

情報通信審議会 情報通信技術分科会
電波利用環境委員会 報告

電気通信技術審議会諮問第3号

「国際無線障害特別委員会（CISPR）の諸規格について」のうち
「ワイヤレス電力伝送システムに関する技術的条件」のうち
「電気自動車用ワイヤレス電力伝送システムに関する技術的条件」

平成27年7月17日

電波利用環境委員会

情報通信審議会 情報通信技術分科会

電波利用環境委員会報告

目 次

I	検討事項	1
II	委員会、作業班及びアドホックグループの構成.....	1
III	検討経過	1
1	委員会での検討	1
2	本作業班での検討.....	2
3	人体防護アドホックグループでの検討.....	3
IV	検討概要	8
第1章	WPT システムの概要.....	8
1.1	調査開始の背景.....	8
(1)	電波有効利用の促進の動向.....	8
(2)	WPT システムの実用化に向けたロードマップ	8
1.2	WPT システムの特徴	9
(1)	様々な伝送方式.....	9
(2)	様々な利用シーン	10
第2章	対象とした WPT システム.....	11
2.1	本作業班で検討対象とした WPT システム.....	11
2.2	各システムの技術的仕様	11
(1)	電気自動車用 WPT システム.....	11
(2)	家電機器用 WPT システム①.....	13
(3)	家電機器用 WPT システム②.....	14
(4)	家電機器用 WPT システム③.....	16
(5)	要求条件・制御方法のまとめ	18
(6)	制御通信について	20
2.3	想定される利用形態	21
(1)	電気自動車用 WPT	21
(2)	家電機器用 WPT システム①.....	22
(3)	家電機器用 WPT システム②.....	23
(4)	家電機器用 WPT システム③.....	23
2.4	市場予測.....	24
(1)	電気自動車用 WPT システム.....	24

(2) 家電機器用 WPT システム①.....	25
(3) 家電機器用 WPT システム②.....	27
(4) 家電機器用 WPT システム③.....	28
2.5 その他	28
第3章 WPT システムと他の無線機器等との周波数共用検討	29
3.1 共用検討の方法.....	29
(1) はじめに.....	29
(2) 共用検討対象システムの選定	29
(3) 検討の進め方等	30
(4) 与干渉レベル（放射妨害波）の目標値の設定	30
3.2 電波時計との共用検討.....	39
(1) 電波時計の最小受信感度	39
(2) 電波時計の許容干渉レベル.....	46
3.2.1 電気自動車用 WPT システム	48
3.2.2 家電機器用 WPT システム②（家庭・オフィス機器）	55
3.3 列車無線等：信号保安設備との共用検討.....	56
(1) 信号保安設備の概要.....	56
(2) WPT 利用周波数域における信号保安設備の利用状況	56
(3) 信号保安設備の耐妨害特性.....	57
3.3.1 電気自動車用 WPT システム	59
3.3.2 家電機器用 WPT システム②（家庭・オフィス機器）	89
3.3.3 家電機器用 WPT システム③	89
3.4 列車無線等：誘導式列車無線との共用検討.....	90
(1) 誘導式列車無線の概要.....	90
3.4.1 電気自動車用 WPT システム	91
3.4.2 家電機器用 WPT システム②（家庭・オフィス機器）	101
3.5 アマチュア無線との共用検討.....	102
(1) 検討の進め方.....	104
3.5.1 電気自動車用 WPT システム	104
3.5.2 家電機器用 WPT システム①（モバイル機器）	105
3.5.3 家電機器用 WPT システム②（家庭・オフィス機器）	105
3.5.4 家電機器用 WPT システム③（モバイル機器）	106
3.6 船舶無線との共用検討.....	106
3.6.1 家電機器用 WPT システム③（モバイル機器）	106
3.6.2 家電機器用 WPT システム②（家庭・オフィス機器）	106
3.7 中波放送との共用検討.....	107

3.7.1	共用検討の進め方	107
3.7.2	家電機器用 WPT システム③（モバイル機器）	108
3.7.3	家電機器用 WPT システム②（家庭・オフィス機器）	109
3.7.4	電気自動車用 WPT システム	109
3.8	固定・移動無線との共用検討	123
3.8.1	家電機器用 WPT システム①（モバイル機器）	123
第4章	許容値及び測定法	124
4.1	許容値	124
4.1.1	許容値設定に当たっての考え方	124
4.1.2	検討対象とした各システムに対する電磁妨害波の許容値	126
4.2	測定法	134
4.2.1	測定法設定に当たっての考え方	134
4.2.2	伝導妨害波の測定（電気自動車用 WPT システム）	135
4.2.3	放射妨害波の測定（電気自動車用 WPT システム）	135
第5章	電波防護指針への適合性	137
5.1	電波防護指針等への適合確認について	137
5.1.1	対象	138
5.1.2	ワイヤレス電力伝送に対する防護指針の適用	138
5.1.3	その他留意事項	139
5.2	WPT システムに適用すべき指針値	139
5.2.1	電気自動車用 WPT システム	141
5.2.2	家電機器用 WPT システム①	143
5.2.3	家電機器用 WPT システム②	145
5.2.4	家電機器用 WPT システム③	145
5.2.5	ワイヤレス電力伝送において適用すべき指針値のパターン	147
5.3	WPT システムの適合性確認のための評価方法	150
5.3.1	電気自動車用 WPT システム	150
5.3.2	家電機器用 WPT システム①	153
5.3.3	家電機器用 WPT システム②	155
5.3.4	家電機器用 WPT システム③	155
5.4	安全装置のあり方	155
5.5	諸外国の現状	156
5.5.1	各国の規制について	156
5.5.2	電波防護ガイドライン	158
5.5.3	適合性評価方法	164
5.6	今後の課題	172

第6章 海外動向	173
6.1 標準化動向	173
6.1.1 IEC	173
6.1.2 国際無線障害特別委員会（CISPR）	175
6.1.3 ITU 及び国際協調	177
6.2 各国の規制について	180
6.2.1 FCC	180
6.2.2 EU	182
第7章 これまでの検討結果と今後の検討課題	188
7.1 これまでの検討結果	188
7.2 今後の検討課題	188
付録A 放射妨害波及び伝導妨害波に関する測定データ	191
A.1 測定データ	191
A.2 測定モデル及び測定方法	191
A.3 放射妨害波の許容値の目標値の設定	197
A.4 放射妨害波及び伝導妨害波の測定データ	197
付録B 放射妨害波及び伝導妨害波の測定に用いる設備	219
B.1 測定用受信機	219
B.2 伝導妨害波測定設備	219
B.3 放射妨害波測定設備	219
B.4 測定用アンテナ	221
B.5 試験用治具	222
付録C 放射妨害波及び伝導妨害波の測定手順	223
C.1 電源端子における伝導妨害波の測定	223
C.2 放射妨害波の測定	226
付録D 電波防護指針への適合性確認方法（電界強度測定方法）	231
D.1 測定装置の要件	231
D.2 測定手順の要件	231
付録E 電波防護指針への適合性確認方法（磁界強度測定方法）	235
E.1 測定装置の要件	235
E.2 測定手順の要件	235
付録F 接触電流測定方法	239
F.1 測定装置の要件	239
F.2 非接地金属板を用いた測定手順	241
F.3 接地金属板を用いた測定手順	241
F.4 測定上の注意事項	241

付録 G 電波防護指針への適合性確認方法（SAR、電流密度評価方法）	243
G. 1 体内誘導電流密度の評価方法.....	243
G. 1. 1 体内誘導電流密度の計算方法	243
G. 1. 2 体内誘導電流計算の例	244
G. 1. 3 結合係数の算出	244
G. 2 SAR の評価方法	248
G. 2. 1 除外可能な電力の算出	249
G. 2. 2 除外可能な電力を用いた評価方法	250
G. 2. 3 測定による SAR の評価方法	251
G. 2. 4 計算による SAR 評価方法.....	253
G. 2. 5 WPT システムの誘導電界、SAR の評価例	253
付録 H 距離換算に関する指針	276
H. 1 10 m 距離で規定された許容値を 3 m 距離に換算する場合の距離換算値	276
付録 I 鉄道の信号保安設備との共用検討手順検証実験結果	277
I. 1 目的	277
I. 2 解析手順妥当性確認方法	277
I. 3 電気自動車用 WPT システム概略	277
I. 4 1 ターンループコイルが生じる磁界強度の確認.....	278
I. 5 鉄道 ATS 車上装置が誤検知する磁界強度の確認.....	280
I. 6 電気自動車用 WPT システムからの漏えい磁界強度の確認	281
I. 7 鉄道 ATS 車上装置が誤検知する電気自動車用 WPT システムからの離隔距離の確認	283
I. 8 まとめ	284
別添 諮問第 3 号「国際無線障害特別委員会（CISPR）の諸規格について」のうち「ワイヤレス電力伝送システムに関する技術的条件」のうち「電気自動車用ワイヤレス電力伝送システムに関する技術的条件」	285

I 検討事項

電波利用環境委員会（以下「本委員会」という。）は、情報通信審議会諮問第3号「国際無線障害特別委員会（CISPR）の諸規格について」（昭和63年9月26日諮問）のうち、WPTシステムから放射される漏えい電波の許容値及び測定法等の技術的条件について検討を行った。

II 委員会、作業班及びアドホックグループの構成

本委員会の構成については、別表1のとおり。

なお、検討の促進を図るため、本委員会の下にワイヤレス電力伝送作業班（以下「本作業班」という。）を設けて検討を行った。本作業班の構成については、別表2のとおり。

また、本作業班の検討において、WPTシステムから放射される漏えい電波の電波防護指針への適合性について特に検討を行う必要性が生じたことから、このためのアドホックグループ（人体防護アドホックグループ）を設けて検討を行った。アドホックグループの構成については、別表3のとおり。

III 検討経過

1 委員会での検討

① 第11回（平成25年6月5日）

WPTシステム等に係る技術的条件に関する調査の進め方について検討を行ったほか、検討の促進を図るため、委員会の下に本作業班を設置した。

② 第15回（平成26年7月29日）

本作業班からの中間報告を受け、委員会報告案について、検討を行った。

③ 第17回（平成26年11月5日）

本作業班からの報告を受け、委員会報告案及び「6 MHz 帯の周波数を用いた磁界結合型ワイヤレス電力伝送システム」及び「400 kHz 帯の周波数を用いた電界結合型ワイヤレス電力伝送システム」に関する技術的条件の取りまとめを行った。

④ 第21回（平成27年5月21日）

本作業班からの報告を受け、委員会報告案及び「電気自動車用ワイヤレス電力伝送システム」に関する技術的条件の取りまとめを行った。

2 本作業班での検討

① 第1回（平成25年6月25日）

本作業班の運営方針について検討を行ったほか、事務局より WPT システムの概要等についての説明を聴取した。

② 第2回（平成25年7月30日）

関連する業界団体や国際標準化機関等における WPT システムの検討状況について、プレゼンテーションが行われた。また、対象システムとして、電界結合システムを追加したほか、電波防護指針を前提とした適切な測定法について、アドホックグループで検討を行うことを合意した。

③ 第3回（平成25年10月30日）

WPT システムから発射される漏えい電波の測定モデル・測定方法を取りまとめたほか、他の無線局との周波数共用検討の進め方について合意した。

④ 第4回（平成26年1月22日）

周波数共用検討及び放射妨害波等の許容値の検討のために当初目標として設定した値（目標値）についての検討を行ったほか、WPT システムから発射される漏えい電波の測定データについての説明を聴取した。

⑤ 第5回（平成26年3月27日）

WPT システムと他の無線通信システムとの間の周波数共用についての検討を行った。

⑥ 第6回（平成26年5月28日）

周波数共用検討の状況や WPT システムの測定方法、人体影響評価についての検討を行った。

⑦ 第7回（平成26年6月23日）

WPT システムの詳細な技術的条件等の検討を行った。

⑧ 第8回（平成26年7月18日）

WPT システムの詳細な技術的条件等の検討を行い、報告案の中間取りまとめを行った。

⑨ 第9回（平成26年9月8日）

WPT システムの技術的条件等の取りまとめに向けて、追加検討事項の検討を行った。
検討中のワイヤレス電力伝送システムのうち、「6 MHz 帯の周波数を用いた磁界結合型

ワイヤレス電力伝送システム」及び「400 kHz 帯の周波数を用いた電界結合型ワイヤレス電力伝送システム」については技術的条件の取りまとめを行い、「電気自動車用 WPT システム」及び「100 kHz 以下の周波数を用いた磁界結合型ワイヤレス電力伝送システム（電気自動車用を除く）」については継続して検討を行うこととした。

⑩ 第 10 回（平成 26 年 10 月 6 日）

WPT システムの詳細な技術的条件等の検討を行い、報告案及び「6 MHz 帯の周波数を用いた磁界結合型ワイヤレス電力伝送システム」及び「400 kHz 帯の周波数を用いた電界結合型ワイヤレス電力伝送システム」に関する技術的条件の取りまとめを行った。

⑪ 第 11 回（平成 27 年 5 月 8 日）

電気自動車用 WPT システムの詳細な技術的条件等の検討を行い、報告案及び「電気自動車用ワイヤレス電力伝送システム」に関する技術的条件の取りまとめを行った。

3 人体防護アドホックグループでの検討

① 第 1 回（平成 25 年 9 月 13 日）

アドホックグループの検討事項及び各検討事項において確認する事項等について検討を行った。

② 第 2 回（平成 25 年 11 月 8 日）

WPT システムから放射される漏えい電波の電波防護指針への適合性評価方法において、適用が考えられる指針値及び根拠となるガイドライン等について整理を行った。

③ 第 3 回（平成 25 年 12 月 25 日）

測定データ等の検証結果を踏まえ、適合性評価方法について検討を行った。

④ 第 4 回（平成 26 年 2 月 10 日）

測定データ等の検証結果を踏まえ、適合性評価方法について検討を行った。

⑤ 第 5 回（平成 26 年 4 月 22 日）

適合性評価方法について、検討結果の取りまとめを行った。

情報通信審議会 情報通信技術分科会 電波利用環境委員会 構成員

(敬称略、専門委員は五十音順)

	氏 名	主 要 現 職
主 査	た き まさお 多 氣 昌生	首都大学東京 大学院理工学研究科 教授
主査代理	あんどう まこと 安 藤 真	東京工業大学 大学院理工学研究科 教授
専門委員	あめみや ふ じ お 雨 宮 不二雄	NTTアドバンステクノロジー(株) ネットワークシステム事業本部 システム開発ビジネスユニットEMCチーム
〃	いしやま かずし 石 山 和志	東北大学 電気通信研究所 教授
〃	くまだ あ き こ 熊 田 亜紀子	東京大学 大学院工学系研究科 准教授
〃	くろだ みちこ 黒 田 道子	東京工科大学 名誉教授
〃	しみず としひさ 清 水 敏久	首都大学東京 大学院 理工学研究科 教授
〃	しみず ひさえ 清 水 久恵	北海道科学大学 保健医療学部臨床工学科 教授
〃	しらい ともゆき 白 井 智之	(福)名古屋市総合リハビリテーション事業団 総合リハビリテーションセンター長
〃	そ ね ひであき 曾 根 秀昭	東北大学 サイバーサイエンスセンター 教授
〃	たじま きみひろ 田 島 公博	NTTアドバンステクノロジー(株) EMCチーム
〃	たなか けんじ 田 中 謙治	(一財)テレコムエンジニアリングセンター 事務局長
〃	つかはら ひとし 塚 原 仁	日産自動車(株) 電子信頼性グループ主査
〃	のじま としお 野 島 俊雄	北海道大学 大学院情報科学研究科 特任教授
〃	はせやま み き 長谷山 美紀	北海道大学 大学院情報科学研究科 教授
〃	はやし りょうじ 林 亮司	三菱電機(株) 情報技術総合研究所 光マイクロ波回路技術部 専任
〃	ほり かずゆき 堀 和行	ソニー(株) 生産・物流・調達・品質/環境プラットフォーム品質/環境センター プロダクトコンプライアンス部 規制調査課 プロダクトコンプライアンスマネージャー
〃	ますだ えつこ 増 田 悦子	(社)全国消費生活相談員協会 専務理事
〃	やまざき けんいち 山 崎 健一	(一財)電力中央研究所 電力技術研究所 雷・電磁環境領域 副研究参事
〃	やました ひろはる 山 下 洋治	(一財)電気安全環境研究所 EMC試験センター所長
〃	わ け か な こ 和 氣 加奈子	(独)情報通信研究機構 電磁波計測研究所 主任研究員
〃	わたなべ そういち 渡 邊 聡一	(独)情報通信研究機構 電磁波計測研究所 研究マネージャー

(計 22 名)

ワイヤレス電力伝送作業班 構成員

(敬称略、構成員は五十音順)

		主 要 現 職
主 任	ふくち はじめ 福地 一	首都大学東京 システムデザイン学部 航空宇宙システム工学コース 教授
主任代理	あめみや ふじお 雨宮 不二雄	NTT アドバンステクノロジー(株) ネットワークシステム事業本部 システム開発ビジネスユニット EMC チーム (CISPR I 作業班主任)
構 成 員	いしだ かずひと 石田 和人	クアルコムジャパン 標準化部長
〃	いのうえ まさひろ 井上 正弘	(一社) KEC 関西電子工業振興センター (前 CISPR B 作業班主任)
〃	いまい まさみち 今井 正道 (第7回～)	(一社) 情報通信ネットワーク産業協会 常務理事
〃	おさべ くにひろ 長部 邦 広	(一財) VCCI 協会 技術顧問
〃	かわくぼ あつし 川久保 淳史 (第1～3回)	トヨタ自動車(株) 技術統括部 主査
〃	かわさき くにひろ 川崎 邦 弘	(公財) 鉄道総合技術研究所 信号・情報技術研究部 ネットワーク・通信研究室長
〃	くどう ひとし 工藤 均	パナソニック(株) 技術本部 R&D 企画室 コラボレーション企画・推進グループ 参事
〃	くぼた ふみと 久保田 文人	(一財) テレコムエンジニアリングセンター 松戸試験所 統括部長
〃	ささき くにひこ 佐々木 邦彦	(株) デンソー 研究開発 3 部 標準化担当次長
〃	しのづか たかし 篠塚 隆	(独) 情報通信研究機構 電磁波計測研究所 電磁環境研究室 (前 CISPR A 作業班主任)
〃	しょうき ひろき 庄 木 裕樹	ブロードバンドワイヤレスフォーラム (BWF) ワイヤレス電力伝送 WG リーダー ((株) 東芝 研究開発統括部 研究企画室 参事)
〃	せら としや 勢良 俊也 (第10回～)	海上保安庁 総務部 情報通信課長
〃	たかい まさおき 高井 正興	(一社) 日本アマチュア無線連盟電磁環境委員会委員長
〃	たけいち ひろあき 武市 博 明 (第1～6回)	(一社) 情報通信ネットワーク産業協会 常務理事
〃	つかはら ひとし 塚原 仁	日産自動車(株) 電子・電動要素開発本部 電子システム開発部 電子信頼性グループ主査 (CISPR D 作業班主任)
〃	とくだ まさみつ 徳田 正満	東京大学大学院 新領域創成科学研究科 先端エネルギー工学専攻 大崎研究室 客員共同研究員 (前 CISPR H 作業班主任)
〃	なかむら こうすけ 中村 公 亮 (第1～9回)	海上保安庁 総務部 情報通信課長
〃	ひらた あきまさ 平田 晃 正	名古屋工業大学大学院 工学研究科 情報工学専攻 准教授
〃	ふじの よしゆき 藤野 義之	東洋大学 理工学部 電気電子情報工学科 教授
〃	ほり かずゆき 堀 和行	(一社) 電子情報技術産業協会 EMC 委員会委員 (ソニー(株) 生産・物流・調達・品質/環境プラットフォーム品質/環境センター プロダクトコンプライアンス部 規制調査課 プロダクトコンプライアンスマネージャー)
〃	ほり よういち 堀 洋一	東京大学 新領域創成科学研究科 先端エネルギー工学専攻 教授
〃	まつい ふさき 松井 房樹	(一社) 電波産業会 専務理事
〃	まつもと じゅん 松本 純 (第7回～)	日本放送協会 技術局 計画部 副部長

〃	まつもと やすし 松本 泰	(独) 情報通信研究機構 電磁波計測研究所 電磁環境研究室 室長
〃	みうら ひろし 三浦 洋	(一社) 日本民間放送連盟 (ニッポン放送 技術局長)
〃	みなかた まさと 南方 真人 (第4回～)	トヨタ自動車(株) 技術統括部 主幹
〃	むらの きみとし 村野 公俊	東海大学 工学部 電気電子工学科 准教授
〃	もちづき けんじ 望月 健司 (第1～6回)	日本放送協会 技術局 計画部 副部長
〃	やすおか ただし 八宗岡 正	(一社) 日本時計協会 (シチズン時計(株) 技術開発本部 時計開発部 担当部長)
〃	やました ひろはる 山下 洋治	(一財) 電気安全環境研究所横浜事業所 EMC 試験センター所長 (CISPR F 作業班主任)
〃	わたなべ そういち 渡辺 聡一	(独) 情報通信研究機構 電磁波計測研究所 電磁環境研究室 研究 マネージャー

(計 29 名)

ワイヤレス電力伝送作業班 人体防護アドホックグループ構成員

(敬称略、構成員は五十音順)

		主 要 現 職
主 任	わたなべ そういち 渡辺 聡一	(独) 情報通信研究機構 電磁波計測研究所 電磁環境研究室 研究マネージャー
構成員	いしだ かずひと 石田 和人	クアルコムジャパン (株) 標準化部長
〃	いしだ ひろき 石田 宏紀	ARIB 研究開発本部 電磁環境グループ 担当部長
〃	おおにし てるお 大西 輝夫	ARIB 規格会議第 38 作業班 主任 (NTT ドコモ先進技術研究所 アンテナ・デバイス研究グループ主 任研究員)
〃	かみむら よしつぐ 上村 佳嗣	宇都宮大学 工学部 情報工学科 教授
〃	かわしま きよたか 河島 清 貴	クアルコムジャパン (株) シニアエンジニア
〃	くぼた ふみと 久保田 文人	(一財) テレコムエンジニアリングセンター 松戸試験所 統括部長
〃	ごうま しんじ 郷間 真治	(株) 村田製作所 技術・事業開発本部 新規ビジネス開拓部 ビジネス開拓 3 課 係長
〃	しょうき ひろき 庄 木 裕樹	(株) 東芝 研究開発統括部 研究企画室 参事
〃	つかはら ひとし 塚原 仁	日産自動車 (株) 電子技術本部 電子システム開発部 電子信頼性グループ主査
〃	のじま あきひこ 野島 昭彦	トヨタ自動車 (株) 電子技術統括部 主幹
〃	のむら しゅうじ 野村 修二	(一財) テレコムエンジニアリングセンター 松戸試験所 電磁環境試験グループ部長
〃	ひらた あきまさ 平田 晃 正	名古屋工業大学 大学院 工学研究科 情報工学専攻 准教授
〃	やまさき けんいち 山崎 健一	(一財) 電力中央研究所 電力技術研究所 雷・電磁環境領域 副研究参事
〃	やました ひろはる 山下 洋治	(一財) 電気安全環境研究所 横浜事業所 EMC 試験センター所長 (CISPR F 作業班主任)
〃	よこた ひとし 横田 等	IEC TC106 国内委員会 幹事補佐 (IEC62311 エキスパート) (株) 日立製作所 モノづくり戦略本部 生産技術センター 技師)
〃	わけ か な こ 和氣 加奈子	(独) 情報通信研究機構 電磁波計測研究所 電磁環境研究室 主任研究員
オブザーバ	た き まさお 多氣 昌生	首都大学東京大学院 理工学研究科 電気電子工学専攻 教授 (電波利用環境委員会 主査)

(計 18 名)

IV 検討概要

第1章 WPT システムの概要

1.1 調査開始の背景

(1) 電波有効利用の促進の動向

近年、世界的なエネルギー問題等に対応したスマートコミュニティや持続可能な車社会の実現に向け、家電製品や電気自動車等において、無線技術により迅速かつ容易に充電することを可能としたワイヤレス電力伝送システム（以下「WPT システム」という。）を導入するニーズが高まっている。これを受け、「電波有効利用の促進に関する検討会」の報告書（平成 24 年 12 月 25 日）において、WPT システムを新たな高周波の利用形態として位置づけるとともに、(2)に示すようなロードマップを参考に、平成 27 年を目途にした実用化を加速していく旨が提言された。

WPT システムは、屋内外で幅広く利用されることが見込まれており、他の無線機器等へ有害な混信等を与えた場合の社会生活に与える影響が大きいと予想されている。このため、本作業班では、2015 年以降に実用化が見込まれる WPT システムと他の無線機器との共用、電波防護指針（平成 2 年 6 月 25 日等）への適合性の確認方法等について検証するとともに、当該 WPT システムから放射される漏えい電波の許容値や測定法等の技術的条件の検討を行うこととした。

(2) WPT システムの実用化に向けたロードマップ

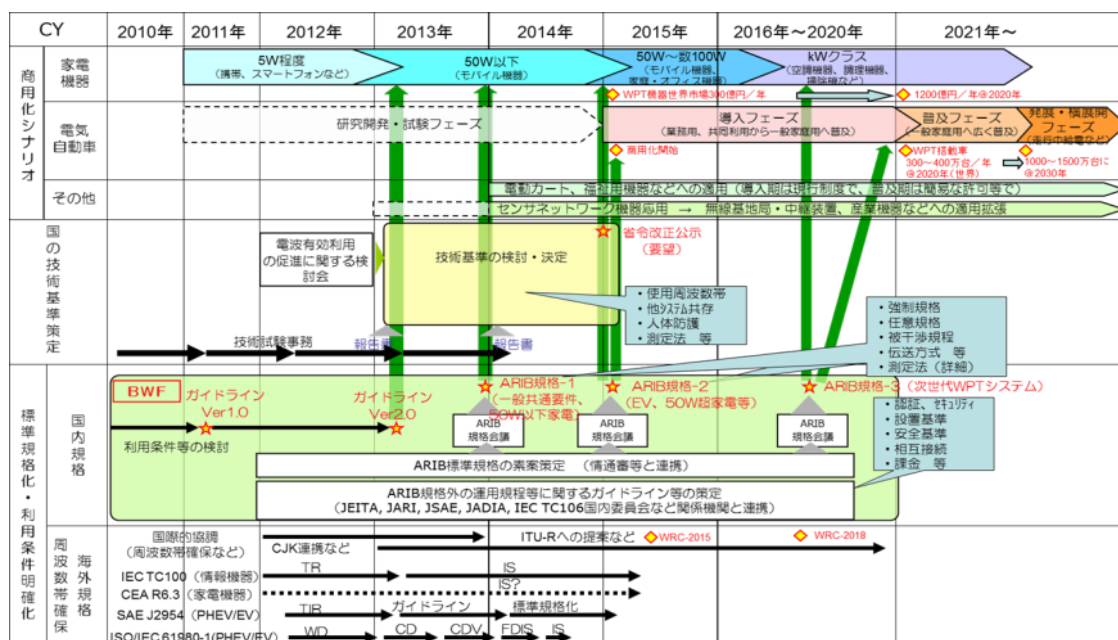


図 1.1 ワイヤレス電力伝送技術の実用化に向けたロードマップ

民間団体の取組として、ブロードバンドワイヤレスフォーラム（BWF）を中心に取りまとめられたロードマップを図 1.1 に示す。ここでは、例えば、電気自動車を対象とした WPT システムについては、2015 年以降に商用化、2020 年以降に市場拡大のシナリオとなっており、本作業班においても、これらを参考とした。

1.2 WPT システムの特徴

(1) 様々な伝送方式

ワイヤレス電力伝送技術は、無線技術を応用することにより、非接触で電力伝送を可能とする技術であり、以下の 4 方式が主流となっている。

- ①電磁誘導方式：送電側のコイルに電流を流すと磁束が生じ、受電側のコイルにも電流が流れることにより充電する。
- ②磁界共振結合方式：送電側と受電側にコイルを設置し、磁界によるコイルの結合を利用して、電力を伝送することにより充電する。
- ③電界結合方式：送電側と受電側にそれぞれ電極を設置し、電極が接近したときに発生する電界を利用して電力を伝送することにより充電する。
- ④電波受信方式：受信した電波を整流回路で電気エネルギーに変換することにより充電する。

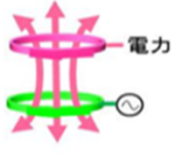
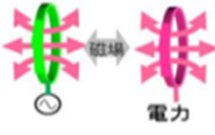
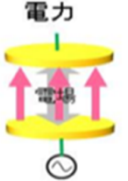
方式	磁界結合方式		電界結合方式	電波受信方式
	電磁誘導方式	磁界共振結合方式		
特徴	 送電側のコイルに電流を流すと磁束が生じ、受電側のコイルにも電流が流れることにより充電する。	 送電側と受電側にコイルを設置し、磁界によるコイルの結合を利用して、電力を伝送することにより充電する。	 送電側と受電側の、電極が接近したときに発生する電界を利用して電流を伝送して充電する。	 受信側で受信した電波を整流回路で電流に変換することにより充電する。
	①数kW程度の電力を流せる。 ②位置ずれに弱い。 ③電動歯ブラシ等で商用化。	①数kW程度の電力を流せる。 ②位置ずれにも強い。 ③電磁誘導方式よりも距離を長くすることが可能。	①100W程度以下の電力で運用可能。 ②ほぼ密着した状態で使用する。 ③iPad2のワイヤレス充電等で商用化。	電波を整流回路で直流に変換して利用。

図 1.2-1 ワイヤレス電力伝送技術の方式

(2) 様々な利用シーン

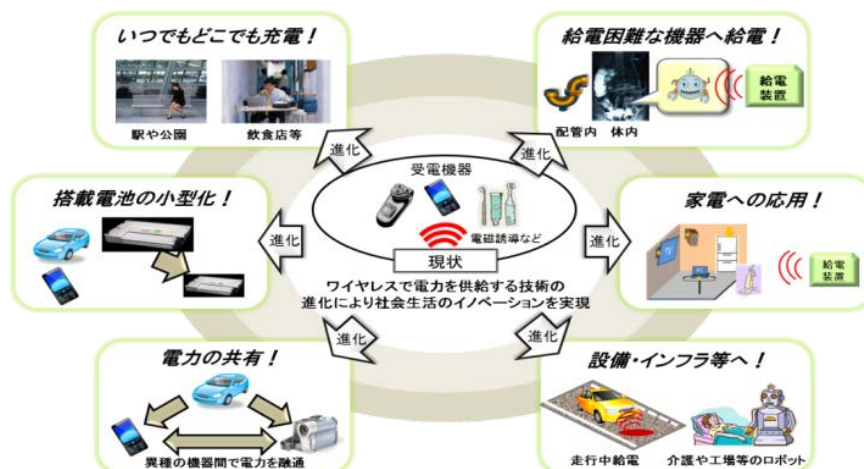


図 1.2-2 ワイヤレス電力伝送技術の利用イメージ

WPT システムは、電動歯ブラシやコードレス電話、スマートフォン等、主に小電力機器向けの給電装置として、また、多種多様な情報通信機器等への対応や中電力（白物家電）用、大電力（電気自動車）用の技術の開発等も積極的に進められており、利便性の高い給電システムとして様々な利用シーンでの活用が期待されている。

第2章 対象とした WPT システム

2.1 本作業班で検討対象とした WPT システム

本作業班では、「電波有効利用の促進に関する検討会」報告書に記載されているロードマップやワイヤレス電力伝送に関する国内外の動向等を踏まえ、以下の WPT システムを対象とした（表 2.1-1 参照）。

- (1) 電気自動車用 WPT システム
- (2) 6 MHz 帯の周波数を用いた磁界結合型ワイヤレス電力伝送システム（以下、「家電機器用 WPT システム①」という。）
- (3) 100 kHz 以下の周波数を用いた磁界結合型ワイヤレス電力伝送システム（電気自動車を除く）（以下、「家電機器用 WPT システム②」という。）
- (4) 400 kHz 帯の周波数を用いた電界結合型ワイヤレス電力伝送システム（以下、「家電機器用 WPT システム③」という。）

表 2.1-1 検討対象とした WPT システムの概要

対象 WPT システム	電気自動車用 WPT	家電機器用 WPT システム① (モバイル機器)	家電機器用 WPT システム② (家庭・オフィス機器)	家電機器用 WPT システム③ (モバイル機器)
電力伝送方式	磁界結合方式			電界結合方式
伝送電力	～3 kW 程度 (最大 7.7 kW)	～100 W 程度	～1.5 kW	～100 W 程度
利用周波数	42 kHz～48 kHz、 52 kHz～58 kHz、 79 kHz～90 kHz、 140.91 kHz～ 148.5 kHz	6.765 MHz～6.795 MHz	20.05 kHz～38 kHz、 42 kHz～58 kHz、 62 kHz～100 kHz	425 kHz～524 kHz
	0～30 cm 程度	0～30 cm 程度	0～10 cm 程度	0～1 cm 程度

2.2 各システムの技術的仕様

(1) 電気自動車用 WPT システム

電気自動車用 WPT システムは、磁界結合方式を用いてワイヤレス電力伝送を行うシステムであり、地上側に設置される送電側装置（1 次コイル）と車両側に装備される受電側装置（2 次コイル）で構成される。また、電力伝送において、変調は行わない。図 2.2-1 にシステムの例を示す。

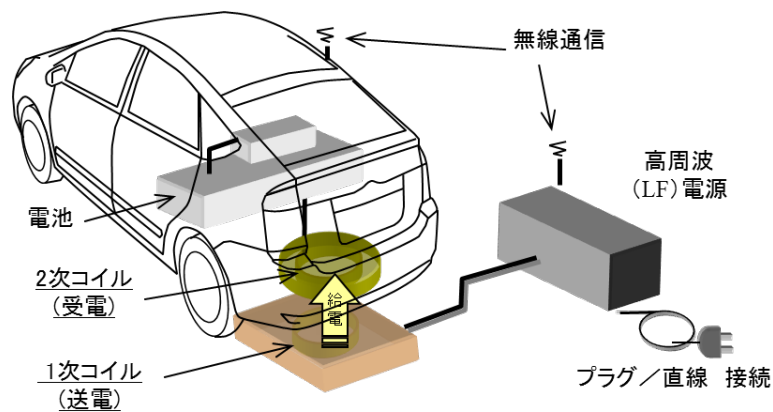


図 2.2-1 電気自動車用 WPT システムの構成

本システムの基本仕様として、表 2.1-1 に掲げたものに加え、電力伝送距離（1 次コイルと 2 次コイルとの間の距離）は、自動車と地面のクリアランスを考慮し、最大 30 cm 程度までとしている。また、前後、左右方向の位置ずれは、15 cm 程度を考慮している。

なお、電力伝送状態の監視・制御等は、WiFi、Zigbee、Bluetooth 等の既存通信方式を用いて行う。

電気自動車用 WPT システムでは、図 2.2-2 の電力伝送の基本的な制御シーケンスで示すように、制御通信を利用した給電装置と車両との双方向コミュニケーションが確立されることにより、電力伝送シーケンスが開始される。また、給電動作中も相互に状態モニタが行われるようシステムが設計されており、安全面を考慮して、車両不在時の不要な電力伝送の防止が図られている。

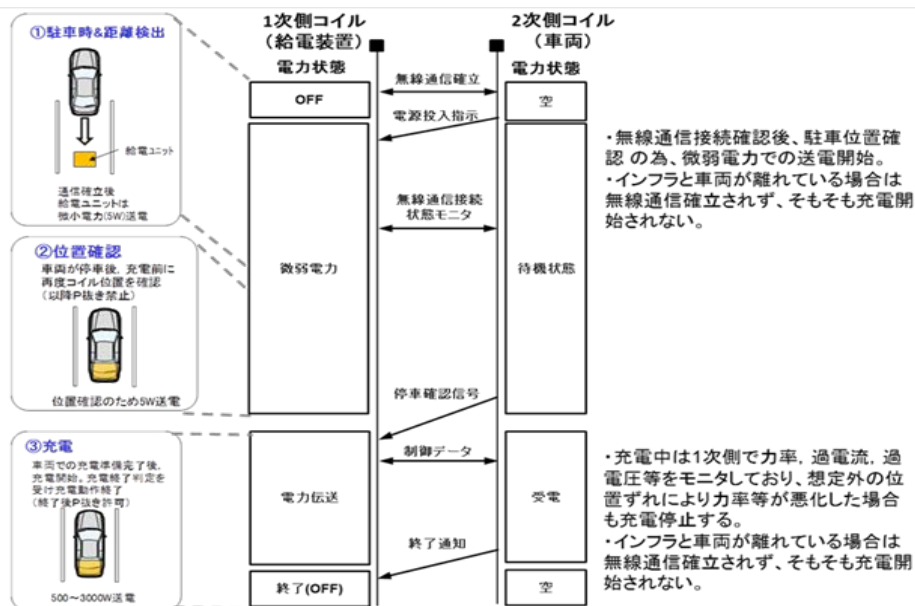


図 2.2-2 電力伝送の基本的な制御シーケンス

また、本システムは、最大効率での送電の為に、出力周波数の自動調整（周波数スキャン）機能も検討されている（図 2. 2-3 参照）。

周波数スキャンは、車両駐車位置の検出やシステムチェックの目的での 5 W 程度の電力伝送が終了してから行われる。周波数スキャン時の出力や利用周波数帯域幅は、定められた基準の範囲内で実施する。周波数スキャンは数秒で終了し、以降、周波数を固定して充電動作を開始する。

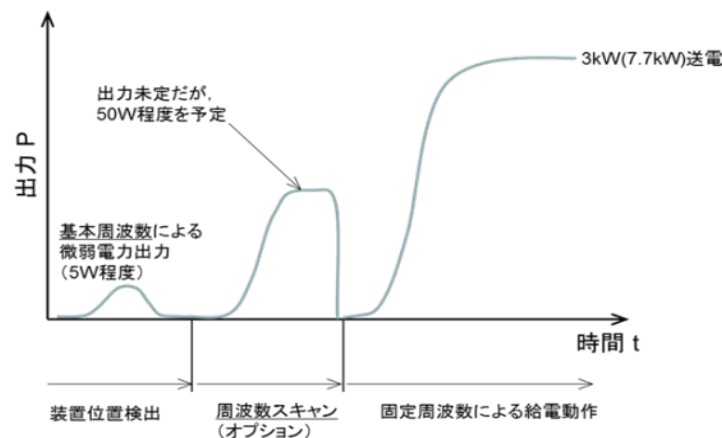


図 2. 2-3 周波数スキャン機能

(2) 家電機器用 WPT システム①

家電機器用 WPT システム①は、携帯電話／スマートフォン、タブレット PC、ノート PC、携帯 AV 機器、産業向け IT 装置等のモバイル機器に、磁界結合方式を用いてワイヤレス電力伝送を行うシステムである。

本システムの基本仕様として、表 2. 1-1 に掲げたもののほか、

- ・伝送形態（同時運用時の送電器と受電器の数）には、一つの送電器から複数の受電器に同時に電力伝送を行う形態（1 : n）を含む。
- ・電力伝送時に送電器コイルに流す電流波形は、正弦波に近い無変調の連続波であり、周波数スキャンは行わない。
- ・受電コイルの存在を確認するための 0.1 W 程度の電力伝送を行う。
- ・受電側の制御器を動作させるのに必要な電力を供給するための 1 W 程度の電力伝送を行う。
- ・伝送周波数は、中心周波数 6.78 MHz に固定するが、送電器に使用する発振器の発振素子の製造偏差から送電周波数は、最大で±10 kHz 程度のバラツキがあり、このバラツキを許容するために 30 kHz の周波数幅を必要とする。

があげられる。また、電力伝送において、変調は行わない。

電力伝送時の動作と基本的な制御シーケンスを図 2.2-4 に示す。ここでは、一例として、1 台の送電器から 2 台の受電器に電力伝送する制御シーケンスを示しており、①～③は、以下のような送電器と受電器の電力状態の遷移を示している。

- ① 送電器から 0.1 W 程度の電力伝送を行い、送電領域内に受電器が存在することを確認する。
- ② 送電器は、受電器からの通知情報により電力伝送する受電器 1 を確認した後、受電器 1 の制御器を動作させるのに必要な電力を供給するための 1 W 程度の電力伝送を行い、制御のための無線通信の確立後、送電器と受電器 1 の電力伝送制御データを交換する。
- ③ 送電器は、所定値の正弦波電流を送電器コイルに流して、電力伝送を開始する。

電力伝送中は、受電器から電流、電圧及び受電器状態のデータが送電器に送られ、送電器は、そのデータに基づき、コイル電流を調整する。送電器が電力伝送（②の電力伝送を含む）の状態で、受電器 2 からの通知情報により受電器 2 を確認すると、②の無線通信の確立後、送電器と受電器 2 との間の電力伝送制御データ交換が行われ、送電器は、所定の電流を送電器コイルに流して受電器 1 と受電器 2 への電力伝送を行う。電力伝送は、受電器 1、2 からの受電終了通知や異常状態通知により終了する。

