

電波利用環境委員会報告書(案)

抜粋

(周波数共用パート)

注:本資料は、作成途中の報告書(案)の現状版を参考として配付するもので、決定稿ではありません。
報告書(案)については、今後の作業班で御議論いただく予定です。

4.3 他システムとの周波数共用条件

本節では、ワイヤレス電力伝送（WPT）システムを与干渉システムとして設定し、同一帯域又は隣接帯域に存在する他の無線システム等との電波干渉状態を調査検討し、混信妨害を防止することができる周波数共用条件の導出を行う。

4.3.1 共用検討の方法

(1) WPT システムの諸元

表 4.3.1-1 に、WPT システムの諸元を示す。なお、これらの詳細については、本報告、4.2 節を参照されたい。

表 4.3.1-1 WPT システムの諸元

対象WPT	電気自動車用WPT	家電機器用WPT① (モバイル機器)	家電機器用WPT② (家庭・オフィス機器)	家電機器用WPT③ (モバイル機器)
電力伝送方式	磁界結合方式（電磁誘導方式、磁界共鳴方式）			電界結合方式
伝送電力	～3kW程度 (最大7.7kW)	数W～100W程度	数W～1.5kW	～100W程度
使用周波数	42kHz～48kHz 52kHz～58kHz 79kHz～90kHz 140.91kHz～148.5kHz	6765kHz～6795kHz	20.05kHz～38kHz 42kHz～58kHz 62kHz～100kHz	425kHz～524kHz
送受電距離	0～30cm程度	0～30cm程度	0～10cm程度	0～1cm程度

(2) 共用検討対象システムの選定

図 4.3.1-1 に、周波数共用検討の対象とする他の無線システム（以下「共用検討対象システム」という。）の周波数配置を、表 4.3.1-2 に共用検討対象システムの概要をそれぞれ示す。共用検討対象システムは、「電波時計」、「列車無線等」、「長波帯アマチュア無線」、「船舶無線」、「中波帯ラジオ」及び「固定・移動無線」の 6 種である。また、このうち「列車無線等」は「信号保安設備」及び「誘導式列車無線」に分類される。

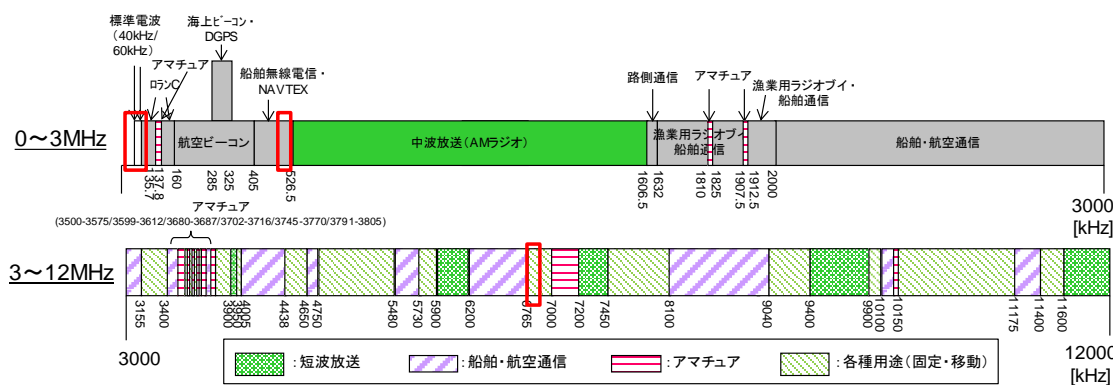


図 4.3.1-1 検討対象システムの周波数配置

表 4.3.1-2 共用検討対象システムの概要

システム名	概要	周波数帯	通信方式等	備考
電波時計	標準電波送信所からの時刻データを定期的に受信して同期、時刻合わせをする時計	周波数帯: 40kHz、60kHz 受信周波数帯幅:		
列車無線等	信号保安誘導式列車 列車の追突・衝突、脱線を防ぐために地上あるいは車上に設置される鉄道の安全を支えるシステム	周波数帯: 20.05～140kHz, 425～524kHz		
	鉄道敷地内の線路脇などに設置した伝送線路と、鉄道車両内に設置したアンテナ間を誘導結合し、信号を伝送するシステム。	周波数帯: 100～250kHz 80kHz(1局) 92kHz(1局)		
アマチュア無線	アマチュア無線士が自己の技術研究や訓練等を目的に利用する無線システム	周波数帯: 135.7～135.8kHz 472～479kHz など	振幅変調、周波数変調、SSBなど	
船舶無線	船舶の航行安全のための無線システムであり、港湾付近や海上において利用される。	周波数帯: 90～110kHz(ロラン) 424kHz, 490kHz, 518kHz(NAVTEX) 495～505kHz(NAVDAT)	パルス、FSKなど	
中波帯ラジオ	中波帯を利用した音声放送受信システム	周波数帯: 526.5～1605.5kHz	振幅変調	

(3) 検討の進め方等

以下に、本検討で共通の考え方、進め方等を示す。なお、個々の共用検討対象システムは、それぞれ独自の特徴を有しており、利用シーンや運用条件が異なっているため、具体的な検討方法は、それぞれの検討の中で規定する。

- ・共用検討対象システムの事業者とブロードバンドワイヤレスフォーラム（BWF）との間に、周波数共用検討に関する情報交換会を設置して検討する。
- ・検討の組み合わせは、同一帯域又は隣接帯域のシステムどうしを基本とする。ただし、必要に応じて WPT の高調波による帯域内干渉も検討する。
- ・WPT システムからの与干渉電磁界の値は、漏えい電界強度の目標値を用いる。
- ・被干渉システムの許容干渉レベルを設定し、所要離隔距離を導出する。ただし、許容干渉レベルの規定が困難な場合は、この限りでない。
- ・各 WPT システムの利用シーン等を考慮し、干渉緩和の方策を検討して所要離隔距離の改善を図る。
- ・干渉緩和の方策の一つとして、WPT システムの実験データも参考にする。
- ・以上の結果を受けて周波数共用の可能性を判断する。ただし、必要に応じて、所要離隔距離に拠らない運用上の条件を付加した共用可能性の判断も可能とする。

(4) 与干渉レベルの目標値

表 4.3.1-3 に、BWF が WPT を製造する観点から設定したそれぞれの WPT システムからの与干渉漏えい電界強度の目標値を示す。また、目標値を図示したものを図 4.3.1-2～図 4.3.1-11 に示す。これらの目標値を前提にして、周波数共用検討を行う。なお、目標値の設定根拠については、本報告 4.2 節を参照されたい。

表 4. 3. 1-3 漏えい電界強度の目標値

WPTシステム		周波数帯	漏えい電界強度(距離30m)	
		kHz	mV/m	dB μ V/m
電気自動車用WPT	家庭用WPT	10~42	0.2	46.0
		42~48	36.7	91.3
		48~52	0.2	46.0
		52~58	36.7	91.3
		58~79	0.2	46.0
		79~90	36.7	91.3
		90~140.91	0.2	46.0
		140.91~148.5	36.7	91.3
		148.5~526.5	0.2	46.0
		526.5~1606.5	0.03	29.5
	1606.5~30000	0.2	46.0	
	公共用WPT	10~42	0.2	46.0
		42~48	58.9	95.4
		48~52	0.2	46.0
		52~58	58.9	95.4
		58~79	0.2	46.0
		79~90	58.9	95.4
		90~140.91	0.2	46.0
		140.91~148.5	58.9	95.4
		148.5~526.5	0.2	46.0
526.5~1606.5		0.03	29.5	
1606.5~30000	0.2	46.0		
家電機器用WPT①	100W級	10~526.5	100	40
		526.5~1606.5	30	29.5
		1606.5~6765	100	40
		6765~6795	100	100
		6795~300000	100	40
家電機器用WPT②	1.5kW級	10~20.05	0.173	44.8
		20.05~38	1.0	60
		38~42	0.173	44.8
		42~58	1.0	60
		58~62	0.173	44.8
		62~100	1.0	60
		100~526.5	0.173	44.8
		526.5~1606.5	0.03	29.5
1606.5~300000	0.173	44.8		
家電機器用WPT③	100W級	10~526.5	100	40
		526.5~1606.5	30	29.5
		1606.5~300000	100	40

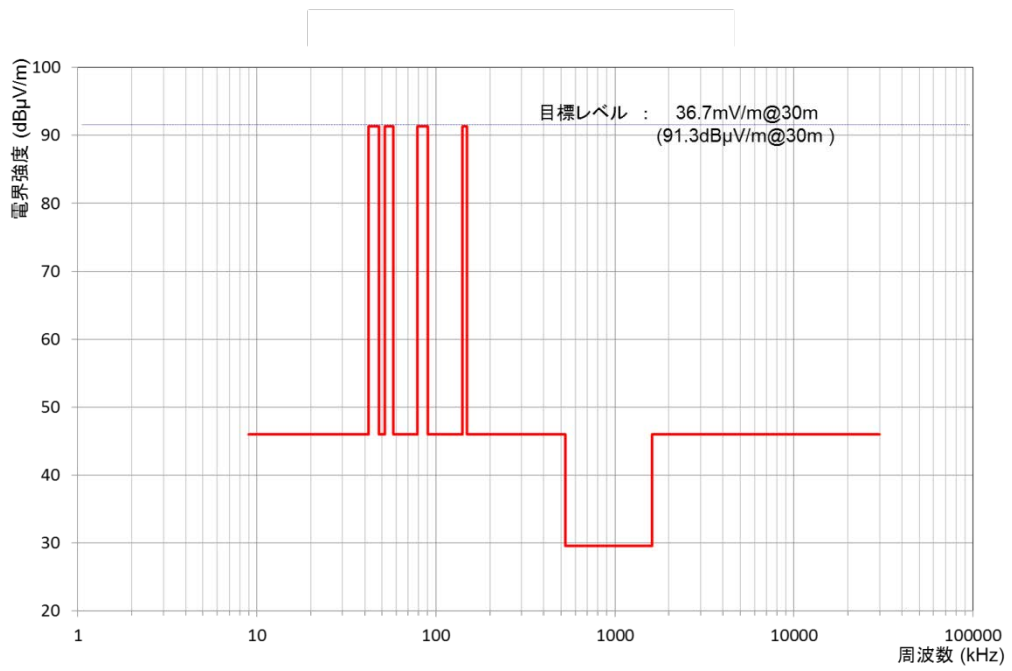


図 4.3.1-2 電気自動車用 WPT (家庭用 WPT) の漏えい電界強度 I

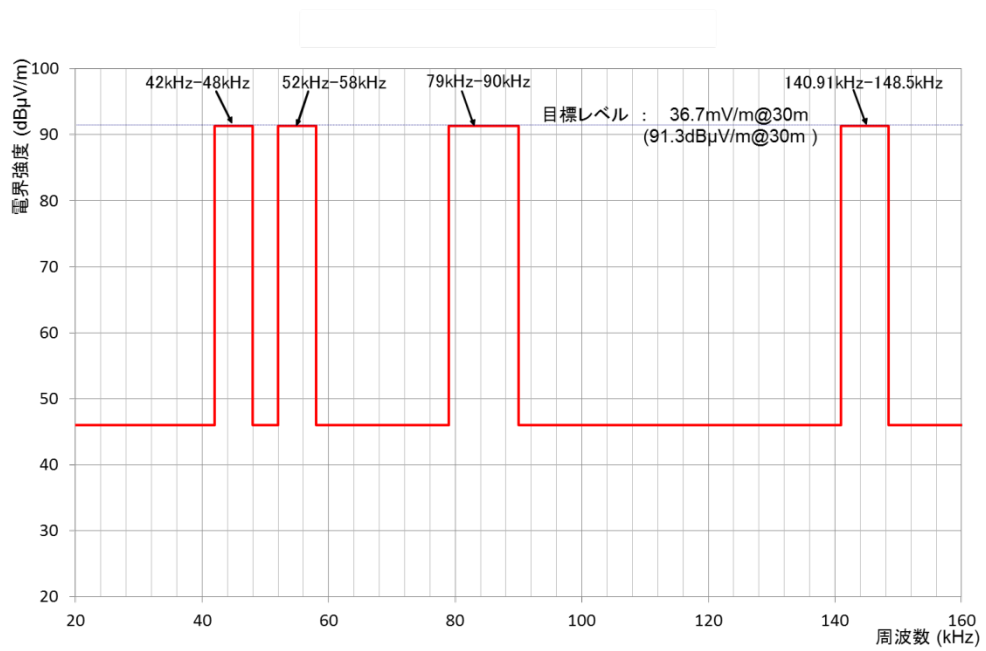


図 4.3.1-3 電気自動車用 WPT (家庭用 WPT) の漏えい電界強度 II

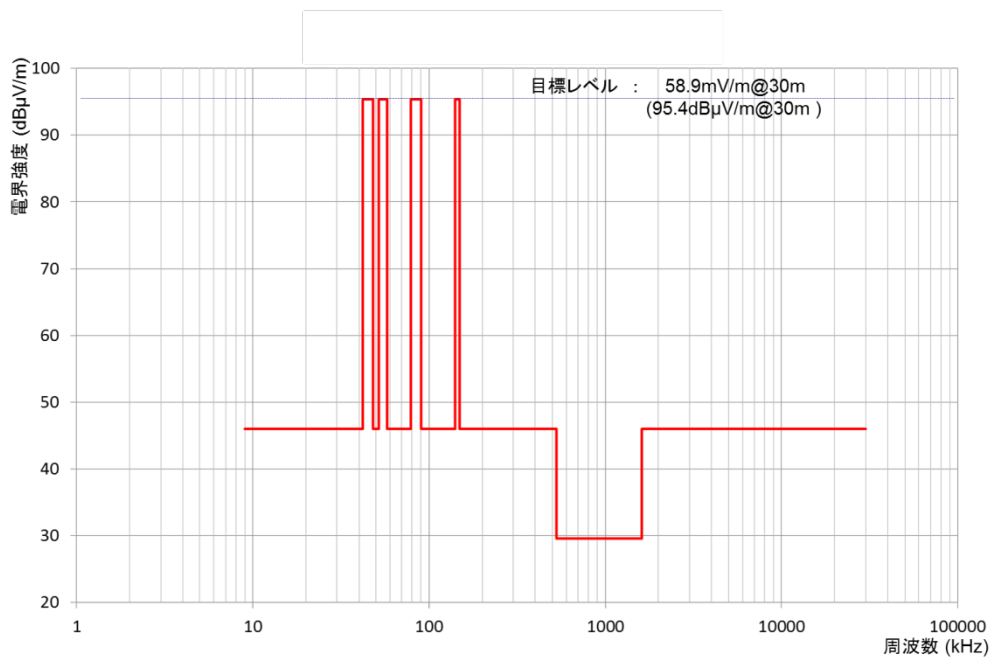


図 4. 3. 1-4 電気自動車用 WPT (公共用 WPT) の漏えい電界強度 I

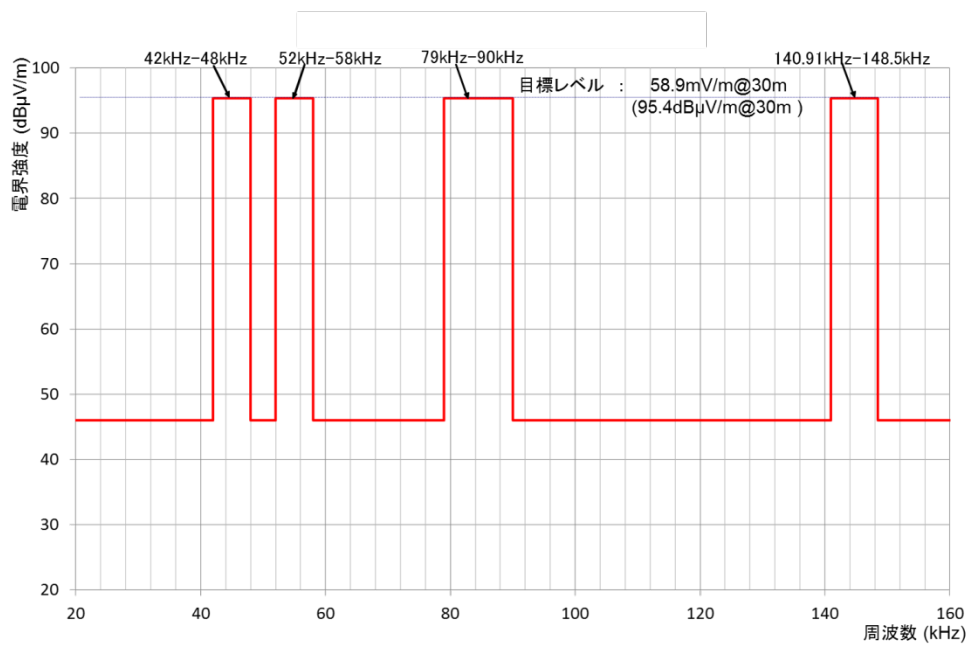


図 4. 3. 1-5 電気自動車用 WPT (公共用 WPT) の漏えい電界強度 II

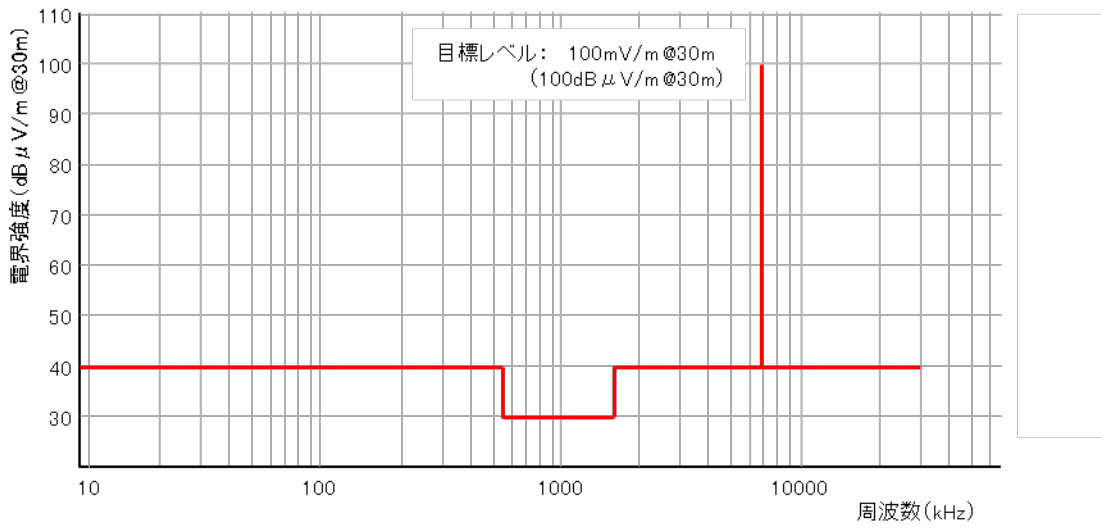


図 4.3.1-6 家電機器用 WPT①の漏えい電界強度 I

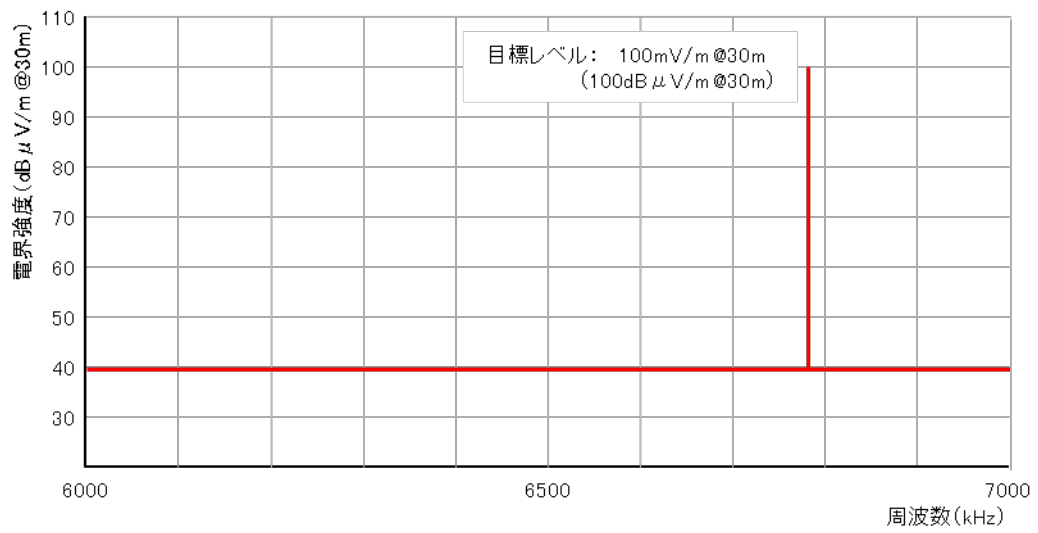


図 4.3.1-7 家電機器用 WPT①の漏えい電界強度 II

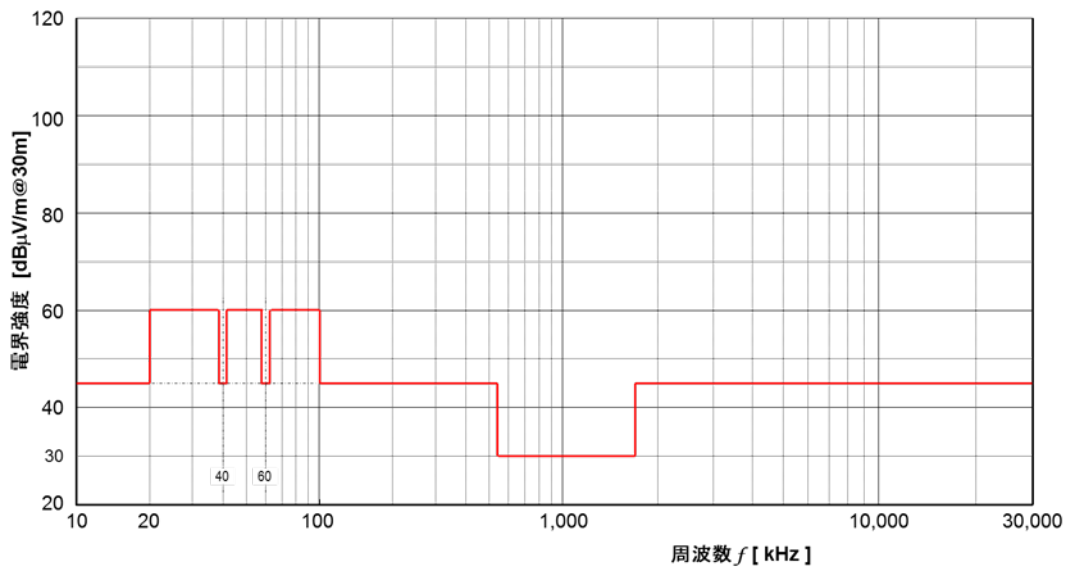


図 4.3.1-8 家電機器用 WPT②の漏えい電界強度 I

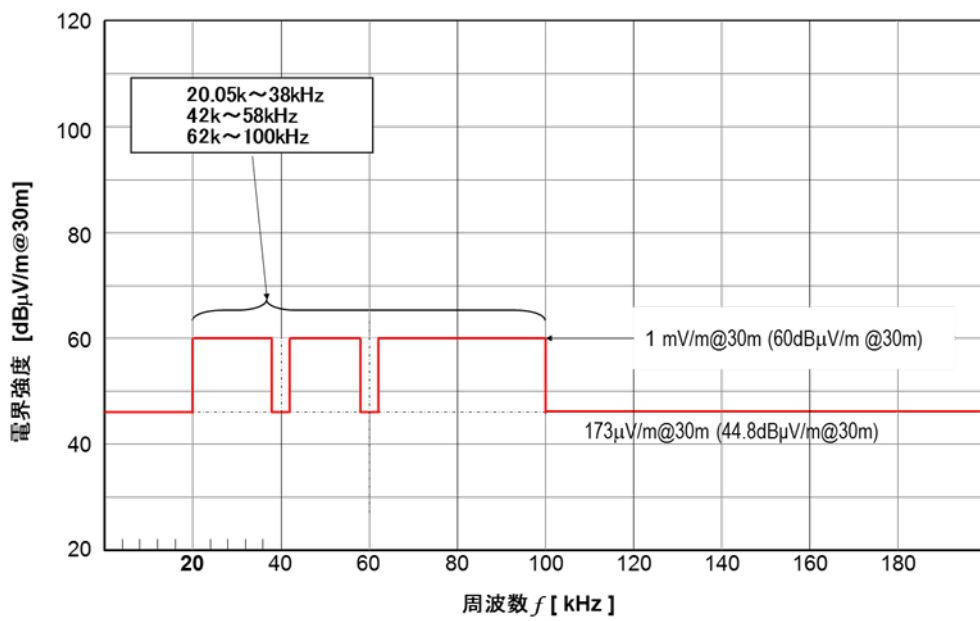


図 4.3.1-9 家電機器用 WPT②の漏えい電界強度 II

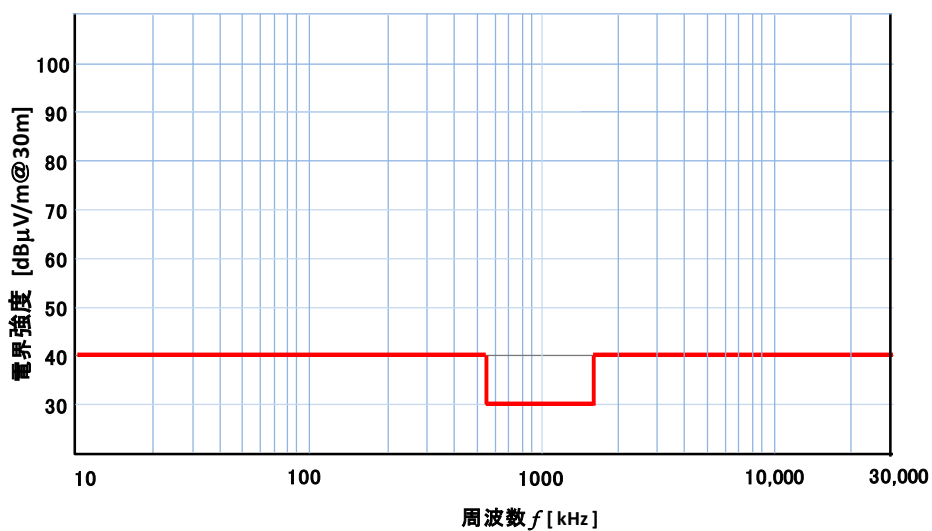


図 4.3.1-10 家電機器用 WPT③の漏えい電界強度 I

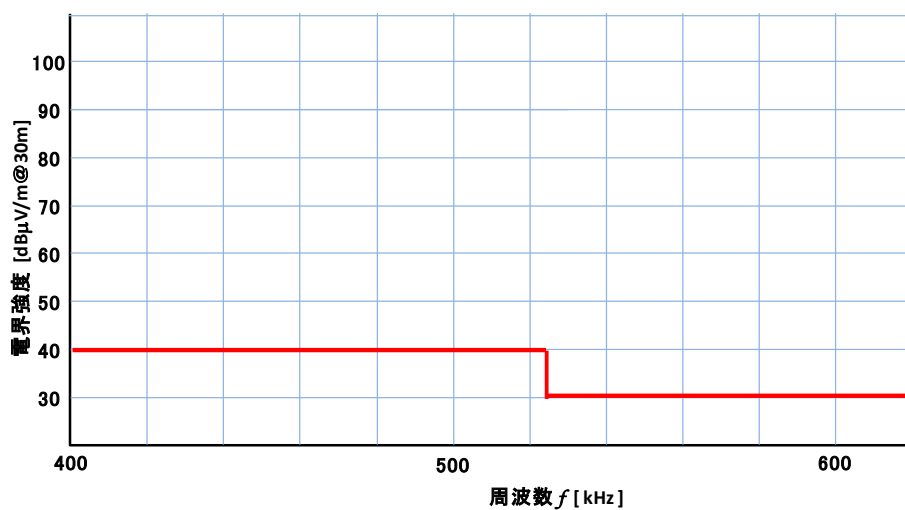


図 4.3.1-11 家電機器用 WPT③の漏えい電界強度 II

4.3.2 電波時計との共用検討

電波時計との周波数共用検討は、一般社団法人日本時計協会（以下「時計協会」という。）とBWFとの間に情報交換会を設置して行った。検討対象となるWPTシステムは、電気自動車用WPT及び家電機器用WPT②である。

まず、共用検討の前提となる電波時計の受信性能を決める最小受信感度について調査し、次いで、電波時計の干渉耐性の調査を行った。

(1) 電波時計の最小受信感度

電波時計の最小受信感度は $50\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ を基本とするが、標準電波の受信電界強度の分布の実態も考慮して決定する。

標準電波の送信は独立行政法人情報通信研究機構（以下「NICT」という。）によって管理されており、NICTが公開している標準電波の日本の主要都市の受信電界強度のシミュレーション値を用いて、受信電界強度の分布の実態を調査する。

図4.3.2-1に示すとおり、標準電波は、おおたかどや山標準電波送信所（40kHz：福島県）と、はがね山標準電波送信所（60kHz：佐賀県）の2局からの送信で日本全土をカバーしている。



図 4.3.2-1 標準電波送信所受信エリア

図 4.3.2-2 及び図 4.3.2-3 に、標準電波の電界強度（冬期の例）を示す。おおたかどや山標準電波送信所は、比較的日本国土の中央に位置するため、離島を除いて受信電界強度が日本全土に平均的に分布していることが分かる。

