送信を行わないこと。 中心周波数を 916.8MHz、918MHz、919.2MHz 又は 920.4MHz とする単位チャネルをのみを使用する場合は不要	「WPT 一般環境」では、電波を発射してから 4 秒以内に電波の発射を停止し 50 ミリ秒を経過した後でなければその後の送信を行わないこと。また、「WPT 管理環境」では、送信時間制限装置は規定しない。	同左	－	「WPT 屋外設置環境」の追加により「WPT 一般環境」を「WPT 一般環境（屋内）」と「WPT 一般環境（屋外）」に、「WPT 管理環境」を「WPT 管理環境（屋内）」と「WPT 管理環境（屋外）」に読み替える
人体検出機能	－	規定しない	同左	－	－
空中線の設置方法	－	規定しない	同左	－	－
電波防護指針への適合	電波防護指針に適合すること	電波防護指針に適合すること 使用環境に合わせて一般環境又は管理環境を適用すること	同左	－	－
周波数の許容偏差	$\pm 20.0\times10^{-6}$ 以内	$\pm 20.0\times10^{-6}$ 以内	同左	－	－
占有周波数帯域の許容値	(200×n)kHz 以下であること。（注　n は、一の無線チャネルとして同時に使用する単位チャ	200kHz 以内	同左	－	－

	ネルの数 n=1～3 とする。）				
隣接チャネル漏えい電力	無線チャネル端において 10dBm 以下、隣接チャネル漏えい電力は 0.5dBm 以下であること	無線チャネル端において 10dBm 以下、隣接チャネル漏えい電力は 0.5dBm 以下であること	同左	―	―
不要発射の強度の許容値	別表による	別表による （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」（令和 2 年 7 月 14 日）表 4.1.1 参照）	同左	―	―
空中線電力	1W 以下	1W 以下	同左	―	―
空中線利得	6dBi 以下 ただし、等価等方輻射電力が 36dBm 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	6dBi 以下 ただし、等価等方輻射電力が 36dBm 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	同左	―	―
空中線指向性	規定しない	規定しない （920MHz 帯は他の無線システムとの干渉検討において、正対においても共用条件が確保できているので、設置向きの制限を設けない。）	同左	―	―
空中線電力の許容偏差	上限 20%、下限 80%	上限 20%、下限 80%	同左	―	―

表 2.2.2 920MHz 帯　屋外型 WPT システムの特性（不要発射の強度の許容値）

周波数帯	現行制度(第1ステップ)		屋外型WPTシステム	
	許容値	参照帯域幅	許容値	参照帯域幅
710MHz以下	-36dBm	100kHz	同左	同左
710MHzを超え900MHz以下	-58dBm	1MHz	同左	同左
900MHzを超え915MHz以下	-58dBm	100kHz	同左	同左
915MHzを超え915.7MHz以下 及び923.5MHzを超え930MHz以下	-39dBm	100kHz	同左	同左
915.7MHzを超え923.5MHz以下 ただし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	同左	同左
930MHzを超え1GHz以下	-58dBm	100kHz	同左	同左
1GHzを超え1.215GHz以下	-48dBm	1MHz	同左	同左
1.215GHzを超えるもの	-30dBm	1MHz	同左	同左

2.2.2　特定小電力型 WPT システムの特性

920MHz 帯を使用した特定小電力型 WPT システムの特性案を表 2.2.3～4 に示す。

現行の RFID 250mW 特定小電力無線システムと比較して変更内容と理由を明確にしており、変更となるチャンネル数、送信／通信方式、変調方式は、電力伝送に特化したシステムとしている。また、キャリアセンスおよび送信時間制限装置については、同一チャネルを利用する構内無線局 RFID 等に対して影響を回避する特性としている。

表 2.2.3 920MHz 帯　特定小電力型 WPT システムの特性

	RFID 特定小電力無線局 (250mW)	特定小電力型 WPT システム	RFID システムとの差異	仕様変更の技術的根拠
使用周波数	916.8, 918.0, 919.2, 920.4, 920.6, 920.8, 921.0, 921.2, 921.4, 921.6, 921.8, 922.0, 922.2, 922.4, 922.6, 922.8, 923.0, 923.2, 923.4 MHz 19 チャネル	918.0MHz 及び 919.2MHz 2 チャンネル	本システムでは複数チャネルを必要としないため。	―
送信／通信方式	応答のための電波を受信できること。	－	電力伝送に特化した無線設備のため。	―
変調方式	規定しない	NON	電力伝送に特化した無線設備のため。	―
送信装置と受電装置の通信	―	規定しない	―	―
受電装置からのビーコン信号	―	規定しない 他方式通信を使用する	―	―
送信装置の筐体	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	同左	―	―
設置環境	－	WPT 環境定義外とする	―	―
キャリアセンス	キャリアセンスレベル-74dBm キャリアセンスを 5 ミリ秒以上実施すること。 （平成元年　郵政省告示第 49 号）	キャリアセンスレベル -74dBm WPT キャリアセンス(連続して 500 ミリ秒のチャネルクリアを検出した場合に送信を可能とする)を備える。	WPT 局と既存の RFID システムの共用のため WPT キャリアセンスを備える。	参考資料 5
送信時間制限装置	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 50 ミリ秒 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。	電波を発射してから 2.5 秒以内に電波の発射を停止し 500 ミリ秒を経過した後でなければその後の送信を行わないこと。	抑圧する可能性があるテレメータ用無線局の通信時間を確保するため 500 ミリ秒以上の送信休止時間を設ける。	参考資料 5
人体検出機能	－	規定しない	―	―
空中線の設置方法	－	規定しない	―	―
電波防護指針への適合	電波防護指針に適合すること。	同左	―	―
周波数の許容偏差	$\pm 20.0 \times 10^{-6}$ 以内	同左	―	―
占有周波数帯域の許容値	（200×n）kHz 以下（n=1,2,3,4,5）	規定しない	無変調であるため。	―
隣接チャネル漏えい電力	無線チャネル端において 4dBm 以下、 隣接チャネル漏えい電力は-5dBm 以下であること	同左	－	－
不要発射の強度の許容値	無線設備規則 別表第三号(第 7 条関係)の 24 の(2)	同左 （参考：別表）	－	－
空中線電力	0.25W 以下	同左	－	－
空中線利得	3dBi 以下 ただし、等価等方輻射電力 27dBm 以下となる場合は、その低下分を送信空中線	同左	－	－

	の利得で補うことができる			
空中線指向性	規定なし	同左	―	―
人体検出機能	－	規定しない	―	―
空中線の設置方法	－	規定しない	―	―

表 2.2.4 920MHz 帯　特定小電力型 WPT システムの特性（不要発射の強度の許容値）

周波数帯	RFID特定小電力無線局 (250mW)		特定小電力型WPTシステム	
	許容値	参照帯域幅	許容値	参照帯域幅
710MHz以下	-36dBm	100kHz	同左	同左
710MHzを超え900MHz以下	-55dBm	1MHz		
900MHzを超え915MHz以下	-55dBm	100kHz		
915MHzを超え915.7MHz以下 及び923.5MHzを超え930MHz以下	-36dBm	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 100(n＋1)kHz以下を除く。)※	-29dBm	100kHz		
930MHzを超え1GHz以下	-55dBm	100kHz		
1GHzを超え1.215GHz以下	-45dBm	1MHz		
1.215GHzを超えるもの	-30dBm	1MHz		

※　n は、一の無線チャネルとして同時に使用する単位チャネルの数とする。
　　特定小電力型 WPT システムにあっては、n=1 とする。

2.2.3　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、現行制度では、屋内利用のみであったことから、送電装置を設置する環境として、表 2.2.5 に示す「WPT 屋内設置環境」を定義した。併せて、送電装置を設置して利用する空間で、無人環境下（電波防護指針で定義される管理環境のもと安全な範囲にて対応する人は存在する可能性がある）でのみ送電を行うか、有人環境下（電波防護指針で定義される一般環境を適用すべき一般人が存在する環境）とするかによる利用空間の人の有無と 4 つの設置環境の定義により、「WPT 管理環境」と「WPT 一般環境」とした区分けにより定義されている。

表 2.2.5　現行制度による WPT 利用環境の定義

条件	WPT 管理環境（屋内）	WPT 一般環境（屋内）
免許条件等	構内無線局	構内無線局
適用周波数帯	920MHz 帯、2.4GHz 帯、5.7GHz 帯	920MHz 帯
利用空間の人の有無	無人 （無人と記載しているが、電波防護指針で定義される管理環境のもと安全な範囲にて対応する人は存在する可能性がある）	無人もしくは有人 （有人の意味は、電波防護指針で定義される一般環境を適用すべき一般人が存在するという意味）
設置環境の定義	「WPT 管理環境」の定義 下記の a～d を全て満たす環境	「WPT 一般環境」の定義 左欄の b～d のどれかを満たさない環境
	a.屋内（※）、閉空間であること。	屋内（※）、閉空間であること。
	b.電波防護指針における管理環境の指針値を満足するものとする。（電波防護指針における管理環境の指針値を超える範囲に人が立ち入った際には送電を停止することとする。）	WPT 一般環境においては、電波防護指針の一般環境の指針値を満たすものとする。
	c.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。	
	d.当該屋内に隣接する空間（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、当該屋内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 帯のみ】	

※窓を含めた「WPT 屋内設置環境」の周囲にある壁損失が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

本検討では、屋外型 WPT システムと特定小電力型 WPT システムの 2 つのシステムを追加するにあたって、図 2.2.1 に示す WPT 管理環境（屋外）、WPT 一般環境(屋外)および WPT システムとしての環境定義外を新たに追加し、利用環境の定義を広げた。

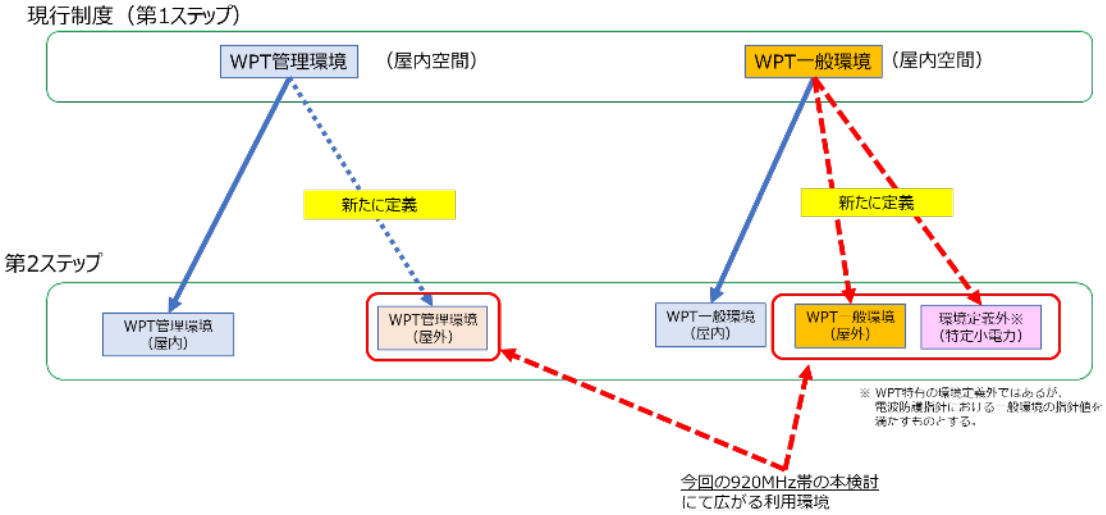


図 2.2.1　WPT 利用環境の拡大

屋外型 WPT システムで新たに定義する WPT 利用環境を表 2.2.6 に示す。「WPT 屋内管理環境」として定義する閉空間（窓を含めた「WPT 屋内設置環境」の周囲にある壁損失について、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）を要求しないものとなり、WPT 利用環境としては、「WPT 屋外設置環境」として、表 2.2.6 に示す WPT 管理環境（屋外）、WPT 一般環境(屋外)の定義を追加した。

表 2.2.6　屋外型 WPT システムで新たに定義する WPT 利用環境の定義

条件	WPT 管理環境（屋外）	WPT 一般環境（屋外）
免許条件等	構内無線局	構内無線局
適用周波数帯	920MHz 帯	920MHz 帯
利用空間の人の有無	無人 （無人と記載しているが、電波防護指針で定義される管理環境のもと安全な範囲にて対応する人は存在する可能性がある）	無人もしくは有人 （有人の意味は、電波防護指針で定義される一般環境を適用すべき一般人が存在するという意味）
設置環境の定義	「WPT 管理環境（屋外）」の定義 下記の a、b をいずれも満たす環境	「WPT 一般環境（屋外）」の定義 下記の c を満たす環境
	a.電波防護指針における管理環境の指針値を満足するものとする。（電波防護指針における管理環境の指針値を超える範囲に人が立ち入った際には送電を停止することとする。）	c.WPT 一般環境（屋外）においては、電波防護指針の一般環境の指針値を満たすものとする。
	b.構内(※)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。	

(※)構内無線局として影響の及ぶ屋内外（建物内や屋外の敷地）の構内範囲

特定小電力型 WPT システムは、特定小電力無線局とした免許不要局として扱うことを念頭

に WPT 利用環境の定義外として、WPT システムとしての利用環境は定義しないものとした。但し、WPT 特有の環境定義外ではあるが、電波防護指針における一般環境の指針値は、満たす必要があるものとする。

第３章 他の無線システムとの周波数共用の検討

3.1 920MHz 帯における共用検討対象システム

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との共用検討を行った。

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こと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。

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。

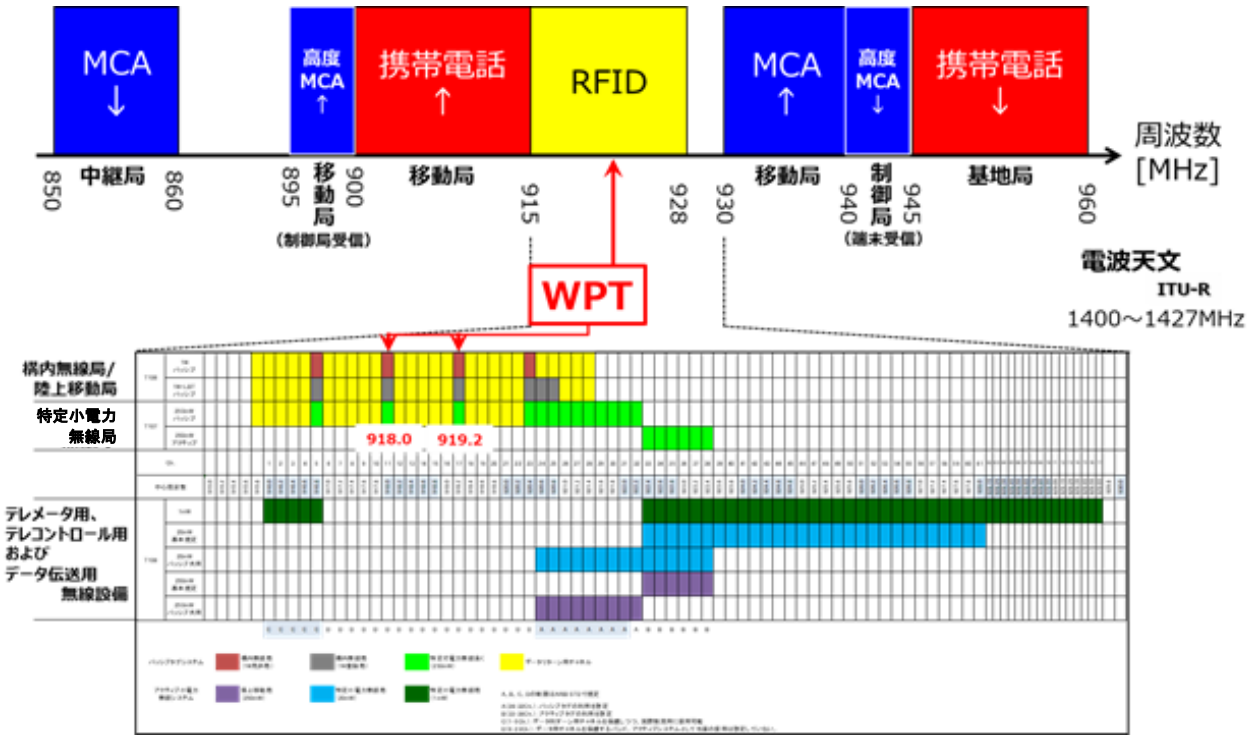


図 3.1.1 920MHz 帯の周波数使用状況

(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。

なお、デジタル MCA 移動局のうち、デジタル MCA 管理移動局は、指令局として固定設置されて利用されている移動局（自治体の同報系防災行政無線の代替として固定的に使用されている移動局を含む）である。

(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である。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 方式を用いた携帯電話システムである。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。

3.2 共用検討パラメータ

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの無線局として追加するシステムの検討パラメータを以下に示す。

3.2.1　屋外型 WPT システム

920MHz 帯屋外型 WPT システムのパラメータを表 3.2.1 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、受電装置から送信装置への通信については、小電力データ通信システム等の他システムにより規定された通信または、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、送信装置より十分に低い等価等方輻射電力であるため、本共用検討の対象外とした。

表 3.2.1 屋外型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）	2.5m
空中線指向特性（正面方向を 0 度とする。）	図 3.2.1 による
壁損失	規定しない
利用場所	構内（※）
管理環境	「WPT 管理環境（屋外）」又は「WPT 一般環境（屋外）」
変調方式	NON、G1D 等

（※）構内無線局として影響の及ぶ屋内外（建物内や屋外の敷地）の構内範囲

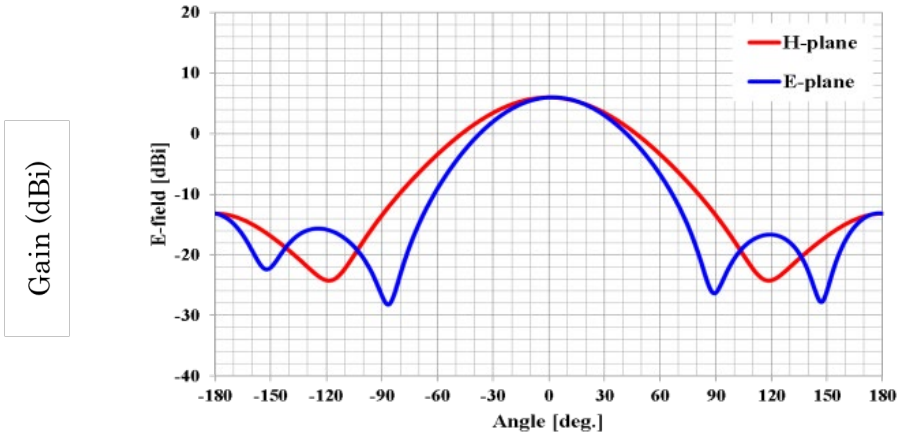


図 3.2.1 920MHz 帯　空中線指向特性

3.2.2 特定小電力型 WPT システム

920MHz 帯特定小電力型 WPT 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、受電装置から送信装置への通信については、小電力データ通信システム等の他システムにより規定された通信または、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、送信装置より十分に低い等価等方輻射電力であるため、本共用検討の対象外とした。

表 3.2.2 特定小電力型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	0.25W (24dBm)
周波数	918.0MHz/919.2MHz
等価等方輻射電力	0.5W (27dBm)
占有周波数帯幅の許容値	200kHz
空中線利得（送信）	3.0dBi
給電線損失	無損失
空中線高（送信）	規定しない
空中線指向特性（正面方向を 0 度とする。）	図 3.2.1 による
壁損失	規定しない
利用場所	屋内、屋外、移動体内 （家庭、公共施設、オフィス、工場等）
管理環境	規定しない
変調方式	NON

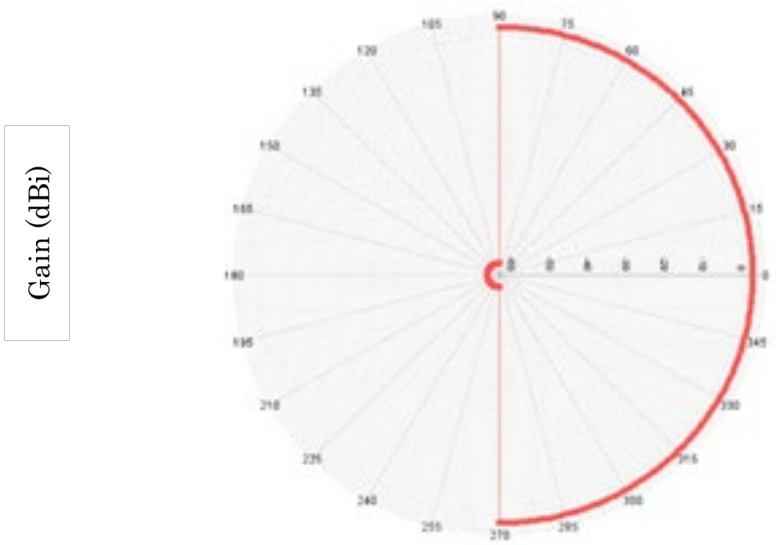


図 3.2.2 920MHz 帯　特定小電力型 WPT システムの空中線指向特性

3.3 他の無線システムとの周波数共用条件

3.3.1 屋外型 WPT システムとの周波数共用条件

検討対象となる屋外型 WPT システムは、RFID 陸上移動局と同等の技術基準に準拠してお

り、さらに利用チャンネル数を 2 チャネルに制限していることから、現行の RFID 陸上移動局と比べても被干渉システムへの影響は少ない。

また、技術基準に規定されていない RFID 陸上移動局システムと屋外型 WPT システムの空中線指向性差については、図 3.3.1 に示す。(参考資料 3)

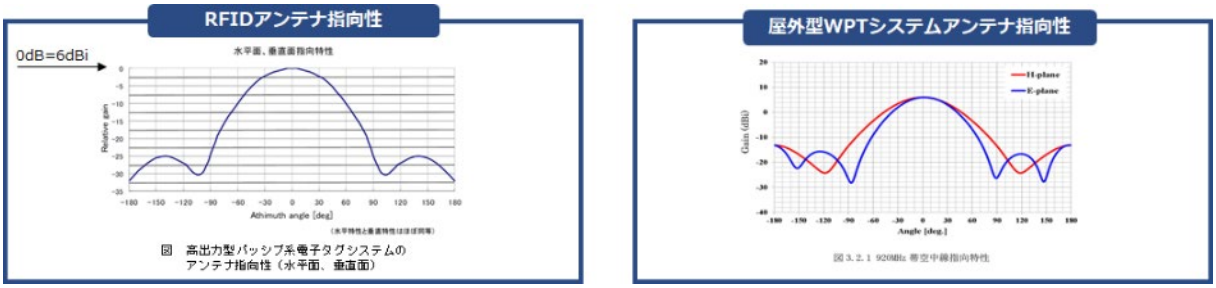


図 3.3.1　RFID 陸上移動局との指向性差※10

(1) デジタル MCA システム

（ア） 中継局

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」(平成 14 年 9 月 30 日諮問) 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 30 年 5 月 15 日）では、920MHz 帯電子タグシステム等の空中線電力、空中線利得、不要発射の強度等の規定は改正されないため、1 対 1 の対向モデルにおける干渉条件は変更がないことから検討の対象外とし、「920MHz　帯電子タグシステム等の技術的条件」(平成 23 年 6 月 24 日）と同様としている。

また、帯域外の所要改善量が満たさないことについて、情報通信審議会　情報通信技術分科会　携帯電話等周波数有効利用方策委員会（第 50 回）にて「RFID の設置条件の調整、遮蔽物の設置、MCA 中継局へのフィルタ挿入等の対策を行う事により共用可能とされている。

以上により、RFID 陸上移動局と同様に、離隔距離 112m 以内に設置する場合には、個別の運用調整を実施することにより共用可能である。

（イ） 移動局・管理移動局

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」(令和 2 年 7 月 14 日）による共用検討結果により RFID 陸上移動局と同様に、共用が可能である。

ただし、屋外型 WPT システムについてはそのユースケースから固定的な運用が想定され、そのような運用においては、固定的に運用されているデジタル MCA 管理移動局に対する干渉が継続的に生じるおそれがある。特に、デジタル MCA 管理移動局のうち、地方公共団体における同報系防災行政無線の代替として固定的に運用されているものについては、継続的な干渉が重大な影響を及ぼす可能性があることに留意する必要がある。

(2) 高度 MCA システム

（ア） 基地局

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

※10 ：引用元　情報通信審議会　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」(平成 30 年 12 月 12 日諮問）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」(令和 2 年 7 月 14 日）

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」（令和 2 年 7 月 14 日）の 1 対 1 対向における干渉計算結果と同様モデルより、壁等の遮断損なし（0dB)として算出した計算結果を表 3.3.1 に示す。計算結果より、離隔距離 129.3m 以内に設置する場合には、個別の運用調整を実施することにより共用可能である。

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

被干渉システム		高度 MCA 基地局(都市部)		高度 MCA 基地局(郊外)	
		主波の影響 (帯域外感度抑圧)	帯域内干渉	主波の影響 (帯域外感度抑圧)	帯域内干渉
周波数	干渉検討対象中心周波数[MHz]	919.2	900.0	919.2	900.0
	波長	0.326	0.3333	0.326	0.3333
与干渉諸元	①不要発射の強度	30.0	-58.0	30.0	-58.0
	②ANT ゲイン	6.0	6.0	6.0	6.0
	③フィーダロス(その他)	0.0	0.0	0.0	0.0
	④垂直指向性減衰	-7.2	-7.2	-7.2	-7.2
	A:①～④	28.8	-59.2	28.8	-59.2
伝搬	○アンテナ間距離	191.4	191.4	64.0	64.0
	⑤遮蔽損	0.0	0.0	0.0	0.0
	⑥伝播損失	-77.3	-77.2	-67.8	-67.7
	B:⑤~⑥	-77.3	-77.2	-67.8	-67.7
被干渉諸元	⑦ANT ゲイン	19.0	19.0	16.0	16.0
	⑧フィーダロス(その他)	-16.855	-16.855	-16.855	-16.855
	⑨指向性減衰	0.0	0.0	0.0	0.0
	C:⑦~⑨	2.1	2.1	-0.9	-0.9
	⑩許容干渉電力	-43.0	-119.0	-43.0	-119.0
	⑪受信干渉電力(A+B+C)	-46.4	-134.2	-39.9	-127.7
共用結果	所要改善量(⑪-⑩)	-3.4	-15.2	3.1	-8.7
	所要伝播損	73.9	61.9	70.9	58.9
	所要離隔距離(自由空間伝播)m	129.3	33.2	91.6	23.5

（イ） 移動局

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」（令和 2 年 7 月 14 日）による共用検討結果により共用が可能である。

(3) 携帯電話システム

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」（平成 14 年 9 月 30 日諮問）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 30 年 5 月 15 日）では、920MHz 帯電子タグシステム等の空中線電力、空中線利得、不要発射の強度等の規定は改正されないため、1 対 1 の対向モデルにおける干渉条件は変更がないことから検討の対象外とし、「920MHz 帯電子タグシステム等の技術的条件」（平成 23 年 6 月 24 日）と同様となる。

以上より、基地局については離隔距離 274m 以内に設置する場合には、個別の運用調整を実施することにより、共用可否を判定する。また、小電力レピータおよび陸上移動中継局への干渉は、許容干渉電力以上となるケースもあるが、RFID 陸上移動局と同様に屋外型 WPT システムの製造マージン与干渉屋内⇒被干渉屋外及び与干渉屋外⇒被干渉屋内の位置関係においては壁損失（約 10dB）により干渉の低減が期待される。実際の運用では遮蔽損・透過損など追加のその他減衰が見込まれる。これらにより、所要改善量の良化が見込まれること、さらに、実運用においては屋外型 WPT システムと携帯電話システムの小電力レピータ及び陸上移動中継局の空中線の設置場所及び設置条件（高さ、向き、離隔距離等）を調整することにより共用可能である。