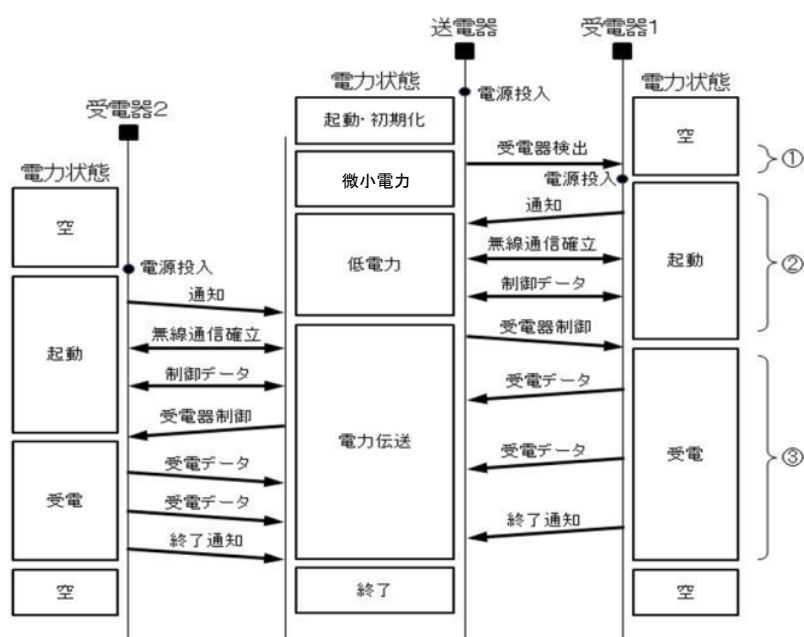


図 2.2-4 電力伝送の基本的な制御シーケンス

(3) 家電機器用 WPT システム②

家電機器用 WPT システム②は、主に家庭やオフィスで使用される機器に対し、主に電磁誘導方式を用いてワイヤレス電力伝送を行うシステムである。家電機器（主に白

物家電)や可搬型機器(モバイル機器、ポータブル機器)が対象であり、持ち運び可能なパソコンやテレビ、調理器具等に搭載される。

本システムの基本仕様として、表 2.1-1 に掲げたもののほか、

- ・ワイヤレス電力伝送の 1 次側(給電側)は、机やテーブル、給電パッド(給電ユニットが台型形状)や什器、設備内等へ組み込んで使用する。
- ・家庭やオフィスで使用する WPT システムは、通常低圧の交流電源コンセント(AC 100 V)から電力を供給して使用するのが一般的であり、この点からワイヤレス電力伝送する最大電力を 1500 W 程度と設定している。

があげられる。

また、使用時は、電力を供給する 1 次側(送電側)に密着～10 cm 程度の間隙を空けて、2 次側(受電側)が設置される(実質的には、ほとんどの場合、密着に近い状態で設置されることが多い。)。このとき、送電側と受電側は、通常 1 対 1 でワイヤレス電力伝送されることを基本としており、間隙が小さいことから送電側と受電側の間に人体が挿入される状態での運転は、想定していない。また、電力伝送において変調は行わない。

安全性を考慮して、2 次側(受電側)機器が適切な受電対象機器であることを認証する仕組みを内蔵し、誤った電力伝送が行われないようにしている。また、いずれの状態においても安全上問題がある場合(異物の挟まれ、機器間の位置ずれ等)には、即座に電力伝送を止める仕組みもとられている。

給電ユニット(送電器)の上に受電器をのせて使用する場合を想定した制御の一例を図 2.2-5 に示す。

① 【機器検知】

給電ユニットの電源投入後は待機状態となり、受電する機器を待ち受ける。

受電機器が給電ユニット上に置かれた(セットされた)状態になると、受電機器の検知(位置確認、異物確認)及び給電ユニットと受電機器間の異物検知を行う。

② 【機器認証】

給電ユニット上の受電機器がワイヤレス給電を行うのに適切な機器であるかを判断する。問題ない場合は、設置状態や負荷の設定、運転周波数

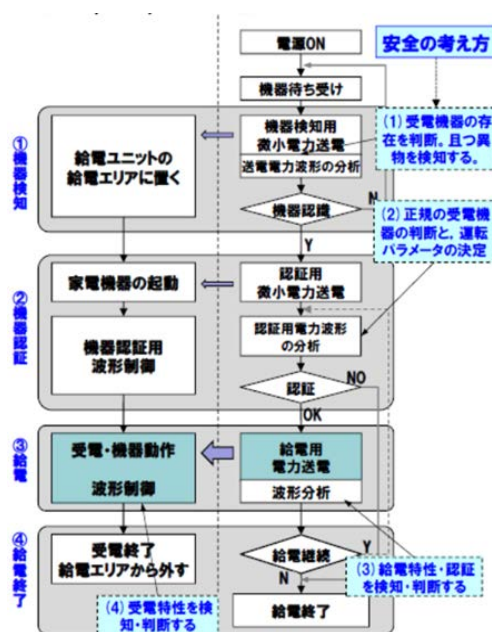


図 2.2-5 家電機器用 WPT システム②の運転制御例

のパラメータ等が決定される。

③ 【給電】

この後、給電ユニットから受電機器に対して電力伝送が行われる。運転中は、負荷の変化や受電機器の位置のずれなど、電力伝送する条件が変わることもあるため、これらの設置環境条件に合わせて、運転パラメータを変更する。また、電力伝送中に伝送特性や機器認証が異常な場合や、受電特性が異常な場合なども電力伝送を停止する。

④ 【給電終了】

最後に、給電ユニットから受電機器が外されると、受電機器の認証ができなくなるため、電力伝送が停止される。

(4) 家電機器用 WPT システム③

家電機器用 WPT システム③は、電界結合方式を用いて、ノート PC 等のモバイル機器にワイヤレス電力伝送を行うシステムである。

図 2.2-6 に示すとおり、送電台と受電装置で構成されており、ここでは、ノート PC の内部に受電装置が組み込まれている。また、受電用の電極は、ノート PC の裏面に組み込まれており、送電電極から電力を受ける。また、電力伝送において変調は行わない。



図 2.2-6 家電機器用 WPT システム③のイメージ

本システムの基本仕様として、表 2.1-1 に掲げたもののほか、

- ・電力伝送の範囲は、定常時に 100 W 程度（ピーク時で最大 130 W）を想定している。
- ・伝送距離は、最大 1 cm とし、至近距離での充電を想定している。
- ・位置ずれ（水平方向）は、 $\pm 1 \sim \pm 5$ cm 程度である。

があげられる。

電界結合方式は、伝送距離を延ばすと伝送効率が大きく下がる特徴があるため、距離を離れた装置への電力伝送には不向きである。このため、電極が薄いというメリットを生かし、薄型のモバイル機器に対する至近距離での高効率伝送を主なターゲットとしている。

本システムでは、図 2.2-7 に示すとおり、製品の安全性を確保するための制御機能

が組み込まれている。

送電部は、着地検知機能を持ち、受電装置が置かれた場合に電力伝送の準備に入る。その後、周波数サーチ（※）を行い、効率良く電力伝送ができる周波数を選択する。

周波数サーチでインピーダンスの極大値が検知された後、送電台と受電装置の間で制御通信による ID 認証を行う。

制御通信は、負荷変調、振幅変調を用いており、2～3 W 程度の電力の伝送波を搬送波として利用し、制御、認証用のデータを伝送する。

このとき、搬送波の周波数は、WPT システムの利用周波数範囲内で行われる。

ID 認証によって、送電台は、受電装置が正しい受電対象であることを確認する。さらに、電力を伝送するための周波数や電圧等の条件に問題がないことを確認した後、送電を開始する。

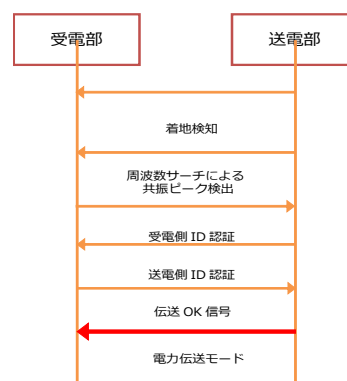


図 2.2-7 制御シーケンス

※周波数サーチ

周波数サーチは、伝送する周波数の付近で、送電装置側から受電装置の共振インピーダンス（実際には、マイコンで送電部内のインバータ回路の入力電圧を測定）を測定し、インピーダンスの極大値を検出した後、その極大値の周波数で電力伝送を行う制御方法である。

図 2.2-8 に周波数サーチ時の電圧波形の一例を示す。このとき、送電側ではインピーダンスの測定を行っているだけであり、電力伝送は行わない。

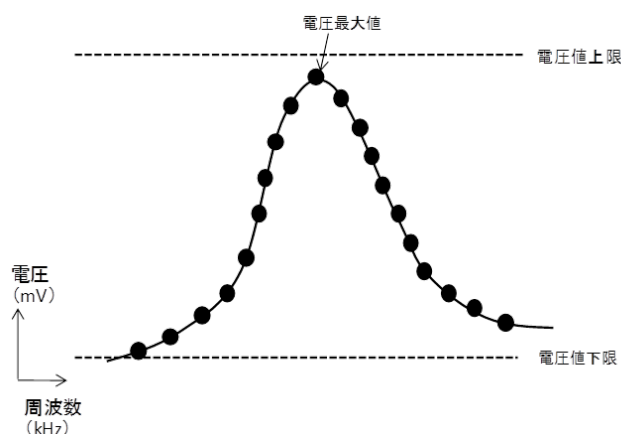


図 2.2-8 周波数サーチ時の電圧値波形

この周波数サーチにより、伝送周波数を選択することができる。

例えば、図 2.2-9 に示すように送電を行わない周波数帯があれば、これを避けることが可能となる。

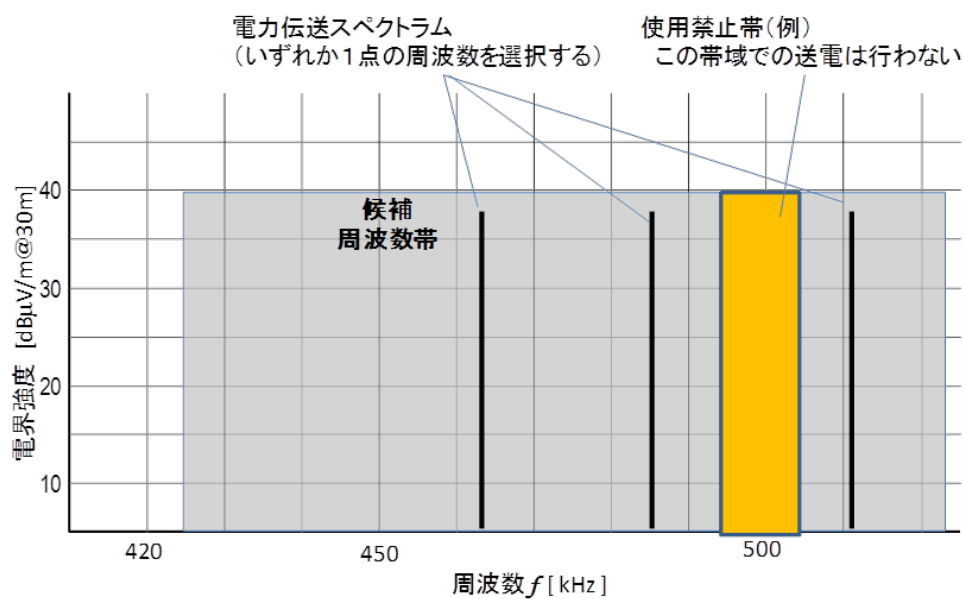


図 2.2-9 周波数サーチ時による周波数選定のイメージ

(5) 要求条件・制御方法のまとめ

各 WPT システムの要求条件・制御方法について、表 2.2-1 にまとめる。

なお、この表の中で、WPT システムの利用周波数の放射レベル及び利用周波数以外のスプリアスに関しては、共用検討のための目標の初期値（目標許容値）と設定したものであることに留意する。

表 2.2-1 各 WPT システムの要求条件と制御方法のまとめ

	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)
商用化開始時期	2015 年	2015～2016 年	2016～2018 年	2015 年
用途・適用製品	普通乗用車 (EV/PHEV) への充電	モバイル機器 (携帯電話／スマートフォン、タブレット PC、ノート PC、携帯 AV 機器)、産業用 IT 機器への充電・給電	オフィス機器 (PC 用テーブル、モニター等)、住宅設備類応用、調理器具 (ブレンダー、フードプロセッサ、コーヒーマーカ、次世代 IH 調理器等)	ノート PC、タブレット、スマートフォン、その他モバイル機器への充電
WPT 周波数	下記周波数帯の中から他システムとの共用化、国際協調等を考慮して適切な周波数帯を利用する。 42 kHz～48 kHz 52 kHz～58 kHz 79 kHz～90 kHz 140.91 kHz～148.5 kHz	6.765MHz～6.795MHz	20.05 kHz～100 kHz なお、40 kHz/60 kHz を±2 kHz でマスクする。 (この範囲の中で基本周波数の±30%以内の周波数を利用する)	425 kHz～524 kHz (この範囲の中で 50 kHz～80 kHz の周波数帯域を利用する) ※他システムとの共用化検討の過程で、利用周波数の検討範囲を広げた
送電電力	・3 kW クラス (家庭用) 普通充電：最大 3kW 程度 ・7.7 kW クラス (公共用) 倍速充電：最大 7.7kW 程度	数 W～100 W 程度 (根拠：ノート PC など 100W 必要な機器がある、また複数のモバイル機器への同時電力伝送を行うことも想定)	数 W～1.5 kW 程度 (根拠：調理器具 (特に加熱する器具) に必要な電力)	最大 100 W (定常時)、最大 130 W (ピーク時) (根拠：ノート PC など 100 W 必要な機器に対応する)
電力伝送距離	最大 30 cm 程度 (根拠：地面と車体下面間で電力伝送を行うため)	密着～30 cm 程度 (根拠：机の上などで利用し、送電器から 30 cm 程度の範囲内で位置や向きを自由に置いて利用することを想定)	密着～数 cm (根拠：技術方式として数 cm までの利用になる)	密着～数 cm (根拠：技術方式として数 cm までの利用になる)
伝送形態 (同時運用時の送電器と受電器の数)	1 対 1	1 対複数	1 対 1	1 対 1
WPT 周波数 (基本波) の放射レベル	磁界強度： 97.5 $\mu\text{A}/\text{m}@30\text{m}$ (3kW クラス) 156 $\mu\text{A}/\text{m}@30\text{m}$ (7.7kW クラス) 電界強度： 36.7 mV/m@30m (3kW クラス) 58.9 mV/m@30m (7.7kW クラス) (根拠：①米国 FCC Part18c を参考 (米国市場との整合性を意識)、②実測データを参考に製造偏差等考慮した努力設定値)	磁界強度： 265.3 $\mu\text{A}/\text{m}@30\text{m}$ 電界強度： 100 mV/m@30m (根拠：実測データを参考に製造偏差等考慮した努力設定値)	磁界強度： 2.65 $\mu\text{A}/\text{m}@30\text{m}$ 電界強度： 1 mV/m@30m (根拠：実測データを参考に製造偏差等考慮した努力設定値)	磁界強度： 0.26 $\mu\text{A}/\text{m}@30\text{m}$ 電界強度： 100 $\mu\text{V}/\text{m}@30\text{m}$ (根拠：実測データを参考に製造偏差等考慮した努力設定値)
WPT 周波数以外のスプリアス (9kHz～30MHz)	電波法施行規則第四十六条の七の「二 電磁誘導加熱式調理器」を参考 (根拠：最低限守るべき条件であり、全ての WPT システムに対して共通に参考できる)			
最大電力伝送時	正弦波に近い無変調の連続波	正弦波に近い無変調の連続波	正弦波に近い無変調の連続波	正弦波に近い無変調の連続波
WPT 周波数の可変幅	6 kHz～11 kHz (根拠：周波数スキャンにより最大効率が得られる周波数に設定するため)	30 kHz (根拠：送電周波数のバラツキを許容するため)	基本波の±30kHz 以内 (例：基本波 30kHz：22 kHz～38 kHz) (根拠：周波数スキャンにより最大効率が得られる周波数に設定し、また出力制御を行うため)	50 kHz～80 kHz：使用帯域の合計 (根拠：周波数サーチにより最大効率が得られる周波数に設定するため)
周波数スキャン時の送電電力	50 W 程度	スキャンは行わない	1 W 程度	周波数サーチ時に電力伝送は行っていない (インピーダンス測定を行っているだけのため)
その他の利用	受電コイルの位置検出のため、5 W 程度の電力伝送を行う。	受電コイルの存在確認のため、0.1 W 程度の電力伝送を行う。 また、受電側制御器の動作に必要な電力を供給するため、1 W 程度の電力伝送を行う。	受電コイルの存在確認及び受信機器の動作検証のため、1 W 程度の電力伝送を行う。	(特になし)
電力伝送開始までの制御の基本動作	①通信確立 ②駐車時及び距離検出 ③受電コイル位置確認 ④送電開始 ※状態のモニターや最適効率化のための制御データのやり取りを別の無線システムを利用して行う	①受電器存在確認 ②制御器を動作させるための送電 ③制御通信確立 ④送電開始 ※受電状態確認のための制御データのやり取りを別の無線システムを利用して行う	①機器検知 (受電機器の存在確認) ②機器認証 (受電機器を認証、また周波数サーチにより最適値を決定する) ③送電開始 ※出力制御のため送電ユニットで周波数を制御する。	①着地検知 (受電電極の認識) ②周波数サーチによる共振ピーク検出 ③ID 認証 ④送電開始
通信制御のための方法	WPT 周波数とは異なる別の無線システムを利用	WPT 周波数とは異なる別の無線システムを利用	WPT 周波数と同一周波数内で、送・受電器の周波数の制御変化を分析し、制御する。(電力伝送波形のモニターのみ)	WPT 周波数と同一周波数で行う (電力は 2 W～3 W 程度)

(6) 制御通信について

(1)～(4)で説明した WPT システムにおける制御通信は、「電力伝送と制御通信で利用周波数帯が異なる（制御通信を無線 LAN などの既存の別の無線システムを利用する）」、「電力伝送と制御通信を同一周波数で行う場合には同時には行わず、制御通信時には電力伝送に比較して小さな電力で送信する」のいずれかに該当する。しかし、制御通信が他の無線システムへ干渉を与えないという条件下で、次に説明するような利用形態も考えられる。今後の発展性も考慮した WPT システムにおける制御通信について、以下に説明する。

(a) ワイヤレス電力伝送機器における制御通信の必要性

以下の例に示す用途のために制御通信が必要になる。

- ・受電相手の初期認証
- ・送電開始／停止などの電力伝送の基本動作
- ・利用環境や負荷状態の変化などに対応して高効率に電力伝送を行うための制御
- ・送電器と受電器の位置合わせなどのモニタリング
- ・異常動作、電力伝送経路への異物（人体も含む）検出時などに停止するめなどの安全上の制御

(b) 制御通信の方法

制御通信の基本的な方法は、以下のとおりである。

- ①電力伝送とは異なる周波数帯での他の無線システムの利用を基本とする。
- ②ただし、受電相手の初期認証などのために電力伝送と同一の周波数を利用することがある。
 - ②－１：電力と制御通信を同時に行わない場合。例えば、電力伝送を行う前や後に 1 W 程度の電力での制御通信を行う。
 - ②－２：電力と制御通信を同時に行う場合。帯域外へ不要放射ノイズを出さないレベルの低速（例えば 1 kbps 以下で限定期間だけ）の変調方式、かつ、数 W 程度の電力で制御通信を行う。

(c) 各 WPT システムにおいて可能性のある制御通信の方法

①電気自動車用 WPT システム

- ・基本は、制御通信に無線 LAN など既存の別周波数の無線システムを用いる。
- ・ただし、初期認証等のため、電力伝送と同一周波数を制御通信に用いる可能性はある。通信速度は、1 kbps 程度以下である。
- ・電力と制御通信は、同時には行わない。

②家電機器用 WPT システム

- ・基本は、制御通信に無線 LAN など既存の別周波数の無線システムを用いる。
- ・ただし、初期認証、電力伝送中の定期認証、電力伝送制御等のため、電力伝送と同一周波数を制御通信に用いる可能性はある。この場合、周波数帯域幅(例えば、家電機器用 WPT システム①の場合は、6.78 MHz±15 kHz)に収まる通信しか行わない。通信速度は、1 kbps 程度以下である。
- ・電力と制御通信を同時に同一周波数で行う場合には、2～3 W 程度の電力で行う。

以上のように、あくまでも電力伝送が主たる目的の機器であり、制御通信を同一周波数で行ったとしても他システムへの干渉は少ないことが前提になる。

(d) 通信制御方式の概要

WPT システムに利用される制御通信の概要を以下に示す。

- ・通信方式
単向、単信又は半復信（送電⇒受電、受電⇒送電）
- ・通信情報単位
電圧値（最大 1 Byte）、電流値（最大 1 Byte）、特性変動情報（最大 1 Byte）、認証用 ID 情報（最大 4 Byte）、リザーブ（最大 4 Byte）など、トータルで 12 Byte 程度
- ・変調方式
ASK、PSK、FSK など
- ・占有周波数帯幅と空中線電力
数 kHz 程度（符号化方式による）・数 W（短波の場合は数 100 mW）
- ・データ伝送パラメータ
伝送速度： 1 kbps 程度（電力伝送前、電力伝送中の一定周期ごと等）
送信時間： 0.2 秒程度／情報単位（簡易な誤り訂正を含む）

以上から、電力伝送の認証等に係る限定的情報を、電力伝送開始時等に間欠的に、狭帯域で通信する方法であり、電力伝送波の与干渉影響に比べて、極めて小さい干渉信号に収めることができる。

2.3 想定される利用形態

(1) 電気自動車用 WPT

個人宅での充電では、現在普及している家庭用 200 V 電源による有線の普通充電と同等の充電時間を確保するために、3 kW 程度の出力を予定している（3 kW クラス）。また、EV 等の大容量電池の充電時間短縮を狙い、パブリックスペースについては、7.7 kW 程度の出力を予定している（7.7 kW クラス）。



図 2.3-1 個人宅やパブリックスペースでの充電例

(2) 家電機器用 WPT システム①

利用形態の例を図 2.3-2 及び図 2.3-3 に示す。

電力伝送する対象機器は、携帯電話／スマートフォン、タブレット PC、ノート PC、携帯 AV 機器、産業向け IT 装置等のモバイル機器であり、家庭、オフィス、店舗、公共スペース等の屋内や車両内において利用する。

図 2.3-2 の利用形態では、モバイル機器を送電トレイ上あるいは送電器コイルを埋め込んだ机の上やコンソールの中に置いた状態で電力伝送を行う。電力伝送の方式として磁界結合方式を採用することにより、送電トレイや机の送電領域上のどの位置にモバイル機器を置いても（送電器との位置合わせ無しに）電力伝送を受けることができる。図 2.3-3 の利用形態では、送電スタンドの周囲の離れた領域内（最大 30 cm 程度）に置かれたモバイル機器への電力伝送を想定している。

電力伝送を受けるモバイル機器の消費電力は、携帯電話：3 W 程度、スマートフォン：5 W 程度、タブレット PC：10 W 程度、ノート PC：50～100 W 程度、携帯 AV 機器：5～20 W 程度であり、これらが複数台混在した状態で同時に電力伝送を行うため、送電器の伝送電力は、100 W 程度を想定している。



図 2.3-2 利用形態(1):送電台上に置いたモバイル機器への電力伝送

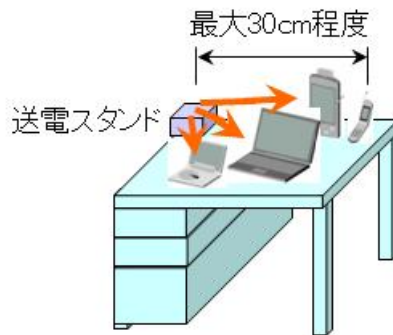


図 2.3-3 利用形態(2):送電スタンドの周囲のモバイル機器への電力伝送

(3) 家電機器用 WPT システム②

利用形態としては、図 2.3-4 に示すとおり、家庭における机やテーブルでの PC やモニター（テレビ）、調理機器等への給電や充電、住宅設備等への応用を想定している。

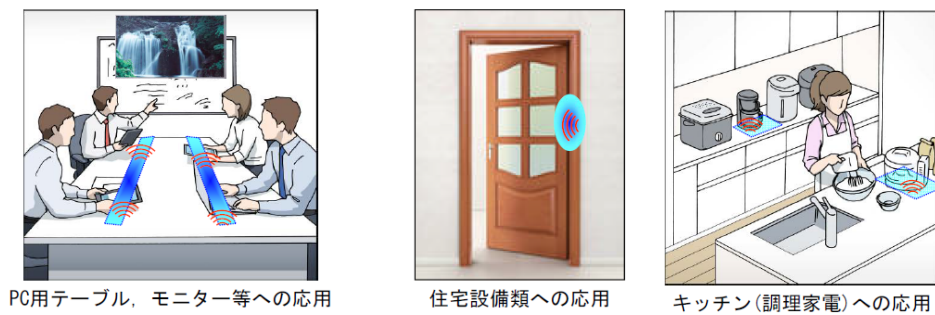


図 2.3-4 家電機器用②の WPT システムの想定される利用シーン

(4) 家電機器用 WPT システム③

家電機器用 WPT システム③は、電界結合方式を用いたシステムであり、主にノート PC、タブレット PC 等のモバイル機器用途に対応する。また、電界結合方式は、薄型の機器に対して 20～100 W 程度の電力を効率良く伝送することを特徴としている。利用されるシーンとしては、主に家庭内やオフィスを想定しており、ケーブルの削減や充電の利便性向上に貢献する。図 2.3-5 は、家庭内におけるテーブル上での利用例である。また、図 2.3-6 は、オフィス内における会議室での利用例である。さらに、充電を頻繁に行う手間が負担となる業務用途での利用も考えられている。



図 2.3-5 家庭での使用例



図 2.3-6 オフィスでの使用例

2.4 市場予測

(1) 電気自動車用 WPT システム

2015 年より製品リリースが開始され、2020 年以降に本格的に普及する見込みである。図 2.4-1 にはグローバル自動車市場予測を示す。また、表 2.4-1 の経済産業省『次世代自動車戦略 2010』に基づき、2020 年及び 2030 年の普及予測を以下に示す。

・対象車両	: EV（電気自動車）及び PHEV（プラグイン・ハイブリッド車）
・国内車両販売台数	: 500 万台（2020 年、2030 年）
・対象車両比率	: 15～20 %（2020 年） : 20～30 %（2030 年）
・WPT オプション率	: 20 %（2020 年）、50 %（2030 年） （2015 年より販売開始し、5 年後、15 年後のオプション率を想定）
これより、国内における電気自動車用 WPT システムの普及予測は、	
	: 15～20 万台/年（2020 年） : 50～75 万台/年（2030 年）

なお、海外の WPT システムの普及予測については、国内外車両販売比率から国内需要の 20 倍程度が見込まれ、国内、海外ともに、EV／PHEV の普及が進む 2020 年以降に極めて大きな市場となることが予想される。

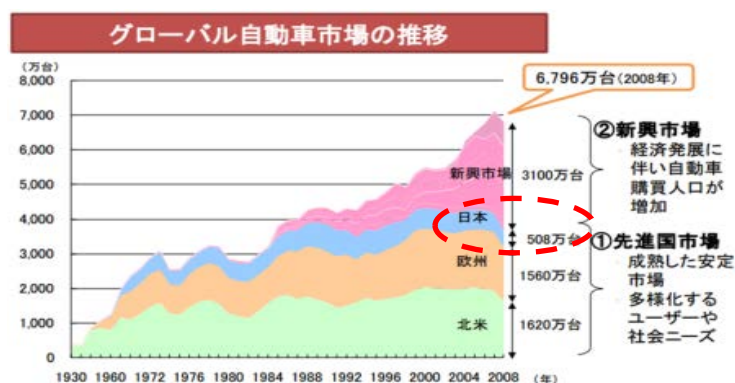


図 2.4-1 グローバル自動車市場予測

表 2.4-1 次世代乗用車普及目標

表：2020～2030 年の乗用車車種別普及目標（政府目標）

	2020年	2030年
従来車	50～80%	30～50%
次世代自動車	20～50%	50～70%
ハイブリッド自動車	20～30%	30～40%
電気自動車		
プラグイン・ハイブリッド自動車	15～20%	20～30%
燃料電池自動車	～1%	～3%
クリーンディーゼル自動車	～5%	5～10%

出典：経済産業省『次世代自動車戦略 2010』

(2) 家電機器用 WPT システム①

本システムを搭載した携帯電話／スマートフォンが 2015 年に、産業向け IT 装置が 2016 年にそれぞれリリースされ、その後タブレット PC、ノート PC、携帯 AV 機器、ウェアラブル機器等への搭載も進み、2018 年頃に本格的に普及することが予想される。

図 2.4-2 に携帯電話／スマートフォンの世界市場予測、図 2.4-3 にタブレット PC、ノート PC の世界市場予測を示す。例えば、2017 年の携帯電話／スマートフォンの出荷台数は約 25.4 億台、タブレット PC、ノート PC の出荷台数は合計約 7.6 億台と予想されており、2017 年の WPT システムの搭載率を仮に 10 %とすると、ワイヤレス電力伝送機能が搭載された機器は、年間約 3.3 億台に普及すると予測される。

図 2.4-4 は、米国の市場調査会社の IHS が発表したモバイル機器向け WPT システムの市場予測を示す。WPT システムの送電器（Transmitter）と受電器（Receiver）の売上高は、2013 年は主に既存の電磁誘導方式による 2 億 1600 万米ドルであるが、ワイヤレス電力伝送機能の普及と磁界結合方式の導入拡大によって急速に拡大し、2017 年には 75 億米ドル規模になると予想されている。

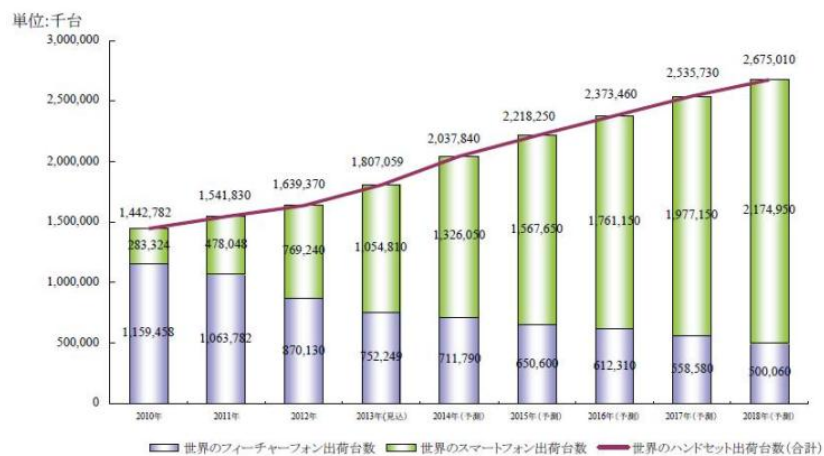


図 2.4-2 携帯電話／スマートフォンの世界市場予測

出展 : <http://www.yano.co.jp/press/pdf/1176.pdf>

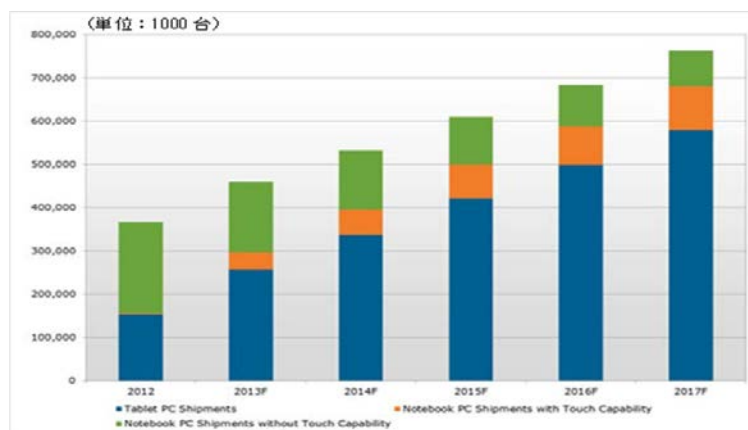


図 2.4-3 タブレット PC、ノート PC の市場予測

出展 :

http://www.displaysearch.com/cps/rde/xchg/displaysearch/hs.xsl/140206_global_tablet_pc_shipments_to_reach_455_million_by_2017.asp

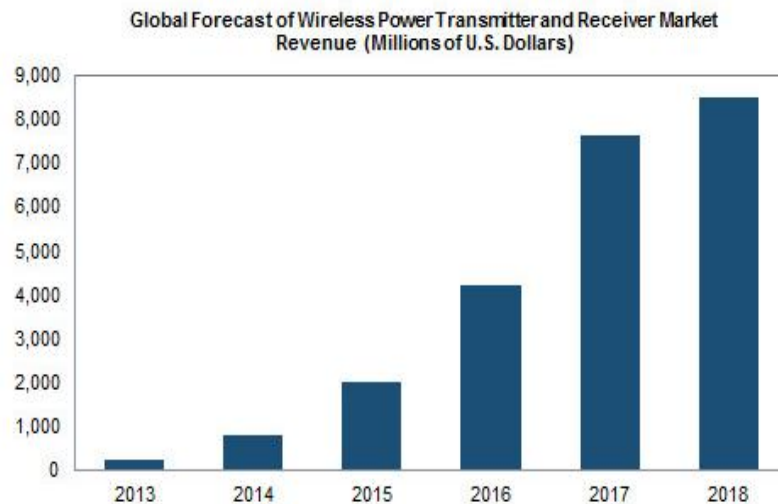


図 2.4-4 ワイヤレス電力伝送の送電器／受電器の世界市場予測

出展：

<http://press.ihs.com/press-release/design-supply-chain/global-market-revenue-wireless-charging-rise-nearly-factor-40-2018>

(3) 家電機器用 WPT システム②

2.3(3)に示したとおり、本システムを搭載した機器として、携帯電話、スマートフォン、タブレット PC、ノート PC が考えられている。なお、本システムについては、これらのほかに一般の家電機器などへの応用も期待されており、具体的には、2016～2018 年にかけて、オフィス機器（PC 用テーブル、モニター等）、住宅設備類応用、調理器具（ブレンダー、フードプロセッサ、コーヒーメーカー、次世代 IH 調理器等）などでの製品化が計画されている。

市場予測の例として、図 2.4-5 に米国 IHS iSuppli 社による WPT システムの市場予想を示す。この資料では、2015 年段階で 250 億米ドルの市場規模が見込まれている。

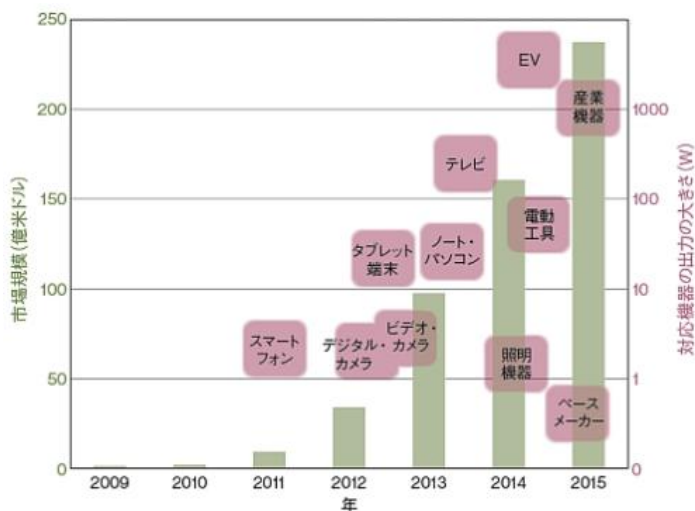


図 2.4-5 WPT システムの市場
予想(米 IHS iSuppli 社予測)

出展：2011/9/2 日経新聞

http://www.nikkei.com/article/DGXNASFK29020_Z20C11A8000000/

(4) 家電機器用 WPT システム③

本システムも 2.4(3)に示した応用製品と同じ分野になる。したがって、普及予測についても、2.4(3)に示したものと同様に考えることができる。

一方、既にタブレット用に 10 W のワイヤレス充電システムが実用化されている。(図 2.4-6 参照)



図 2.4-6 タブレット用ワイヤレス充電器

今後、民生、業務用途での市場拡大が予想されており、2020 年には年間約 500 万台の販売を予想している。現在、本システムに対応する 50 W 超のシステムについて開発中であり、タブレット、ノート PC 向けに 2015 年の商用化を予定している。

2.5 その他

本作業班で検討対象とした WPT システムは、電波法という高周波利用設備に該当する。

この高周波利用設備は、本来電波を空間に発射することを目的とするものではないが、高周波電流を使用していることから、その漏えいする電波が空間に輻射され、他の無線通信を妨害するおそれがある。このような妨害から無線設備の機能を保護するため、電波法において、以下の規定を設けている。

- 1 無線通信に妨害を与えるおそれのある一定の周波数又は電力を使用する高周波利用設備については他の通信に妨害を与えないこと等を条件に許可制度としている。

【電波法第 100 条】

- 2 高周波利用設備のうち許可を要しないものに対しては、これが副次的に発する電波又は高周波電流が無線設備の機能に継続的、かつ、重大な障害を与えるときは、総務大臣はその設備の所有者又は占有者に対し、その障害を除去するために必要な措置をとるべきことを命ずることができる。【電波法第 101 条において準用する同法第 82 条】

第3章 WPT システムと他の無線機器等との周波数共用検討

3.1 共用検討の方法

(1) はじめに

周波数共用検討を行う必要のある、他の無線機器等を選定するに当たり、本作業班で検討対象とした WPT システム（表 2.1-1 参照）の利用周波数が、他の無線機器等の使用する周波数と重複（又は隣接）していることを基本とし、必要に応じて、WPT システムの高次高調波が他の無線機器等の利用周波数と重複する場合についても検討を行った。

(2) 共用検討対象システムの選定

WPT システムの利用周波数、及びこれと重複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。）の周波数配置を図 3.1-1 に、これら共用検討対象システムの概要を表 3.1-1 にそれぞれ示す。

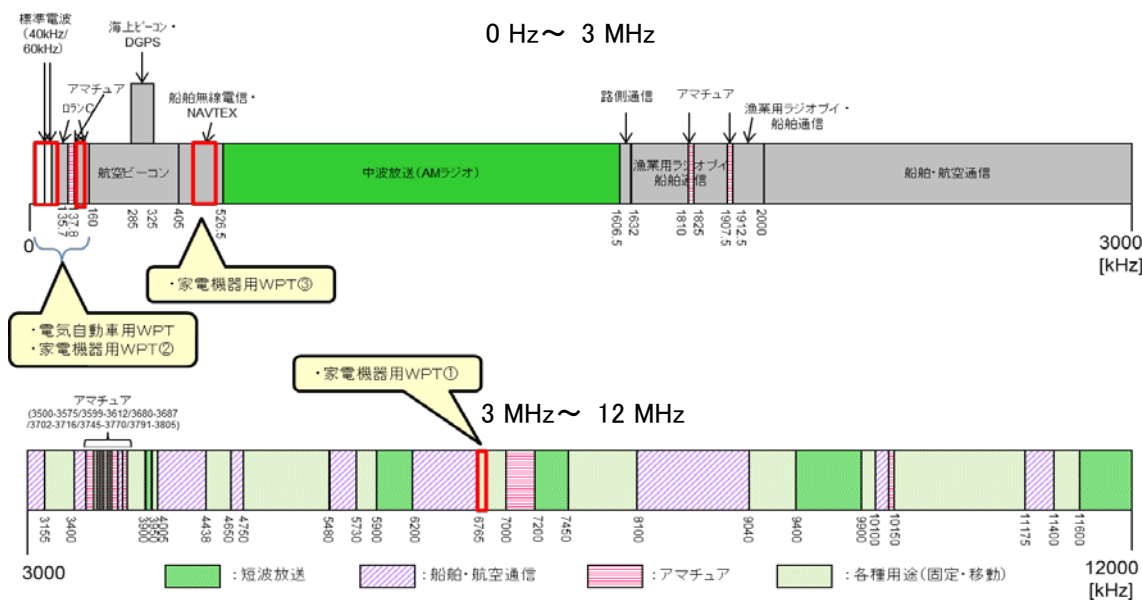


図 3.1-1 検討対象システムの周波数配置

表 3.1-1 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
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：40 kHz、60 kHz 受信周波数帯幅：	
列車無線等	信号保安設備	線路に設置したコイルへ電流を流し、その直上を通過する列車に設置したコイルに流れる電流を検知し、列車を停止するなどの制御を行う。	周波数帯：60 kHz～140 kHz 425 kHz～524 kHz	
	誘導式列車無線	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 kHz～250 kHz 80 kHz(1局) 92 kHz(1局)	

アマチュア無線	アマチュア無線技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 kHz～135.8 kHz 472 kHz～479 kHz 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 kHz～110 kHz（ロラン） 424 kHz, 490 kHz, 518 kHz (NAVTEX) 495 kHz～505 kHz (NAVDAT)	パルス、FSK など
中波放送	中波帯を利用した音声放送受信システム	周波数帯： 526.5 kHz～1605.5 kHz	振幅変調

(3) 検討の進め方等

以下に、本検討における共通の考え方及び進め方等を示す。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示す。

- ・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）との間で、周波数共用検討に関する情報交換会を設置して検討を行った。
- ・検討の組合せは、同一帯域又は隣接帯域のシステム同士を基本とした。ただし、必要に応じて、WPT システムの高調波による帯域内干渉も検討した。
- ・共用検討等の目的で、WPT システムからの与干渉レベルの値として事前に設定した値（以下、「目標値」という。）を用いた。目標値の設定の詳細については、(4)に示す。
- ・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した。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った。
- ・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した。
- ・以上の結果を受けて周波数共用の可能性を判断した。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した。

(4) 与干渉レベル（放射妨害波）の目標値の設定

本検討のための目標値の設定に際し、以下の点を考慮した。

- ①放射妨害波のうち、9 kHz～30 MHz についてのみ、電界強度と磁界強度の両方で目標値を設定した。
- ②参考とする電波法令等が電界強度で規定されていることから、許容値の目標値の設定に際し、最初に電界強度において目標値を設定した。磁界強度については、電界強度の目標値から単純に換算している。
- ③30 MHz 以上の放射妨害波及び伝導妨害波の目標値は、明示していないが、これらについては CISPR の関連規格が参照できる。
 - ・電気自動車用 WPT システム⇒CISPR 11
 - ・家電機器用 WPT システム⇒WPT システムが搭載される製品に応じ、CISPR 11、CISPR 14-1 又は CISPR 22 (CISPR 32)

以下に、対象とする WPT システムごとに設定した目標値の考え方を、また、これらを図示したものを図 3.1-2～図 3.1-11 に示す。

ア 電気自動車用 WPT システム

本システムの利用周波数における目標値は、FCC Part18 Sub part C 及び開発・試作装置の測定結果を参考にして設定した。また、利用周波数以外の放射妨害波の目標値については、現行電波法における電磁誘導加熱式調理器の規定（電波法施行規則第 46 条の 7）を参考にして決めている。具体的な目標値は、以下のとおりである。