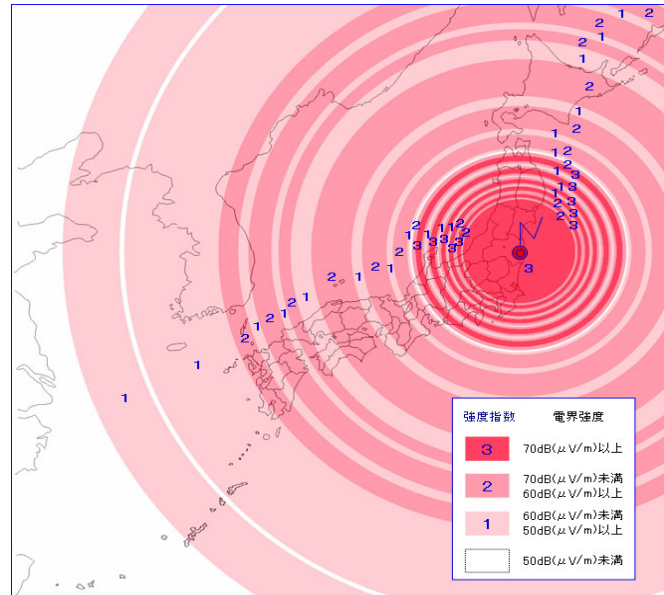


図 4.3.2-2 おおたかどや山標準電波送信所

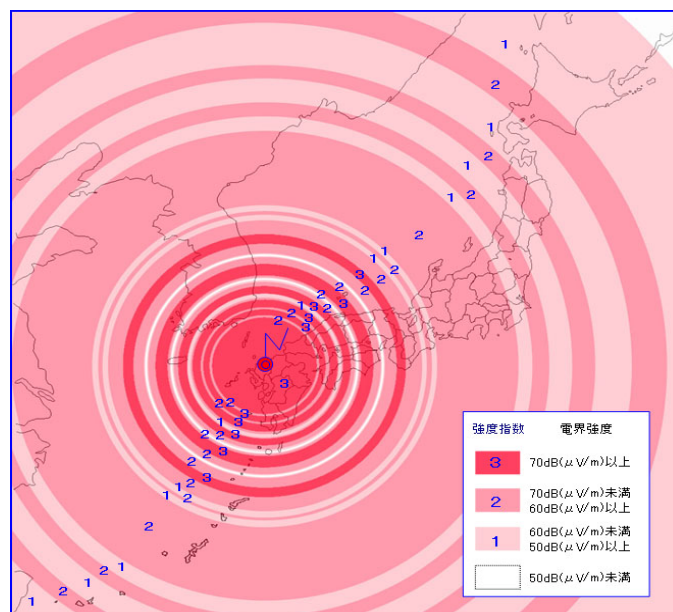


図 4.3.2-3 はがね山標準電波送信所

受信電界強度の全国的な分布を調査するため、図 4.3.2-4 に示すようにそれぞれの送

信所から最も遠い稚内市及び石垣市並びに双方からの中間地点にある神戸市の3箇所を対象に調査を行った。

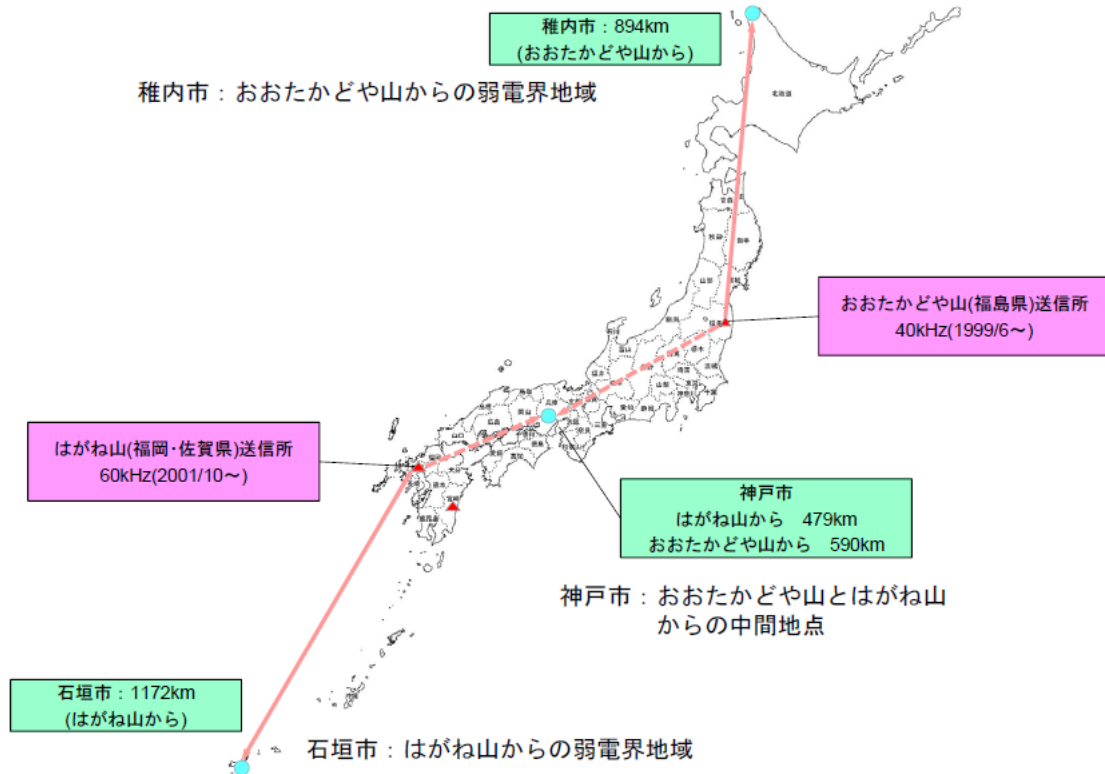


図 4. 3. 2-4 標準電波の電界強度調査地点

標準電波の伝搬特性に影響を与える太陽の黒点活動周期(約11年)を考慮して、NICTが公開している2004年から2014年の11年間の受信電界強度データを対象に、以下の調査をした。

- ・ おおたかどや山送信所のサービスエリア(送信所から50 dB μ V/m以上の電界強度で標準電波を受信できる範囲をいう。)内で最も遠方の稚内市において、電波時計の自動受信が良く行われる時間帯の午前2時~5時(以下「ゴールデンタイム」という。)の受信電界強度を調査する。
- ・ はがね山送信所のサービスエリア内で最も遠方の石垣市におけるゴールデンタイムの受信電界強度を調査する。
- ・ 両方の送信所からの受信が可能な中間地域のエリアにおけるゴールデンタイムの受信電界強度を調査する。

図 4. 3. 2-5~図 4. 3. 2-7 は、おおたかどや山標準電波(40kHz)の稚内市における受信電界強度を調査した結果である。全時間帯において50dB μ V/m以上の電界強度が確保できている。

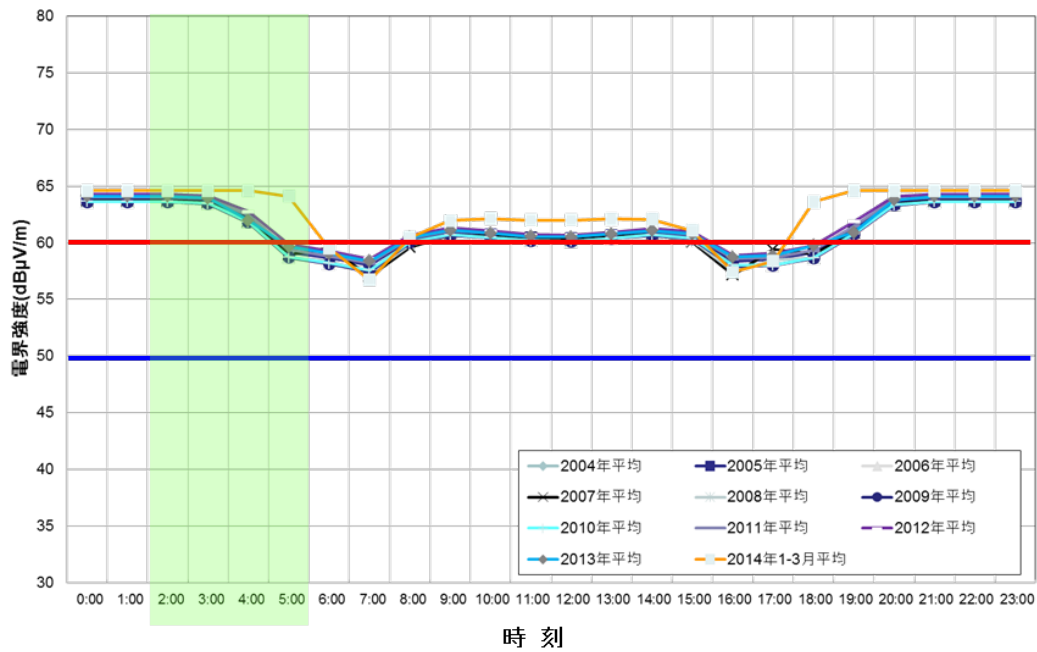


図 4.3.2-5 各時刻における電界強度（年平均値）
送信所：おおたかどや山（40kHz） 受信場所：稚内市

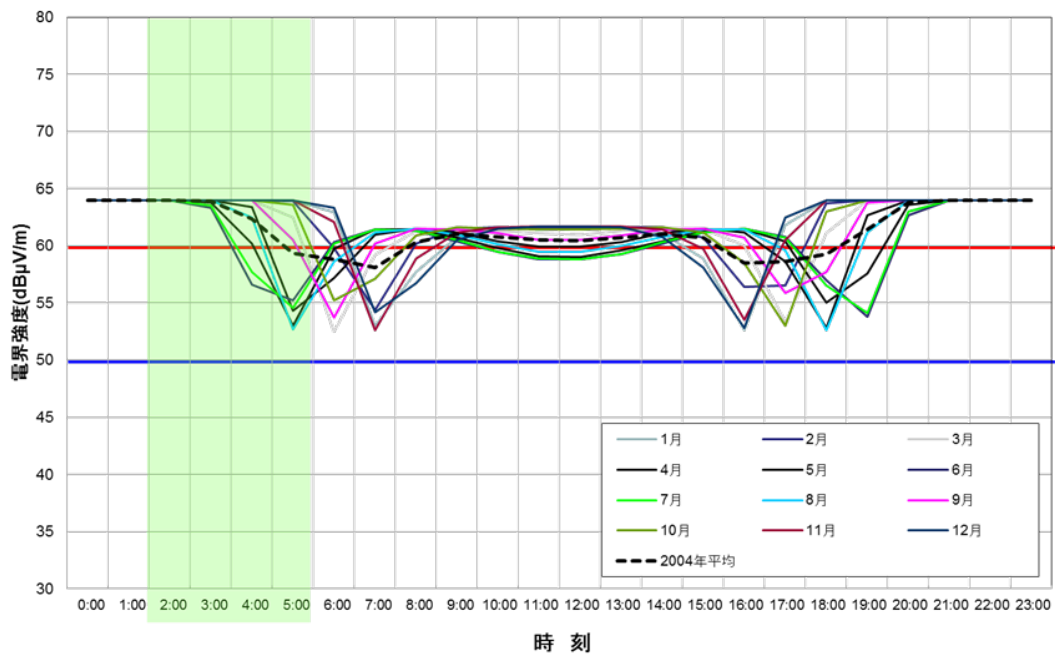


図 4.3.2-6 各時刻における電界強度（2004 年月平均値）
送信所：おおたかどや山（40kHz） 受信場所：稚内市

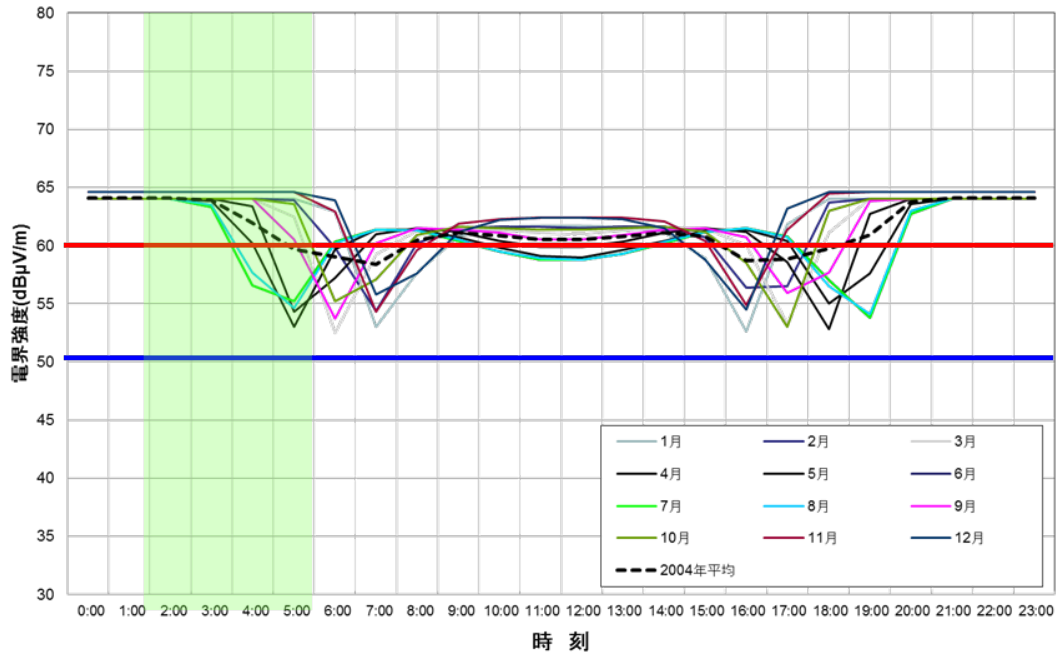


図 4.3.2-7 各時刻における電界強度 (2013 年月平均値)
送信所：おたかどや山 (40kHz) 受信場所：稚内市

図 4.3.2-8～図 4.3.2-10 は、はがね山標準電波 (60kHz) の石垣市における受信電界強度を調査した結果である。ゴールデンタイムでは、ほぼ 60dBμV/m 以上の受信電界強度が確保できている。

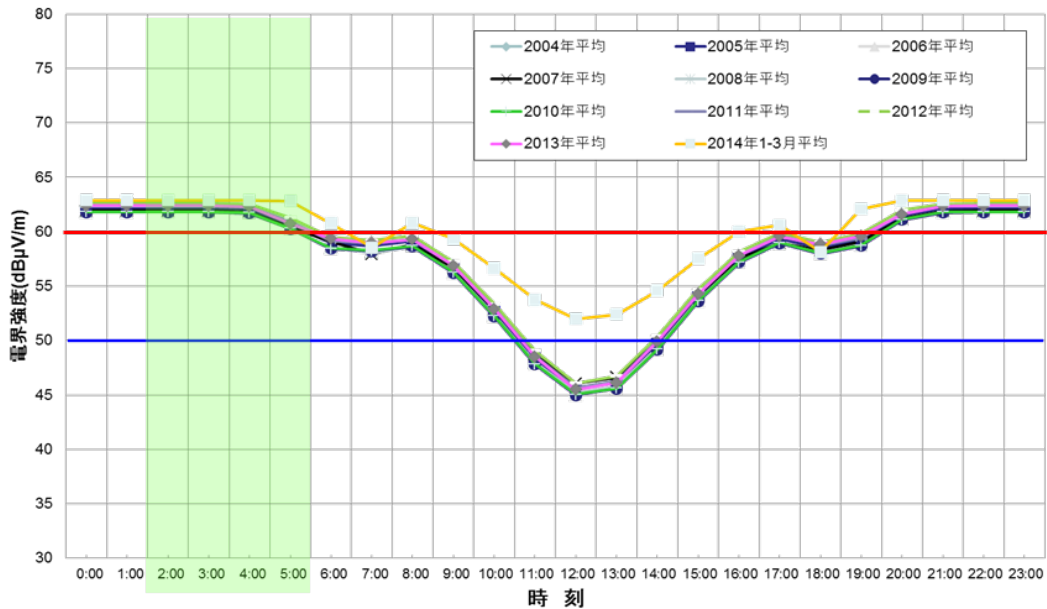


図 4.3.2-8 各時刻における電界強度 (年平均値)
送信所：はがね山 (60kHz) 受信場所：石垣市

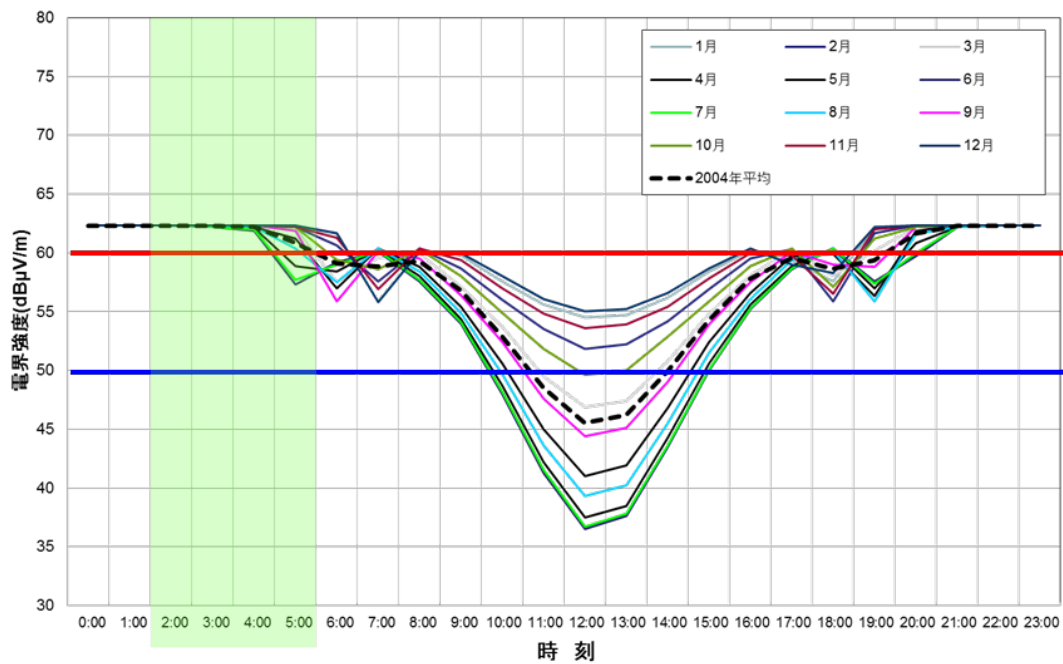


図 4.3.2-9 各時刻における電界強度 (2004 年月平均値)
送信所：はがね山 (60kHz) 受信場所：石垣市

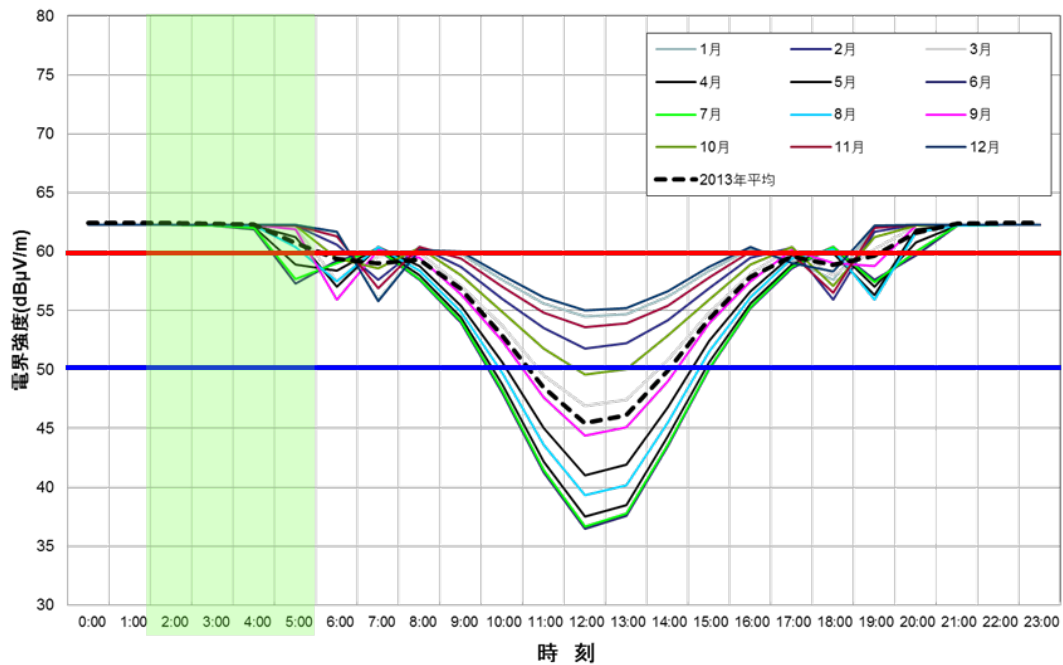


図 4.3.2-10 各時刻における電界強度 (2013 年月平均値)
送信所：はがね山 (60kHz) 受信場所：石垣市

図 4.3.2-11 は、おたかどや山標準電波（40kHz）の神戸市における受信電界強度を調査した結果である。年間を通じて 50dB μ V/m 以上の受信電界強度が確保できている。

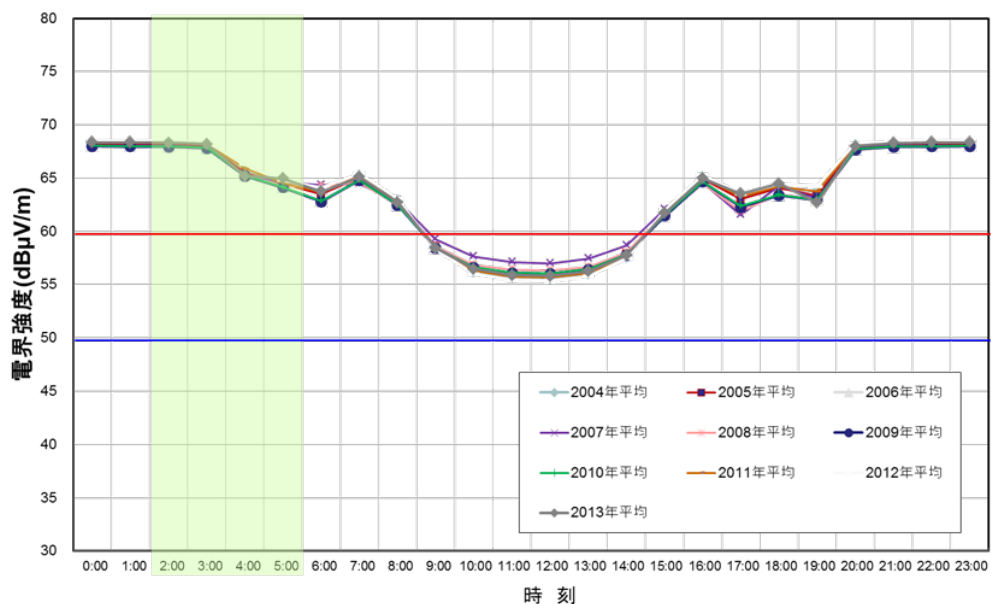


図 4.3.2-11 各時刻における電界強度（年平均値）
送信所：おたかどや山（40kHz） 受信場所：神戸市

図 4.3.2-12 は、はがね山標準電波（60kHz）の神戸市における受信電界強度を調査した結果である。年間を通じてほぼ 60dB μ V/m 以上の受信電界強度が確保できている。

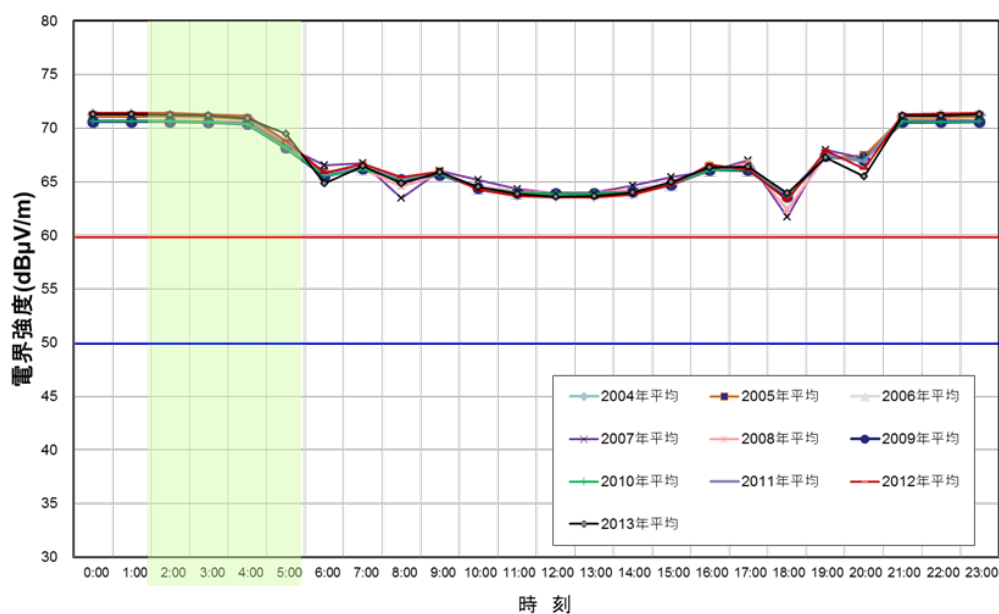


図 4.3.2-12 各時刻における電界強度（年平均値）
送信所：はがね山（60kHz） 受信場所：神戸市

以上の検討の結果、おたかどや山（福島県：40kHz）標準電波送信所のサービスエリア内での受信電界強度は、50dB μ V/m以上を確保できている。また、おたかどや山標準電波送信所のサービスエリア外となる最も遠方の石垣市については、はがね山（60kHz）標準電波送信所からの標準電波の受信電界強度がゴールデンタイム（午前2時～5時）に、概ね60dB μ V/mを確保できている。さらに、神戸市のような両方の送信所からの同等の受信が可能な場所におけるゴールデンタイムの受信電界強度は、いずれかの送信所からの標準電波の受信電界強度が50dB μ V/m以上を確実に確保できている。

このように、おたかどや山標準電波送信所からの標準電波の最小受信電界強度を50dB μ V/mとし、はがね山標準電波送信所からの標準電波の最小受信電界強度を60dB μ V/mとして、干渉検討をすることが妥当であることが分かった。

(2) 電波時計の許容干渉レベル

電波時計の標準的な受信システムを図4.3.2-13に示す。電波時計の受信システムにおいて、主に許容干渉レベルを決定するのは共振回路を使用するアンテナと、フィルタ回路である。アンテナのQ値を大きくすることはデザイン制約もあり難しい。フィルタ回路は一般的には水晶フィルタで構成され各社大きな差はない。クロックとウオッチではクロックのほうがアンテナの性能を得やすいので許容干渉レベルの性能は良い。

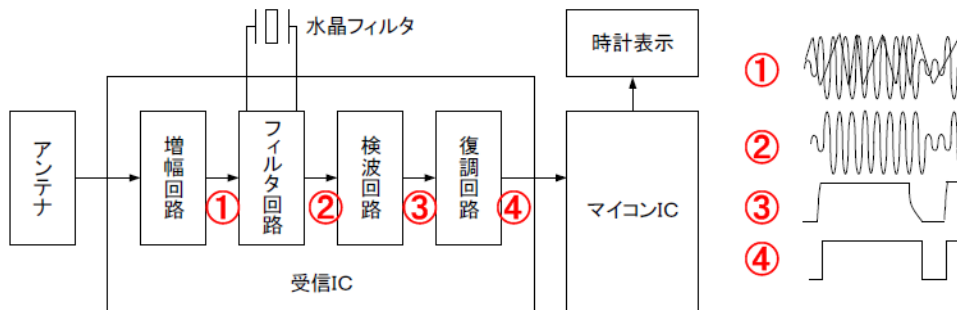


図 4.3.2-13

電波時計の許容干渉レベルを図4.3.2-14～図4.3.2-16に示す。

希望波を50dB μ V/mとした場合、電波時計製造メーカーの代表的な製品の耐妨害波の測定値から近似して作成した。図4.3.2-14は電気自動車用WPTの公共用WPT漏洩電界を10mに換算し電波時計の許容干渉レベルを重ねたもので、図4.3.2-15は電気自動車用WPTの家庭用WPT漏洩電界を10mに換算し電波時計の許容干渉レベルを重ねたものである。図4.3.2-16は家電機器のWPT漏洩電界を10mに換算し電波時計の許容干渉レベルを重ねたものである。図の各周波数で電波時計の許容干渉レベル以上のWPT漏洩電界が入力されると、電波時計は受信できないと予想される。