(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は、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））において、実施されている。そのため、本検討では、屋外（遮蔽損失が無い環境）で利用する屋外型 WPT システムとの共用条件については、RFID 陸上移動局との比較による共用検討とし、屋外型 WPT システムの技術基準は RFID 陸上移動局と同等の技術条件であり、利用チャンネル数の制限（2 つのチャンネルのみ利用）があることから、現行の RFID 陸上移動局より影響は少ないため、屋外型 WPT システムにおいても共用可能である。

(7) 電波天文

本検討の実施にあたり、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」（令和 2 年 7 月 14 日）の共用での干渉閾値換算値の算出に誤りが判明したことから、再計算により、−189.5dBm/MHz を干渉閾値換算値として共用検討を実施した。

共用検討結果を表 3.3.2 に示す。現行制度での所要離隔距離は 14.98km となり、壁等の損失が無い屋外型 WPT システムでは、47.36km となる。そのため、屋外型 WPT システムを設置する場合、観測所の設置位置から 47km 以内であり、かつ見通しとなる範囲（図 3.3.2～図 3.3.9 の地図）内を設置制限区域とすることで電波天文と共用可能となる。一方、見通し外となる範囲については、周囲環境を考慮した双方での確認により共用可能となる。また、設置制限区域内に設置する場合であっても、双方の協議の元、利用環境等を考慮して、クラッタ損や指向性減衰量を導入し、個別の運用調整を実施することで、共用可能となる。

表 3.3.2　電波天文業務受信設備との共用検討結果

	第1ステップ（入力閾値修正版）	屋外型WPTシステム
	野辺山	水沢(自由空間モデル)
被干渉周波数 [MHz]	1413.5	1413.5
WPTシステム使用周波数 [MHz]	919.2	920.4
離調周波数 [MHz]	494.3	493.1
壁損失 [dB]	ITU-R Traditional -10	—
PTx：送電空中線電力 [dBm/MHz]	-60.5	-60.5
GTx：送電空中線利得 Tx [dBi]	0	0
EIRP：等価等方輻射電力[dBm/MHz]	-70.5	-60.5
PTx：送電空中線指向性減衰量 [dB]	0	0
PTx：設置高 [m]	4.5	4.5
PTx Clutter：送電側クラッタ損失 [dB]	without Clutter：0	without Clutter：0
入力電力 [dBW]	-205	-205
電力束密度 [dB(W/m^2)]	-180	-180
観測周波数帯幅 [MHz]	27	27
電力束密度スペクトラム [dB(W/m^2*Hz)]	-255	-255
0dBiアンテナ入力閾値	-189.5	-189.5
GRx :受信空中線利得 [dBi]	0	0
Rx：受信空中線指向性減衰量 [dB]	0	0
Rx：設置高 [m]	4.5	4.5
Rx Clutter：送電側クラッタ損失 [dB]	without Clutter：0	without Clutter：0
所要離隔距離 [m]	**14,976**	**47,359**

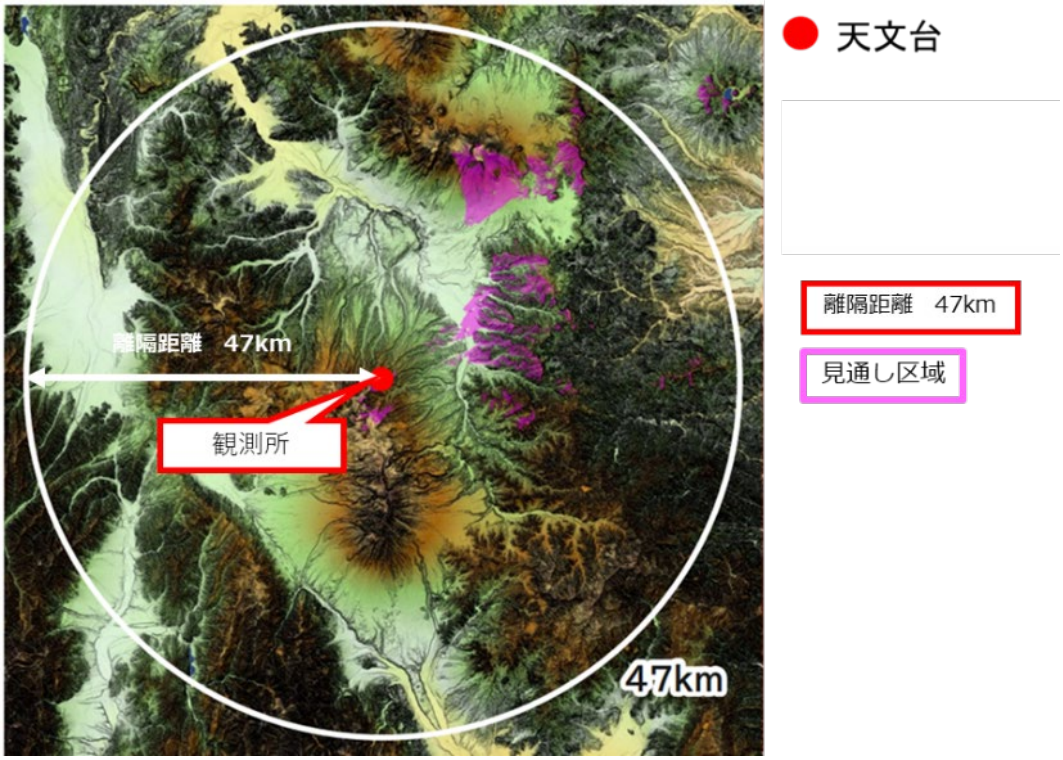


図 3.3.2　JAXA 臼田宇宙空間観測所における
空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの制限区域

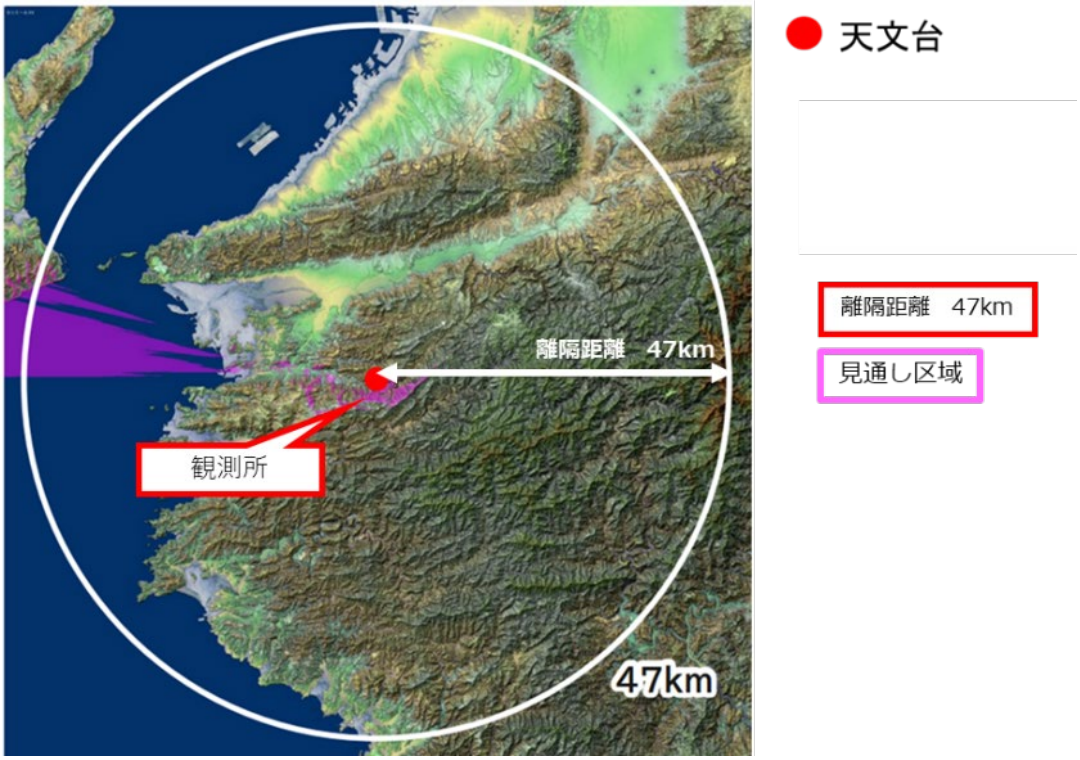


図 3.3.3　和歌山大学みさと天文台における
空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの制限区域

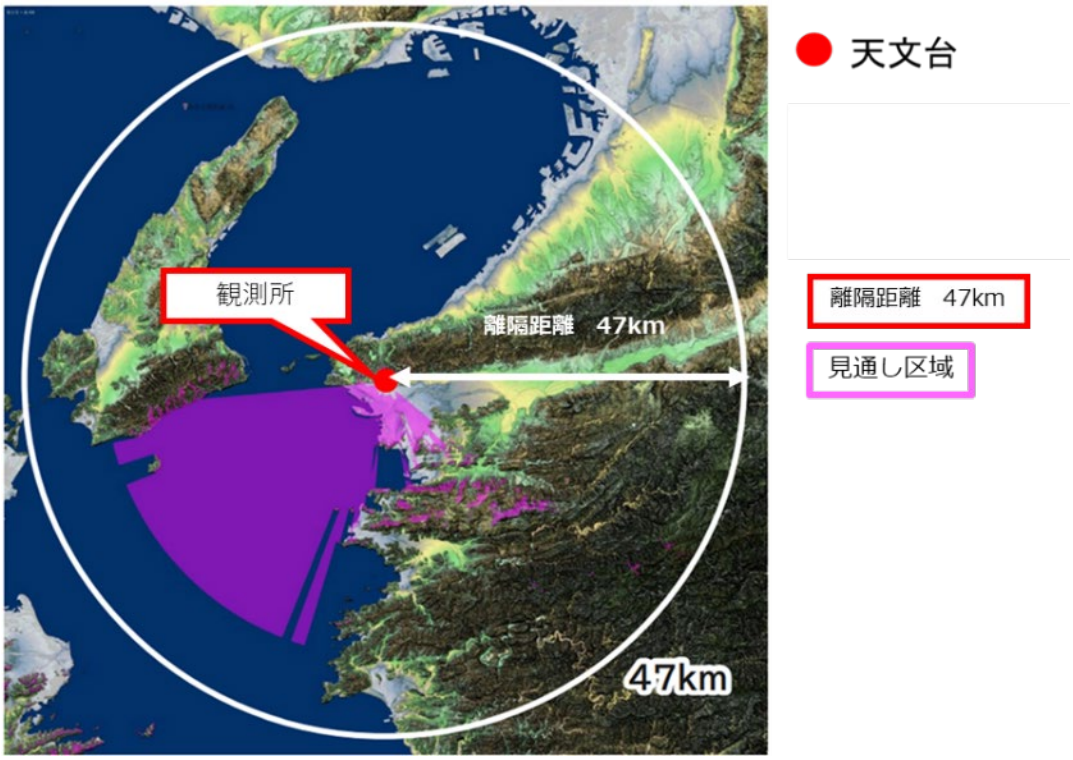


図 3.3.4　和歌山大学和歌山大 12m における
空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの制限区域

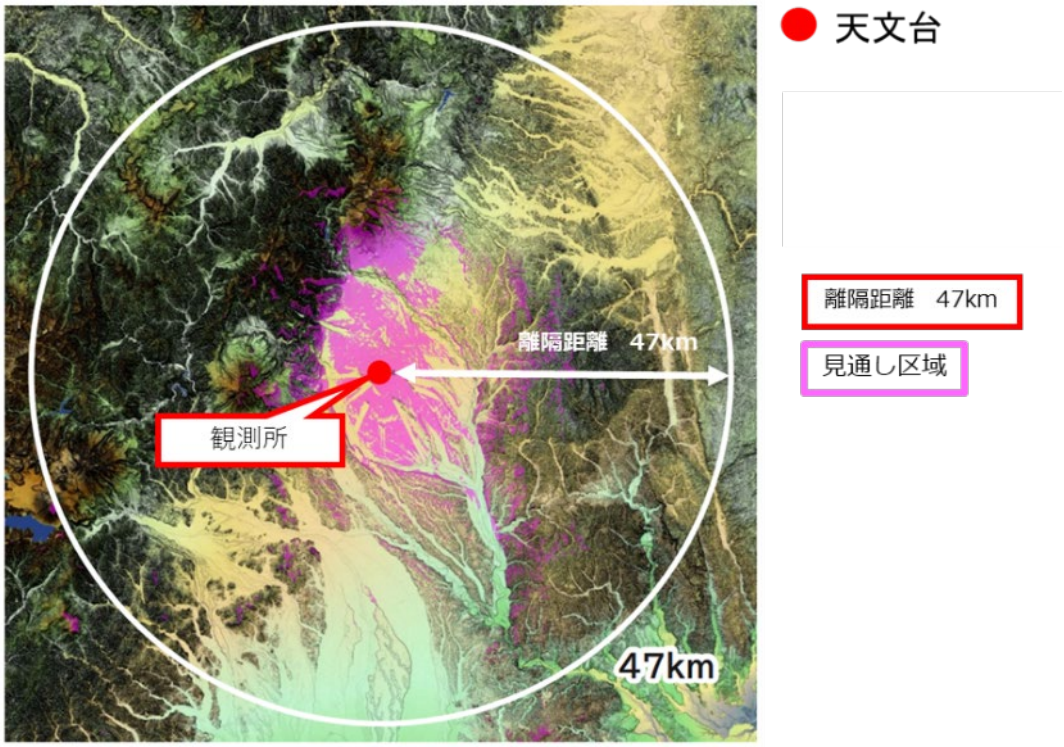


図 3.3.5　自由学園那須農場電波観測所における
空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの制限区域

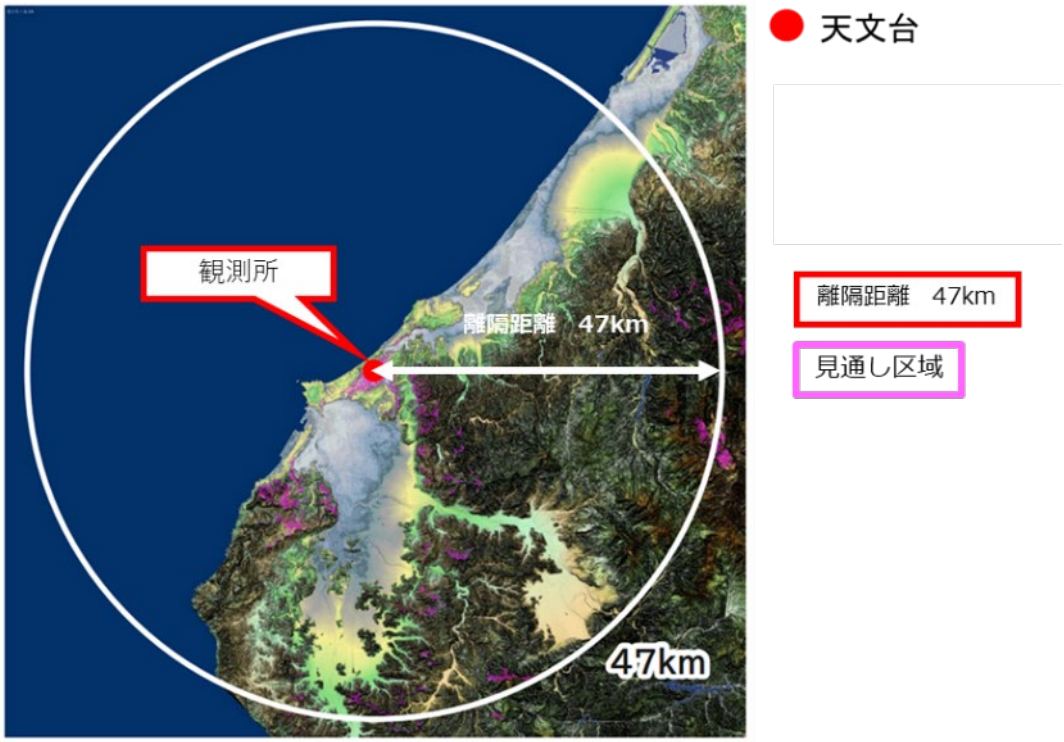


図 3.3.6　福井工業大学あわら宇宙センターにおける
空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの制限区域

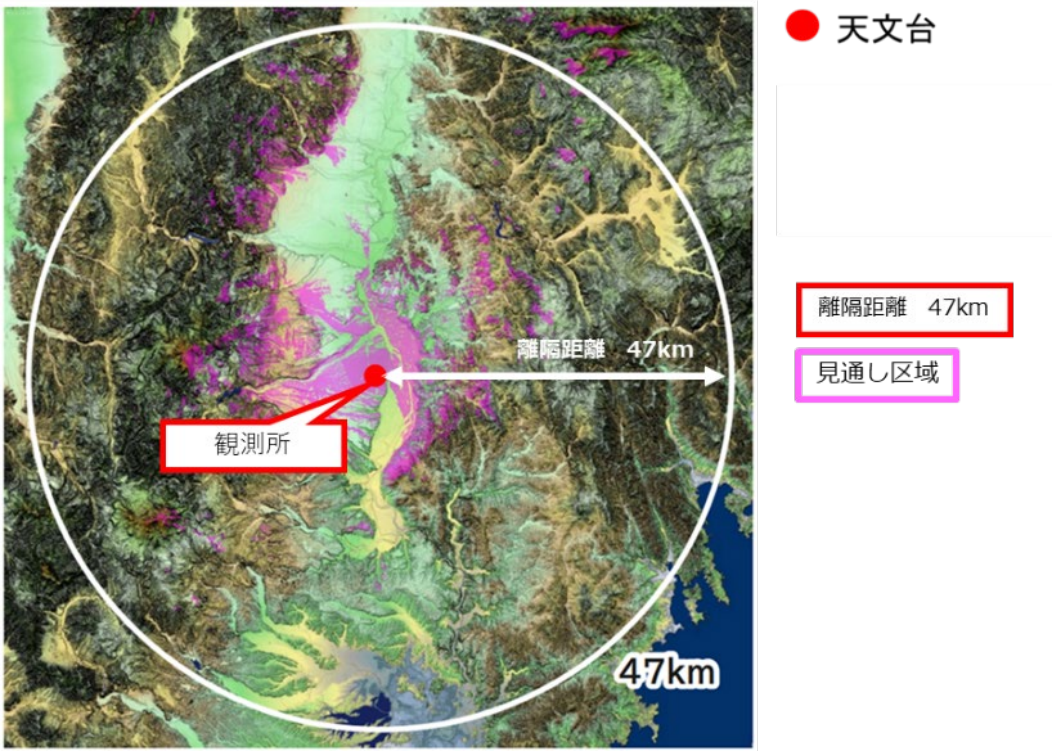


図 3.3.7　国立天文台水沢 VLBI 観測所における
空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの制限区域

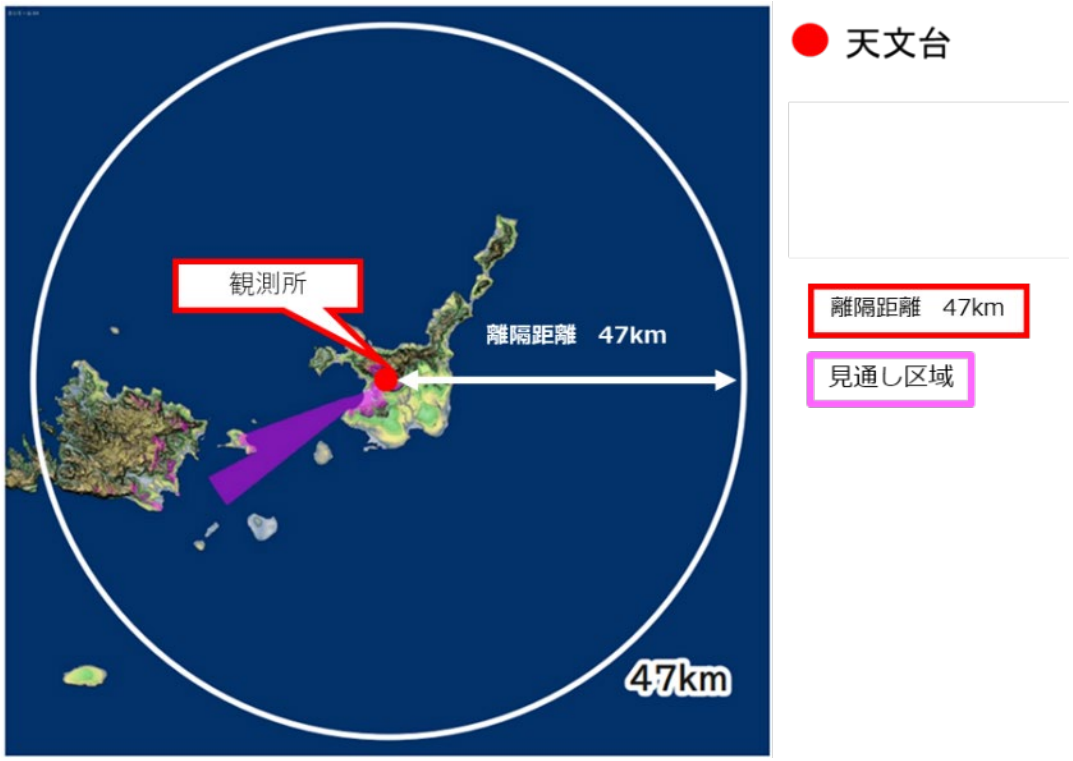


図 3.3.8　国立天文台 VERA 石垣島観測所における
空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの制限区域

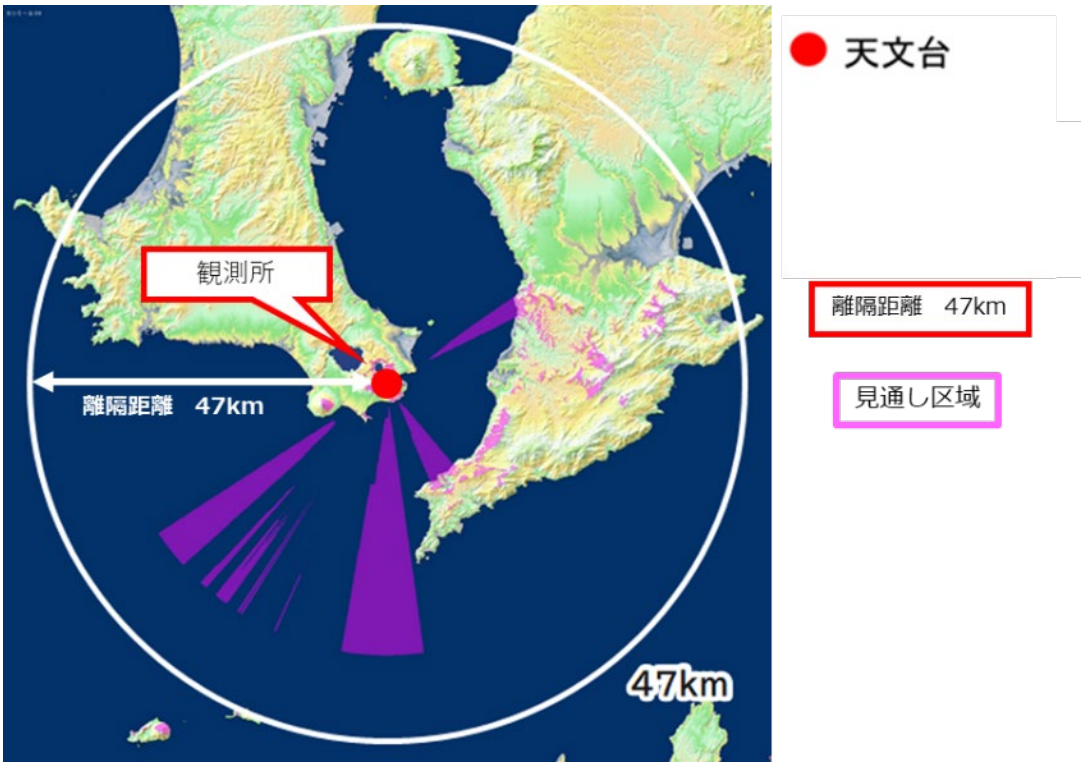


図 3.3.9　NICT 山川局における
空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの制限区域

3.3.2　特定小電力型 WPT システムとの周波数共用条件

検討に当たっては、特定小電力型 WPT システムの検討パラメータは、920MHz 帯を使用した RFID 特定小電力無線局（パッシブ系電子タグシステム 250mW 設備）と同等であることから、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」（平成 14 年 9 月 30 日諮問）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 30 年 5 月 15 日）などにおいて、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。

また、技術基準に規定されていない RFID 特定小電力無線局と特定小電力型 WPT システムの空中線指向性差については、図 3.3.10 に示す。（参考資料 4）

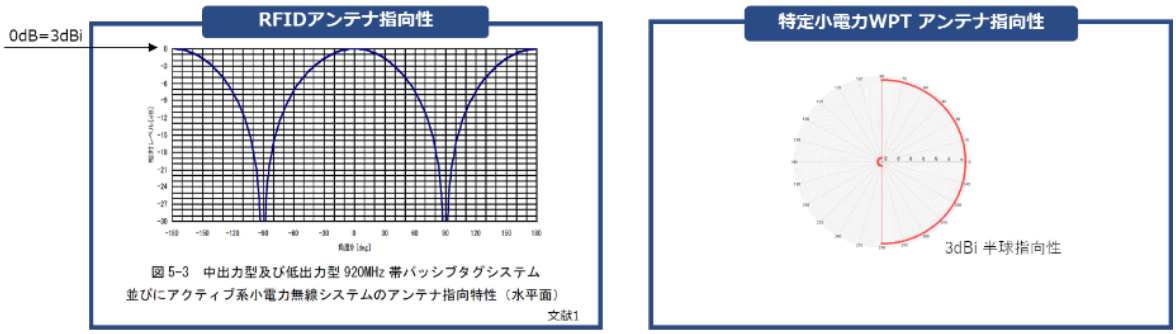


図 3.3.10　　RFID 特定小電力無線局との指向性差※11

(1) デジタル MCA システム

(ア) 中継局

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」（平成 14 年 9 月 30 日諮問）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 30 年 5 月 15 日）では、パッシブ 250mW（RFID 特定小電力無線局）と MCA 中継局（デジタル MCA 中継局）の結果と同等であるため、共用可能である。

3　干渉検討の結果

920MHz 帯電子タグシステムから MCA 中継局への干渉について、検討結果を参表 5-3 に示す。

参表 5-3　干渉検討結果

組合せ No.	与干渉	被干渉	伝搬モデル	所要改善量 [dB] 帯域内	所要改善量 [dB] 帯域外	備考
1	パッシブ 1W	MCA中継局 アンテナ高 40m	自由空間	-7.0	13.1	(※1)
			奥村-秦	—	—	
			Walfisch-池上	-14.2	5.9	
2	パッシブ 1W	MCA中継局 アンテナ高 150m	自由空間	-16.0	4.2	共用可能
			奥村-秦	-43.7	-23.5	
			Walfisch-池上	—	—	
3	パッシブ 250mW	MCA中継局 アンテナ高 40m	自由空間	-6.3	4.9	共用可能
			奥村-秦	—	—	
			Walfisch-池上	-11.4	-0.3	
4	パッシブ 250mW	MCA中継局 アンテナ高 150m	自由空間	-16.0	-4.8	共用可能
			奥村-秦	-43.7	-32.5	
			Walfisch-池上	—	—	

図 3.3.11　　MCA 中継局との共用検討結果

※11　：引用元　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」（平成 14 年 9 月 30 日諮問）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 30 年 5 月 15 日）

(イ)移動局・管理移動局

情報通信審議会諮問第 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」(平成 30 年 12 月 12 日諮問) における「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」(令和 2 年 7 月 14 日) において、「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」(電気通信技術審議会諮問第 81 号「携帯１４１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)) の結果と同等であるため、共用可能である。

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、テレコント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