電気自動車用 WPT システムについては、本検討開始時（平成 25 年 6 月）における各 WPT システムの要求条件や想定される利用形態は本報告第 2 章に記載したとおりであったが、その後、関連技術が進展するとともに、コイル形状がより漏えい電波の少ない方式に国際的に統一された等により、本報告作成時（平成 27 年 5 月）においては、最大電力 7.7kW の電気自動車用 WPT システムにおいても、3kW クラスの目標値以下の漏えい電波で運用することが可能となっている。

そのため、以降の本報告の各章、各付録及び本報告に基づき取りまとめた技術的条件においては、電気自動車用 WPT システムのうち 3kW クラス（又は家庭用 WPT）については、送信電力 7.7kW のものを含むものとする。

A 放射妨害波の電界強度

(a) 利用周波数において

3kW クラス（家庭用）： 36.7 mV/m@30 m (91.3 dB μ V/m@30 m)

7.7kW クラス（公共用）： 58.9 mV/m@30 m (95.4 dB μ V/m@30 m)

(b) 526.5 kHz から 1606.5 kHz までの周波数において

： 30 μ V/m@30 m (29.5 dB μ V/m@30 m)

(c) 上述以外

： 200 μ V/m@30 m (46.0 dB μ V/m@30 m)

B 放射妨害波の磁界強度

(a) 利用周波数において

3kW クラス（家庭用）： 97.5 μ A/m@30 m (39.8 dB μ A/m@30 m)

7.7kW クラス（公共用）： 156 μ A/m@30 m (43.9 dB μ A/m@30 m)

(b) 526.5 kHz から 1606.5 kHz までの周波数において

： 0.0796 μ A/m@30 m (-22.0 dB μ A/m@30 m)

(c) 上述以外

： 0.531 μ A/m@30 m (-5.51 dB μ A/m@30 m)

イ 家電機器用 WPT システム①

本システムの利用周波数における目標値は、開発・試作装置の測定結果を参考に
して設定した。また、利用周波数以外の高周波放射妨害波の目標値については、現
行電波法における電磁誘導加熱式調理器の規定（電波法施行規則第 46 条の 7）を参
考にして決めている。具体的な目標値は、以下のとおりである。

A 放射妨害波の電界強度

- (a) 利用周波数において : 100 mV/m@30 m ($100 \text{ dB } \mu\text{V/m@30 m}$)
- (b) 526.5 kHz から 1606.5 kHz までの周波数において
: $30 \text{ } \mu\text{V/m@30 m}$ ($29.5 \text{ dB } \mu\text{V/m@30 m}$)
- (c) 上述以外 : $100 \text{ } \mu\text{V/m@30 m}$ ($40.0 \text{ dB } \mu\text{V/m@30 m}$)

B 放射妨害波の磁界強度

- (a) 利用周波数において : $265.3 \text{ } \mu\text{A/m@30 m}$ ($48.5 \text{ dB } \mu\text{A/m@30 m}$)
- (b) 526.5 kHz から 1606.5 kHz までの周波数において
: $0.0796 \text{ } \mu\text{A/m@30 m}$ ($-22.0 \text{ dB } \mu\text{A/m@30 m}$)
- (c) 上述以外 : $0.265 \text{ } \mu\text{A/m@30 m}$ ($-11.5 \text{ dB } \mu\text{A/m@30 m}$)

ウ 家電機器用 WPT システム②

本システムの利用周波数における目標値は、開発・試作装置の測定結果を参考に
して設定した。また、利用周波数以外の高周波放射妨害波の目標値については、現
行電波法における電磁誘導加熱式調理器の規定（電波法施行規則第 46 条の 7）を参
考にして決めている。具体的な目標値は、以下のとおりである。

A 放射妨害波の電界強度

- (a) 利用周波数において : 1 mV/m@30 m ($60 \text{ dB } \mu\text{V/m@30 m}$)
- (b) 526.5 kHz から 1606.5 kHz までの周波数において
: $30 \text{ } \mu\text{V/m@30 m}$ ($29.5 \text{ dB } \mu\text{V/m@30 m}$)
- (c) 上述以外 : $173 \text{ } \mu\text{V/m@30 m}$ ($44.8 \text{ dB } \mu\text{V/m@30 m}$)

B 放射妨害波の磁界強度

- (a) 利用周波数において : $2.66 \text{ } \mu\text{A/m@30 m}$ ($8.5 \text{ dB } \mu\text{A/m@30 m}$)
- (b) 526.5 kHz から 1606.5 kHz までの周波数において
: $0.0796 \text{ } \mu\text{A/m@30 m}$ ($-22.0 \text{ dB } \mu\text{A/m@30 m}$)
- (c) 上述以外 : $0.495 \text{ } \mu\text{A/m@30 m}$ ($-6.7 \text{ dB } \mu\text{A/m@30 m}$)

エ 家電機器用 WPT システム③

本システムの利用周波数における目標値は、開発・試作装置の測定結果を参考に
して設定した。また、利用周波数以外の高周波放射妨害波の目標値については、現

行電波法における電磁誘導加熱式調理器の規定（電波法施行規則第 46 条の 7）を参考にして決めている。具体的な目標値は、以下のとおりである。

A 放射妨害波の電界強度

- (a) 利用周波数において : $100 \mu\text{V/m@30 m}$ ($40 \text{ dB} \mu\text{V/m@30 m}$)
- (b) 526.5 kHz から 1606.5 kHz までの周波数において
: $30 \mu\text{V/m@30 m}$ ($29.5 \text{ dB} \mu\text{V/m@30 m}$)
- (c) 上述以外 : $100 \mu\text{V/m@30 m}$ ($40 \text{ dB} \mu\text{V/m@30 m}$)

B 放射妨害波の磁界強度

- (a) 利用周波数において : $0.265 \mu\text{A/m@30 m}$ ($-11.5 \text{ dB} \mu\text{A/m@30 m}$)
- (b) 526.5 kHz から 1606.5 kHz までの周波数において
: $0.0796 \mu\text{A/m@30 m}$ ($-22.0 \text{ dB} \mu\text{A/m@30 m}$)
- (c) 上述以外 : $0.266 \mu\text{A/m@30 m}$ ($-11.5 \text{ dB} \mu\text{A/m@30 m}$)

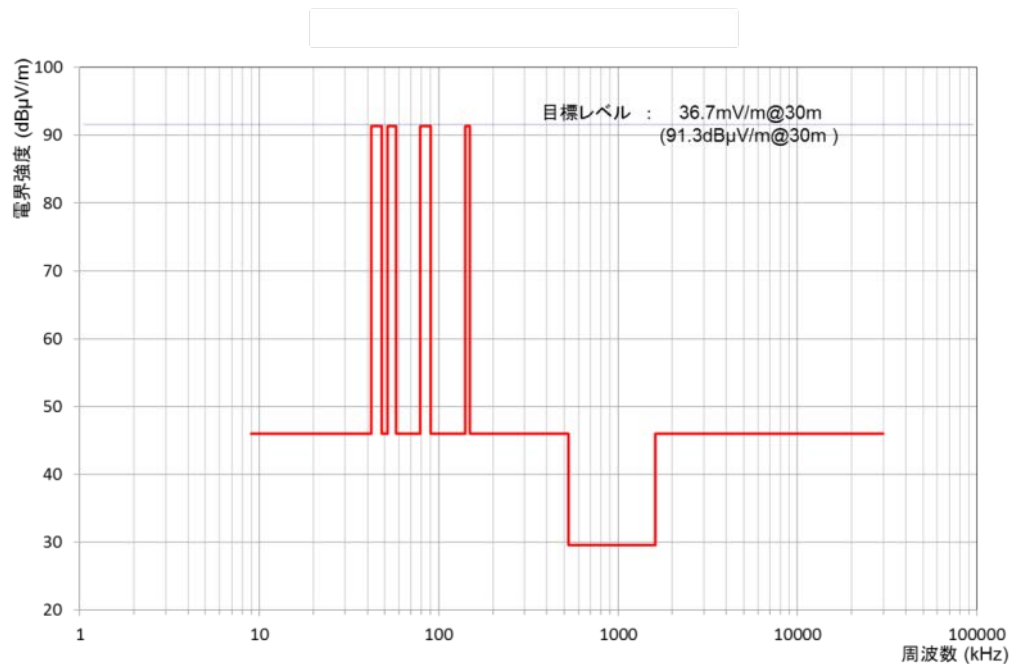


図 3.1-2 目標値として設定した
電気自動車用 WPT システム(3kW クラス (家庭用))の漏えい電界強度 I

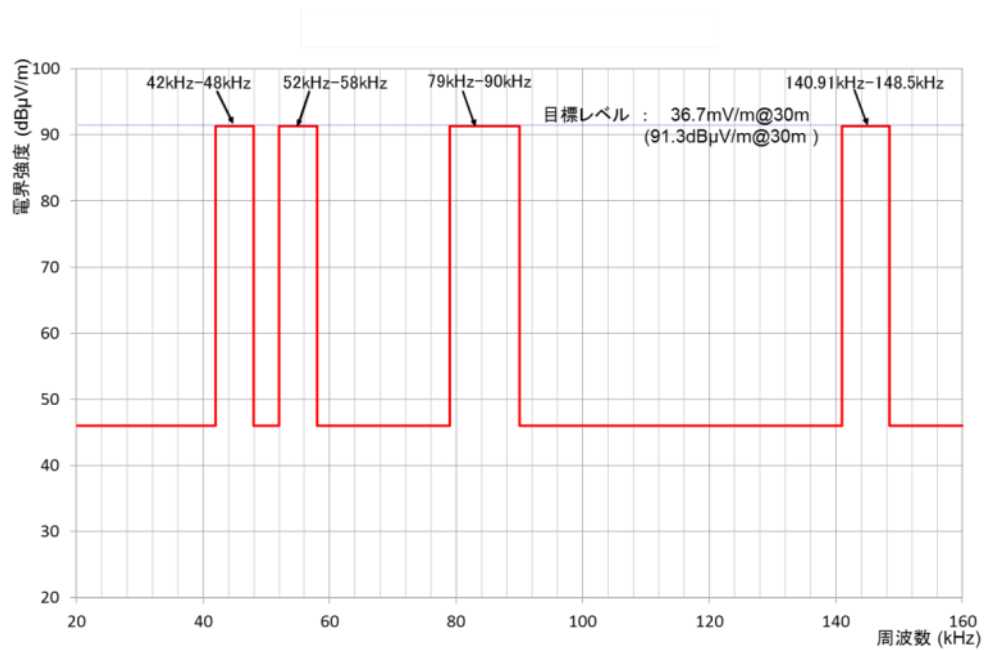


図 3.1-3 目標値として設定した
電気自動車用 WPT システム(3kW クラス (家庭用))の漏えい電界強度 II

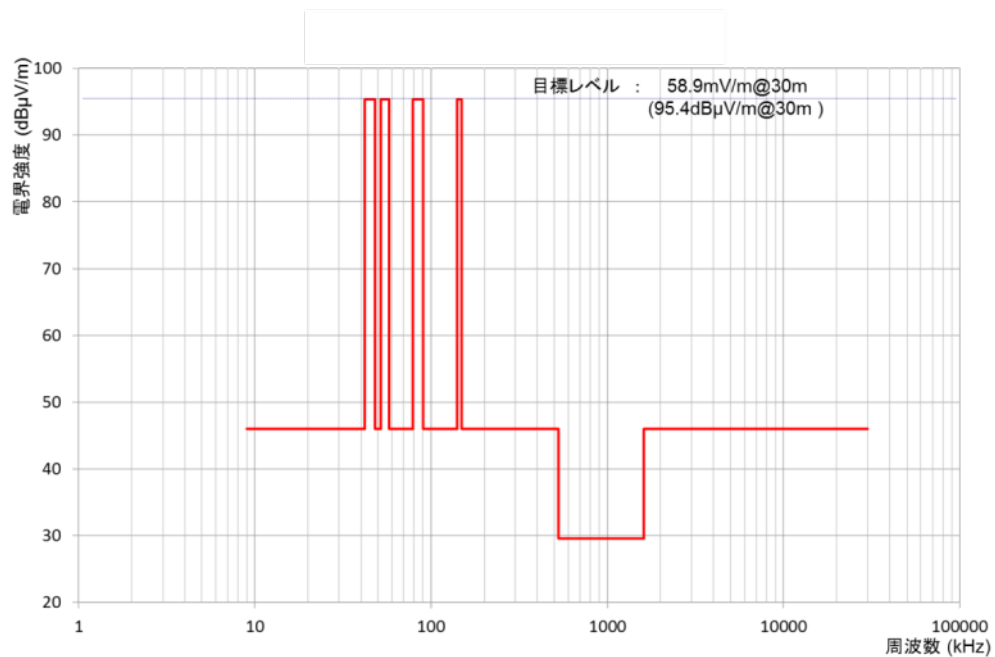


図 3.1-4 目標値として設定した
電気自動車用 WPT システム(7.7kW クラス (公共用))の漏えい電界強度 I

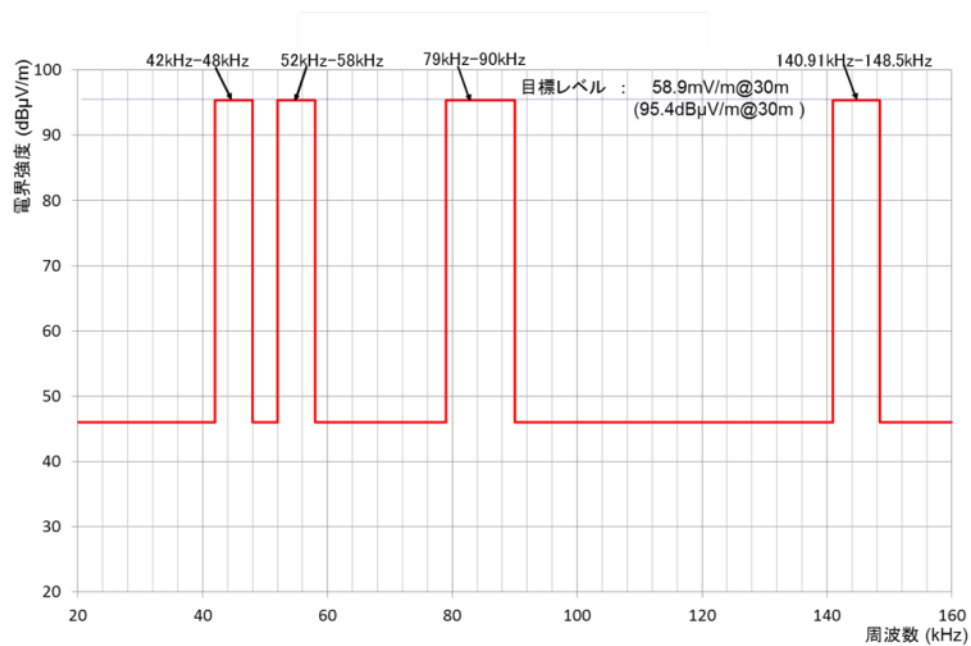


図 3.1-5 目標値として設定した
電気自動車用 WPT システム (7.7kW クラス (公共用)) の漏えい電界強度 II

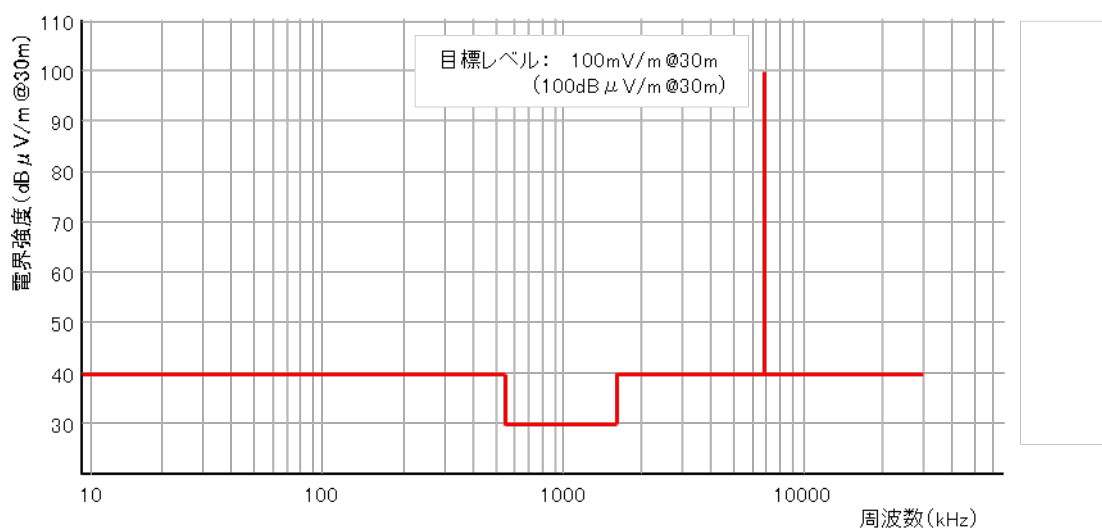


図 3.1-6 目標値として設定した家電機器用 WPT システム①の漏えい電界強度 I

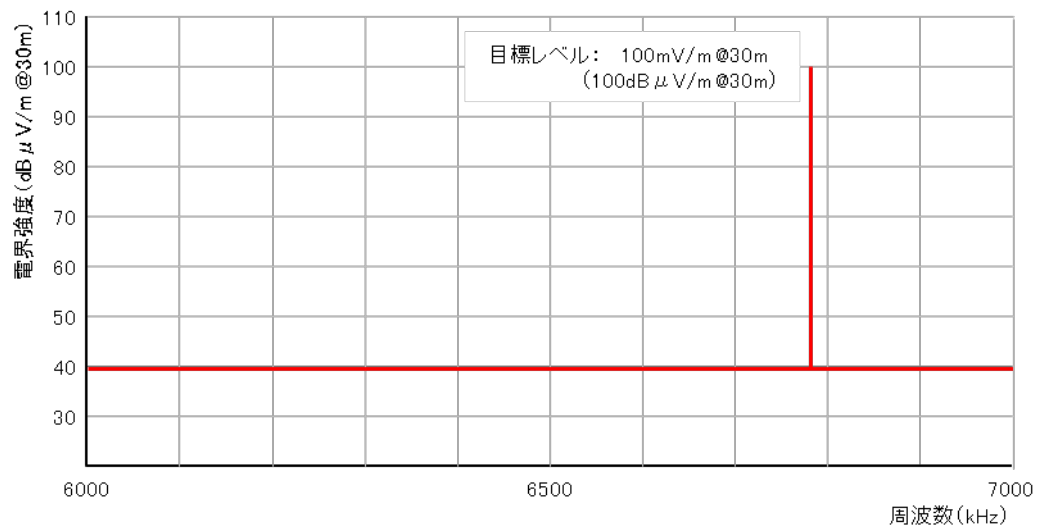


図 3.1-7 目標値として設定した家電機器用 WPT システム①の漏えい電界強度 II

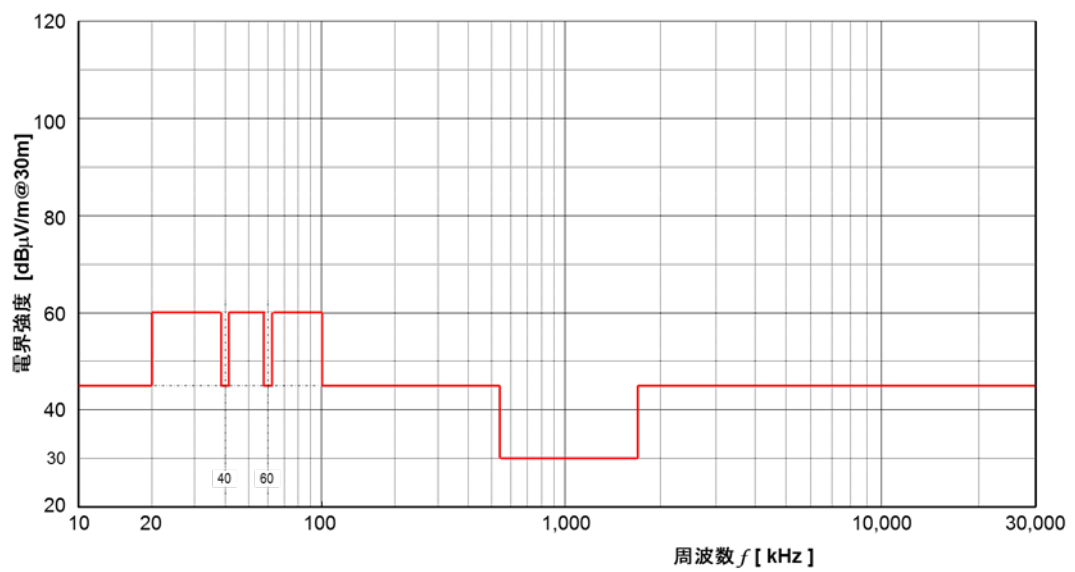


図 3.1-8 目標値として設定した家電機器用 WPT システム②の漏えい電界強度 I

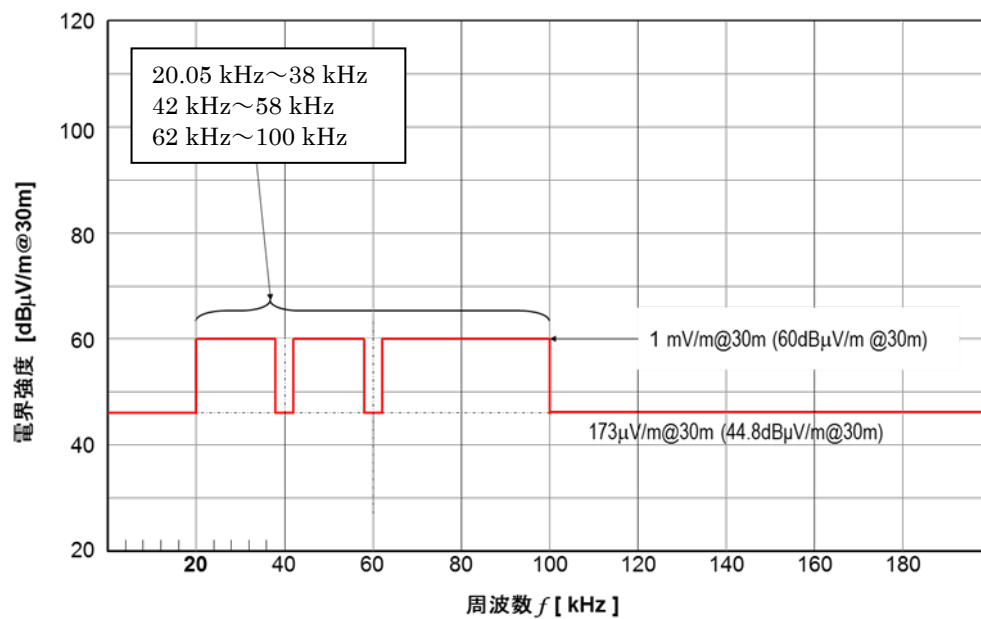


図 3.1-9 目標値として設定した家電機器用 WPT システム②の漏えい電界強度 II

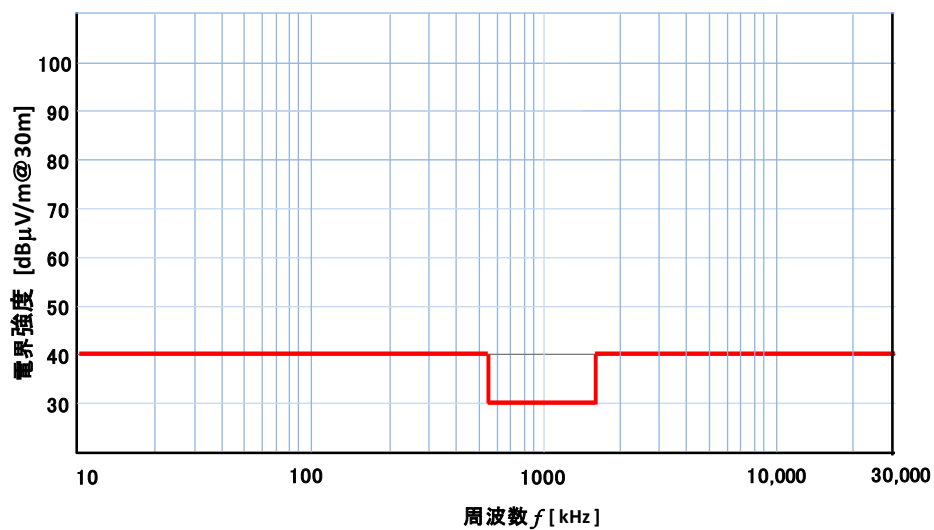


図 3.1-10 目標値として設定した家電機器用 WPT システム③の漏えい電界強度 I

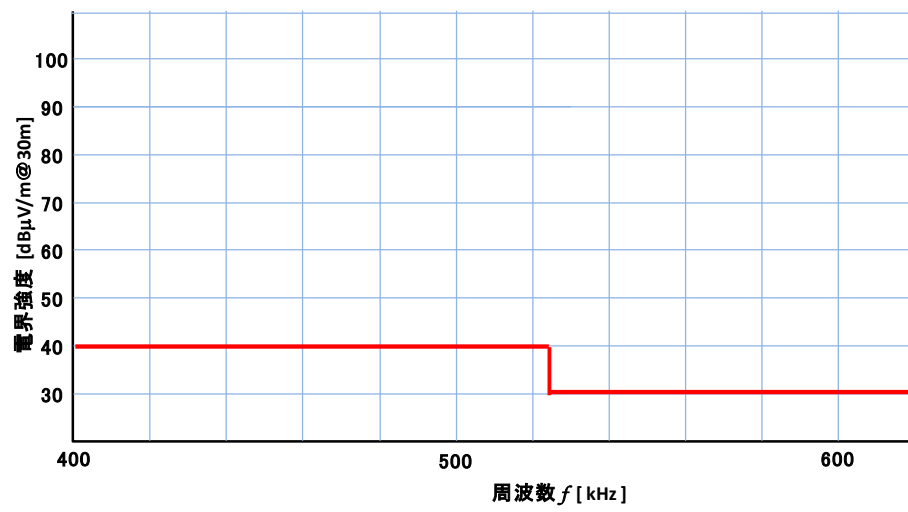


図 3.1-11 目標値として設定した家電機器用 WPT システム③の漏えい電界強度Ⅱ

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 システム及び家電機器用 WPT システム②である。（注）

注：家電機器用 WPT システム②との周波数共用検討の結果については、平成 27 年 1 月 21 日付け電波利用環境委員会報告を参照。

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、独立行政法人情報通信研究機構（以下「NICT」という。）が公開している、日本の主要都市における標準電波の受信電界強度のシミュレーション値を用いて調査を行い、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、 $50 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ 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た。

標準電波の送信は、NICT によって管理されており、NICT が公開している、日本の主要都市における標準電波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した。ただし、標準電波の受信電界強度は、受信環境によって変動し、時刻、受信場所等が同一であっても常に同一の値が保証されるわけではないため、本調査はその大まかな傾向を示すものという位置付けとなる。

図 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（40 kHz：福島県）と、はがね山標準電波送信所（60 kHz：佐賀県）の 2 局からの送信で日本全土をカバーしている。

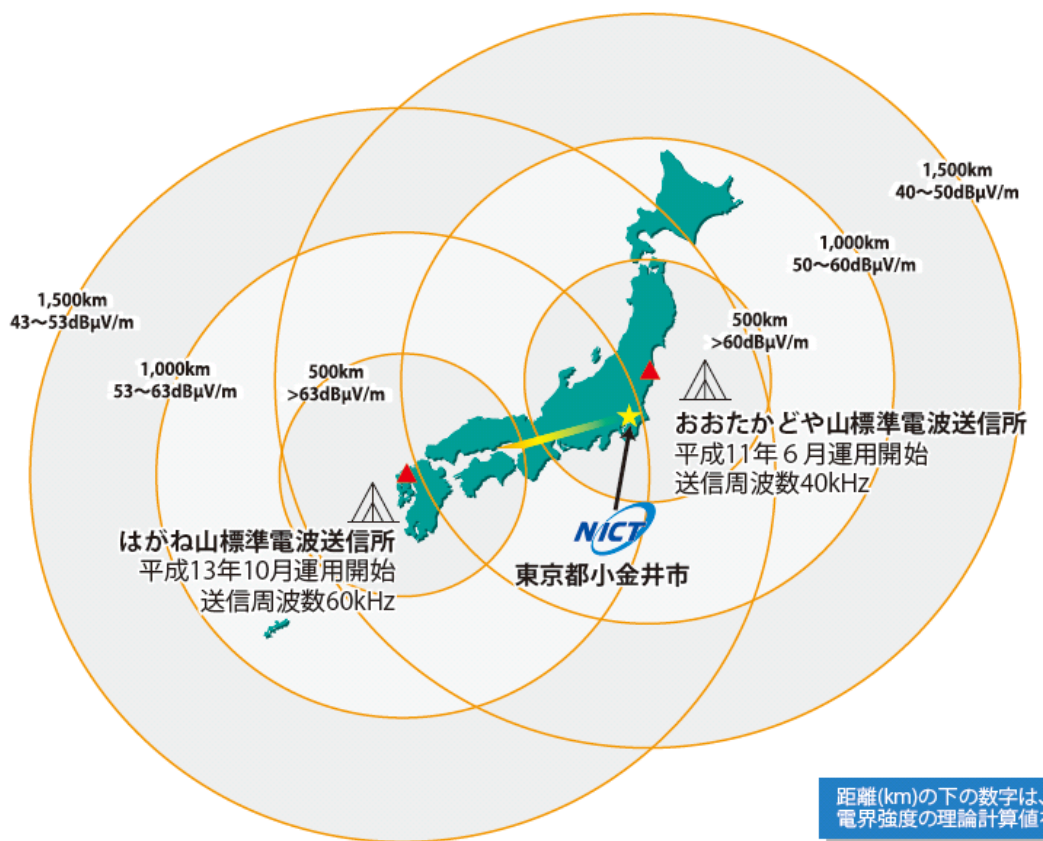


図 3.2-1 標準電波送信所受信エリア

図 3.2-2 及び図 3.2-3 に、標準電波の電界強度（冬期の例）を示す。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。

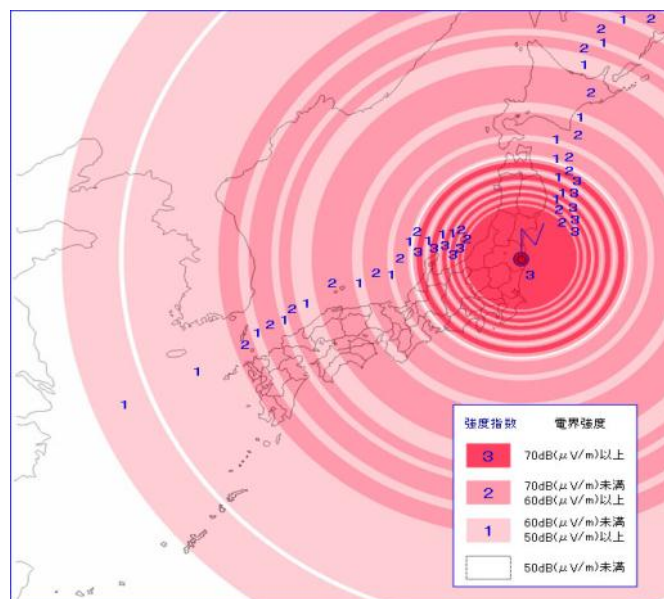


図 3. 2-2 おおたかどや山標準電波送信所

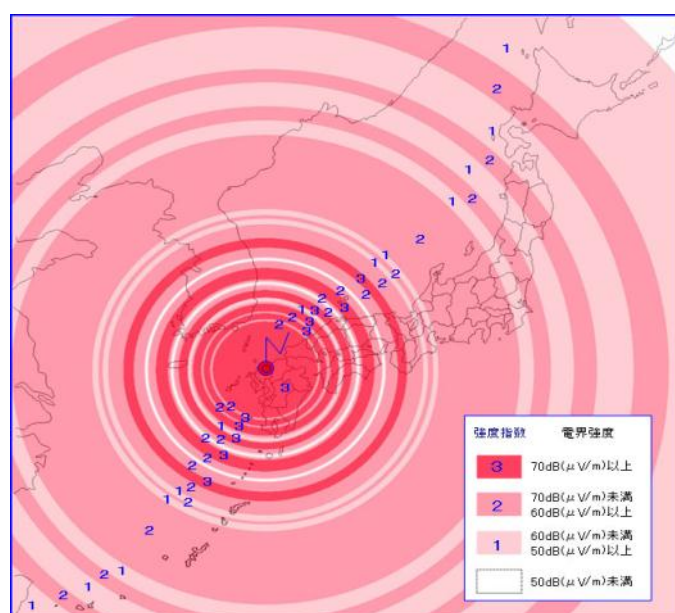


図 3. 2-3 はがね山標準電波送信所

受信電界強度の全国的な分布を調査するため、図 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、NICT が公開している標準電波の受信電界強度のシミュレーション値を用いて調査を行った。

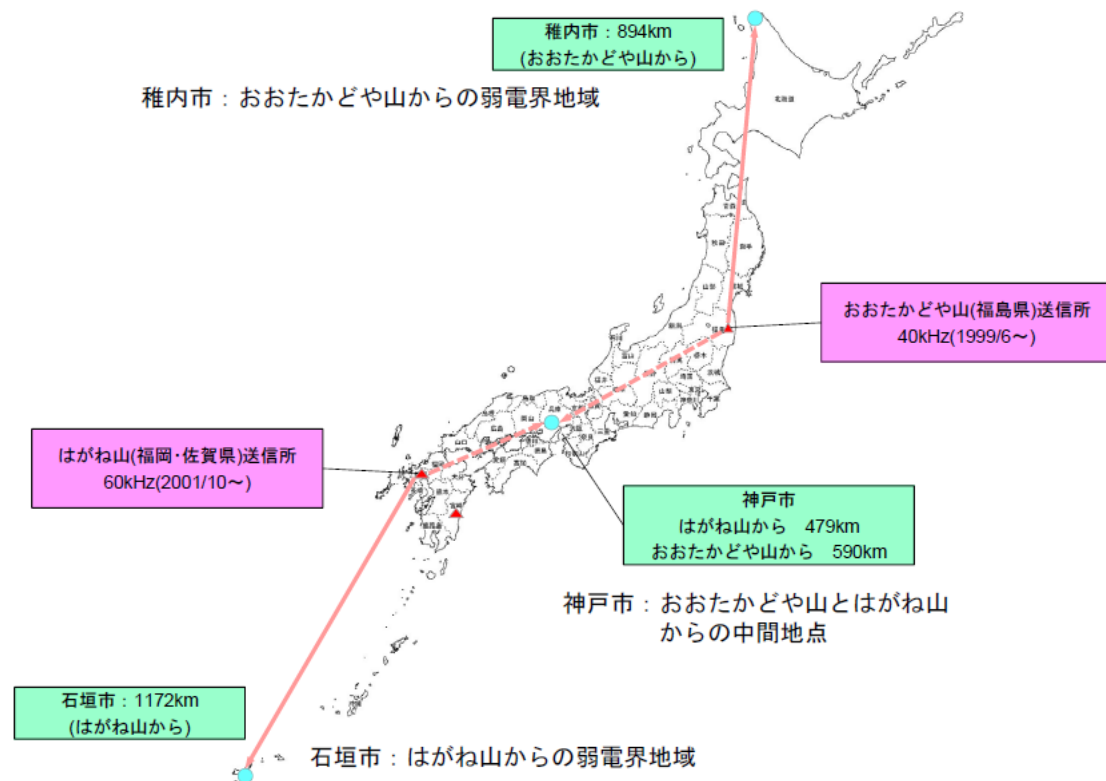


図 3. 2-4 標準電波の電界強度調査地点(NICT が公開しているシミュレーション実施地点)

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、以下の調査を行った。

- ・ おおたかどや山送信所のサービスエリア(送信所から $50 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ 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よ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した。
- ・ 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いて、ゴールデンタイムの受信電界強度を調査した。
- ・ 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いて、ゴールデンタイムの受信電界強度を調査した。

図 3. 2-5～図 3. 2-7 は、おおたかどや山標準電波(40 kHz)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 $50 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ 以上の電界強度が確保できていることが分かる。

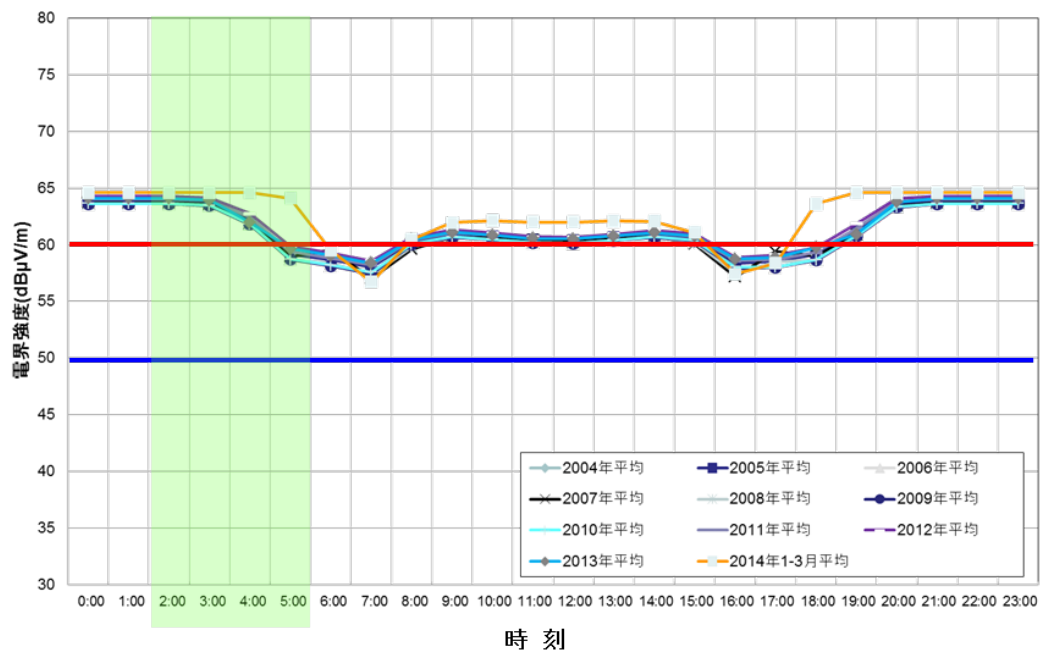


図 3.2-5 各時刻における電界強度のシミュレーション値（年平均値）
 送信所：おおたかどや山（40 kHz） 受信場所：稚内市

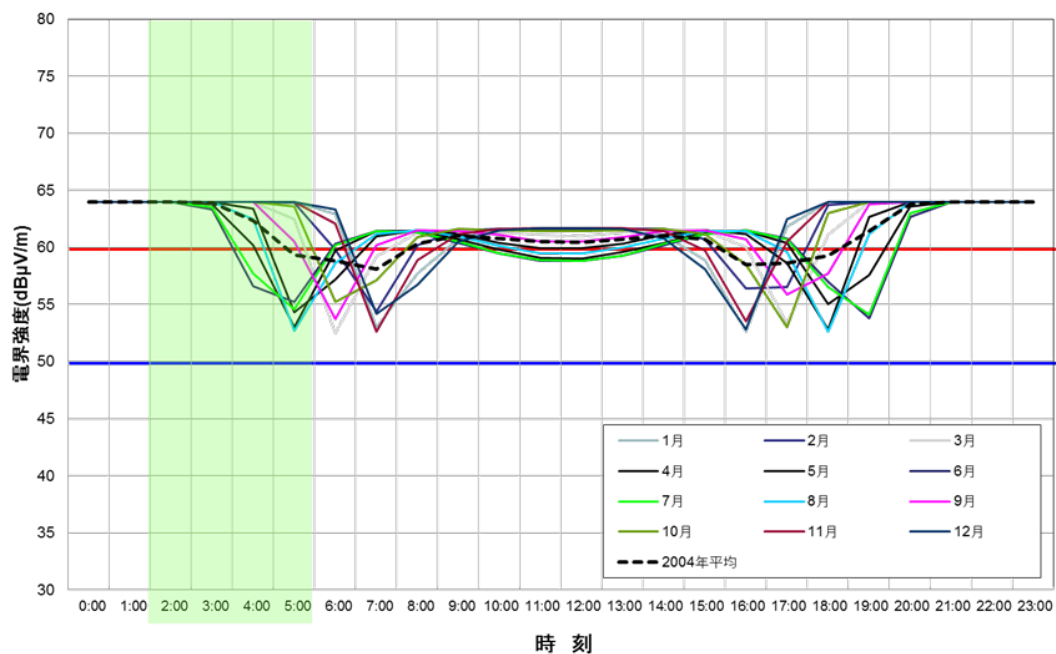


図 3.2-6 各時刻における電界強度のシミュレーション値（2004 年月平均値）
 送信所：おおたかどや山（40 kHz） 受信場所：稚内市

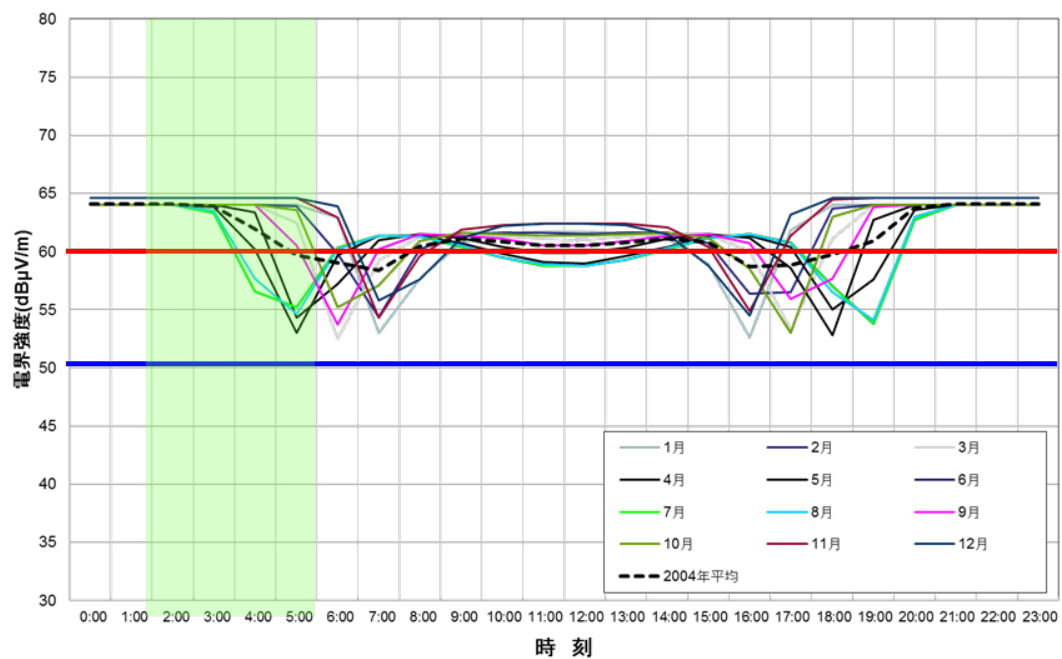


図 3.2-7 各時刻における電界強度のシミュレーション値（2013 年月平均値）
送信所：おおたかどや山（40 kHz） 受信場所：稚内市

図 3.2-8～図 3.2-10 は、はがね山標準電波（60 kHz）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 60 dB μ V/m 以上の受信電界強度が確保できている。