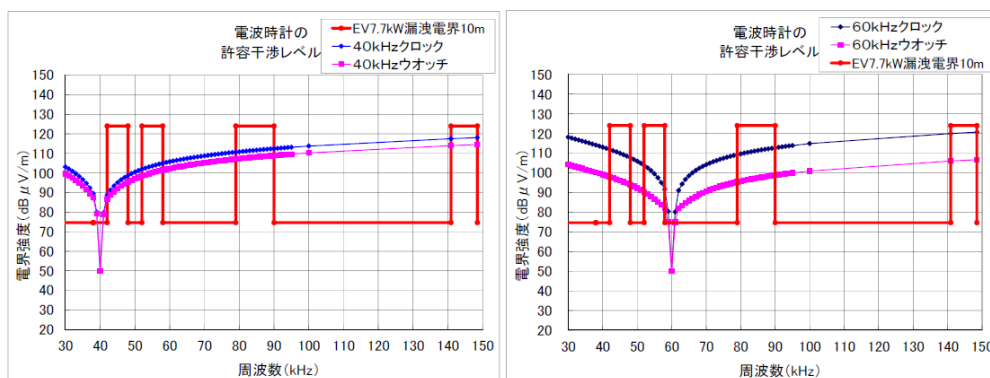


図 4.3.2-14 電波時計の許容干渉レベルと公共用の電気自動車用WPTによる目標漏えい電界強度との関係

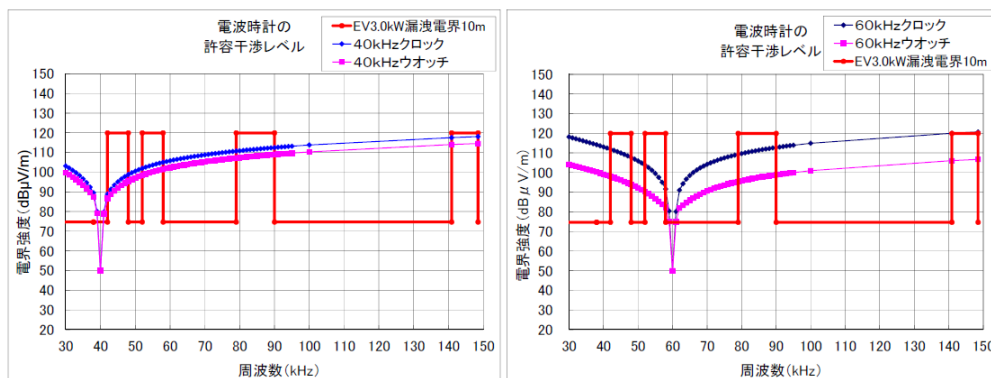


図 4.3.2-15 電波時計の許容干渉レベルと家庭用の電気自動車用WPTによる目標漏えい電界強度との関係

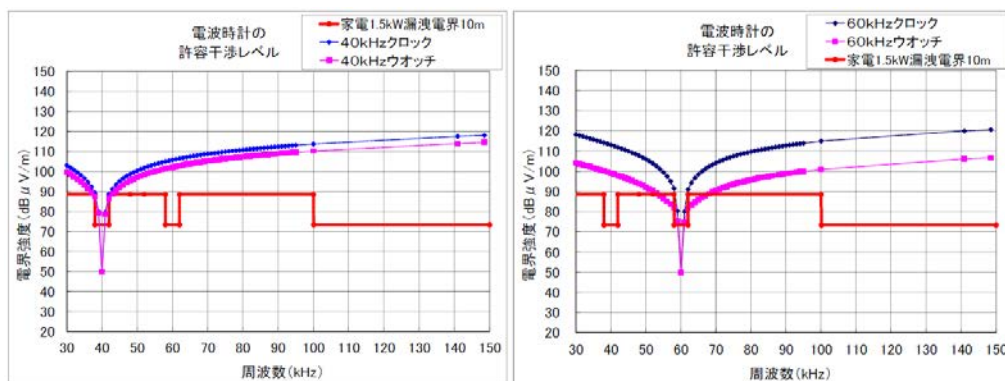


図 4.3.2-16 電波時計の許容干渉レベルと家電機器用WPT②（家庭・オフィス機器）による目標漏えい電界強度との関係

4.3.2.1 電気自動車用WPT

(1) 検討の進め方

- ・電波時計の最小受信感度は、4.3.2(1)での検討結果を踏まえ、おおたかどや山標準電波送信所からの $50\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ か、はがね山標準電波送信所からの $60\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ のいずれかが確保されているものとした。
- ・電波時計の許容干渉レベルは、時計協会から提示された値を用いた。
- ・電気自動車用 WPT の電力伝送波は無変調連続波であり、WPT 基本波及び整数次高調波が電波時計の受信周波数と一致していないことから、電波時計への周波数内干渉は起こり得ないものと判断し、電波時計の受信周波数外への WPT 基本波の影響を対象とした。
- ・許容可能な離隔距離は、CISPR 上の「住宅環境」において 10m 以内の距離に存在する無線通信機器が保護の対象とされていることを考慮し、10m とする。

(2) 干渉検討モデル

WPT システムは、図 4.3.2.1-1 に示すように屋外に設置され、電波時計は隣接する家屋の屋内に静置されているモデルを想定した。電波時計は、クロックとウオッチの 2 種類を検討対象とした。電波時計の許容干渉量は、C/I 基準とする。I は WPT から電波時計に届く干渉レベルであり、C は標準電波送信所から電波時計に届く信号電力レベルである。



図 4.3.2.1-1 電気自動車用 WPT と電波時計の干渉検討モデル

(3) 干渉計算

机上計算により所要離隔距離を計算した。計算結果を表 4.3.2.1-1 に示す。

表 4.3.2.1-1 所要離隔距離の計算結果（電気自動車用 WPT）

【クロック】

電波時計 利用周波 数	EV/PHEV WPT			周波数外 干渉許容 レベル (dBuV/m)	所要離隔 距離 (m)
	バンド	利用周波 数 (kHz)	最大放射 レベル @30m (dBuV/m)		
40kHz	42-48kHz	42	95.4	88.8	38.6
	52-58kHz	52	95.4	101.9	23.4
	79-90kHz	79	95.4	110.7	16.7
	140.91-148.5kHz	140.9	95.4	117.0	13.1
60kHz	42-48kHz	48	95.4	107.7	18.7
	52-58kHz	58	95.4	101.6	23.6
	79-90kHz	79	95.4	119.2	12.0
	140.91-148.5kHz	140.9	95.4	129.0	8.3

【ウォッチ】

電波時計 利用周波 数	EV/PHEV WPT			周波数外 干渉許容 レベル (dBuV/m)	所要離隔 距離 (m)
	バンド	利用周波 数 (kHz)	最大放射 レベル @30m (dBuV/m)		
40kHz	42-48kHz	42	95.4	86.7	41.9
	52-58kHz	52	95.4	98.4	26.7
	79-90kHz	79	95.4	107.1	19.1
	140.91-148.5kHz	140.9	95.4	109.0	17.8
60kHz	42-48kHz	48	95.4	103.9	21.6
	52-58kHz	58	95.4	92.3	33.8
	79-90kHz	79	95.4	105.4	20.4
	140.91-148.5kHz	140.9	95.4	116.0	13.6

(4) 干渉緩和の方策等

前述のように、42-48kHz 帯、52-58kHz 帯、79-90kHz 帯及び 140.91-148.5kHz 帯の全ての周波数帯で、所要離隔距離が 10m を上回っており、共用可能とは言い難い結果が得られた。

そこで、以下のとおり干渉緩和の方策について検討を行った。

(ア) 家庭用 WPT による緩和

電気自動車用 WPT については、表 4.3.1-3 と表 4.3.1-5 に示すように「家庭用 WPT」と「公共用 WPT」の 2 種類を想定している。

所要離隔距離については、本節「(1) 検討の進め方」において、CISPR 上の「住宅環境」において 10m 以内の距離に存在する無線通信機器が保護の対象とされていることを考慮し、10m としたところであり、「家庭用 WPT」については、この考え方を適用することが適当であると考えられる。

しかしながら、「公共用 WPT」については、もう少し離隔距離が確保される環境での運用が想定される。例えば、現在運用されている有線の電気自動車用の充電器の

うち「公共用 WPT」に相当する急速充電器については、事業者のみが設置しており、一般の住宅環境では運用されていない。加えて、騒音防止等の観点から、有線の電気自動車用の充電器については、業界団体の自主規制により一般住宅から 20m 以上隔離した状態で運用がなされているところである。「公共用 WPT」についても、実用化後、普及段階に達するまでの間には業界団体が設立され、有線の電気自動車用の充電器と同等の運用が行われることが想定されるため、電気自動車用 WPT のうち「公共用 WPT」については所要隔離距離が 20m を上回っているかどうかは 1 つの基準になるものと考えられる。

共用検討の対象を「家庭用 WPT」に限定した場合、所要隔離距離は表 4.3.2.1-2 のとおり算出される。

表 4.3.2.1-2 所要隔離距離の計算結果（電気自動車用 WPT のうち家庭用 WPT）

【クロック】

電波時計 利用周波 数	EV/PHEV WPT			周波数外 干渉許容 レベル (dBuV/m)	所要隔離 距離 (m)
	バンド	利用周波 数 (kHz)	最大放射 レベル @30m (dBuV/m)		
40kHz	42-48kHz	42	91.3	88.8	33.0
	52-58kHz	52	91.3	101.9	20.0
	79-90kHz	79	91.3	110.7	14.2
	140.91-148.5kHz	140.9	91.3	117.0	11.2
60kHz	42-48kHz	48	91.3	107.7	16.0
	52-58kHz	58	91.3	101.6	20.2
	79-90kHz	79	91.3	119.2	10.3
	140.91-148.5kHz	140.9	91.3	129.0	7.1

【ウォッチ】

電波時計 利用周波 数	EV/PHEV WPT			周波数外 干渉許容 レベル (dBuV/m)	所要隔離 距離 (m)
	バンド	利用周波 数 (kHz)	最大放射 レベル @30m (dBuV/m)		
40kHz	42-48kHz	42	91.3	86.7	35.8
	52-58kHz	52	91.3	98.4	22.8
	79-90kHz	79	91.3	107.1	16.4
	140.91-148.5kHz	140.9	91.3	109.0	15.2
60kHz	42-48kHz	48	91.3	103.9	18.5
	52-58kHz	58	91.3	92.3	28.9
	79-90kHz	79	91.3	105.4	17.5
	140.91-148.5kHz	140.9	91.3	116.0	11.6

(イ) 安定性設計による緩和

自動車業界においては、製造販売される製品の製造者責任を確保するため、製品の品質にばらつきが生じることを前提として、強制規格値から一定の設計余裕度を

持たせた安定性設計を行うことが常態化していることから、これを干渉緩和の要素として組み込むことができる。電気自動車用 WPT については、設計上 6dB の余裕度を見込むことが想定されており、この値を適用した場合の所要離隔距離は表 4.3.2.1-3 のとおり算出される。

なお、全ての製品についてこの 6dB という設計上の余裕度が担保される訳ではないが、多くの製品の平均的な実態を表しているため、共用検討の実態を表す検討結果としては妥当だと考えられる。

表 4.3.2.1-3 所要離隔距離の計算結果（電気自動車用 WPT のうち家庭用 WPT（安定性設計を考慮））

【クロック】

電波時計 利用周波 数	EV/PHEV WPT			周波数外 干渉許容 レベル (dBuV/m)	所要離隔 距離 (m)
	バンド	利用周波 数 (kHz)	最大放射 レベル @30m (dBuV/m)		
40kHz	42-48kHz	42	85.3	88.8	26.2
	52-58kHz	52	85.3	101.9	15.9
	79-90kHz	79	85.3	110.7	11.3
	140.91-148.5kHz	140.9	85.3	117.0	8.9
60kHz	42-48kHz	48	85.3	107.7	12.7
	52-58kHz	58	85.3	101.6	16.0
	79-90kHz	79	85.3	119.2	8.2
	140.91-148.5kHz	140.9	85.3	129.0	5.6

【ウォッチ】

電波時計 利用周波 数	EV/PHEV WPT			周波数外 干渉許容 レベル (dBuV/m)	所要離隔 距離 (m)
	バンド	利用周波 数 (kHz)	最大放射 レベル @30m (dBuV/m)		
40kHz	42-48kHz	42	85.3	86.7	28.4
	52-58kHz	52	85.3	98.4	18.1
	79-90kHz	79	85.3	107.1	13.0
	140.91-148.5kHz	140.9	85.3	109.0	12.1
60kHz	42-48kHz	48	85.3	103.9	14.7
	52-58kHz	58	85.3	92.3	22.9
	79-90kHz	79	85.3	105.4	13.9
	140.91-148.5kHz	140.9	85.3	116.0	9.2

(5) 検討結果

(ア) 42kHz 以上 48kHz 以下

干渉緩和要素を考慮した場合であっても、表 4.3.2.1-3 より所要離隔距離が最大で「28.4m」となっており、目標値である「10m」を大きく超過している。

(イ)52kHz 以上 58kHz 以下

干渉緩和要素を考慮した場合であっても、表 4.3.2.1-3 より所要離隔距離が最大で「22.9m」となっており、目標値である「10m」を大きく超過している。

(ウ)79kHz 以上 90kHz 以下

電気自動車用 WPT のうち「公共用 WPT」については、表 4.3.2.1-1 より所要離隔距離が最大で「20.4m」となっている。前述のとおり、現在運用されている有線の電気事業者の充電器のうち「公共用 WPT」に相当する急速充電器については、事業者のみが設置しており、一般の住宅環境では運用されていないことを踏まえると、共用条件を満たすものと考えられる。

電気自動車用 WPT のうち「家庭用 WPT」については、干渉緩和要素を考慮した場合に表 4.3.2.1-3 より所要離隔距離が最大で「13.9m」となっており、目標値である「10m」を超過している。しかしながら、電波時計のうちウオッチについては、将来的に回路設計の改良等によりクロック並みの耐干渉性を有することが期待されており、これを考慮した場合の所要離隔距離は表 4.3.2.1-3 より「11.3m」となる。この場合でも、目標値である「10m」を超過しているが、電気自動車用 WPT については、利用時間帯が電波時計の受信時間帯と必ずしも重なる訳ではないこと、電波時計の受信指向性の最大方向と電気自動車用 WPT の基本波の到来方向が必ずしも一致する訳ではないこと等を踏まえると、実質的な運用上の支障が生じる可能性は高いものと考えられる。

したがって、79kHz 以上 90kHz 以下については、共用条件を満たすものと考えられる。

(エ)140.91kHz 以上 148.5kHz 以下

電気自動車用 WPT のうち「公共用 WPT」については、表 4.3.2.1-1 より所要離隔距離が最大で「17.8m」となっている。前述のとおり、現在運用されている有線の電気事業者の充電器のうち「公共用 WPT」に相当する急速充電器については、事業者のみが設置しており、一般の住宅環境では運用されていないことを踏まえると、共用条件を満たすものと考えられる。

電気自動車用 WPT のうち「家庭用 WPT」については、干渉緩和要素を考慮した場合に表 4.3.2.1-3 より所要離隔距離が最大で「12.1m」となっており、目標値である「10m」を超過している。しかしながら、電波時計のうちウオッチについては、将来的に回路設計の改良等によりクロック並みの耐干渉性を有することが期待されており、これを考慮した場合の所要離隔距離は表 4.3.2.1-3 より「8.9m」となる。この場合には、目標値である「10m」の範囲内にある。また、電気自動車用 WPT については、利用時間帯が電波時計の受信時間帯と必ずしも重なる訳ではないこと、電波時計の受信指向性の最大方向と電気自動車用 WPT の基本波の到来方向が必ずしも一致する訳ではないこと等を踏まえると、実質的な運用上の支障が生じる可能性は高いものと考えられる。

したがって、140.91kHz 以上 148.5kHz 以下については、共用条件を満たすものと

考えられる。

4.3.2.2 家電機器用 WPT②（家庭・オフィス機器）

(1) 検討の進め方

- ・電波時計の最小受信感度は、50dB μ V/mとした。
- ・電波時計の許容干渉レベルは、時計協会から提示された値を用いた。
- ・家電機器用 WPT②の電力伝送波は無変調連続波であるが、整数次高調波が電波時計の受信周波数と一致することから、電波時計の受信周波数外への WPT 基本波の影響と電波時計への周波数内干渉を対象とした。
- ・許容可能な離隔距離は、CISPR 上の「住宅環境」において 10m 以内の距離に存在する無線通信機器が保護の対象とされていることを考慮し、10m とする。ただし、家電機器用 WPT②については主に屋内で利用され、同一家屋の家庭内に電波時計が存在していることを考慮し、所要離隔距離は定めずに実利用環境を考察した検討も行う。

(2) 干渉検討モデル

WPT システムは下記の図に示すような同一家屋の屋内(図 4.3.2.2-1)又は隣接家屋の屋内(図 4.3.2.2-2)に設置され、電波時計は屋内に静置されているモデルを想定した。電波時計は、クロックとウオッチの 2 種類を想定した。電波時計の許容干渉量は C/I 基準とすることとなった。I は WPT から電波時計に届く干渉レベルであり、C は標準電波送信所から電波時計に届く信号電力レベルである。



図 4.3.2.2-1 WPT システムの設置モデル（同一家屋）

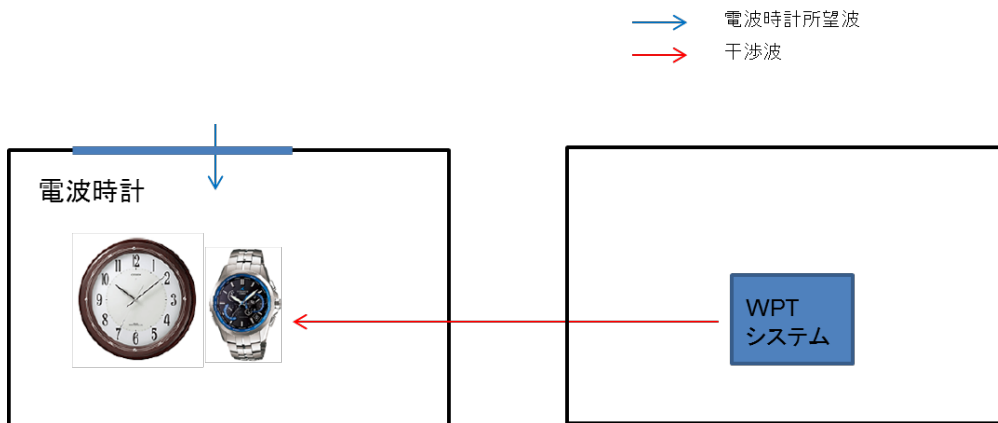


図 4.3.2.2-2 WPT システムの設置モデル（隣接家屋）

(3) 干渉計算

机上計算により所要離隔距離を計算した。計算結果を表に示す。表 4.3.2.2-1 は電波時計に対する周波数外干渉の所要離隔距離であり、表 4.3.2.2-2 は電波時計に対する周波数内干渉の所要離隔距離である。

表 4.3.2.2-1 電波時計周波数外干渉（家電機器用 WPT②）

【クロック】

電波時計 利用周波数	家電・オフィス機器 WPT			周波数外 干渉許容 レベル	所要離隔 距離
	バンド	利用周波数 (kHz)	最大放射 レベル @30m (dBuV/m)		
40kHz	20.05-38kHz	38	60.0	89.5	9.7
	42-58kHz	42	60.0	88.8	9.9
	62-100kHz	62	60.0	106.5	5.0
60kHz	20.05-38kHz	38	60.0	114.1	3.8
	42-58kHz	58	60.0	91.6	8.9
	62-100kHz	62	60.0	91.0	9.1

【ウォッチ】

電波時計 利用周波数	家電・オフィス機器 WPT			周波数外 干渉許容 レベル	所要離隔 距離
	バンド	利用周波数 (kHz)	最大放射 レベル @30m (dBuV/m)		
40kHz	20.05-38kHz	38	60.0	87.4	10.5
	42-58kHz	42	60.0	86.7	10.8
	62-100kHz	62	60.0	103.0	5.8
60kHz	20.05-38kHz	38	60.0	100.2	6.4
	42-58kHz	58	60.0	82.3	12.7
	62-100kHz	62	60.0	81.9	12.9

表 4. 3. 2. 2-2 電波時計周波数内干渉（家電機器用 WPT②）

【クロック】

電波時計 利用周波 数	家電・オフィス機器 WPT			干渉緩和要素案		周波数内 干渉許容 レベル (dBuV/m)	所要離隔 距離 (m)
	バンド (第2高調波)	利用周波 数 (kHz)	最大放射 レベル @30m (dBuV/m)	WPT側緩 和要素 (dB)	電波時計 側緩和要 素 (dB)		
40kHz	20.05kHz x 2	40.1	44.8	0.0	0.0	50.0	24.6
	21kHz x 2	42	44.8	0.0	0.0	88.8	5.5
60kHz	29kHz x 2	58	44.8	0.0	0.0	91.6	5.0
	30kHz x 2	60	44.8	0.0	0.0	50.0	24.6
	31kHz x 2	62	44.8	0.0	0.0	91.0	5.1

【ウォッチ】

電波時計 利用周波 数	家電・オフィス機器 WPT			干渉緩和要素案		周波数内 干渉許容 レベル (dBuV/m)	所要離隔 距離 (m)
	バンド (第2高調波)	利用周波 数 (kHz)	最大放射 レベル @30m (dBuV/m)	WPT側緩 和要素 (dB)	電波時計 側緩和要 素 (dB)		
40kHz	20.05kHz x 2	40.1	44.8	0.0	0.0	50.0	24.6
	21kHz x 2	42	44.8	0.0	0.0	86.7	6.0
60kHz	29kHz x 2	58	44.8	0.0	0.0	82.3	7.1
	30kHz x 2	60	44.8	0.0	0.0	50.0	24.6
	31kHz x 2	62	44.8	0.0	0.0	81.9	7.2

(4) 利用時間の検討

表 4. 3. 2. 2-3 に電波時計の自動受信時刻と家電機器用 WPT②の給電（充電）時刻を示す。ここで、「給電」とは家電機器の使用を伴う当該家電機器への電力伝送をいい、「充電」とは家電機器の使用を伴わない当該家電機器への電力伝送をいう。電波時計の自動受信時刻は、各社で採用されている 18 タイプの受信時刻を示している。受信開始時刻は 12 時から翌日の 11 時とし、○印は毎日受信する時刻を、△印は○印の時刻に受信できなかったときに再度受信を試みる時刻を表している。

また、家電機器用 WPT②の用途と種類は、4. 2. 1 (3) で示されている機器を例とし、電波時計の自動受信時刻と WPT の利用時刻とを比較できるようになっている。それぞれの WPT 機器の横棒の濃淡は使用頻度を表し、薄いほど利用頻度が少ないことを示している。例えば、オフィス機器については、就業時間帯である 9 時頃から 18 時頃までの間の使用確率が高く、深夜に近づくにつれて使用確率が低くなっていくことを表している。家庭機器については、朝、昼、晩の食事の時間帯の前後での使用確率が高くなることを表している。なお、冷蔵庫のような連続して稼働する重家電については、WPT を適用する利点がないため、考慮する必要はない。

表 4. 3. 2. 2-3 電波時計自動受信時刻と WPT の給電（充電）時刻

いため充電時間が短いこと等を考慮すれば、マニュアル等で注意喚起することで干渉回避が可能となるものと考えられる。

(ウ)29kHz を超え 31kHz 未満

電波時計に対する周波数内干渉については、表 4.3.2.2-2 より所要離隔距離が最大で「24.6m」となっており、目標値である「10m」を大きく超過している。

(エ)31kHz 以上 38kHz 以下

電波時計に対する周波数外干渉については、表 4.3.2.2-1 より所要離隔距離が最大で「10.5m」となっており、目標値である「10m」を超過している。しかしながら、電波時計のうちウオッチについては、将来的に回路設計の改良等によりクロック並みの耐干渉性を有することが期待されており、これを考慮した場合の所要離隔距離は表 4.3.2.2-1 より「9.7m」となる。この場合には、目標値である「10m」の範囲内にある。また、家電機器用 WPT②については、深夜時間帯の利用がほとんど考えられず電波時計の主な受信時間帯と重なる可能性が高くないこと、主な用途が電力伝送を行いながらの利用でありかつ充電を行う場合であっても蓄電池搭載量が小さいため充電時間が短いこと等を考慮すれば、実質的な運用上の支障が生じる可能性は高くないものと考えられる。

電波時計に対する周波数内干渉については、表 4.3.2.2-2 より所要離隔距離が最大で「7.2m」となっており、目標値である「10m」の範囲内にある。

なお、電波時計と家電機器用 WPT②が同一家屋の屋内で近接して利用されることも想定されるが、家電機器用 WPT②については、深夜時間帯の利用がほとんど考えられず電波時計の主な受信時間帯と重なる可能性が高くないこと、主な用途が電力伝送を行いながらの利用でありかつ充電を行う場合であっても蓄電池搭載量が小さいため充電時間が短いこと等を考慮すれば、マニュアル等で注意喚起することで干渉回避が可能となるものと考えられる。

(オ)42kHz 以上 58kHz 以下

電波時計に対する周波数外干渉については、表 4.3.2.2-1 より所要離隔距離が最大で「12.7m」となっており、目標値である「10m」を超過している。しかしながら、電波時計のうちウオッチについては、将来的に回路設計の改良等によりクロック並みの耐干渉性を有することが期待されており、これを考慮した場合の所要離隔距離は表 4.3.2.2-1 より「9.9m」となる。この場合には、目標値である「10m」の範囲内にある。また、家電機器用 WPT②については、深夜時間帯の利用がほとんど考えられず電波時計の主な受信時間帯と重なる可能性が高くないこと、主な用途が電力伝送を行いながらの利用でありかつ充電を行う場合であっても蓄電池搭載量が小さいため充電時間が短いこと等を考慮すれば、実質的な運用上の支障が生じる可能性は高くないものと考えられる。

電波時計に対する周波数内干渉については、家電機器用 WPT②の整数次高調波が電波時計の周波数内と重なる可能性がないため、特段の支障は認められないものと考えられる。

なお、電波時計と家電機器用 WPT②が同一家屋の屋内で近接して利用されることも想定されるが、家電機器用 WPT②については、深夜時間帯の利用がほとんど考えられず電波時計の主な受信時間帯と重なる可能性が高くないこと、主な用途が電力伝送を行いながらの利用でありかつ充電を行う場合であっても蓄電池搭載量が小さいため充電時間が短いこと等を考慮すれば、マニュアル等で注意喚起することで干渉回避が可能となるものと考えられる。

(カ)62kHz 以上 100kHz 以下

電波時計に対する周波数外干渉については、表 4.3.2.2-1 より所要離隔距離が最大で「12.9m」となっており、目標値である「10m」を超過している。しかしながら、電波時計のうちウオッチについては、将来的に回路設計の改良等によりクロック並みの耐干渉性を有することが期待されており、これを考慮した場合の所要離隔距離は表 4.3.2.2-1 より「9.1m」となる。この場合には、目標値である「10m」の範囲内にある。また、家電機器用 WPT②については、深夜時間帯の利用がほとんど考えられず電波時計の主な受信時間帯と重なる可能性が高くないこと、主な用途が電力伝送を行いながらの利用でありかつ充電を行う場合であっても蓄電池搭載量が小さいため充電時間が短いこと等を考慮すれば、実質的な運用上の支障が生じる可能性は高くないものと考えられる。

電波時計に対する周波数内干渉については、家電機器用 WPT②の整数次高調波が電波時計の周波数内と重なる可能性がないため、特段の支障は認められないものと考えられる。

なお、電波時計と家電機器用 WPT②が同一家屋の屋内で近接して利用されることも想定されるが、家電機器用 WPT②については、深夜時間帯の利用がほとんど考えられず電波時計の主な受信時間帯と重なる可能性が高くないこと、主な用途が電力伝送を行いながらの利用でありかつ充電を行う場合であっても蓄電池搭載量が小さいため充電時間が短いこと等を考慮すれば、マニュアル等で注意喚起することで干渉回避が可能となるものと考えられる。

4.3.3 列車無線等：信号保安設備との共用検討

列車無線等の信号保安設備との周波数共用検討は、一般社団法人日本鉄道電気技術協会（以下「電技協」という。）が設置した「WPTと鉄道設備共存検討会」において、BWF、鉄道事業者、関連メーカ、公益財団法人鉄道総合技術研究所が参加して実施した。検討対象となるWPTシステムは、電気自動車用WPT、家電機器用WPT②及び家電機器用WPT③である。

4.3.3.1 電気自動車用 WPT

(1) 検討の進め方

信号保安設備に影響を与える磁界強度に関しては、JIS E 3005（変周式自動列車停止装置の試験方法）を参考に、模擬ノイズ源である1m×1mの1ターンループコイルに電流を流し、車上信号保安設備に10cmの距離に近づけたときに、車上信号保安設備が検知又は誤動作する場合の1ターンループコイルの電流レベルを判定の基準値として用いた。

1ターンループコイルにどの程度の電流を流すと、WPT機器からの漏えい磁界と同じレベルの磁界が生じるかについて、離隔距離をパラメータとして計算グラフ化し、電気自動車用WPTからの漏えい磁界による影響を受けなくなるために必要な離隔距離を算出した。所要離隔距離の算出に当たっては、電気自動車用WPTからの漏えい磁界が最も大きくなるケースを選定した。電気自動車用WPTについては、表4.3.1-3と表4.3.1-5に示すように「家庭用WPT」及び「公共用WPT」の2種類を想定している。