図 3.3.11　MCA 移動局・管理移動局との共用検討結果

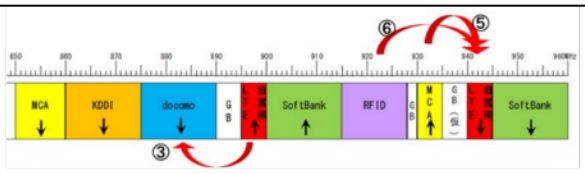
(2) 高度 MCA システム

(ア)基地局

情報通信審議会諮問第 2041 号「900MHz 帯自営用移動通信システムの高度化に関する技術的条件」(平成 30 年 5 月 15 日) において RFID 特定小電力無線局 (250mW パッシブ RFID) と高度 MCA 基地局は周波数離隔が大きく、共用検討の対象になっていない。特定小電力型 WPT システムの使用周波数は、同等であるため、同様に共用が可能である。

(イ)移動局

情報通信審議会諮問第 2041 号「900MHz 帯自営用移動通信システムの高度化に関する技術的条件」(平成 30 年 5 月 15 日) では、RFID 特定小電力無線局と自営用 LTE 移動局 (高度 MCA 移動局) は共用が可能となるとされているため、共用可能である。



干渉パターン⑥ついては、RFID リーダ／ライタが屋内に設置されている場合における建屋損を 10dB、角度損を 10dB 程度算入した上で検討を行った結果であるが、実際には屋内構造物による伝搬損失、操作員の人体損失などで数十 dB 程度の損失を見込むことができるため、共用が可能と考えられる。

また、今後、RFID リーダ／ライタが屋外で使用されるケースや、マラソン等のスポーツ競技で用いられる可能性が想定される。これらの場合においても、構造物等の伝搬損失を数十 dB 程度見込むことができるため、概ね共用が可能と考えられるが、RFID リーダ／ライタからの干渉が無視できない状況で自営用 LTE 移動局を使用する必要が高い場合においてはフィルタの挿入、固定的に運用する MCA 管理移動局に相当する移動局の場合においてはアンテナの設置場所の検討などにより共用が可能となる。なお、RFID と同一の周波数帯を使用するスマートメータ等に用いられているアクティブ系小電力無線局との共用については、最大空中線利得が 6dBi から 3dBi に減少するため所要改善量は小さくなり、構造物等の伝搬損失を見込むことにより、共用が可能となる。

図 3.3.12　高度 MCA 移動局との共用検討結果

(3) 携帯電話システム

(ア) 1 対 1 対向モデルによる検討結果

検討にあたっては、特定小電力 RFID と特定小電力型 WPT システムの運用環境に差異があることから、別途共用検討を実施した。1 対 1 対向モデルによる干渉計算結果を表 3.3.3 に示す。

特定小電力型 WPT システムから各携帯電話システムへの干渉検討結果より、帯域外感度抑圧、帯域内干渉ともに所要値を満たさない結果となった。

表 3.3.3　1 対 1 対向モデルによる検討結果

		携帯電話システム 移動局		携帯電話システム 小電力レピータ		携帯電話システム 陸上移動中継局 移動局対向器 屋外型		携帯電話システム 陸上移動局中継局 移動局対向器 屋内用一体型		携帯電話システム 陸上移動中継局 移動局対向器 屋内用分離型		携帯電話システム 基地局		
		帯域外感度抑圧	帯域内干渉	帯域外感度抑圧	帯域内干渉	帯域外感度抑圧	帯域内干渉	帯域外感度抑圧	帯域内干渉	帯域外感度抑圧	帯域内干渉	帯域外感度抑圧	帯域内干渉	単位
周波数	干渉検討対象中心周波数 [MHz]	919.2	952.5	918.0	907.5	918.0	907.5	918.0	907.5	918.0	907.5	918.0	907.5	MHz
	波長	0.3264	0.3150	0.3268	0.3306	0.3268	0.3306	0.3268	0.3306	0.3268	0.3306	0.3268	0.3306	m
	帯域幅 [MHz]	0.200	5.000	0.200	5.000	0.200	5.000	0.200	5.000	0.200	5.000	0.200	5.000	MHz
与干渉諸元	①不要発射の強度	24.0	-38.0	24.0	-38.0	24.0	-38.0	24.0	-38.0	24.0	-38.0	24.0	-38.0	dBm/BW
	②送電局台数による利得	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	dB
	③ANTゲイン	3.0	3.0	0.0	0.0	11.0	11.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	3.0	dB
	④フィーダロス（その他）	0.0	0.0	0.0	0.0	-8.0	-8.0	0.0	0.0	-10.0	-10.0	0.0	0.0	dB
	⑤指向性減衰	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	dB
	⑥アレー利得	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	dB
	アンテナ高さ	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	m
	A：①～⑥	27.0	-35.0	27.0	-35.0	27.0	-35.0	27.0	-35.0	27.0	-35.0	27.0	-35.0	dBm/BW
伝搬	離隔距離	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	100.0	100.0	m
	⑦偏波整合損失	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	dB
	⑧遮蔽損失	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	dB
	⑨伝播損失	-51.7	-52.0	-51.7	-51.6	-51.7	-51.6	-51.7	-51.6	-51.7	-51.6	-71.7	-71.6	dB
	B：⑦～⑨	-51.7	-52.0	-51.7	-51.6	-51.7	-51.6	-51.7	-51.6	-51.7	-51.6	-71.7	-71.6	dB
被干渉諸元	⑩ANTゲイン	0.0	0.0	0.0	0.0	11.0	11.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.0	14.0	dBi
	⑪フィーダロス（その他）	-8.0	-8.0	0.0	0.0	-8.0	-8.0	0.0	0.0	-10.0	-10.0	-5.0	-5.0	dB
	⑫指向性減衰	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	dB
	アンテナ高さ	1.5	1.5	2	2	15	15	2	2	3	3	40.0	40.0	m
	C：⑩～⑫	-8.0	-8.0	0.0	0.0	3.0	3.0	0.0	0.0	-10.0	-10.0	9.0	9.0	dB
	⑬許容干渉電力	-44.0	-103.8	-44.0	-111.9	-44.0	-111.9	-44.0	-111.9	-44.0	-111.9	-43.0	-112.0	dBm/BW
共用結果 自由空間	⑭受信干渉電力(A+B+C)	-32.7	-95.0	-24.7	-86.6	-21.7	-83.6	-24.7	-86.6	-34.7	-96.6	-35.7	-97.6	dBm/BW
	所要改善量(⑭ - ⑬)	11.3	8.8	19.3	25.3	22.3	28.3	19.3	25.3	9.3	15.3	7.3	14.4	dB
	所要伝播損(A+C+⑦+⑧-⑬)	**63.0**	**60.8**	**71.0**	**76.9**	**74.0**	**79.9**	**71.0**	**76.9**	**61.0**	**66.9**	**79.0**	**86.0**	dB
	所要離隔距離(自由空間伝播)	**36.7**	**27.5**	**92.3**	**184.1**	**130.3**	**260.1**	**92.3**	**184.1**	**29.2**	**58.2**	**231.8**	**524.9**	m

(イ)モンテカルロシミュレーションによる共用条件

モンテカルロシミュレーションに検討条件を表 3.3.4、計算条件を表 3.3.5 に示す。シミュレーションに用いる同時送信台数として、特定小電力型 WPT システムに加えて、特定小電力型 WPT システムと同一周波数であるパッシブ RFID システム（特定小電力、構内無線局、陸上移動局）を考慮して実施した。また、統計データおよび想定利用シーン

より、送信時間率を算出し、送信時間率には送信時間制限装置および、キャリアセンスによる送信デューティ比、用途に関連した電波の時間的・電気的漏洩率を台数で重み付けすることにより求めた。

表 3.3.4　モンテカルロシミュレーションでの検討条件

無線局種別	同時送信台数 (台/km²)	備考
特定小電力型WPTシステム	42.0	普及予測より
RFID（特定小電力）	0.902	陸上無線通信委員会 920MHz帯電子タグシステム等作業班 （第7回）資料より
RFID（構内無線局・陸上移動局）	4.464	
WPT+RFID	**47.366**	モンテカルロ・シミュレーションに用いる値

分野	用途	推定台数	稼働・漏洩率の根拠	稼働率・漏洩率	平均稼働率	送信デューティ
移動系	自動車 （トラック荷室内のモニタリング）	6万台※1	荷室から屋外への漏洩量が時間的・電気的に1/10と想定	10%※5	48.4%	83.3%
民生系	一般住宅家電 （小型家電・家電アクセサリへの充電）	40万台 ※2	充電電力が所要電力の3/2と想定	66%		
閉空間系	工場 （生産設備モニタリング）	2万7千台 ※3	反射を利用した給電が必要のため金属筐体内での運用が主	10%※6		
	インフラ監視 （高圧受電設備・発電設備モニタリング）	8万5千台 ※4	金属筐体内での運用が主	5%※7		
	合計	57万2千台	**平均送信時間率**		**40.3%**	

※1: 軽トラックを除くトラックの 1%に搭載と仮定。

※2: 世帯の 1.35%で利用されると仮定。

※3: 300 人以上の製造系事業所の 10%に平均 5 台導入と仮定。

※4: キュービクル式高圧受電設備の 10%に導入と仮定。

※5: 国土交通省「令和 3 年度トラック輸送状況の実態調査結果(全体版)」より、トラックの運行時間の内荷役作業が 88.5 分であり、1 日 1 運行として開扉時間率 6.1%より概算。

※6: 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」(令和 2 年 7 月 14 日) 表参 9.5.1 干渉検討に使用する壁損失 より。

※7: 参考：高圧受電設備における電波遮蔽率の実測結果 -26dB(0.25%)。

表 3.3.5　モンテカルロシミュレーションでの計算条件

- 総台数：57万2千台
  - 自動車：6万台※1
  - 一般住宅：40万世帯(台)※2
  - 工場系：2万7千台※3、
  - インフラ系：8万5千台※4
- 送信時間率：40%
  - 送信時間制限約80%と稼働率1/2（閉空間運用割合×電源OFF）を考慮し設定

※1: 軽トラックを除くトラックの1%に搭載と仮定
※2: 世帯の1.35%で利用されると仮定
※3: 30人以上の製造系事業所の10%に平均5台導入と仮定
※4: キュービクル式高圧受電設備の10%に導入と仮定

	項目	年	数値	単位	備考
A	機器総台数	2029	572,000	台	普及予測より
B	豊島区の人口密度	2020	23,182	人/㎢	豊島区は人口密度が全国1位
C	日本の人口	2020	126,146,099	人	
D	豊島区の人口分布から計算した機器密度		105.1	台/㎢	A*B/C
E	一台あたりの送信時間率		0.4		送信デューティ80% ＊ 稼働率50%
F	平均送信台数		**42.0**	台/㎢	D*E

（ウ）モンテカルロシミュレーションによる共用検討

表 3.3.6 にモンテカルロシミュレーションの結果を示す。本シミュレーションでは対向計算による所要離隔距離を干渉円半径として、干渉円の面積と設置密度から算出した WPT 配置台数（小数点以下は切り上げ）を用いた計算として実施した。このとき、伝搬モデルは自由空間モデル、拡張秦モデルそれぞれで検討を行い。 干渉閾値は累積確率 97%電力（干渉確率 3%）とした。

表 3.3.6　モンテカルロシミュレーション結果

被干渉システム		携帯電話システム 移動局		携帯電話システム 小電力レピータ		携帯電話システム 陸上移動中継局 屋外型（移動局対向器）		携帯電話システム 陸上移動中継局 屋内用一体型（移動局対向器）		携帯電話システム 陸上移動中継局 屋内用分離型（移動局対向器）		携帯電話システム 基地局	
		帯域外感度抑圧	帯域内干渉	帯域外感度抑圧	帯域内干渉	帯域外感度抑圧	帯域内干渉	帯域外感度抑圧	帯域内干渉	帯域外感度抑圧	帯域内干渉	帯域外感度抑圧	帯域内干渉
システム諸元対向計算結果	中心周波数[MHz]	919.2	952.5	918.0	907.5	918.0	907.5	918.0	907.5	918.0	907.5	918.0	907.5
	波長[m]	0.3264	0.3150	0.3268	0.3306	0.3268	0.3306	0.3268	0.3306	0.3268	0.3306	0.3268	0.3306
	帯域幅[MHz]	0.2	5.0	0.2	5.0	0.2	5.0	0.2	5.0	0.2	5.0	0.2	5.0
	遮蔽損[dB]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	所要離隔距離[m]	**36.7**	**27.5**	**92.3**	**184.1**	**130.3**	**260.1**	**92.3**	**184.1**	**29.2**	**58.2**	**231.8**	**524.9**
	許容干渉電力[dBm]	**-36.0**	**-95.8**	**-44.0**	**-111.9**	**-36.0**	**-103.9**	**-44.0**	**-111.9**	**-34.0**	**-101.9**	**-38.0**	**-107.0**
モンテカルロシミュレーション条件	干渉円半径[m]※	36.7		184.1		260.1		184.1		58.2		524.9	
	WPT配置台数[台]	1		6		11		6		1		41	
	設置密度[台/km²]	47.366		47.366		47.366		47.366		47.366		47.366	
自由空間	受信電力[dBm]	-38.8	-100.8	-30.3	-92.3	-30.2	-92.2	-30.3	-92.3	-30.5	-92.5	-41.0	-103.0
	所要改善量[dB]	**-2.8**	**-5.0**	**13.7**	**19.6**	**5.8**	**11.7**	**13.7**	**19.6**	**3.5**	**9.4**	**-3.0**	**4.0**
	干渉確率	**1.51%**	**0.91%**	**76.08%**	**96.88%**	**21.54%**	**60.78%**	**76.08%**	**96.88%**	**6.43%**	**24.82%**	**0.00%**	**76.31%**
拡張秦式(Urban)	受信電力[dBm]	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	-50.1	-112.1
	所要改善量[dB]	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	**-12.1**	**-5.1**
	干渉確率	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	**0.00%**	**0.00%**

※本検討では対向計算による所要離隔距離を干渉円半径として、干渉円の面積と設置密度から算出したWPT配置台数（小数点以下は切り上げ）を用いてシミュレーションを実施している

（エ）共用検討結果

① 携帯電話システム基地局

拡張秦式を用いたモンテカルロシミュレーションの結果より、共用可能である。

② 携帯電話システム移動局

自由空間モデルを用いたモンテカルロシミュレーションの結果より、共用可能である。

③ 携帯電話システム小電力レピータ・陸上移動中継局

自由空間モデルを用いたモンテカルロシミュレーションの結果、所要改善量が最大で 19.6dB となるものの、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（10dB 程度）が見込まれる。また、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良化が見込まれること、さらに情報通信審議会 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 30 年 5 月 15 日）における携帯電話システムと RFID との干渉検討と同様に、実運用にあたっては、特定小電力型 WPT システムと携帯電話システムの小電力レピータ及び陸上移動中継局の空中線の設置場所、設置条件（高さ、向き、離隔距離等）を調整することにより共用可能とした。

(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

（ア）1 対 1 対向モデルによる検討結果

干渉計算結果を表 3.3.7 に示す。特定小電力型 WPT システムと各 RFID システムの干渉検討結果より、帯域外感度抑圧、帯域内干渉ともに所要値を満たさない結果となった。

表 3.3.7　1 対 1 対向モデルによる検討結果

被干渉システム			RFID（1W免許局）構内無線局・陸上移動局(キャリアセンスなし)		RFID（1W登録局）構内無線局(キャリアセンスあり)		RFID（特小）(キャリアセンスあり)		アクティブタグ テレメータ LPWAなど 1mW, 20mW, 250mW (BW=200kHz)	
			帯域外感度抑圧	帯域内干渉	帯域外感度抑圧	帯域内干渉	帯域外感度抑圧	帯域内干渉	帯域外感度抑圧	帯域内干渉
周波数	中心周波数	MHz	918.0	916.8	918.0	916.8	919.2	920.4	919.2	920.6
	波長	m	0.3268	0.3272	0.3268	0.3272	0.3264	0.3259	0.3264	0.3259
	帯域幅	MHz	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
与干渉諸元	①不要発射の強度	dBm/BW	24.0	-26.0	24.0	-26.0	24.0	-26.0	24.0	-26.0
	②送電局台数による利得	dB	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	③ANTゲイン	dB	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
	④フィーダロス（その他）	dB	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	⑤指向性減衰	dB	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	⑥アレー利得＋干渉確率3%電力	dB	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	A：①～⑥	dBm/BW	27.0	-23.0	27.0	-23.0	27.0	-23.0	27.0	-23.0
伝搬	離隔距離	m	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
	⑦偏波整合損失	dB	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	⑧遮蔽損失	dB	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	⑨伝播損失	dB	-51.7	-51.7	-51.7	-51.7	-51.7	-51.7	-51.7	-51.7
	B：⑦～⑨	dB	-51.7	-51.7	-51.7	-51.7	-51.7	-51.7	-51.7	-51.7
被干渉諸元	⑩ANTゲイン	dBi	6.0	6.0	6.0	6.0	3.0	3.0	3.0	3.0
	⑪フィーダロス（その他）	dB	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	⑫指向性減衰	dB	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	C：⑩～⑫	dB	6.0	6.0	6.0	6.0	3.0	3.0	3.0	3.0
	⑬許容干渉電力	dBm/BW	-30.0	-74.0	-30.0	-74.0	-30.0	-74.0	-44.0	-80.0
共用結果	⑭受信干渉電力(A+B+C)	dBm/BW	-18.7	-68.7	-18.7	-68.7	-21.7	-71.7	-21.7	-71.7
	所要改善量(⑭ - ⑬)	**dB**	**11.3**	**5.3**	**11.3**	**5.3**	**8.3**	**2.3**	**22.3**	**8.3**
	所要伝播損(A+C+⑦+⑧-⑬)	dB	63.0	57.0	63.0	57.0	60.0	54.0	74.0	60.0
	所要離隔距離(自由空間伝播)	**m**	**36.7**	**18.5**	**36.7**	**18.5**	**26.0**	**13.0**	**130.2**	**26.0**

（イ）モンテカルロシミュレーションによる共用条件

モンテカルロシミュレーションに計算条件を表 3.3.5 と同一とし、検討条件は、シミュレーションに用いる同時送信台数のみとして、表 3.3.4 と同様に実施した。

（ウ）モンテカルロシミュレーションによる共用検討

表 3.3.8 にモンテカルロシミュレーションの結果を示す。計算では、伝搬モデルを自由空間モデル、拡張秦モデルそれぞれで検討を行い。 干渉閾値は累積確率 97%電力（干渉確率 3%）とした。

表 3.3.8　モンテカルロシミュレーション結果

被干渉システム		RFID（1W免許局）構内無線局・陸上移動局(キャリアセンスなし)		RFID（1W登録局）構内無線局(キャリアセンスあり)		RFID（特小）(キャリアセンスあり)		アクティブタグ テレメータ LPWAなど 1mW, 20mW, 250mW (BW=200kHz)	
		主波の影響	帯域内干渉	主波の影響	帯域内干渉	主波の影響	帯域内干渉	主波の影響	帯域内干渉
システム諸元対向計算結果	中心周波数 [MHz]	918.0	916.8	918.0	916.8	919.2	920.4	919.2	920.6
	波長	0.327	0.327	0.327	0.327	0.326	0.326	0.326	0.326
	帯域幅 [MHz]	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	遮蔽損[dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	所要離隔距離[m]	36.7	18.5	36.7	18.5	26.0	13.0	130.2	26.0
	許容干渉電力[dBm]	-30.0	-74.0	-30.0	-74.0	-30.0	-74.0	-44.0	-80.0
モンテカルロシミュレーション条件	干渉円半径[m]	36.7		36.7		26.0		130.2	
	WPT配置台数[台]	1		1		1		3	
	設置密度[台/km²]	240.3		240.3		490.1		56.4	
自由空間	受信電力[dBm]	-32.1	-108.1	-32.1	-108.1	-31.1	-107.1	-26.9	-102.8
	所要改善量[dB]	**-2.1**	**-34.1**	**-2.1**	**-34.1**	**-1.1**	**-33.1**	**17.2**	**-22.8**
	干渉確率	**1.9%**	**0.0%**	**1.9%**	**0.0%**	**2.3%**	**0.0%**	**84.6%**	**0.0%**
拡張秦式(Urban)	受信電力[dBm]	-32.6	-108.6	-32.6	-108.6	-31.1	-107.1	-28.1	-104.1
	所要改善量[dB]	**-2.6**	**-34.4**	**-2.6**	**-34.4**	**-1.1**	**-33.1**	**15.9**	**-24.1**
	干渉確率	**1.9%**	**0.0%**	**1.9%**	**0.0%**	**2.3%**	**0.0%**	**20.2%**	**0.0%**

(エ)共用検討結果

アクティブタグ テレメータ LPWA などの主波の影響を除き、干渉閾値以下の結果となり、RFID（1W 免許局）構内無線局・陸上移動局(キャリアセンスなし)、RFID（1W 登録局）構内無線局(キャリアセンスあり）、RFID（特小）（キャリアセンスあり)とは、共用可能である。

アクティブタグ テレメータ LPWA などは、所要改善量が残るものの、現行 RFID 特定小電力システムと同等な結果であり、共用可能である。

(オ)WPT キャリアセンス

RFID システムでは、1 送信あたりの送信時間は限度値(4 秒)よりも短いケース(以下、短時間動作)が想定される。一方、特定小電力型 WPT システムは電力伝送効率の観点から 1 送信あたりの送信時間は限度値を採用する可能性が高い。短時間動作では、周囲にある特定小電力型 WPT システムのキャリアセンスからの影響により、RFID システムへの送信を抑制することが考えられる。

そのため、特定小電力型 WPT システムは、RFID と WPT がキャリアセンス範囲内に存在する場合においても、RFID の動作が優先されるような動作とする WPT 独自のキャリアセンスを採用した。特定小電力型 WPT システムでは、キャリアセンス後に送信を行うまでに遅延が生じる場合も想定される。この切替時間が長いとその間に他のデバイスの送信が発生することや給電効率の低下が懸念されるが、他の通信への影響は少ないことから、製造メーカにて利用形態等により柔軟に対応することが出来るよう、切替時間の上限等について、民間規格等で対応できることが適当である。(参考資料 5)

(7) 電波天文

(ア)共用検討モデル

電波天文との共用検討にあたっては、観測周波数（1400-1427MHz）の中心周波数である 1413.5MHz を検討対象として実施した。また、特定小電力システムの検討対象周波数における空中線利得は、給電線等の損失は無しとして、920MHz において整合する空中線の電磁界解析を実施した。電磁界解析の結果を図 3.3.13 に示す。最大利得は-2.6dBi（ダ

イポールアンテナ)、-1.1dBi（パッチアンテナ）となった。この結果より、WPT システムの空中線利得の最大値について 0dBi として実施した。

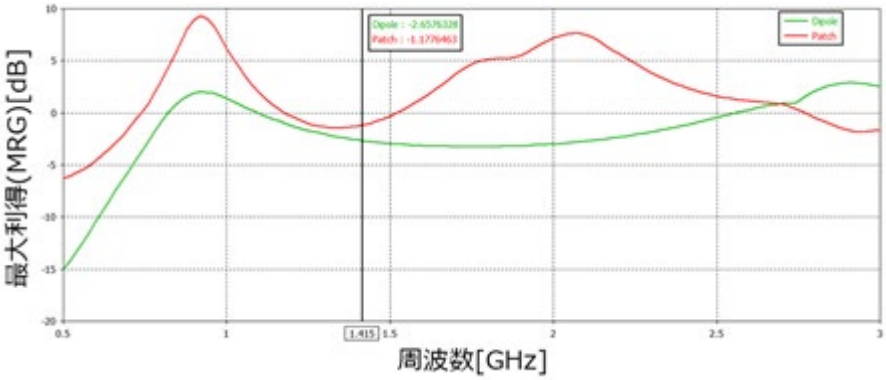


図 3.3.13　空中線利得の電磁界解析結果

（イ）1 対 1 対向モデルによる検討結果

干渉計算結果を表 3.3.9 に示す。所要離隔距離は自由空間モデルでは、1,658m だが、クラッタ損を考慮した場合 174m となる。

本検討は水沢観測所を代表例として検討を実施したが、本検討において電波天文の設置位置やシステムによるパラメータは計算に使用せず一般解として求めたため、水沢観測所に限らず一般の電波天文設備に対し有効な結果である。

表 3.3.9　１対１対向モデルによる検討結果

	特定小電力型 WPT システム	
	水沢 自由空間	水沢 クラッタ損(Suburban)有
被干渉周波数［MHz］	1413.5	1413.5
WPT システム使用周波数［MHz］	919.2	919.2
離調周波数［MHz］	494.3	494.3
壁損失［dB］	0	0
送電空中線電力［dBm/MHz］	-89.6	-89.6
送電空中線利得[dBi]	0	0
等価等方輻射電力[dBm/MHz]	-89.6	-89.6
送電空中線指向性減衰量［dB］	0	0
設置高［m］	1.5	1.5
送電側クラッタ損失［dB］	0	ITU-R P.452-17(Suburban) ： -19.6
入力電力［dBW］	-205	-205
電力束密度［dB(W/m^2)］	-180	-180
観測周波数帯幅［MHz］	27	27
電力束密度スペクトラム［dB(W/m^2*Hz)］	-255	-255
0dBi アンテナ入力閾値	-189.5	-189.5
受信空中線利得［dBi］	0	0
受信空中線指向性減衰量［dB］	0	0
設置高［m］	13	13
受信側クラッタ損失［dB］	0	0
所要離隔距離［m］	**1,658**	**174**

(ウ)モンテカルロシミュレーションによる共用条件

電波天文との共用検討においては、不特定多数の WPT システムの与干渉が合成されて電波天文に影響を与える可能性を鑑み、モンテカルロシミュレーションによる共用検討を行った。

モンテカルロシミュレーションに検討条件を表 3.3.10 に示す。シミュレーションでは、最悪ケースを考慮し、電波天文観測地のうち最も都市部となる和歌山市の人口密度分布を用いて特定小電力型 WPT システムの密度を算出し、3.87 台となった。

表 3.3.10　モンテカルロシミュレーションでの計算条件

項目		年	数値	単位	備考
A	機器総台数	2029	572,000	台	普及予測より
B	和歌山市の人口密度	2024	1,707	人/k ㎡	
C	日本の人口	2020	126,146,099	人	
D	和歌山市の人口分布から計算した機器密度		7.74	台/k ㎡	A ＊ B ／ C
E	稼働率		0.5		閉空間運用割合 ＊ 電源 ON 率
F	送信機器密度		**3.87**	台/k ㎡	D ＊ E

図 3.3.14 にモンテカルロシミュレーションによる検討モデルを示す。モンテカルロシミュレーションでは、固定した外径 R_out、内径 R_in のリング状の領域内に所定の密度で特定小電力型 WPT システムを設置し、R_out を 20km とし、R_in を変化させた場合の電波天文における受信電力を計算した。受信電力が干渉しきい値を下回る R_in を所要離隔距離として算出した。

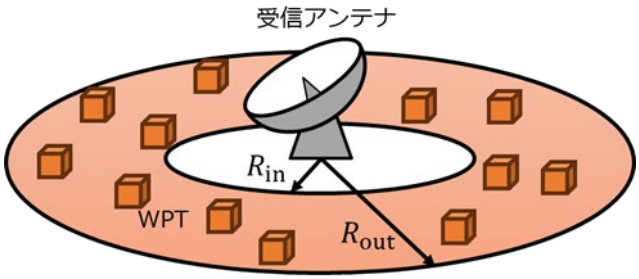


図 3.3.14　モンテカルロシミュレーションによる検討モデル

(エ)モンテカルロシミュレーションによる共用検討

図 3.3.15 にモンテカルロシミュレーションの結果を示す。干渉しきい値を下回る所要離隔距離は、2,000m となった。

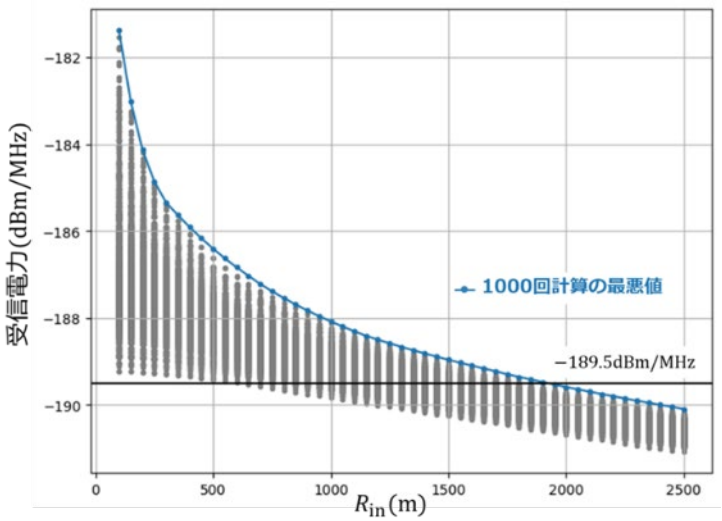


図 3.3.15　モンテカルロシミュレーション結果

(オ)共用検討結果

特定小電力型 WPT システムは、下記対応を実施することで共用可能とする。また、業界としての受け皿は、製造事業者・販売事業者が参加する BWF が主体となって推進・実施する。