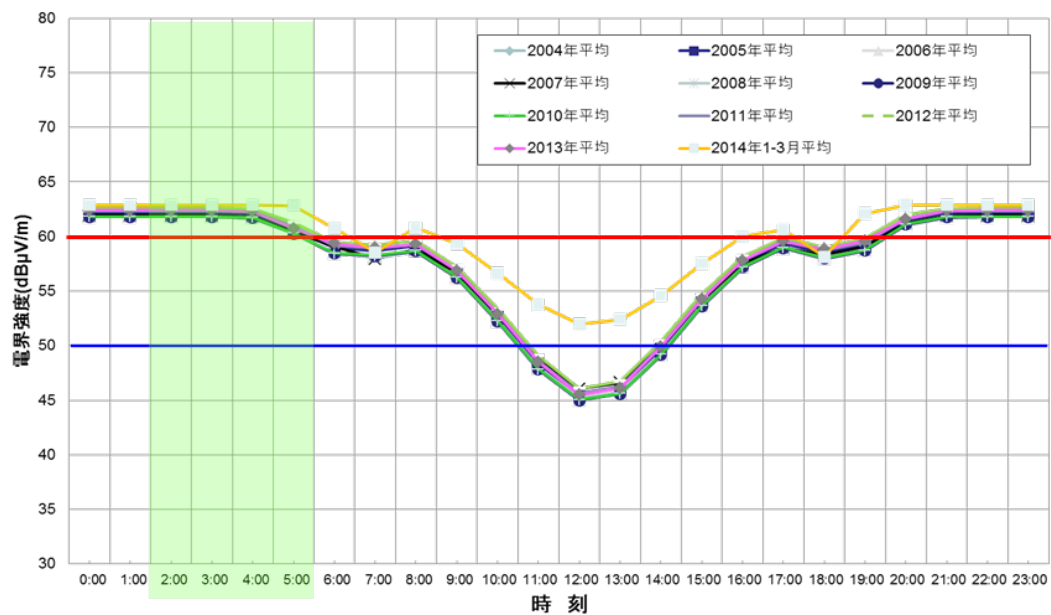


図 3.2-8 各時刻における電界強度のシミュレーション値（年平均値）
送信所：はがね山（60 kHz） 受信場所：石垣市

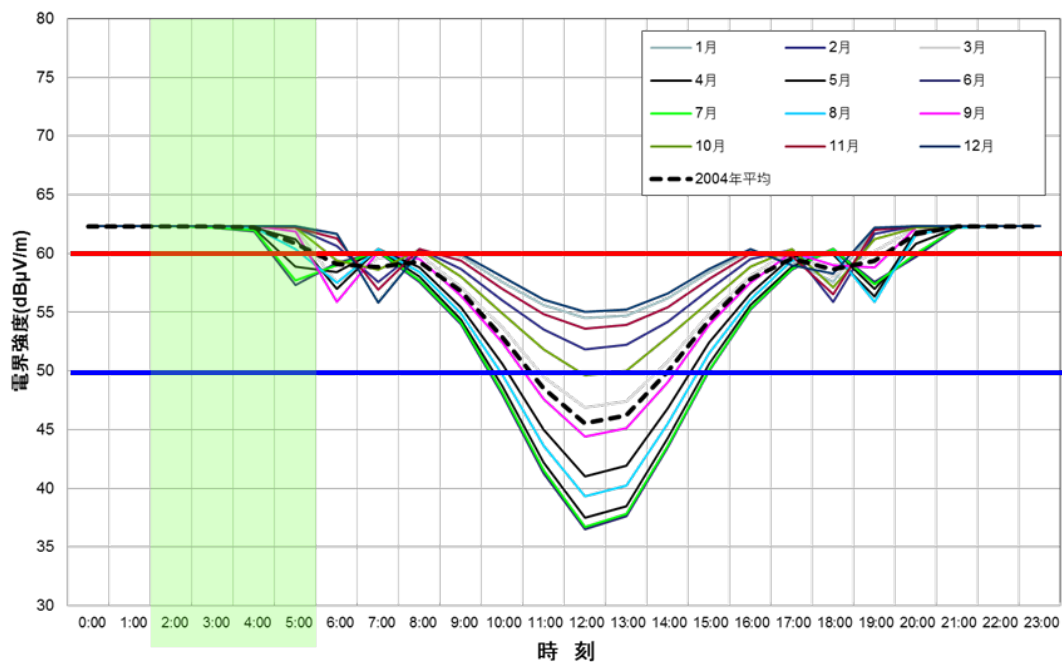


図 3.2-9 各時刻における電界強度のシミュレーション値（2004 年月平均値）
送信所：はがね山（60 kHz） 受信場所：石垣市

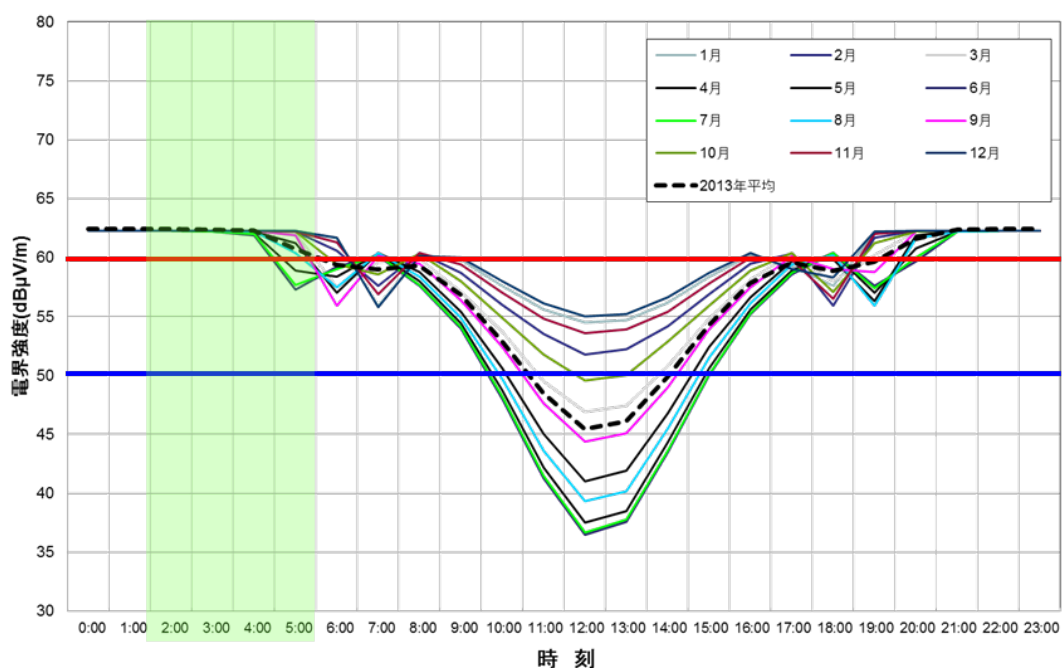


図 3.2-10 各時刻における電界強度のシミュレーション値（2013 年月平均値）

送信所：はがね山（60 kHz） 受信場所：石垣市

以上の結果から、おたかどや山（福島県：40 kHz）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、50 dB μ V/m 以上を確保できていることが分かる。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（60 kHz）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）におおむね 60 dB 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 50 dB μ V/m 以上を確保できている。

受信電界強度は常に変化しており、また、これらのデータは特定の位置におけるシミュレーションに基づくもので対象地域全ての電界強度値を担保するものではないが、受信電界強度の水準や変化傾向を判断する上で、十分に信頼性の高いデータであると評価できる。よって、調査結果に基づき、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 50 dB μ V/m、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 60 dB μ V/m として、干渉検討をすることが妥当であると判断した。

(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 3.2-11 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 値を大きくとることはデザインの制約もあり難しい。フィルタ回路は、一般的には水晶フィルタで構成され、各社の間に大きな差はない。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、許容干渉レベルは高い。

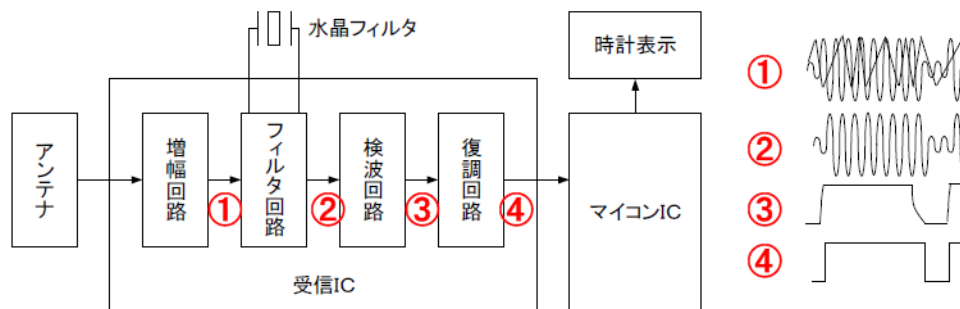


図 3.2-11 電波時計の標準的な受信システム

電波時計の許容干渉レベルを図 3.2-12 及び図 3.2-13 に示す。

希望波を $50 \text{ dB } \mu\text{V/m}$ 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 3.2-12 は、電気自動車用 WPT システムのうち 7.7 kW クラス（公共用）の漏えい電界を 10 m に換算し、電波時計の許容干渉レベルを重ねたもので、図 3.2-13 は、電気自動車用 WPT システムのうち 3 kW クラス（家庭用）の漏えい電界を 10 m 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。

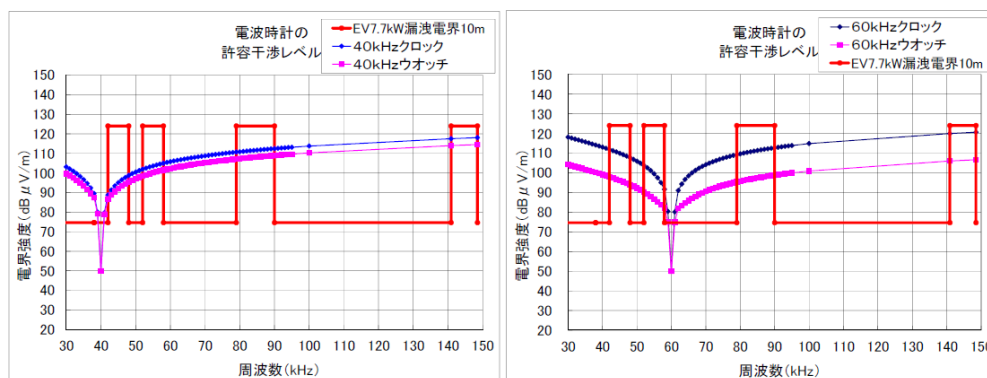


図 3.2-12 電波時計の許容干渉レベルと電気自動車用 WPT システム（ 7.7 kW クラス）による目標漏えい電界強度との関係

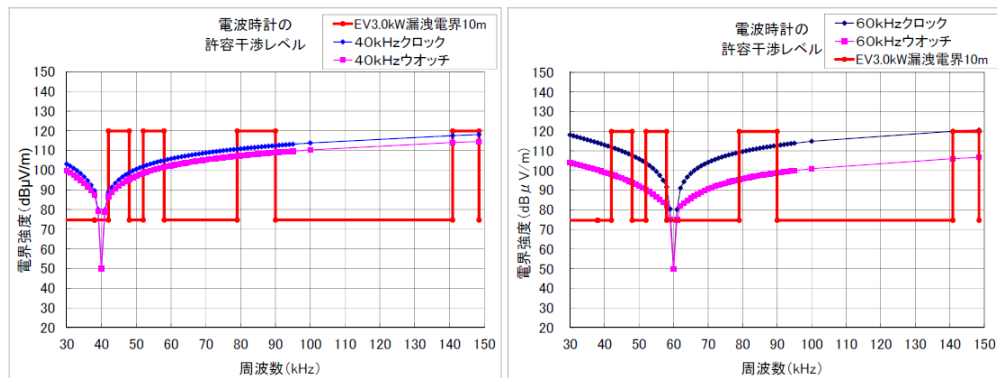


図 3.2-13 電波時計の許容干渉レベルと電気自動車用 WPT システム（家庭用）による目標漏えい電界強度との関係

3.2.1 電気自動車用 WPT システム

(1) 検討の進め方

電波時計との周波数共用検討の進め方は、以下のとおりである。

- 電波時計の最小受信感度は、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 $50 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ 又ははがね山標準電波送信所からの $60 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ 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 システムの電力伝送波は、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帯域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帯域外への WPT 基本波の影響を対象とした。
- 所要離隔距離の基準は、CISPR 上の「住宅環境」において、10 m 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、10 m とした。

(2) 干渉検討モデル

WPT システムが図 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 基準とした。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 3. 2. 1-1 電気自動車用 WPT システム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 3. 2. 1-1 に示す。

表 3.2.1-1 所要離隔距離の計算結果（電気自動車用 WPT システム）

【クロック】

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

【ウォッチ】

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

(4) 干渉緩和の方策等

上述のように、42 kHz～48 kHz、52 kHz～58 kHz、79 kHz～90 kHz 及び 140.91 kHz～148.5 kHz の全ての周波数帯で、所要離隔距離が 10 m を上回っている。

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) 電気自動車用 WPT システム（3 kW クラス（家庭用））による緩和

電気自動車用 WPT システムについては、図 3.1-2 から図 3.1-5 までに示すように、「3 kW クラス（家庭用）」と「7.7 kW クラス（公共用）」の 2 種類を想定している。

所要離隔距離の基準については、本節「(1) 検討の進め方」において、CISPR 上の「住宅環境」においては、10 m 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、10 m としたところであり、「3 kW クラス（家庭用）」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、「7.7 kW クラス（公共用）」については、より長い離隔距離が確保される環境での運用が一般的であると想定される。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「7.7 kW クラス（公共用）」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、一般家庭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 20 m 以上離隔した状態での運用がなされている。

「7.7 kW クラス（公共用）」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見込まれるため、電気自動車用 WPT システムのうち「7.7 kW クラス（公共用）」については、所要離隔距離が 20 m 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「3 kW クラス（家庭用）」に限定した場合、所要離隔距離は、表 3.2.1-2 のとおり算出される。

表 3.2.1-2 所要離隔距離の計算結果

(電気自動車用 WPT システムのうち 3 kW クラス (家庭用))

【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	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	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	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	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一般的であることから、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 システムについては、設計上 6 dB の余裕度が見込まれており、この値を適用した場合の所要離隔距離は、表 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 6 dB という設計上の余裕度が担保されるということではないが、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であると考えられる。

表 3.2.1-3 所要離隔距離の計算結果

(電気自動車用 WPT システムのうち 3 kW クラス (家庭用)) (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	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	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	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	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) 42 kHz 以上 48 kHz 以下

干渉緩和要素を考慮した場合であっても、表 3.2.1-3 より所要離隔距離が最小で「28.4 m」となっており、所要離隔距離の基準である「10 m」を大きく超過している。

(イ) 52 kHz 以上 58 kHz 以下

干渉緩和要素を考慮した場合であっても、表 3.2.1-3 より所要離隔距離が最小で「22.9 m」となっており、所要離隔距離の基準である「10 m」を大きく超過している。

(ウ)79 kHz 以上 90 kHz 以下

電気自動車用 WPT システムのうち「7.7 kW クラス (公共用)」については、表 3.2.1-1 より所要離隔距離が最小で「20.4 m」となっている。

上述のとおり、現在運用されている有線の電気事業者の充電器のうち、急速充電器に相当する「7.7 kW クラス (公共用)」については、電気自動車用 WPT システムの普及推進を担う業界団体等により「一般の住宅環境では運用せず事業者のみが設置する」及び「設置の際に一般の住宅環境から 20 m 以上の離隔距離をもって運用する」ことが担保されれば、共用条件を満たすものと考えられる。

また、将来、「7.7 kW クラス (公共用)」の漏えい電界強度を「3 kW クラス (家庭用)」の漏えい電界強度以下に低減できる場合には、下記のとおり共用条件を満たすものと考えられる。

電気自動車用 WPT システムのうち「3 kW クラス (家庭用)」については、干渉緩和要素を考慮した場合に、表 3.2.1-3 より所要離隔距離が最小で「13.9 m」となっており、所要離隔距離の基準である「10 m」を超過している。しかし、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 3.2.1-3 より「11.3 m」となる。

この場合でも、目標値である「10 m」を超過しているが、電気自動車用 WPT システムは、利用時間帯が電波時計の受信時間帯と重なるとは必ずしも限らないこと、電波時計の受信指向性の最大方向と WPT システムの基本波の到来方向が一致するとは必ずしも限らな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、WPT システムの取扱説明書や製品本体等に「電波時計への混信妨害の可能性がある」旨を明示し、消費者への注意喚起を行うことにより干渉回避が可能となるものと考えられる。

また、所要離隔距離が基準である「10 m」を超過していることを踏まえ、WPT システムの基本波の漏えい電界強度を低減させるための研究開発が推進されることも期待される。

これらを総合的に判断し、79 kHz 以上 90 kHz 以下については、共用条件を満たすものと考えられる。

(エ)140.91 kHz 以上 148.5 kHz 以下

電気自動車用 WPT システムのうち「7.7 kW クラス (公共用)」については、表 3.2.1-1 より所要離隔距離が最小で「17.8 m」となっている。現在運用されている有線の電気事業者の充電器のうち、急速充電器に相当する「7.7 kW クラス (公共用)」については、電気自動車用 WPT システムの普及推進を担う業界団体等によって、「一般の住宅環境では運用せず事業者のみが設置する」及び「設置の際に一般の住宅環境から

20 m 以上の離隔距離をもって運用する」ことが担保されれば、共用条件を満たすものと考えられる。

また、将来、「7.7 kW クラス（公共用）」の漏えい電界強度を「3 kW クラス（家庭用）」の漏えい電界強度以下に低減できる場合には、共用条件を満たすものと考えられる。

電気自動車用 WPT システムのうち「3 kW クラス（家庭用）」については、干渉緩和要素を考慮した場合に、表 3.2.1-3 より所要離隔距離が最小で「12.1 m」となっており、所要離隔距離の基準である「10 m」を超過している。しかし、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 3.2.1-3 より「8.9 m」となる。この場合には、所要離隔距離の基準である「10 m」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重なるとは必ずしも限らないこと、電波時計の受信指向性の最大方向と電気自動車用 WPT システムの基本波の到来方向が一致するとは必ずしも限らな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、WPT システムの取扱説明書や製品本体等に「電波時計への混信妨害の可能性はある」旨を明示し、消費者への注意喚起を行うことにより干渉回避が可能となるものと考えられる。

また、所要離隔距離が基準である「10 m」を超過していることを踏まえ、WPT システムの基本波の漏えい電界強度を低減させるための研究開発が推進されることも期待される。

これらを総合的に判断し、140.91 kHz 以上 148.5 kHz 以下については、共用条件を満たすものと考えられる。

3.2.2 家電機器用 WPT システム②（家庭・オフィス機器）

本節の内容については、平成 27 年 1 月 21 日付け電波利用環境委員会報告 3.2.2 節 家電機器用 WPT システム②（家庭・オフィス機器）を参照のこと。

3.3 列車無線等：信号保安設備との共用検討

列車無線等との周波数共用検討は、鉄道の安全・安定運行のために本検討の対象周波数域を使用している信号保安設備と誘導式列車無線を対象として検討を行った。本節では、信号保安設備との共用検討について述べる。誘導式列車無線との共用検討については、次節（3.4）で述べる。

なお、3.3 節及び 3.4 節における列車無線（信号保安設備及び誘導無線）との共用検討にあたり、数値計算に用いたパラメータにはマージンを見込んでいるため、実際の環境に対してより安全側となる条件が導出されている。このため、共用検討の結果が、実際の環境における WPT システムからの干渉影響の実態を直ちに表すものではない。

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 システム、家電機器用 WPT システム②及び家電機器用 WPT システム③である。（注）

注：家電機器用 WPT システム②及び家電機器用 WPT システム③との周波数共用検討の結果については、平成 27 年 1 月 21 日付け電波利用環境委員会報告を参照。

(1) 信号保安設備の概要

信号保安設備は、列車運行の安全を確保するための最も基本的な設備である。信号保安設備には、微小な高周波電流や密な電磁的な結合を用いて、列車の在線検知、信号機や速度制限に対する防護、力行・ブレーキの制御を行っているものがある。本検討では、各種の信号保安設備のうち、以下の装置を調査検討の対象とした。

- ・ATS 装置：自動列車停止装置（信号機、速度制限に対する防護）
- ・ATC 装置：自動列車制御装置（ブレーキ制御）
- ・ATO 装置：自動列車運転装置（力行・ブレーキ制御）
- ・TD 装置：列車の在線を検知する装置
- ・列車選別装置：急緩種別により踏切を制御する装置
- ・踏切装置：踏切鳴動のための列車検知、障害物検知を行う装置
- ・その他装置：車軸による列車検知、速度検知装置等

上述の装置が許容できる強度以上の電磁的な干渉を受けた場合、列車の誤検知や見逃し、速度情報の誤り等といった事象に至り、列車の安全運行を阻害するおそれがある。

(2) WPT 利用周波数域における信号保安設備の利用状況

WPT システムが使用を予定している周波数域を対象として、(1)で検討対象とした各装置が使用している周波数を調査した。調査結果を図 3.3-1 に示す。

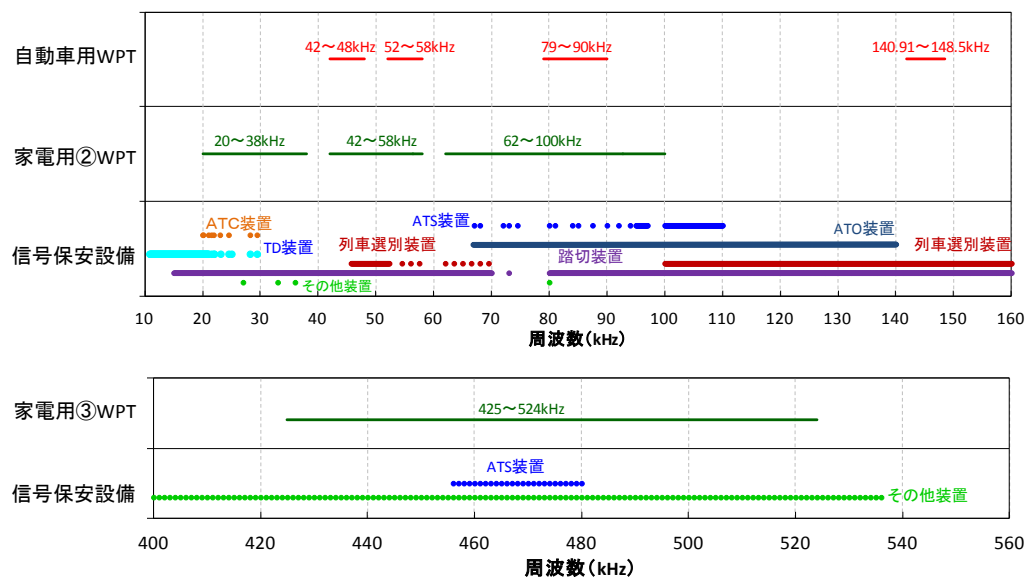


図 3. 3-1 WPT システムの利用周波数と信号保安設備の利用周波数との関係

図 3. 3-1 に示したように、WPT システムの利用周波数域は、信号保安設備の使用帯域と重複している。したがって、共用を図るためには、WPT システムの放射磁界と信号保安設備の妨害許容値との関係（レベル差）を求め、いかなる状況においても干渉を与えない所要離隔距離を求めることが技術的には必要となる。

(3) 信号保安設備の耐妨害特性

(2)の調査結果を踏まえ、信号保安設備の耐妨害特性の調査を行った。信号保安設備には、JIS E 3005（変周式自動列車停止装置の試験方法）のように 1 m×1 m の 1 ターンループコイルに流れる妨害電流値として、耐妨害特性を規定できるもの（以下「Type A」装置という。）と、軌道回路のようにレール自体に流れる妨害電流値として、耐妨害特性を規定しているもの（以下「Type B」装置という。）がある。信号保安設備の妨害許容値の調査結果を表 3. 3-1 に示す。また、Type A 装置の耐妨害特性を図 3. 3-2 に示す。

表 3. 3-1 及び図 3. 3-2 は、調査対象とした各種の信号保安設備ごとの妨害許容値（実際に装置が誤動作する強度に対して 6 dB のマージンを含む値）のうち、最も小さい値（最も妨害に弱い装置の値）を抽出したものである。

表 3.3-1 信号保安設備の妨害許容値

WPT システムの利用周波数帯域区分	WPT システムの用途	信号保安設備の妨害許容値	
		①「Type A」装置 (1 m×1 m の 1 ターンループ コイルに流れる妨害電流値)	②「Type B」装置 (レールに流れる妨害電流 値)
20.05 kHz～38 kHz	家電機器用②	6 mA	0.18 mA
42 kHz～44 kHz 45 kHz～48 kHz	電気自動車用	25 mA 8.6 mA	なし
49 kHz～51 kHz	家電機器用②	8.6 mA	10 mA (①より強耐性のため無視)
52 kHz～58 kHz	電気自動車用	7.4 mA	なし
62 kHz～78 kHz	家電機器用②	5.8 mA	1.5 A (①より強耐性のため無視)
79 kHz～90 kHz	電気自動車用	5.8 mA	170 mA (①より強耐性のため無視)
91 kHz～100 kHz	家電機器用②	6.3 mA	170 mA (①より強耐性のため無視)
140.91 kHz～148.5 kHz	電気自動車用	7.5 mA	なし
425 kHz～524 kHz	家電機器用③	6.3 mA (車上子)	なし
425 kHz～524 kHz	家電機器用③	0.35 mA (地上子)	なし

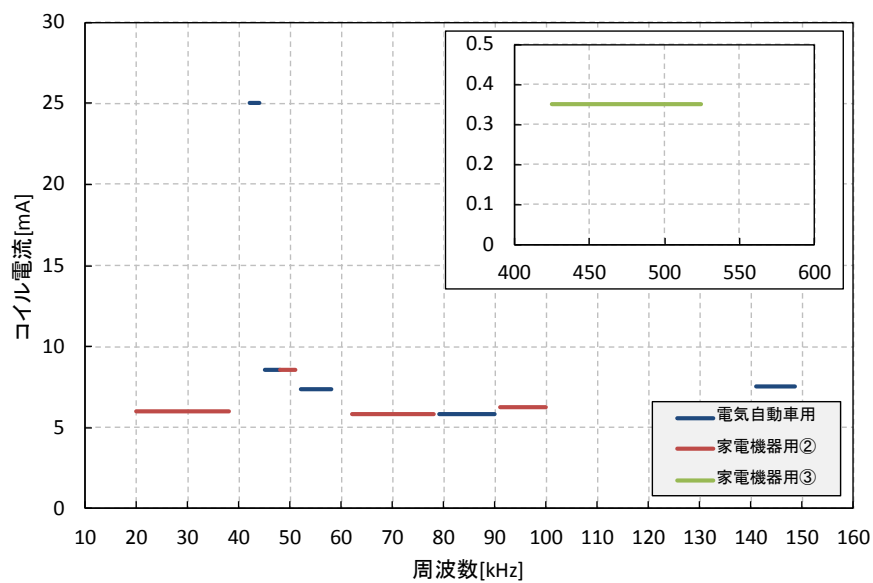


図 3.3-2 信号保安設備（「Type A」装置）の妨害許容値

以下で述べる個々の WPT システムとの共用に関する具体的な検討に当たっては、表 3.3-1 に示した妨害許容値に基づいて、所要離隔距離を求めることとした。

3.3.1 電気自動車用 WPT システム

(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1 m×1 mの1ターンループコイルに電流を流し、信号保安設備に対し10 cmの距離に近づけたときに、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耐妨害特性とし、さらに耐妨害特性に対し6 dBのマージンを考慮した妨害許容値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システム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てグラフ化し、電気自動車用WPTシステム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、WPTシステム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システムについては、「家庭用WPT」及び「公共用WPT」の2種類を想定している。

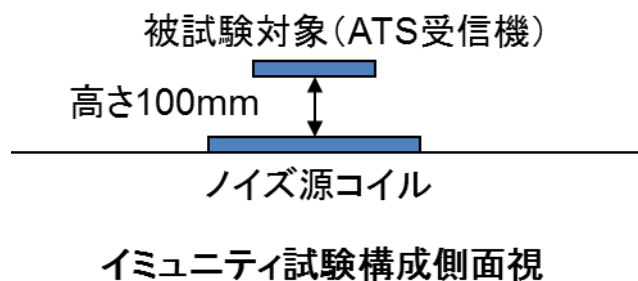


図 3.3.1-1 ノイズ源 1 ターンループコイルと信号保安設備との位置関係

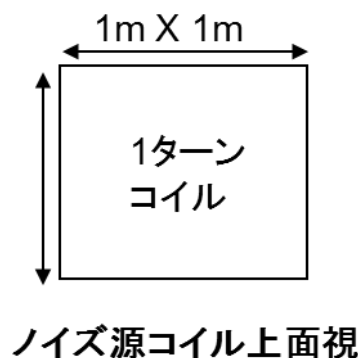


図 3.3.1-2 ノイズ源 1 ターンループコイルサイズ

(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。

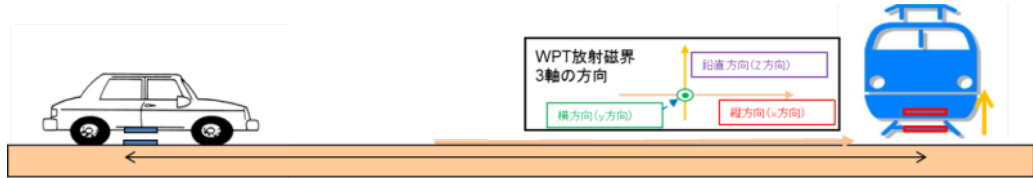


図 3.3.1-3 電気自動車用 WPT システムと信号保安設備の干渉検討モデル 1

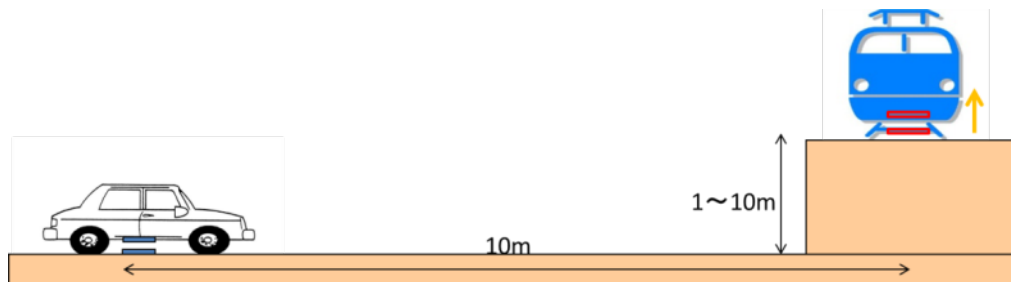


図 3.3.1-4 電気自動車用 WPT システムと信号保安設備の干渉検討モデル 2

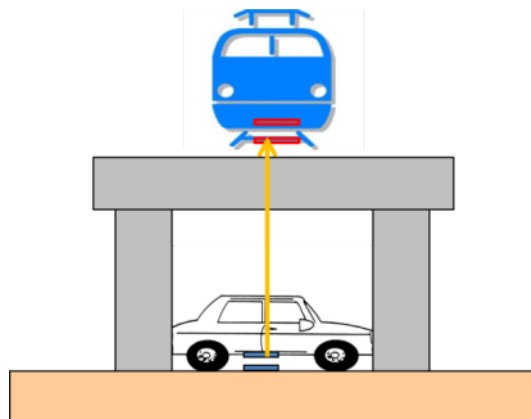


図 3.3.1-5 電気自動車用 WPT システムと信号保安設備の干渉検討モデル 3

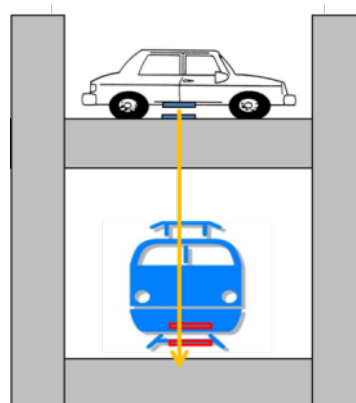


図 3.3.1-6 電気自動車用 WPT システムと信号保安設備の干渉検討モデル 4

(3) 干渉計算

信号保安設備の許容干渉レベルとしては、表 3.3-1 に示した「Type A 装置」に対する 1 ターンループコイルに流れる妨害電流値（妨害許容値）を採用した。使用した値を表 3.3.1-1 に再掲する。

干渉計算における判断基準の一つの目安として、建築限界との比較を行っている。建築限界とは、鉄道車両が安全に線路を走行できるよう、鉄道車両と建造物等との接触を防ぐために設定されている空間であり、鉄道事業者では、建築限界内に建造物等が入らないよう、日常的に管理を行っている。建築限界の大きさは鉄道事業者や路線によって異なり、1.5 m や 1.8 m といった値が設定されている場合があるが、ここでは、JR の在来線で一般的に用いられている建築限界の値を使用した。線路直角方向の距離は軌間中心から 1.9 m、線路垂直方向の距離は直流電化区間ではレール面より上方 4.9 m、非電化区間ではレール面より上方 4.3 m である。

表 3.3.1-1 信号保安設備の許容干渉レベル

周波数 (kHz)	1 ターンループコイル に流れる電流 (mA)
42-44	25
45-48	8.6
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 システムの干渉検討モデル 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 3.3.1-7 に、シミュレーション条件を表 3.3.1-2 に示す。

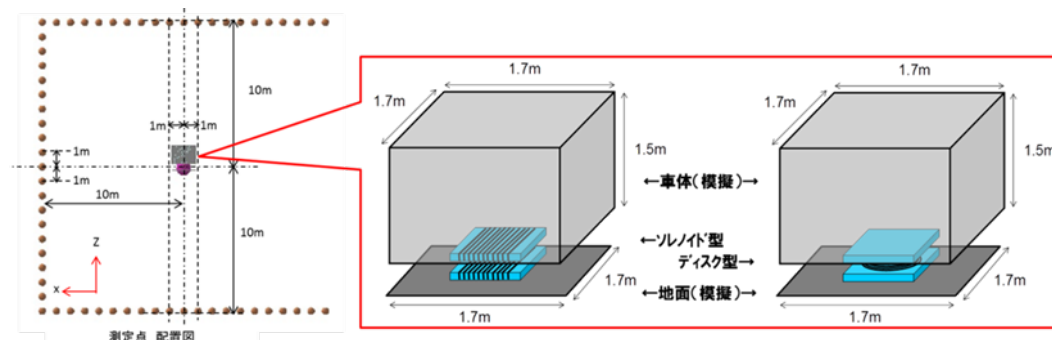


図 3.3.1-7 シミュレーション概略図

表 3.3.1-2 シミュレーションパラメータ

条件：

周波数：85 kHz

出力電力：3.3 kW

位置ずれ：正対

Gap：線間 Gap 165 mm

ユニット蓋間 Gap 150 mm

解析ツール：EMCstudio

車体サイズ：1.7 m×1.7 m×1.5 m (L×W×H)

車体材料：完全導体 (PEC)

地面サイズ：1.7 m×1.7 m

地面材料：完全導体 (PEC)

シミュレーション結果を、図 3.3.1-8、図 3.3.1-9、図 3.3.1-10、図 3.3.1-11 に示す。

平面（ディスク）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 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 6 m の方向が最も漏えい磁界が強くなっている。図 3.3.1-9 よりモデル 3 及び 4 の場合は、距離補正も含めると横方向 6 m の方向が最も漏えい磁界が強くなっている。

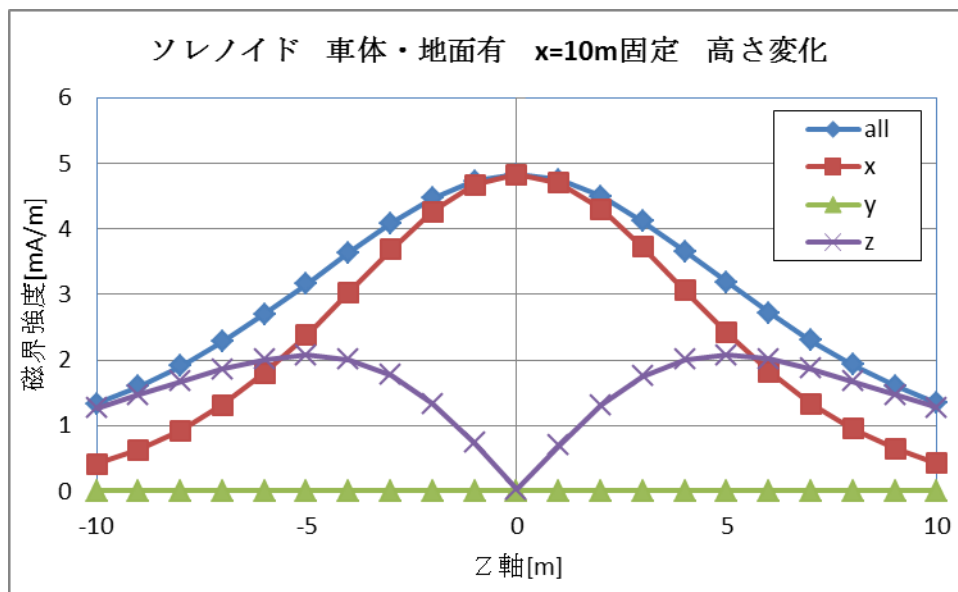


図 3.3.1-8 シミュレーション結果 1

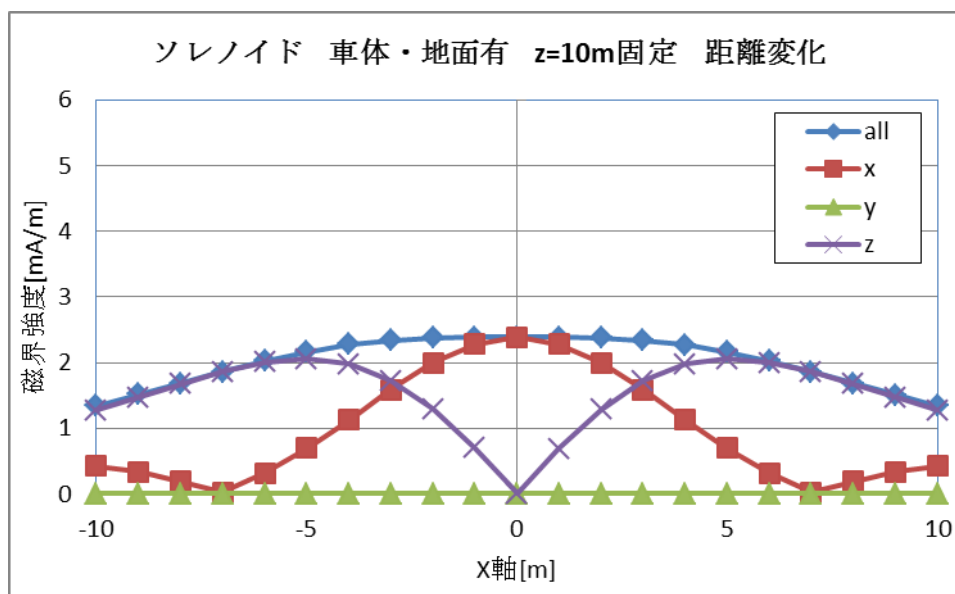


図 3. 3. 1-9 シミュレーション結果 2

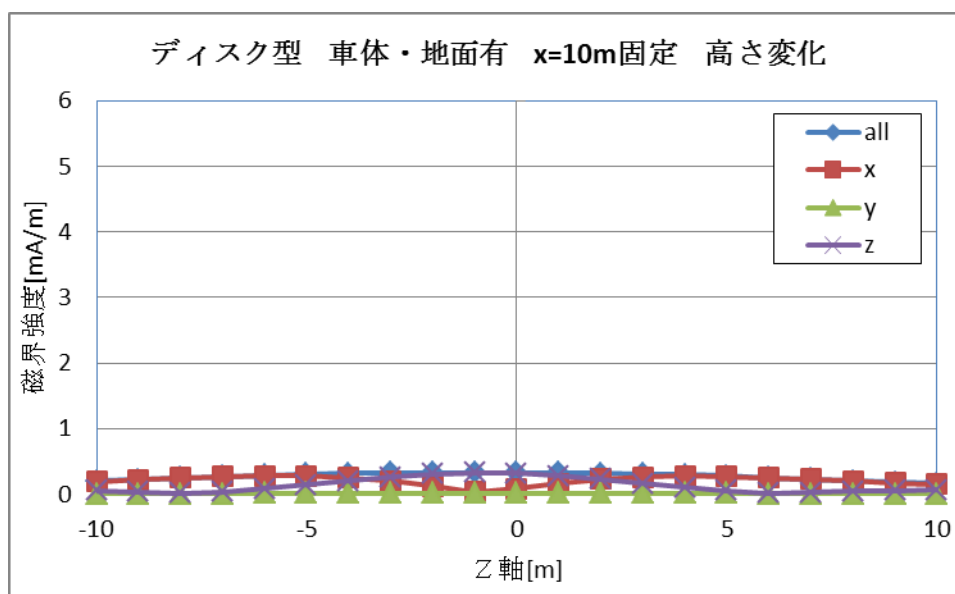


図 3. 3. 1-10 シミュレーション結果 3

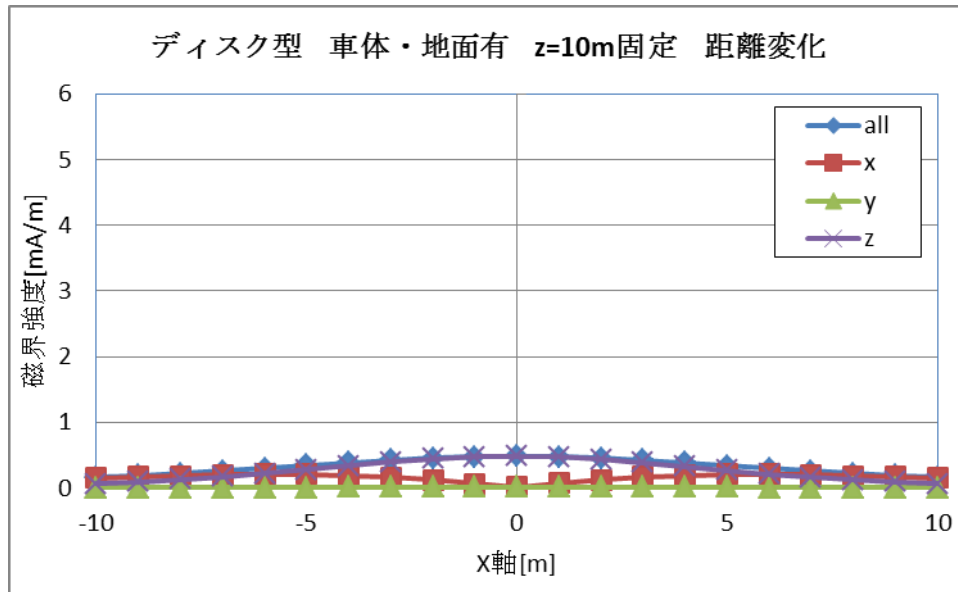


図 3. 3. 1-11 シミュレーション結果 4

モデル 1 では、図 3. 3. 1-8 の Z 軸 0 m 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高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 である。参照値に対して 47. 4 dB 磁界強度が低くなっており、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 3. 3. 1-8 より、高さ 6 m 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 磁界強度が低くなっている。