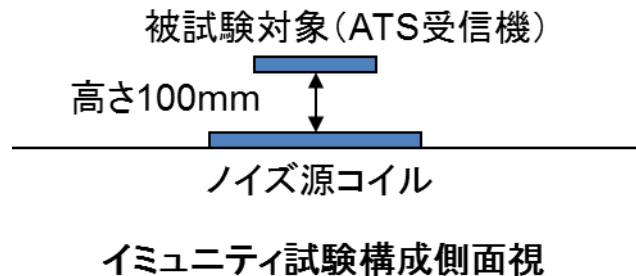


図 4.3.3.1-1 ノイズ源 1 ターンループコイルと信号保安設備受信機の位置関係

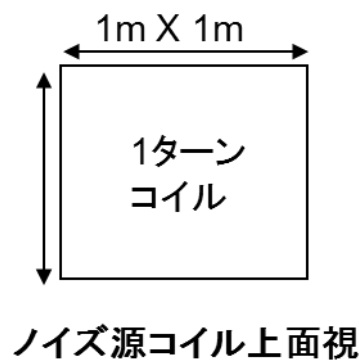


図 4.3.3.1-2 ノイズ源 1 ターンループコイルサイズ

(2) 干渉検討モデル

検討を行った干渉検討モデルを以下に示す。

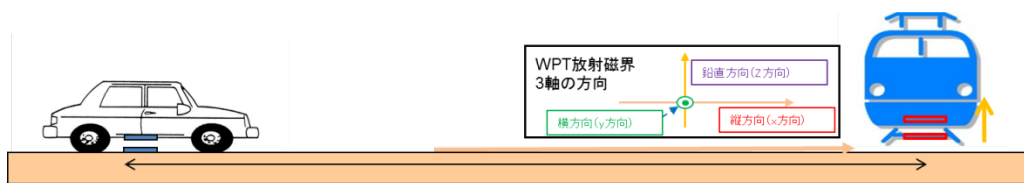


図 4.3.3.1-3 電気自動車用 WPT と信号保安設備の干渉検討モデル 1

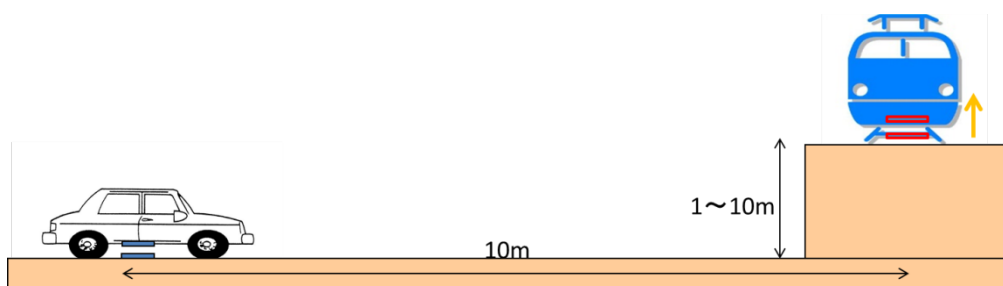


図 4.3.3.1-4 電気自動車用 WPT と信号保安設備の干渉検討モデル 2

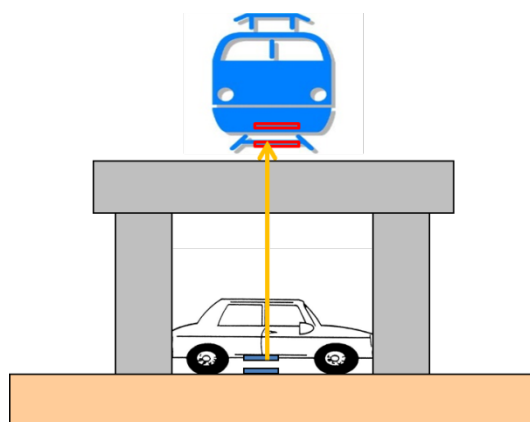


図 4.3.3.1-5 電気自動車用 WPT と信号保安設備の干渉検討モデル 3

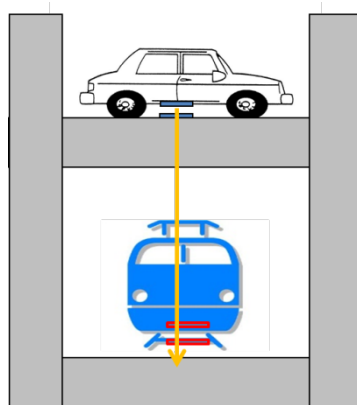


図 4.3.3-6 電気自動車用 WPT と信号保安設備の干渉検討モデル 4

(3) 干渉計算

信号保安設備の許容干渉レベルとして、ワンターンループコイルに流れる許容電流値を表 4.3.3.1-1 に示す（暫定値）。また、在来線の鉄道建築限界は、線路直角方向は軌間中心より 1.9m であり、線路垂直方向は直流電化区間ではレール面より上方 4.9m、非電化区間ではレール面より上方 4.3m である。

表 4.3.3.1-1 信号保安設備許容干渉レベル

ATS許容レベル	
周波数 (kHz)	ワンターンループコイルに流れる電流 (mA)
42-48	25
52-58	7.4
79-90	5.8
140.91-148.5	7.5

信号保安設備と電気自動車用 WPT の干渉検討モデル 1~4 において、Z 軸方向の漏えい磁界強度が最大となる方向と、そのときの漏えい磁界強度をシミュレーションにより求める。シミュレーションの概略説明図を図 4.3.3.1-7 に、シミュレーション条件を表 4.3.3.1-2 に示す。

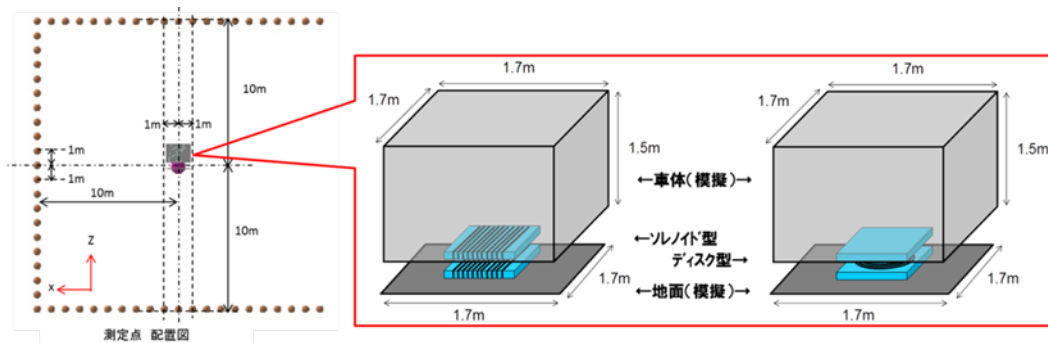


図 4.3.3.1-7 シミュレーション概略図

表 4.3.3.1-2 シミュレーションパラメータ

条件: 周波数: 85kHz 出力電力: 3.3kW 位置ズレ: 正対 Gap: 線間Gap165mm ユニット蓋間Gap150mm 解析ツール: EMCstudio 車体サイズ: 1.7m × 1.7m × 1.5m (L × W × H) 車体材料: 完全導体 (PEC) 地面サイズ: 1.7m × 1.7m 地面材料: 完全導体 (PEC)
--

シミュレーション結果を、図 4.3.3.1-8、図 4.3.3.1-9、図 4.3.3.1-10、図 4.3.3.1-11 に示す。平面型コイルは、いずれの方向でもソレノイド型コイルの漏えい磁界より低い。よって、ソレノイド型コイルの漏えい磁界を検討する。図 4.3.3.1-8 より、モデル 2 の場合は距離補正も含めると高さ 6m の方向が最も漏えい磁界が強くなっている。図 4.3.3.1-9 よりモデル 3, 4 の場合は、距離補正も含めると横方向 6m の方向が最も漏えい磁界が強くなっている。

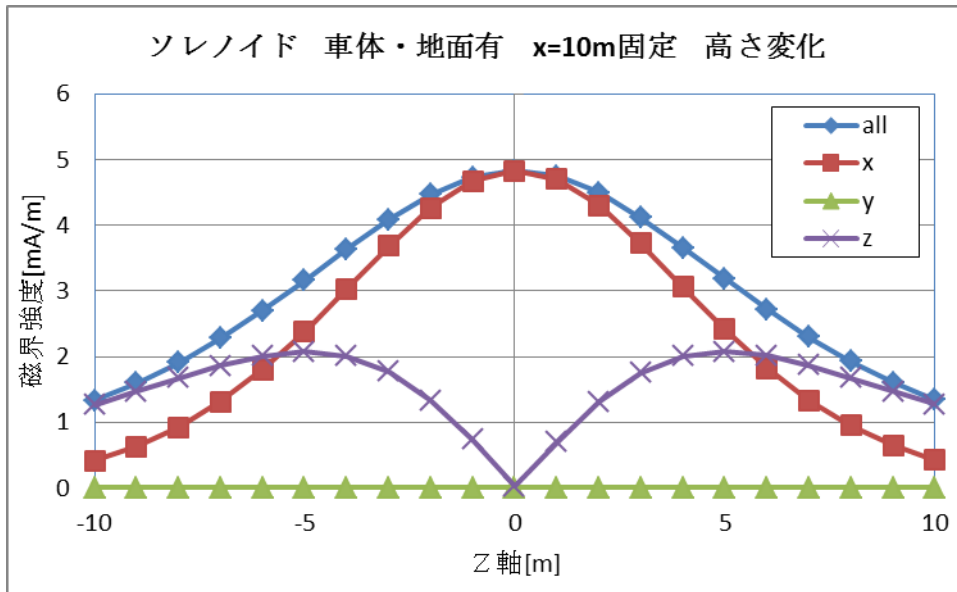


図 4.3.3.1-8 シミュレーション結果 1

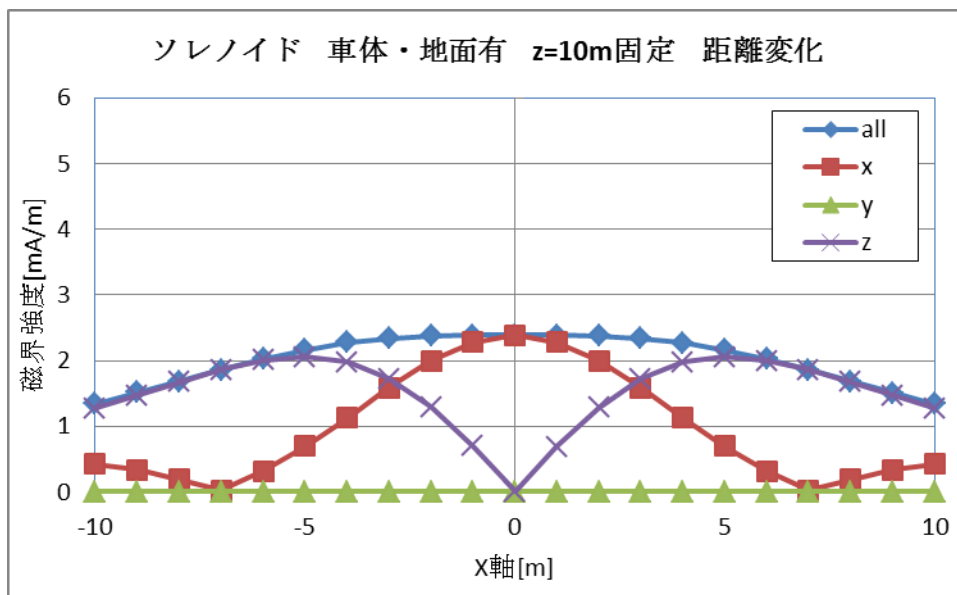


図 4.3.3.1-9 シミュレーション結果 2

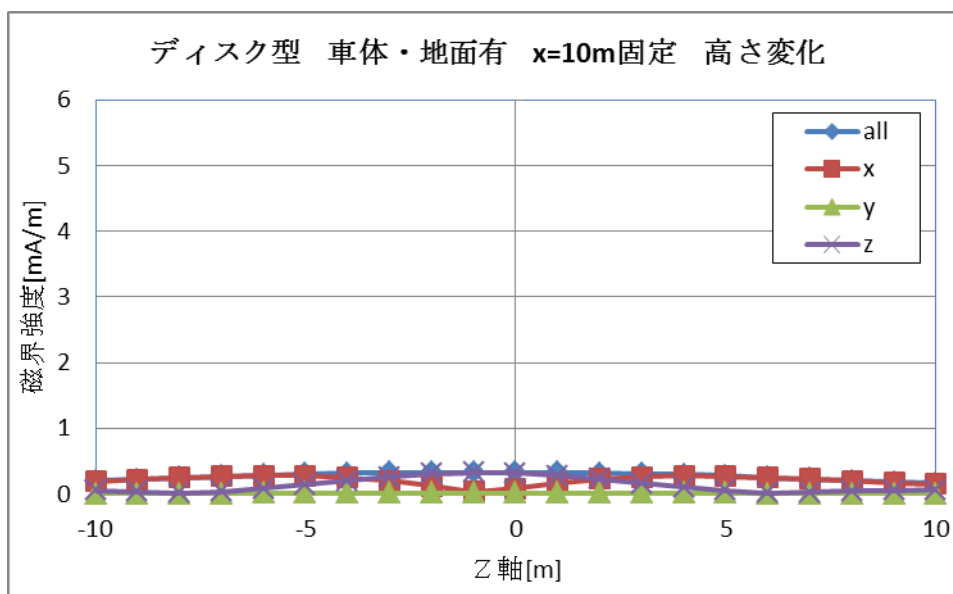


図 4.3.3.1-10 シミュレーション結果 3

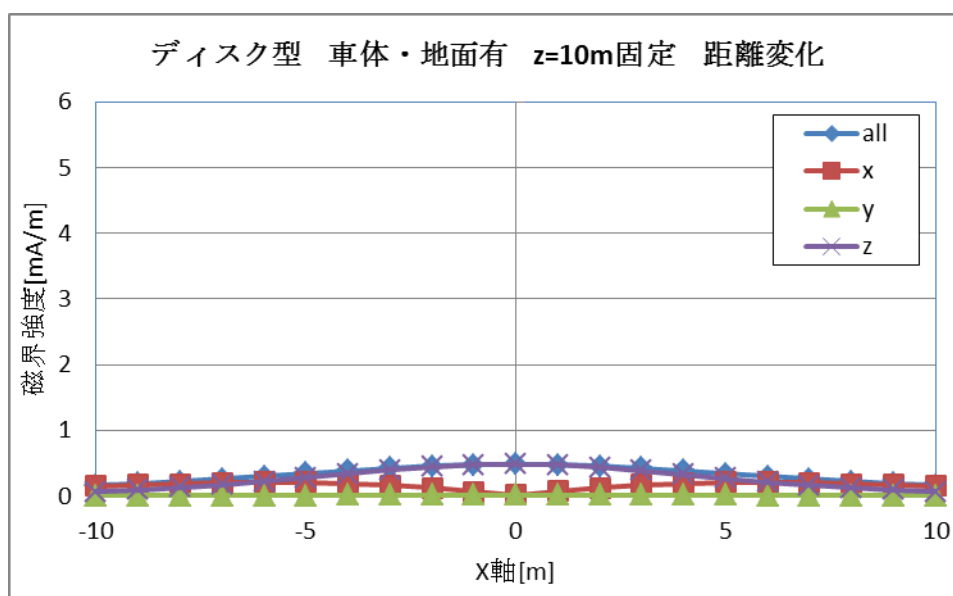


図 4.3.3.1-11 シミュレーション結果 4

モデル1では図 4.3.3.1-8 の Z 軸 0m 地点の全 3 軸の合計の漏えい磁界強度は、4.83 [mA/m]であるが、この値が全てのケースで最も強度が強い値となっているので、今後参照値として使用する。

このときの z 軸方向の漏えい磁界強度は、0.02 [mA/m]であり、参照値に対して 47.4[dB]磁界強度が弱くなっており少なく見積もっても 30[dB]は緩和されると仮定する。

モデル2では図 4.3.3.1-8 より、高さ 6m 方向が、最も z 軸方向の漏えい磁界が強くなっており、磁界強度は、2.53 [mA/m]である。よって、参照値に対して 5.6[dB]磁界

強度が弱くなっている。

モデル 3, 4 では、図 4.3.3.1-9 より、横方向 6m 方向が、最も z 軸方向の漏えい磁界が強くなっていて、磁界強度は、2.52 [mA/m] である。よって、参照値に対して 5.6 [dB] 磁界強度が弱くなっている。

次に、1m×1mのノイズ源1ターンループコイルに実効値1mAの電流を流したときに、コイル上部100mmに生じる磁界を計算する。

シミュレーション結果を図 4.3.3.1-12 と図 4.3.3.1-13 に示す。いずれも最大1.6mA/m（実効値）の磁界が発生している。

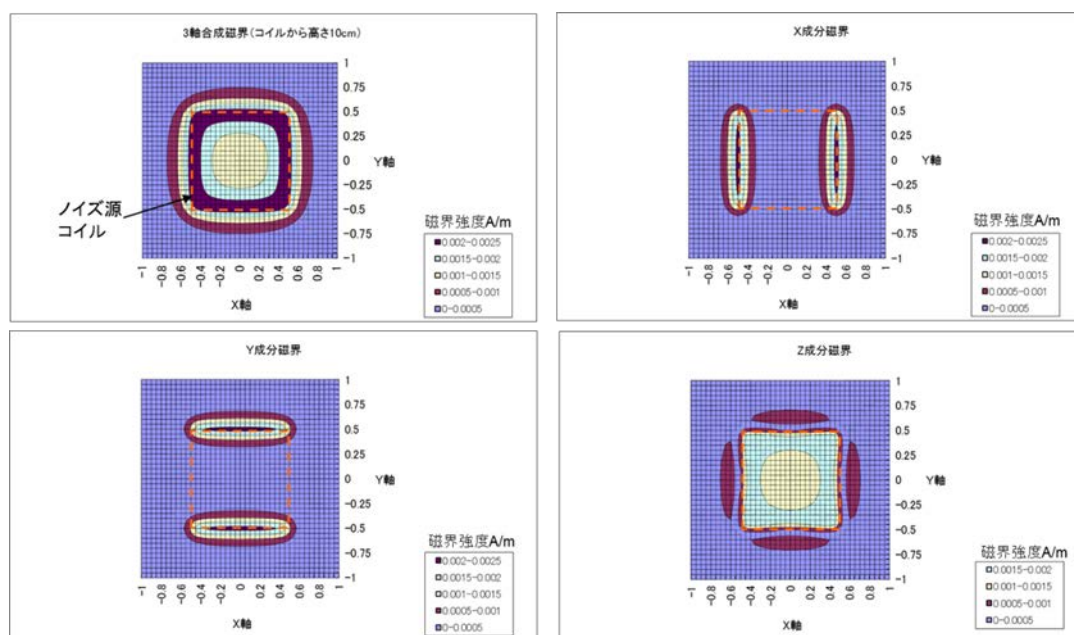


図 4.3.3.1-12 ノイズ源1ターンループコイルが生成する磁界強度1

結論：解析結果は下図で、最大値は1.6[mA/m]

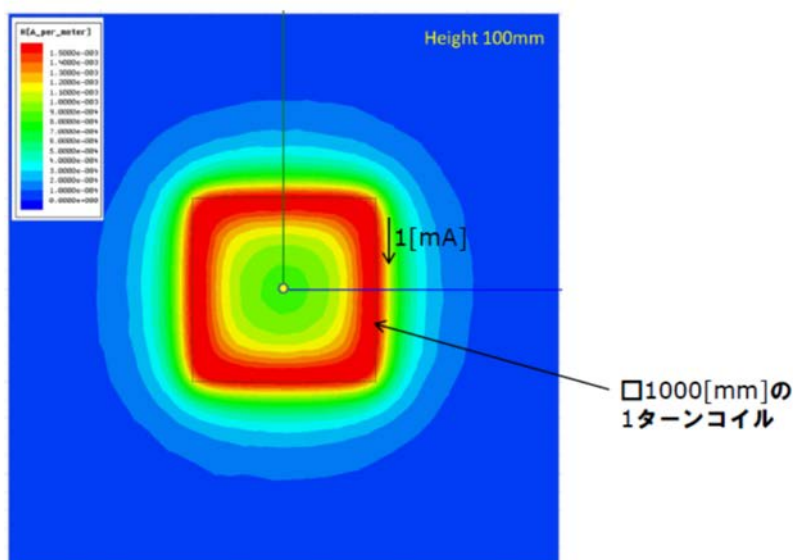


図1. コイルからの高さ100mmの平面内の磁界強度の大きさコンター図

図 4. 3. 3. 1-13 ノイズ源 1 ターンループコイルが生成する磁界強度 2

モデル1のときの、電気自動車用WPT（公共用）の場合で、30m離れた場所のz軸方向の漏えい磁界は、 $4.9\mu\text{A}/\text{m}$ ($=13.9\text{dB}\mu\text{A}/\text{m} = 43.9-30.0$)であり、同等磁界となる1ターンループコイルに流れる電流は $3.1\mu\text{A}$ ($9.8\text{dB}\mu\text{A}$)である。

また電気自動車用WPT（家庭用）の場合で、30m離れた場所のz軸方向の漏えい磁界は、 $3.1\mu\text{A}/\text{m}$ ($=9.8\text{dB}\mu\text{A}/\text{m} = 39.8-30.0$)であり、同等磁界となる1ターンループコイルに流れる電流は $1.9\mu\text{A}$ ($5.7\text{dB}\mu\text{A}$)である。

離隔距離を変動させたときの、1ターンループコイルに流す電流値を、距離減衰3乗則を適用して求め、信号保安設備の許容電流値（実効値）と合せて図4.3.3.1-14に示す。

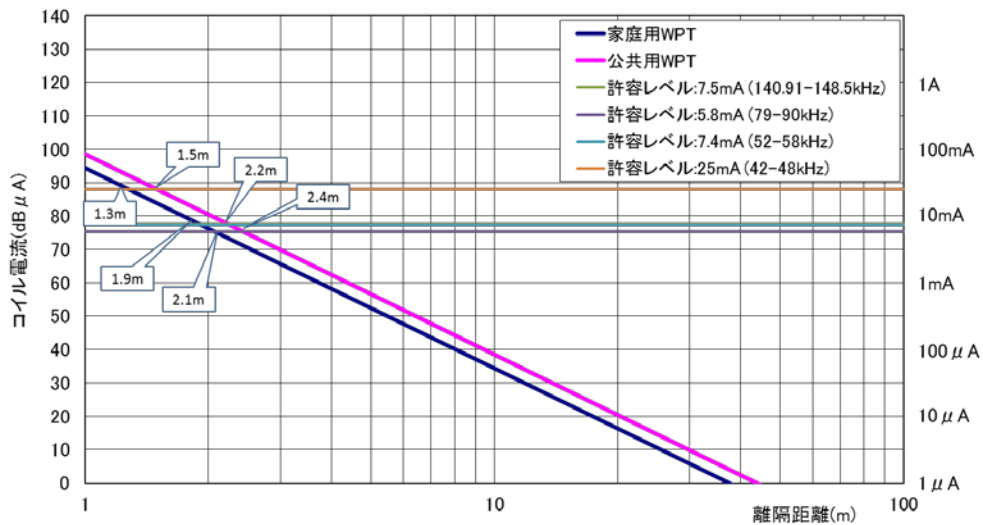


図 4. 3. 3. 1-14 モデル 1 の場合の同一磁界強度になる離隔距離と 1 ターンループコイルに流す電流値の関係グラフ

図 4. 3. 3. 1-14 から家庭用 WPT との所要離隔距離は、42kHz 以上 48kHz 以下の帯域では 1. 3m、52kHz 以上 58kHz 以下の帯域では 1. 9m、79kHz 以上 90kHz 以下の帯域では 2. 1m、140. 91kHz 以上 148. 5kHz 以下の帯域では 1. 9m であることが分かる。

図 4. 3. 3. 1-14 から公共用 WPT との所要離隔距離は、42kHz 以上 48kHz 以下の帯域では 1. 5m、52kHz 以上 58kHz 以下の帯域では 2. 2m、79kHz 以上 90kHz 以下の帯域では 2. 4m、140. 91kHz 以上 148. 5kHz 以下では 2. 2m であることが分かる。

この結果のうち、家庭用 WPT を 79kHz 以上 90kHz 以下の帯域で使用した場合の机上検討結果を、モデル 1 に当てはめたときの模式図を図 4. 3. 3-15 に示す。鉄道建築限界の 1. 9m に対して 0. 2m 超えている。

モデル1(家庭用WPT:79-90kHz)

所要離隔距離2.1m
水平距離2.1m

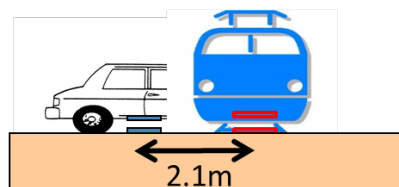


図 4. 3. 3. 1-15 モデル 1 の場合の所要離隔距離の関係図

同様に、モデル 2, 3, 4 のときの電気自動車用 WPT (公共用) の場合で、30m 離れた場所の z 軸方向の漏えい磁界は、 $82.2 \mu\text{A}/\text{m}$ ($=38.3\text{dB} \mu\text{A}/\text{m} = 43.9-5.6$) であり、同等の磁界となる 1 ターンループコイルに流れる電流は $51.4 \mu\text{A}$ ($34.2\text{dB} \mu\text{A}$) である。

また、電気自動車用 WPT（家庭用）の場合で、30m 離れた場所の z 軸方向の漏えい磁界は、 $51.3 \mu\text{A}/\text{m}$ ($=34.2\text{dB}\mu\text{A}/\text{m} = 39.8-5.6$) であり、同等の磁界となる 1 ターンループコイルに流れる電流は $32.1 \mu\text{A}$ ($30.1\text{dB}\mu\text{A}$) である。

離隔距離を変動させたときの、1 ターンループコイルに流す電流値を、距離減衰 3 乗則を適用して求め、信号保安設備の許容電流値（実効値）と併せて図 4.3.3.1-16 に示す。

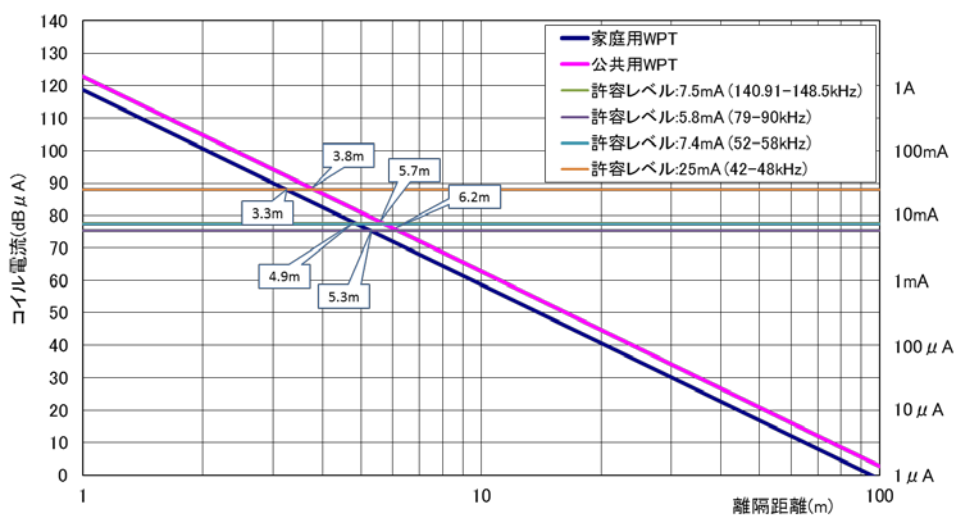


図 4.3.3.1-16 モデル 2, 3, 4 の場合の同一磁界強度になる離隔距離と 1 ターンループコイルに流す電流値の関係グラフ

図 4.3.3.1-16 から家庭用 WPT との所要離隔距離は、42kHz 以上 48kHz 以下の帯域では 3.3m、52kHz 以上 58kHz 以下の帯域では 4.9m、79kHz 以上 90kHz 以下の帯域では 5.3m、140.91kHz 以上 148.5kHz 以下の帯域では 4.9m であることが分かる。モデル 2, 3, 4 の場合最短距離方向は斜め方向となるため水平方向又は垂直方向の所要離隔距離は、42kHz 以上 48kHz 以下の帯域では 2.8m、52kHz 以上 58kHz 以下の帯域では 4.2m、79kHz 以上 90kHz 以下の帯域では 4.6m、140.91kHz 以上 148.5kHz 以下の帯域では 4.2m である。

図 4.3.3.1-16 から公共用 WPT との所要離隔距離は、42kHz 以上 48kHz 以下の帯域では 3.8m、52kHz 以上 58kHz 以下の帯域では 5.7m、79kHz 以上 90kHz 以下の帯域では 6.2m、140.91kHz 以上 148.5kHz 以下の帯域では 5.7m であることが分かる。モデル 2, 3, 4 の場合最短距離方向は斜め方向となるため水平方向又は垂直方向の所要離隔距離は、42kHz 以上 48kHz 以下の帯域では 3.3m、52kHz 以上 58kHz 以下の帯域では 4.9m、79kHz 以上 90kHz 以下の帯域では 5.3m、140.91kHz 以上 148.5kHz 以下の帯域では 4.9m である。

この結果のうち、家庭用 WPT を 79kHz 以上 90kHz 以下の帯域で使用した場合の机上検討結果を、モデル 2~4 に分けて図 4.3.3.1-17、図 4.3.3.1-18、図 4.3.3.1-19 に示す。

モデル 2 の場合、鉄道建築限界の 1.9m に対して 2.7m 超えている。

モデル3の場合、鉄道建築限界は定められていない。

モデル4の場合、直流電化区間の鉄道建築限界の4.9m以下であるので、共用できる可能性がある。非電化区間の鉄道建築限界の4.3mに対しては0.3mを超えている。

モデル2(家庭用WPT:79-90kHz)

所要離隔距離5.3m
水平距離4.6m

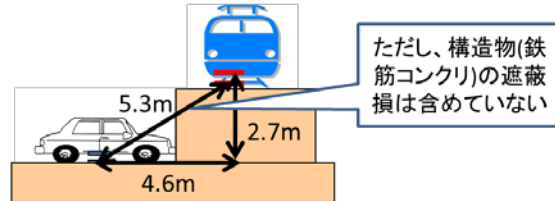


図 4.3.3.1-17 モデル2の場合の所要離隔距離の関係図

モデル3(家庭用WPT:79-90kHz)

所要離隔距離5.3m
高さ距離4.6m

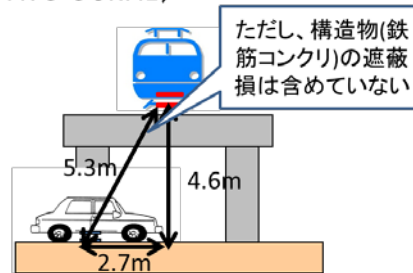


図 4.3.3.1-18 モデル3の場合の所要離隔距離の関係図

モデル4(家庭用WPT:79-90kHz)