- 業界にてガイドラインを策定し、共用可能な離隔距離（電波天文台に対して 2km 以上）を確保できる場所でのみ利用可能であること、電波天文台への干渉が問題となるケースが生じた場合には、運用協議を行う場合がある旨を明記する。
- 製造事業者・販売事業者においては、特定小電力型 WPT 機器の製品マニュアル等において、上記ガイドラインに基づいた注意喚起を行う。
- 電波天文業務受信設備のある施設においては、施設内では利用しないように注意喚起を行う。

3.4 電波防護指針等への適合性

3.4.1 電波防護指針への適合

電波防護指針では、電波利用において人体が電磁界にさらされるとき、その電磁界が人体に好ましくないと考えられる生体作用を及ぼさない安全な状況であるために推奨される指針値を示している。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。

電波防護指針では、人体が電磁界にさらされている状況が認識され、電波の放射源を特定できるとともに、これに応じた適切な管理が行える場合には、管理環境の指針を適用し、このような条件が満たされない場合は、一般環境の指針を適用することとしている。また、人体の近傍（20cm 以内）での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。）各条件における指針値を、表 3.4.1～表 3.4.4 に示す。

電波防護指針を満足できる距離について基本算出式を用いた算出を行った。

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	$3.54f^{1/2}$ (61.4－137)	$f^{1/2}/106$ (0.163－0.365)	f/300 (1－5)

※f は、MHz を単位とする周波数である。

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	$1.585f^{1/2}$ (27.5－61.4)	$f^{1/2}/237.8$ (0.0728－0.163)	f/1500 (0.2－1)

※f は、MHz を単位とする周波数である。

表 3.4.3 電磁界強度（6 分間平均値）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 局所比吸収率（6 分間平均値）の指針値

条件	任意の組織 10g 当たりの比吸収率（W/kg）		全身平均の比吸収率（W/kg）
	人体（四肢、両手を除く）	人体四肢	
管理環境	10	20	0.4
一般環境	2	4	0.08

① 屋外型 WPT システム

屋外型 WPT システムにおける電波防護指針を満足できる距離の計算結果を表 3.4.5 に示す。

屋外型 WPT システムにおける送信は連続送信であるが、間欠的送信とする場合には無送信時間分だけ電磁界強度の 6 分間平均値は下がり、更に電波防護指針を満足できる距離は短くなる。

工場のような「管理環境」においては、送信空中線と人体との距離を最低 0.407m離すことで、電波防護指針を満足できる。これは、送信空中線を床から 2.41m以上の高さに設置すれば電波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「一般環境」においては、送信空中線と人体との距離を最低 0.912m離せば、電波防護指針を満足できる。これは、送信空中線を床から 2.92m以上の高さに設置すれば床面に直立する人体に対しおおむね電波防護指針を満足することを示している。

水面等大地面以外の反射波があり、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は、設置高さを一般環境にて約 2.9m 以上、管理環境にて約 2.4m 以上とすることで、おおむね（床面に身長 2m の人が直立していることを前提）の電波防護指針の値を満足することが可能である。

表 3.4.5 屋外型空間伝送型 WPT システムにて電波防護指針を満足できる距離

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

※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、算出した電波の強度の値（デシベルに換算した値）に 6 デシベルを加算する。

※空中線電力 1W、空中線利得 6dBi として算出。

屋外型 WPT システムの一般的に想定されるユースケースでは、固定設置されて使用するものであり、利用形態を考慮した際には、人体の近傍（20cm 以内）での使用は想定されないため、人体の近傍における比吸収率についての検討は必要ないと想定される。

② 特定小電力型 WPT システム

特定小電力型 WPT システムにおける電波防護指針を満足できる距離の計算結果を表 3.4.6 に示す。

表 3.4.6 における計算では、送信は連続送信であるが、キャリアセンスや送信時間制限による間欠的送信となることで、無送信時間分だけ電磁界強度の 6 分間平均値は下がり、更に電波防護指針を満足できる距離は短くなる。

工場のような「管理環境」においては、送信空中線と人体との距離を最低 0.144m離すこと

で、電波防護指針を満足できる。また、介護施設のような「一般環境」においては、送信空中線と人体との距離を最低 0.322m離せば、電波防護指針を満足できる。これは、利用形態を考慮し、設置する環境（人が立ち入らないキュービクルや手すり等）により、電波防護指針の値を満足する対策となる。

表 3.4.6 特定小電力型空間伝送型 WPT システムにて電波防護指針を満足できる距離

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	0.036m	0.058m	0.072m	0.115m	0.144m
一般環境	0.081m	0.129m	0.161m	0.258m	0.322m

※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、算出した電波の強度の値（デシベルに換算した値）に 6 デシベルを加算する。

※空中線電力 250mW、空中線利得 3dBi として算出。

一方で、特定小電力型 WPT システムのユースケースでは、一時利用による仮固定されて使用するものや一般家庭での使用など、人体の近傍(20cm 以内)での使用も想定されるものとなり、注意書き等の対策や、人体の近傍における比吸収率の許容値に適合するなどの確認が必要である。

3.4.2　植え込み医療機器への影響

当該システムの送電装置による植え込み医療機器等への影響については、今回導入を検討する屋外型、特定小電力型共に従来の RFID システムの範囲内であるため、「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」のうち、「ＲＦＩＤ機器（電子タグの読み取り機）の電波が植込み型医療機器へ及ぼす影響を防止するための指針」を準用することが適当と考えられる。ただし、特定小電力型は、これまでの WPT システムよりも、送信電力は小さいものの、植え込み型医療機器の装着部位に近づく可能性があることから、当該システムの導入に当たっては、実機等による動作検証を行うことが望ましい。

3.5 その他留意事項

3.5.1 特定小電力型 WPT システムの運用に向けた取組

特定小電力型 WPT システムでは、無線局免許や無線従事者資格が不要な無線局を念頭に、取りまとめた方式である。本検討における電波天文との共用検討結果では、モンテカルロシミュレーションにより、2000m の離隔距離が必要との結果になった。このため、製造事業者・販売事業者が参加する BWF が主体となって以下の取組を実施することで共用可能としている。

- 業界としてのガイドラインを策定し、共用可能な離隔距離（電波天文台に対して 2km 以上）を確保できる場所でのみ利用可能であること、電波天文台への干渉が問題となるケースが生じた場合には、運用協議を行う場合がある旨を明記する。
- 製造事業者・販売事業者においては、特定小電力型 WPT 機器の製品マニュアル等において、上記ガイドラインに基づいた注意喚起を行う。
- 電波天文業務受信設備のある施設においては、施設内では利用しないように注意喚起していただく。

共用条件は、製造者が主体となって使用するユーザ等への販売時に対応を明確に伝えることが必要である。さらに、実効性を高める観点から、利用方法や利用場所などの制限に対して、業界団体である BWF が主体となり、製造者に対して実施を求めるガイドラインの制定や指導を行うとともに、必要に応じて見直しを図ることが求められる。

また、他の無線局からの干渉等の照会についても BWF が受け皿となり、製造者に向けての対策や指導を実施していくことが適当である。

3.5.2 運用調整

現行の空間伝送型 WPT システムの導入に際して、「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」（2020 年 7 月一部答申）では、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としている。

これを受けて、2020 年 12 月から 2021 年 5 月にかけて「空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの運用調整に関する検討会」が開催され、「空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの運用調整に関する基本的な在り方（以下「基本的在り方」という。）」が取りまとめられた。この「基本的在り方」では、既存無線システムの免許人に対して、必要な情報提供を行う等、運用調整に向けて、WPT 免許人が主体的に対応を行うことが基本としている。その上で、空間伝送型 WPT システムの産業界がコアとなって混信防止の確保に実効性をもって、複数の無線システムに対して、効率的かつ効果的実現していくための運用調整支援体制が構築されることが有益であるとしている。

これらを踏まえ、2022 年 1 月に空間伝送型 WPT システムの円滑な導入と運用を支援することを目的とした運用調整団体として JWPT が設立され、空間伝送型 WPT システムの制度化以降、精力的に活動が行われているところである。

今般の屋外利用に向けた検討を受け、今後、920MHz 帯空間伝送型 WPT システムの更なる活用が見込まれており、WPT 免許人にあっては、既存無線システムに有害な干渉を与えないよう、基本的在り方の考え方に基づき主体的に対応を行うことが求められる。また、運用調整に当たっては、JWPT 等のような運用調整団体の支援を受け、調整の円滑化を図ることも有効であると考えられる。

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 屋外型 WPT システムの技術的条件

これまでの検討を踏まえ、920MHz 帯を使用する屋外型空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの屋外型における技術的条件については、以下のとおりとする。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

917.9MHz～919.3MHz であること。

(2) チャネル

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ことから単信方式、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（N0N）又はパルス変調（P0N）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（N0N）又はパルス変調（P0N）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。

(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位置推定のためのビーコン信号は使用しない。
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。

(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。

(エ)送信時間制限装置

「WPT 一般環境(屋外)」にて使用する送信装置にあっては、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 50 ミリ秒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。

また、「WPT 管理環境（屋外)」にて使用する送信装置にあっては、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

規定しない。

(9) 設置環境

送信機器の設置環境は、WPT 屋外設置環境の「WPT 管理環境（屋外)」又は「WPT 一般環境（屋外)」とすること。

(10)空中線の設置方法

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一般環境又は管理環境を適用すること。

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

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)

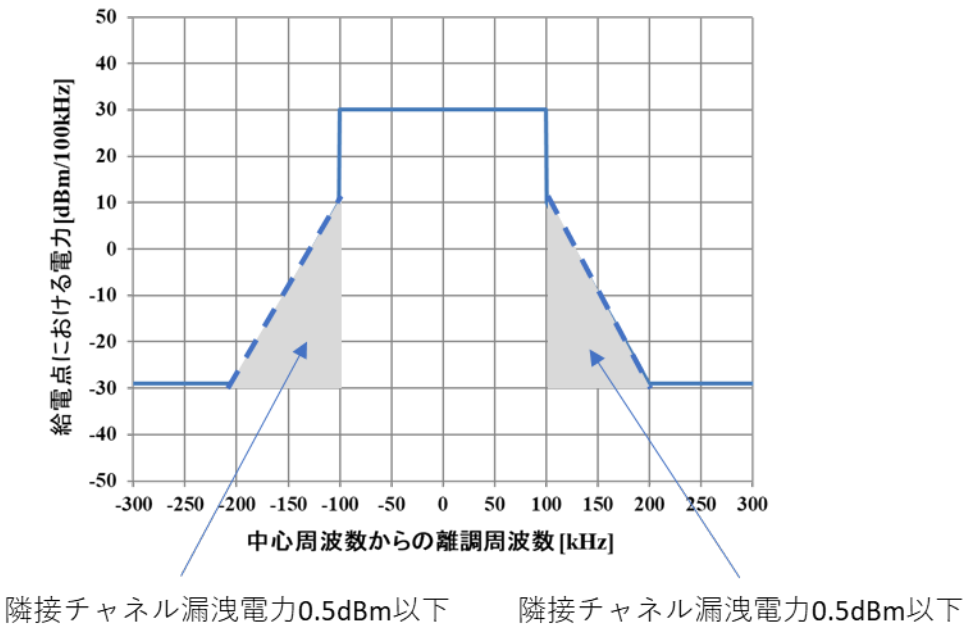


図 4.1.1 920MHz 帯チャネルマスク

(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）に供給される電力におけ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。なお、給電点は図 4.1.2 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 4.1.1 不要発射の強度の許容値（給電点）

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

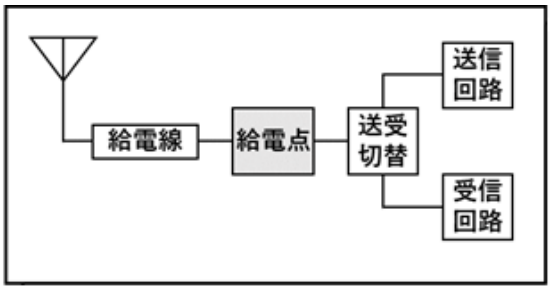


図 4.1.2 給電点

(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。

(ク)等価等方輻射電力の制限値

規定しない。

(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) 受信装置

副次的に発する電波等の限度については、RFID システムと同様に表 4.1.2 の値以下であること。

表 4.1.2　副次的に発する電波等の限度

周波数帯	副次的に発する電波等の限度 （給電線入力点）	参照帯域幅
710MHz 以下	－54dBm	100kHz
710MHz を超え 900MHz 以下	－58dBm	1MHz
900MHz を超え 915MHz 以下	－58dBm	100kHz
915MHz を超え 930MHz 以下	－54dBm	100kHz
930MHz を超え 1000MHz 以下	－58dBm	100kHz
1000MHz を超え 1215MHz 以下	－48dBm	1MHz
1215MHz を超えるもの	－47dBm	1MHz

4.2 屋外型 WPT システムの測定法

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。

4.2.1 周波数の偏差

(1) 空中線接続端子がある場合

被試験機を無変調にて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。

(2) 空中線接続端子がない場合

被試験機を無変調にて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。

4.2.2 隣接チャネル漏えい電力

(1) 空中線接続端子がある場合

被試験機を占有周波数帯幅が最大となるような信号で定格にて出力状態とし、規定の隣接する単位チャネル内の漏えい電力を、スペクトルアナライザ等を用いて測定する。なお、指定周波数帯による場合は、単位チャネル内の上限及び下限の周波数において測定する。

また、バースト波にあってはバースト内の平均電力を求める。

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。

(2) 空中線接続端子がない場合

ア）被試験機を占有周波数帯幅が最大となるような信号で定格にて出力状態とし、被試験機と試験用空中線を正対させ、隣接する単位チャネル内の漏えい電力を、スペクトルアナライザ等を用いて、測定する。

イ）被試験機を基準信号発信機と入れ替え、基準信号発信機の送信電力をチャネル内の漏えい電力で測定した周波数にて、スペクトルアナライザ等を用いて同じ電力とするまで調整する。

ウ）基準信号発信機の送信電力を測定値とし、被試験機の送信装置の出力部から空中線放射部までのフィルタあるいは給電線等による減衰領域の測定結果を前記減衰量にて補正すること。

4.2.3 占有周波数帯幅

(1) 空中線接続端子がある場合

被試験機を占有周波数帯幅が最大となるような信号で定格にて出力状態とし、規定の隣接する単位チャネル内の漏えい電力を、スペクトルアナライザ等を用いて測定する。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。

(2) 空中線接続端子がない場合

被試験機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機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。

4.2.4 不要発射の強度

(1) 空中線接続端子がある場合

被試験機を占有周波数帯幅が最大となるような信号で定格にて出力状態とし、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、不要発射の強度を測定する。

なお、被試験機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または、一時的に測定用端子を設け、測定用の端子が空中線給電点と異なるには、測定結果を前記減衰量にて補正すること。

(2) 空中線接続端子がない場合

ア）被試験機を空中線電力の総和が最大となる状態となるような信号で定格にて出力状態とし、被試験機と試験用空中線を正対させ、不要発射の不要発射電力を、スペクトルアナライザ等を用いて、測定する。

イ）被試験機を基準信号発信機と入れ替え、基準信号発信機を前項不要発射を測定した周波数に設定し、スペクトルアナライザ等を用いて、基準信号発信機と同じ電力とするまで調整する。

ウ）基準信号発信機の送信電力を測定値とし、被試験機の送信装置の出力部から空中線放射部までのフィルタあるいは給電線等による減衰領域の測定結果を前記減衰量にて補正すること。

4.2.5 空中線電力

(1) 空中線接続端子がある場合

平均電力で規定されている電波型式の測定は平均電力を、尖頭電力で規定されている電波型式の測定は尖頭電力を、給電線入力点において測定すること。被試験機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。

なお、被試験機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または、一時的に測定用端子を設け、測定用の端子が空中線給電点と異なるには、測定結果を前記減衰量にて補正すること。

(2) 空中線接続端子がない場合

ア）被試験機を空中線電力の総和が最大となる状態で定格にて出力状態とし、被試験機と試験用空中線を正対させ、空中線電力を、スペクトルアナライザ等を用いて、測定する。

イ）被試験機を基準信号発信機と入れ替え、基準信号発信機の送信電力を前項で測定した周波数にて、スペクトルアナライザ等を用いて同じ電力とするまで調整する。

ウ）基準信号発信機の送信電力を測定値とし、被試験機の送信装置の出力部から空中線放射部までのフィルタあるいは給電線等による減衰領域の測定結果を前記減衰量にて補正すること。

4.2.6 送信時間制限装置

(1) 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。

(2) 空中線接続端子がない場合

被試験機を試験用空中線と正対させる。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。

4.2.7 受信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。

4.3 特定小電力型 WPT 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特定小電力型における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。

4.3.1 一般的条件

(1) 無線周波数帯

917.9MHz～919.3MHz であること。

(2) チャネル

918.0MHz 及び 919.2MHz の 2 チャネルとする。

(3) 送信／通信方式

規定しない。

(4) 変調方式

無変調（NON）とする。

(5) 混信防止機能

利用者による周波数の切替え又は電波の発射の停止が容易に行なえること。

(6) 送信装置と受電装置の通信

受電装置との通信は、他の通信方式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。

(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位置推定のためのビーコン信号は使用しない。

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。

(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

キャリアセンスレベル-74dBm として、連続して 500 ミリ秒のチャネルクリアを検出した場合に送信を可能とする機能を備える。(参考資料 5)

(エ)送信時間制限装置

電波を発射してから 2.5 秒以内に電波の発射を停止し 500 ミリ秒を経過した後でなければその後の送信を行わないこと。(参考資料 5)

(オ)人体検出機能

規定しないものとする。

(9) 設置環境

規定しない。

(10)空中線の設置方法

規定しない。

(11)電波防護指針への適合

電波防護指針に適合するものであること。

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

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

規定しない。

(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 4dBm 以下であること。また、隣接チャネル漏えい電力は-5dBm 以下であること。

また、本システムでは、チャンネル幅となる占有周波数帯幅を規定していないため、無線チャネル端として、チャネル周波数±100kHz、隣接チャネルとしてチャネル周波数±100kHz から±300kHz(中心周波数 918.0MHz の場合、下隣接チャネル 917.7～917.9MHz、上隣接チャネル 918.1～918.3MHz) 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）に供給される電力における不要発射の強度の許容値は、RFID システムと同等とし表 4.2.1 に定めるとおりであること。

なお、給電点は図 4.2.2 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 4.2.1 不要発射の強度の許容値（給電点）

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	-55dBm	1MHz
900MHz を超え 915MHz 以下	-55dBm	100kHz
915MHz を超え 915.7MHz 以下及び 923.5MHz を超え 930MHz 以下	-36dBm	100kHz
915.7MHz を超え 923.5MHz 以下	-29dBm	100kHz
930MHz を超え 1GHz 以下	-55dBm	100kHz
1GHz を超え 1.215GHz 以下	-45dBm	1MHz
1.215GHz を超えるもの	-30dBm	1MHz

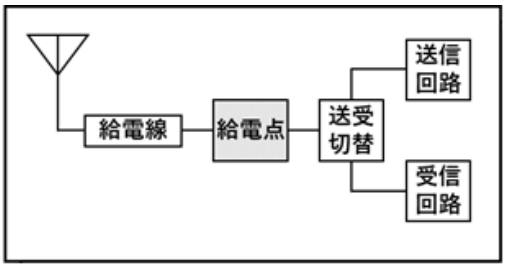


図 4.3.1 給電点

(オ)空中線電力

0.25W 以下とすること。

(カ)空中線利得

給電点までの損失を含み 3dBi 以下とすること。ただし、等価等方輻射電力が 27dBm（3dBi の送信空中線に 0.25W 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。

(ク)等価等方輻射電力の制限値

規定しない。

(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) 受信装置

受信装置を有する場合には、副次的に発する電波等の限度については、RFID システムと同様に表 4.2.2 の値以下であること。

表 4.2.2　副次的に発する電波等の限度

周波数帯	副次的に発する電波等の限度 （給電線入力点）	参照帯域幅
710MHz 以下	－54dBm	100kHz
710MHz を超え 900MHz 以下	－55dBm	1MHz
900MHz を超え 915MHz 以下	－55dBm	100kHz
915MHz を超え 930MHz 以下	－54dBm	100kHz
930MHz を超え 1000MHz 以下	－55dBm	100kHz
1000MHz を超えるもの	－47dBm	1MHz

4.4 特定小電力型 WPT システムの測定法

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。

4.4.1 周波数の偏差

(1) 空中線接続端子がある場合

被試験機を無変調にて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。

(2) 空中線接続端子がない場合

被試験機を無変調にて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。

4.4.2 隣接チャネル漏えい電力

(1) 空中線接続端子がある場合

被試験機を占有周波数帯幅が最大となるような信号で定格にて出力状態とし、規定の隣接する単位チャネル内の漏えい電力を、スペクトルアナライザ等を用いて測定する。なお、指定周波数帯による場合は、単位チャネル内の上限及び下限の周波数において測定する。

また、バースト波にあってはバースト内の平均電力を求める。

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。

(2) 空中線接続端子がない場合

ア）被試験機を占有周波数帯幅が最大となるような信号で定格にて出力状態とし、被試験機と試験用空中線を正対させ、隣接する単位チャネル内の漏えい電力を、スペクトルアナライザ等を用いて、測定する。

イ）被試験機を基準信号発信機と入れ替え、基準信号発信機の送信電力をチャネル内の漏えい電力で測定した周波数にて、スペクトルアナライザ等を用いて同じ電力とするまで調整する。

ウ）基準信号発信機の送信電力を測定値とし、被試験機の送信装置の出力部から空中線放射部までのフィルタあるいは給電線等による減衰領域の測定結果を前記減衰量にて補正すること。

4.4.3 占有周波数帯幅

(1) 空中線接続端子がある場合

被試験機を占有周波数帯幅が最大となるような信号で定格にて出力状態とし、規定の隣接する単位チャネル内の漏えい電力を、スペクトルアナライザ等を用いて測定する。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。

(2) 空中線接続端子がない場合

被試験機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機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。

4.4.4 不要発射の強度

(1) 空中線接続端子がある場合

被試験機を占有周波数帯幅が最大となるような信号で定格にて出力状態とし、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、不要発射の強度を測定する。

なお、被試験機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または、一時的に測定用端子を設け、測定用の端子が空中線給電点と異なるには、測定結果を前記減衰量にて補正すること。

(2) 空中線接続端子がない場合

ア）被試験機を空中線電力の総和が最大となる状態となるような信号で定格にて出力状態とし、被試験機と試験用空中線を正対させ、不要発射の不要発射電力を、スペクトルアナライザ等を用いて、測定する。

イ）被試験機を基準信号発信機と入れ替え、基準信号発信機を前項不要発射を測定した周波数に設定し、スペクトルアナライザ等を用いて、基準信号発信機と同じ電力とするまで調整する。

ウ）基準信号発信機の送信電力を測定値とし、被試験機の送信装置の出力部から空中線放射部までのフィルタあるいは給電線等による減衰領域の測定結果を前記減衰量にて補正すること。

4.4.5 空中線電力

(1) 空中線接続端子がある場合

平均電力で規定されている電波型式の測定は平均電力を、尖頭電力で規定されている電波型式の測定は尖頭電力を、給電線入力点において測定すること。被試験機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。

なお、被試験機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または、一時的に測定用端子を設け、測定用の端子が空中線給電点と異なるには、測定結果を前記減衰量にて補正すること。

(2) 空中線接続端子がない場合

ア）被試験機を空中線電力の総和が最大となる状態で定格にて出力状態とし、被試験機と試験用空中線を正対させ、空中線電力を、スペクトルアナライザ等を用いて、測

定する。

イ）被試験機を基準信号発信機と入れ替え、基準信号発信機の送信電力を前項で測定した周波数にて、スペクトルアナライザ等を用いて同じ電力とするまで調整する。

ウ）基準信号発信機の送信電力を測定値とし、被試験機の送信装置の出力部から空中線放射部までのフィルタあるいは給電線等による減衰領域の測定結果を前記減衰量にて補正すること。

4.4.6 送信時間制限装置

(1) 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。

(2) 空中線接続端子がない場合

被試験機を試験用空中線と正対させる。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。

4.4.7 キャリアセンス

(1) 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。

(2) 上記の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。

(3) また、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、送信周波数として複数の単位チャネルを使用する場合は、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。

また、(2)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、(3)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。

4.4.8 受信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。

第５章 今後の検討課題等

空間伝送型 WPT システムは、現行制度による実用化から約 3 年が経過し、課題や問題点、新たなニーズなどが、実用化当初より出てきている。920MHz 帯では、伝送距離の拡大や給電範囲（面）の拡大などの利用拡大に向けたニーズについて、今回の報告では、検討対象から除外して実施した。これらは今後の検討課題として、引き続き議論が行われることが必要である。但し、空中線電力の増加などは他の無線システムとの混信や利用機会の損失などが発生する場合もあり、周辺周波数の利用状況や利用環境に配慮しての実施が望まれるものである。

総務省委託研究「電波資源拡大のための研究開発」のうち「空間伝送型ワイヤレス電力伝送の干渉抑制・高度化技術に関する研究開発」では、干渉影響範囲（干渉コンタ図）の視覚化、被干渉局の見通し（プロフィール）の確認および干渉計算の自動化など、干渉影響評価の見える化・自動化の研究が行われている。今後、その成果が実際の運用調整に活用されることで、更なる運用調整の効率化や被干渉無線システム側への有効な情報提供が期待される。

空間伝送型 WPT システムでは、日本国内において、920MHz 帯、2.4GHz 帯、5.7GHz 帯が制度化されている状況ではあるが、諸外国では 60GHz 帯や 24GHz 帯の利用も開始されようとしている。空間伝送型 WPT システムは日本が主導的に国際標準化などを推進しており、利用周波数帯や利用制度などを含めて推進する必要があるのと併せて、利用の拡大に向けて産業界を筆頭として進めていく必要がある。

別表１

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７年８月６日現在　敬称略）

氏名		主要現職
主査 専門委員	三次　仁	慶應義塾大学　環境情報学部　教授
委員	高田　潤一	東京科学大学 執行役副学長（国際担当） ／環境・社会理工学院 教授
〃	藤井　威生	電気通信大学 先端ワイヤレス・コミュニケーション研究センター　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 調査研究部　研究主幹
〃	井家上　哲史	明治大学　理工学部　教授
〃	伊藤　数子	特定非営利活動法人 STAND　代表理事
〃	今村　浩一郎	日本放送協会 放送技術研究所　伝送システム研究部 研究主幹
〃	太田　香	室蘭工業大学　大学院　工学研究科 コンピュータ科学センター長・教授
〃	加藤　康博	NTT 株式会社　技術企画部門　電波室長
〃	杉浦　誠	一般社団法人全国陸上無線協会　専務理事
〃	杉本　千佳	横浜国立大学大学院工学研究院 知的構造の創生部門　准教授
〃	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
〃	豊嶋　守生	国立研究開発法人情報通信研究機構　ネットワーク研究所 ワイヤレスネットワーク研究センター　研究センター長
〃	生田目　瑛子	欧州ビジネス協会　電気通信機器委員会委員
〃	藤野　義之	東洋大学　理工学部　電気電子情報工学科　教授
〃	松尾　綾子	株式会社東芝　防衛・電波システム事業部　小向工場 フェロー
〃	森田　耕司	一般社団法人日本アマチュア無線連盟　会長
〃	吉田　貴容美	日本無線株式会社　ソリューション事業部　マイクロ波通信 技術部　衛星移動通信システムグループ　課長