モデル 3 及び 4 では、図 3. 3. 1-9 より、横方向 6 m 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. 52 mA/m である。よって、参照値に対して 5. 6 dB 磁界強度が低くなっている。

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

シミュレーション結果を図 3. 3. 1-12 と図 3. 3. 1-13 に示す。いずれも最大 1. 6 mA/m (実効値) の磁界が発生している。

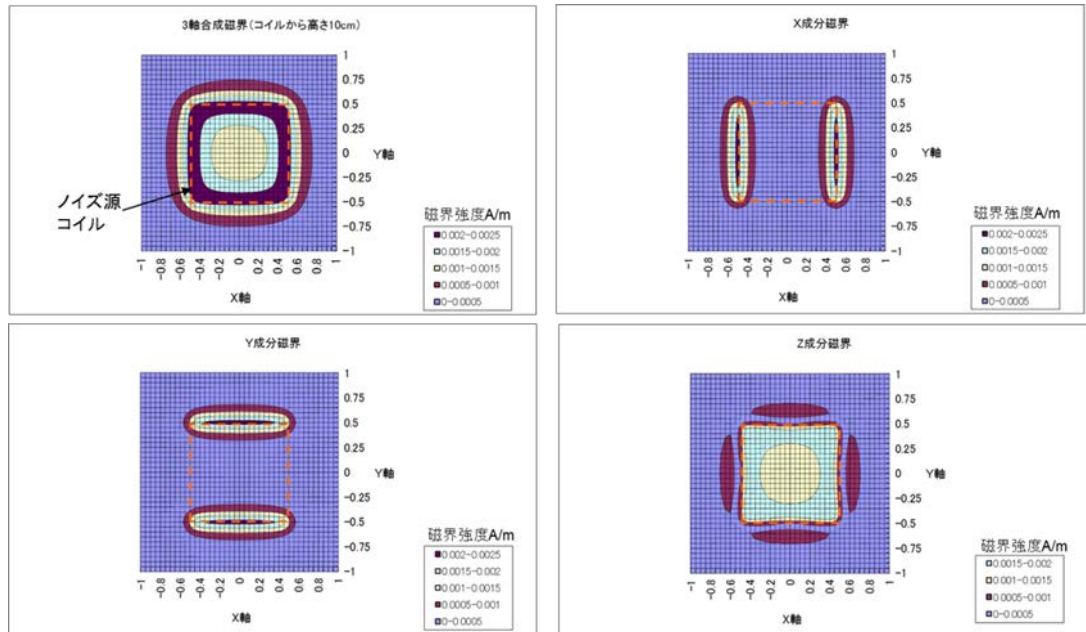


図 3. 3. 1-12 ノイズ源 1 ターンループコイルが生成する磁界強度 1

結論：解析結果は下図で、最大値は1.6[mA/m]

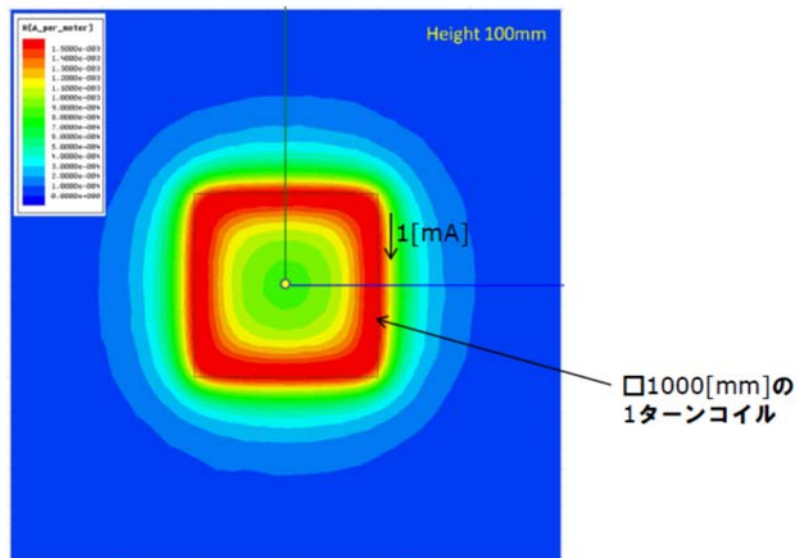


図1. コイルからの高さ100mmの平面内の
磁界強度の大きさコンター図

図 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 システム（公共用 WPT）の場合で、30 m 離れた場所の z 軸方向の漏えい磁界は $4.9 \mu\text{A/m}$ ($=13.9 \text{ dB } \mu\text{A/m} = 43.9-30.0$) 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 システム（家庭用 WPT）の場合で、30 m 離れた場所の z 軸方向の漏えい磁界は、 $3.1 \mu\text{A/m}$ ($=9.8 \text{ dB}\mu\text{A/m} = 39.8\text{--}30.0$) 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、信号保安設備の妨害許容値（実効値）と合わせて図 3.3.1-14 に示す。

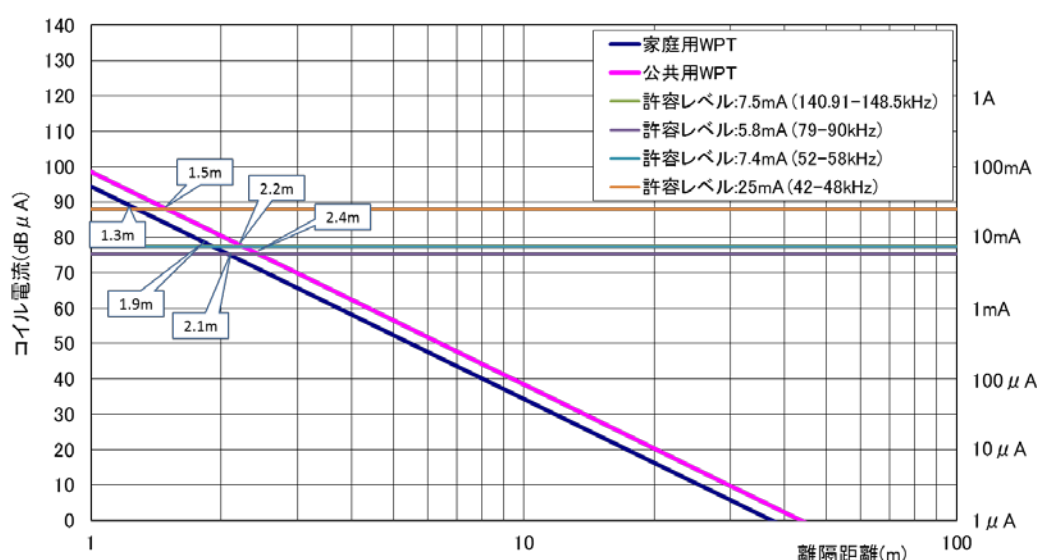


図 3.3.1-14 モデル 1 の場合の同一磁界強度になる離隔距離と 1 ターンループコイルに流す電流値の関係グラフ

図 3.3.1-14 から、電気自動車用 WPT システム（家庭用 WPT）との所要離隔距離は、42 kHz 以上 44 kHz 以下の帯域では 1.3 m、45 kHz 以上 48 kHz 以下の帯域では 1.9 m、52 kHz 以上 58 kHz 以下の帯域では 2.0 m、79 kHz 以上 90 kHz 以下の帯域では 2.1 m、140.91 kHz 以上 148.5 kHz 以下の帯域では 1.9 m であることが分かる。

図 3.3.1-14 から、電気自動車用 WPT システム（公共用 WPT）との所要離隔距離は、42 kHz 以上 44 kHz 以下の帯域では 1.5 m、45 kHz 以上 48 kHz 以下の帯域では 2.2 m、52 kHz 以上 58 kHz 以下の帯域では 2.3 m、79 kHz 以上 90 kHz 以下の帯域では 2.5 m、140.91 kHz 以上 148.5 kHz 以下では 2.3 m であることが分かる。

この結果のうち、電気自動車用 WPT システム（家庭用 WPT）を 79 kHz 以上 90 kHz 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 3.3.1-15 に示す。建築限界の 1.9 m に対して 0.2 m 超えている。

モデル 1 (3 kW クラス: 79 kHz~90 kHz)

所要離隔距離 2.1 m
水平距離 2.1 m

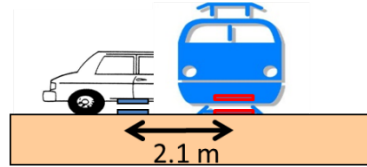


図 3. 3. 1-15 モデル 1 の場合の所要離隔距離の関係図

同様に、モデル 2、3 及び 4 のときの電気自動車用 WPT システム（公共用 WPT）の場合で、30 m 離れた場所の z 軸方向の漏えい磁界は、 $82.2 \mu\text{A/m}$ ($=38.3 \text{ dB } \mu\text{A/m}$ $=43.9-5.6$) 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 システム（家庭用 WPT）の場合で、30 m 離れた場所の z 軸方向の漏えい磁界は、 $51.3 \mu\text{A/m}$ ($=34.2 \text{ dB } \mu\text{A/m}$ $=39.8-5.6$) 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、信号保安設備の妨害許容値（実効値）と併せて図 3. 3. 1-16 に示す。

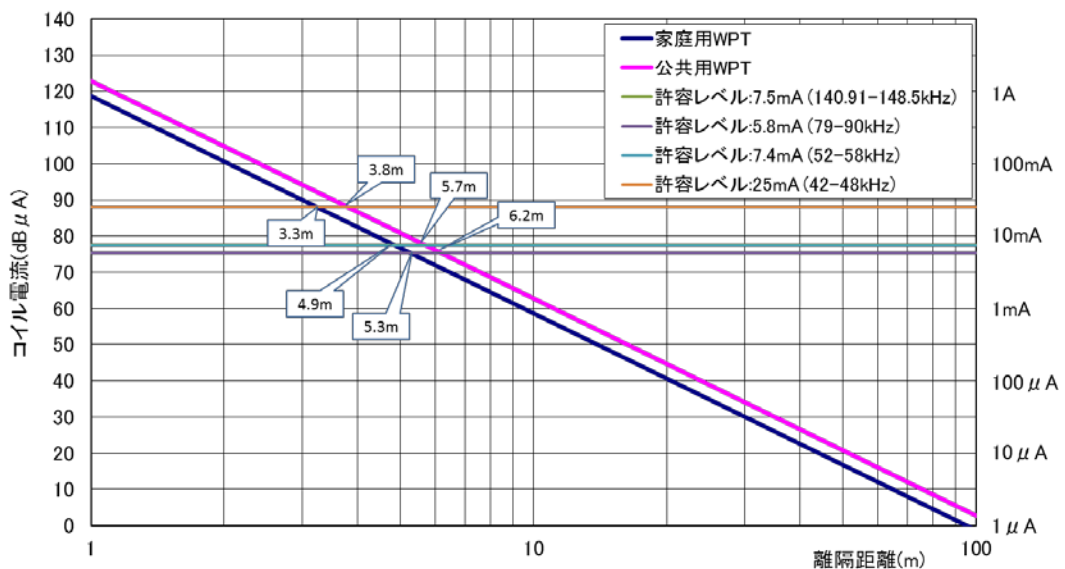


図 3. 3. 1-16 モデル 2、3 及び 4 の場合の同一磁界強度になる離隔距離と 1 ターンループコイルに流す電流値の関係グラフ

図 3. 3. 1-16 から、電気自動車用 WPT システム（家庭用 WPT）との所要離隔距離は、42 kHz 以上 44 kHz 以下の帯域では 3. 3 m、45 kHz 以上 48 kHz 以下の帯域では 4. 7 m、52 kHz 以上 58 kHz 以下の帯域では 4. 9 m、79 kHz 以上 90 kHz 以下の帯域では 5. 4 m、140. 91 kHz 以上 148. 5 kHz 以下の帯域では 4. 9 m であることが分かる。

図 3. 3. 1-16 から、電気自動車用 WPT システム（公共用 WPT）との所要離隔距離は、42 kHz 以上 44 kHz 以下の帯域では 3. 9 m、45 kHz 以上 48 kHz 以下の帯域では 5. 5 m、52 kHz 以上 58 kHz 以下の帯域では 5. 8 m、79 kHz 以上 90 kHz 以下の帯域では 6. 3 m、140. 91 kHz 以上 148. 5 kHz 以下の帯域では 5. 7 m であることが分かる。

この結果のうち、電気自動車用 WPT システム（家庭用 WPT）を 79 kHz 以上 90 kHz 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 3. 3. 1-17、図 3. 3. 1-18 及び図 3. 3. 1-19 に示す。

モデル 2 (3 kW クラス: 79 kHz～90 kHz)

所要離隔距離 5.3 m
水平距離 4.6 m

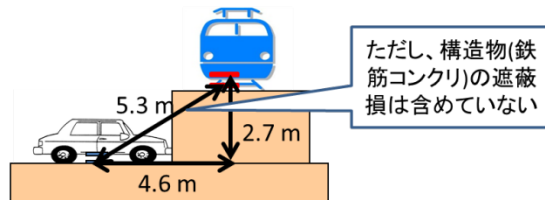


図 3. 3. 1-17 モデル 2 の場合の所要離隔距離の関係図

モデル 3 (3 kW クラス: 79 kHz～90 kHz)

所要離隔距離 5.3 m
高さ距離 4.6 m

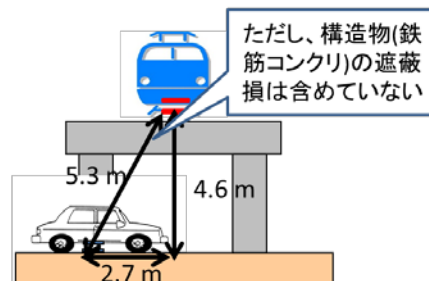


図 3. 3. 1-18 モデル 3 の場合の所要離隔距離の関係図

モデル 4 (3 kW クラス: 79 kHz～90 kHz)

所要離隔距離 5.3 m
高さ距離 4.6 m

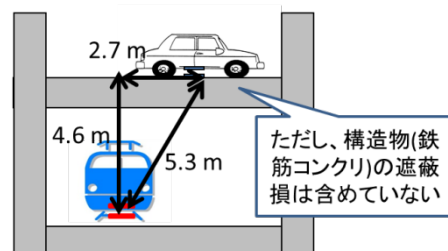


図 3. 3. 1-19 モデル 4 の場合の所要離隔距離の関係図

(4) 検討結果

電気自動車用 WPT システムと信号保安設備との共用条件の机上検討に当たっては、鉄筋コンクリート等の干渉を遮るものがない状態を想定して、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 システム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 システムを置くことができない位置である）。

(ア) 42 kHz 以上 44 kHz 以下

電気自動車用 WPT システム（家庭用 WPT）の場合、信号保安設備に影響を与えない最小の離隔距離は、3.3 m である。

電気自動車用 WPT システム（公共用 WPT）の場合、信号保安設備に影響を与えない最小の離隔距離は、3.9 m である。

(イ) 45 kHz 以上 48 kHz 以下

電気自動車用 WPT システム（家庭用 WPT）の場合、信号保安設備に影響を与えない最小の離隔距離は、4.7 m である。

電気自動車用 WPT システム（公共用 WPT）の場合、信号保安設備に影響を与えない最小の離隔距離は、5.5 m である。

(ウ) 52 kHz 以上 58 kHz 以下

電気自動車用 WPT システム（家庭用 WPT）の場合、信号保安設備に影響を与えない最小の離隔距離は、4.9 m である。

電気自動車用 WPT システム（公共用 WPT）の場合、信号保安設備に影響を与えない最小の離隔距離は、5.8 m である。

(エ) 79 kHz 以上 90 kHz 以下

電気自動車用 WPT システム（家庭用 WPT）の場合、信号保安設備に影響を与えない最小の離隔距離は、5.4 m である。

電気自動車用 WPT システム（公共用 WPT）の場合、信号保安設備に影響を与えない最小の離隔距離は、6.3 m である。

(オ) 140.91 kHz 以上 148.5 kHz 以下

電気自動車用 WPT システム（家庭用 WPT）の場合、信号保安設備に影響を与えない最小の離隔距離は、4.9 m である。

電気自動車用 WPT システム（公共用 WPT）の場合、信号保安設備に影響を与えない最小の離隔距離は、5.7 m である。

以上の検討結果から明らかなように、現在の目標漏えい電界強度では、上述の離隔距離が必要であり、一つの判断基準の目安である建築限界（1.5 m～1.9 m）を超えている。ここまでの机上検討結果からは、所要離隔距離を鉄道事業者が管理できる用地内とするためには、WPT システムから放射される磁界強度を 30 dB 以上減衰させる必要がある。ここまでの机上検討結果を確認するための検証実験を行った上で、目標漏えい電界強度を下げるなどの検討を引き続き行うべきと考えられる。

(5) 継続検討の進め方

これまでの 4 周波（42 kHz～48 kHz、52 kHz～58 kHz、79 kHz～90 kHz、140.91 kHz～148.5 kHz）での検討の結果及び他システムとの共用検討の結果から、42 kHz～48 kHz 及び 52 kHz～58 kHz の場合は、電波時計との所要離隔距離は基準値の 10 m を大きく上回ることで、140.91 kHz～148.5 kHz の場合は、鉄道誘導無線への混信妨害が基準値を大きく上回ることで及び対象となる鉄道設備数が多いことを確認したが、引き続き実施した継続検討では、これらの検討結果や周波数特定に関する国際的な動向を考慮し、他システムと共用可能性がありかつ欧米と周波数ハーモナイズも可能な帯域である 79 kHz～90 kHz のみを対象として検討を行った。

これまでの共用検討においては、欧米でのコイルタイプが全く未定であったため、漏えい磁界強度の大きいソレノイド型でも共用できる条件を検討するという方針で実施してきたが、IEC TC69/PT61980 や SAE J2954TF など国際標準化団体でのコイルタイプの統一化の検討状況を考慮し、継続検討の実施に当たっては、ソレノイド型より漏えい磁界強度が低い平面型（ディスク型）を用いて検討を行った。なお、平面型（ディスク型）はソレノイド型に比べてより漏えい磁界強度が低い方式であるため、コイルタイプによる変更で、これまでの共用検討の数値が悪化することはない。

WPT システムから発する漏えい電波については、これまで離隔距離 30 m での漏えい磁界強度で定義していたが、1 月 21 日付け電波利用環境委員会報告書においても、漏えい磁界強度の測定方法として離隔距離 10 m での測定方法を定義しており、本節以降においては、漏えい磁界強度は、10 m に換算した値である 68.4 dB μ A/m@10 m（3kW クラス：家庭用）及び 72.5dB μ A/m@10 m（7.7kW クラス：公共用）とする。

また、電気自動車用 WPT システムのうち、これまで電力 3 kW での利用を想定して

いた家庭用 WPT システムについては、関連技術の進展やコイルタイプの変更などにより、系統入力最大値を 7.7kW に引き上げた場合でも、3kW クラスの目標値としていた漏えい磁界強度 $68.4\text{dB}\mu\text{A/m}@10\text{m}$ 以下で運用できることが確認されたため、継続検討では、上記漏えい磁界強度の基準に基づく家庭用 WPT システムとして、系統入力最大値 3.7kW で漏えい磁界強度 $68.4\text{dB}\mu\text{A/m}@10\text{m}$ となるシステム（以下、本節(5)～(10)において「家庭用 3 kW クラス WPT」と記載）と系統入力最大値 7.7kW で漏えい磁界強度 $68.4\text{dB}\mu\text{A/m}@10\text{m}$ となるシステム（以下、本節(5)～(10)において「家庭用 7.7 kW クラス WPT」と記載）での検討を行った。それぞれの漏えい磁界強度を図 3.3.1-20 と図 3.3.1-21 に示す。

検討周波数及びコイルタイプ及び漏えい磁界強度以外は、これまでの検討手法を踏襲して実施した。

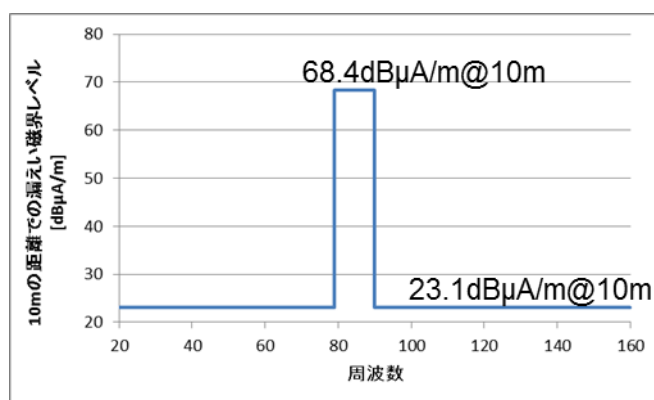


図 3.3.1-20 家庭用 3 kW クラス WPT の漏えい磁界強度

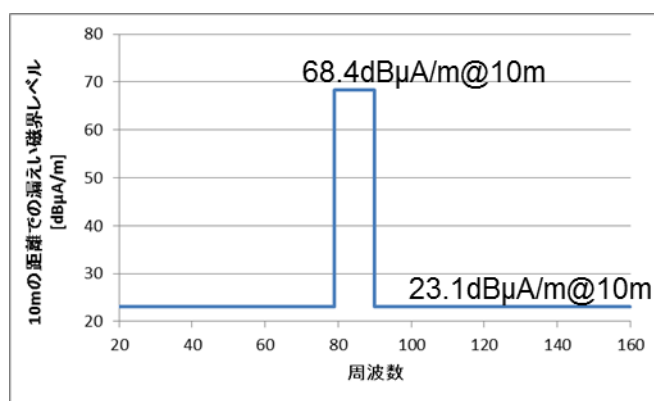


図 3.3.1-21 家庭用 7.7 kW クラス WPT の漏えい磁界強度

(6) 継続検討での干渉検討モデルと共用可否判断の考え方

これまでの検討では、WPT システムから発する漏えい電波を減衰させる鉄筋コンクリート等の遮へい物が何もない状態を想定して所要離隔距離を計算し、以下の条件

に基づき、共用の可否の検討を行っていた。

i) WPT システム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、鉄道事業者が管理できる用地内（干渉が起きる距離が、鉄道事業者の関与なく WPT システムを置くことができない位置である）。

それに対し継続検討では、所要離隔距離を計算するための手順の妥当性を実験によって検証した上で、実際の使用環境を考慮しつつ最悪条件での所要離隔距離を求めて検討を行うこととした。

さらに、WPT システムと信号保安設備が同一周波数域を使用することは不可避であることから、共用可否を判断するための条件についても見直し、以下のような条件としている。

・法的な規制等の制約条件を設けることなく許容できるか否かを判断するための条件は、信号保安設備に影響を与えない所要離隔距離(*1)を d_{int} 、鉄道事業者が関与しなければ WPT システムを設置することができない信号保安設備からの離隔距離を d_{acc} としたとき、以下の式を満足することとする。

$$d_{int} \leq d_{acc}$$

上記の条件が満足できない場合は、WPT システムシステムが信号保安設備から d_{int} 以内の距離の位置に設置されないようにするための措置を行う必要がある。

また、所要離隔距離の計算では、信号保安設備が誤動作する磁界強度に対して、6dB のマージンを加えた磁界強度になる距離として計算を行った。これは、これまでの検討と同じ考え方を踏襲している。

d_{int} 及び d_{acc} の計算の考え方は以下のとおりとした。

d_{int} : 実験によって検証できた手順に従い、シミュレーションによって算出

d_{acc} : 被干渉側信号保安設備が外側レールに相当する箇所に置かれることを想定し、実際に使用されている鉄道の建築限界及び軌間の値、構造物等の寸法を基に、典型的な値を定義して算出。さらに、自動車の寸法など、WPT システムを設置する上で制約となる寸法も考慮。

d_{acc} を計算するための目安となる建築限界及び軌間については、実際に使われている基準値の代表例を調査し（ただし全国を網羅したものではない）、 d_{acc} が安全側（最小）になると考えられる以下の値を設定した。

- ・ 建築限界の線路横断方向：全幅 3,000 mm（軌間の中心からの距離で 1,500 mm）
- ・ 建築限界の上部方向：レールレベルから 3,500 mm
- ・ 軌間：1,435 mm（軌間の中心からの距離で 717.5 mm $\approx$ 720 mm）
- ・ 構造物の厚み（覆工厚、桁高、巻厚など）：300 mm

継続検討で使用した干渉検討モデルは、3.3.1(2)に記載の干渉モデル 1、2 及び 3 はそのままとしたが、干渉検討モデル 4 に関しては、第 3 軌条方式と第 3 軌条方式以外で許容干渉レベルが最も低い信号保安設備が異なり、共用検討対象が変わるため、第 3 軌条方式と第 3 軌条方式以外とで場合分けを行っている。

干渉検討モデル 1 及び干渉検討モデル 2 の d_{acc} は、図 3.3.1-22 に示したとおり、（建築限界の線路横断方向の典型的な最小値の半分の値 1.5 m）－（軌間の典型的な最大値の半分の値 0.72 m）＋（自動車の寸法制約 0.75 m）の計算式で求めた値 1.53 m とした。

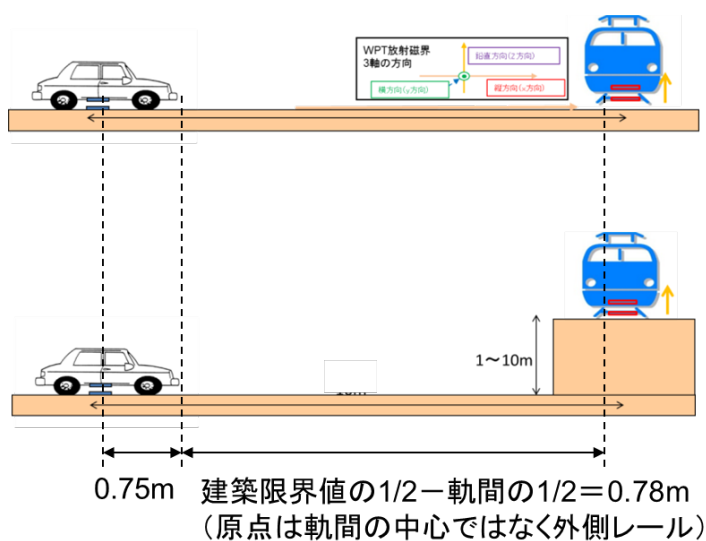


図 3.3.1-22 干渉検討モデル 1 及び干渉検討モデル 2 の d_{acc}

干渉検討モデル 3 の d_{acc} は、図 3.3.1-23 に示したとおり、（道路構造令 第 12 条で定める空頭高の値 3 m）＋（構造物の厚みの値 0.3 m）の計算式で求めた値 3.3 m とした。

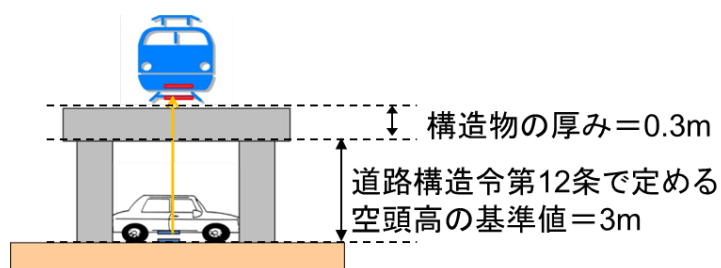


図 3.3.1-23 干渉検討モデル 3 の d_{acc}

干渉検討モデル 4 の d_{acc} は、図 3.3.1-24 に示したとおり、（建築限界の上部方向の

値 3.5 m) + (構造物の厚みの値 0.3 m) の計算式で求めた値 3.8 m とした。

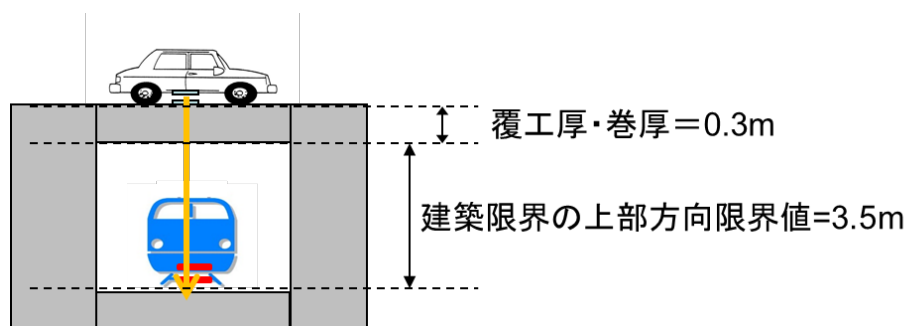


図 3. 3. 1-24 干渉検討モデル 4 の d_{acc}

干渉検討モデル 4' (第 3 軌条方式以外) の d_{acc} は、図 3. 3. 1-25 に示したとおり、(建築限界の上部方向の値 4.3 m) + (構造物の厚みの値 0.3 m) の計算式で求めた値 4.6 m とした。

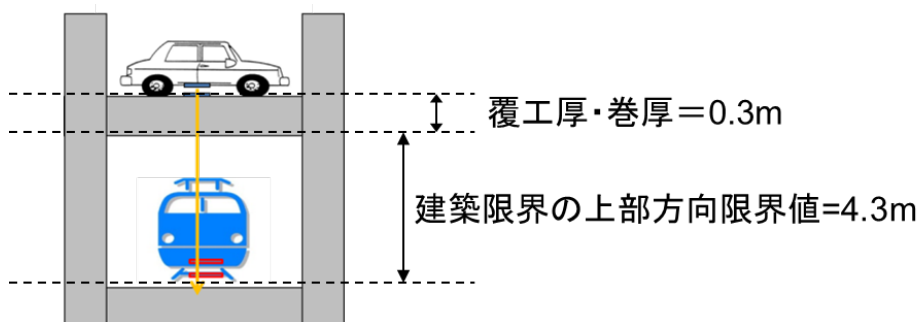


図 3. 3. 1-25 干渉検討モデル 4' の d_{acc}

(7) 継続検討での干渉計算

継続検討で使用した信号保安設備の許容干渉レベルを、表 3. 3. 1-3 に示す。

表 3. 3. 1-3 信号保安設備の許容干渉レベル

干渉検討モデル	1 ターンループコイル に流れる電流 (mA)
モデル 1, 2, 3, 4'	5.8
モデル 4 (第 3 軌条方式)	10.7

家庭用 3 kW クラス WPT からの漏えい磁界強度分布をシミュレーションにより計算した時の計算パラメータを表 3. 3. 1-4 に示す。1 次コイルと 2 次コイルのギャップは、

SAE 規定値 (Gap Class:Z1) に製造ばらつきを考慮し 115 mm とした。コイル位置ずれは、2015 年 2 月時点の SAE、ISO 規定値を採用した。図 3.3.1-26 に、地面、1 次コイル、2 次コイル及びボデーの位置関係断面模式図を示す。

表 3.3.1-4 漏えい磁界強度計算パラメータ

項目	パラメータ
系統入力最大値	3.7kW
コイル間ギャップ	115mm
位置ずれ	前後 75mm、横 100 mm
車両モデル	実車モデル
漏えい磁界強度	最悪条件で 68.4dB μ A/m @ 10 m 以下

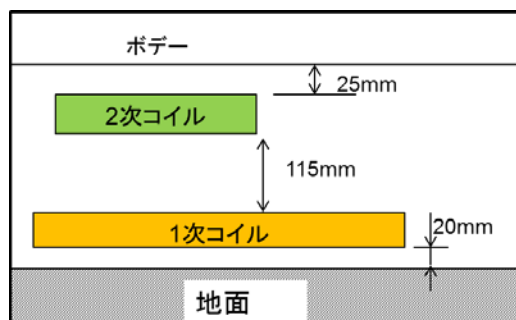


図 3.3.1-26 地面、1 次コイル、2 次コイル及びボデーの位置関係断面模式図

大地等価床を想定した時のシミュレーション結果を図 3.3.1-27 に、自由空間を想定した時のシミュレーション結果を図 3.3.1-28 に示す。継続検討では、2 種類のシミュレータを用いて計算を行っているが、本シミュレーションで使用したシミュレータでは大地等価床を設定すると下方向の漏えい磁界強度を計算できないため、下方向の数値を計算するケースでは自由空間を選択している。

図の赤い領域が、信号保安設備の妨害許容値である 5.8mA の電流が 1 ターンループコイルに流れたときに発生する磁界強度に相当するエリアである。その時の基本波の漏えい磁界強度を図 3.3.1-29 に示す。図 3.3.1-29 から、10 m の距離で漏えい磁界強度が 68.4 dB μ A/m 以下であることが確認できる。

図 3.3.1-27 及び図 3.3.1-28 から読み取れる所要離隔距離を、表 3.3.1-5 に示す。

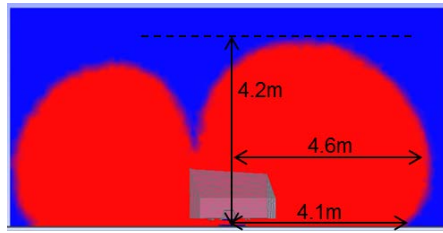


図 3.3.1-27 大地等価床の漏えい磁界強度分布計算結果

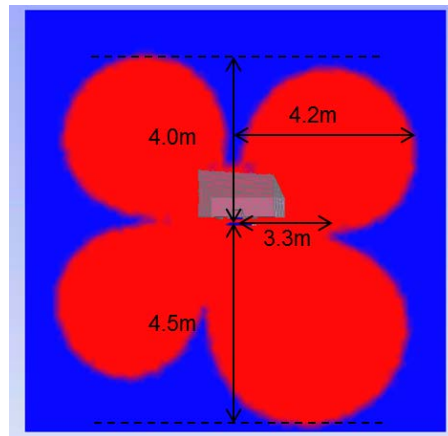


図 3.3.1-28 自由空間の漏えい磁界強度分布計算結果

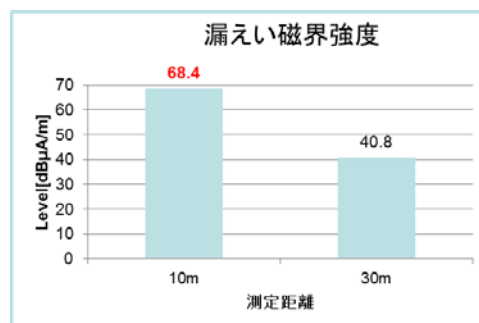


図 3.3.1-29 基本波の漏えい磁界強度確認結果

表 3.3.1-5 所要離隔距離（上段：5.8mA、下段 10.7mA）

モデル	自由空間	大地等価床
モデル1		4.1m 3.9m
モデル2		4.6m 4.2m
モデル3		4.2m 3.5m
モデル4	4.5m 3.9m	—

家庭用 7.7 kW クラス WPT からの漏えい磁界強度分布をシミュレーションにより計算した時の計算パラメータを表 3.3.1-6 に示す。1 次コイルと 2 次コイルのギャップは、SAE 規定値（Gap Class:Z2）を参照し実際に装着を検討している車種を考慮した結果、150 mm とした。コイル位置ずれは、2015 年 2 月時点の SAE、ISO 規定値を採用した。図 3.3.1-30 に、地面、1 次コイル、2 次コイル及びボデーの位置関係断面模式図を示す。

表 3.3.1-6 漏えい磁界強度計算パラメータ

項目	パラメータ
系統入力最大値	7.7Kw
コイル間ギャップ	150 mm
位置ずれ	前後 75mm、横 100 mm
車両モデル	実車モデル
漏えい磁界強度	最悪条件で 68.4dB μ A/m @ 10 m 以下

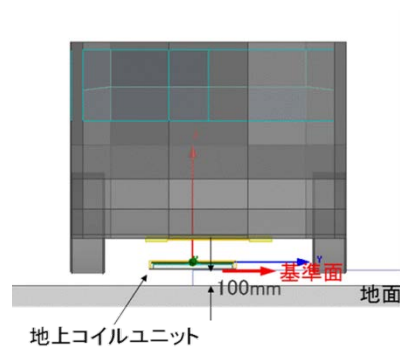


図 3.3.1-30 地面、1 次コイル、2 次コイル及びボデーの位置関係断面模式図

大地等価床を想定した時のシミュレーション結果を図 3. 3. 1-31 に示す。図の赤い領域が、信号保安設備の妨害許容である 5.8mA の電流が 1 ターンループコイルに流れたときに発生する磁界強度に相当するエリアである。

図 3. 3. 1-31 から読み取れる所要離隔距離を、表 3. 3. 1-7 に示す。10 m 離隔時の基本波の漏えい磁界強度はどちらも 68.4dB μ Am 以下であるが、家庭用 3 kW クラス WPT とはコイルの形状が異なるため、放射方向には多少の差異が発生している。例えば、横方向であるモデル 1、2 では、家庭用 7.7 kW クラス WPT の方が所要離隔距離は短くなっているが、上下方向であるモデル 3、4 では、家庭用 3 kW クラス WPT の方が所要離隔距離は短くなっている。

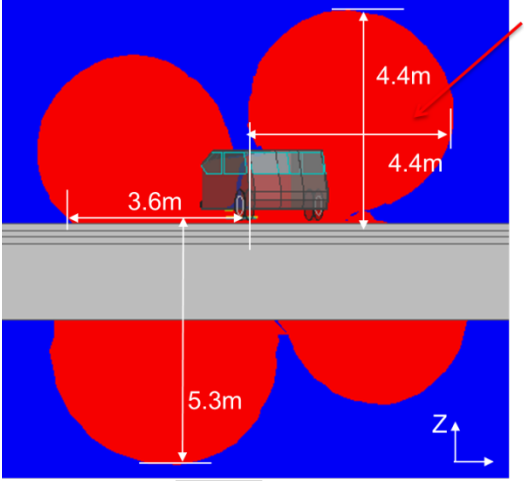


図 3. 3. 1-31 大地等価床の漏えい磁界強度分布計算結果

表 3. 3. 1-7 所要離隔距離（上段：5.8mA、下段 10.7mA）

モデル	所要離隔距離
モデル1	3.6m 3.0m
モデル2	4.4m 3.7m
モデル3	4.4m 3.5m
モデル4	5.3m 4.3m

ここまでの検討結果は、表 3. 3. 1-8 のとおりであり、表の緑色の欄は所要離隔距離が d_{acc} より下回っていることを示し、赤色の欄は所要離隔距離が d_{acc} より上回っていることを示す。

表 3. 3. 1-8 所要離隔距離と d_{acc} の比較結果

		②共存距離計算結果 [m]			
		5.8mA		10.7mA	
	①判定距離	家庭用 3kW クラス WPT	家庭用 7.7kW クラス WPT	家庭用 3kW クラス WPT	家庭用 7.7kW クラス WPT
モデル1	1.53	4.1	3.6		
モデル2	1.53	4.6	4.4		
モデル3	3.3	4.2	4.4		
モデル4 第3軌条方式	3.8			3.9	4.3
モデル4' 上記以外	4.6	4.5	5.3		
①>②					
①<②					
組み合わせなし					