所要離隔距離5.3m
高さ距離4.6m

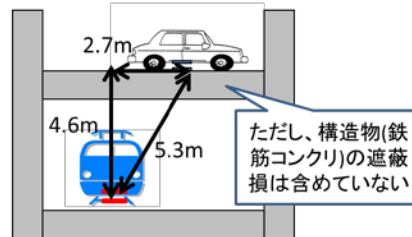


図 4.3.3.1-19 モデル4の場合の所要離隔距離の関係図

(4) 検討結果

電気自動車用 WPT と信号保安設備との共用条件を机上で検討するに当たっては、鉄筋コンクリート等の干渉を遮るものが無い状態を想定して、所要離隔距離を計算した。

共用条件としては、以下のとおりとした。

- i) WPT で使用する周波数と鉄道設備が使用する周波数が重ならない。

又は

ii) 所要離隔距離が、鉄道設備における建築限界内に入っている（干渉が起きる距離が、鉄道事業者の関与なく WPT を置くことができない位置である）。

(ア) 42kHz 以上 48kHz 以下

家庭用 WPT の場合、信号保安設備に影響を与えない水平方向の最大離隔距離は 2.8m である。

公共用 WPT の場合、信号保安設備に影響を与えない水平方向の最大離隔距離は 3.3m である。

(イ) 52kHz 以上 58kHz 以下

家庭用 WPT の場合、信号保安設備に影響を与えない水平方向の最大離隔距離は 4.2m である。

公共用 WPT の場合、信号保安設備に影響を与えない水平方向の最大離隔距離は 4.9m である。

(ウ) 79kHz 以上 90kHz 以下

家庭用 WPT の場合、信号保安設備に影響を与えない水平方向の最大離隔距離は 4.6m である。

公共用 WPT の場合、信号保安設備に影響を与えない水平方向の最大離隔距離は 5.3m である。

(エ) 140.91kHz 以上 148.5kHz 以下

家庭用 WPT の場合、信号保安設備に影響を与えない水平方向の最大離隔距離は 4.2m である。

公共用 WPT の場合、信号保安設備に影響を与えない水平方向の最大離隔距離は 4.9m である。

4.3.3.2 家電機器用 WPT②（家庭・オフィス機器）

検討対象となる信号保安設備には、その耐妨害特性が模擬ノイズ源である 1m×1m の 1 ターンループコイルに流れる妨害電流値で規定できるものと、その耐妨害特性がレールに流れる妨害電流値で規定できるものとが存在する。

1. 耐妨害特性が模擬ノイズ源である 1m×1m の 1 ターンループコイルに流れる妨害電流値で規定できるもの

(1) 検討の進め方

家電機器用 WPT②について、前述の電気自動車用 WPT と比較すると、その出力は電界強度で約 50 分の 1 である。このため電気自動車 WPT に対する検討で行ったような干渉緩和要素は取り入れず、計算は最大レベルになる条件で以下のように電気自動車用 WPT に対する検討に準じた方法を用いて検討を行った。

信号保安設備については、JIS E 3005（変周式自動列車停止装置の試験方法）を参考に、模擬雑音源である1m×1mの1ターンループコイルに電流を流し、車上信号保安設備に近づけたときに、車上信号保安設備が検知又は誤動作する場合の1ターンループコイルの電流レベルを判定の基準値として用いた。1ターンループコイルにどの程度の電流を流すと、WPT機器からの漏えい磁界と同じレベルの磁界が生じるかについて、離隔距離をパラメータとして計算した。これを基に、家電機器用WPT②からの漏えい磁界による影響を受けなくなるために必要な離隔距離を算出した。所要離隔距離の算出に当たっては、家電機器用WPT②からの漏えい磁界が最も大きくなるケースを選定した。

(2) 干渉検討モデル

検討を行った干渉検討モデルを以下に示す。家電機器用WPT②が屋内で使用されるケースを想定し、家屋による壁損失等は考慮していない。

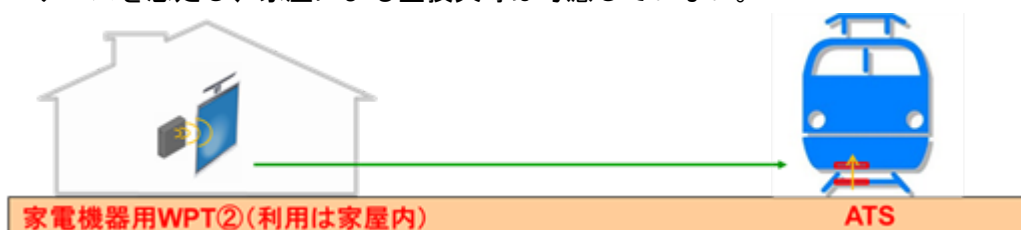


図 4.3.3.2-1 家電機器用WPT②と信号保安設備の干渉検討モデル

(3) 干渉計算

家電機器用WPT②から信号保安設備への影響計算方法として、1ターンループコイルに1mAの電流を流したときに生じる磁界を計算機シミュレーションで計算し、1m×1mのノイズ源1ターンループコイルに1mAの電流を流したときに、コイル上部100mmに生じる磁界を計算する。1ターンループコイル（ノイズ源コイル）にどの程度の電流を流すと、WPT機器からの漏えい磁界と同じレベルの磁界が生じるかを、離隔距離をパラメータとして計算し、上述の結果を使用し離隔距離（WPT機器と信号保安設備受信機の距離）ごとに、WPTからの漏えい磁界と同等の磁界を生じる1ターンループコイルの電流値を計算しグラフ化する。次に、1ターンループコイルに1mA（実効値）を流したときに生じる磁界の値として、1.6mA/m（実効値）を採用して、次のステップのグラフを計算する。

なお、現在使用されている車上信号保安設備の耐妨害特性の電流値（実効値）については、20.05-38kHzの帯域で6mA、42-58kHzの帯域で7.4mA以上、62-100kHzの帯域で5.8mAとした。【暫定値】

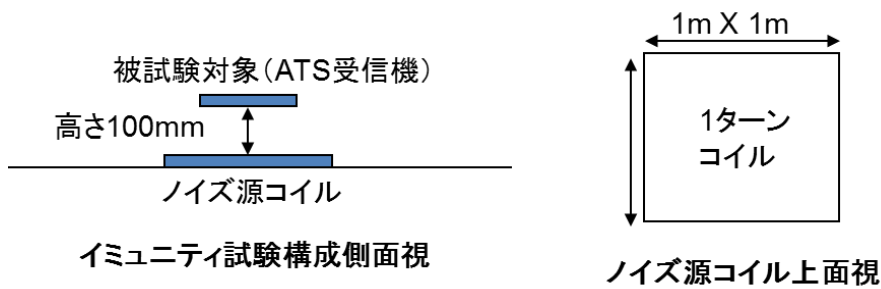


図 4.3.3.2-2 1 ターンループコイルと信号保安設備受信機モデル

(4) 検討結果

30m 離れた場所の漏えい磁界は、 $2.7 \mu\text{A/m}$ ($8.5\text{dB}\mu\text{A/m}$) であり、同等磁界となる 1 ターンループコイルに流れる電流は $1.7 \mu\text{A}$ ($4.4\text{dB}\mu\text{A}$) である。離隔距離を変動させたときの、1 ターンループコイルに流す電流値を距離減衰 3 乗則を適用して求め、信号保安設備の許容電流値 (実効値) との関係を図 4.3.3.2-3 に示した。その結果、所要離隔距離は表 4.3.3.2-1 に示すように 2.0m となった。

なお、共用条件としては、以下のとおりとした。

- i) WPT で使用する周波数と鉄道設備が使用する周波数が重ならない。
- 又は
- ii) 所要離隔距離が、鉄道設備における建築限界内に入っている (干渉が起きる距離が、鉄道事業者の関与なく WPT を置くことができない位置である)。

鉄道設備における建築限界は「1.9m」であり、所要離隔距離はこの値を超過している。

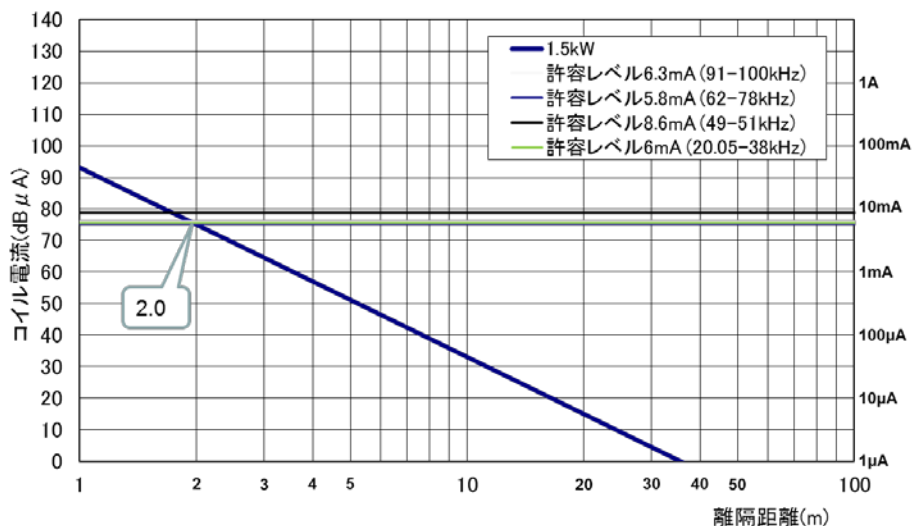


図 4.3.3.2-3 信号保安設備の許容電流値 (実効値) と所要離隔距離

表 4.3.3.2-1 緩和要素無しの場合の所要離隔距離

家電機器用 WPT 1.5kW			信号保安設備許容干渉レベル			共用可能な 離隔距離
バンド	最大放射磁界レベル@30m		コイルに流れる電流 (許容電流)	許容干渉レベル (磁界強度)		
	(mA/m)	(dB μ A/m)		(mA)	(mA/m)	(dB μ A/m)
20.05~38kHz	0.003	8.5	6.0	9.6	79.6	2.0
42~58kHz	0.003	8.5	7.4	11.8	81.4	1.9
62~100kHz	0.003	8.5	5.8	9.3	79.4	2.0

2. 耐妨害特性がレールに流れる妨害電流値で規定できるもの

(1) 検討の進め方

(2) 干渉検討モデル

(3) 干渉計算

(4) 検討結果

4.3.3.3 家電機器用 WPT③

(1) 検討の進め方

計算は最大レベルになる条件で以下のように電気自動車用 WPT 及び家電機器用 WPT ②に対する検討に準じた方法を用いて検討を行った。

信号保安設備については、JIS E 3005（変周式自動列車停止装置の試験方法）を参考に、模擬雑音源である 1m×1m の 1 ターンループコイルに電流を流し、車上信号保安設備に近づけたときに、車上信号保安設備が検知又は誤動作する場合の 1 ターンループコイルの電流レベルを判定の基準値として用いた。1 ターンループコイルにどの程度の電流を流すと、WPT 機器からの漏えい磁界と同じレベルの磁界が生じるかについて、離隔距離をパラメータとして計算した。これを基に、家電機器用 WPT ③からの漏えい磁界による影響を受けなくなるために必要な離隔距離を算出した。所要離隔距離の算出に当たっては、家電機器用 WPT③からの漏えい磁界が最も大きくなるケースを選定した。

(2) 干渉検討モデル

検討を行った干渉検討モデルを以下に示す。家電機器用 WPT③が屋内で使用されるケースを想定し、家屋による壁損失等は考慮していない。



図 4. 3. 3. 3-1 家電機器用 WPT③と信号保安設備の干渉検討モデル

(3) 干渉計算

家電機器用 WPT③から信号保安設備への影響計算方法として、1 ターンループコイルに 1mA の電流を流したときに生じる磁界を計算機シミュレーションで計算し、1m × 1m のノイズ源 1 ターンループコイルに 1mA の電流を流したときに、コイル上部 100mm に生じる磁界を計算する。1 ターンループコイル（ノイズ源コイル）にどの程度の電流を流すと、WPT 機器からの漏えい磁界と同じレベルの磁界が生じるかを、離隔距離をパラメータとして計算し、上述の結果を使用し離隔距離（WPT 機器と信号保安設備受信機の距離）ごとに、WPT からの漏えい磁界と同等の磁界を生じる 1 ターンループコイルの電流値を計算しグラフ化する。次に、1 ターンループコイルに 1mA（実効値）を流したときに生じる磁界の値として、1.6mA/m（実効値）を採用して、次のステップのグラフを計算する。

なお、現在使用されている車上信号保安設備の耐妨害特性の電流値（実効値）については、425-524kHz の帯域で 0.35mA とした。【暫定値】

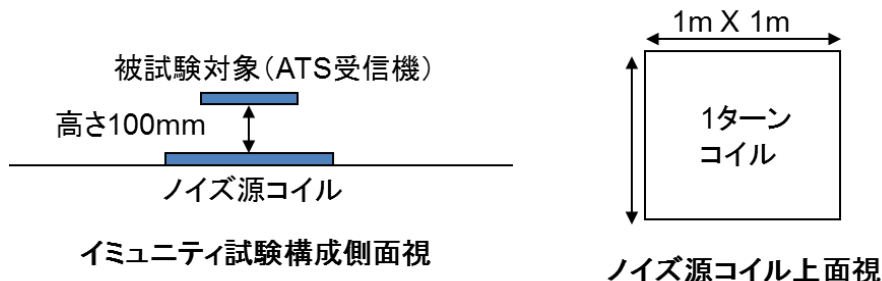


図 4. 3. 3. 3-2 1 ターンループコイルと信号保安設備受信機モデル

(4) 検討結果

30m 離れた場所の漏えい磁界は、 $2.7\mu\text{A}/\text{m}$ ($8.5\text{dB}\mu\text{A}/\text{m}$) であり、同等磁界となる 1 ターンループコイルに流れる電流は $1.7\mu\text{A}$ ($4.4\text{dB}\mu\text{A}$) である。離隔距離を変動させたときの、1 ターンループコイルに流す電流値を距離減衰 3 乗則を適用して求め、信号保安設備の許容電流値（実効値）との関係を図 4. 3. 3. 3-3 に示した。その結果、所要離隔距離は表 4. 3. 3. 3-1 に示すように 2.3m となった。

なお、共用条件としては、以下のとおりとした。

- i) WPT で使用する周波数と鉄道設備が使用する周波数が重ならない。

又は

- ii) 所要離隔距離が、鉄道設備における建築限界内に入っている（干渉が起きる距離が、鉄道事業者の関与なく WPT を置くことができない位置である）。

鉄道設備における建築限界は「1.9m」であり、所要離隔距離はこの値を超過している。信号保安設備との共用条件を満たすためには、WPT から放射される磁界強度を 7dB 以上減衰させる必要がある。

図 4.3.3.3-3 信号保安設備の許容電流値（実効値）と所要離隔距離

表 4.3.3.3-1 緩和要素無しの場合の所要離隔距離

家電機器用 WPT 1.5kW		信号保安設備許容干渉レベル			共用可能な 離隔距離	
バンド	最大放射磁界レベル@30m		コイルに流れる電流 (許容電流)	許容干渉レベル (磁界強度)		
	(mA/m)	(dB μ A/m)		(mA)	(mA/m)	(dB μ A/m)
425-524kHz	0.0003	-11.5	0.35	0.6	55.0	2.3

4.3.4 列車無線等：誘導式列車無線との共用検討

誘導式列車無線との周波数共用検討についても、信号保安設備と同様に、電技協が設置した「WPTと鉄道設備共存検討会」において、BWF、鉄道事業者、関連メーカ、公益財団法人鉄道総合技術研究所が参加して実施した。検討対象となるWPTシステムは、電気自動車用WPT及び家電機器用WPT②である。

(1) 誘導式列車無線の概要

誘導式列車無線は、図4.3.4-1に示すように、線路に沿って設置された誘導線と列車の車上に設置されたアンテナとの間で通信を行う高周波利用設備であり、鉄道に関する技術上の基準を定める省令（平成13年12月25日国土交通省令第151号）上の保安用通信設備として位置付けられている。

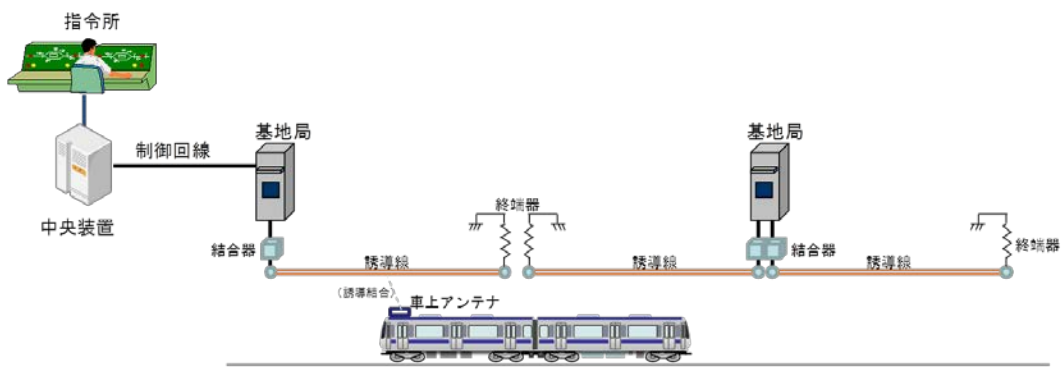


図4.3.4-1 誘導式列車無線システムの概要

誘導式列車無線については、図4.3.4-2に示すように、車上アンテナが列車の側面に設置された側面式、車上アンテナが列車の下部に設置された床下式、車上アンテナが列車の下部の側面に設置された床下側面式、車上アンテナが列車の上部に設置された屋根上水平式の4通りの結合形態が存在する。

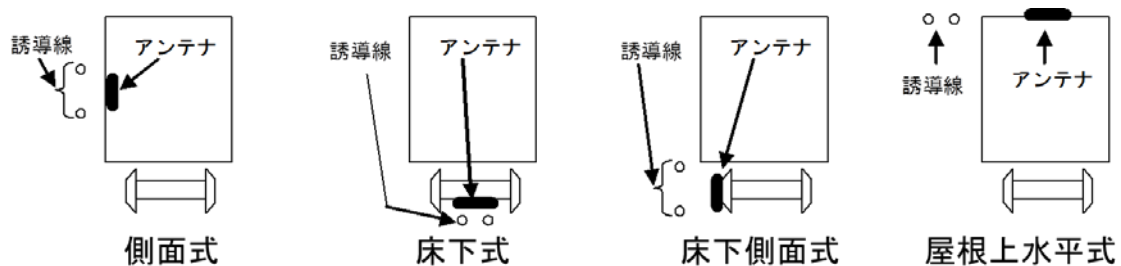


図4.3.4-2 誘導式列車無線システムの結合形態

4.3.4.1 電気自動車用WPT

(1) WPT使用周波数域における誘導式列車無線の利用状況

電気自動車用WPTが使用を予定している周波数域内で利用されていると誘導式列車無線の使用周波数の調査結果を、図4.3.4.1-1に示す。誘導式列車無線が一般的に使

用している周波数帯は 100kHz 以上 250kHz 以下であるが、80kHz 及び 92kHz の周波数帯において、国内では単一の線区で誘導式列車無線が運用されている。

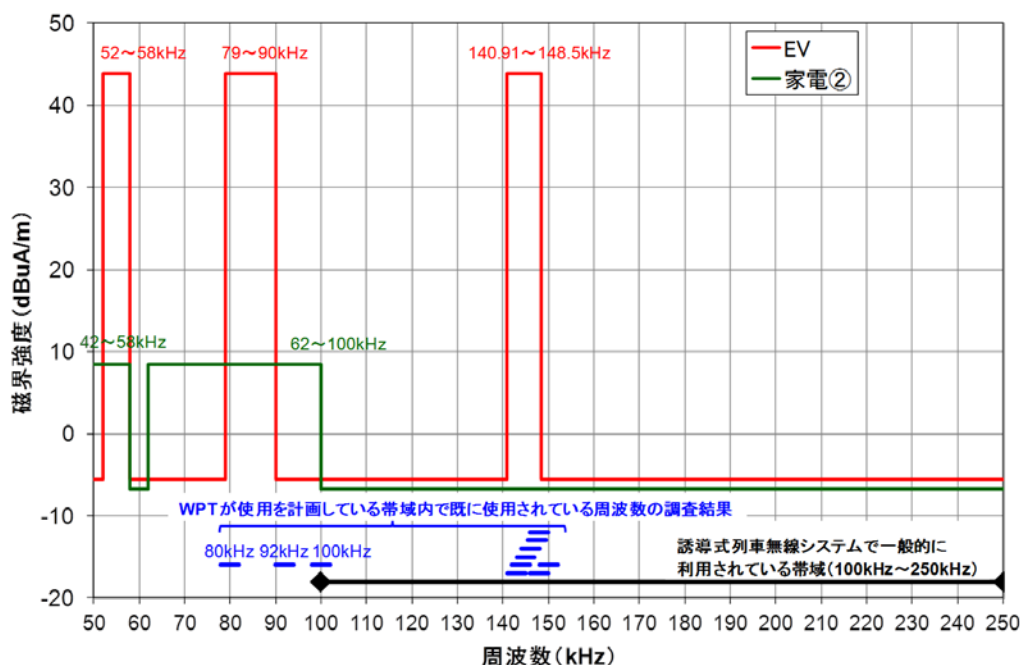


図4.3.4.1-1 WPTの使用周波数と誘導式列車無線の使用周波数との関係

(2) 所要離隔距離の計算方法

(1)で述べたこれらの周波数の使用状況を踏まえ、WPTからの帯域内放射による誘導式列車無線への影響を検討するに当たっては、対象周波数として 80kHz 及び 145kHz を選定し、WPTからの帯域外放射による誘導式列車無線への影響を検討するに当たっては、対象周波数として 130kHz 及び 245kHz を選定した。

空間条件として、自由空間を仮定し、列車の車体等の周囲の地物の影響は無視した。

放射源となる WPT システムが微小ループであると仮定し、当該微小ループにより WPT システムの目標漏えい磁界強度を生じる場合に微小ループに流れる電流相当値を算出した。当該微小ループに流れる電流相当値から、誘導線又は車上アンテナに相当する受信側ループにおける磁界強度を計算した。続いて、受信側ループにおける磁界強度の計算値から、空中線の端子に発生する開放端電圧を求め、インピーダンス整合回路での電圧変換比を補正して受信機入力電圧の距離特性を算出した。受信機入力電圧の距離特性と、スケルチレベル「50dB μ V/m」に対して「20dB」のマージンを考慮した許容受信機入力電圧を超えない距離を算出し、所要離隔距離とした。

(3) 干渉検討モデル

最悪条件を想定し、誘導式列車無線システムの結合形態として側面式を採用し、図 4.3.4.1-2 に示すように、放射源に相当する WPT システム、誘導線及び車上アンテナが一直線上に並ぶモデルを使用した。WPT システムと誘導線との間の距離をパラメー

「d」とし、誘導線と車上アンテナとの間の距離は0.6mとした。

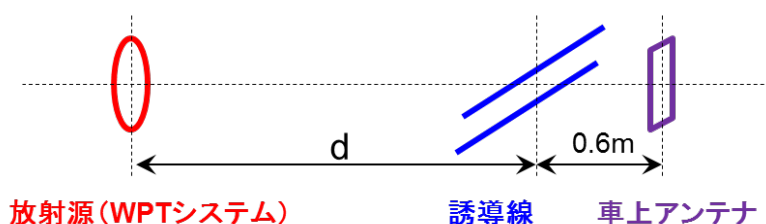


図4.3.4.1-2 干渉検討モデル

また、図4.3.4.1-3に示すように、微小ループからの距離が r 、 z 軸から y 軸方向への角度が θ 、 x 軸から y 軸への角度が ϕ である地点における磁界は、式4.3.4.1-1、式4.3.4.1-2及び式4.3.4.1-3で与えられる。

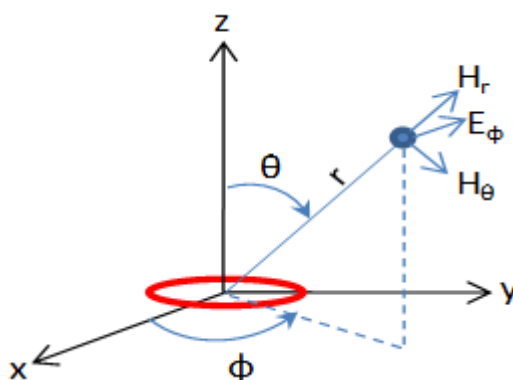


図4.3.4.1-3 微小ループによる磁界の計算モデル

$$H_r = \frac{I \cdot S}{2\pi} e^{-jkr} \left(\frac{1}{r^3} + j \frac{k}{r^2} \right) \cos \theta \quad \dots \text{(式 4.3.4.1-1)}$$

$$H_\theta = \frac{I \cdot S}{4\pi} e^{-jkr} \left(\frac{1}{r^3} + j \frac{k}{r^2} - \frac{k^2}{r} \right) \sin \theta \quad \dots \text{(式 4.3.4.1-2)}$$

$$E_\phi = -\frac{j\omega\mu I \cdot S}{4\pi} e^{-jkr} \left(\frac{1}{r^2} + j \frac{k}{r} \right) \sin \theta \quad \dots \text{(式 4.3.4.1-3)}$$

ただし、 I は微小ループによる電流、 S は微小ループの面積、 k は波数、 μ は透磁率、 ω は角周波数である。図4.3.4.1-2に示すように、放射源に相当するWPTシステム、誘導線及び車上アンテナが一直線上に並ぶモデルを使用した場合は、 $\theta=0$ となる。

また、開放端電圧については、 $\omega \mu S N |H|$ により求め、終端電圧に換算した。ただし、 N はループのターン数、 H はループと交差する磁界強度である。誘導線については、 $S=1 \text{ m}^2$ 、 $N=1$ ターン、インピーダンス整合回路での電圧変換比を $600 \Omega : 75 \Omega$ とした。車上アンテナ (130kHz、145kHz、245kHz) については、 $S=1.3 \text{ m}^2$ 、 $N=10$ ターン、

インピーダンス整合回路での電圧変換比を $400\Omega : 75\Omega$ とした。車上アンテナ (80kHz) については、 $S=0.076\text{ m}^2$ 、 $N=66$ ターン、インピーダンス整合回路での電圧変換比を $400\Omega : 75\Omega$ とした。

(4) 所要離隔距離の計算結果

前述の前提条件のもとで、WPT からの帯域内放射による誘導式列車無線への影響を検討する場合における WPT システムと誘導線との間の離隔距離に対する磁界強度の関係は、図 4. 3. 4. 1-4 のとおりである。

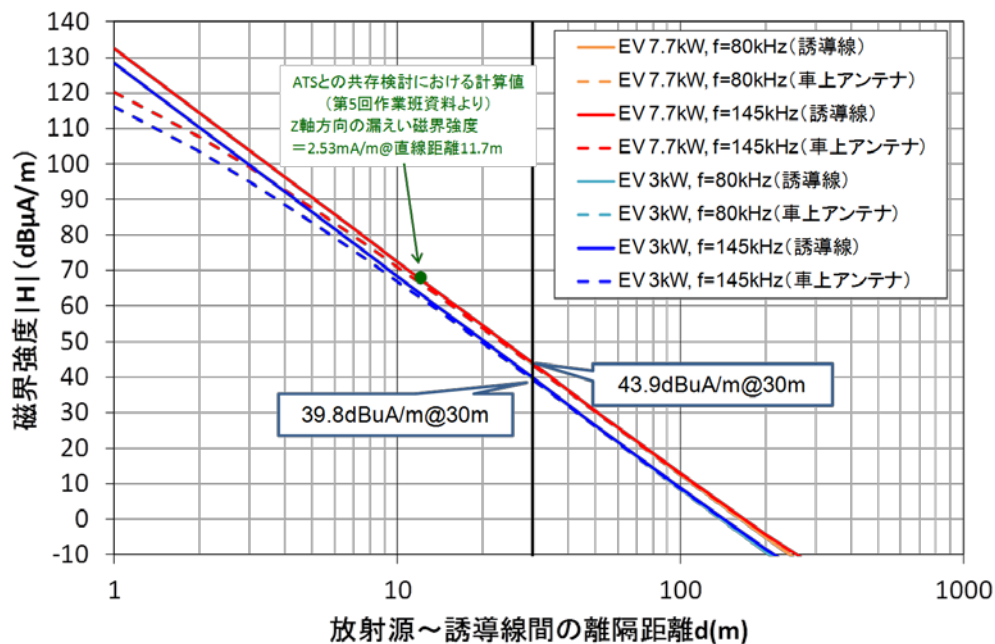


図4. 3. 4. 1-4 磁界強度の計算結果 (電気自動車用WPT・帯域内放射)

また、WPT からの帯域外放射による誘導式列車無線への影響を検討する場合における WPT システムと誘導線との間の離隔距離に対する磁界強度の関係は、図 4. 3. 4. 1-5 のとおりである。