別表２

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7年7月23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 名誉教授
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	淺井　裕介	一般社団法人電波産業会 無線LAN作業班 主任 NTT 株式会社 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 特別研究員
〃	大曽根淳太	KDDI株式会社 技術企画本部 電波部 エキスパート
〃	大西　輝夫	国立研究開発法人情報通信研究機構 電磁波研究所 電磁波標準研究センター 電磁環境研究室 研究マネージャー
〃	小竹　信幸	一般財団法人テレコムエンジニアリングセンター 技術部 部長
〃	柿沼　由佳	公益社団法人全国消費生活相談員協会　ＩＴ研究会研究員
〃	勝永　浩史	ブロードバンドワイヤレスフォーラム ワイヤレス電力伝送ワーキンググループ 標準開発部会 TG6リーダ
〃	北沢　祥一	日本無人機運航管理コンソーシアム 電波調整WG主査 室蘭工業大学　教授
〃	北城　崇史	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
〃	幸島　徹	一般社団法人日本アマチュア無線連盟 電磁環境委員会 委員長
〃	庄木　裕樹	ブロードバンドワイヤレスフォーラム 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 参事
〃	角埜　勝明	一般社団法人電波産業会 研究開発本部 周波数資源グループ 主任研究員
〃	関野　昇	ブロードバンドワイヤレスフォーラム ワイヤレス電力伝送ワーキンググループ ワイヤレス電力伝送標準開発部会 副主査
〃	中田　幸男	一般社団法人電波産業会 電子タグ作業班 主任 電気興業株式会社 ワイヤレス研究所 ソリューション開発課 主任
〃	中村　順一	一般社団法人電波産業会 ITS情報通信システム推進会議5.8GHz帯路車間通信検討WG リーダー 株式会社東芝 社会システム事業部 道路ソリューション技術第二部 上席参与
〃	平松　正顕	自然科学研究機構 国立天文台 天文情報センター 周波数資源保護室長／講師
〃	福元　暁	株式会社NTTドコモ 電波企画室 電波技術 担当課長
〃	福本　史郎	ソフトバンク株式会社 電波政策統括室 制度開発部 部長
〃	松村　武	国立研究開発法人情報通信研究機構 ネットワーク研究所 研究統括 ワイヤレスネットワーク研究センター ワイヤレスシステム研究室 室長
〃	山本　温	一般社団法人電波産業会 小電力無線局作業班 主任 パナソニック株式会社 エレクトリックワークス社 ソリューション開発本部 主幹技師

参考資料

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) デジタル MCA システムおよび高度 MCA システム

デジタル MCA システムおよび､高度 MCA システムの受信パラメータを表参 1.1.1 に示す。

表参 1.1.1 デジタル MCA システムおよび高度 MCA システムの受信側パラメータ

被干渉システム	受信周波数(中心)	アンテナ利得	フィーダー他ロス	帯域内干渉許容値	帯域外感度抑圧許容値	最接近距離	アンテナ高	参照元
デジタルMCA中継局(都市部)	935MHz	17 dBi(大都市部)	0 dB	-126.8dBm/16kHz	-51dBm	100m	150m	・情報通信審議会　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」（平成 30 年 12 月 12 日諮問）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」（令和2年7月14日） ・携帯電話等高度化委員会報告（平成23年2月2日）
デジタルMCA移動局	855MHz	4.0 dBi(車載)	1.5 dB(車載)	-123.8dBm/16kHz	-51dBm	10m	1.5m	同上
デジタルMCA管理移動局※	855MHz	10 dBi	1.5 dB	-123.8dBm/16kHz	-51dBm	10m	10m	同上
高度MCA移動局	942.5MHz	4.5 dBi(車載)	0 dB(車載)	-110.8dBm/MHz	-44dBm(15MHz離調)	10 m	1.5m	・情報通信審議会　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」（平成 30 年 12 月 12 日諮問）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」（令和2年7月14日） ・携帯電話等高度化委員会報告（平成23年2月2日）
高度MCA基地局	897.5MHz	19 dBi	0 dB	-119dBm/MHz	-43 dBm	100 m	40m	同上

※デジタル MCA 管理移動局：デジタル MCA 移動局のうち、指令局として固定設置されて利用されている移動局（自治体の同報系防災行政無線の代替として固定的に使用されている移動局を含む）

(2) 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 1.1.2 に示す。また、モンテカルロシミュレーションで考慮した携帯電話システム陸上移動中継局（屋外型）の端末対向器指向性を図参 1.1.1 および図参 1.1.2 に、モンテカルロシミュレーションで考慮した携帯電話システム基地局の指向性を図参 1.1.3 および図参 1.1.4 に示す。

表参 1.1.2 携帯電話システム受信側パラメータ

被干渉システム	周波数(中心)	アンテナ利得	フィーダー他ロス	帯域内干渉許容値	帯域外感度抑圧許容値	アンテナ高	指向性	参照元
携帯電話システム移動局	952.5MHz↓	0 dBi	8 dB人体損失	-110.8 dBm/MHz	-44 dBm(12.5M離調)CWも同じ(規定無し)	1.5 m	無指向性	陸上無線通信委員会報告（令和2年7月14日）
携帯電話システム小電力レピータ	907.5MHz↑	0 dBi	0 dB	-118.9 dBm/MHz	-44 dBm	2 m	無指向性	陸上無線通信委員会報告（平成30年5月15日）
携帯電話システム陸上移動中継局屋外型	907.5MHz↑	11 dBi	8 dB	-118.9 dBm/MHz	-44 dBm	15 m	別図による	陸上無線通信委員会報告（平成30年5月15日）
携帯電話システム陸上移動中継局屋内用一体型	907.5MHz↑	0 dBi	0 dB	-118.9 dBm/MHz	-44 dBm	2 m	無指向性	陸上無線通信委員会報告（平成30年5月15日）
携帯電話システム陸上移動中継局屋内用分離型	907.5MHz↑	0 dBi	10 dB	-118.9 dBm/MHz	-44 dBm	3 m	無指向性	陸上無線通信委員会報告（平成30年5月15日）
携帯電話システム基地局	907.5MHz↑	14 dBi	5 dB	-119 dBm/MHz	-43 dBm（変調）-15 dBm（CW）	40 m	別図による	陸上無線通信委員会報告（令和2年7月14日）

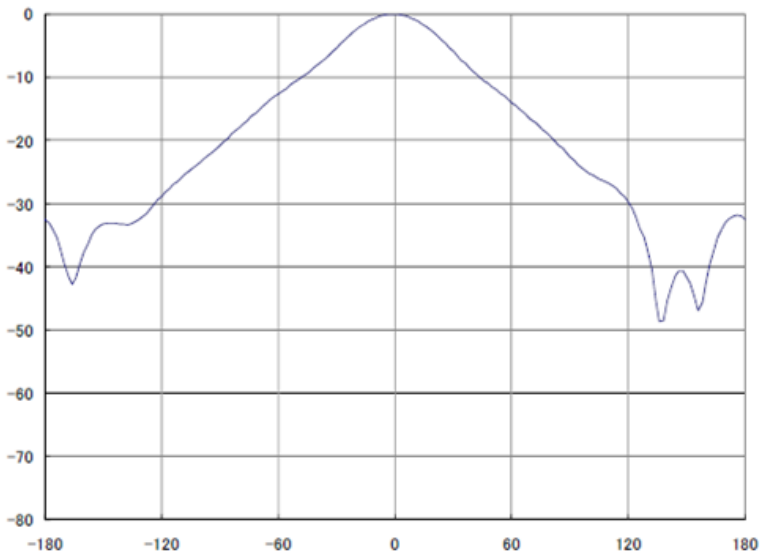


図２．２．３－１　陸上移動中継局（屋外エリア用）陸上移動局対向器
アンテナ指向特性（水平）

図参 1.1.1 陸上移動中継局（屋外型）の端末対向器の水平面内指向特性※12

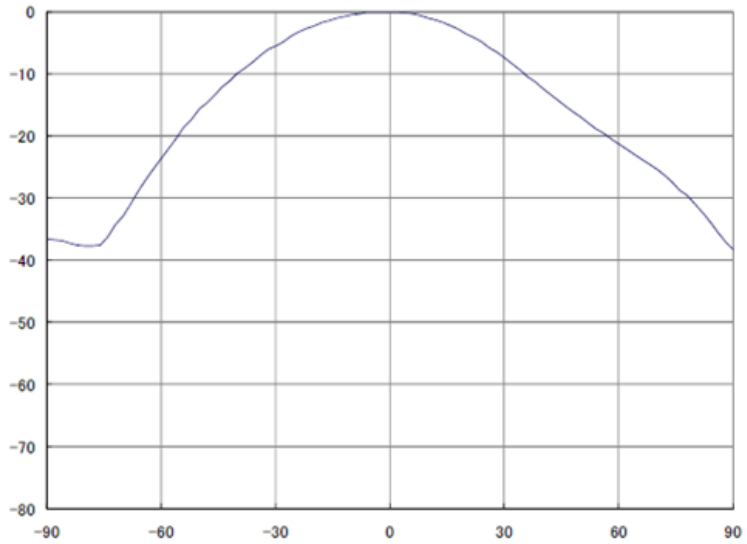
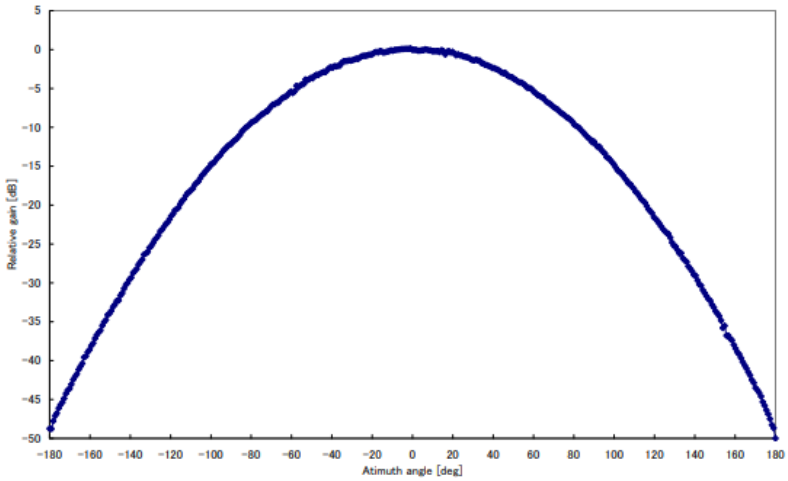


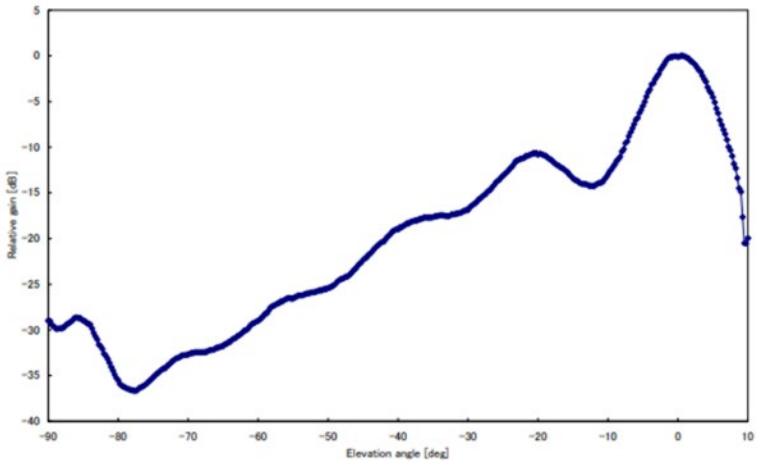
図２．２．３－２　陸上移動中継局（屋外エリア用）陸上移動局対向器
アンテナ指向特性（垂直）

図参 1.1.2 陸上移動中継局（屋外型）の端末対向器の垂直面内指向特性※12

※12 ：引用元　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」（平成 14 年 9 月 30 日諮問）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 30 年 5 月 15 日）より



図参 1.1.3 基地局の水平面内指向特性※13



図参 1.1.4 基地局の垂直面内指向特性※13

※13 ：引用元　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」（平成 14 年 9 月 30 日諮問）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 30 年 5 月 15 日）

(3) RFID 構内無線局/陸上移動局システム

(4) RFID 特定小電力無線局システム

(5) 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。また、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いる。

表参 1.1.4 RFID システムの受信パラメータ

被干渉 システム	周波数 （中心）	空中線 利得	フィーダー 他ロス	帯域内干渉許容値	帯域外感度 抑圧許容値	最接近 距離	空中線高
RFID（1W 免許局） 構内無線局・陸上移動局 キャリアセンス無し	916.8MHz ~920.4MHz	6 dBi	0 dB	-74dBm/200kHz※14	-30dBm	10 m	1.5m
RFID（1W 登録局） 構内無線局 キャリアセンスあり	916.8MHz ~920.4MHz	6 dBi	0 dB	-74dBm/200kHz	-30dBm	10 m	1.5m
RFID（特定小電力）	920.4MHz	3 dBi	0 dB	-74dBm/200kHz	-30dBm	10 m	1.5m
アクティブタグ テレメータ、LPWA など 1mW, 20mW, 250mW	922.4MHz	3 dBi	0 dB	-80dBm/200kHz	-44dBm※15	10 m	1.5m

(6) 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。

表参 1.1.5 電波天文の受信側パラメータ

項目	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	勧告 ITU-R RA.769-2
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	1,400～1,427MHz（27MHz 幅）	勧告 ITU-R RA.769-2
許容干渉レベル（帯域内）	-189.5dBm/MHz	※16
感度抑圧レベル（帯域外）	－	

※14 ：920MHz 帯の RFID システムに対しては明確な干渉許容値が存在しないため、「RFID（1W 登録局）構内無線局キャリアセンスあり」のしきい値を引用し、しきい値　を設定した。

※15 ：ETSI EN 300 220-1 V3.1.1 (2017-02)_Table 41: Blocking level parameters for RX category 2

※16 ：引用元　情報通信審議会 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」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」（令和 2 年 7 月 14 日）より再計算を実施

表参 1.1.6 対象となる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	海抜高（m）	地上高（m）	最小運用仰角（度）	観測周波数（MHz）
JAXA 臼田宇宙空間観測所	パラボラ	64m	138E 21′ 46″	36N 07′ 57″	1456	33.0	5	1400-1750
和歌山大学みさと天文台	パラボラ	8m	135E 24′ 24″	34N 8′ 39″	416	5.5	0	1420-1420
和歌山大学和歌山大 12m	パラボラ	12m	135E 9′ 00″	34N 16′ 02″	84	7.5	10	144-8500
自由学園那須農場電波観測所	固定球面鏡	20m×8 30m×1	139E 59′ 00″	36N 55′ 30″	296	21.0	70	1405-1425
福井工業大学あわら宇宙センター	パラボラ	10m	136E 14′ 07″	36N 15′ 50″	18	15.0	2	1300-2400
国立天文台水沢 VLBI 観測所	パラボラ	20m(VERA)	141E 07′ 57″	39N 08′ 01″	64	13.0	3	1350-2400
国立天文台 VERA 石垣島観測所	パラボラ	20m(VERA)	124E 10′ 16″	24N 24′ 44″	23	13.0	3	1350-2400
NICT 山川局	パラボラ	8m	130E 37′ 00″	31N 12′ 15″	86	11.5	5	70-9000

参考資料２：設置環境等

(1) 現状の設置環境

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ると同時に、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ことから、他の無線システムとの周波数共用の検討や、人体の電波防護に関する検討を行う際、使用する環境として「WPT 屋内設置環境」として定義されている。なお、現行制度では、屋内限定としたことから屋外使用に関する設置環境については本報告による検討対象から除外しており、表参 2.1.1 に示す「WPT 管理環境」と、この定義に基づく管理を必要としない使用環境である「WPT 一般環境」とに区分されている。

表参 2.1.1　現行制度による WPT 利用環境の定義

条件	WPT 管理環境（屋内）	WPT 一般環境（屋内）
免許条件等	構内無線局	構内無線局
適用周波数帯	920MHz 帯、2.4GHz 帯、5.7GHz 帯	920MHz 帯
利用空間の人の有無	無人 （無人と記載しているが、電波防護指針で定義される管理環境のもと安全な範囲にて対応する人は存在する可能性がある）	無人もしくは有人 （有人の意味は、電波防護指針で定義される一般環境を適用すべき一般人が存在するという意味）
設置環境の定義	「WPT 管理環境」の定義 下記の a～d を全て満たす環境	「WPT 一般環境」の定義 左欄の b～d のどれかを満たさない環境
	a.屋内（※）、閉空間であること。	屋内（※）、閉空間であること。
	b.電波防護指針における管理環境の指針値を満足するものとする。（電波防護指針における管理環境の指針値を超える範囲に人が立ち入った際には送電を停止することとする。）	WPT 一般環境においては、電波防護指針の一般環境の指針値を満たすものとする。
	c.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。	
	d.当該屋内に隣接する空間（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、当該屋内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 帯のみ】	

※窓を含めた「WPT 屋内設置環境」の周囲にある壁損失が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、窓を含めた「WPT 屋内設置環境」の閉空間の壁損失は、920MHz 帯では、10dB として、この壁損失以上を担保することが必要とされている。

(2) 設置環境の拡張要望と見直し

920MHz 帯の空間伝送型 WPT システムは、ビルマネジメントにおける環境センサや工場で利用される小電力センサ等に活用されているが、更なる普及拡大に向け、既定の減衰量を有しな

い壁等で一部区画された屋内空間を含む屋外利用および事前の免許申請等の制度での導入が困難なユースケースとして、免許不要での利用が望まれており、現行の空間伝送型 WPT システムが使用する環境として「WPT 屋内設置環境」から屋外等を含む利用環境についての定義が必要とされた。

今回の要望では、屋外利用などの閉空間として求められている壁損失が無い環境での利用となることから、「WPT 屋外設置環境」として利用環境を拡張する事とし、「WPT 屋内設置環境」にて求められた設置環境に隣接する空間（隣接室内、上下階等）における無線システムの一元管理は、920MHz 帯では、求められていないことから、これを除いた。

「WPT 屋外設置環境」を表参 2.1.2 に示す。

利用空間での人は無人（電波防護指針で定義される管理環境のもと安全な範囲にて対応する人は存在する可能性がある）であり、設置環境の定義を満たす環境を「WPT 管理環境（屋外）」、この定義に基づく管理を必要としない使用環境として、「WPT 一般環境（屋外）」を、拡張・定義した。

また、現行の「WPT 屋内設置環境」での「WPT 管理環境」と「WPT 一般環境」については、混同を避けるために、「WPT 管理環境（屋内）」と「WPT 一般環境（屋内）」と定義の名称を変更した。

表参 2.2.1　屋外型 WPT システムで新たに定義する「WPT 屋外設置環境」の定義

条件	WPT 管理環境（屋外）	WPT 一般環境（屋外）
免許条件等	構内無線局	構内無線局
適用周波数帯	920MHz 帯	920MHz 帯
利用空間の人の有無	無人 （無人と記載しているが、電波防護指針で定義される管理環境のもと安全な範囲にて対応する人は存在する可能性がある）	無人もしくは有人 （有人の意味は、電波防護指針で定義される一般環境を適用すべき一般人が存在するという意味）
設置環境の定義	「WPT 管理環境（屋外）」の定義 下記の a、b をいずれも満たす環境	「WPT 一般環境（屋外）」の定義 下欄の c を満たす環境
	a.電波防護指針における管理環境の指針値を満足するものとする。（電波防護指針における管理環境の指針値を超える範囲に人が立ち入った際には送電を停止することとする。）	c.WPT 一般環境（屋外）においては、電波防護指針の一般環境の指針値を満たすものとする。
	b.構内（※）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。	

（※）構内無線局として影響の及ぶ屋内外（建物内や屋外の敷地）の構内範囲

特定小電力型 WPT システムは、免許不要での利用とした特定小電力無線局での扱いとしたことから、利用場所や利用環境での管理、利用空間での人の有無について、把握や定義に基づく実効が困難なことから、WPT 利用環境の定義外での利用とする。但し、WPT 特有の環境定義外ではあるが、電波防護指針における一般環境の指針値については、本定義の適用とは関係なく、適合が求められる。

参考資料３：屋外型 WPT システムにおける共用検討

(1) 共用検討対象システム及び検討の絞り込み

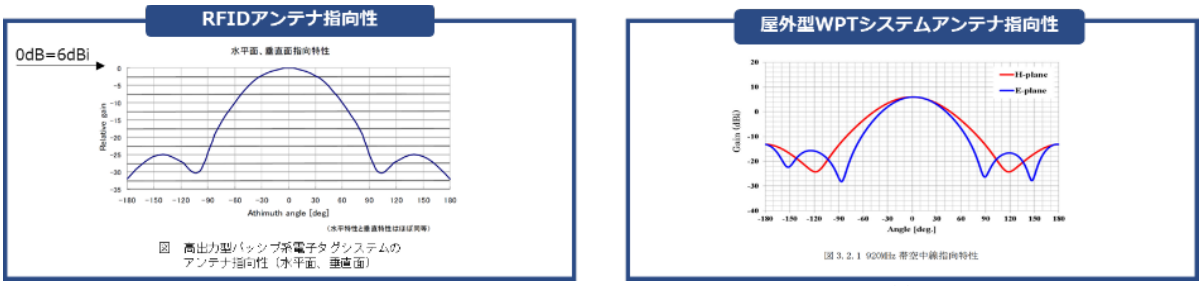
(ア) 干渉検討対象システム

共用検討対象システムは、情報通信審議会諮問第 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」（平成 30 年 12 月 12 日諮問）における「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」（令和 2 年 7 月 14 日）と同様に、同一チャネルを使用する RFID システム、周辺チャネルに位置する携帯電話システム、デジタル MCA システム、高度 MCA システムおよび周波数離隔のある電波天文とする。

(イ) 920MHz 帯 RFID 陸上移動局との差異

屋外型 WPT システムは、RFID 陸上移動局と同等の技術基準に準拠しており、さらに利用チャンネル数を 2 チャネルに制限していることから、現行の RFID 陸上移動局と比べても被干渉システムへの影響は少ない。

図参 3.1.1 に RFID 陸上移動局システムと屋外型 WPT システムとの空中線指向性の差異について示す。



図参 3.1.1 RFID 陸上移動局との指向性差※10

(2) デジタル MCA システム

(ア) 中継局

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」（平成 14 年 9 月 30 日諮問）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 30 年 5 月 15 日）では、920MHz 帯電子タグシステム等の空中線電力、空中線利得、不要発射の強度等の規定は同一であるため、1 対 1 の対向モデルにおける干渉条件は変更がないことから計算の対象外とし、「920MHz 帯電子タグシステム等の技術的条件」（平成 23 年 6 月 24 日）と同様としている。

帯域外の所要改善量が満たさないことについて、情報通信審議会情報通信技術分科会携帯電話等周波数有効利用方策委員会（第 50 回）にて「RFID の設置条件の調整、遮蔽物の設置、MCA 中継局へのフィルタ挿入等の対策を行う事により共用可能とされている。

また、情報通信審議会情報通信技術分科会携帯電話等周波数有効利用方策委員会（第 50 回）配布資料 81-50-2「RFID と MCA との干渉検討について」において、離隔距離が 112m と算出されている。

3　干渉検討の結果

920MHz 帯電子タグシステムから MCA 中継局への干渉について、検討結果を参表 5-3 に示す。

参表 5-3　干渉検討結果

組合せ No.	与干渉	被干渉	伝搬モデル	所要改善量［dB］ 帯域内	所要改善量［dB］ 帯域外	備考
1	パッシブ 1W	MCA中継局 アンテナ高 40m	自由空間	-7.0	13.1	(※1)
			奥村-秦	—	—	
			Walfisch-池上	-14.2	5.9	

表1: 1対1対向モデル計算結果(1) (GB=5MHz)

システム組合せNo.	与干渉システム	被干渉システム	伝搬モデル	検討モデル1 アンテナ指向特性を考慮しない場合の所要離隔距離 帯域内干渉を避ける離隔距離(m)	帯域外干渉を避ける離隔距離(m)	所要改善量(dB)	検討モデル2 垂直方向のアンテナ指向特性を考慮し、結合損が最小となる場合の離隔距離と所要改善量 離隔距離(m)	帯域内干渉を避ける改善量(dB)	帯域外干渉を避ける改善量(dB)	所要改善量(dB)	備考
1	RFID TX (パッシブ高出力)	ディジタルMCA ↑ (中継局受信 h=40m)	自由空間	43	1943	98	112	-20.1	13.1	13.1	RF-IDの設置条件の調整、遮蔽物の設置、MCA中継局へのフィルタ挿入等の対策を行うことにより共用可能
			奥村-秦	(注1)	(注1)	98	-	-	-	-	
			Walfisch-池上	36	254	98	57	-27.3	5.9	5.9	

図参 3.2.1 情報通信審議会　情報通信技術分科会 携帯電話等周波数有効利用方策委員会（第 50 回）配布資料 資料 81-50-2「RFID と MCA との干渉検討について

上記を踏まえ、離隔距離 112m を基準としての運用調整により共用可能。

（イ）移動局・管理移動局

報通信審議会諮問第 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」（平成 30 年 12 月 12 日諮問）における「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」（令和 2 年 7 月 14 日）において、壁損を考慮せずに共用検討を行っており、RFID 陸上移動局と、同等の技術的条件であるため共用化可能。

ただし、屋外型 WPT システムについてはそのユースケースから固定的な運用が想定され、そのような運用においては、固定的に運用されているデジタル MCA 管理移動局に対する干渉が継続的に生じるおそれがある。特に、デジタル MCA 管理移動局のうち、地方公共団体における同報系防災行政無線の代替として固定的に運用されているものについては、継続的な干渉が重大な影響を及ぼす可能性があることに留意する必要がある。

（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与干渉システム、他の 920MHz 帯の通信システムを被干渉システムとした、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システムとしての干渉検討は行わない。）

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」（電気通信技術審議会諮問第 81 号「携帯

１４０

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。

本検討は壁損を考慮せずに共用検討を行っている。

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（与干渉システム） ⇒ 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

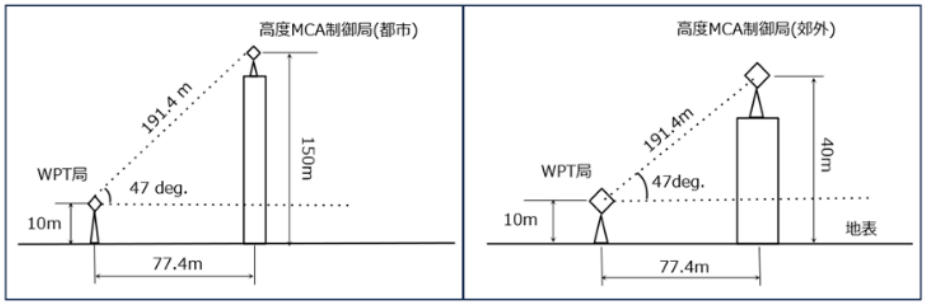
図参 3.2.2 諮問第 2043 号「空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの技術的条件」のうち「構内における空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの技術的条件」（令和 2 年 7 月 14 日）検討結果（P.140～141）

(3) 高度 MCA システム

（ア）基地局

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」（令和 2 年 7 月 14 日）と同様に、1 対 1 対向モデル（図参 3.3.1）による検討を行った。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。また、本検討では遮断損なし（0dB）として算出した。



図参 3.3.1　1 対 1 対向の干渉検討モデル

1 対 1 対向モデルによる干渉計算結果を表参 3.3.1 に示す。この結果を踏まえ、離隔距離 129.3m 以内に設置する場合には、個別の運用調整を実施することで共用可能である。