表 3. 3. 1-8 でまとめた所要離隔距離を d_{acc} 以下にするために必要な漏えい磁界強度低減量を、表 3. 3. 1-9 に示す。

表 3. 3. 1-9 所要改善量

必要磁界強度低減量[dB]				
	5.8 mA		10.7 mA	
	家庭用 3kW クラス WPT	家庭用 7.7kW クラス WPT	家庭用 3kW クラス WPT	家庭用 7.7kW クラス WPT
モデル 1	20.5	28.6		
モデル 2	26.8	32.7		
モデル 3	5.9	6.2		
モデル 4			0.6	3.6
モデル 4'		3.6		

これまでの検討では、WPT システムと信号保安設備の間に WPT システムから発する漏えい電波を減衰させるような遮へい物が何もない条件で計算を行ってきたが、WPT システムが鉄道の上方に位置するモデル 4 及び 4' では、鉄道車両による減衰や、駐車場の床材による減衰を考慮することは合理的であるとの関係者間の合意を得たことから、それぞれの磁界強度の減衰量をシミュレーションによって算出している。

鉄道車両による減衰量の計算に当たっては、通常の鉄道車両では、今回の計算で得られた値よりも大きな減衰が期待できるように、あえて実際に走行している鉄道車両よりも小さな車両も含めて計算することとした。鉄道車両と WPT システムとの位置関係として 3 モデルを検討し、それぞれモデル A、B、C とした。鉄道車両と WPT

システムとの位置関係のモデルを図 3.3.1-32 に、各モデルの車両サイズを表 3.3.1-10 に示す。

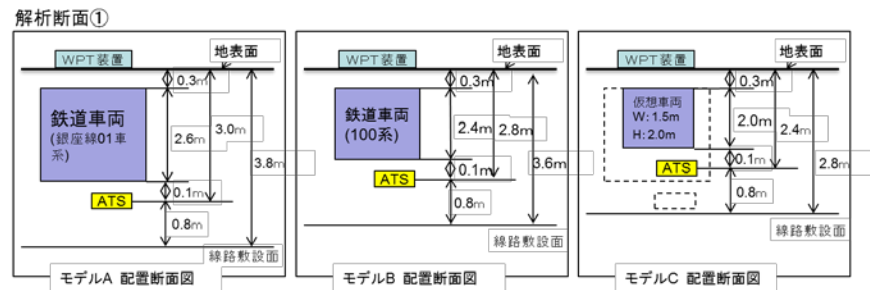


図 3.3.1-32 鉄道車両と WPT システムとの位置関係

表 3.3.1-10 検討に使用した鉄道車両サイズと材質

	モデルA	モデルB	モデルC
車両モデル(路線名)	東京地下鉄 01系(銀座線)	大阪市交通局 100系(ニュートラム)	(仮想車両:)
長さ	16000mm	8075mm	16000mm
横幅	2550mm	2280mm	1500mm
高さ	2600mm	2380mm	2000mm
地面から車両床部距離	865mm	820mm	820mm
材質	アルミ	鉄	鉄

磁界減衰量の判定に当たっては、鉄道車両の横手方向と長手方向で検討を行った。鉄道車両の横手方向では、一般的な信号保安設備が設置される範囲である車両中心より ± 220 mm の範囲で最も減衰が少ない点の減衰量を採用した。鉄道車両の長手方向では車両正面から 200 mm 地点での減衰量を採用した(それより離れた地点では、減衰量が大きくなるため)。

鉄道車両の材質に関する検討のシミュレーション結果を図 3.3.1-33 に示す。

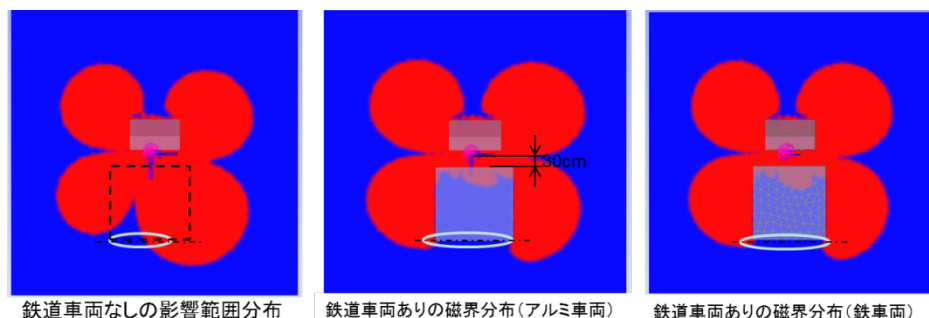


図 3.3.1-33 鉄道車両材質による漏えい磁界強度比較結果

図 3. 3. 1-33 の左図は、鉄道車両がないときの磁界強度分布を示している。中央の図は鉄道車両がアルミであった時の磁界強度分布を、右図は鉄道車両が鉄であった時の磁界強度分布を示している。赤色のエリアは、1 ターンループコイルに流れる電流が 10.7 mA の時に発生する磁界強度を上回るエリアを示している。

減衰量を定量的に把握するため、想定した鉄道車両の下 0.1 m での磁界強度分布グラフを図 3. 3. 1-34 に示す。

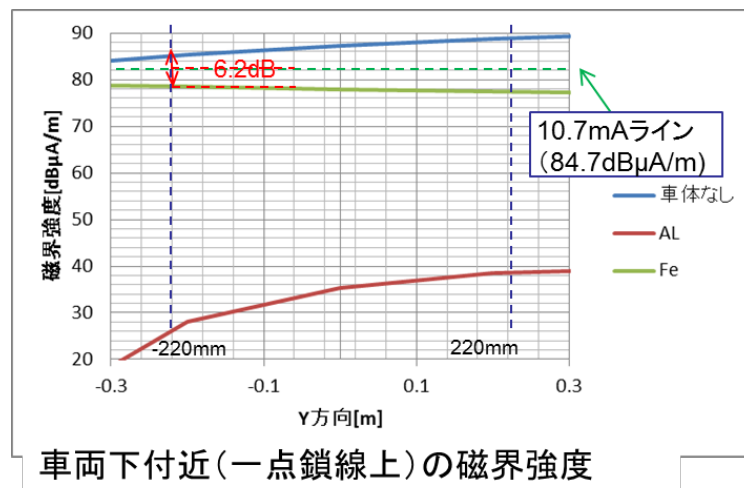


図 3. 3. 1-34 鉄道材質の違いによる磁界強度分布グラフ

図 3. 3. 1-34 より、鉄道車両の中心から±220 mm の範囲で、鉄道車両材料が鉄の方が、減衰量が少ないことと、最小の減衰量は 6.2dB であることが確認できる。

次に、駐車場の真下に鉄道車両がある条件での、鉄道車両の横手方向の車両のサイズの違いによるシミュレーション結果を図 3. 3. 1-35 に示す。赤色のエリアは、1 ターンループコイルに流れる電流が 10.7mA の時に発生する磁界強度を上回るエリアを示している。

図 3. 3. 1-36 に想定した鉄道車両の下 0.1 m での磁界強度分布グラフを示す。

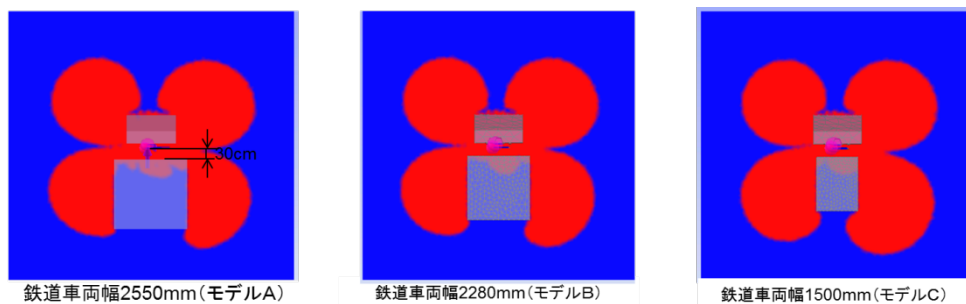


図 3. 3. 1-35 鉄道車両サイズによる漏えい磁界強度比較結果

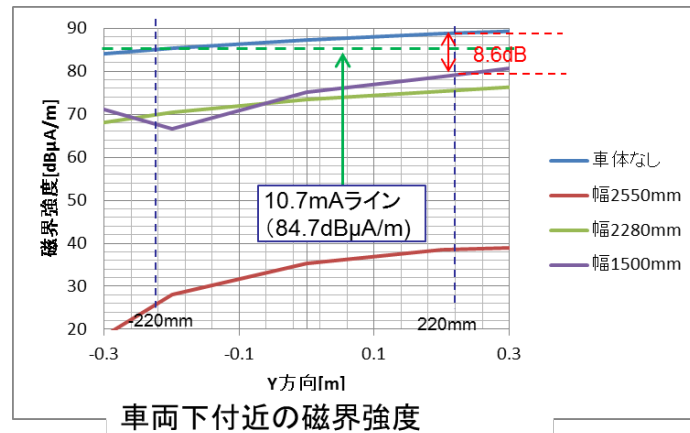


図 3.3.1-36 鉄道車両サイズの違いによる磁界強度分布グラフ

鉄道車両中心から±220 m の範囲での磁界強度減衰量は、車両サイズが 1,500 mm と置いたモデル C で最も小さくなっており、その時の値は 8.6 dB であった。

続いて、自動車の斜め下に鉄道車両がある条件での、鉄道車両の横手方向の駐車場と鉄道車両中心との距離差によるシミュレーション結果を図 3.3.1-37 に、想定した鉄道車両の下 0.1 m での磁界強度分布グラフを図 3.3.1-38 に示す。車両中心から±220 m の範囲での磁界強度減衰量は、距離差 1,600 mm ずれ時が最も漏えい磁界強度の減衰量が小さく、その時の減衰量は 18.1 dB であった。

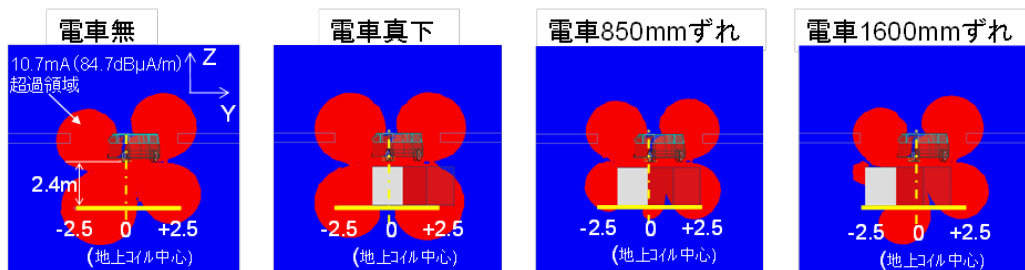


図 3.3.1-37 駐車場と鉄道車両中心線との距離差による漏えい磁界強度比較結果

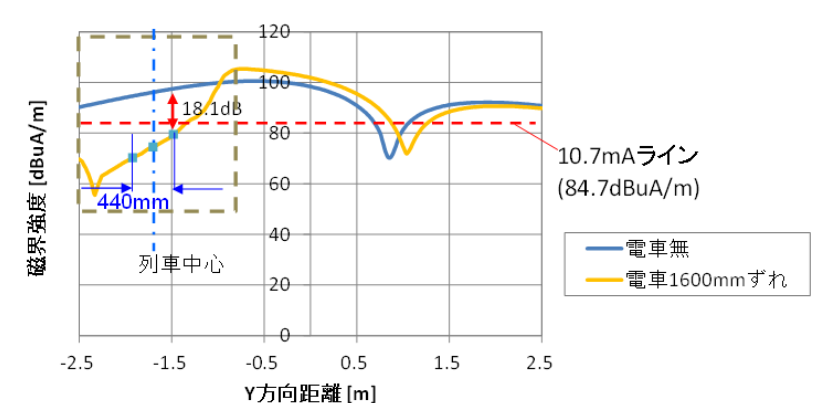


図 3. 3. 1-38 駐車場と鉄道車両中心線との距離差による磁界強度分布グラフ

続いて、鉄道車両の長手方向の磁界強度を比較したときのシミュレーションでの鉄道車両モデルを図 3. 3. 1-39 に、シミュレーション結果を図 3. 3. 1-40 に示す。また、図 3. 3. 1-41 に磁界強度分布グラフを示す。シミュレーションの結果から、車体前方に行くほど漏えい磁界強度の減衰量は小さくなり、前方から 200 mm 地点での減衰量は 4.7 dB であった。

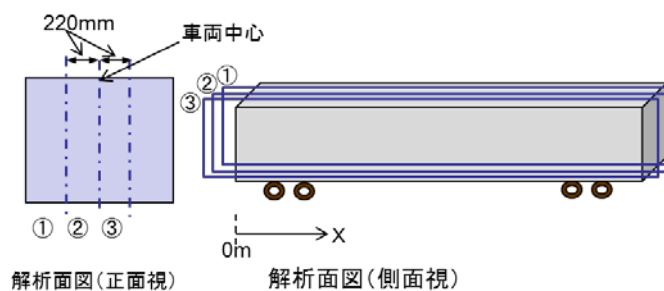


図 3. 3. 1-39 鉄道車両の長手方向のシミュレーション鉄道車両モデル

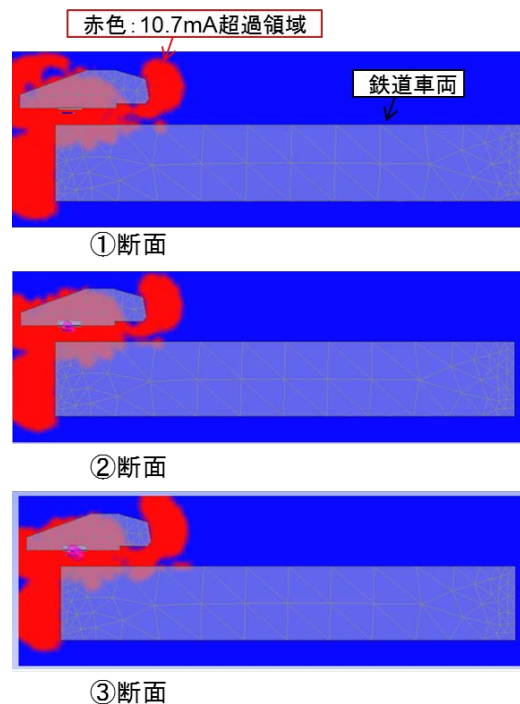


図 3.3.1-40 鉄道車両の長手方向の漏えい磁界強度比較結果

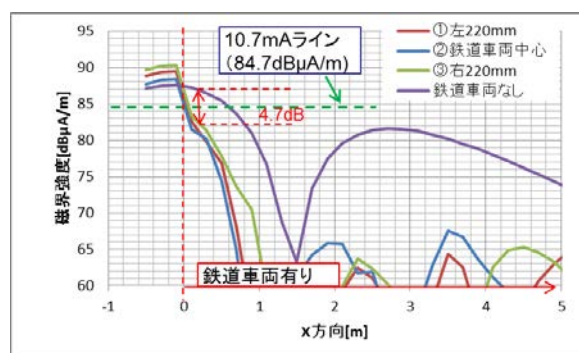


図 3.3.1-41 鉄道車両の長手方向の漏えい磁界強度分布グラフ

これらの検討結果から、鉄道車両による漏えい磁界減衰量は、少なくとも 4.7 dB 見込めることを確認した。

次に、駐車場床材としての鉄板による減衰量を計算する。駐車場によっては、建材として鉄板ではなく 10 mm 程度の網材を使うところもあるが、周波数 85 kHz の磁束で考えた場合、通常 10 mm 程度の網目はほぼ鉄板とみて差し支えないことや、シミュレーションの実行時間の短縮が可能になることから、鉄板でのシミュレーションを行うこととした。

前述の鉄道車両による減衰量検討と同様に、通常使用されるものより確実に小さ

い鉄板を想定してシミュレーションを行うことで、実利用時に敷設される鉄板では計算で求めた以上の減衰が期待できるため、鉄板のサイズは自動車車両と同じサイズとし、厚みは1 mm とした。そのイメージを図 3. 3. 1-42 に示す。

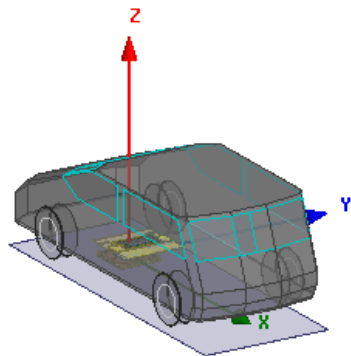


図 3. 3. 1-42 自動車車体と鉄板サイズのイメージ図

鉄板の有無による磁界強度を比較したシミュレーション結果を図 3. 3. 1-43 に示す。図 3. 3. 1-43 には、地上コイル下 4.6 m ラインを黄色線で示している。図 3. 3. 1-44 にその地上コイル下 4.6 m ライン上の磁界強度分布グラフを示す。シミュレーションの結果から、鉄板による磁界減衰量は 7.5 dB であった。

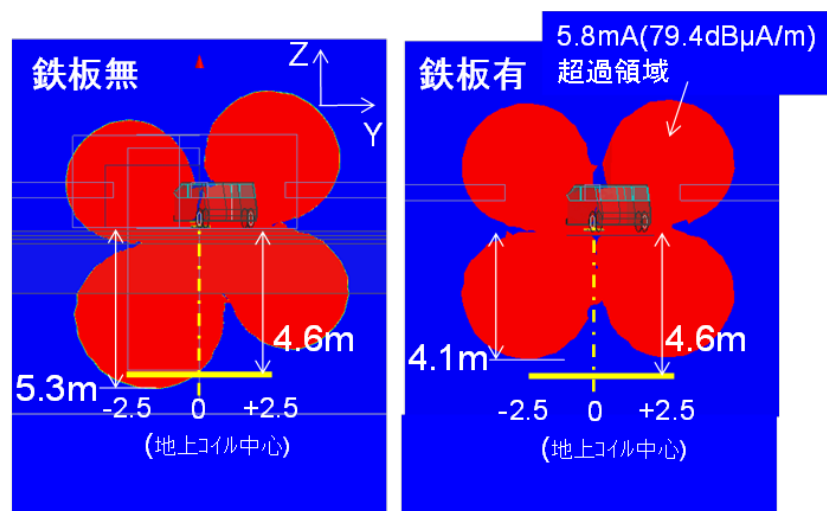


図 3. 3. 1-43 鉄板の有無による磁界強度を比較したシミュレーション結果

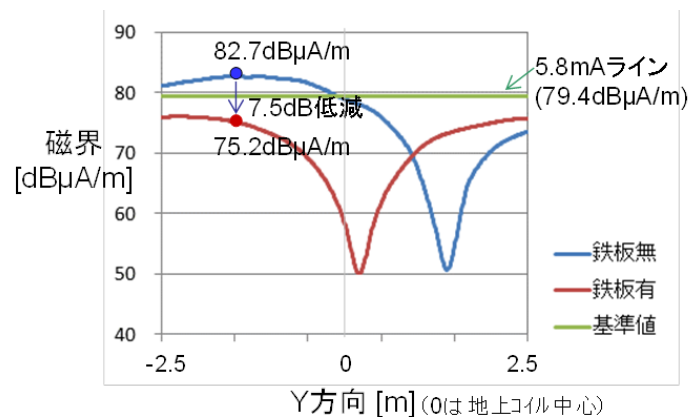


図 3.3.1-44 鉄板の有無による磁界強度を比較した磁界強度グラフ

表 3.3.1-11 に、今回検討を行った鉄道車両と鉄板により期待できる減衰量を加味した所要漏えい磁界の減衰量を示す。モデル 4 及びモデル 4' では、WPT システムからの漏えい磁界強度が目標レベルを下回ることが分かる。

表 3.3.1-11 目標距離を下回るための所要漏えい磁界減衰量

	必要磁界強度低減量[dB]			
	5.8 mA		10.7 mA	
	家庭用 3kW クラス WPT	家庭用 7.7kW クラス WPT	家庭用 3kW クラス WPT	家庭用 7.7kW クラス WPT
モデル 1	20.5	28.6		
モデル 2	26.8	32.7		
モデル 3	5.9	6.2		
モデル 4			-4.1 (=0.6-4.7)	-1.1 (=3.6-4.7)
モデル 4'		-3.9 (=3.6-7.5)		

(8) 検証実験

本検討で採用した共用検討モデルの妥当性を検証するために、2015 年 3 月 16 日から 18 日の日程で、UL Japan 山北サイト（神奈川県足柄上郡山北町）にて、電気自動車用 WPT システムと鉄道 ATS 車上装置の実機を用いて検証試験を行った。詳細は付録 I に記載しているが、結論として、以下のことが確認できた。

- WPT システムからの最大漏えい磁界強度は、65.2dB μ A/m@10m であり、家庭用 WPT システムの基準値である 68.4dB μ A/m@10m 以下である
- WPT システムからの漏えい磁界強度は、シミュレーションによる解析結果と、実測値ではほぼ一致する

- ・ 1 ターンループコイルが生じる磁界強度は、シミュレーションによる解析結果と、実測値がほぼ一致する
- ・ 実験に使用した鉄道 ATS 車上装置の誤検知レベルは、ほぼ仕様値と一致する
- ・ 実測による鉄道 ATS 車上装置の誤検知距離と、シミュレーションから推定される誤検知距離がほぼ一致する

シミュレーションによる計算結果と検証実験結果が概ね一致することが確認されたことにより、本検討で採用した共用検討手法は妥当であると評価できる。

(9) 複数台設置の場合の影響検討

ここまでの検討は、WPT システムが 1 台の場合を想定している。一般住宅での利用を考えた場合にはこの条件で十分であると考えられるが、今後、WPT システムが普及し、駐車場等での設置や利用が増えることを想定した場合、WPT システムが複数台近接して設置することも予想されることから、複数台設置環境（アグリゲーション環境）についても検討を行った。

図 3.3.1-45 に、WPT システムが 3 台並んで給電している状況を想定した WPT システムと信号保安設備の位置関係を示す。WPT システムの給電側コイルの配置間隔は、電気自動車として利用上必要な距離 3.5 m に設定した。

漏えい磁界強度に影響を与えるパラメータとして、車高バラツキ、駐車位置ズレ及び磁界の位相ズレを想定しており、車高バラツキについては、製造バラツキやタイヤ摩耗/空気圧バラツキについての自動車メーカーでのこれまでの測定の結果を、駐車位置ズレについては市場実証実験での測定結果をそれぞれ参考にし、位相ズレについては一様分布を仮定した。これらの条件で、10,000 回のモンテカルロシミュレーションを行い、最も漏えい磁界強度が高くなったケースを最悪ケースとし、最悪ケースとなった場合の離隔距離が、WPT システムを単独で設置した場合と比較してどの程度増減するかを求めた。

なお、今回シミュレーションで検討したパラメータが漏えい磁界強度に影響を与える理由は以下のとおり。

- ・ WPT システムの特徴として、給電側・受電側のコイルの相対位置 x, y, z の変化により、漏えい磁界強度及び、コイル L 値の変化による共振周波数変化によって動作周波数が既定の範囲内で変化する。よって、車高のバラツキと駐車位置ズレが漏えい磁界強度と動作周波数の変化をもたらす。
- ・ 個々の WPT システムの給電ユニットが独立して制御を行っているため、それぞれの漏えい磁界の位相には差が生じる。

今回の計算では、WPT システムからの漏えい磁界強度分布の指向性の影響は考慮していない。個々の WPT システムの最大漏えい磁界発生方向が、全て該当の信号保安

設備の設置方向に重なることは、現実的には極めて発生し難いと考えられるが、シミュレーション条件を複雑化すると計算時間がかかりすぎるため、敢えて漏えい磁界強度が最大となる方向が全て特定の信号保安設備に向くという最悪の条件で実施した。

図 3.3.1-46 にシミュレーション結果を示す。この結果、最悪の漏えい磁界強度は 10.7 mA/m @ 4.6 m となった。この値での所要離隔距離は 4.8 m であり所要離隔距離は 4.3% 程度増加している。参考までに、 99.95% のケースでは、所要離隔距離は WPT システム 1 台の所要離隔距離 4.6 m 以下の値となることが確認された。

アグリゲーションの影響を検討した結果、WPT システム 1 台での所要離隔距離に対して、 5% 程度所要離隔距離を長くすれば共用可能となることが確認された。

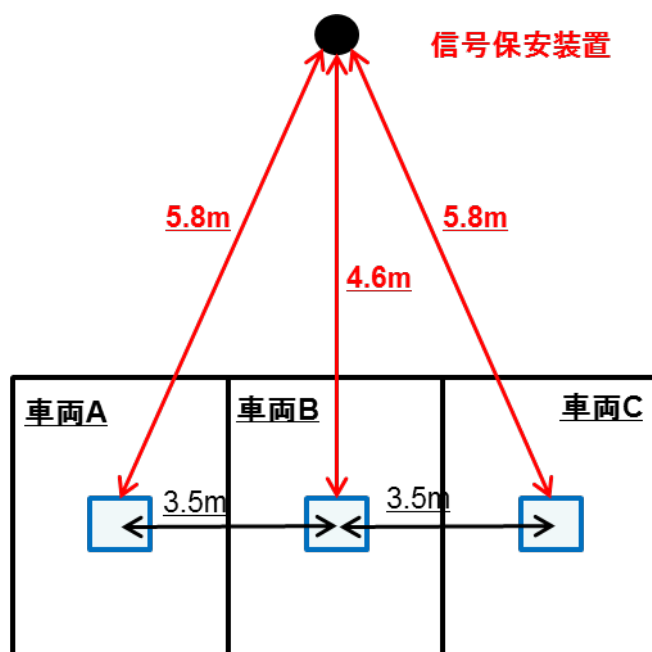


図 3.3.1-45 アグリゲーション検討のためのモデル

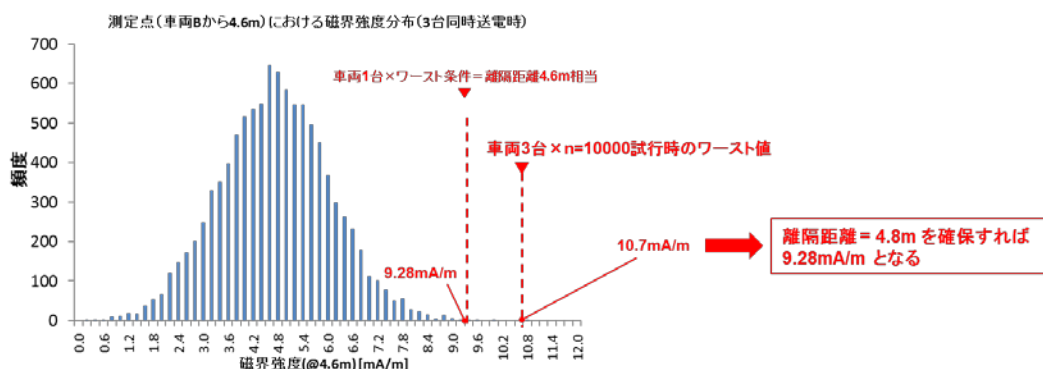


図 3.3.1-46 アグリゲーション検討結果

(10) 検討結果

これまでの検討結果に対し、①WPT システムの利用周波数域やコイル方式等の絞り込み、②実験によるモデルの検証、③現実の設置環境を考慮した所要離隔距離の計算、④共用を判断するための考え方の再検討、を実施したことにより、共用条件は以下のようにまとめられる。

電気自動車用 WPT システムと信号保安設備との共用条件は以下の通りである。

(ア) 家庭用 3 kW クラス WPT の場合

- 干渉検討モデル 1 : 共用するためには、WPT コイル側の鉄道レールから WPT コイルの中心まで 4.1m 以上離す必要がある。
- 干渉検討モデル 2 : 共用するためには、WPT コイル側の鉄道レールから WPT コイルの中心まで 4.6m 以上離す必要がある。
- 干渉検討モデル 3 : 共用するためには、WPT コイル側の鉄道レールから WPT コイルの中心まで 4.2m 以上離す必要がある。
- 干渉検討モデル 4 : 共用可能

(イ) 家庭用 7.7 kW クラス WPT の場合

- 干渉検討モデル 1 : 共用するためには、WPT コイル側の鉄道レールから WPT コイルの中心まで 3.6m 以上離す必要がある。
- 干渉検討モデル 2 : 共用するためには、WPT コイル側の鉄道レールから WPT コイルの中心まで 4.4m 以上離す必要がある。
- 干渉検討モデル 3 : 共用するためには、WPT コイル側の鉄道レールから WPT コイルの中心まで 4.4m 以上離す必要がある。
- 干渉検討モデル 4 : 共用可能

WPT システムの設置時の誤差やアグリゲーションの影響なども加味すると、家庭用 WPT システムと信号保安設備が共用するためには、鉄道下方向及び横方向に対して、WPT システム側の鉄道レールから WPT システムの中心まで 4.8m 以上離す必要がある。

3.3.2 家電機器用 WPT システム②（家庭・オフィス機器）

本節の内容については、平成 27 年 1 月 21 日付け電波利用環境委員会報告 3.3.2 節 家電機器用 WPT システム②（家庭・オフィス機器）を参照のこと。

3.3.3 家電機器用 WPT システム③

本節の内容については、平成 27 年 1 月 21 日付け電波利用環境委員会報告 3.3.3 節 家電機器用 WPT システム③を参照のこと。

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 システム及び家電機器用 WPT システム②である。(注)

注：家電機器用 WPT システム②との周波数共用検討の結果については、平成 27 年 1 月 21 日付け電波利用環境委員会報告を参照。

(1) 誘導式列車無線の概要

誘導式列車無線は、図 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る。本設備は、地上の指令員と列車の乗務員との間で安全・安定運行のために必要な指示・情報の伝達を行うためのものであり、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。

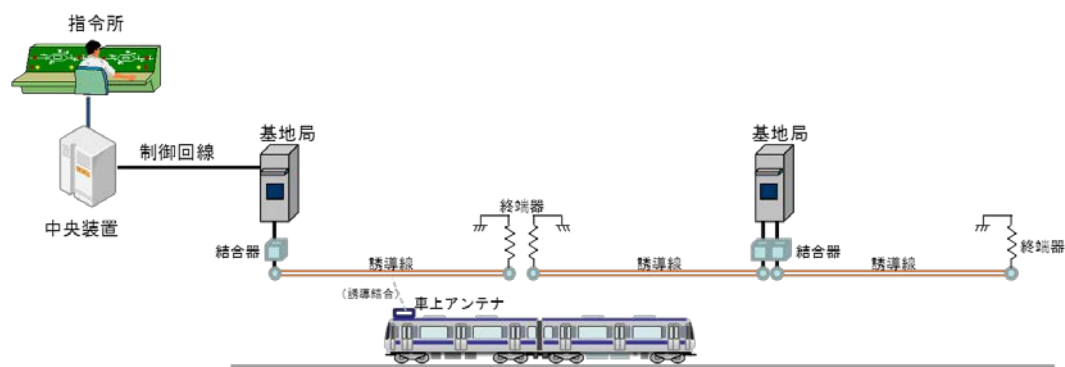


図 3.4-1 誘導式列車無線システムの概要

誘導式列車無線は、地上の誘導線と車上アンテナと間の電磁的な結合方式によって、直接結合方式と間接結合方式に大きく分けることができる。直接結合方式については、図 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及び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。また、間接結合方式では、電車で駆動用の電力を供給する電線を経由して結合を行っている。

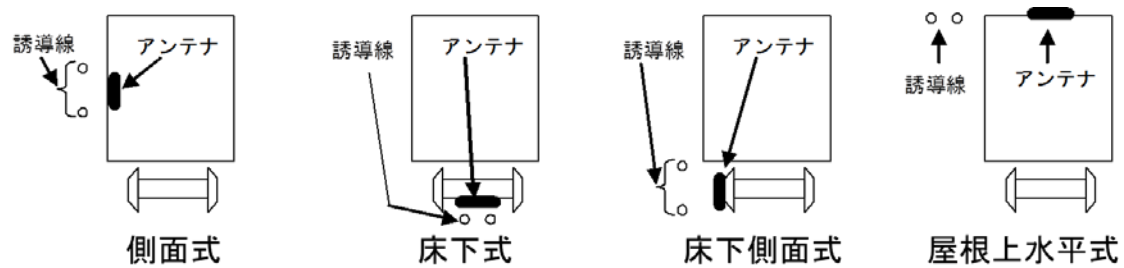


図 3. 4-2 誘導式列車無線システムの結合形態（直接結合方式）

3. 4. 1 電気自動車用 WPT システム

(1) WPT システムの利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 システムが使用を予定している周波数域を対象として、当該の帯域内で利用されている誘導式列車無線の利用周波数を調査した。調査結果を図 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 100 kHz 以上 250 kHz 以下であるが、80 kHz 及び 92 kHz の周波数帯において、国内では 1 路線のみ運用されている。なお、国土交通省が公表している資料によれば、当該の路線と同類の鋼索鉄道の路線長は全国で約 22 km（全鉄軌道では約 36000 km）であり、当該の路線はこのうちの約 2 km である。

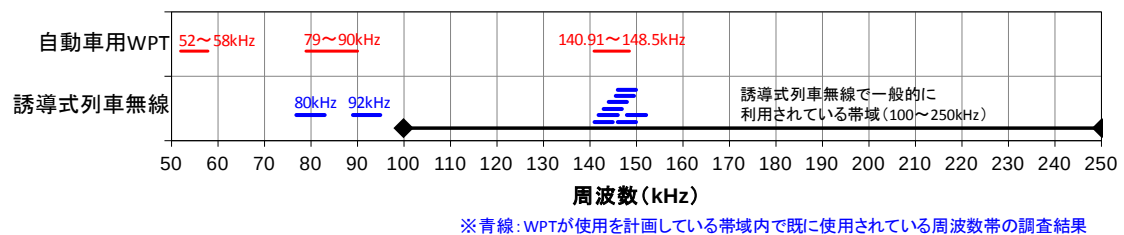


図3. 4. 1-1 WPTシステムの利用周波数と誘導式列車無線の利用周波数との関係

(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 システムからの帯域内放射による誘導式列車無線への影響の検討に当たっては、対象周波数として 80 kHz 及び 145 kHz を選定し、WPT システムからの帯域外放射による誘導式列車無線への影響の検討に当たっては、対象周波数として 130 kHz 及び 245 kHz 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。この受信機入力電圧の距離特性を基に、スケルチレベル $50 \text{ dB } \mu\text{V/m}$ に対して 20 dB 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 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タ「 d 」とし、誘導線と車上アンテナとの間の距離は 0.6 m とした。

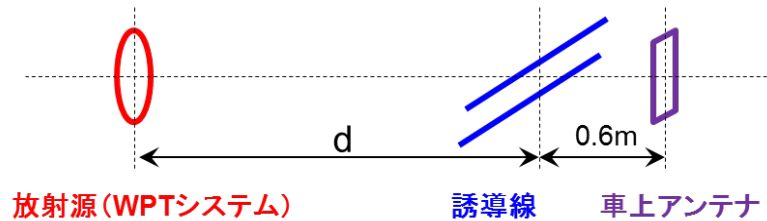


図 3.4.1-2 干渉検討モデル

また、図 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 3.4.1-1、式 3.4.1-2 及び式 3.4.1-3 で与えられる。

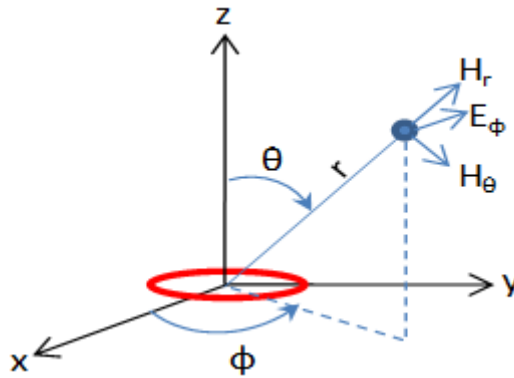


図 3.4.1-3 微小ループによる磁界の計算モデル

$$H_r = \frac{I \cdot S}{2\pi} e^{-jkr} \left(\frac{1}{r^3} + j \frac{k}{r^2} \right) \cos \theta \quad \dots (式 3.4.1-1)$$

$$H_\theta = \frac{I \cdot S}{4\pi} e^{-jkr} \left(\frac{1}{r^3} + j \frac{k}{r^2} - \frac{k^2}{r} \right) \sin \theta \quad \dots (式 3.4.1-2)$$

$$E_{\phi} = -\frac{j\omega\mu I \cdot S}{4\pi} e^{-jkr} \left(\frac{1}{r^2} + j\frac{k}{r} \right) \sin\theta \quad \cdots (\text{式 3.4.1-3})$$

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 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 $600 \text{ } \Omega : 75 \text{ } \Omega$ とした。車上アンテナ（130 kHz、145 kHz、245 kHz）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 $400 \text{ } \Omega : 75 \text{ } \Omega$ とした。車上アンテナ（80 kHz）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 $400 \text{ } \Omega : 75 \text{ } \Omega$ とした。

(4) 所要離隔距離の計算結果

上述の前提条件のもとで、WPT システム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 3.4.1-4 のとおりである。

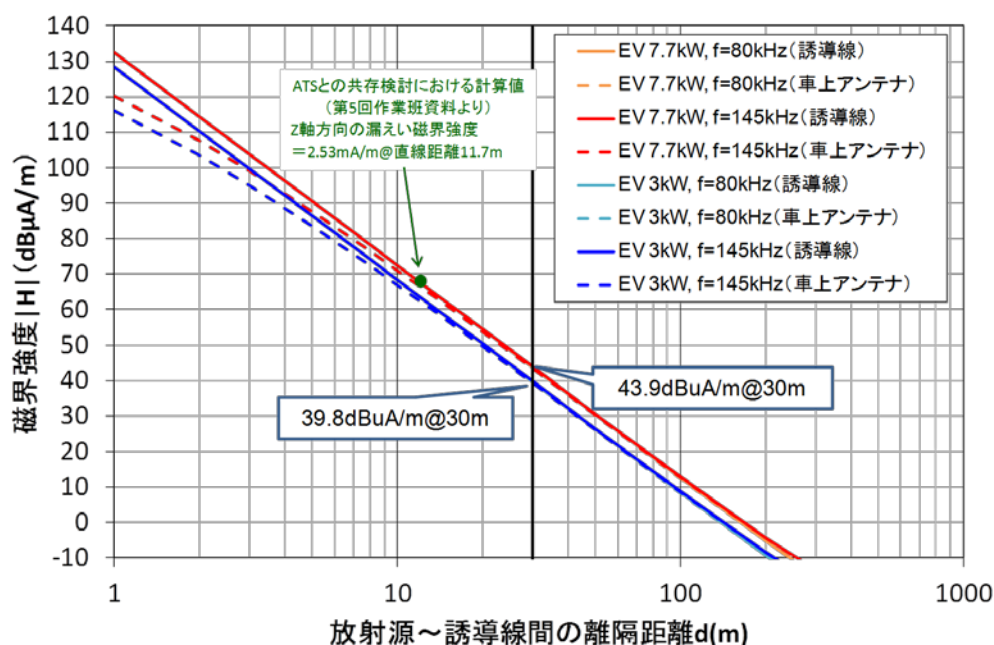


図 3.4.1-4 磁界強度の計算結果（電気自動車用 WPT システム・帯域内放射）

また、WPT システム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

3. 4. 1-5 のとおりとなった。

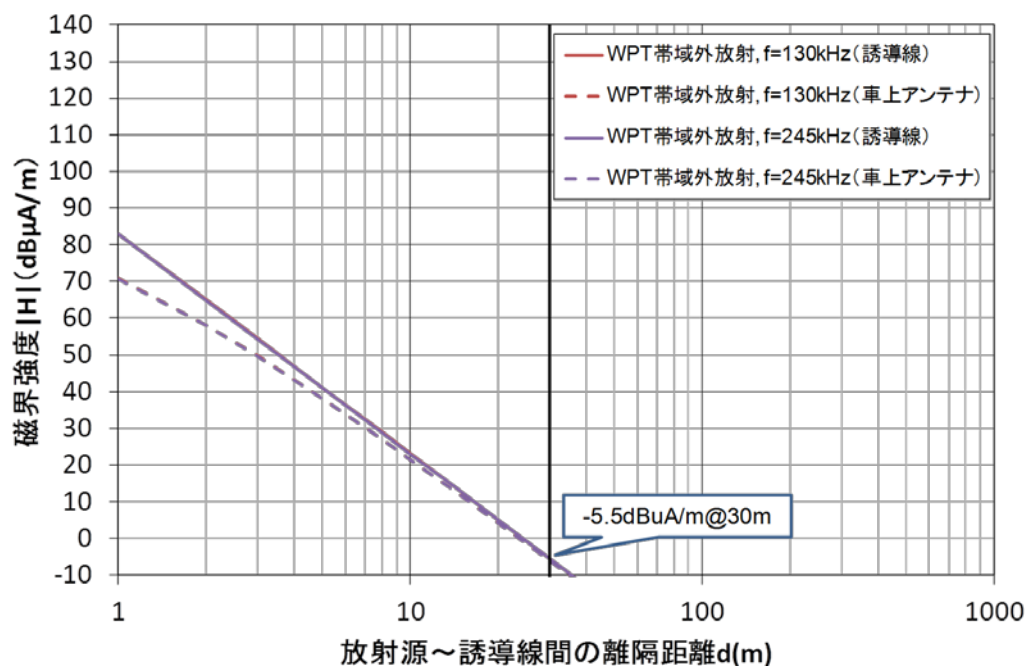


図 3. 4. 1-5 磁界強度の計算結果（電気自動車用 WPT システム・帯域外放射）

これらの計算結果を用いて、WPT システム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 3. 4. 1-6 のとおり算出される。