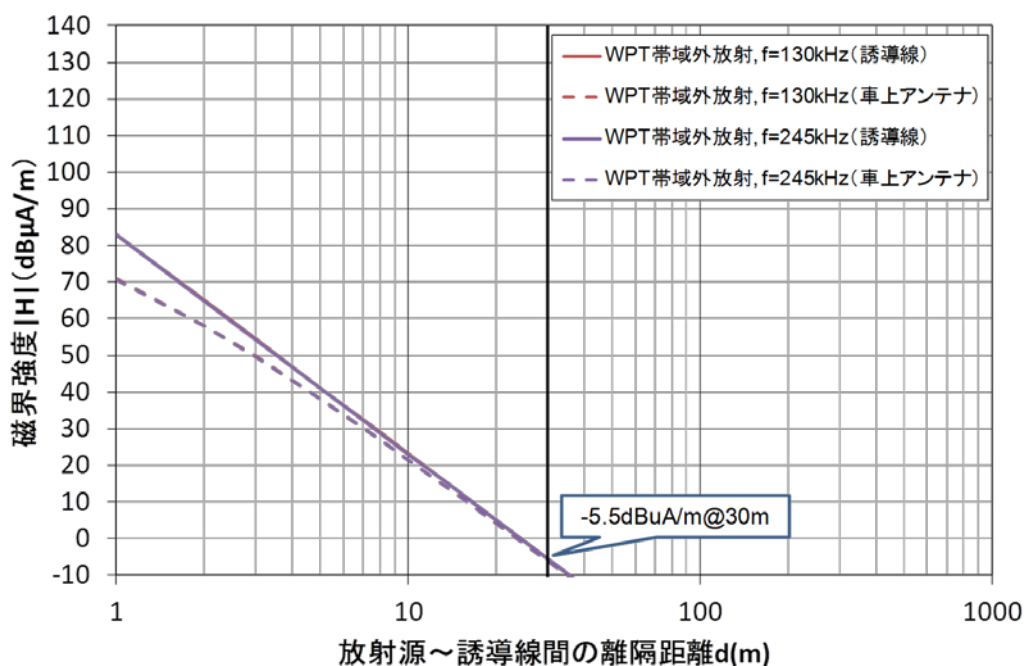


図4.3.4.1-5 磁界強度の計算結果（電気自動車用WPT・帯域外放射）

これらの計算結果を用いて、WPTからの帯域内放射による誘導式列車無線への影響を検討する場合における所要離隔距離は、図4.3.4.1-6のとおり算出される。

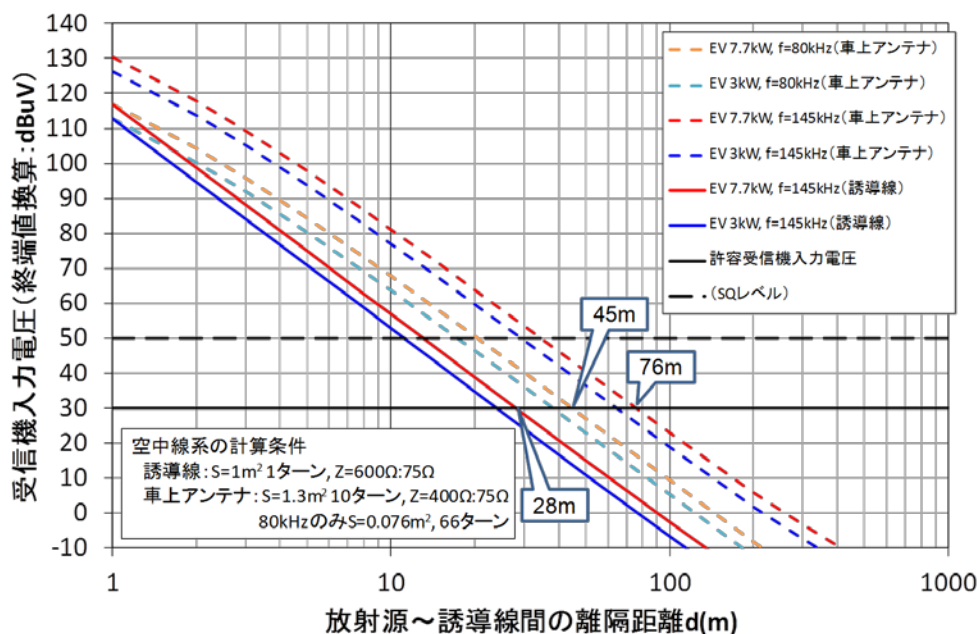


図4.3.4.1-6 所要離隔距離の計算結果（電気自動車用WPT・帯域内放射）

また、WPTからの帯域外放射による誘導式列車無線への影響を検討する場合における所要離隔距離は、図4.3.4.1-7のとおり算出される。

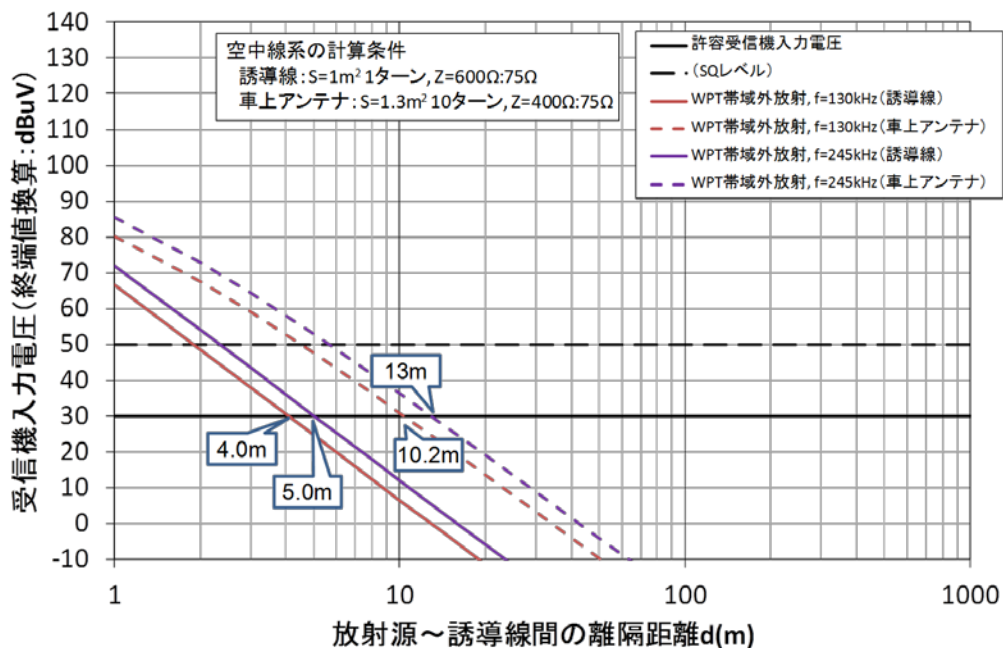


図4.3.4.1-7 所要離隔距離の計算結果（電気自動車用WPT・帯域外放射）

(5) 共用条件の検討

(4)で示した所要離隔距離の計算は、図4.3.4.1-8に示すようなモデルで得られたものである。

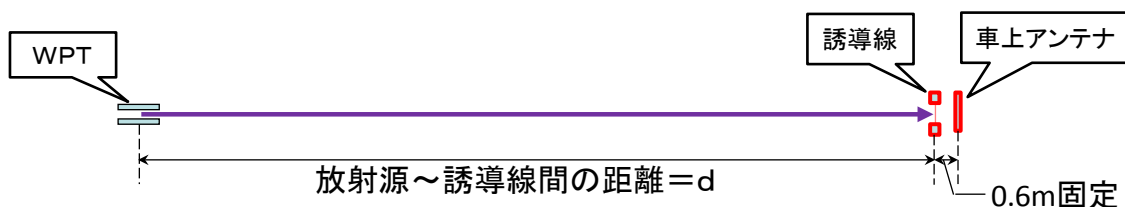
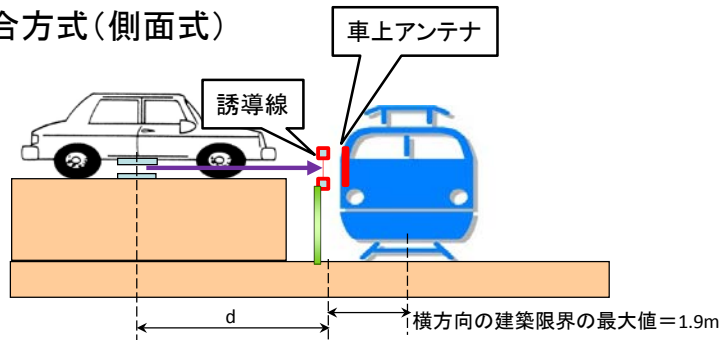


図4.3.4.1-8 計算上のモデル

本節では、図4.3.4-2に示した各結合方式に対し、現実に存在しうる配置関係を想定し、WPTと誘導式列車無線との距離dを整理した。各方式ごとの結果を図4.3.4.1-9～図4.3.4.1-14示す。

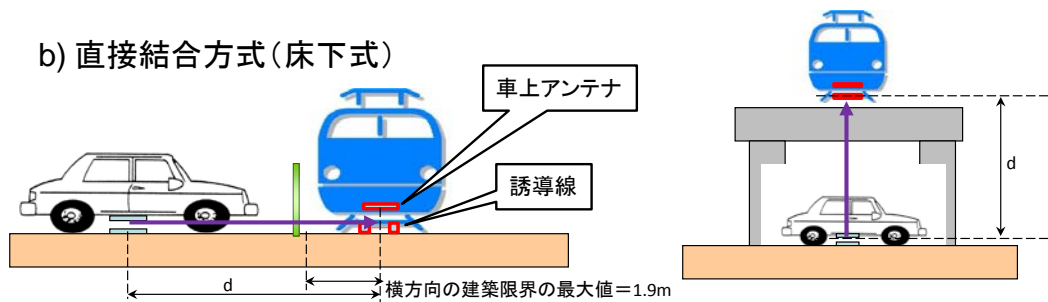
a) 直接結合方式(側面式)



- 誘導線は建築限界の外にあり、多くは鉄道敷地境界付近に敷設されている。
→ d が1.9m以下となる可能性が排除できない。
- 車体や鉄道敷地境界のフェンス等による遮蔽効果がある。
→ 車体とフェンス等の減衰だけで許容できる受信電圧まで低減できる可能性が不明。

図 4.3.4.1-9 直接結合方式(側面式)の場合

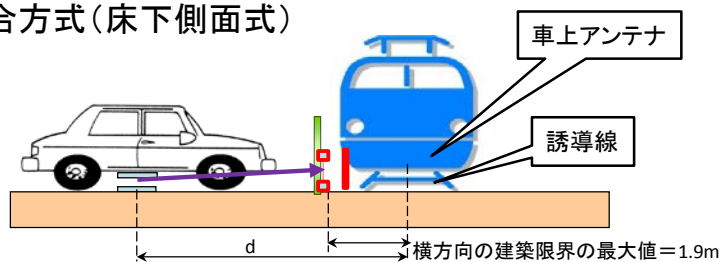
b) 直接結合方式(床下式)



- 誘導線は軌道内にある。
→ d が1.9m以内になることはない想定できる。
- 車体や鉄道敷地境界のフェンス、構造物等による遮蔽効果がある。
→ 車体とフェンス、構造物等の減衰だけで許容できる受信電圧まで低減できる可能性が不明。

図 4.3.4.1-10 直接結合方式(床下式)の場合

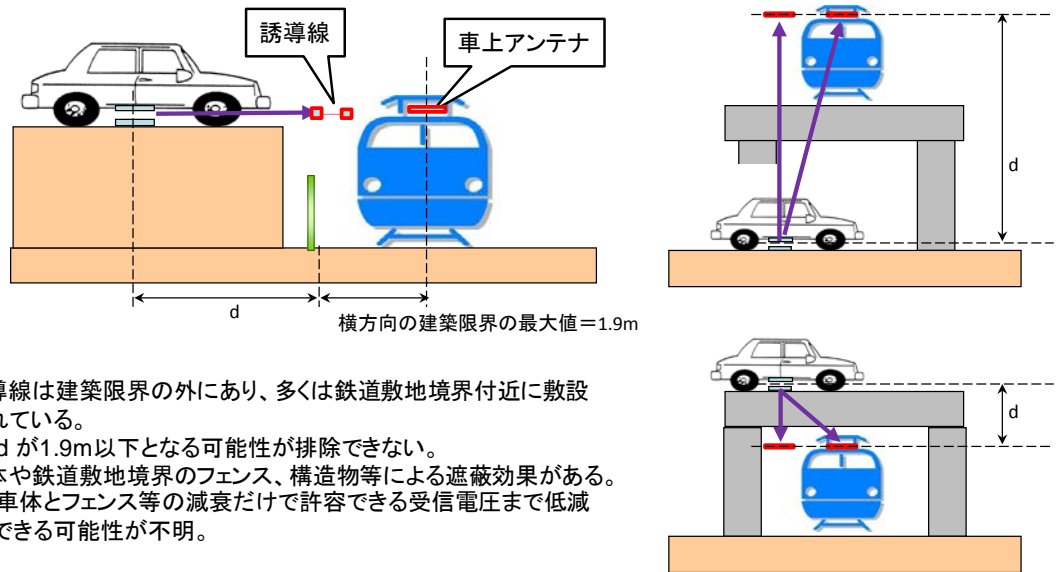
c) 直接結合方式(床下側面式)



- 誘導線は建築限界の外にあり、多くは鉄道敷地境界付近に敷設されている。
→ d が1.9m以下となる可能性が排除できない。
- 車体や鉄道敷地境界のフェンス等による遮蔽効果がある。
→ 車体とフェンス等の減衰だけで許容できる受信電圧まで低減できる可能性が不明。

図 4.3.4.1-11 直接結合方式(床下側面式)の場合

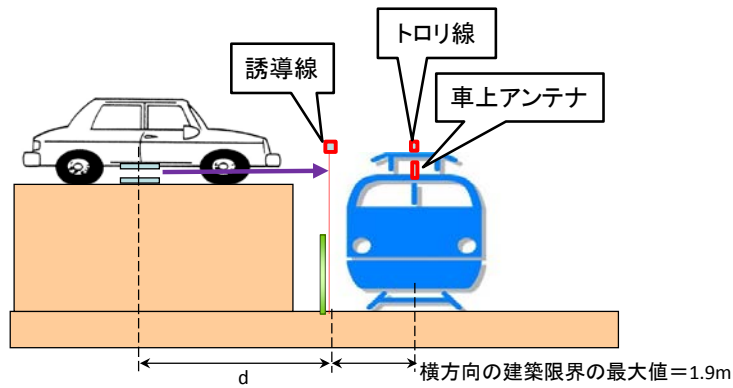
d) 直接結合方式(屋根上平面式)



- 誘導線は建築限界の外にあり、多くは鉄道敷地境界付近に敷設されている。
→ d が1.9m以下となる可能性が排除できない。
- 車体や鉄道敷地境界のフェンス、構造物等による遮蔽効果がある。
→ 車体とフェンス等の減衰だけで許容できる受信電圧まで低減できる可能性が不明。

図 4.3.4.1-12 直接結合方式(屋根上平面式)の場合

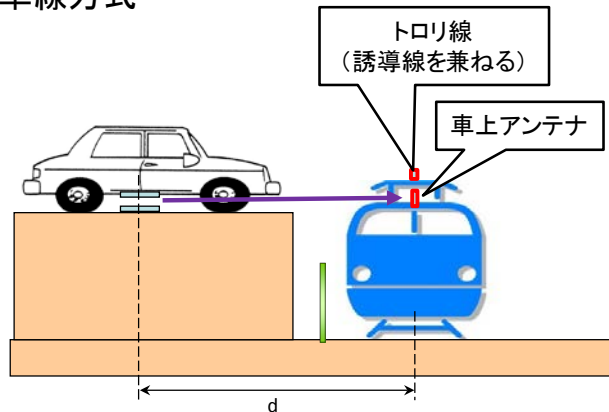
e) 間接結合方式



- 誘導線は建築限界の外にあり、多くは鉄道敷地境界付近に敷設されている。
→ d が1.9m以下となる可能性が排除できない。
- 車体や鉄道敷地境界のフェンス等による遮蔽効果がある。
→ 車体とフェンス等の減衰だけで許容できる受信電圧まで低減できる可能性が不明。
- 間接結合方式では、地上側のループ面は誘導線と大地間で構成される。
→ 放射される磁界と交差する面積が増え、受信電圧が上昇する可能性。

図 4.3.4.1-13 間接結合方式の場合

f) 電車線方式



- 誘導線は軌道内にある。
→ d が1.9m以内になることはない想定できる。
- 車体や鉄道敷地境界のフェンス等による遮蔽効果がある。
→ 車体とフェンス等の減衰だけで許容できる受信電圧まで低減できる可能性が不明。
- 電車線方式では、地上側のループ面はトロリ線と大地間で構成される。
→ 放射される磁界と交差する面積が増え、受信電圧が上昇する可能性。

図 4.3.4.1-14 電車線方式の場合

なお、80kHz 帯については、誘導式列車無線として利用している線区が単一であることから、当該の線区における結合方式に基づいて、所要離隔距離の再計算を行った。想定される位置関係の条件を図 4.3.4.1-15 に、また図 4.3.4.1-15 の条件の下で離隔距離 d を変えた場合の受信電圧の計算結果を図 4.3.4.1-16 に示す。

- 当該の線区は電車線を誘導線として使う方式のため、誘導線・車上アンテナとも車両の中心線上にある。
→ 水平離隔距離が1.9m以内になることはない想定できる。
※軌間が1067mmのため、在来線鉄道と同じ建築限界と仮定
- 車上アンテナのループ面は上向き方向である。
→ 放射された磁界が地面で遮蔽されず、かつ車上アンテナのループ面と交差する角度が大きくなる配置として、右図のような条件を仮定し、 d を変えたときの受信電圧を計算する。
(このとき、アンテナのループ面と磁界の交差角度は 64.5° 、 d は最短で約4.4mとなる)
- 車体や家屋等による遮蔽効果が考えられるが、本モデルは損失はないものと仮定する。

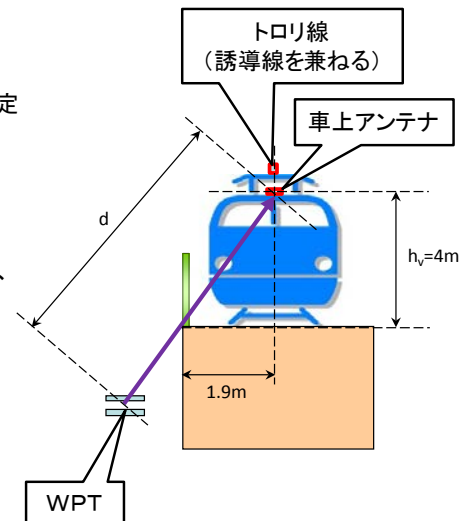


図 4.3.4.1-15 80kHz 帯を使用している誘導式列車無線における位置関係の例

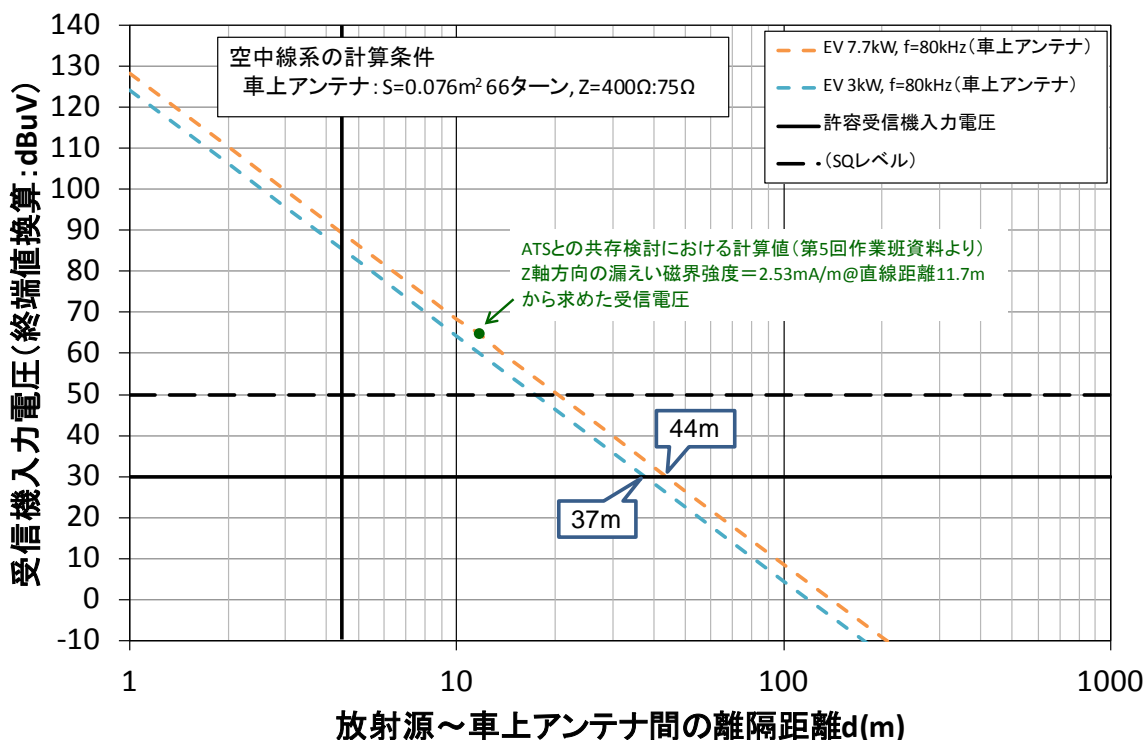


図 4. 3. 4. 1-16 80kHz 帯を使用している誘導式列車無線における離隔距離の計算結果

(6) 検討結果

本節では、これまでに述べた計算と検討を基にまとめた共用条件を示す。なお、共用可能と判断するための基準としては、以下のとおりとした。

- i) WPT で使用する周波数と鉄道設備が使用する周波数が重ならない。
- 又は
- ii) 所要離隔距離が、鉄道設備における建築限界内に入っている（干渉が起きる距離が、鉄道事業者の関与なく WPT を置くことができない位置である）。

(ア) 42kHz 以上 48kHz 以下

本周波数帯には空間を伝搬媒体として用いる列車無線設備が使用されていないため、誘導式列車無線との共用条件を満たすものと考えられる。

(イ) 52kHz 以上 58kHz 以下

本周波数帯には空間を伝搬媒体として用いる列車無線設備が使用されていないため、誘導式列車無線との共用条件を満たすものと考えられる。

(ウ) 79kHz 以上 90kHz 以下

本周波数帯内と近傍の 80kHz と 92kHz は、国内で一か所ではあるが単一の線区に導入されている誘導式列車無線が存在し、計算上の所要離隔距離は、車上天テナに対して約 45m である。本周波数帯を使用する誘導式列車無線の線区では誘導線と

車上アンテナがともに軌道の中心線上にあり、WPT が設置可能な最短離隔距離は建築限界に相当する 1.9m 相当になるものと考えられる。このとき、WPT が設置可能な最短離隔距離において許容できる受信電圧とするためには、WPT から放射される磁界強度を 80dB 以上減衰させる必要がある。

従って、必要なガードバンド幅に依存するが、必要なガードバンド幅が 3kHz の場合は、83kHz 以上 89kHz 以下については、誘導式列車無線との共用条件を満たすものと考えられる。

(エ) 140.91kHz 以上 148.5kHz 以下

本周波数帯には多くの線区に導入されている誘導式列車無線が存在し、計算上の所要離隔距離は、誘導線に対して約 28m、車上アンテナに対して約 76m である。本周波数帯では各種の結合方式が採用されている。結合方式によっては誘導線が建築限界の外に敷設されており、WPT が設置された位置と誘導線との離隔距離が建築限界よりも短く、また車上アンテナに対しても建築限界+1~2m となる可能性を排除できない。このとき、WPT が設置可能な最短離隔距離において許容できる受信電圧とするためには、WPT から放射される磁界強度を 88dB 以上減衰させる必要がある。

4.3.4.2 家電機器用 WPT②（家庭・オフィス機器）

(1) WPT 使用周波数域における誘導式列車無線の利用状況

家電機器用 WPT②が使用を予定している周波数域内で利用されている誘導式列車無線の使用周波数の調査結果を図 4.3.4.2-1 に示す。誘導式列車無線が一般的に使用している周波数帯は 100kHz 以上 250kHz 以下であるが、77kHz 以上 83kHz 以下及び 89kHz 以上 95kHz 以下の周波数帯において、国内では単一の線区で誘導式列車無線が運用されている。

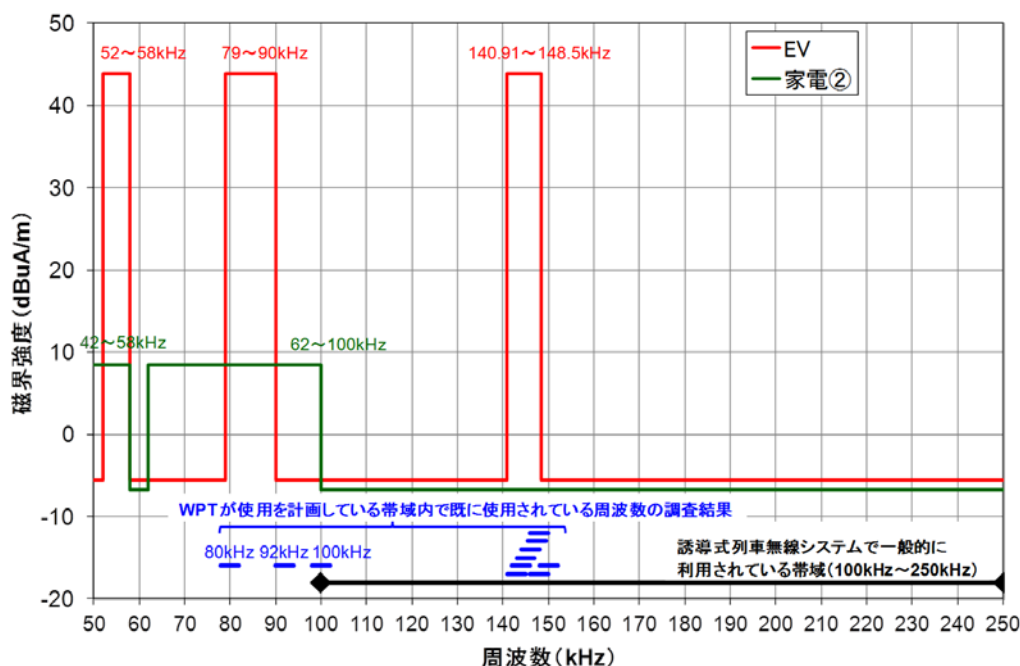


図4. 3. 4. 2-1 WPTの使用周波数と誘導式列車無線の使用周波数との関係

(2) 所要離隔距離の計算方法

(1) で述べた周波数の使用状況を踏まえ、WPT からの帯域内放射による誘導式列車無線への影響を検討するに当たっては、対象周波数として 80kHz を選定し、WPT からの帯域外放射による誘導式列車無線への影響を検討するに当たっては、対象周波数として 130kHz 及び 245kHz を選定した。

空間条件として、自由空間を仮定し、列車の車体等の周囲の地物の影響は無視した。

放射源となる WPT システムが微小ループであると仮定し、当該微小ループにより WPT システムの目標漏えい磁界強度を生じる場合に微小ループに流れる電流相当値を算出した。当該微小ループに流れる電流相当値から、誘導線又は車上アンテナに相当する受信側ループにおける磁界強度を計算した。続いて、受信側ループにおける磁界強度の計算値から、空中線の端子に発生する開放端電圧を求め、インピーダンス整合回路での電圧変換比を補正して受信機入力電圧の距離特性を算出した。受信機入力電圧の距離特性と、スケルチレベル「50dB μ V/m」に対して「20dB」のマージンを考慮した許容受信機入力電圧を超えない距離を算出し、所要離隔距離とした。

(3) 干渉検討モデル

最悪条件を想定し、誘導式列車無線システムの結合形態として側面式を採用し、図 4.3.4.2-2 に示すように、放射源に相当する WPT システム、誘導線及び車上アンテナが一直線上に並ぶモデルを使用した。WPT システムと誘導線との間の距離をパラメータ「d」とし、誘導線と車上アンテナとの間の距離は 0.6m とした。

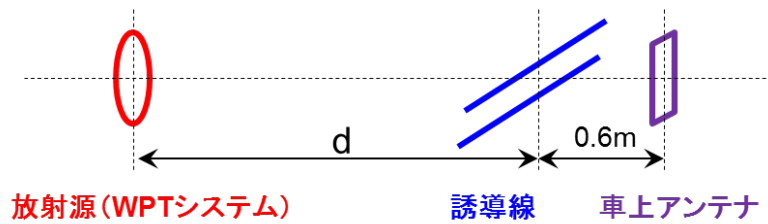


図4.3.4.2-2 干渉検討モデル

また、図 4.3.4.2-3 に示すように、微小ループからの距離が r 、 z 軸から y 軸方向への角度が θ 、 x 軸から y 軸への角度が ϕ である地点における磁界は、式 4.3.4.2-1、式 4.3.4.2-2 及び式 4.3.4.2-3 で与えられる。

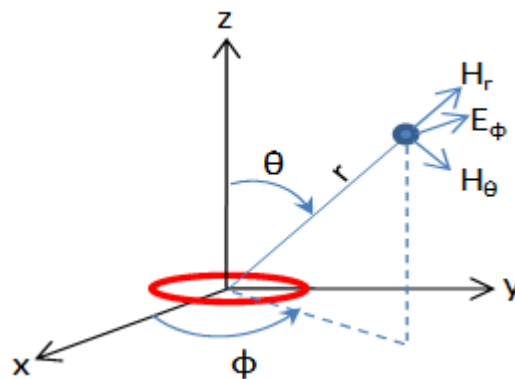


図4.3.4.2-3 微小ループによる磁界の計算モデル

$$H_r = \frac{I \cdot S}{2\pi} e^{-jkr} \left(\frac{1}{r^3} + j \frac{k}{r^2} \right) \cos \theta \quad \dots \text{(式 4.3.4.2-1)}$$

$$H_\theta = \frac{I \cdot S}{4\pi} e^{-jkr} \left(\frac{1}{r^3} + j \frac{k}{r^2} - \frac{k^2}{r} \right) \sin \theta \quad \dots \text{(式 4.3.4.2-2)}$$

$$E_\phi = -\frac{j\omega\mu I \cdot S}{4\pi} e^{-jkr} \left(\frac{1}{r^2} + j \frac{k}{r} \right) \sin \theta \quad \dots \text{(式 4.3.4.2-3)}$$