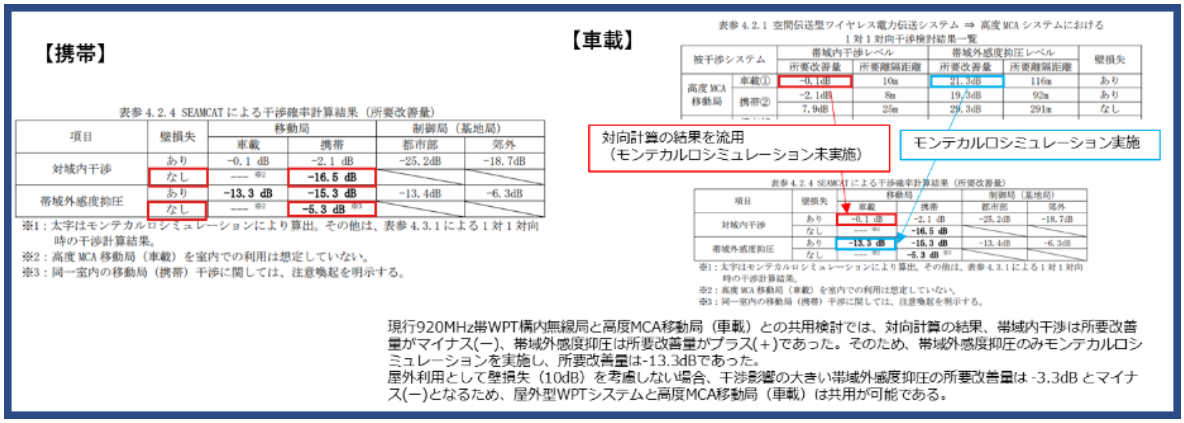
表参 3.3.1 空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム⇒高度 MCA システムにおける
1 対 1 対向干渉検討結果一覧

被干渉システム		高度 MCA 基地局(都市部)		高度 MCA 基地局(郊外)	
		主波の影響（帯域外感度抑圧）	帯域内干渉	主波の影響（帯域外感度抑圧）	帯域内干渉
周波数	干渉検討対象中心周波数[MHz]	919.2	900.0	919.2	900.0
	波長	0.326	0.3333	0.326	0.3333
与干渉諸元	①不要発射の強度	30.0	-58.0	30.0	-58.0
	②ANT ゲイン	6.0	6.0	6.0	6.0
	③フィーダロス（その他）	0.0	0.0	0.0	0.0
	④垂直指向性減衰	-7.2	-7.2	-7.2	-7.2
	A:①～④	28.8	-59.2	28.8	-59.2
伝搬	○空中線間距離	191.4	191.4	64.0	64.0
	⑤遮蔽損	0.0	0.0	0.0	0.0
	⑥伝播損失	-77.3	-77.2	-67.8	-67.7
	B:⑤~⑥	-77.3	-77.2	-67.8	-67.7
被干渉諸元	⑦ANT ゲイン	19.0	19.0	16.0	16.0
	⑧フィーダロス（その他）	-16.855	-16.855	-16.855	-16.855
	⑨指向性減衰	0.0	0.0	0.0	0.0
	C:⑦~⑨	2.1	2.1	-0.9	-0.9
	⑩許容干渉電力	-43.0	-119.0	-43.0	-119.0
	⑪受信干渉電力(A+B+C)	-46.4	-134.2	-39.9	-127.7

共用結果	所要改善量(⑪-⑩)	-3.4	-15.2	3.1	-8.7
	所要伝播損	73.9	61.9	70.9	58.9
	所要離隔距離(自由空間伝播)m	129.3	33.2	91.6	23.5

(イ)移動局

報通信審議会諮問第 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」(平成 30 年 12 月 12 日諮問) における「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」(令和 2 年 7 月 14 日) において、壁損失を考慮せずに共用検討を行っており、許容干渉電力以下であることから共用可能。車載移動局に関しては、壁損失を考慮した所要改善量が-13.3dB であったことから、屋外利用として壁損失(10dB)を考慮しない場合、所要改善量は-3.3dB となるため、共用可能。



図参 3.3.2　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」(令和 2 年 7 月 14 日) 検討結果 (P.142～144)

(4) 携帯電話システム

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」(平成 14 年 9 月 30 日諮問) 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 30 年 5 月 15 日) では、920MHz 帯電子タグシステム等の空中線電力、空中線利得、不要発射の強度等の規定は同一であるため、1 対 1 の対向モデルにおける干渉条件は変更がないことから計算の対象外とし、「920MHz 帯電子タグシステム等の技術的条件」(平成 23 年 6 月 24 日) と同様としている。

参表 4-3　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 所要結合損

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

参表 4-4　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 dB	水平離隔距離 m	水平離隔距離での結合損 dB	所要改善量 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

図参 4.3.1 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」（平成 14 年 9 月 30 日諮問）のうち、「920MHz 帯電子タグシステム等の技術的条件」（平成 23 年 6 月 24 日）検討結果

検討結果より、基地局については所要離隔距離 274m を基準に個別の運用調整にて共用の可否を判定する

また、小電力レピータおよび陸上移動中継局への干渉は、許容干渉電力以上となるケースもあるが、屋外型 WPT システムの製造マージン、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おいては壁損失（約 10dB）により干渉の低減が期待される。実際の運用では遮蔽損・透過損など追加のその他の減衰が見込まれる。これらにより所要改善量の良化が見込まれること、さらに、実運用においては屋外型 WPT システムと携帯電話システムの小電力レピータ及び陸上移動中継局の空中線の設置場所及び設置条件（高さ、向き、離隔距離等）を調整することにより共用可能である。

(5) RFID 構内無線局/陸上移動局システム、RFID 特定小電力無線局システム、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システムジタル MCA システム

920MHz 帯を利用した各種 RFID システム間の共用検討は、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）において、実施されている。屋外型 WPT システムの技術的条件は RFID 陸上移動局と同等の技術条件であり、尚且つ、利用チャンネル数の制限（2 つのチャンネルのみ利用）があることから、現行の RFID 陸上移動局より影響は少なく、屋外型 WPT システムにおいても共用可能である。

(6) 電波天文

(ア) 共用モデル

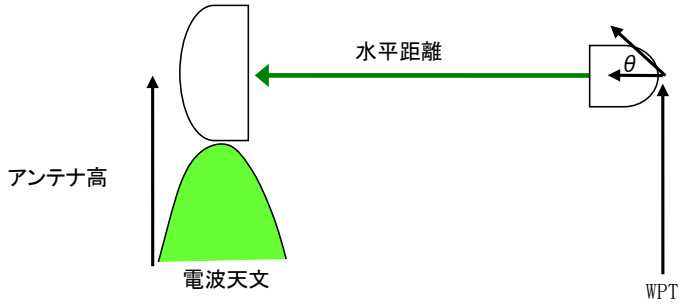
本検討においては、情報通信審議会諮問第 2043 号「空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの技術的条件」（平成 30 年 12 月 12 日諮問）における「構内における空間伝送型ワイヤ

レス電力伝送システムの技術的条件」（令和 2 年 7 月 14 日）に準じ、図 3.6.1 による共用検討モデルとしている。

上記報告では、干渉閾値換算値を−197.4dBm/MHz として共用検討を実施しており、この条件下における所要離隔距離は約 37.5km と算出されていた。

しかし、本検討にあたって干渉閾値換算値の算出に誤りが判明したことから、再計算により、−189.5dBm/MHz を干渉閾値換算値として共用検討を実施した。

なお、修正後の条件による上記報告書の再計算を行った結果を表 3.6.1 に示す。所要離隔距離は約 15km となる結果が得られている。



図参 3.6.1 電波天文の共用検討モデル

表参 3.6.1　現行制度での共用検討計算の再検討結果

	第1ステップ	第1ステップ（入力閾値修正版）
	野辺山	野辺山
被干渉周波数 [MHz]	1413.5	1413.5
WPTシステム使用周波数 [MHz]	919.2	919.2
離調周波数 [MHz]	494.3	494.3
壁損失 [dB]	ITU-R Traditional -10	ITU-R Traditional -10
PTx：送電空中線電力 [dBm/MHz]	-60.5	-60.5
GTx：送電空中線利得 Tx [dBi]	0	0
EIRP：等価等方輻射電力[dBm/MHz]	-70.5	-70.5
PTx：送電空中線指向性減衰量 [dB]	0	0
PTx：設置高 [m]	4.5	4.5
PTx Clutter：送電側クラッタ損失 [dB]	without Clutter：0	without Clutter：0
入力電力 [dBW]	-	-205
電力束密度 [dB(W/m^2)]	-	-180
観測周波数帯幅 [MHz]	-	27
電力束密度スペクトラム [dB(W/m^2*Hz)]	-255	-255
0dBiアンテナ入力閾値	-197.4	-189.5
GRx :受信空中線利得 [dBi]	0	0
Rx：受信空中線指向性減衰量 [dB]	0	0
Rx：設置高 [m]	4.5	4.5
Rx Clutter：送電側クラッタ損失 [dB]	without Clutter：0	without Clutter：0
所要離隔距離 [m]	37,500	**14,976**

（イ）共用検討結果

共用検討結果を表参 4.6.2 に示す。屋外型 WPT システムについては、第 1 ステップとは異なり壁損失 10dB を考慮していない条件で評価を行っており、その結果、不要発射強度が電波天文の干渉しきい値の換算値を下回るために必要とされる減衰量は 129dB、所要離隔距離は 47,359m となる。

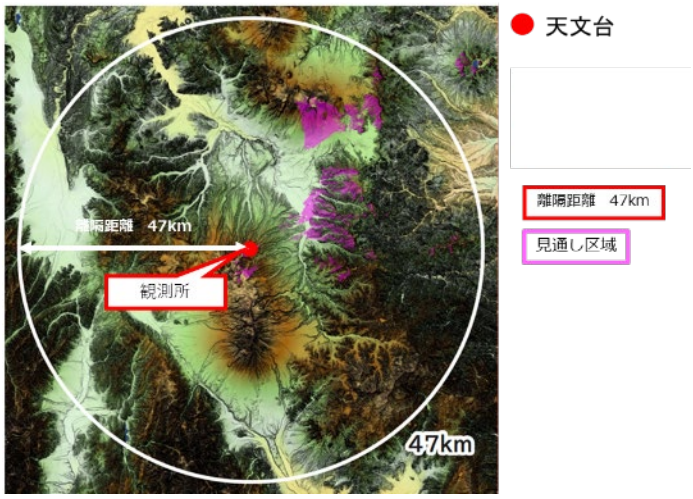
そのため、屋外型 WPT システムを設置する場合、観測所の設置位置から 47km 以内であり、見通しとなる範囲では、屋外型 WPT システム設置を制限する区域とすることで電波天文との共用は可能となる。一方、見通し外となる範囲については、周囲環境を考慮した双方での確認により共用可能となる。また、設置制限区域内に設置する場合であっても、双方の協議の元、利用環境等を考慮して、クラッタ損や指向性減衰を導入し、個別の運用調整を実施することで、共用可能である。

表参 3.6.2 電波天文との共用検討結果

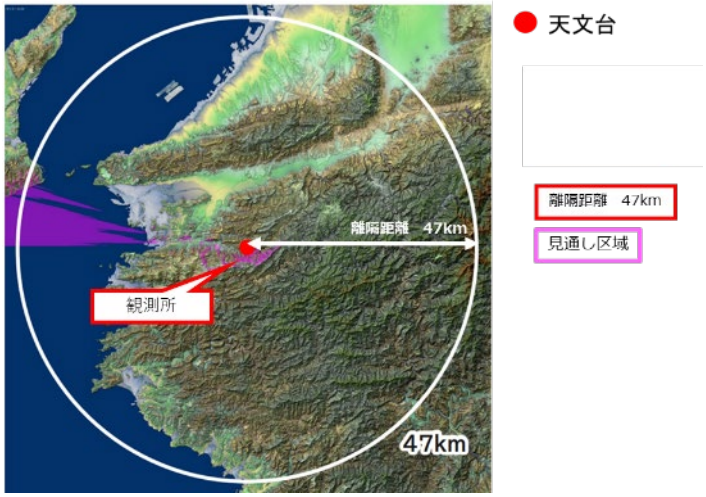
	屋外型 WPT システム
	水沢 （自由空間モデル）
被干渉周波数[MHz]	1413.5
WPT システム使用周波数[MHz]	920.4
離調周波数[MHz]	493.1
壁損失[dB]	―
PTx:送電空中線電力[dBm/MHz]	-60.5
GTx:送電空中線利得 Tx[dBi]	0
EIRP:等価等方輻射電力[dBm/MHz]	-60.5
PTx:送電空中線指向性減衰量[dB]	0
PTx:設置高[m]	4.5
PTxClutter:送電側クラッタ損失[dB]	Without Clutter ： 0
入力電力[dBW]	-205
電力束密度[dB(W/m^2)]	-180
観測周波数帯幅[MHz]	27
電力束密度スペクトラム[dB(W/m^2*Hz)]	-255
0dBi アンテナ入力閾値	-189.5
GRx:受信空中線利得[dBi]	0
Rx:受信空中線指向性減衰量[dB]	0
Rx:設置高[m]	4.5
RxClutter:送電側クラッタ損失[dB]	Without Clutter ： 0
所要離隔距離[m]	**47,359**

（ウ）制限区域

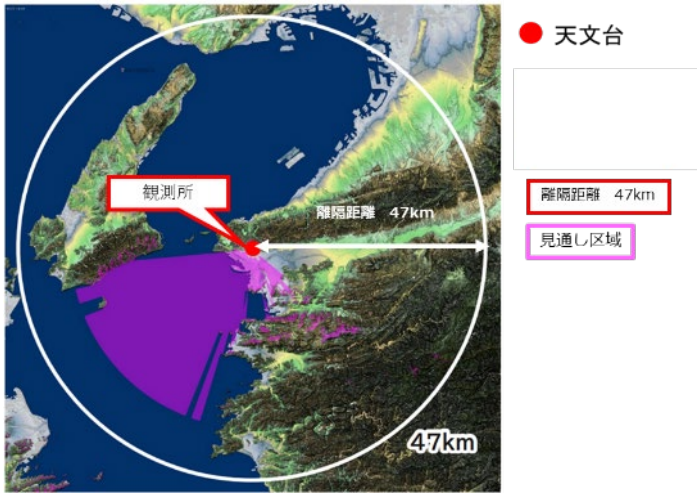
電波天文における屋外型 WPT システムの制限区域（離隔距離 47km 以内であり、かつ、見通し区域）を図参 4.6.2 から図参 4.6.9 に示す。



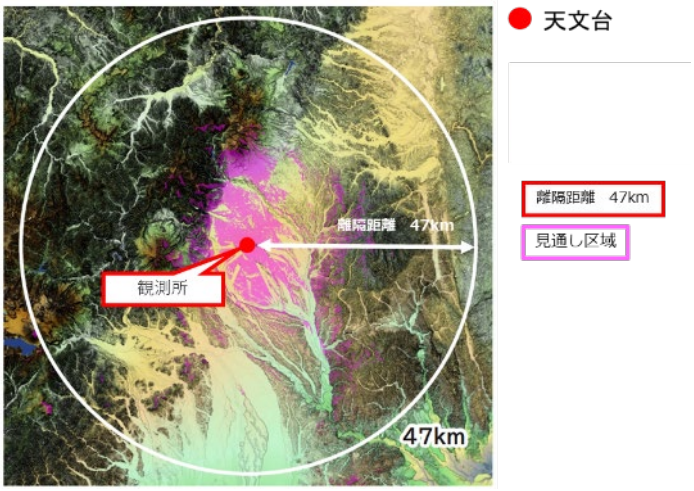
図参 4.2.2　JAXA 臼田宇宙空間観測所における
空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの制限区域



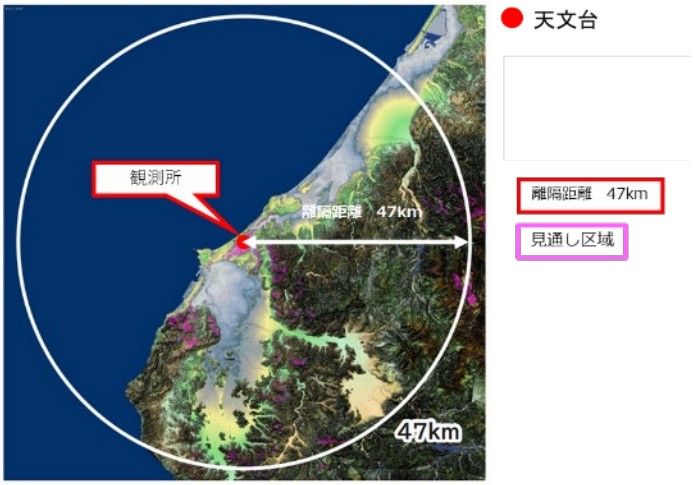
図参 4.2.3　和歌山大学みさと天文台における
空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの制限区域



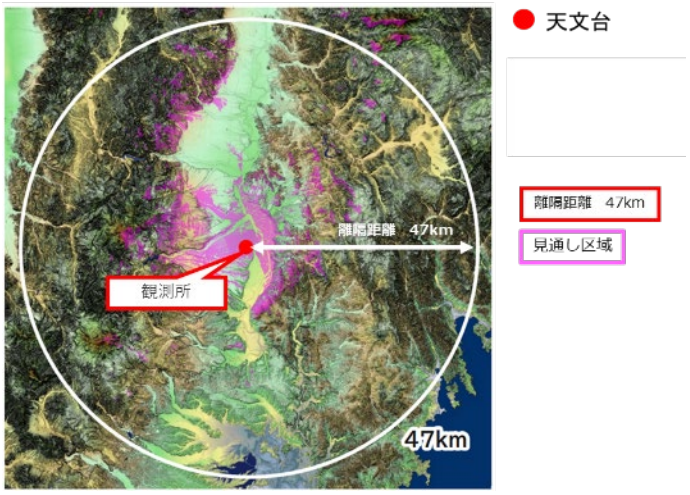
図参 4.2.4　和歌山大学和歌山大 12m における
空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの制限区域



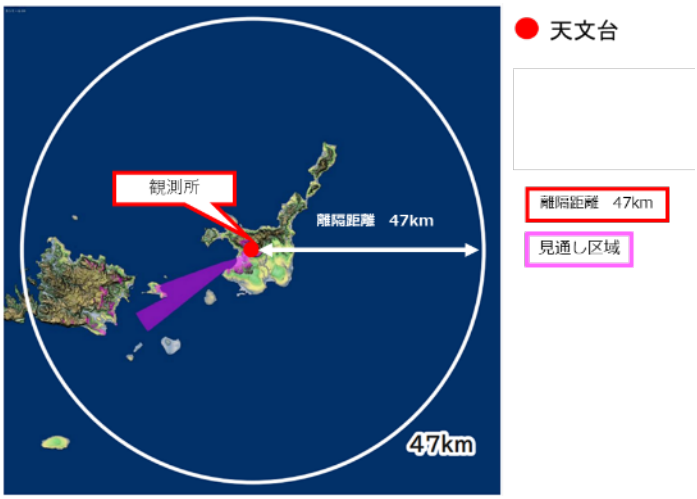
図参 4.2.5　自由学園那須農場電波観測所における
空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの制限区域



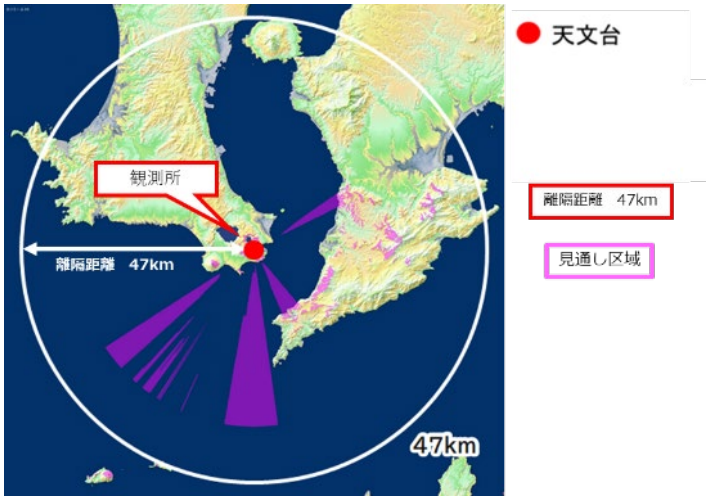
図参 4.2.6　福井工業大学あわら宇宙センターにおける
空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの制限区域



図参 4.2.7　国立天文台水沢 VLBI 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 4.2.8　国立天文台 VERA 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



図参 4.2.9　NICT 山川局における
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 4：特定小電力型 WPT システムにおける共用検討

(1) 共用検討対象システム及び検討の絞り込み

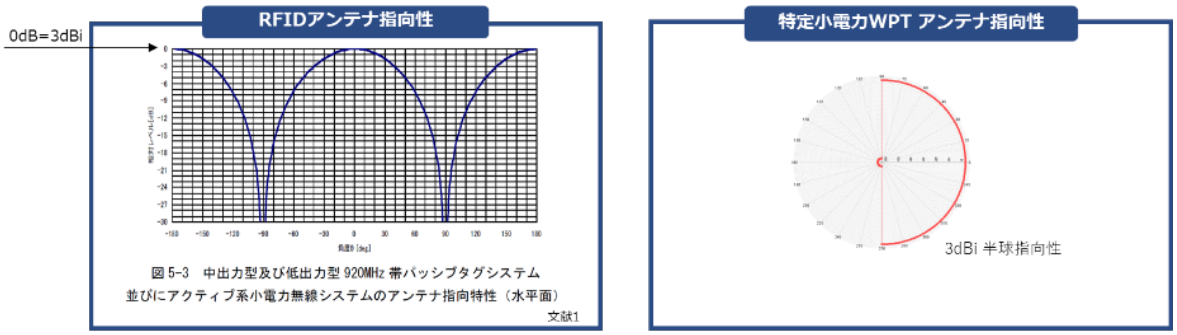
(ア) 干渉検討対象システム

共用検討対象システムは、情報通信審議会諮問第 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」（平成 30 年 12 月 12 日諮問）における「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」（令和 2 年 7 月 14 日）と同様に、同一チャネルを使用する RFID システム、周辺チャネルに位置する携帯電話システム、デジタル MCA システム、高度 MCA システムおよび周波数離隔のある電波天文とする。

(イ) 920MHz 帯 RFID 特定小電力無線局との差異

特定小電力型 WPT システムは、RFID 特定小電力無線局と同等の技術基準であり、さらに利用チャンネル数を 2 チャンネルに制限していることから、現行の RFID 特定小電力無線局と比較して被干渉システムへの影響は少ない。

図参 4.1.1 に RFID 特定小電力無線局と特定小電力型 WPT システムとの空中線指向性の差異について示す。



図参 4.1.1 RFID 特定小電力無線局との指向性差※11

(2) デジタル MCA システム

(ア) 中継局

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」（平成 14 年 9 月 30 日諮問）のうち、「920MHz 帯電子タグシステム等に関する技術的条件」（平成 23 年 6 月 24 日）では、パッシブ 250mW（RFID 特定小電力無線局）と MCA 中継局（デジタル MCA 中継局）は共用可能とされている。

特定小電力型 WPT システムは、RFID 特定小電力無線局と同等の技術的条件であるため、共用可能である。

3　干渉検討の結果

920MHz 帯電子タグシステムから MCA 中継局への干渉について、検討結果を参表 5-3 に示す。

参表 5-3　干渉検討結果

組合せ No.	与干渉	被干渉	伝搬モデル	所要改善量 [dB] 帯域内	所要改善量 [dB] 帯域外	備考
1	パッシブ 1W	MCA中継局 アンテナ高 40m	自由空間	-7.0	13.1	(※1)
			奥村-秦	—	—	
			Walfisch-池上	-14.2	5.9	
2	パッシブ 1W	MCA中継局 アンテナ高 150m	自由空間	-16.0	4.2	共用可能
			奥村-秦	-43.7	-23.5	
			Walfisch-池上	—	—	
3	パッシブ 250mW	MCA中継局 アンテナ高 40m	自由空間	-6.3	4.9	共用可能
			奥村-秦	—	—	
			Walfisch-池上	-11.4	-0.3	
4	パッシブ 250mW	MCA中継局 アンテナ高 150m	自由空間	-16.0	-4.8	共用可能
			奥村-秦	-43.7	-32.5	
			Walfisch-池上	—	—	

図参 4.2.1 RFID 特定小電力無線局とデジタル MCA 中継局との共用検討結果※17

(イ) 移動局・管理移動局

情報通信審議会諮問第 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」（平成 30 年 12 月 12 日諮問）における「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」（令和 2 年 7 月 14 日）において、構内無線局 WPT システム(1W、6dBi)とデジタル MCA 移動局との共用検討は実施済とされている。特定小電力型 WPT システム(250mW, 3dBi)は、構内無線局よりも出力、利得等の与干渉に関する技術的条件を抑えたシステムであるため、共用可能である。

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、テレコント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

図参 4.2.2 構内無線局 WPT システムとデジタル MCA 移動局との共用検討結果※18

(3) 高度 MCA システム

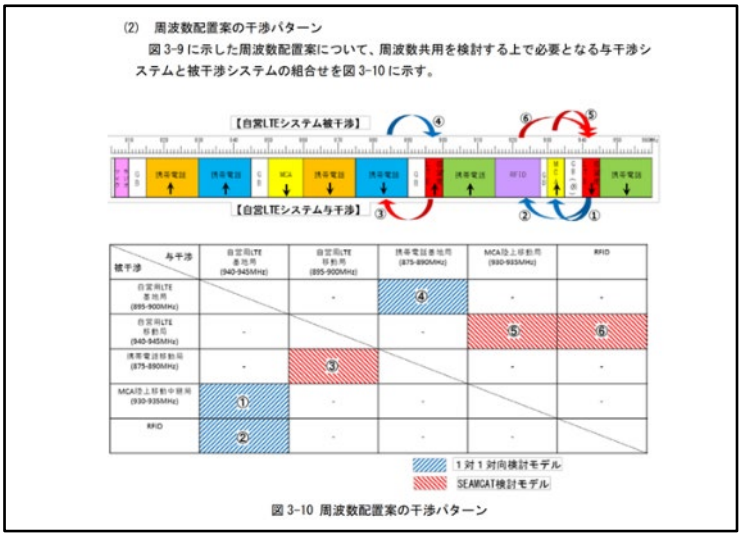
(ア) 基地局

情報通信審議会諮問第 2041 号「900MHz 帯自営用移動通信システムの高度化に関する技術的条件」（平成 30 年 5 月 15 日）において 250mW パッシブ RFID（RFID 特定小電力無線局）と高度 MCA 基地局は周波数離隔が大きく、共用検討の対象になっていない。特定小電力型

※17 ： 引用元　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 帯電子タグシステム等に関する技術的条件」（平成 23 年 6 月 24 日）

※18 ： 引用元　情報通信審議会諮問第 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」（平成 30 年 12 月 12 日諮問）における「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」（令和 2 年 7 月 14 日）

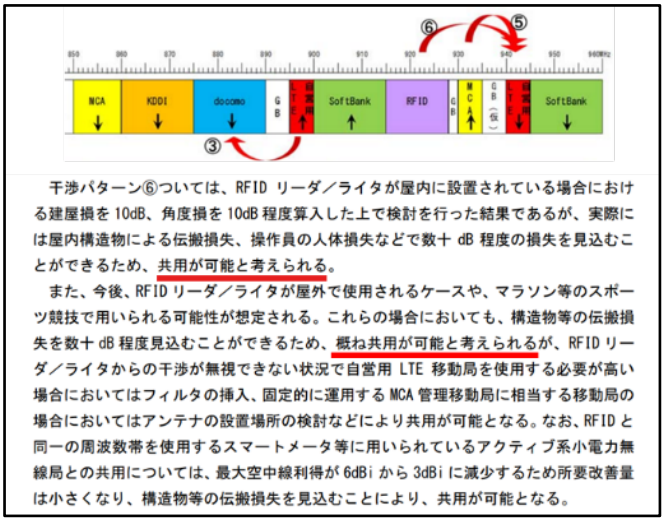
WPT システムは、RFID 特定小電力無線局と同等の技術的条件であり、利用チャンネル数を制限したシステムであるため、RFID 特定小電力無線局と同様に共用が可能である。