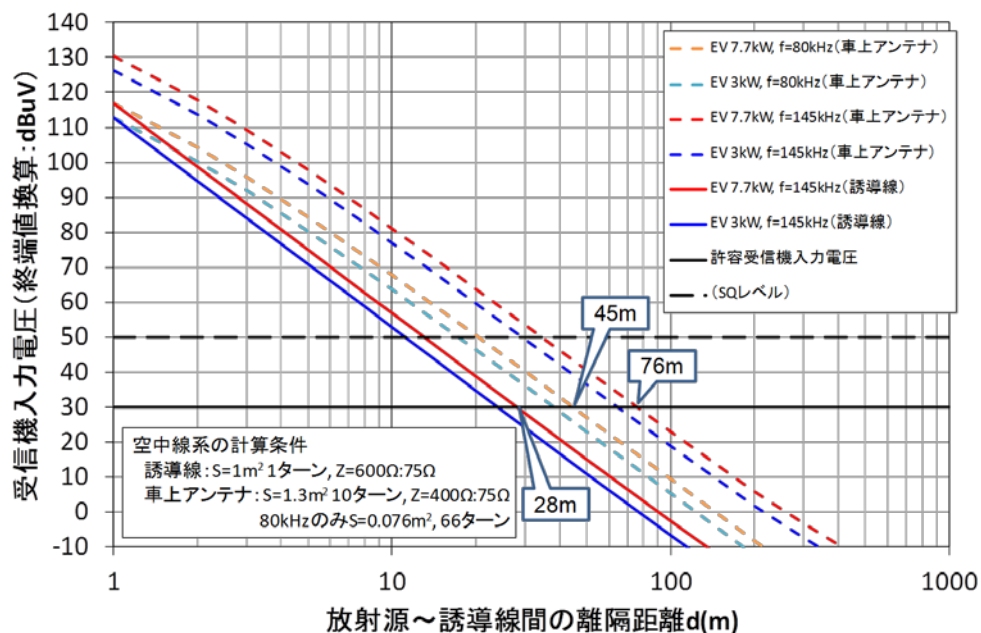


図 3. 4. 1-6 所要離隔距離の計算結果（電気自動車用 WPT システム・帯域内放射）

また、WPT システム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 3. 4. 1-7 のとおり算出される。

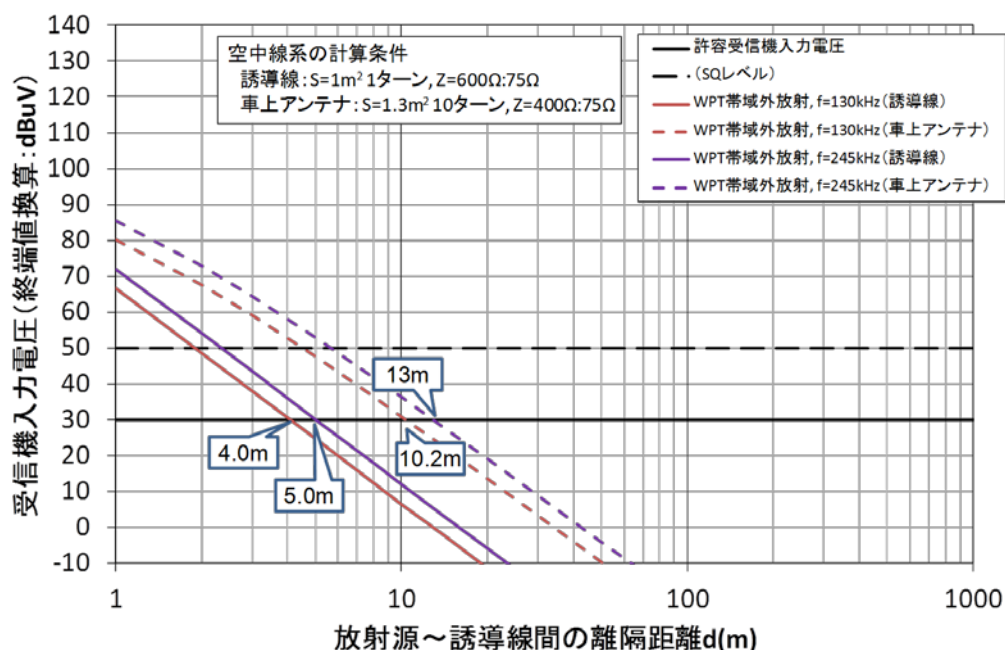


図 3. 4. 1-7 所要離隔距離の計算結果（電気自動車用 WPT システム・帯域外放射）

(5) 共用条件の検討

(4)で示した所要離隔距離の計算は、図 3. 4. 1-8 に示すようなモデルで得られたものである。

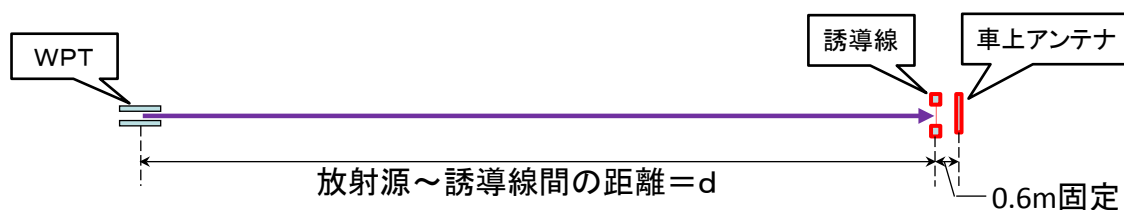


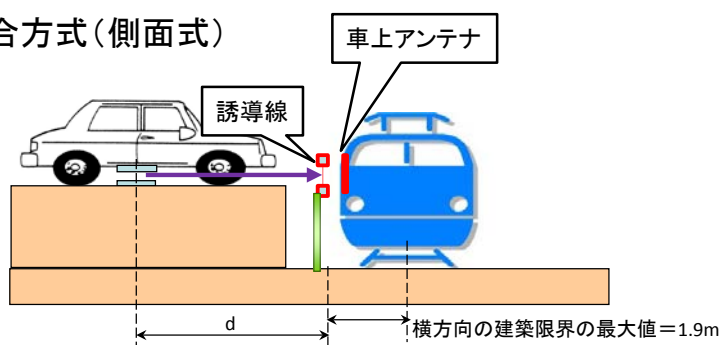
図 3. 4. 1-8 計算上のモデル

本節では、図 3. 4-2 に示した各結合方式に対し、現実存在しうる配置関係を想定し、WPT システムと誘導式列車無線との距離 d を整理した。方式ごとの結果を、図 3. 4. 1-9～図 3. 4. 1-14 に示す。

干渉計算における判断基準として、建築限界との比較を行っている。建築限界とは、鉄道車両が安全に線路を走行できるよう、車両と建造物等との接触を防ぐために設定されている空間であり、鉄道事業者では、建築限界内に建造物等が入らないよう、日常的に管理を行っている。建築限界の大きさは鉄道事業者や路線によって異なり、1.5

m や 1.8 m といった値が設定されている場合があるが、ここでは、JR の在来線で設定されている建築限界の値 (1.9 m) を想定した。また、実際の使用場面において WPT システムが建築限界の内側に置かれることがあるか否かを検討するため、建築限界の最小値ではなく、一般的に最も大きいと考えられる値を使用した。

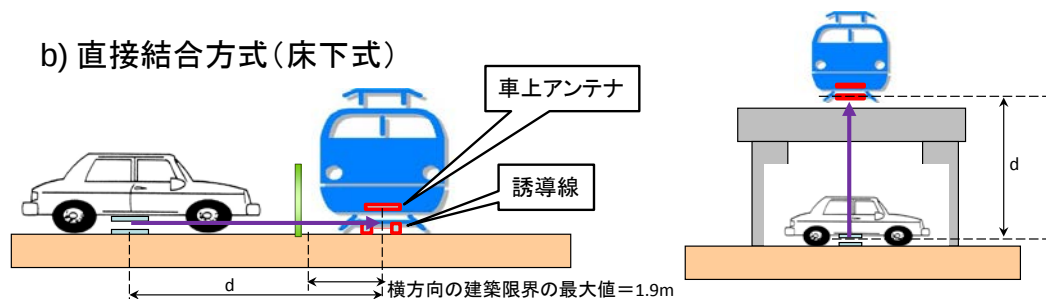
a) 直接結合方式(側面式)



- 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 3.4.1-9 直接結合方式(側面式)の場合

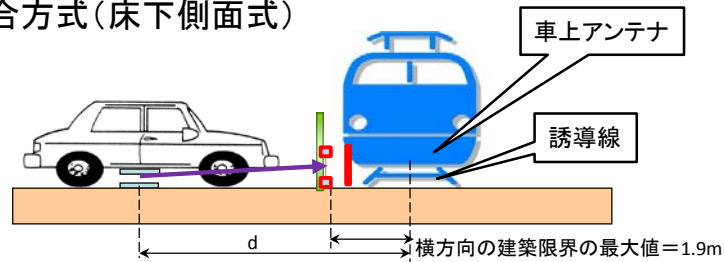
b) 直接結合方式(床下式)



- 誘導線は軌道内にある。
→ d が 1.9m 以内になることはないと想定できる。
- 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 3.4.1-10 直接結合方式(床下式)の場合

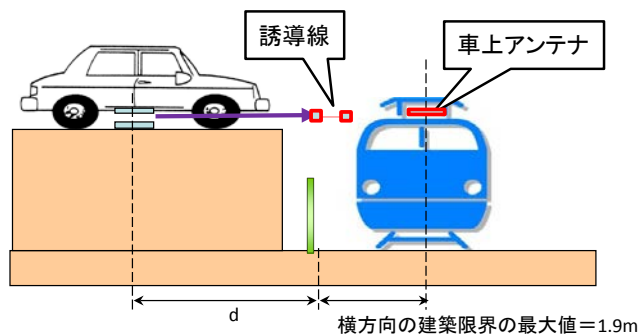
c) 直接結合方式(床下側面式)



- 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 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。

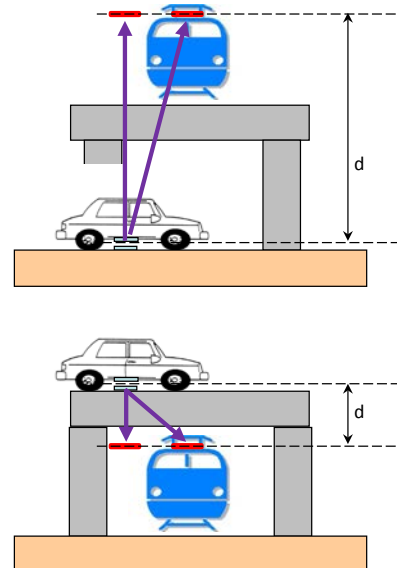
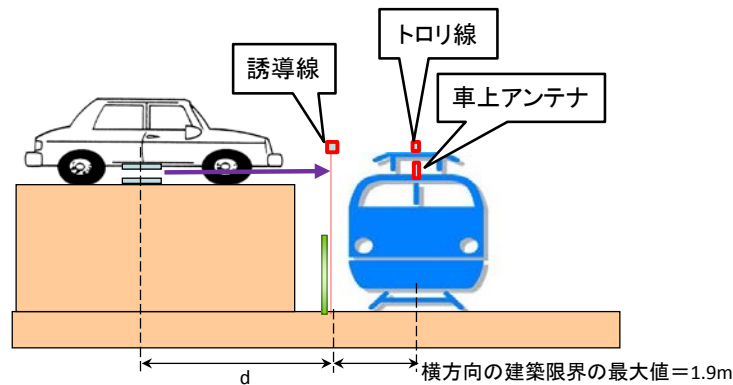


図 3.4.1-12 直接結合方式(屋根上平面式)の場合

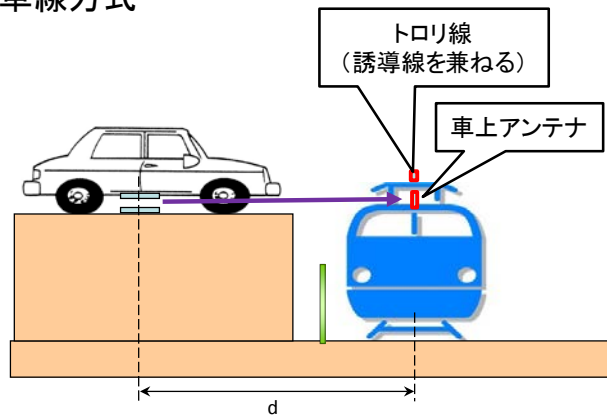
e) 間接結合方式



- 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 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 3.4.1-14 電車線方式の場合

なお、80 kHz 帯については、誘導式列車無線としての利用が1路線のみであることから、当該の路線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 3. 4. 1-15 に、また、図 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 3. 4. 1-16 に示す。

- 当該の路線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 1.9 m 以内になることはない想定できる。
※軌間が 1067 mm 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 4.4 m 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。

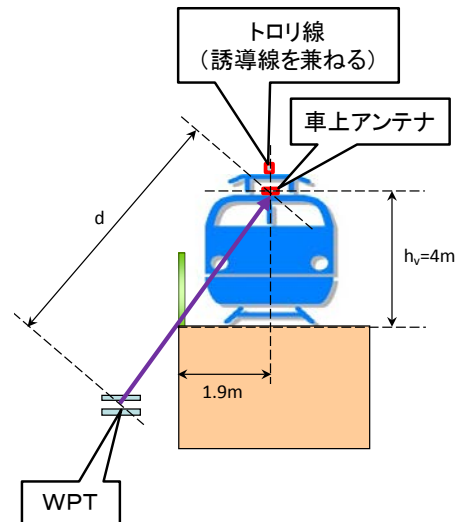


図 3. 4. 1-15 80 kHz 帯を使用している誘導式列車無線における位置関係の例

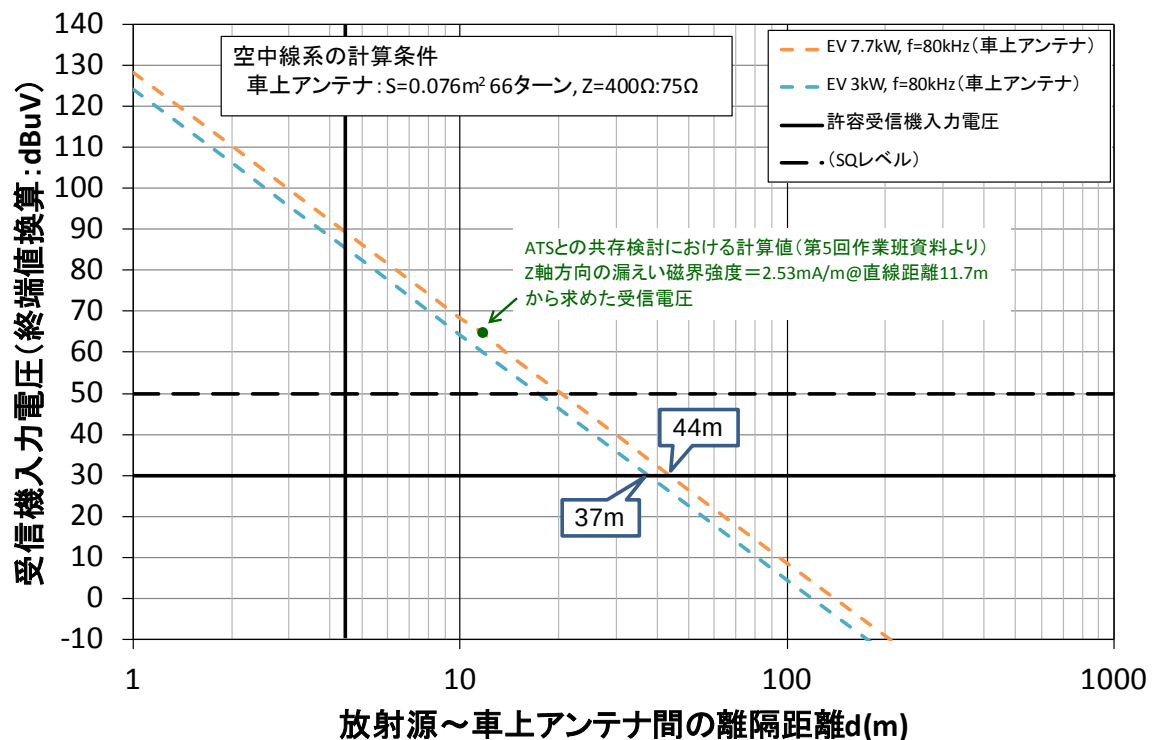


図 3. 4. 1-16 80 kHz 帯を使用している誘導式列車無線における離隔距離の計算結果

(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 システム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（干渉が発生する可能性のある距離が、鉄道事業者の関与なく WPT システムを置くことができない位置である）。

(ア) 42 kHz 以上 48 kHz 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) 52 kHz 以上 58 kHz 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) 79 kHz 以上 90 kHz 以下

本周波数帯内と近傍の 80 kHz と 92 kHz は、国内で 1 路線ではあるが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 45 m である。本周波数帯を使用する誘導式列車無線の路線では、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 システムが設置可能な最短離隔距離は建築限界に相当する距離（1.5 m～1.9 m 程度）になるものと考えられる。このとき、WPT システム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 システムから放射される磁界強度を 80 dB 以上減衰させる必要がある。

したがって、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 3 kHz の場合は、83 kHz 以上 89 kHz 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) 140.91 kHz 以上 148.5 kHz 以下

本周波数帯には、多くの路線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 28 m、車上アンテナに対して約 76 m 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 システム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+1～2 m

となる可能性を排除できない。このとき、WPT システム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 システムから放射される磁界強度を 88 dB 以上減衰させる必要がある。

以上の検討結果から明らかなように、79 kHz～83 kHz、89 kHz～90 kHz 及び 140.91 kHz～148.5 kHz については、所要離隔距離が建築限界（1.5 m～1.9 m）を超えており、現在対象となっている WPT システムの開発状況においては、共用について更なる検討が必要と考えられる。しかし、この判断は離隔距離に依存したものであり、WPT システムの設置において必要な離隔距離を確保するための法的な規制等により共用が可能となるケースも考えられる。なお、79kHz～90kHz については、同周波数帯を使用する路線が 1 路線のみであることから、当該路線沿線のみ WPT システムが使用する周波数範囲を 83kHz～89kHz とするか、当該路線の列車無線を 79kHz～90kHz 以外の周波数域で使えるようにするなどの対応により、共用を可能とすることも考えられる。

3.4.2 家電機器用 WPT システム②（家庭・オフィス機器）

本節の内容については、平成 27 年 1 月 21 日付け電波利用環境委員会報告 3.4.2 節 家電機器用 WPT システム②（家庭・オフィス機器）を参照のこと。

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 システム、家電機器用 WPT システム①、家電機器用 WPT システム②及び家電機器用 WPT システム③である。（注）

注：家電機器用 WPT システム①、家電機器用 WPT システム②及び家電機器用 WPT システム③との周波数共用検討の結果については、平成 27 年 1 月 21 日付け電波利用環境委員会報告を参照。

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 kHz～137.8 kHz）及び中波帯アマチュア無線（472 kHz～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 1200 MHz 帯（指定周波数は 1280 MHz）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 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 3.5-1 に示すように、中波帯アマチュア無線（472 kHz～479 kHz）は、家電機器用 WPT システム③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 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
135 kHz 帯	135.7 kHz～137.8 kHz (136.75 kHz)	電信及び PSK31 など、占有周波数帯幅 100 Hz 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 1 W 以下が許可される。
475 kHz 帯	472 kHz～479 kHz (475.5 kHz)	大陸間通信などの長距離の無線として利用される。数 W 程度の電力で送信できることも特徴である。
1.8/1.9 MHz 帯	1810 kHz～1825 kHz 1907.5 kHz～1912.5 kHz (1910 kHz)	電信及び狭帯域データ伝送が許可される。 主に 1810 kHz～1825 kHz は日本国外との通信、1907.5 kHz～1912.5 kHz は日本国内との通信に用いられる。
3.5 MHz 帯	3500 kHz～3575 kHz 3599 kHz～3612 kHz 3680 kHz～3687 kHz (3537.5 kHz)	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 40 m 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れている。
3.8 MHz 帯	3702 kHz～3716 kHz 3745 kHz～3777 kHz 3791 kHz～3805 kHz (3798 kHz)	SSB による国外との長距離通信「DX」専用に利用されている。 3.5 MHz 帯は周波数割当ての関係で国外との交信ができないため、このバンドが割り当てられた。
7 MHz 帯	7000 kHz～7200 kHz (7100 kHz)	ITU 憲章に規定する無線通信規則にある第 2 地域では 7300 kHz 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 kHz～7200 kHz まで）である。
10 MHz 帯	10100 kHz～10150 kHz (10125 kHz)	電信及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。
14 MHz 帯	14000 kHz～14350 kHz (14175 kHz)	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。
18 MHz 帯	18068 kHz～18168 kHz (18118 kHz)	国内外共に安定した通信が可能であり、基本的には 14 MHz 帯に類似する。 WARC バンドのひとつである。
21 MHz 帯	21000 kHz～21450 kHz (21225 kHz)	伝搬状態の変化が大きく 14 MHz 帯のような安定性はないが、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、7 MHz 帯の次に人気があるバンドである。
24 MHz 帯	24890 kHz～24990 kHz (24940 kHz)	21 MHz 帯と 28 MHz 帯の中間的な性質を持ち、太陽活動の影響が大きい。 WARC バンドのひとつである。
28 MHz 帯	28 kHz～29.7 MHz (28.85 MHz)	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。
50 MHz 帯	50 kHz～54 MHz (52 MHz)	51 MHz 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。
144 MHz 帯	144 kHz～146 MHz (145 MHz)	アンテナが手頃な大きさにできるため、モービル（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。
430 MHz 帯	430 kHz～440 MHz (435 MHz)	不特定局への呼び出し が活発に行われている。FM 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。
1200 MHz 帯	1260 kHz～1300 MHz (1280 MHz)	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

(1) 検討の進め方

WPT システムは、基本的には無変調の連続波であるため、帯域外では整数次の高調波成分のみが大きく、特に奇数次の高調波成分がより大きくなる傾向を有している。そのため、WPT システムがアマチュア無線に及ぼす影響の技術的検討に当たっては、WPT システムの利用周波数の整数次高調波がアマチュア無線の周波数帯に含まれるかどうか、干渉の有無の実態を判断するための材料になるものと考えられる。

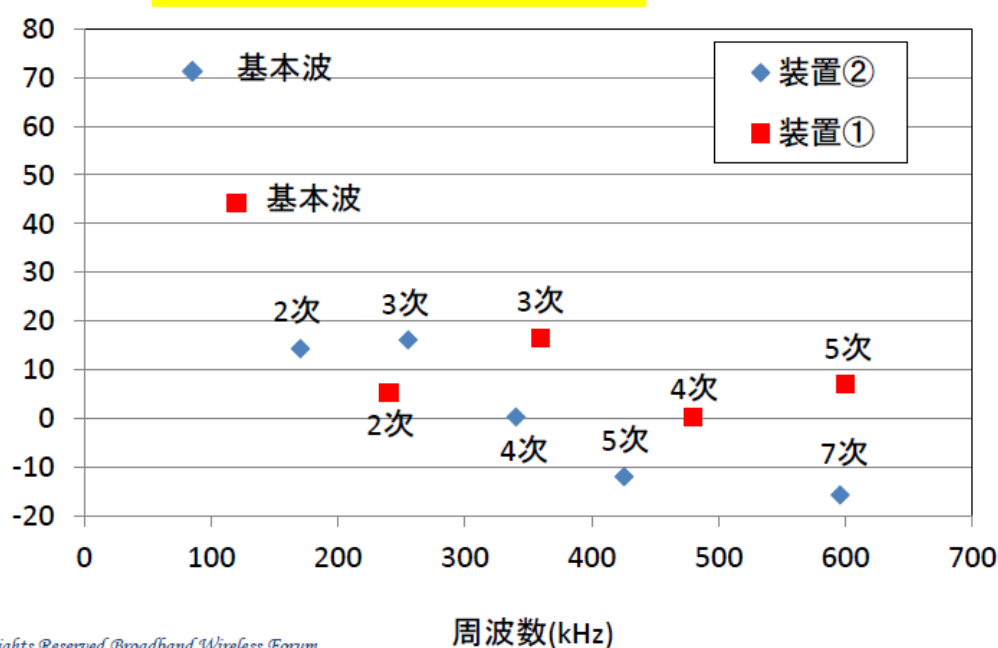
以上を踏まえ、アマチュア無線に及ぼす影響の技術的検討を行った結果を以下に示す。なお、実際の WPT システムの測定データについては、本作業班において公表されている資料を引用する。ただし、当該データの妥当性については、2014 年 7 月 2 日にアマチュア無線連盟の立ち会いの下、実機の確認を行うことによって検証した。

3.5.1 電気自動車用 WPT システム

電気自動車用 WPT システムについては、伝送電力が最大 7.7 kW と非常に大きい、利用周波数は 150 kHz 以下と低く、また、図 3.5.1-1 から分かりますとおり、高調波対策を行った装置であれば、5 次以上の高調波は基本波に対して著しく低減するという性質を有している。そのため、WPT システムの 5 次以下の高調波がアマチュア無線の周波数帯に含まれなければ、特段の支障はないものと考えられる。この観点から、135 kHz 帯 (135.7 kHz～137.8 kHz)、475 kHz 帯 (472 kHz～479 kHz) 並びに中短波帯 (1.9 MHz 帯) 及び短波帯のアマチュア無線について、検討を行った。

磁界強度
(dB μ A/m)

距離10mにおける準尖頭値を表示



2013 All Rights Reserved Broadband Wireless Forum

図 3.5.1-1 電気自動車用 WPT システムの高調波特性

(ア) 135 kHz 帯 (135.7 kHz～137.8 kHz)

WPT システムの利用周波数が 52 kHz～58 kHz、79 kHz～90 kHz 又は 140.91 kHz～148.5 kHz の場合は、整数次の高調波がアマチュア無線の周波数帯に含まれることがないため、特段の支障はないものと考えられる。

WPT システムの利用周波数が 42 kHz～48 kHz の場合は、3 次高調波がアマチュア無線の周波数帯に含まれる可能性があるため、万が一、アマチュア無線が有害な混信を受けた場合には、電波法第 100 条及び同法第 101 条に基づき、WPT システムの運用者が混信又は障害の除去のために必要な措置を講じる必要があるものと考えられる。

(イ) 475 kHz 帯 (472 kHz～479 kHz)

WPT システムの利用周波数が 52 kHz～58 kHz 又は 140.91 kHz～148.5 kHz の場合は、整数次の高調波がアマチュア無線の周波数帯に含まれることがないため、特段の支障はないものと考えられる。

WPT システムの利用周波数が 42 kHz～48 kHz 又は 79 kHz～90 kHz の場合は、6 次以上の高調波がアマチュア無線の周波数帯に含まれる可能性があるものの、上述のとおり、5 次以上の高調波は基本波に対して著しく低減するという性質を有しているため、特段の支障はないものと考えられる。万が一、アマチュア無線が有害な混信を受けた場合には、電波法第 100 条及び同法第 101 条に基づき、WPT システムの運用者が混信又は障害の除去のために必要な措置を講じる必要があるものと考えられる。

(ウ) 中短波帯 (1.9 MHz 帯) 及び短波帯

WPT システムの利用周波数の 6 次以上の高調波がアマチュア無線の周波数帯に含まれる可能性があるが、本周波数帯における WPT システムのスプリアスの強度は、図 3.5.1-1 のように高次になるほど低減するという性質を有しているため、特段の支障はないものと考えられる。万が一、アマチュア無線が有害な混信を受けた場合には、電波法第 100 条及び同法第 101 条に基づき、WPT システムの運用者が混信又は障害の除去のために必要な措置を講じる必要があるものと考えられる。

3.5.2 家電機器用 WPT システム① (モバイル機器)

本節の内容については、平成 27 年 1 月 21 日付け電波利用環境委員会報告 3.5.2 節 家電機器用 WPT システム① (モバイル機器) を参照のこと。

3.5.3 家電機器用 WPT システム② (家庭・オフィス機器)

本節の内容については、平成 27 年 1 月 21 日付け電波利用環境委員会報告 3.5.3 節 家電機器用 WPT システム② (家庭・オフィス機器) を参照のこと。

3.5.4 家電機器用 WPT システム③（モバイル機器）

本節の内容については、平成 27 年 1 月 21 日付け電波利用環境委員会報告 3.5.4 節 家電機器用 WPT システム③（モバイル機器）を参照のこと。

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において検討対象となる WPT システムは、家電機器用 WPT システム③及び家電機器用 WPT システム②であることから、詳細については割愛する。

周波数共用検討の結果については、平成 27 年 1 月 21 日付け電波利用環境委員会報告を参照。

3.6.1 家電機器用 WPT システム③（モバイル機器）

本節の内容については、平成 27 年 1 月 21 日付け電波利用環境委員会報告 3.6.1 節 家電機器用 WPT システム③（モバイル機器）を参照のこと。

3.6.2 家電機器用 WPT システム②（家庭・オフィス機器）

本節の内容については、平成 27 年 1 月 21 日付け電波利用環境委員会報告 3.6.2 節 家電機器用 WPT システム②（家庭・オフィス機器）を参照のこと。

3.7 中波放送との共用検討

中波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WPTシステム③、家電機器用WPTシステム②及び電気自動車用WPTシステムである。(注)

注：家電機器用WPTシステム②及び家電機器用WPTシステム③との周波数共用検討の結果については、平成27年1月21日付け電波利用環境委員会報告を参照。

中波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放送の重要性が論議されているのを尊重し、中波放送の受信に妨害が生じないように検討を進める。

3.7.1 共用検討の進め方

(1) 背景

中波放送の放送区域は、「基幹放送局の開設の根本的基準」により受信電界強度の範囲が決められている。表3.7.1-1に示すように、高雑音区域の最大の電界強度は50 mV/m (94 dB μ V/m) であるのに対し、低雑音区域では最小の電界強度が0.25 mV/m (48 dB μ V/m) と規定されており、高雑音区域と低雑音区域の電界強度の差は最大で45 dB以上ある。

放送事業者はこの基準に基づき放送エリアを展開しており、高雑音区域から低雑音区域まで広く受信者が存在する。

また、中波放送では大規模でエリアの広い放送局も多く、例えば、電気自動車用WPTシステムとの共用検討を行ったNHK東京第一放送は、放送エリアが1都16県にまたがっており、カバーする世帯数は2000万世帯を超えている。

このような、中波放送の利用実態を踏まえ、万が一WPTシステムからの有害な干渉妨害が継続的に起こってしまうと、中波放送の使命を遂行する上で大きな障害になり得ると考えられる。

したがって、検討に当たっては、技術的に妥当で適切な干渉モデルを設定し、慎重に技術検討をする必要があるとともに、低雑音区域における受信者及び干渉モデルから外れた受信者についても確実に保護する仕組みづくりが必要である。

他方、上述の強靱化検討会では、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。

WPT システムの導入や普及は、人口が多い都市部から進んでいくと考えられるため、WPT システムの導入に当たっては、この都市型難聴の状態を更に悪化させないということ念頭に置いて技術検討を行うことも重要である。

以上を考慮し、次に本検討の基本的な考え方を示す。

表 3.7.1-1 「基幹放送局の開設の根本的基準」で規定される受信電界強度の範囲（参考）

	受信電界強度の範囲
高雑音区域	10 mV/m 以上 50 mV/m 以下 (80~94 dB μ V/m)
中雑音区域	2 mV/m 以上 10 mV/m 未満 (66~80 dB μ V/m)
低雑音区域	0.25 mV/m 以上 2 mV/m 未満 (48~66 dB μ V/m)

(2) 検討の基本条件

- ・中波放送受信機（以下「受信機」という。）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、まずは中～高雑音区域を想定して、難聴が懸念されているコンクリート構造等のビル内に受信機があることを条件とする。なお、木造家屋については、中波放送帯の電波が建物内部に到達する際の減衰量に関する計測データ等が存在しないため、中波放送帯の電波が建物内部に到達する際の減衰量を 0 dB とした場合の検討結果を等価的に引用する。
- ・BWF の漏えい電界強度の目標値では中波放送への影響があるため、中波放送の干渉耐性の条件として、中波放送の混信保護比を用いることが考えられた。しかし、これは振幅変調である中波放送局間の基準であり、無変調連続波である WPT システムには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なかった。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。
- ・所要離隔距離の基準は、CISPR 上の「住宅環境」においては、10 m 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、10 m とする。
- ・中波放送帯の電波がコンクリート構造の建物内部に到達する際の減衰量については「中波放送プリアンファシス懇談会報告書（昭和 58 年 12 月）」から引用した。

3.7.2 家電機器用 WPT システム③（モバイル機器）

本節の内容については、平成 27 年 1 月 21 日付け電波利用環境委員会報告 3.7.2 節 家電機器用 WPT システム③（モバイル機器）を参照のこと。

3.7.3 家電機器用 WPT システム②（家庭・オフィス機器）

本節の内容については、平成 27 年 1 月 21 日付け電波利用環境委員会報告 3.7.3 節 家電機器用 WPT システム②（家庭・オフィス機器）を参照のこと。

3.7.4 電気自動車用 WPT システム

電気自動車用 WPT システムでは、高調波が中波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

電気自動車用 WPT システムは、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の基準として 10 m を適用し、「中波放送プリエンファシス懇談会報告書」における中波放送帯の電波が、建物内部（コンクリート造り住宅等）に到達する際の減衰量を用いて検討する。

また、検討に当たっては、地域ごとに受信可能な中波放送の周波数は限られていることを踏まえ、WPT システムの伝送周波数を設置された地域に合わせて調整するという方法を検討した。しかし、技術的な実現方法の難易度が必ずしも低くなく、米国及び欧州で進められている標準化の検討においても、そうした機能を実装する議論が現時点では行われていない。日本のみのローカル機能の実装が必須となった場合、国際規格との互換性の阻害要因となる可能性が排除できないため、本報告の検討には含めないこととした。ただし、将来において、欧米でこのような周波数を適応的に調整する機能が必要となり標準化される場合には、日本でも対応すべき機能であると考えられる。

(2) 干渉検討モデル

干渉検討モデルを図 3.7.4-1 に示す。電気自動車用 WPT システムは、屋外に設置し、コンクリート構造の屋内で使用している受信機への影響を検討する。窓から建物内部へ 50 cm の地点における減衰量を 10 dB、窓から建物内部へ 3 m の地点における減衰量を 23 dB、窓から建物内部へ 4 m の地点における減衰量を 27 dB とした。また、木造家屋については、金属製の窓枠や誘電体である屋根瓦が存在する場合等は、一定の減衰量が存在することが推測されるが、今回の検討では適切な計測データ等が存在しないため、距離減衰以外の伝搬減衰は考慮しないものとした。

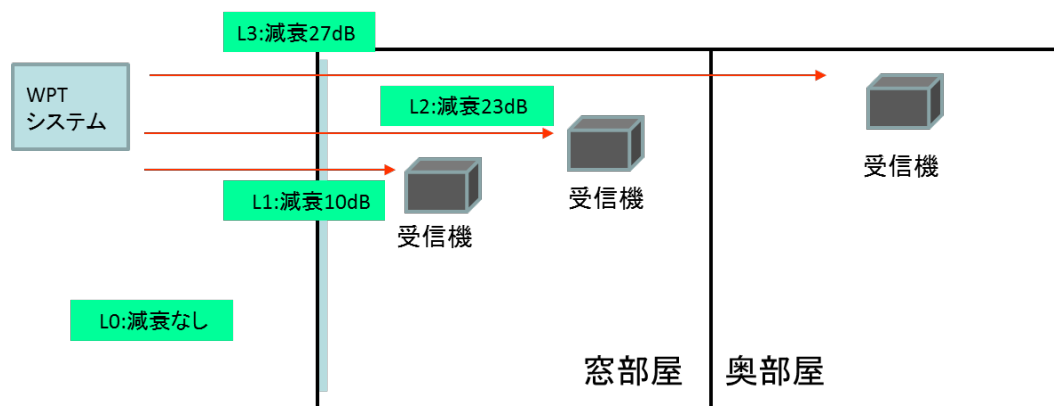


図 3.7.4-1 干渉検討モデル

(3) 干渉計算

上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 3.7.4-1 中波放送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	屋外又は木造家屋(建物による減衰なし)	29.5	0	26.0	36.3
L1	窓隙(窓から50cm)	29.5	10	26.0	21.0
L2	窓隙(窓から3m)	29.5	23	26.0	10.3
L3	窓隙(窓から4m)	29.5	27	26.0	8.3

(4) 実機を用いた実験による共用条件の検討

これまで机上検討で共用条件について検討を行ってきたが、その妥当性について、電気自動車用 WPT システムと受信機を用いた実験で確認した。

実験場所、日程、実験内容等については、事前に中波放送事業者の本作業班構成員と調整を行い、以下のように決定した。

今回試験した電気自動車用 WPT システムは、周波数 85.106 kHz、1 次側コイル入力電力 3 kW のタイプを用いた。この機器を選定した理由は、電気自動車 WPT システムの国際標準化での最有力候補の周波数を利用しており、また、実用化レベルに近い高調波低減対策を実施しているからである。対策の結果、漏えい電界強度は、目標値に対して 13.6 dB 低い 35.9 dB μ V/m@10 m を達成している。受信機については、中波放送事業者の本作業班構成員の了解を得て、3 機種を選定した。

使用する WPT システムの利用周波数が 85.106 kHz であり、7 次高調波である 595.742

kHz に隣接する中波放送は、国内では 594 kHz で放送している関東の NHK 第一放送しかない。よって、実験場所は、千葉県松戸市の TELEC のオープンサイトとした。ただし、実験を行った 2014 年 7 月 1 日の千葉県松戸市の TELEC オープンサイトにおいて、NHK 第一放送の電界強度は約 100 dB μ V/m であったため、聴感試験は、参考の扱いとして実施した。

実験日時は、以下の日程で実施した。6 月 30 日に機材の搬入とセットアップを行い、7 月 1 日の 10 時から所定の測定を開始し、日没による電離層の影響を受け始める前の 16 時までに終了する予定で行った。

評価実験は、以下の 3 種類の実験を行った。

- ・スペクトラムアナライザでの確認

WPT システムからの漏えい電界強度のスペクトラムを、WPT システムを ON にした状態と OFF にした状態で、それぞれ記録を行い 7 次高調波のレベルの確認を行うこととした。

- ・ソフトウェア受信機での確認

受信信号をダイレクトサンプリングするソフトウェア受信機を用いて、WPT システムの動作状態を OFF、ON、OFF と遷移させ、その間連続して WPT システムからの漏えい電界強度のスペクトラムを記録し、7 次高調波のレベルの確認を行うこととした。

ソフトウェア受信機では時間的に連続して瞬時のスペクトラム波形を記録するため、594 kHz の中波放送が無音に近い状態になった瞬間、つまり、放送波の側帯波がほぼなくなった状態で、595.742 kHz の 7 次高調波を確認しやすくなることが期待される。

- ・受信機による聴感試験

WPT システムを ON にした状態と OFF にした状態で、受信機ヘッドホン出力の聴感を確認した。

電気自動車用 WPT システムと受信機との間の離隔距離が、3 m、10 m、17.4 m となる 3 地点で計測を行った。実験計画では、距離 10 m で WPT システムの 7 次高調波が観測できない場合、7 次高調波が観測できる距離まで離隔距離を短くして観測する方針であった。しかし、観測可能な最短距離である離隔距離 3 m まで近接させても、環境雑音を上回る 7 次高調波を観測できなかったため、中波放送事業者の本作業班構成員と相談の上、離隔距離 3 m での計測を実施することとした。ただし、3 m の離隔距離では、計測された 7 次高調波が無線部による漏えい電磁界のみの影響であるかを確認できないため、参考実験とする。

WPT システムからの漏えい電界を計測する方向は、受信するループアンテナを対向して設置したときに漏えい電界強度が最大となる方向（0 度方向）と、直向して設置したときに漏えい電界強度が最大となる方向（90 度方向）の 2 方向で評価を行った。

計測に使用したアンテナは、17.4 m の離隔距離ではアクティブループアンテナを使用し、10 m と 3 m の離隔距離では、パッシブループアンテナを使用した。アクティブループアンテナは、今回計測した帯域内ではアンテナファクタが約 20 dB である。パッシブループアンテナのアンテナファクタの周波数特性は、図 3.7.4-2 に示したとおりである。