ただし、 I は微小ループによる電流、 S は微小ループの面積、 k は波数、 μ は透磁率、 ω は角周波数である。図 4.3.4.2-2 に示すように、放射源に相当する WPT システム、誘導線及び車上アンテナが一直線上に並ぶモデルを使用した場合は、 $\theta=0$ となる。

また、開放端電圧については、 $\omega \mu S N |H|$ により求め、終端電圧に換算した。ただし、 N はループのターン数、 H はループと交差する磁界強度である。誘導線については、 $S=1 \text{ m}^2$ 、 $N=1$ ターン、インピーダンス整合回路での電圧変換比を $600 \Omega : 75 \Omega$ とした。車上アンテナ (130kHz、245kHz) については、 $S=1.3 \text{ m}^2$ 、 $N=10$ ターン、インピーダンス整合回路での電圧変換比を $400 \Omega : 75 \Omega$ とした。車上アンテナ (80kHz) については、 $S=0.076 \text{ m}^2$ 、 $N=66$ ターン、インピーダンス整合回路での電圧変換比を 400

Ω : 75 Ω とした。

(4) 所要離隔距離の計算結果

前述の前提条件のもとで、WPT からの帯域内放射による誘導式列車無線への影響を検討する場合における WPT システムと誘導線との間の離隔距離に対する磁界強度の関係は、図 4. 3. 4. 2-4 のとおりである。

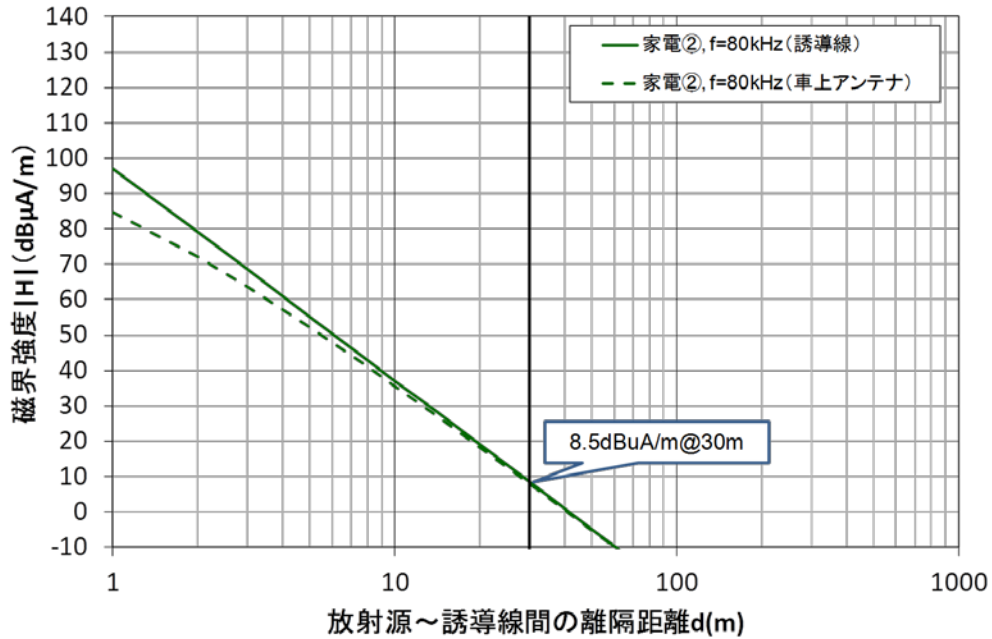


図4. 3. 4. 2-4 磁界強度の計算結果 (家電機器用WPT②・帯域内放射)

また、WPT からの帯域外放射による誘導式列車無線への影響を検討する場合における WPT システムと誘導線との間の離隔距離に対する磁界強度の関係は、図 4. 3. 4. 2-5 のとおりである。

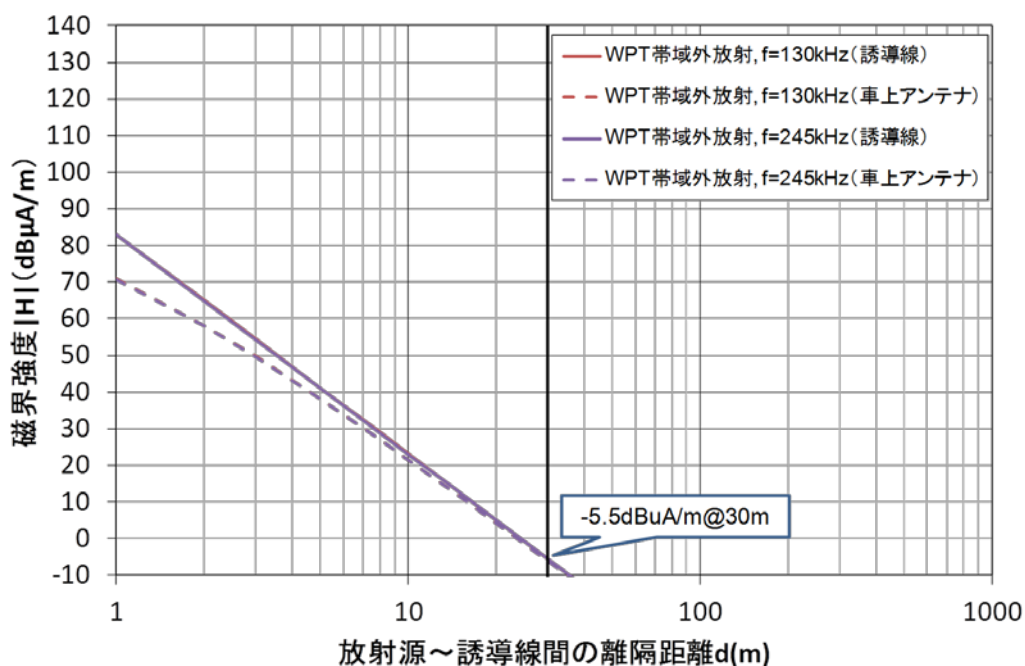


図4.3.4.2-5 磁界強度の計算結果（家電機器用WPT②・帯域外放射）

これらの計算結果を用いて、WPTからの帯域内放射による誘導式列車無線への影響を検討する場合における所要離隔距離は、図4.3.4.2-6のとおり算出される。

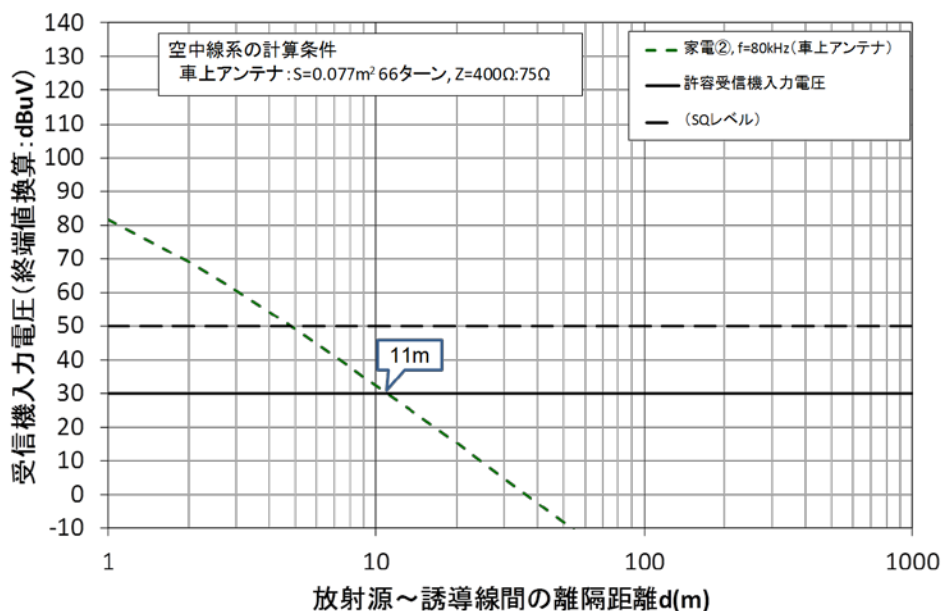


図4.3.4.2-6 所要離隔距離の計算結果（家電機器用WPT②・帯域内放射）

また、WPTからの帯域外放射による誘導式列車無線への影響を検討する場合における所要離隔距離は、図4.3.4.2-7とおり算出される。

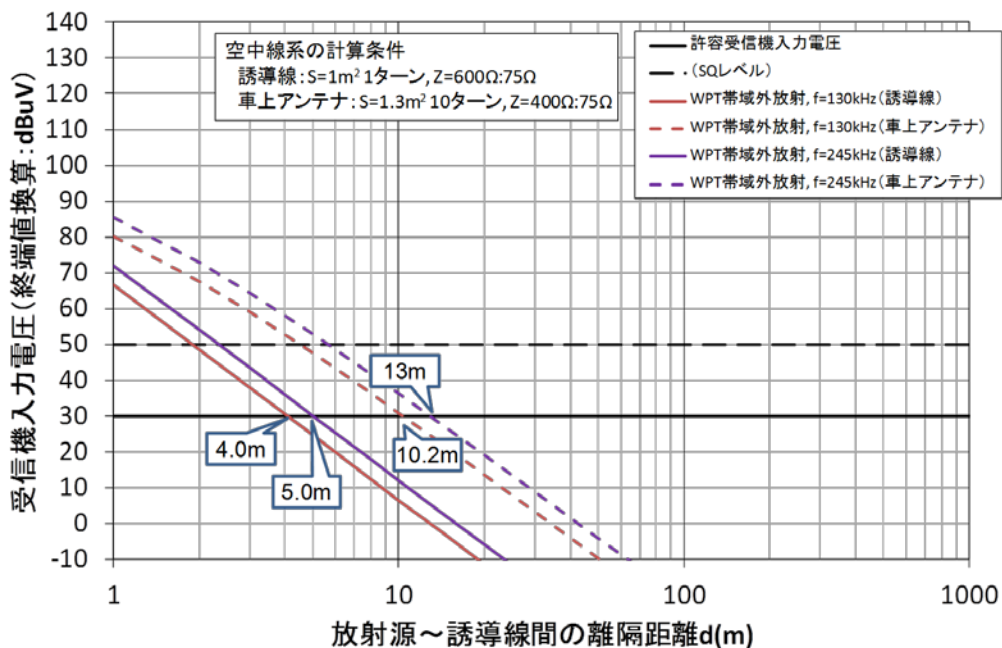


図4.3.4.2-7 所要離隔距離の計算結果 (家電機器用WPT②・帯域外放射)

(5) 共用条件の検討

(4)で示した所要離隔距離の計算は、図4.3.4.2-8に示すようなモデルで得られたものである。

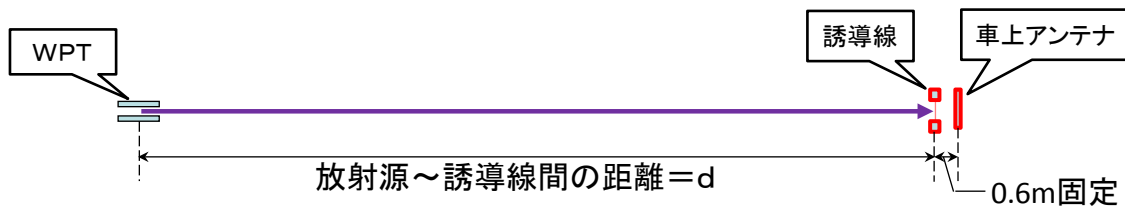


図4.3.4.2-8 計算上のモデル

家電用WPT②が使用する周波数帯のうち、80kHz帯が誘導式列車無線に利用されているが、当該の線区が単一であることから、この線区における結合方式に基づいて、所要離隔距離の再計算を行った。想定される位置関係の条件を図4.3.4.2-9に、また図4.3.4.2-9の条件の下で離隔距離 d を変えた場合の受信電圧の計算結果を図4.3.4.2-10に示す。

- 当該の線区は電車線を誘導線として使う方式のため、誘導線・車上アンテナとも車両の中心線上にある。
 - 水平離隔距離が1.9m以内になることはない想定できる。
 - ※軌間が1067mmのため、在来線鉄道と同じ建築限界と仮定
- 車上アンテナのループ面は上向き方向である。
 - 放射された磁界が地面で遮蔽されず、かつ車上アンテナのループ面と交差する角度が大きくなる配置として、右図のような条件を仮定し、 d を変えたときの受信電圧を計算する。(このとき、アンテナのループ面と磁界の交差角度は 64.5° 、 d は最短で約4.4mとなる)
- 車体や家屋等による遮蔽効果が考えられるが、本モデルは損失はないものと仮定する。

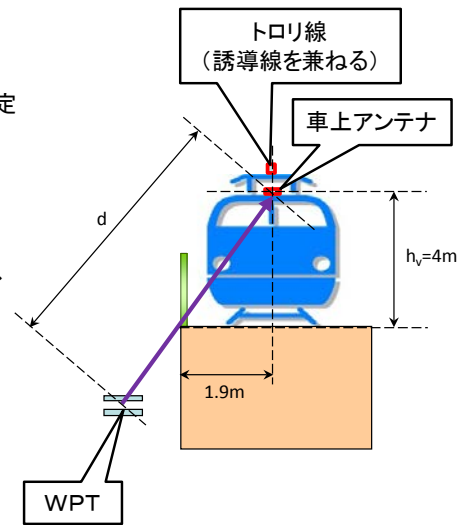


図 4.3.4.2-9 80kHz 帯を使用している誘導式列車無線における位置関係の例

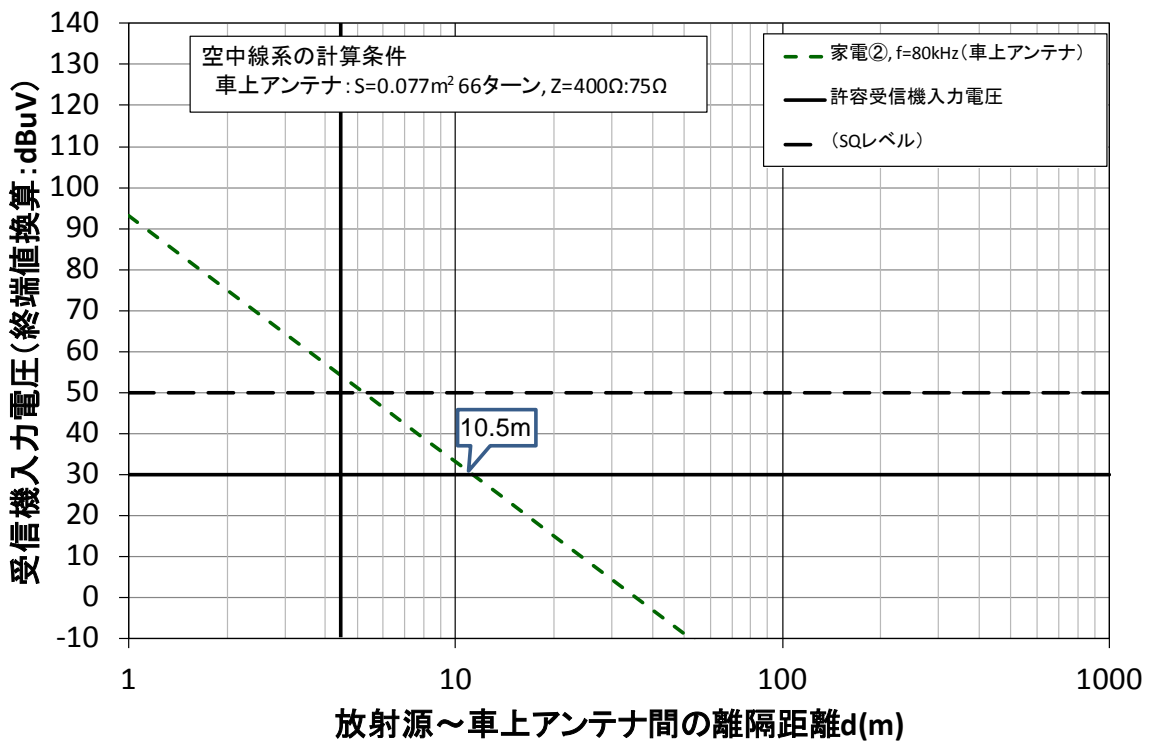


図 4.3.4.1-10 80kHz 帯を使用している誘導式列車無線における離隔距離の計算結果

(6) 検討結果

本節では、これまでに述べた計算と検討を基にまとめた共用条件を示す。なお、共用可能と判断するための基準としては、以下のとおりとした。

- i) WPT で使用する周波数と鉄道設備が使用する周波数が重ならない。
又は

ii) 所要離隔距離が、鉄道設備における建築限界内に入っている（干渉が起きる距離が、鉄道事業者の関与なく WPT を置くことができない位置である）。

(ア) 20.05kHz 以上 38kHz 以下

本周波数帯には空間を伝搬媒体として用いる列車無線設備が使用されていないため、誘導式列車無線との共用条件を満たすものと考えられる。

(イ) 42kHz 以上 58kHz 以下

本周波数帯には空間を伝搬媒体として用いる列車無線設備が使用されていないため、誘導式列車無線との共用条件を満たすものと考えられる。

(ウ) 62kHz 以上 100kHz 以下

本周波数帯には単一の線区に導入されている誘導式列車無線が存在し、計算上の所要離隔距離は、車上アンテナに対して約 11m である。本周波数帯を使用する誘導式列車無線が導入されている線区では、誘導線と車上アンテナがともに軌道の中心線上にあり、WPT が設置可能な最短離隔距離は建築限界に相当する 1.9m 程度になるものと考えられる。このとき、WPT が設置可能な最短離隔距離において許容できる受信電圧とするためには、WPT から放射される磁界強度を 25dB 以上減衰させる必要がある。

従って、必要なガードバンド幅に依存するが、必要なガードバンド幅が 3kHz の場合は、62kHz 以上 77kHz 以下、83kHz 以上 89kHz 以下及び 95kHz 以上 100kHz 以下については、誘導式列車無線との共用条件を満たすものと考えられる。

4.3.5 アマチュア無線との共用検討

アマチュア無線との周波数共用検討は、一般社団法人日本アマチュア無線連盟（以下「アマチュア無線連盟」という。）とBWFとの間に情報交換会を設置して行った。検討対象となるWPTシステムは、電気自動車用WPT、家電機器用WPT①、家電機器用WPT②及び家電機器用WPT③である。

アマチュア無線との周波数共用については、当初はWPTシステムと隣接する長波帯アマチュア無線（135.7～137.8 kHz）及び中波帯アマチュア無線（472～479 kHz）を検討対象とした。しかし、アマチュア無線連盟からの要望を受け、UHF帯の1200MHz帯（指定周波数は1280MHz）以下の周波数帯に存在するアマチュア無線を検討対象とすることとした。

アマチュア無線については、アマチュア無線家が自助努力によって空中線系等を製作・設置することが一般的であり、公的な被干渉規定が存在しない。したがって、周波数共用検討においては各WPTシステムの漏えい電界強度の実態が干渉を与えるかどうかを、アマチュア無線連盟が判断する方法で検討を進めた。

検討に当たっては、WPTシステムの利用周波数帯がアマチュア無線用に分配されている周波数帯と同じ場合と、異なる場合とに分けて検討を行った。

表5.3.5-1に、UHF帯以下のアマチュア無線に分配されている周波数帯を示す。表5.3.5-1に示すように、中波帯アマチュア無線（472～479 kHz）は、家電機器用WPT③と同じ周波数帯を用いている。一方、その他のアマチュア無線は各WPTシステムと異なる周波数帯を用いており、適切なガードバンドを挟んで離調している。

表 4.3.5-1 検討対象としたアマチュア無線の周波数帯

周波数帯	利用可能周波数 (指定周波数)	特徴
135kHz帯	135.7～137.8kHz (136.75kHz)	電信及びPSK31など、占有周波数帯幅100Hz以下の狭帯域データ伝送が許可される。 EIRP(等価等方輻射電力)は1W以下が許可される。
475kHz帯	472～479kHz (475.5kHz)	大陸間通信などの長距離の無線として利用される。数W程度の低電力で送信できることも特徴である。
1.8/1.9MHz帯	1810～1825kHz, 1907.5～1912.5kHz (1910kHz)	電信および狭帯域データ伝送が許可される。 主に1810～1825kHzは日本国外との通信、1907.5～1912.5kHzは日本国内との通信に用いられる。
3.5MHz帯	3500～3575kHz, 3599～3612kHz, 3680～3687kHz (3537.5kHz)	電信は、SSB同様に、国内局同士での和文電信が多く運用されている。 半波長ダイポール・アンテナの場合、約40mの長さのエレメントを必要とする。このため、コイル等を利用し短縮されたアンテナが多く利用さ
3.8MHz帯	3702～3716kHz, 3745～3777kHz, 3791～3805kHz (3798kHz)	SSBによる国外との長距離通信「DX」専用に利用されている。 3.5MHz帯は周波数割当ての関係で国外との交信が出来ないため、このバンドが割り当てられた。
7MHz帯	7000～7200kHz (7100kHz)	ITU憲章に規定する無線通信規則にある第2地域では7300kHzまで開放されており、第1地域及び第3地域の電話バンドは一部が重なるのみ(7150～7200kHzまで)である。
10MHz帯	10100～10150kHz (10125kHz)	電信および狭帯域データ伝送が許可される。 WARCバンドのひとつである。
14MHz帯	14000～14350kHz (14175kHz)	DXのメインストリートと呼ばれ、アマチュアバンドの中で最も遠距離通信に適した周波数帯と言われている。
18MHz帯	18068～18168kHz (18118kHz)	国内外共に安定した通信が可能であり、基本的には14MHz帯に類似する。 WARCバンドのひとつである。
21MHz帯	21000～21450kHz (21225kHz)	伝搬状態の変化が大きく14MHz帯のような安定性は無いが、国外との通信が容易で、第四級アマチュア無線技士でも運用できるため短波帯の入門バンドといわれており、7MHz帯の次に人気があるバンド
24MHz帯	24890～24990kHz (24940kHz)	21MHz帯と28MHz帯の中間的な性質を持ち、太陽活動の影響が大きい。 WARCバンド[1]のひとつである。
28MHz帯	28～29.7MHz (28.85MHz)	短波帯で唯一FMが許可される。レピーター(中継局)、アマチュア衛星通信も許可される。
50MHz帯	50～54MHz (52MHz)	51MHz以上はFMが多く利用される。 EME(月面反射通信)が許可される。
144MHz帯	144～146MHz (145MHz)	アンテナが手頃な大きさにできるため、モバイル(自動車)からの運用が盛んである。 アマチュア衛星通信、EMEが許可される。
430MHz帯	430～440MHz (435MHz)	不特定局への呼び出しが活発に行われている。FMIによる近距離通信が主流である。 レピーター、アマチュア衛星通信、EMEが許可される。
1200MHz帯	1260～1300MHz (1280MHz)	デジタル通信にも用いられている。 レピーター、アマチュア衛星通信、EME、ATV(アマチュアテレビ)が許可される。

出典：wikipedia「アマチュア無線」を基に作成

4.3.5.1 同一帯域を利用するシステム

家電機器用 WPT③については、475kHz 帯のアマチュア無線と帯域内干渉の関係にあ

る。この周波数帯においては、アマチュア無線に対して家電機器用 WPT③のシステムが干渉を与える可能性がある。

そのため、家電機器用 WPT③については、アマチュア無線用に分配予定の周波数帯「472kHz～479kHz」から離調をもって運用することで、共用が可能になるものと考えられる。

4.3.5.2 同一帯域を利用しないシステム

電気自動車用 WPT、家電機器用 WPT①及び家電機器用 WPT②は、アマチュア無線の割当周波数帯と適切なガードバンドで離調している。したがって、WPT システムからの感度抑圧（帯域外）干渉は考慮しないこととし、WPT システムの利用周波数帯以外の高調波等による帯域内（スプリアス）干渉を検討の対象とした。

WPT システムの利用周波数帯以外の漏えい電界強度の目標値は、4.3.1 節に記載したとおりとなっており、これらの値の実態がアマチュア無線に干渉するかどうか、論点となる。

[当該 WPT システムから実際に漏洩される電界強度がアマチュア無線にとって問題ないかを論点とし検討を継続中である。]

家電機器用 WPT③は、利用周波数をアマチュア無線の周波数と異なる周波数とすることにより共用可能と判断した。

4.3.6 船舶無線との共用検討

船舶無線との周波数共用検討は、一般社団法人全国船舶無線協会・水洋会部会（以下「水洋会」という。）とBWFとの間に情報交換会を設置して行った。検討対象となるWPTシステムは、家電機器用WPT③及び家電機器用WPT②である。

4.3.6.1 家電機器用WPT③（モバイル機器）

(1) 検討の進め方

周波数共用検討のための条件を規定した。

実際の利用シーンを想定し、机上検討によって、WPTの漏えい電磁界（目標値）における所要離隔距離を算出した。

NAVTEX (Navigational Telex) で使用されている 424kHz、490 kHz 及び 518 kHz 並びに NAVDAT (Navigation and Data Control System) で使用されている 495kHz から 505 kHz までの周波数帯域が安全航行を確保する上で重要な周波数であることを考慮し、同一周波数帯の利用をしない方向も視野に入れて検討した。

(2) 干渉検討モデル

まず、船舶内でノートPC等のモバイル機器へワイヤレス充電を行うモデルが考えられる。モデルの利用シーンと離隔距離計算条件を図 4.3.6.1-1 に示す。干渉検討モデルにおいては大型客船において NAVTEX アンテナと客室の離隔距離は最小で 10m とした。また、NAVTEX アンテナと WPT 機器の間に床があることも想定し、床 1 枚あたりの損失を 10dB とし、床 1 枚と 2 枚の場合で離隔距離の計算を行った。NAVTEX 受信機については、業界内の標準的な機種を選定し、当該機種の受信特性を反映した。

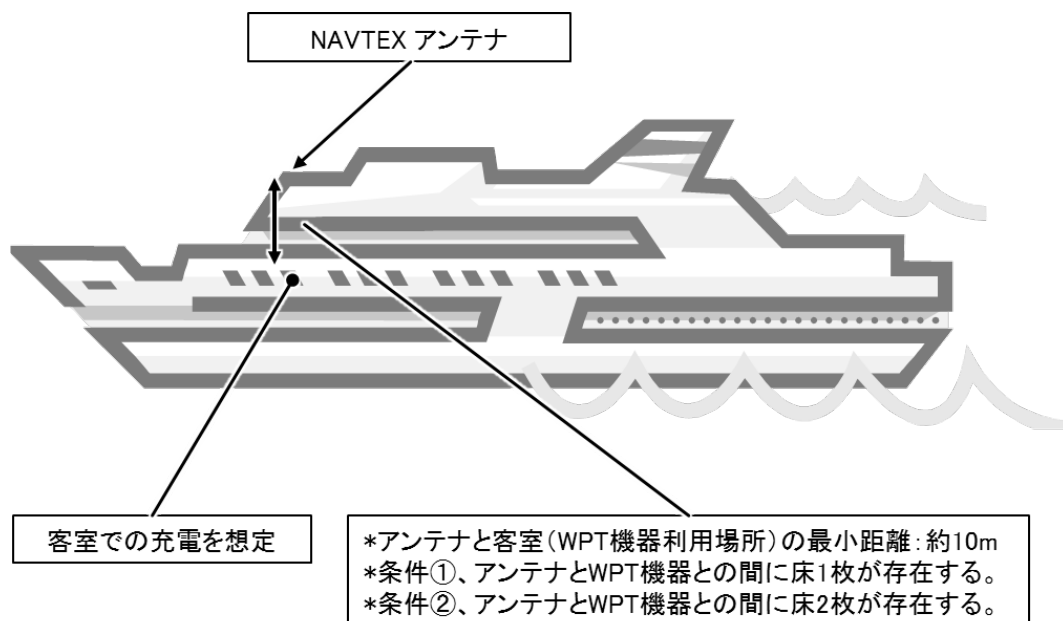


図 4.3.6.1-1 船舶内ワイヤレス充電の干渉検討モデル

次に、海岸離隔でノート PC 等のモバイル機器へワイヤレス充電を行うモデルを考える。モデルの利用シーンと離隔距離計算条件を図 4.3.6.1-2 に示す。干渉検討モデルにおいては、大規模な港湾施設では NAVTEX アンテナと WPT 機器の離隔距離は最小で 25m とした。

また、NAVTEX アンテナと WPT 機器の間に壁が 1 枚あることも想定し、その損失を 10dB とした。

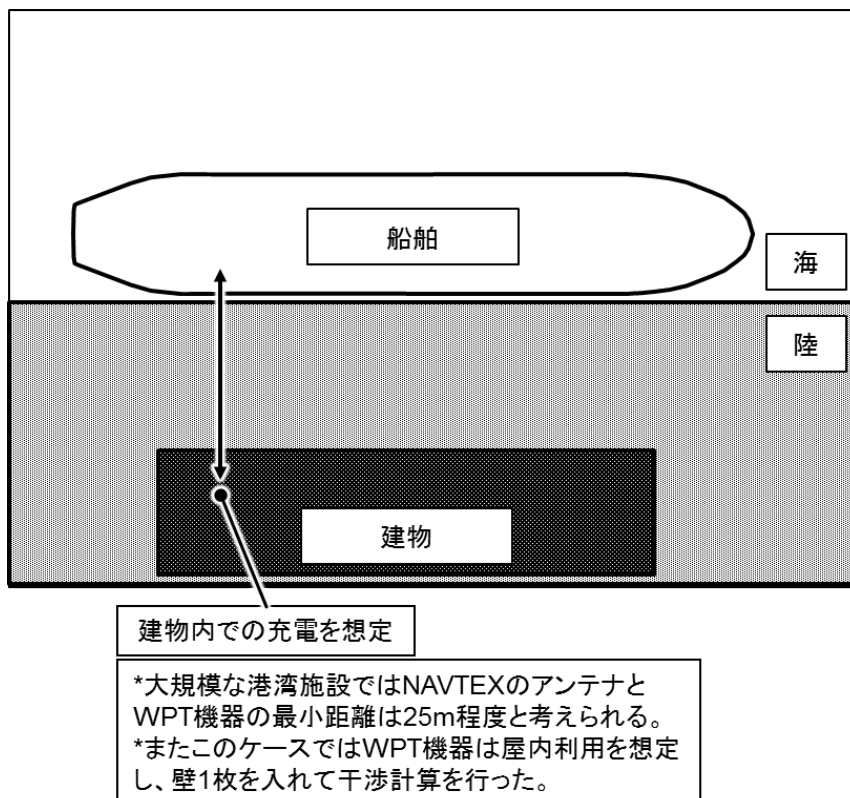


図 4.3.6.1-2 海岸近くでのワイヤレス充電の干渉検討モデル

(3) 干渉計算

家電機器用 WPT③の基本波検討周波数帯域と船舶無線の使用周波数との関係を図 4.3.6-3 に示す。家電機器用 WPT③の基本波検討周波数帯域は 425kHz から 524kHz までである。