図参 4.3.1 RFID 特定小電力無線局と高度 MCA 基地局との共用検討結果※19

（イ）移動局

情報通信審議会諮問第 2041 号「900MHz 帯自営用移動通信システムの高度化に関する技術的条件」（平成 30 年 5 月 15 日）では、RFID 特定小電力無線局と自営用 LTE 移動局（高度 MCA 移動局）は共用が可能とされている。特定小電力型 WPT システムは、RFID 特定小電力無線局と同等の技術的条件であるため、共用可能である。



図参 4.3.2　RFID 特定小電力無線局と高度 MCA 移動局との共用検討結果※20

※19 ： 引用元　情報通信審議会諮問第 2041 号「900MHz 帯自営用移動通信システムの高度化に関する技術的条件」（平成 30 年 5 月 15 日）報告書検討結果

※20 ：引用元情報通信審議会諮問第 2041 号「900MHz 帯自営用移動通信システムの高度化に関する技術的条件」（平成 30 年 5 月 15 日）報告書検討結果

(4) 携帯電話システム

(ア) 共用検討手法

特定小電力 RFID システムと特定小電力型 WPT システムの運用環境に差異があることから、別途共用検討を実施した。1 対 1 対向モデルに基づき、自由空間伝搬損失を前提として、最小離隔距離で所要改善量を算出し、2 システム間の共用について検討を実施した。受信干渉電力が許容干渉電力以下の場合、所要改善量は 0 以下となり共用可能とする。許容干渉電力を超える場合、与干渉システムの特徴を考慮し、様々な科学技術分野で用いられているモンテカルロ法による干渉確率シミュレーションを用いて確率的な検討を実施した。

なお、本報告に示す検討手法および結果は、本システムで設定した周波数帯・運用条件に限って有効であり、他の周波数帯又は異なるシステムへの適用を意図するものではない。

(イ) 1 対 1 対向モデルにおける検討結果

干渉計算結果を表参 4.4.1 に示す。干渉検討結果一覧より、帯域外感度抑圧、帯域内干渉ともに許容干渉電力を超えていることから、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。

表参 4.4.1 携帯電話システムに対する対向計算結果

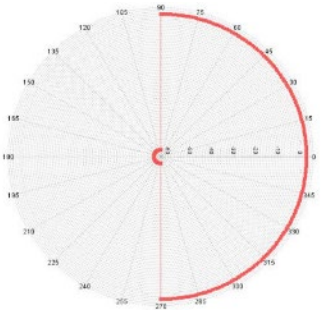
			携帯電話システム 移動局		携帯電話システム 小電力レピータ		携帯電話システム 陸上移動中継局 移動局対向器 屋外型		携帯電話システム 陸上移動局中継局 移動局対向器 屋内用一体型		携帯電話システム 陸上移動中継局 移動局対向器 屋内用分離型		携帯電話システム 基地局		
			帯域外感度抑圧	帯域内干渉	帯域外感度抑圧	帯域内干渉	帯域外感度抑圧	帯域内干渉	帯域外感度抑圧	帯域内干渉	帯域外感度抑圧	帯域内干渉	帯域外感度抑圧	帯域内干渉	単位
周波数		干渉検討対象中心周波数[MHz]	919.2	952.5	918.0	907.5	918.0	907.5	918.0	907.5	918.0	907.5	918.0	907.5	MHz
		波長	0.3264	0.3150	0.3268	0.3306	0.3268	0.3306	0.3268	0.3306	0.3268	0.3306	0.3268	0.3306	m
		帯域幅 [MHz]	0.200	5.000	0.200	5.000	0.200	5.000	0.200	5.000	0.200	5.000	0.200	5.000	MHz
与干渉諸元		①不要発射の強度	24.0	-38.0	24.0	-38.0	24.0	-38.0	24.0	-38.0	24.0	-38.0	24.0	-38.0	dBm/BW
		②送電局台数による利得	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	dB
		③ANTゲイン	3.0	3.0	0.0	0.0	11.0	11.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	3.0	dB
		④フィーダロス（その他）	0.0	0.0	0.0	0.0	-8.0	-8.0	0.0	0.0	-10.0	-10.0	0.0	0.0	dB
		⑤指向性減衰	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	dB
		⑥アレー利得	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	dB
		アンテナ高さ	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	m
		A：①～⑥	27.0	-35.0	27.0	-35.0	27.0	-35.0	27.0	-35.0	27.0	-35.0	27.0	-35.0	dBm/BW
伝搬		離隔距離	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	100.0	100.0	m
		⑦偏波整合損失	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	dB
		⑧遮蔽損失	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	dB
		⑨伝播損失	-51.7	-52.0	-51.7	-51.6	-51.7	-51.6	-51.7	-51.6	-51.7	-51.6	-71.7	-71.6	dB
		B：⑦～⑨	-51.7	-52.0	-51.7	-51.6	-51.7	-51.6	-51.7	-51.6	-51.7	-51.6	-71.7	-71.6	dB
被干渉諸元		⑩ANTゲイン	0.0	0.0	0.0	0.0	11.0	11.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.0	14.0	dBi
		⑪フィーダロス（その他）	-8.0	-8.0	0.0	0.0	-8.0	-8.0	0.0	0.0	-10.0	-10.0	-5.0	-5.0	dB
		⑫指向性減衰	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	dB
		アンテナ高さ	1.5	1.5	2	2	15	15	2	2	3	3	40.0	40.0	m
		C：⑩～⑫	-8.0	-8.0	0.0	0.0	3.0	3.0	0.0	0.0	-10.0	-10.0	9.0	9.0	dB
		⑬許容干渉電力	-44.0	-103.8	-44.0	-111.9	-44.0	-111.9	-44.0	-111.9	-44.0	-111.9	-43.0	-112.0	dBm/BW
共用結果	自由空間	⑭受信干渉電力(A+B+C)	-32.7	-95.0	-24.7	-86.6	-21.7	-83.6	-24.7	-86.6	-34.7	-96.6	-35.7	-97.6	dBm/BW
		所要改善量(⑭ - ⑬)	**11.3**	**8.8**	**19.3**	**25.3**	**22.3**	**28.3**	**19.3**	**25.3**	**9.3**	**15.3**	**7.3**	**14.4**	dB
		所要伝播損(A+C+⑦+⑧-⑬)	63.0	60.8	71.0	76.9	74.0	79.9	71.0	76.9	61.0	66.9	79.0	86.0	dB
		所要離隔距離(自由空間伝播)	**36.7**	**27.5**	**92.3**	**184.1**	**130.3**	**260.1**	**92.3**	**184.1**	**29.2**	**58.2**	**231.8**	**524.9**	m

(ウ)モンテカルロシミュレーションによる検討条件

計算条件を表参 4.4.2 に示す。

表参 4.4.2　モンテカルロシミュレーションの計算条件

項目	計算条件
送信側アンテナ指向性	3dBi 半球状理想指向性アンテナ（図参4.4.1）
伝搬モデル	自由空間、拡張秦
干渉閾値	累積確率97%電力（干渉確率 3%）
送信時間率	40% （送信時間制限約80%と稼働率1/2（閉空間運用割合×電源OFF）を考慮し設定）



図参 4.4.1　特定小電力型 WPT システムの空中線指向性

特定小電力型 WPT システムの市場は、自動車、一般住宅、工場系、インフラ系を想定している。機器総台数を表参 4.4.3 に示す。

表参 4.4.3 特定小電力型 WPT システムの機器総台数（2029 年予想）

分野	用途	推定台数
移動系	自動車 （トラック荷室内のモニタリング）	6 万台※Ⅰ
民生系	一般住宅家電 （小型家電・家電アクセサリへの充電）	40 万台※Ⅱ
閉空間系	工場 （生産設備モニタリング）	2 万 7 千台※Ⅲ
	インフラ監視 （高圧受電設備・発電設備モニタリング）	8 万 5 千台※Ⅳ
	合計	57 万 2 千台

※Ⅰ：軽トラックを除くトラックの 1%に搭載と仮定

※Ⅱ：世帯の 1.35%で利用されると仮定

※Ⅲ：30 人以上の製造系事業所の 10%に平均 5 台導入と仮定

※Ⅳ：キュービクル式高圧受電設備の 10%に導入と仮定

干渉エリア内における平均送信台数は、表参 4.4.4 に示す 42 台/㎢とした。

表参 4.4.4　特定小電力型 WPT 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		年	数値	単位	備考
A	機器総台数	2029	572,000	台	普及予測より
B	豊島区の人口密度	2020	23,182	人/km²	豊島区は人口密度が全国1位
C	日本の人口	2020	126,146,099	人	
D	豊島区の人口分布から計算した機器密度		105.1	台/km²	A*B/C
E	一台あたりの送信時間率		0.4		送信デューティ80% ＊ 稼働率50%
F	平均送信台数		**42.0**	台/km²	D*E

また、携帯電話システムとの検討においてはモンテカルロシミュレーションに用いる同時送信台数として、特定小電力型 WPT システムに加えて、特定小電力型 WPT システムと同一周波数であるパッシブ RFID システム （特定小電力、構内無線局、陸上移動局）を考慮する。

干渉エリア内における平均送信台数は、表 4.4.5 に示す 47.366 台/km²とした。

表参 4.4.5　RFID システムを考慮した平均送信台数

無線局種別	同時送信台数 (台/km²)	備考
特定小電力型WPTシステム	42.0	普及予測より
RFID（特定小電力）	0.902	陸上無線通信委員会 920MHz帯電子タグシステム等作業班 （第7回）資料より
RFID（構内無線局・陸上移動局）	4.464	
WPT+RFID	**47.366**	モンテカルロ・シミュレーションに用いる値

特定小電力型 WPT システムにおける送信時間率については、統計データおよび想定利用シーンより、送信時間率を算出した。送信時間率には送信時間制限装置（キャリアセンスシーケンス）による送信デューティ比、用途に関連した電波の時間的・電気的漏洩率を台数で重み付けすることにより求めた。

表参 4.4.6　送信時間率

<table>
<tr><th>分野</th><th>用途</th><th>推定台数</th><th>稼働率・漏洩率の根拠</th><th>稼働率
漏洩率</th><th>平均
稼働率</th><th>送信 DUT</th></tr>
<tr><td>移動系</td><td>自動車
（トラック荷室内のモニタリング）</td><td>6 万台※Ⅰ</td><td>荷室から屋外への漏洩量が時間的・電気的に 1/10 と想定</td><td>10%
※Ⅴ</td><td rowspan="4">48.4%</td><td rowspan="4">83.3%</td></tr>
<tr><td>民生系</td><td>一般住宅家電
（小型家電・家電アクセサリへの充電）</td><td>40 万台※Ⅱ</td><td>充電電力が所要電力の 3/2 と想定</td><td>66%</td></tr>
<tr><td rowspan="2">閉空間系</td><td>工場
（生産設備モニタリング）</td><td>2 万 7 千台
※Ⅲ</td><td>反射を利用した給電が必要のため金属筐体内での運用が主</td><td>10%
※Ⅵ</td></tr>
<tr><td>インフラ監視
（高圧受電設備・発電設備モニタリング）</td><td>8 万 5 千台
※Ⅳ</td><td>金属筐体内での運用が主</td><td>5%
※Ⅶ</td></tr>
<tr><td colspan="2">合計</td><td>57 万 2 千台</td><td colspan="2">平均送信時間率</td><td colspan="2">40.3%</td></tr>
</table>

※Ⅰ：軽トラックを除くトラックの 1%に搭載と仮定

※Ⅱ：世帯の 1.35%で利用されると仮定

※Ⅲ：300 人以上の製造系事業所の 10%に平均 5 台導入と仮定

※Ⅳ：キュービクル式高圧受電設備の 10%に導入と仮定

※Ⅴ：国土交通省「令和 3 年度トラック輸送状況の実態調査結果(全体版)」より、トラックの運行時間の内荷役作業が 88.5 分であり、1 日 1 運行として開扉時間率 6.1%より概算。

※Ⅵ：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」（令和 2 年 7 月 14 日）表参 9.5.1 干渉検討に使用する壁損失 より

※Ⅶ：参考：高圧受電設備における電波遮蔽率の実測結果 -26dB(0.25%)

(エ)モンテカルロシミュレーションによる検討結果

表参 4.4.7 にモンテカルロシミュレーションの結果を示す。本検討では対向計算による所要離隔距離を干渉円半径として、干渉円の面積と設置密度から算出した特定小電力型 WPT システムの配置台数（小数点以下は切り上げ）を用いてシミュレーションを実施している。

表参 4.4.7 携帯電話システムに対するモンテカルロシミュレーションの結果

被干渉システム		携帯電話システム 移動局		携帯電話システム 小電力レピータ		携帯電話システム 陸上移動中継局 屋外型（移動局対向器）		携帯電話システム 陸上移動中継局 屋内用一体型 （移動局対向器）		携帯電話システム 陸上移動中継局 屋内用分離型 （移動局対向器）		携帯電話システム 基地局	
		帯域外 感度抑圧	帯域内干渉	帯域外 感度抑圧	帯域内干渉	帯域外 感度抑圧	帯域内干渉	帯域外 感度抑圧	帯域内干渉	帯域外 感度抑圧	帯域内干渉	帯域外 感度抑圧	帯域内干渉
システム諸元 対向計算結果	中心周波数[MHz]	919.2	952.5	918.0	907.5	918.0	907.5	918.0	907.5	918.0	907.5	918.0	907.5
	波長[m]	0.3264	0.3150	0.3268	0.3306	0.3268	0.3306	0.3268	0.3306	0.3268	0.3306	0.3268	0.3306
	帯域幅[MHz]	0.2	5.0	0.2	5.0	0.2	5.0	0.2	5.0	0.2	5.0	0.2	5.0
	遮蔽損[dB]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	所要離隔距離[m]	**36.7**	**27.5**	**92.3**	**184.1**	**130.3**	**260.1**	**92.3**	**184.1**	**29.2**	**58.2**	**231.8**	**524.9**
	許容干渉電力[dBm]	**-36.0**	**-95.8**	**-44.0**	**-111.9**	**-36.0**	**-103.9**	**-44.0**	**-111.9**	**-34.0**	**-101.9**	**-38.0**	**-107.0**
モンテカルロ シミュレーション条件	干渉円半径[m]※	36.7		184.1		260.1		184.1		58.2		524.9	
	WPT配置台数[台]	1		6		11		6		1		41	
	設置密度[台/km²]	47.366		47.366		47.366		47.366		47.366		47.366	
自由空間	受信電力[dBm]	-38.8	-100.8	-30.3	-92.3	-30.2	-92.2	-30.3	-92.3	-30.5	-92.5	-41.0	-103.0
	所要改善量[dB]	**-2.8**	**-5.0**	**13.7**	**19.6**	**5.8**	**11.7**	**13.7**	**19.6**	**3.5**	**9.4**	**-3.0**	**4.0**
	干渉確率	**1.51%**	**0.91%**	**76.08%**	**96.88%**	**21.54%**	**60.78%**	**76.08%**	**96.88%**	**6.43%**	**24.82%**	**0.00%**	**76.31%**
拡張秦式(Urban)	受信電力[dBm]	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	-50.1	-112.1
	所要改善量[dB]	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	**-12.1**	**-5.1**
	干渉確率	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	**0.00%**	**0.00%**

※本検討では対向計算による所要離隔距離を干渉円半径として、干渉円の面積と設置密度から算出した特定小電力型 WPT システムの配置台数（小数点以下は切り上げ）を用いてシミュレーションを実施。

(オ)共用検討結果

表参 4.4.7 の結果より

①携帯電話システム基地局

対向計算(自由空間モデル)による共用検討の結果、所要離隔距離が 525m となるものの、拡張秦式を用いたモンテカルロシミュレーションの結果、帯域外感度抑圧・帯域内干渉ともに共用可能である。

②携帯電話システム移動局

自由空間モデルを用いたモンテカルロシミュレーションの結果、帯域外感度抑圧・帯域内干渉ともに共用可能である。

③携帯電話システム小電力レピータ・陸上移動中継局

自由空間モデルを用いたモンテカルロシミュレーションの結果、所要改善量が最大で 19.6dB となるものの、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（10dB 程度）が見込まれる。また、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良化が見込まれること、さらに情報通信審議会 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 30 年 5 月 15 日）における携帯電話システムと RFID との干渉検討と同様に、実運用にあたっては、特定小電力型 WPT システムまたは携帯電話システムの小電力レピータ及び陸上移動中継局の空中線の設置場所、設置条件（高さ、向き、離隔距離等）を調整することにより共用可能である。

(5) RFID システム

(ア)共用検討手法

1 対 1 対向モデルに基づき、自由空間伝搬損失を前提として、最小離隔距離で所要改善量を算出し、2 システム間の共用について検討を実施した。受信干渉電力が許容干渉電力以下の場合、所要改善量は 0 以下となり共用可能とする。許容干渉電力を超える場合、与干渉システムの特徴を考慮し、様々な科学技術分野で用いられているモンテカルロ法による干渉確率シミュレーションを用いて確率的な検討を実施した。

(イ) 1 対 1 対向モデルにおける検討結果

干渉計算結果を表参 4.5.1 に示す。RFID システムに対する干渉検討結果一覧から、帯域外感度抑圧、帯域内干渉ともに許容干渉電力以上であることから、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。

表 4.5.1　RFID システムに対する対向計算結果一覧

被干渉システム			RFID（1W免許局） 構内無線局・陸上移動局 (キャリアセンスなし)		RFID（1W登録局） 構内無線局 (キャリアセンスあり)		RFID（特小） (キャリアセンスあり)		アクティブタグ テレメータ LPWAなど 1mW, 20mW, 250mW (BW=200kHz)	
			帯域外感度抑圧	帯域内干渉	帯域外感度抑圧	帯域内干渉	帯域外感度抑圧	帯域内干渉	帯域外感度抑圧	帯域内干渉
周波数	中心周波数	MHz	918.0	916.8	918.0	916.8	919.2	920.4	919.2	920.6
	波長	m	0.3268	0.3272	0.3268	0.3272	0.3264	0.3259	0.3264	0.3259
	帯域幅	MHz	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
与干渉諸元	①不要発射の強度	dBm/BW	24.0	-26.0	24.0	-26.0	24.0	-26.0	24.0	-26.0
	②送電局台数による利得	dB	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	③ANTゲイン	dB	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
	④フィーダロス（その他）	dB	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	⑤指向性減衰	dB	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	⑥アレー利得＋干渉確率3%電力	dB	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	A：①～⑥	dBm/BW	27.0	-23.0	27.0	-23.0	27.0	-23.0	27.0	-23.0
伝搬	離隔距離	m	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
	⑦偏波整合損失	dB	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	⑧遮蔽損失	dB	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	⑨伝播損失	dB	-51.7	-51.7	-51.7	-51.7	-51.7	-51.7	-51.7	-51.7
	B：⑦～⑨	dB	-51.7	-51.7	-51.7	-51.7	-51.7	-51.7	-51.7	-51.7
被干渉諸元	⑩ANTゲイン	dBi	6.0	6.0	6.0	6.0	3.0	3.0	3.0	3.0
	⑪フィーダロス（その他）	dB	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	⑫指向性減衰	dB	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	C：⑩～⑫	dB	6.0	6.0	6.0	6.0	3.0	3.0	3.0	3.0
	⑬許容干渉電力	dBm/BW	-30.0	-74.0	-30.0	-74.0	-30.0	-74.0	-44.0	-80.0
共用結果	⑭受信干渉電力(A+B+C)	dBm/BW	-18.7	-68.7	-18.7	-68.7	-21.7	-71.7	-21.7	-71.7
	所要改善量(⑭ - ⑬)	**dB**	**11.3**	**5.3**	**11.3**	**5.3**	**8.3**	**2.3**	**22.3**	**8.3**
	所要伝播損(A+C+⑦+⑧-⑬)	dB	63.0	57.0	63.0	57.0	60.0	54.0	74.0	60.0
	所要離隔距離(自由空間伝播)	**m**	**36.7**	**18.5**	**36.7**	**18.5**	**26.0**	**13.0**	**130.2**	**26.0**

(ウ)モンテカルロシミュレーションによる検討条件

表参 4.4.2 の計算条件と表参 4.4.4 の設定パラメータを用いて、干渉確率計算を実施した。

(エ)モンテカルロシミュレーションによる検討結果

表参 4.5.2 に、モンテカルロシミュレーションの結果を示す。

表参 4.5.2 RFID システムに対するに対するモンテカルロシミュレーションの結果

被干渉システム		RFID（1W免許局）構内無線局・陸上移動局(キャリアセンスなし)		RFID（1W登録局）構内無線局(キャリアセンスあり)		RFID（特小）(キャリアセンスあり)		アクティブタグ テレメータ LPWAなど 1mW, 20mW, 250mW (BW=200kHz)	
		主波の影響	帯域内干渉	主波の影響	帯域内干渉	主波の影響	帯域内干渉	主波の影響	帯域内干渉
システム諸元 対向計算結果	中心周波数 [MHz]	918.0	916.8	918.0	916.8	919.2	920.4	919.2	920.6
	波長	0.327	0.327	0.327	0.327	0.326	0.326	0.326	0.326
	帯域幅 [MHz]	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	遮蔽損[dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	所要離隔距離[m]	36.7	18.5	36.7	18.5	26.0	13.0	130.2	26.0
	許容干渉電力[dBm]	-30.0	-74.0	-30.0	-74.0	-30.0	-74.0	-44.0	-80.0
モンテカルロ シミュレーション条件	干渉円半径[m]	36.7		36.7		26.0		130.2	
	WPT配置台数[台]	1		1		1		3	
	設置密度[台/km²]	240.3		240.3		490.1		56.4	
自由空間	受信電力[dBm]	-32.1	-108.1	-32.1	-108.1	-31.1	-107.1	-26.9	-102.8
	所要改善量[dB]	**-2.1**	**-34.1**	**-2.1**	**-34.1**	**-1.1**	**-33.1**	**17.2**	**-22.8**
	干渉確率	**1.9%**	**0.0%**	**1.9%**	**0.0%**	**2.3%**	**0.0%**	**84.6%**	**0.0%**
拡張秦式(Urban)	受信電力[dBm]	-32.6	-108.6	-32.6	-108.6	-31.1	-107.1	-28.1	-104.1
	所要改善量[dB]	**-2.6**	**-34.4**	**-2.6**	**-34.4**	**-1.1**	**-33.1**	**15.9**	**-24.1**
	干渉確率	**1.9%**	**0.0%**	**1.9%**	**0.0%**	**2.3%**	**0.0%**	**20.2%**	**0.0%**

(オ)共用検討結果

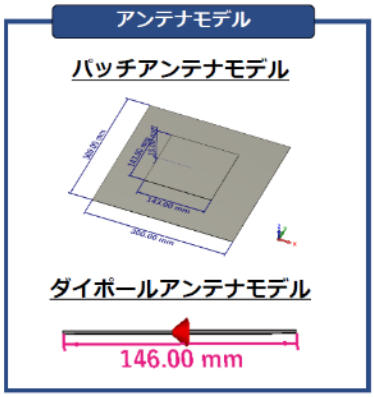
モンテカルロシミュレーション結果より、RFID（1W 免許局）構内無線局・陸上移動局(キャリアセンスなし)、RFID（1W 登録局）構内無線局(キャリアセンスあり）、RFID（特小）(キャリアセンスあり)については、所要改善量を満足する結果となり、共用可能である。また、アクティブタグ テレメータ LPWA などは、主波の影響による所要改善量が 17.2dB となっているものの、特定小電力型 WPT システムは、RFID 特定小電力無線局と同等の技術的条件であるため、共用可能である。

(6) 電波天文

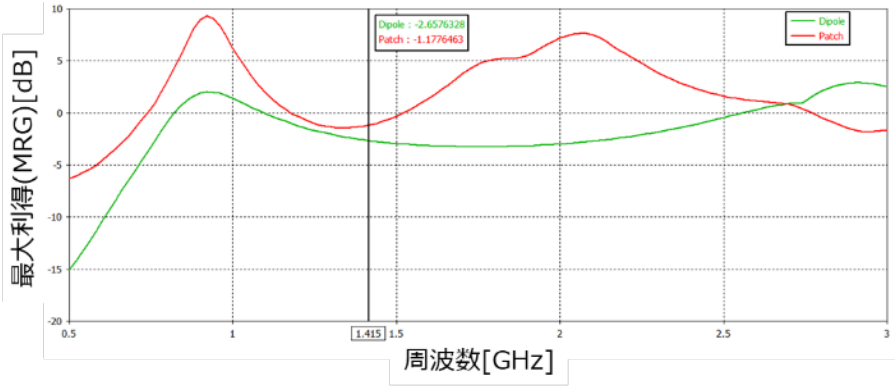
(ア)共用検討モデル

1 対 1 対向モデルに基づき、自由空間伝搬損失を前提として、所要離隔距離を算出し、2 システム間の共用について検討を実施した。電波天文に対し影響を及ぼさない所要離隔距離は、観測周波数 1,413.5MHz における特定小電力型 WPT システムの不要発射の強度の実力値(-89.6dBm/MHz)が、電波天文の許容干渉レベル(-189.5dBm/MHz)に対して下回るために必要な距離とし、特定小電力型 WPT システムの利用形態を考慮し、壁損失は考慮しないこととした。

また、特定小電力型 WPT システムと電波天文受信周波数との離調周波数が大きいため、典型的な空中線(大ポールアンテナ、パッチアンテナ: 図参 4.6.1)の電磁界解析を行い、1.41GHz における最大利得を求めた。給電線等損失は無損失とし、920MHz において整合するように設計する。図参 4.6.2 の結果より、最大利得は-2.6dBi(ダイポールアンテナ)、-1.1dBi（パッチアンテナ）となった。この結果より、共用検討に用いる特定小電力型 WPT システムの空中線利得の最大値について 0dBi と設定した。



図参 4.6.1　920MHz 向け空中線モデル



図参 4.6.2　920MHz 向け空中線の 1.4GHz 帯におけるピーク利得特性

（イ）１対１対向モデルにおける検討結果

共用検討結果を表参 4.6.1 に示す。不要発射の強度が電波天文の干渉しきい値を下回るために必要とされる減衰量は 65.5dB となった。所要離隔距離は自由空間モデルでは、1,658m、Suburban(郊外)のクラッタ損を考慮した場合 174m となる。また、電波天文との共用検討においては、不特定多数の特定小電力型 WPT システムの与干渉が合成されて電波天文に影響を与える可能性を鑑み、モンテカルロシミュレーションによる共用検討を行った

表参 4.6.1　電波天文との共用検討結果

	特定小電力型 WPT システム	
	水沢 自由空間	水沢 クラッタ損(Suburban)有
被干渉周波数［MHz］	1413.5	1413.5
WPT システム使用周波数［MHz］	919.2	919.2
離調周波数［MHz］	494.3	494.3
壁損失［dB］	0	0
送電空中線電力［dBm/MHz］	-89.6	-89.6
送電空中線利得[dBi]	0	0
等価等方輻射電力[dBm/MHz]	-89.6	-89.6
送電空中線指向性減衰量［dB］	0	0
設置高［m］	1.5	1.5
送電側クラッタ損失［dB］	0	ITU-R P.452-17(Suburban) ： -19.6
入力電力［dBW］	-205	-205
電力束密度［dB(W/m^2)］	-180	-180
観測周波数帯幅［MHz］	27	27
電力束密度スペクトラム［dB(W/m^2*Hz)］	-255	-255
0dBi アンテナ入力閾値	-189.5	-189.5
受信空中線利得［dBi］	0	0
受信空中線指向性減衰量［dB］	0	0
設置高［m］	13	13
受信側クラッタ損失［dB］	0	0
所要離隔距離［m］	1,658	174

(ウ)モンテカルロシミュレーションによる検討条件

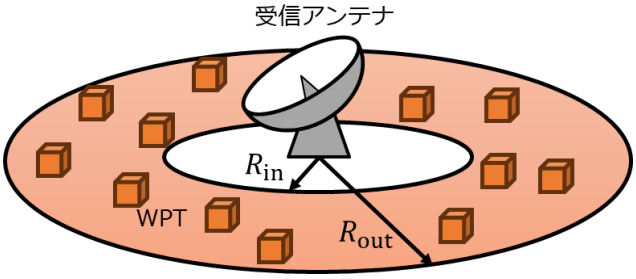
干渉エリア内における同時送信台数の計算結果は、表 4.6.2 に示す 3.87 台とした。

計算条件については、表参 4.4.2 と同様である。ただし、本計算においてはすべての WPT が同時に送信状態となったケースを想定し、送信時間率を 100%とした。

表参 4.6.2 モンテカルロシミュレーションにおける配置密度

項目		年	数値	単位	備考
A	機器総台数	2029	572,000	台	普及予測より
B	和歌山市の人口密度	2024	1,707	人/k ㎡	最悪ケースを考慮し、電波天文観測地のうち最も都市部となる和歌山市の人口密度分布を用いて特定小電力型 WPT システムの密度を算出
C	日本の人口	2020	126,146,099	人	
D	和歌山市の人口分布から計算した機器密度		7.74	台/k ㎡	A ＊ B ／ C
E	稼働率		0.5		閉空間運用割合 ＊ 電源 ON 率
F	送信機器密度		**3.87**	台/k ㎡	D ＊ E

次に図参 4.6.2 にモンテカルロシミュレーションによる検討リングモデルを示す。モンテカルロシミュレーションでは、固定した外径R_{out}、可変させる内径R_{in}の領域内に所定の密度で特定小電力型 WPT システムを設置し、R_{in}を変化させた場合の受信電力を計算した。受信電力が干渉しきい値を下回るR_{in}を所要離隔距離と考える。



図参 4.6.2 電波天文の対向計算における共用検討リングモデル

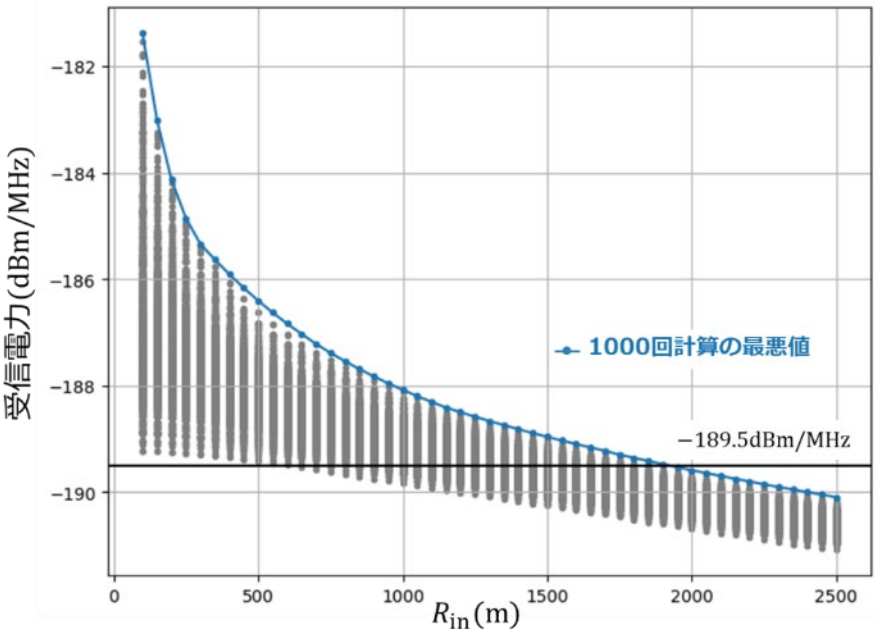
表参 4.6.3 にモンテカルロシミュレーションの条件を示す。モンテカルロシミュレーションでは、R_{in}を変化させつつ、各R_{in}において 1000 回のランダム配置を行い、そのうち合計受信電力が最も大きかったケースについてプロットを行った。受信電力の最大値が干渉電力しきい値である-189.5dBm/MHz を下回る距離を所要離隔距離とした。

表参 4.6.3 モンテカルロシミュレーションの条件

リング外径距離R_{out}	20km
計算回数	1000 回
送信パラメータ（特定 WPT ｼｽﾃﾑ）	半球指向性(0dBi)・輻射電力実力値
受信パラメータ（電波天文）	無指向性(0dBi)
伝搬モデル	WPT 側クラッタ損（ITU-R P.452-17, Suburban）考慮

(エ)モンテカルロシミュレーションによる検討結果

図参 4.6.3 より、モンテカルロシミュレーションによる所要離隔距離は 2.0km であった。



図参 4.6.3 モンテカルロシミュレーションの計算結果

(オ)共用検討結果

対向計算による共用検討の結果、特定小電力型 WPT システム側(送電側)のクラッタ損失なしの条件で、離隔距離は 1,6586m、特定小電力型 WPT システム側(送電側)のクラッタ損失を考慮した条件で、離隔距離は 174m であった。

リングモデルを用いたモンテカルロシミュレーションによる共用検討の結果、離隔距離は 2km であった。

以上より、免許不要局である特定小電力型 WPT システムは、下記対応を実施することで共用可能である。

① 業界としてのガイドラインを策定し、共用可能な離隔距離（電波天文台に対して 2km 以上）を確保できる場所でのみ利用可能であること、電波天文台への干渉が問題となるケースが生じた場合には、運用協議を行う場合がある旨を明記する。

② 製造事業者・販売事業者においては、特定小電力型 WPT 機器の製品マニュアル等において、上記ガイドラインに基づいた注意喚起を行う。

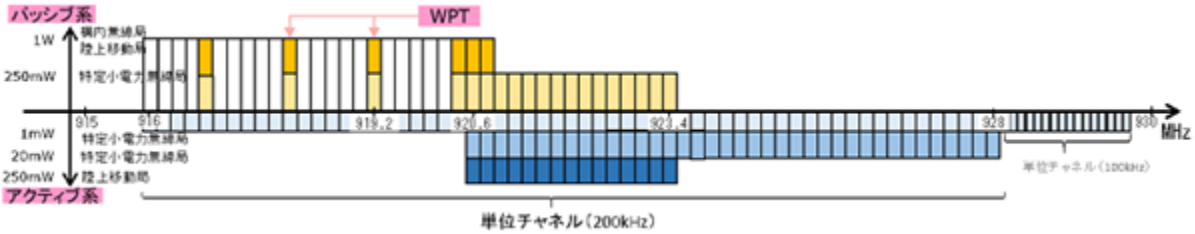
③ 電波天文業務受信設備のある施設においては、施設内では利用しないように注意喚起を行う。

参考資料５：キャリアセンス・送信時間制限装置

特定小電力型 WPT システムにおいては、空中線電力・空中線利得・不要発射の強度の許容値にかかる技術基準等について、移動体識別（RFID）用特定小電力無線局に準拠している。一方、キャリアセンス・送信時間制限に関しては RFID とは異なるシーケンス（以下、WPT キャリアセンスとする）および異なる送信時間制限として実施する。

(1) 特定小電力型 WPT システムによる RFID システムに対する抑制

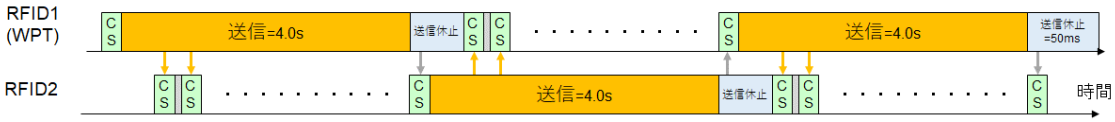
特定小電力 RFID と構内無線局・登録局 RFID については利用可能なチャネル割当範囲が異なるため、同一のキャリアセンスを採用した場合であっても異なるチャネル割当を行うことで共用が可能となっている。一方、図参 5.1.1 に示すように特定小電力型 WPT システムに関しては利用可能なチャネルが 2ch となっており、これらのチャネルを既存の RFID システムが利用している場合がある。



図参 5.1.1　920MHz 帯の周波数割当て状況

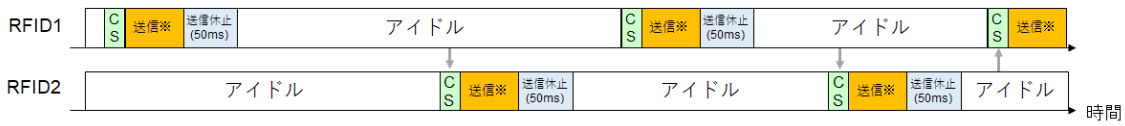
特定小電力 RFID システムのキャリアセンス・送信時間制限の時間は、図参 5.1.2 に示すとおりである。この動作を前提とした RFID システム同士のキャリアセンスによる共用状態を図参 5.1.3 に示す。一方の RFID システム(RFID1)が送信中は他方の RFID システム(RFID2)はキャリアセンスにより送信を待機し、送信中の RFID システムが送信を終了した後の送信休止時間において、他方の RFID システムはキャリアセンス後送信を開始する動作となる。この動作シナリオにおいて、特定小電力型 WPT システムが RFID システムと同じキャリアセンス・送信時間制限を採用した場合､RFID システムと特定小電力型 WPT システムの共用状態に差はないと想定される。

図参 5.1.2　特定小電力 RFID システムのキャリアセンス・送信時間制限

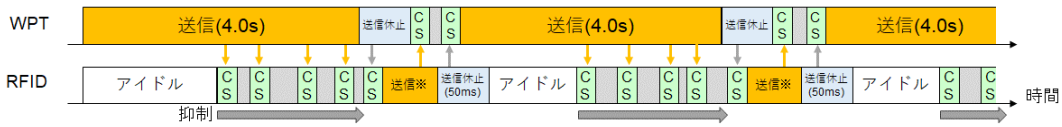


図参 5.1.3　特定小電力 RFID システム同士のキャリアセンス動作例

しかし、RFID システムは、物流や店舗等の実際のユースケースを鑑みると、1 送信あたりの送信時間は限度値(4 秒)よりも短いケース(以下、短時間動作 RFID。図参 5.1.4)が典型的であると想定される。一方、特定小電力型 WPT システムは電力伝送効率の観点から 1 送信あたりの送信時間は限度値を採用する可能性が高い。短時間動作 RFID と特定小電力型 WPT システムでのシナリオにおける動作例を図参 5.1.5 に示す。この場合、RFID システムは最大 4 秒間動作を抑制されるため、特定小電力型 WPT システムが RFID システムの運用を抑制し、物流やマラソン計測等、応答性が重視される用途が想定されるため、RFID システムの通信に影響を与える可能性がある。また、キャリアセンスレベルは-74dBm であるため、特定小電力型 WPT システムの周囲に存在する RFID システムへの送信を抑制することが考えられる。



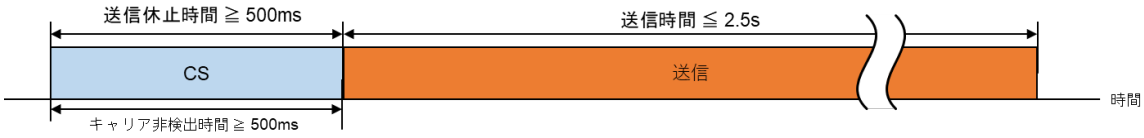
図参 5.1.4　短時間動作 RFID 同士のキャリアセンス動作例



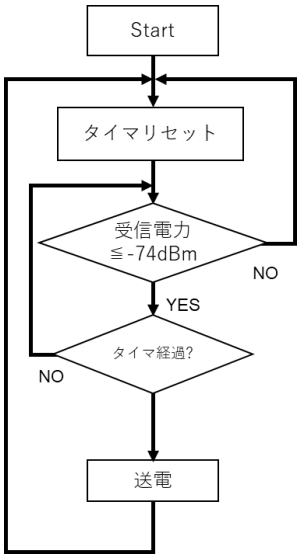
図参 5.1.5　短時間動作 RFID と 4 秒送信の特定小電力型 WPT システムの
キャリアセンス動作例

(2) WPT キャリアセンス

特定小電力型 WPT システムは、RFID と WPT がキャリアセンス範囲内に存在する場合においても、RFID の動作が優先されるような動作とする、WPT 独自のキャリアセンスを採用する。WPT キャリアセンスの動作概要を図参 5.2.1、動作時のフローチャートを図参 5.2.2 に示す。

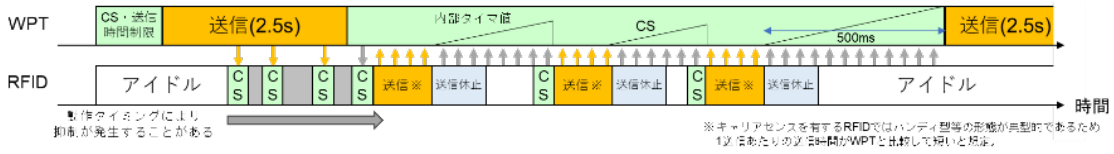


図参 5.2.1　WPT キャリアセンスの動作

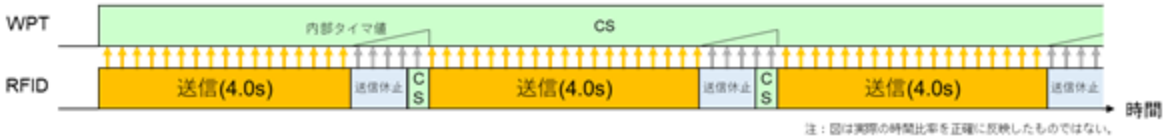


図参 5.2.2　WPT キャリアセンスの動作フローチャート

WPT キャリアセンスでは、連続的にキャリアセンス受信を行い、キャリアを検出しない時間が 500 ミリ秒以上の間連続した場合にのみ、送信を行う事ができる方式とした。言い換えると、キャリアセンス時間中にキャリアを検出した場合、キャリアが検出されなくなったタイミングから 500 ミリ秒以上経過した後、送信を開始する。同一チャネルを使用する他の無線局が存在しない場合には、特定小電力型 WPT システムは 500 ミリ秒のキャリアセンスと最大 2.5 秒の送信を繰り返すキャリアセンス方式となる。この場合の短時間動作 RFID と 4 秒間送信の RFID に対する WPT キャリアセンスの動作例を図参 5.2.3 に示す。



(a) 短時間動作 RFID とのキャリアセンス動作例



(b) 4 秒間送信の RFID とのキャリアセンス動作例

図参 5.2.3　WPT キャリアセンスと RFID のキャリアセンス動作例

連続送信時間が短い RFID システムが近傍に存在する場合、RFID が断続的に送信を行う場合に RFID の送信の都度 WPT キャリアセンスの内部タイマ値がリセットされるため、500 ミリ秒よりも長い時間送信を行わない。この結果、RFID システムは特定小電力型 WPT システムから影響を受けることなく即時的に動作が可能となる。ただし、図に示すとおりタイミングによっては最大で 2.5 秒の間、特定小電力型 WPT システムが RFID システムを抑制する可能性がある。

連続送信時間が長い RFID システムが近傍に存在する場合、RFID システムは連続送信時間制限装置、キャリアセンスを備えているため、短い送信休止時間を経て断続的に送信を行う。この場合、特定小電力型 WPT システムは一切送信を行うことがなく、RFID システムの稼働が優先される事になる。

特定小電力型 WPT システムでは、キャリアセンス以外に受信回路を使用しないことから、回路構成上、キャリアセンス後に送信に切り替える際に遅延が生じる場合も想定される。この切替時間が長いとその間に他のデバイスの送信が発生することや給電効率の低下が懸念されるが、他の通信への影響は少ないことから、製造メーカにて利用形態等により柔軟に対応することが出来るよう、切替時間の上限等について、民間規格等で対応できることが適当である。

(3) WPT キャリアセンス・送信時間の制限の装置特性

特定小電力 WPT システム用いるキャリアセンスおよび送信時間の制限値は、前項を踏まえ、下記とした。

(ア) 送信時間の制限値

電波を発射してから 2.5 秒以内にその発射を停止し、500 ミリ秒の送信休止時間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。

(イ) キャリアセンスレベルと時間

連続する 500 ミリ秒以上の間、-74dBm 以上の電力を検出しなかった後でなければ送信を行わないものであること。(最後に-74dBm 以上の電力を検出してから 500 ミリ秒以上経過してから送信を行うことができるものであること。)

参考資料６：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、電波利用において人体が電磁界にさらされるとき、その電磁界が人体に好ましくないと考えられる生体作用を及ぼさない安全な状況であるために推奨される指針値を示しており、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。本検討では、電波防護指針（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)、同答申　諮問第 89 号「電波利用における人体防護の在り方」(平成 9 年 4 月)、情報通信審議会答申　諮問第 2030 号「局所吸収指針の在り方」（平成 23 年 5 月)、同一部答申　諮問第 2035 号「電波防護指針の在り方」のうち「低周波領域（10kHz 以上 10MHz 以下）における電波防護指針の在り方」（平成 27 年 3 月)、「高周波領域における電波防護指針の在り方」（平成 30 年 9 月）及び「吸収電力密度の指針値の導入等」(令和 6 年 4 月)）の指針値への適合性について検討を行った。

電波防護指針では、人体が電磁界にさらされている状況が認識され、電波の放射源を特定できるとともに、これに応じた適切な管理が行える場合には、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 6.1.1 及び表参 6.1.2 に示す。

表参 6.1.1 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	$3.54f^{1/2}$ (61.4－137)	$f^{1/2}/106$ (0.163－0.365)	f/300 (1－5)

※f は、MHz を単位とする周波数である。

表参 6.1.2 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	$1.585f^{1/2}$ (27.5－61.4)	$f^{1/2}/237.8$ (0.0728－0.163)	f/1500 (0.2－1)

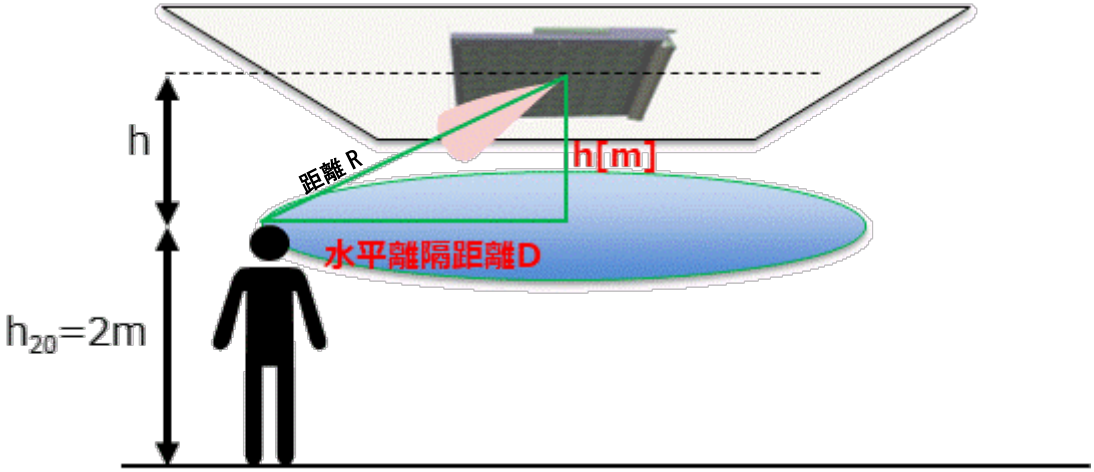
※f は、MHz を単位とする周波数である。

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/cm^2)
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 6.1.1 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。



図参 6.1.1 電波防護指針を満足できる距離算出モデル

実際の電波防護指針への指針値を満足する距離の算出には、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。

(イ) 局所比吸収率の指針値

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 6.1.3）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 6.1.3 局所比吸収率の指針値（6 分間平均値）（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

(ウ) 植込み型医療機器等への影響

本検討の 2 種類の当該 WPT システムによる植え込み医療機器等への影響については、従来の RFID システムの範囲内であるため、「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」のうち、「RFID 機器（電子タグの読み取り機）の電波が植込み型医療機器へ及ぼす影響を防止するための指針」を準用することが適当と考えられる。ただし、特定小電力型は、これまでの WPT システムよりも、送信電力は小さいものの、植え込み型医療機器の装着部位に近づく可能性があることから、当該システムの導入に当たっては、取扱説明書等による注意喚起に加え、実機等による植込み型医療機器との動作検証を行うことが望ましい。

(2) 屋外型 WPT システム

(ア) 電波防護指針

920MHz 帯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 6.2.1 及び表参 6.2.2 に示す。

屋外型 WPT システムでの送電時間は「WPT 管理環境（屋外）」であれば、連続であるが、「WPT 一般環境(屋外)」では、送信時間制限装置により、間欠的となる。その場合には無送信時間分だけ電磁界強度の 6 分間平均値は下がり、更に電波防護指針を満足できる距離は短くなる。

表参 6.2.2 より、工場のような「管理環境」においては、送信空中線と人体との距離を最大 0.203m離すことで、電波防護指針を満足できる。これは、送信空中線を床から約 2.2m 以上の高さに設置すれば（身長 2m の位置）の電波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「一般環境」においては、送信空中線と人体との距離を最大 0.912m離せば、電波防護指針を満足できる。これは、送信空中線を床から 2.9m以上の高さに設置すればおおむね電波防護指針を満足することを示している。

天井などの高所への設置を考えた場合、屋外型 WPT システムでは、設置空中線の高さは、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一般環境にて、約 2.9m 以上、管理環境にて約 2.4m 以上の高さとすることで、（床面に身長 2m の人が直立していることを前提として）電波防護指針の値を満足することが可能である。

表参 6.2.1 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 6.2.2 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

※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、算出した電波の強度の値（デシベルに換算した値）に 6 デシベルを加算する。

※空中線電力 1W、空中線利得 6dBi として算出。

(イ) 局所吸収指針

屋外型 WPT システムでは、天井や壁の上部など高い位置に設置する設置対策により、人体の近傍（20cm 以内）での使用は想定されない。そのため、人体の近傍における比吸収率についての検討は必要ないと想定される。

(ウ) 植込み型医療機器等への影響

屋外型 WPT 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) 特定小電力型 WPT システム

(ア) 電波防護指針

特定小電力型 WPT 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 6.3.1 及び表参 6.3.2 に示す。

特定小電力型 WPT システムは、送信時間制限装置とキャリアセンスにより、間欠的送信となるため、無送信時間分だけ電磁界強度の 6 分間平均値は下がり、更に電波防護指針を満足できる距離は短くなる。

工場のような「管理環境」においては、送信空中線と人体との距離を最低 0.144m離すことで、電波防護指針を満足できる。また、介護施設のような「一般環境」においては、送信空中線と人体との距離を最低 0.322m離せば、電波防護指針を満足できる。また、利用形態によって、設置する環境（人が立ち入らないキュービクルや手すり等による立入規制がされている環境）では、設置位置にて対策となる。

天井などの高所への設置を考えた場合、特定小電力型 WPT 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一般環境にて約 2.3m 以上、管理環境にて約 2.2m 以上の高さとすることで、（床面に身長 2m の人が直立していることを前提として）おおむね電波防護指針の値を満足することが可能である。

表参 6.3.1 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 6.3.2 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	0.036m	0.058m	0.072m	0.115m	0.144m
一般環境	0.081m	0.129m	0.161m	0.258m	0.322m

※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、算出した電波の強度の値（デシベルに換算した値）に 6 デシベルを加算する。

※空中線電力 250mW、空中線利得 3dBi として算出

(イ) 局所吸収指針

特定小電力型 WPT システムでは、電波防護指針を満足できない利用形態として、一時設置されて使用するものや一般家庭での利用など、利用形態を考慮した際には、人体の近傍（20cm 以内）での使用も想定されるものとなり、注意書き等の対策や、人体の近傍における比吸収率の許容値に適合するなどの確認が必要である。

(ウ) 植込み型医療機器等への影響

特定小電力型 WPT システムによる植え込み医療機器等への影響については、従来の RFID システムの特定小電力型と同等であるため、「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」のうち、「RFID 機器（電子タグの読み取り機）の電波が植込み型医療機器へ及ぼす影響を防止するための指針」を準用することが適当と考えられる。併せて、特定小電力型は、これまでの WPT システムよりも、送信電力は小さいものの、植え込み型医療機器の装着部位に近づく可能性があることから、当該システムの導入に当たっては、実機等による植込み型医療機器との動作検証を行うことが望ましい。

参考資料７：共用条件検討で使用した伝搬モデル

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、散乱体がない理想的な自由空間に無指向性（等方性）空中線が置かれた場合の伝搬損失式である。伝搬損失 L[dB]の式を以下に示す。

$$L = 20\,log\left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right) = 20\,log\left(\frac{4\pi f d}{c}\right) = 20logf + 20logd + 20log\left(\frac{4\pi}{c}\right)$$
$$= 20logf + 20logd + 32.4[dB]$$

f: 周波数[MHz]
d: 距離[km]
c: 光速 3.0×10^{8} [m/s]

同心球の表面積が$S = 4\pi d^2$で表され、無指向性で放射された電力は、伝搬距離 d を半径とした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比例して増大することになる。

(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.2028-2 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 で使用する与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 8.2.1 に示す。

表参 8.2.1 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
$d \leq 40\mathrm{m}$	共通	$30\mathrm{MHz} < f \leq 3000\mathrm{MHz}$	$L = 32.4 + 20\log f + 10\log\left[d^2 + \frac{(H_b - H_m)^2}{10^6}\right]$
$100\mathrm{m} \leq d$	都市	$30\mathrm{MHz} < f \leq 150\mathrm{MHz}$	$L = 69.6 + 26.2\log(150) - 20\log\left(\frac{150}{f}\right)$ $-13.82\log(\max\{30; H_b\})$ $+ [44.9 - 6.55\log(\max\{30; H_b\})]\left(log(d)\right)^{\alpha}$ $- a(H_m) - b(H_b)$
		$150\mathrm{MHz} < f \leq 1500\mathrm{MHz}$	$L = 69.6 + 26.2\log(f)$ $-13.82\log(\max\{30; H_b\})$ $+ [44.9 - 6.55\log(\max\{30; H_b\})]\left(log(d)\right)^{\alpha}$ $- a(H_m) - b(H_b)$
		$1500\mathrm{MHz} < f \leq 2000\mathrm{MHz}$	$L = 46.3 + 33.9\log(f)$ $-13.82\log(\max\{30; H_b\})$ $+ [44.9 - 6.55\log(\max\{30; H_b\})]\left(log(d)\right)^{\alpha}$ $- a(H_m) - b(H_b)$
		$2000\mathrm{MHz} < f \leq 3000\mathrm{MHz}$	$L = 46.3 + 33.9\log(2000) + 10\log\left(\frac{f}{2000}\right)$ $-13.82\log(\max\{30; H_b\})$ $+ [44.9 - 6.55\log(\max\{30; H_b\})]\left(log(d)\right)^{\alpha}$ $- a(H_m) - b(H_b)$
	郊外	$30\mathrm{MHz} < f \leq 3000\mathrm{MHz}$	$L = L(\mathrm{Urban})$ $-2 \cdot \left\{\log\left[\frac{(\min\{\max\{150; f\}; 2000\})}{28}\right]\right\}^2 - 5.4$ ※ L(urban)は都市部の伝搬損失値
	開放	$30\mathrm{MHz} < f \leq 3000\mathrm{MHz}$	$L = L(\mathrm{Urban})$ $-4.78 \cdot \{\log[\min\{\max\{150; f\}; 2000\}]\}^2$ $+18.33 \cdot \{\log[\min\{\max\{150; f\}; 2000\}]\}$ -40.94 ※ L(urban)は都市部の伝搬損失値
$40\mathrm{m} < d < 100\mathrm{m}$	共通	$30\mathrm{MHz} < f \leq 3000\mathrm{MHz}$	$L = L(0.04)$ $+ \frac{[\log(d) - \log(0.04)]}{[\log(0.1) - \log(0.04)]} \times [L(0.1) - L(0.04)]$

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、30～3,000MHz]
h_1: 送信局空中線高[m]
h_2: 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 1.5m 以上、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。（拡張秦 SRD モデル）

$$b(H_b) = (1.1\log(f) - 0.7) * min(10, H_b) - (1.56log(f) - 0.8) + max\left(0, 20log\left(\frac{H_b}{10}\right)\right)$$

なお、表参 8.2.1 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。開放地の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。

本検討では、CEPT ECC Report 252 “SEAMCAT Handbook Edition 2” (2016)を参照した。