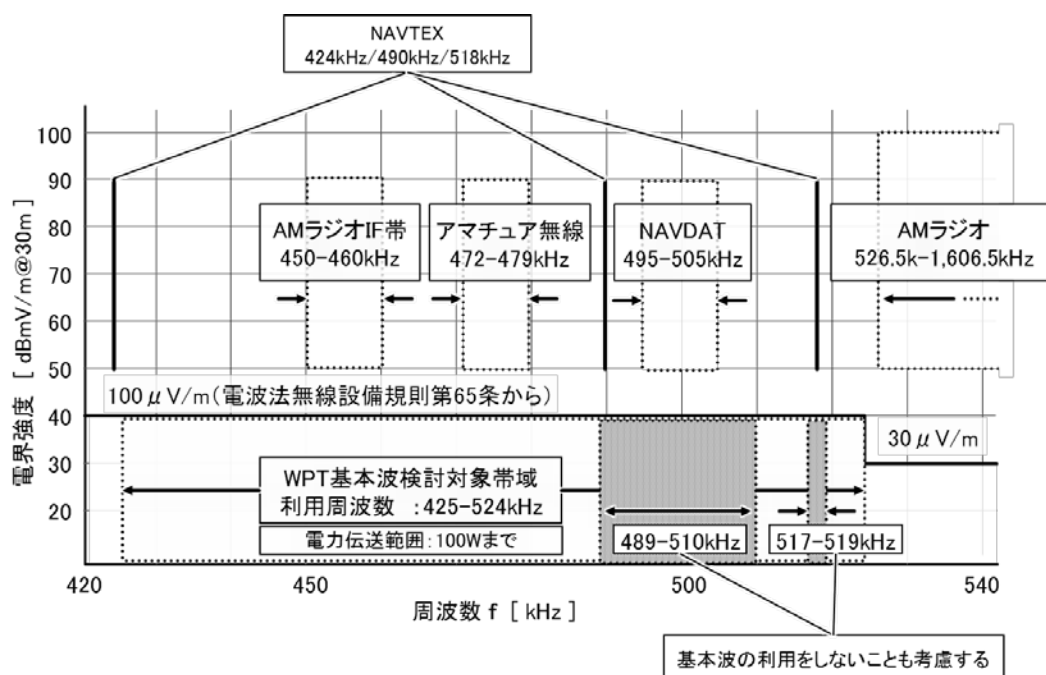


図 4.3.6-3 基本波検討周波数帯域と船舶無線の使用周波数との関係

(4) 検討結果

漏えい電磁界強度の目標値による所要離隔距離の検討結果を表 4.3.6.1-1 に示す。

表 4.3.6.1-1 漏えい電磁界強度の目標値による所要離隔距離

WPT 利用周波数	NAVTEX(機種A)						所要離隔距離の計算条件	干渉波		壁損失	最小受信感度	許容干渉レベル	所要離隔距離	
	電力	中心周波数	占有周波数帯幅	k 27 B °C	雑音指数	k 27 B °C F		C I N R	基本波					(漏洩レベル) (目標値)
425-524	100	490	0.5	-147	6	-28	6 ①	490	40	10	42	36	24.2	
	100	490	0.5	-147	6	-28	6 ②	490	40	20	42	36	16.5	
	100	490	0.5	-147	6	-28	6 ③	490	40	10	42	36	24.2	

家電機器用 WPT③は付録に示すとおり、試作機による評価での漏えい電界強度については、規定値の目標とした値よりも十分低く抑えることができるため、共用の可能性があると考えられる。そこで、漏えいレベル測定データを反映した場合の所要離隔距離の検討結果を表 4.3.6.1-2 に示す。

表 4.3.6.1-2 漏えいレベル測定データを反映した場合の所要離隔距離

WPT		NAVTEX(機種A)						所要離隔距離の計算条件		干渉波		測定データ反映の測	壁損失	最小受信感度	許容干渉レベル	所要離隔距離
利用周波数	電力	中心周波数	占有周波数帯幅	(27°C)	雑音指数	(27°C)	C I N R	基本波	漏洩レベル(目標値)							
kHz	W	kHz	kHz	dBm	dB	dBuV	dB	kHz	dBuV/m(30m)	dB	dB	dBuV/m	dBuV/m	m		
425-524	100	490	0.5	-147	6	-28	6	①	目標漏えい電界強度、客船船室1で利用	490	40	24	10	42	36	9.6
	100	490	0.5	-147	6	-28	6	②	目標漏えい電界強度、客船船室2で利用	490	40	24	20	42	36	6.6
	100	490	0.5	-147	6	-28	6	③	目標漏えい電界強度、港湾施設で利用	490	40	24	10	42	36	9.6

船舶無線との周波数共用検討の結果、漏えい電界強度の目標値による所要離隔距離の計算結果は24.2mであった。ただし、測定データに基づく計算結果は10m以下となり共用の可能性はあることは確認した。また、利用シーンとして家電機器用WPT③は家庭内やオフィス内での利用が中心であるため、船内に持ち込んで利用するケースは非常に少ないと考えられる。

しかしながら、家電機器用WPT③の使用周波数については、共用検討対象システムである船舶無線の周波数帯域が安全航行を確保する上で重要な周波数であることを考慮して、規律されるべきであると考えられる。

4.3.6.2 家電機器用WPT②(家庭・オフィス機器)

(1) 検討の進め方

家電機器用WPT②と使用周波数帯が重なるロランを検討対象とし、共用可能性を検討した。国内のロランについては、既に運用が停止されており技術的条件が明確でないため、所要離隔距離の計算は行わないこととした。

ロランに関する周波数帯域が安全航行を確保する上で重要な周波数であることを考慮し、同一周波数帯の利用をしない方向も視野に入れて検討した。

(2) 検討結果

ロランと家電機器用WPT②との周波数共用検討の結果、利用シーンを考えると、家電機器用WPT②は家庭内やオフィス内での利用が中心であるため、船内に持ち込んで利用するケースは非常に少ないと考えられる。さらに、両システムが近くで利用される可能性もほとんどないため、共用の可能性はあるものと考えられる。

しかしながら、家電機器用WPT②の使用周波数については、共用検討対象システムであるロランの周波数帯域が安全航行を確保する上で重要な周波数であることを考慮して、規律されるべきであると考えられる。

4.3.7 中波ラジオ放送との共用検討

中波ラジオ放送との周波数共用検討は、日本放送協会及び一般社団法人日本民間放送連盟（以下「民放連」という。）とBWFとの間に情報交換会を設置して行った。検討対象となるWPTシステムは、家電機器用WPT③、家電機器用WPT②及び電気自動車用WPTである。

中波ラジオ放送との周波数共用検討では、総務省に設置された放送ネットワークの強靱化に関する検討会（以下「強靱化検討会」という。）などでも災害時の中波ラジオの重要性が論議されているのを尊重し、中波ラジオに妨害が生じないように検討を進める。

4.3.7.1 共用検討の進め方

(1) 検討の基本条件

強靱化検討会では、電子機器等の普及や建造物の構造の変化（高層化・堅牢化）により都市部においてラジオの難聴が生ずる「都市型難聴」への対策が、中波ラジオ放送サービスにおける最も重要な課題のひとつであることを指摘している。例えば、東京に所在する民間ラジオ放送事業者における聴取者からの受信相談では、「ラジオに雑音が入り聞きにくい」、「雑音で聞きたくても聞こえない」という内容が多数を占めているとのことである。以上のように、地理的には受信電界強度が高い都市部での難聴が懸念される状況にある。

一方、WPTシステムの導入、普及は人口が多い都市部から進んでいくと考えられる。したがって、WPTシステムを導入するに当たっては、この都市型難聴の状態をさらに悪化させてはならないということを念頭に置いて技術検討を行うこととする。

以下に、本検討の基本的な考え方を示す。

- ・ 中波ラジオ受信機への干渉が問題視される屋内受信状態を検討する。
- ・ 干渉検討モデルは、まずは難聴が懸念されているコンクリート構造等のビル内に、中波ラジオ受信機がある条件とする。なお、木造家屋については、中波ラジオ帯の電波が建物内部に到達する際の減衰量によるWPTからの干渉波の低減がほとんど見込めないと考えられるため、中波ラジオ帯の電波が建物内部に到達する際の減衰量を0dBとした場合の検討結果を等価的に引用する。
- ・ BWFの漏えい電界目標値では中波ラジオ放送への影響があるため、中波ラジオ放送の干渉耐性の条件として、中波ラジオ放送の混信保護比を用いることが考えられたが、AM変調である中波ラジオ放送同士の基準でWPTシステムが無変調連続波であるため利用できないことが確認され、利用可能な許容干渉レベルの規定が無かった。したがって、背景雑音（都市雑音）を許容干渉レベルの出発点とする。具体的には、ITU-R P.372で規定される背景雑音レベルを利用する。
- ・ 所要離隔距離は、CISPR上の「住宅環境」において10m以内の距離に存在する無線

通信機器が保護の対象とされていることを考慮し、10m とする。ただし、家電機器用 WPT②及び家電機器用 WPT③においては主に屋内で利用され、同一家庭に多数台が存在しうることを考慮し、所要離隔距離は定めずに実利用環境を考察して検討する。

- ・ 中波ラジオ帯の電波が建物内部に到達する際の減衰量については「中波放送プリエンファシス懇談会報告書（昭和 58 年 12 月）」から引用した。

4.3.7.2 家電機器用 WPT③（モバイル機器）

(1) 検討の進め方

図 4.3.7.2-1 に示すように、家電機器用 WPT③は、高調波が中波ラジオ帯へ帯域内干渉することに加えて、基本波が中波ラジオ受信機の間周波数帯に帯域内干渉するため、この両方についての検討を行う。

また、家電機器用 WPT③は、屋内で利用され、同一家庭に多数台存在しうるため、家庭内での電力加算も考慮して検討する。

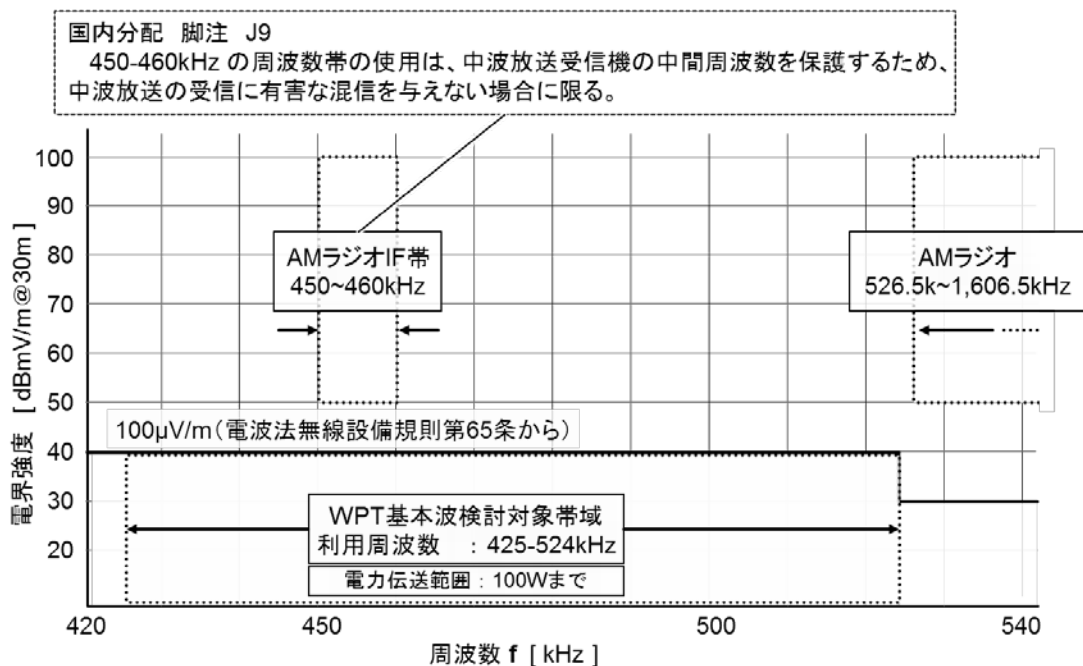


図 4.3.7.2-1 WPT の想定スペクトラムマスクと中波ラジオの利用状況

(2) 干渉検討モデル

同一家屋内及び隣家どうしで想定される干渉検討モデルを図 4.3.7.2-2 に示す。WPT から中波ラジオへの与干渉における距離減衰を含まない伝搬減衰は L0~L8 である。(L4、L5、L6、L7 及び L8 は暫定)

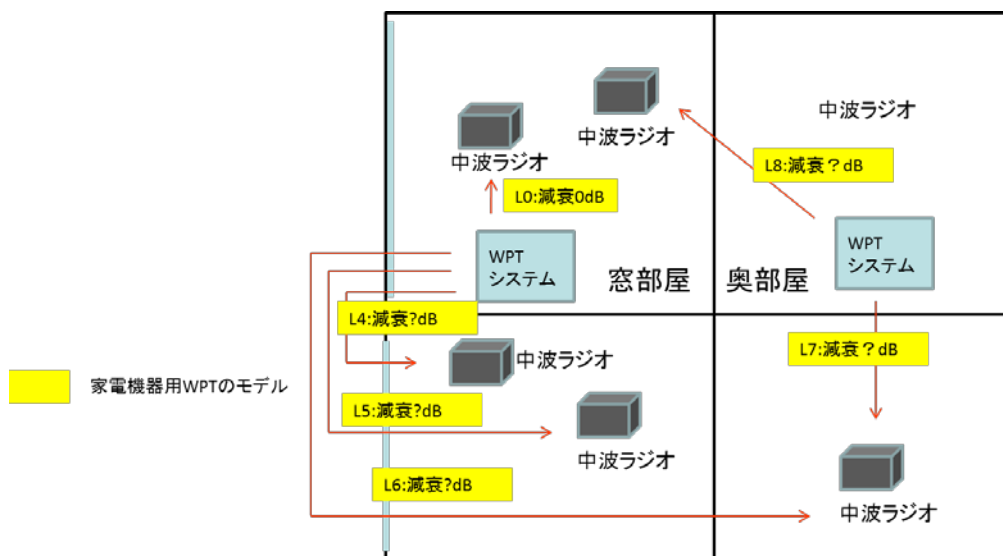


図 4.3.7.2-2 干渉検討モデル

さらに、家電機器用 WPT③については、家庭内での複数台利用がされる可能性があるため、以下のような干渉検討モデルも想定する。(L9 は暫定)

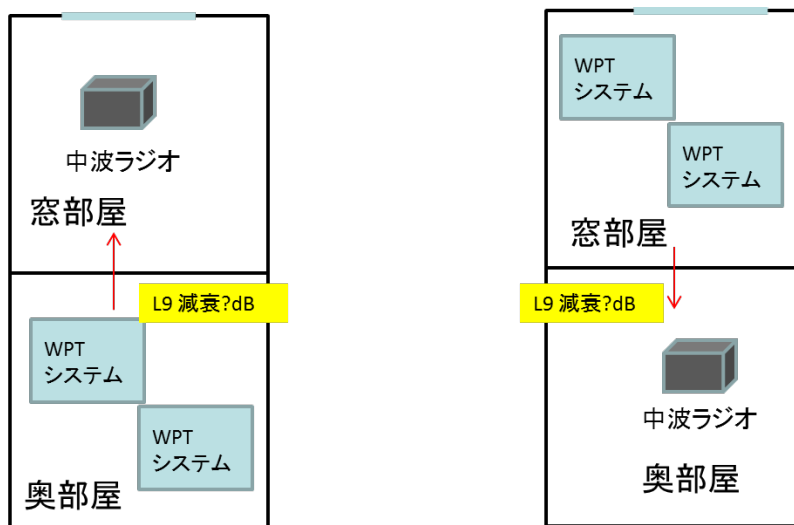


図 4.3.7.2-3 複数台利用時の干渉検討モデル

(3) 家庭内での複数台利用

図 4.3.7.2-3 に示す家庭内での複数台利用においては、利用周波数帯の中でひとつの周波数を選定し、無変調連続波（信号帯域幅は数 10Hz 以下）で電力伝送するため、製造ばらつきによる伝送周波数のずれを考慮すると、電力伝送波が重なり電力加算される確率は、極めて低いと考えられる。

加えて、電力加算による干渉レベルの増加を積極的に防止するため、電力周波数を意図的にランダムに設定する仕組みを付加することで、伝送周波数が重なることを防止できる。

(4) 検討結果

前述の干渉検討モデルと諸条件を考慮した、高調波が中波ラジオ帯へ帯域内干渉する場合の検討結果を表 4.3.7.2-1 に示す。所要離隔距離は 46.5m となった。

表 4.3.7.2-1 中波ラジオ帯域内の所要離隔距離計算結果

所要離隔距離の計算条件		漏えいレベル	建物内部に到達する際の減衰量	許容干渉レベル	所要離隔距離
		(dBuV/m @30m)	(dB)	(dBuV/m)	(m)
L0	同一部屋	29.5	0	21.5	46.5
L4	隣家 窓際同士	29.5	?	21.5	-
L5	隣家 WPT窓際-ラジオ窓部屋奥	29.5	?	21.5	-
L6	隣家 WPT窓際-ラジオ奥部屋	29.5	?	21.5	-
L7	隣家 奥部屋同士	29.5	?	21.5	-
L8	同一家屋内 WPT奥部屋-ラジオ窓部屋	29.5	?	21.5	-

次に、基本波が中波ラジオ受信機の間周波数帯に帯域内干渉する場合の検討結果を表 4.3.7.2-2 に示す。

中間周波数帯への帯域内干渉は、中波ラジオの高周波入力からの被干渉とは異なる干渉形態であるため、通常の干渉計算が適用できない。そこで、検討に当たっては市販ラジオ受信機による実験評価を利用した。

供試中波ラジオ受信機は、ラジオ C（シンセサイザ同調方式、中間周波数：450kHz）とラジオ D（アナログ同調方式、中間周波数：455kHz）である。

表 4.3.7.2-2 中間周波数帯の評価結果

中波ラジオ受信機が中間周波数帯の電波を受信した場合の干渉耐性は $00\text{dB}\mu\text{V/m}$ 以上となっており、離隔距離 00cm で前述の干渉耐性を満たすことが分かった。

4.3.7.3 家電機器用 WPT②（家庭・オフィス機器）

(1) 検討の進め方

図 4.3.7.3-1 に示すように、家電機器用 WPT②では、高調波が中波ラジオ帯へ帯域内干渉することについての検討を行う。

また、家電機器用 WPT②は、屋内で利用され、同一家庭に多数台存在しうるため、家庭内での電力加算も考慮して検討する。

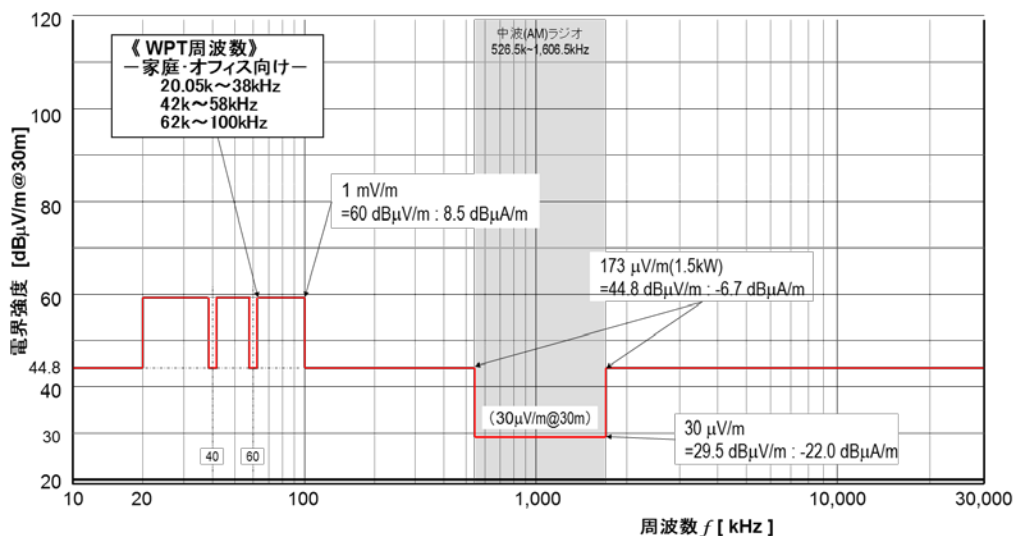


図 4.3.7.3-1 WPT の想定スペクトラムマスクと中波ラジオの利用状況

(2) 干渉検討モデル

同一家屋内及び隣家どうしで想定される干渉検討モデルを図 4.3.7.3-2 に示す。WPT から中波ラジオへの与干渉における距離減衰を含まない伝搬減衰は L0~L8 である。(L4、L5、L6、L7 及び L8 は暫定)

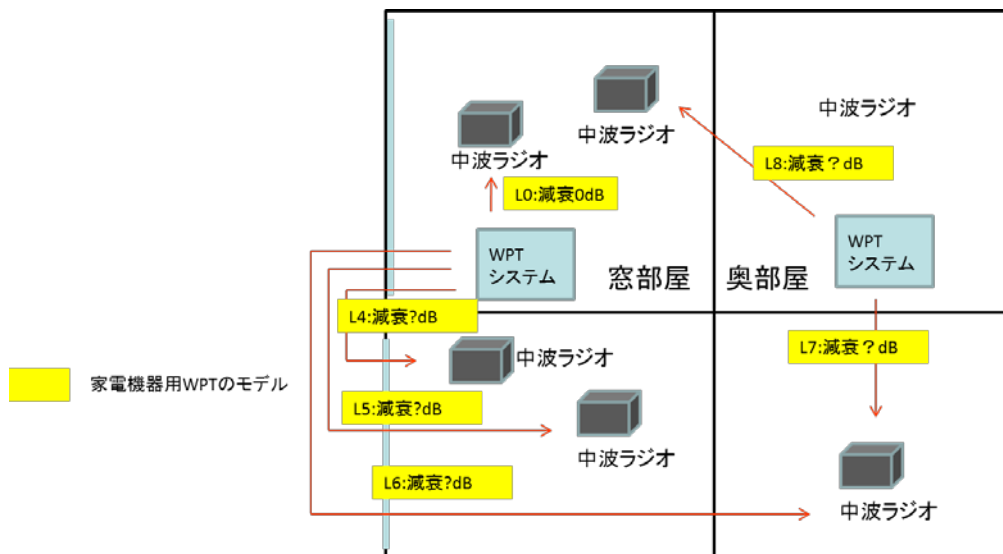


図 4.3.7.3-2 干渉検討モデル

さらに、家電機器用 WPT②については、家庭内での複数台利用がされる可能性があるため、以下のような干渉検討モデルも想定する。(L9 は暫定)

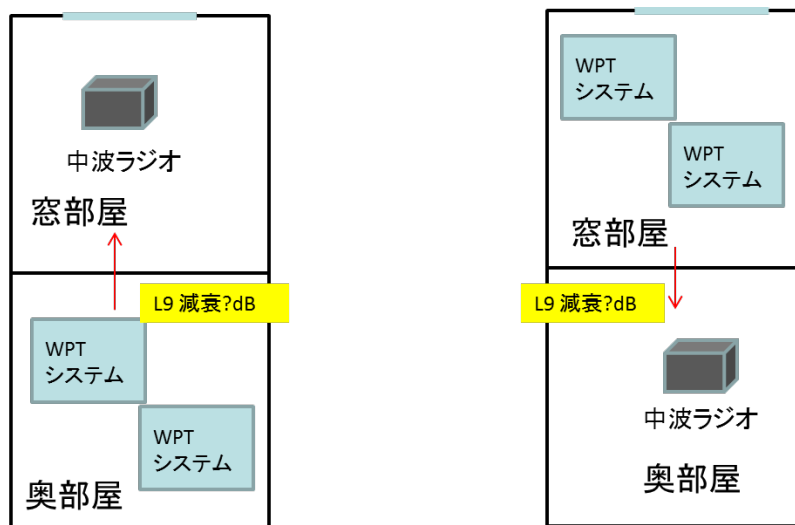


図 4.3.7.3-3 複数台利用時の干渉検討モデル

(3) 家庭内での複数台利用

図 4.3.7.3-3 に示す家庭内での複数台利用においては、利用周波数帯の中でひとつの周波数を選定し、無変調連続波で電力伝送するため、製造ばらつきによる伝送周波数のずれを考慮すると、電力伝送波が重なり電力加算される確率は、極めて低いと考えられる。

加えて、電力加算による干渉レベルの増加を積極的に防止するため、電力周波数を意図的にランダムに設定する仕組みを付加することで、伝送周波数が重なることを防止できる。

(4) 検討結果

前述の干渉検討モデルと諸条件を考慮し、高調波が中波ラジオ帯へ帯域内干渉する場合の検討結果を表 4.3.7.3-1 に示す。所要離隔距離は 36.3m となった。

表 4.3.7.3-1 中波ラジオ帯域内の所要離隔距離計算結果

所要離隔距離の計算条件		漏えいレベル	建物内部に到達する際の減衰量	許容干渉レベル	所要離隔距離
		(dBuV/m @30m)	(dB)	(dBuV/m)	(m)
L0	同一部屋	29.5	0	26.0	36.3
L4	隣家 窓際同士	29.5	?	26.0	-
L5	隣家 WPT窓際-ラジオ窓部屋奥	29.5	?	26.0	-
L6	隣家 WPT窓際-ラジオ奥部屋	29.5	?	26.0	-
L7	隣家 奥部屋同士	29.5	?	26.0	-
L8	同一家屋内 WPT奥部屋-ラジオ窓部屋	29.5	?	26.0	-

4.3.7.4 電気自動車用 WPT

電気自動車用 WPT では、高調波が中波ラジオの放送帯域内に入るため、高調波についての検討を行う。

(1) 検討の進め方

電機自動車用 WPT は屋外に設置され、持ち運びが行われないことから、CISPR で定められている所要離隔距離 10m 及び「中波放送プリエンファシス懇談会報告書」における中波ラジオ帯の電波が建物内部に到達する際の減衰量を用いて検討する。

(2) 干渉検討モデル

干渉検討モデルを図 4.3.7.4-1 に示す。電気自動車用 WPT は屋外に設置され、屋内で使用している中波ラジオへの影響を検討する。

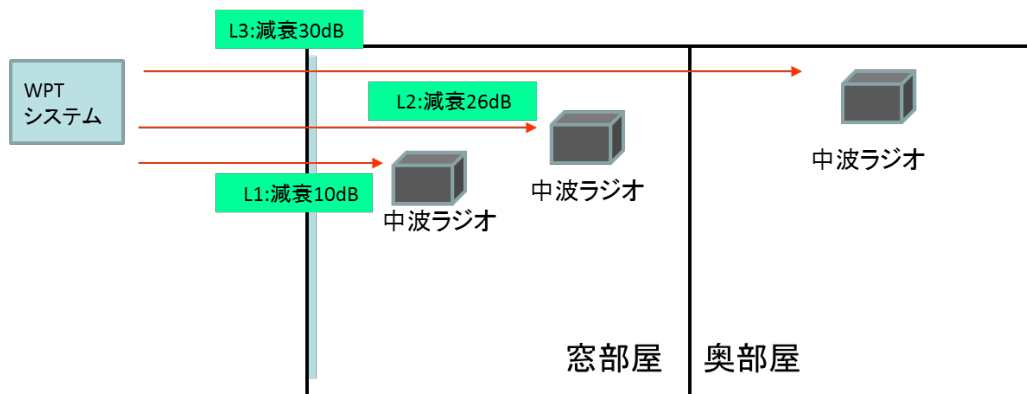


図 4. 3. 7. 4-1 干渉検討モデル

(3) 干渉計算

前述したパラメータを用いて、所要離隔距離の計算を行った。

表 4. 3. 7. 4-1 中波ラジオ帯域内の所要離隔距離計算結果

所要離隔距離の計算条件		漏えいレベル	建物内部に到達する際の減衰量	許容干渉レベル	所要離隔距離
		(dBuV/m @30m)	(dB)	(dBuV/m)	(m)
L0	屋外	29.5	0	26.0	36.3
L1	窓際(壁から50cm)	29.5	10	26.0	21.0
L2	窓際(壁から3m)	29.5	26	26.0	8.7
L3	窓際(壁から4m)	29.5	30	26.0	7.0

(4) 検討結果

以上の検討結果から、電気自動車用 WPT では、屋内受信の窓際から 3m で漏えいレベルが周囲雑音以下となり共用条件を満たしていることが分かった。

4.3.8 固定・移動無線との共用検討