実験の側面レイアウト図を図 3.7.4-3 に、上面レイアウト図を図 3.7.4-4 に示す。

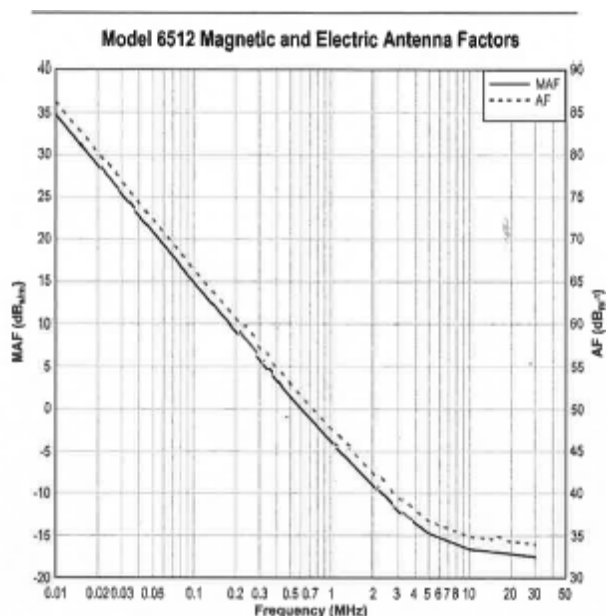


図 3.7.4-2 パッシブループアンテナのアンテナファクタ周波数特性

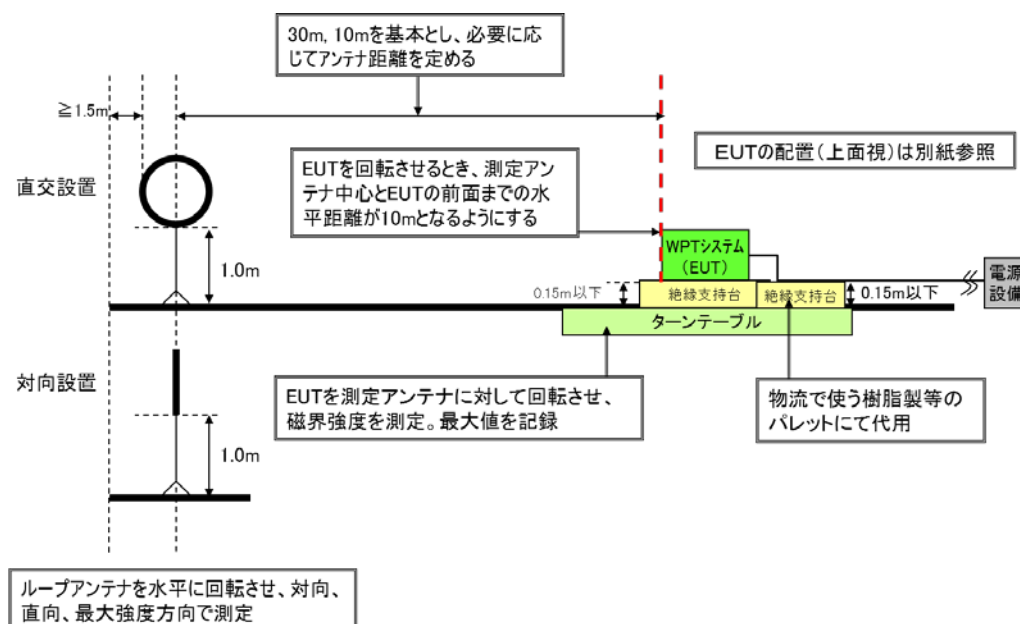


図 3.7.4-3 実験の側面レイアウト

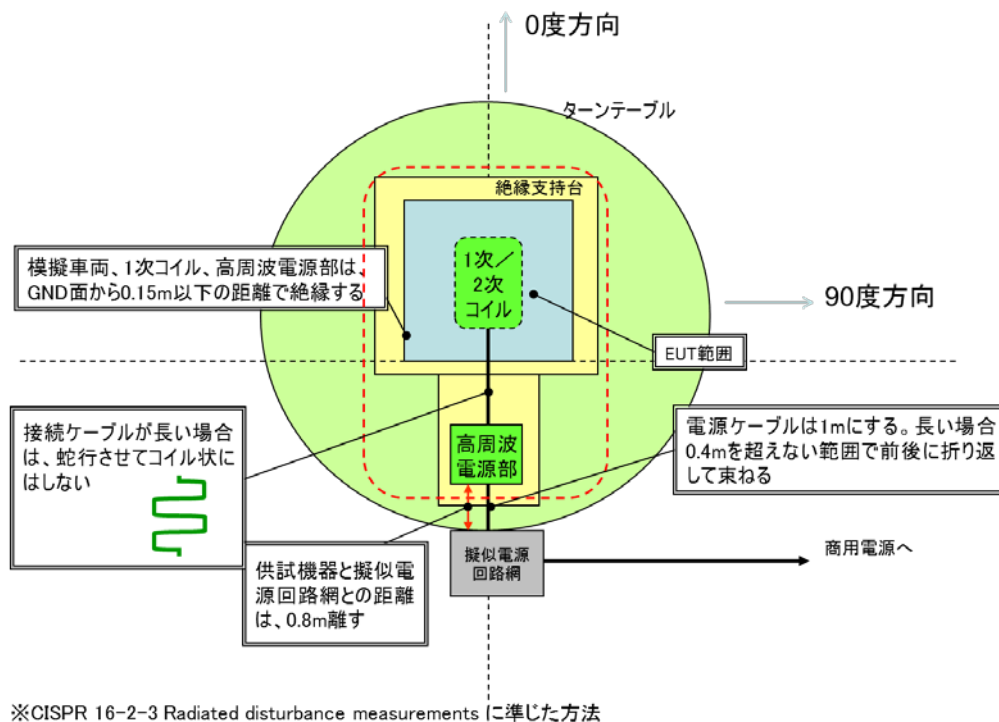


図 3.7.4-4 実験の上面レイアウト

ア 漏えい電界強度の測定結果

まず、受信するループアンテナを対向して設置した場合に漏えい電界強度が最大となる方向は、電気自動車用 WPT システムの 0 度方向であることと、直向して設置した場合に漏えい電界強度が最大となる方向は、90 度方向であることをそれぞれ確認し、実験を行った。

離隔距離 10 m での WPT システムの 0 度方向の 500 kHz から 2000 kHz までのスペクトラムを図 3.7.4-5 に、0 度方向の 579 kHz から 609 kHz までのスペクトラムを図 3.7.4-6 に、WPT システムの 90 度方向の 500 kHz から 2000 kHz までのスペクトラムを図 3.7.4-7 に、90 度方向の 579 kHz から 609 kHz までのスペクトラムを図 3.7.4-8 に示す。

灰色の線が WPT システムを OFF にしたときのグラフで、黒丸が WPT システムを ON にしたときのプロットである。図 3.7.4-5、図 3.7.4-6、図 3.7.4-7、図 3.7.4-8 いずれのグラフからも、595.742 kHz の 7 次高調波は確認できなかった。

同じく離隔距離 10 m での、ソフトウェア受信機での計測では、中波放送が無音に近い状態でも 7 次高調波を確認できなかった。

離隔距離 17.4 m での WPT システムの 0 度方向の 500 kHz から 2000 kHz までのスペクトラムを図 3.7.4-9 に、0 度方向の 579 kHz から 609 kHz までのスペクトラムを図

3.7.4-10 に、WPT システムの 90 度方向の 500 kHz から 2000 kHz までのスペクトラムを図 3.7.4-11 に、90 度方向の 579 kHz から 609 kHz までのスペクトラムを図 3.7.4-12 に示す。

灰色の線が WPT システムを OFF にしたときのグラフで、黒丸が WPT システムを ON にしたときのプロットである。図 3.7.4-9、図 3.7.4-10、図 3.7.4-11、図 3.7.4-12 いずれのグラフからも、595.742 kHz の 7 次高調波は確認できなかった。

同じく離隔距離 17.4 m でのソフトウェア受信機での計測では、中波放送が無音に近い状態で、数十秒の計測期間のうち数百 ms 程度の時間に 7 次高調波を確認できた。ただし、ごく短時間の現象であるため、放送受信には全く影響はないと考えられる。

離隔距離 3 m での計測は、距離 10 m で 7 次高調波を観測できなかったため、参考として実施した。

WPT システムの 0 度方向の 500 kHz から 2000 kHz までのスペクトラムを図 3.7.4-13 に、0 度方向の 579 kHz から 609 kHz までのスペクトラムを図 3.7.4-14 に、WPT システムの 90 度方向の 500 kHz から 2000 kHz までのスペクトラムを図 3.7.4-15 に、90 度方向の 579 kHz から 609 kHz までのスペクトラムを図 3.7.4-16 に示す。

灰色の線が WPT システムを OFF にしたときのグラフで、黒丸が WPT システムを ON にしたときのプロットである。図 3.7.4-13、図 3.7.4-14、図 3.7.4-15、図 3.7.4-16 いずれのグラフからも、595.742 kHz の 7 次高調波は確認できなかった。これは、スペクトラムアナライザで一定時間の平均的な電力を計測するため、中波放送の変調信号の平均電力に対して、WPT システムの平均的な高調波レベルが小さいためと考えられる。

同じく離隔距離 3 m でのソフトウェア受信機での計測では、中波放送の変調度がある程度低くなると 7 次高調波が確認できた。

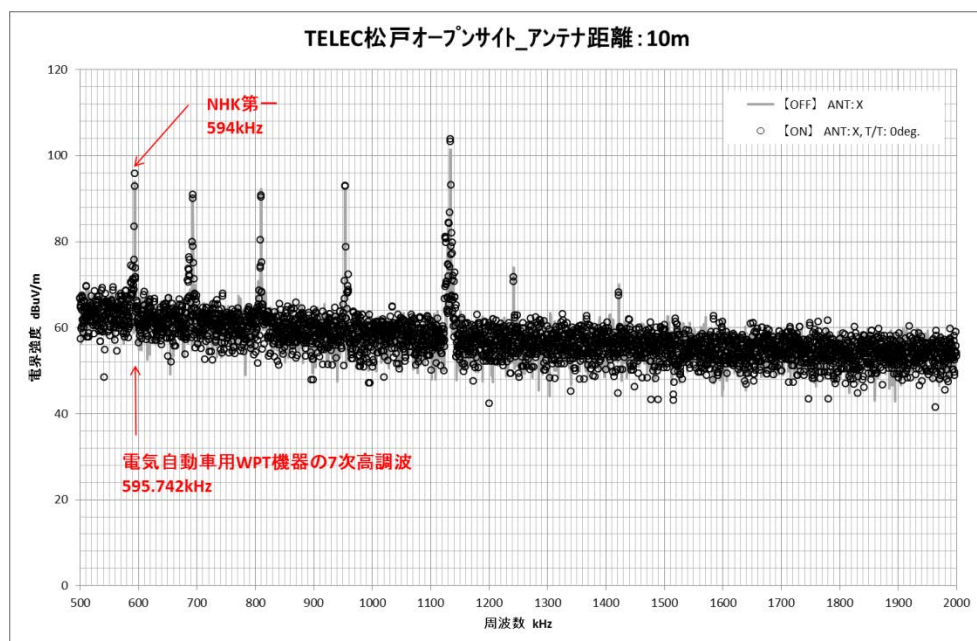


図 3.7.4-5 離隔距離 10 m 0 度方向を向けたときの電界強度スペクトラム
(500 kHz から 2000 kHz)

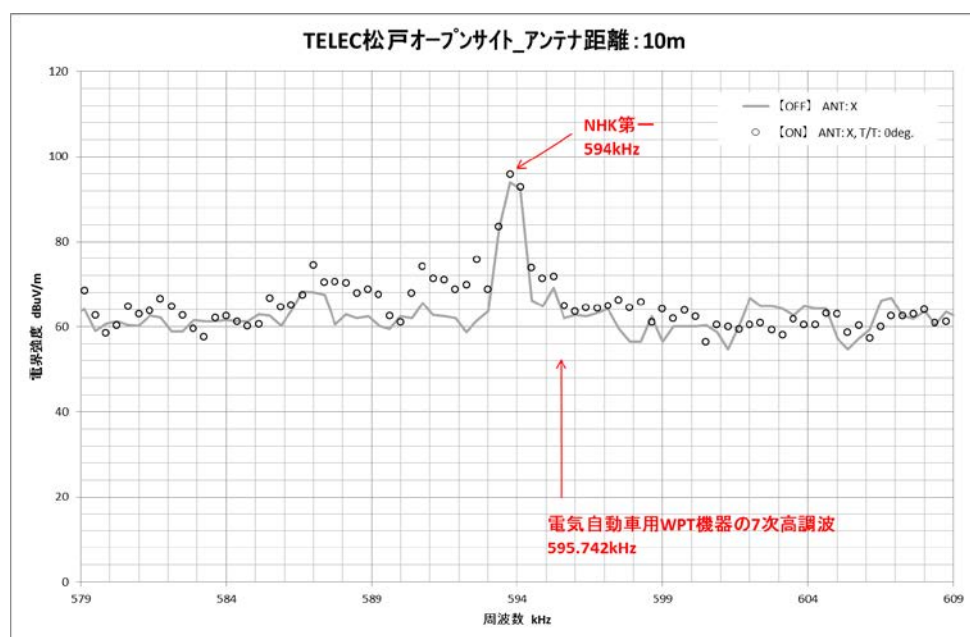


図 3.7.4-6 離隔距離 10 m 0 度方向を向けたときの電界強度スペクトラム
(579 kHz から 609 kHz)

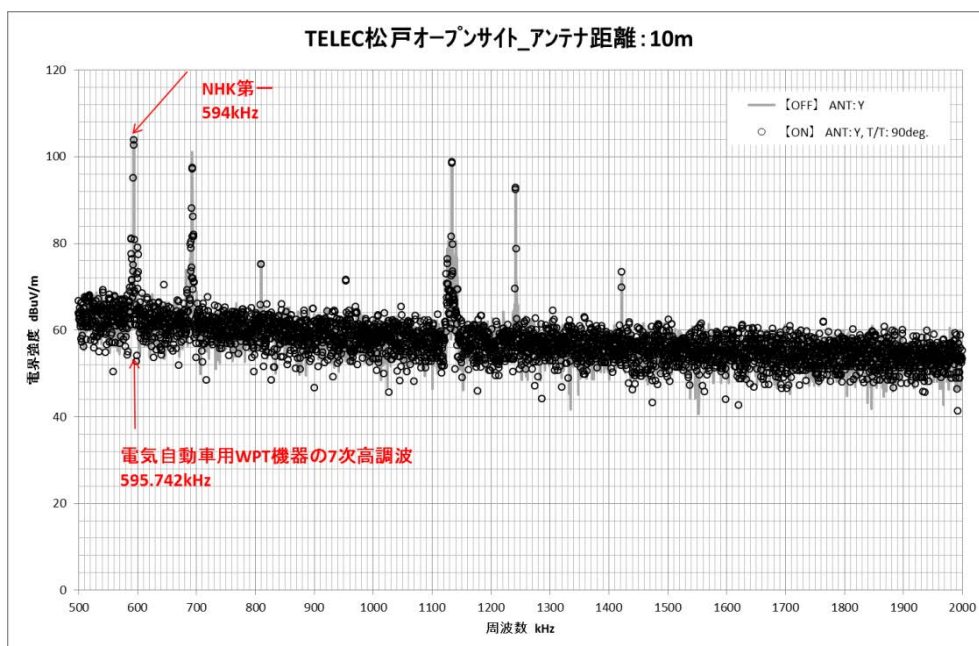


図 3.7.4-7 離隔距離 10 m 90 度方向を向けたときの電界強度スペクトラム
(500 kHz から 2000 kHz)

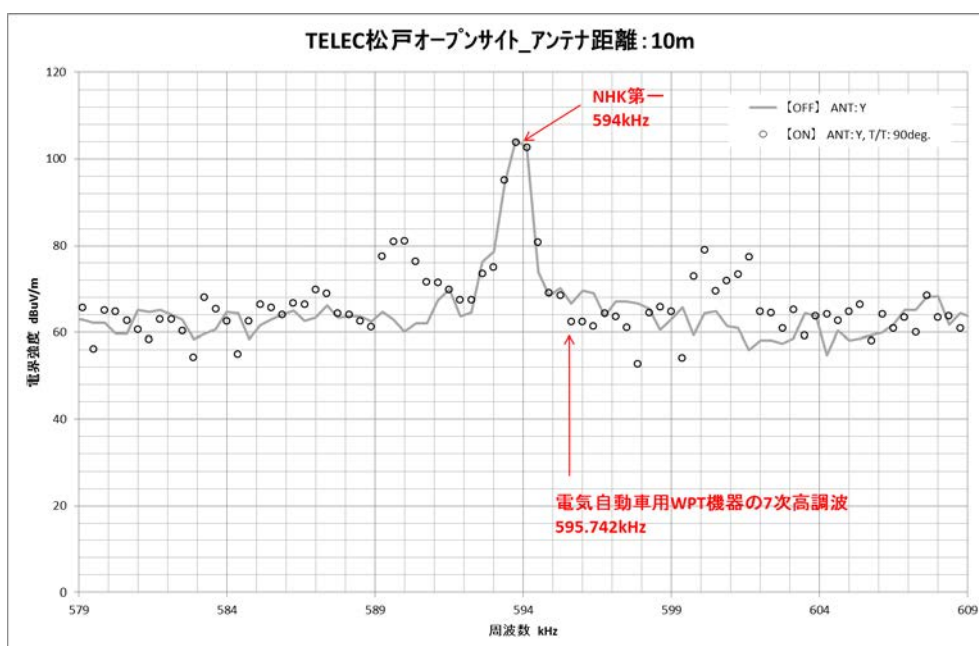


図 3.7.4-8 離隔距離 10 m 90 度方向を向けたときの電界強度スペクトラム
(579 kHz から 609 kHz)

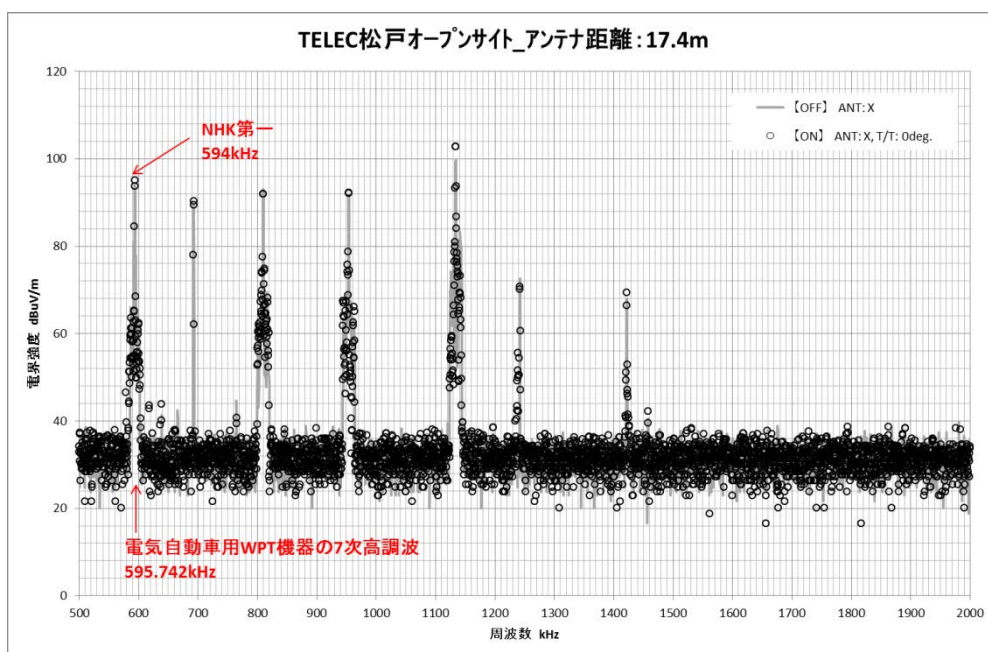


図 3.7.4-9 離隔距離 17.4 m 0 度方向を向けたときの電界強度スペクトラム
(500 kHz から 2000 kHz)

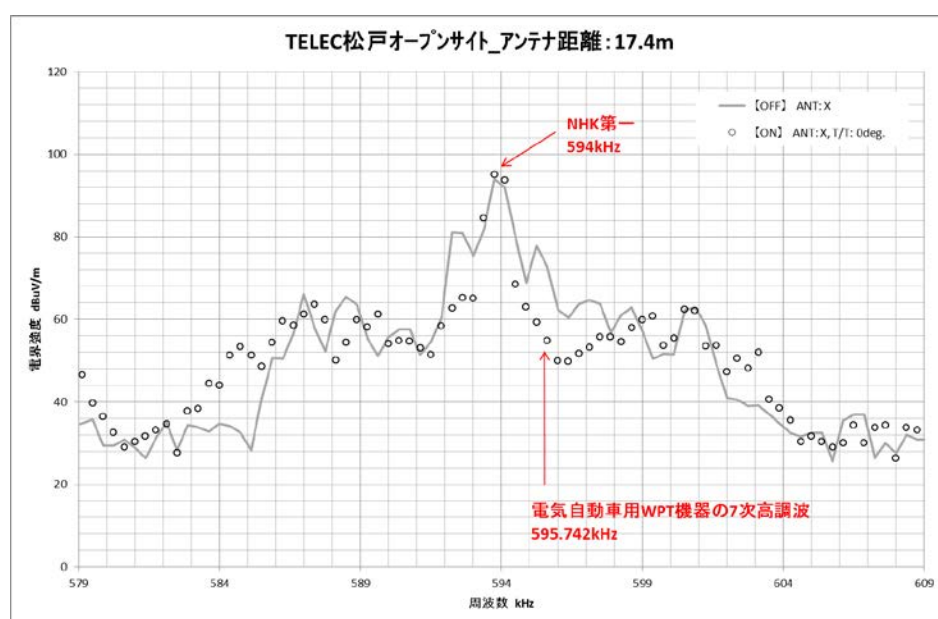


図 3.7.4-10 離隔距離 17.4 m 0 度方向を向けたときの電界強度スペクトラム
(579 kHz から 609 kHz)

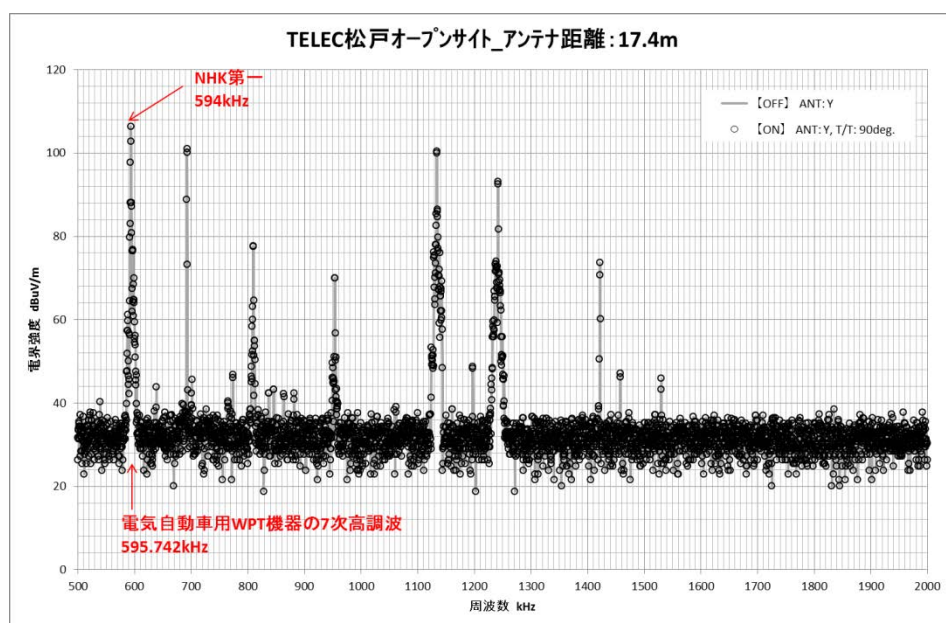


図 3.7.4-11 離隔距離 17.4 m 90 度方向を向けたときの電界強度スペクトラム
(500 kHz から 2000 kHz)

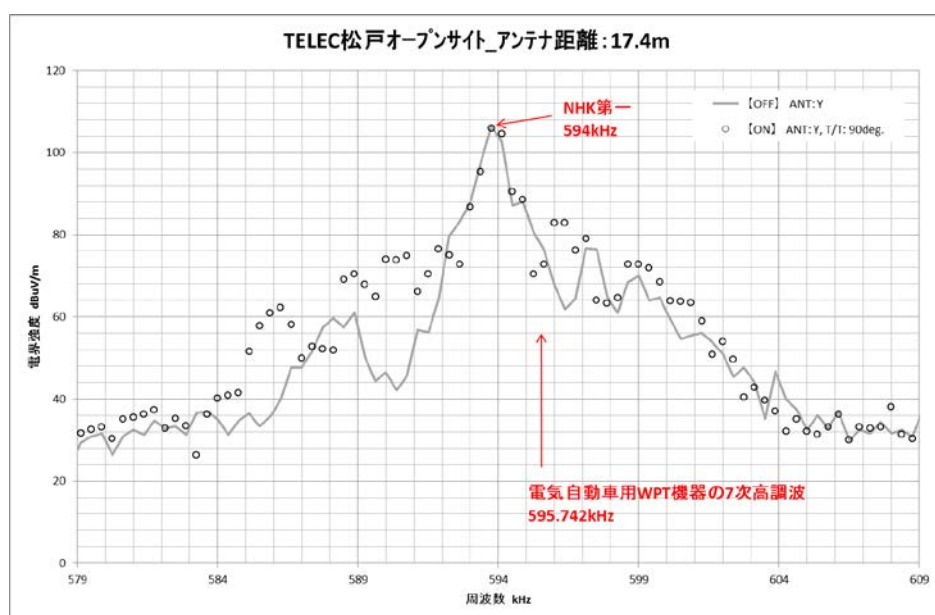


図 3.7.4-12 離隔距離 17.4 m 90 度方向を向けたときの電界強度スペクトラム
(579 kHz から 609 kHz)

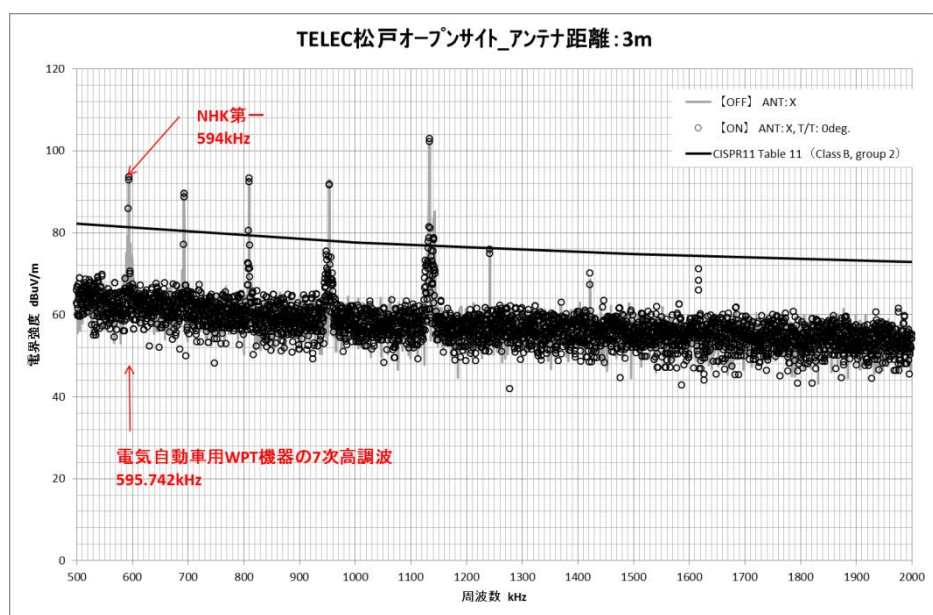


図 3.7.4-13 離隔距離 3 m 0 度方向を向けたときの電界強度スペクトラム
(500 kHz から 2000 kHz)

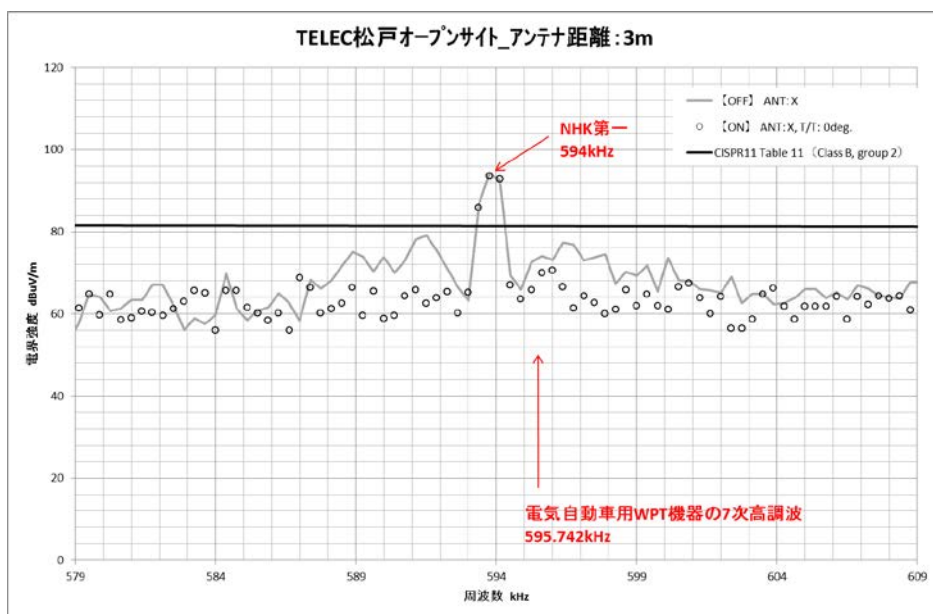


図 3.7.4-14 離隔距離 3 m 0 度方向を向けたときの電界強度スペクトラム
(579 kHz から 609 kHz)

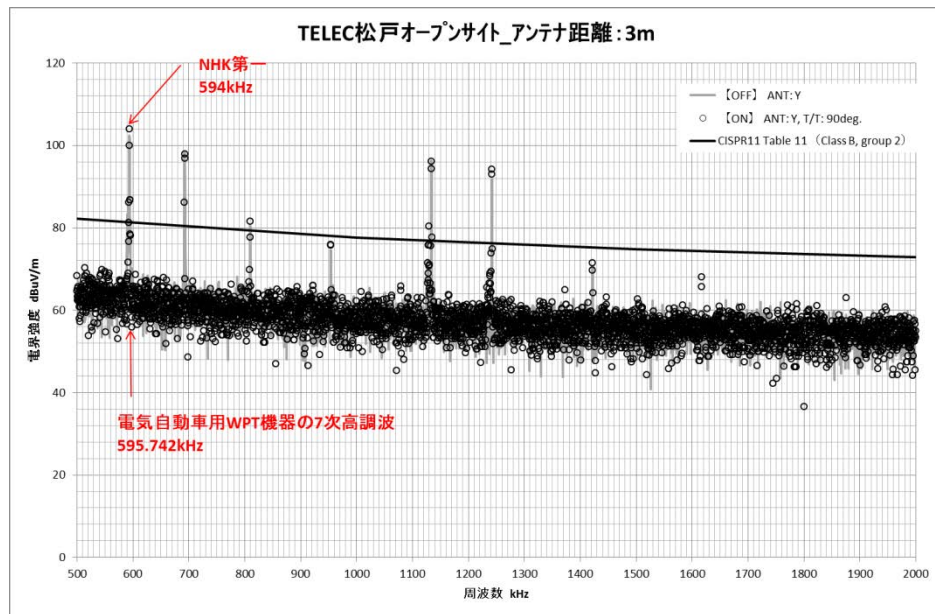


図 3.7.4-15 離隔距離 3 m 90 度方向を向けたときの電界強度スペクトラム
(500 kHz から 2000 kHz)

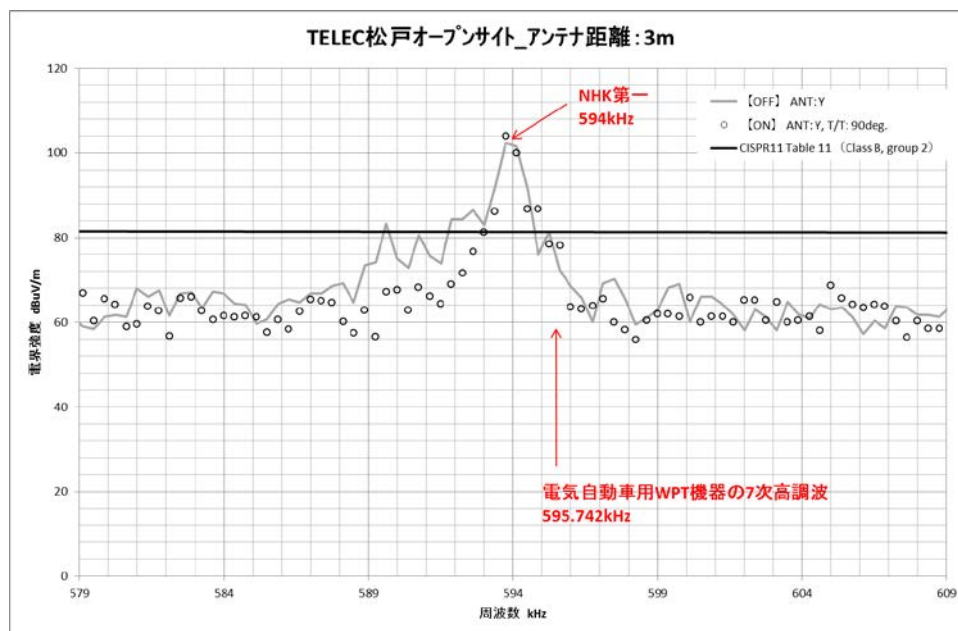


図 3.7.4-16 離隔距離 3 m 90 度方向を向けたときの電界強度スペクトラム
(579 kHz から 609 kHz)

イ 受信機による聴感試験結果（参考実験）

各離隔距離（3 m、10 m、17.4 m）で、3 種類の受信機を用いて聴感試験を実施した。
ただし、今回の聴感試験では、2014 年 7 月 1 日の千葉県松戸市の TELEC オープンサ

イトにおける NHK 第一放送の受信電界強度が約 $100 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ であり、中波放送の受信電界強度が十分に高いという前提条件で行ったものであることから、参考の位置付けとする。

電気自動車用 WPT システムの向きは、0 度方向と 90 度方向の 2 方向とした。

受信機の設置角度及び WPT システムとの方位については、NHK 第一放送の受信電界強度が約 $100 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ と非常に高いことから、中波放送事業者の本作業班構成員と相談のうえ、NHK 第一放送が最も受信しにくいヌル点の方向に受信機を向けて設置し、同時に受信機の向きに対して、WPT システムからの高調波が最も強く受信される角度に設置した。NHK 第一放送が最も受信しにくいヌル点の方向に受信機を向けて設置したとき、WPT システムを OFF にした状態でも、WPT システム以外の影響によるノイズ音が発生することが確認されている。聴感試験者は中波放送事業者の本作業班構成員を含む希望者とした。

離隔距離 17.4 m では、いずれの場合も WPT システムによるノイズ音は検知できなかった。

離隔距離 10 m では、諦聴すれば WPT システムによるノイズ音を検知することはできたが、放送番組の内容が静かなときにかすかに聞こえる程度であった。参考までに、放送波の受信電界強度がヌル以外となる方向に受信機の向きを回転させて設置した場合には、WPT システムによるノイズ音は全く検知できなかった。

離隔距離 3 m では、電気自動車用 WPT システムの漏えい電力によるノイズ音をはっきりと確認することができた。ただし、中波放送の番組が音楽である場合や BGM が流れている場合には、WPT システムによるノイズ音が音楽や BGM にマスクされ判別できない場合もあった。

ウ 実験のまとめ

本実験は、電気自動車用 WPT システムと受信機との間に、干渉を軽減する壁などの物体がないオープンサイトで行った。NHK 第一放送の受信電界強度が約 $100 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ と非常に高いことから NHK 第一放送の到来方向に受信機のアンテナ指向性がヌルとなる方向を合わせて実施した。

WPT システムの 7 次高調波のレベルは $35.9 \text{ dB}\mu\text{V/m}@10 \text{ m}$ であり、WPT システムの漏えい電界強度の目標値の $49.5 \text{ dB}\mu\text{V/m}@10 \text{ m}$ に対し 13.6 dB 低いレベルで試験を実施した。

机上検討でコンクリート構造物の窓際で聴取した場合に想定される 10 dB の干渉レベル低減効果に相当する離隔距離 17.4 m においては、今回の実験では、いずれの方法でも WPT システムの影響によるノイズ音を検知することはできなかった。

離隔距離 10 m の実験では、スペクトラムアナライザによる測定では WPT システムの 7 次高調波は確認できなかった。また、ソフトウェア受信機での計測でも WPT システム

の 7 次高調波は確認できなかった。

参考として実施した聴感試験では、NHK 第一放送の到来方向で受信機のアンテナ指向性がヌルとなる方向に受信機を設置し、WPT システムを OFF にした状態で、WPT システム以外のノイズ音に乗る受信環境において、更に中波放送の番組内容が静かなときに、諦聴すればかすかに WPT システムの影響によるノイズ音を検知できた。

参考として実施した離隔距離 3 m の実験では、ソフトウェア受信機での計測で影響があることを確認できた。聴感試験では、ノイズ音がはっきりと確認できた。ただし、この距離でも中波放送の番組が音楽である場合や BGM が流れている場合には、WPT システムによるノイズ音が音楽や BGM にマスクされ判別できないケースもあった。

(5) 検討結果

机上検討結果から、木造家屋での受信ケースでは、共用条件を満たさなかった。また、コンクリート建造物の窓際から 0.5 m での受信ケースでも共用条件を満たさなかった。一方、コンクリート建造物の窓際から 4 m での受信ケースは、漏えい電界強度が周囲雑音以下となり、共用条件を満たしていることを確認した。

実機を用いた実験として、スペクトラムアナライザでの確認及びソフトウェア受信機での確認を行った。離隔距離 17.4 m での結果から、中波放送の受信電界強度が高い高雑音区域 (50~10 mV/m、94~80 dB μ V/m) では、コンクリート建造物の窓際でも共用条件を満たしていることを確認した。さらに、同実験の離隔距離 10 m での結果から、中波放送の受信電界強度が高い高雑音区域 (50~10 mV/m、94~80 dB μ V/m) では、木造家屋内での受信ケースも共用条件を満たすことを確認した。

一方、種々の物理的な制約により、可能な範囲でしか実験を実施せざるを得なかったため、中雑音区域及び低雑音区域の木造家屋内における中波放送の受信への影響については、共用条件を満たせるとの結論には至っていない。

ただし、その場合であっても、電気自動車用 WPT システムが 1 日当たりに動作する予測平均時間が 1 時間弱であること、帰宅直後に数十分の短時間充電を行うユーザーが比較的多いことや、WPT システムの伝送周波数が、環境・設置条件等によって所定帯域内で都度決定されることなどを考慮すると、WPT システムがその近傍の中波放送受信機に対して、常に干渉を与えるわけではない。

これらの検討結果から、所要離隔距離の基準である「10 m」を超過している場合もあるが、実質的な運用上の支障が生じる可能性は高くないと考えられる。したがって、WPT システムの取扱説明書や製品本体等に「中波放送受信機への混信妨害の可能性がある」旨を明示し、消費者への注意喚起を行うことにより干渉回避が可能となると考えられる。また、万が一、WPT システムが中波放送受信機に対して許容できない混信妨害を与えた際には、WPT システム側に対策を行い、中波放送受信への混信妨害を許容レベルまで低減することが必要である。

これらの対応が実施される前提であれば、総合的に判断して、中波放送と電気自動車用 WPT システムとは共用可能となると考えられる。

3.8 固定・移動無線との共用検討

固定・移動無線との周波数共用検討において検討対象となる WPT システムは、家電機器用 WPT システム①であることから、詳細については割愛する。

周波数共用検討の結果については、平成 27 年 1 月 21 日付け電波利用環境委員会報告を参照。

3.8.1 家電機器用 WPT システム①（モバイル機器）

本節の内容については、平成 27 年 1 月 21 日付け電波利用環境委員会報告 3.8.1 節 家電機器用 WPT システム①（モバイル機器）を参照のこと。

第4章 許容値及び測定法

本章では、WPT システムの許容値及び測定法について述べる。

4.1 許容値

4.1.1 許容値設定に当たっての考え方

本作業班で対象とした WPT システムに対する許容値の検討に当たっては、国内での既存システムとの周波数共用検討の結果及び従来の電波法令で定めてきた許容値の不整合を最小とするよう配慮するとともに、WPT システムが搭載される製品の区分（自動車、家電機器、パソコン等の情報技術装置）に従い関連する CISPR 規格を基本とし、国際規格との整合性を図ることが適当である。運用に当たっては、CISPR 規格が国内規格として情報通信審議会より答申を行っているものを参照するものの、近い将来廃止予定の CISPR 規格については、答申予定の新規格を参照する。なお、CISPR における WPT システムに対する許容値及び測定法は検討中であることに鑑み、最新の検討動向を勘案し、これを許容値として導入する必要があると判断された場合、本作業班においてもこのための検討を加速化することで許容値設定の迅速化を図ることが適当である。

表 4.1.1-1 許容値決定の際に参考とした CISPR 規格

分類	伝導妨害波		放射妨害波			
	9 kHz～150 kHz	150 kHz～30 MHz	9 kHz～150 kHz	150 kHz～30 MHz	30 MHz～1 GHz	1 GHz～6 GHz
電気自動車用	当面規定しない (注 1)	CISPR 11 グループ 2 (Ed. 5.1)	周波数共用条件 (注 1)	CISPR 11 グループ 2 (Ed. 5.1) (注 4) 周波数共用条件	CISPR 11 グループ 2 (Ed. 5.1)	規定しない
家電機器用①	利用周波数が当該周波数帯にないの で規定しない	CISPR 11 グループ 2 (Ed. 5.1) (注 2) CISPR 32 (Ed. 1.0)	規定しない	CISPR 11 グループ 2 (Ed. 5.1) (注 2) (注 3) (注 4) 周波数共用条件	CISPR 11 グループ 2 (Ed. 5.1) (注 2) CISPR 32 (Ed. 1.0) 周波数共用条件	CISPR 32 (Ed. 1.0)
家電機器用②	CISPR 14-1 Annex B (Ed. 5.2)	CISPR 11 グループ 2 (Ed. 5.1) CISPR 14-1 Annex B (Ed. 5.2)	CISPR 14-1 Annex B (Ed. 5.2) 周波数共用条件	CISPR 11 グループ 2 (Ed. 5.1) (注 2) (注 4) CISPR 14-1 Annex B (Ed. 5.2) 周波数共用条件	CISPR 11 グループ 2 (Ed. 5.1) (注 2) CISPR 14-1 (Ed. 5.2)	規定しない
家電機器用③	利用周波数が当該周波数帯にないの で規定しない	CISPR 11 グループ 2 (Ed. 5.1) (注 2) CISPR 32 (Ed. 1.0)	規定しない	CISPR 11 グループ 2 (Ed. 5.1) (注 2) (注 3) (注 4) 周波数共用条件	CISPR 11 グループ 2 (Ed. 5.1) (注 2) CISPR 32 (Ed. 1.0)	CISPR 32 (Ed. 1.0)

注 1 将来 CISPR 11 に規定されたときに改めて検討する。

注 2 WPT システムがホスト機器なしに動作する場合は、CISPR 11 の許容値を適用し、他の規定については準用する。

注 3 利用周波数を含む周波数帯の規定がない場合は、CISPR 11 の許容値を適用し、他の規定については準用する。

注 4 CISPR 11 グループ 2 クラス B については、3 m 許容値をもとに 10 m 距離での許容値を規定する。

表全体への注 1 クラス分け (A 又は B) はそれぞれの CISPR 規格における定義に従う。

表全体への注 2 家電機器用 WPT システム①及び③において、CISPR 32 と記載されている場合については、CISPR 32 を適用することが適当なものに適用する。

参考：

現在、情報通信審議会より答申を行っているもの

- 1 CISPR 11 (Ed. 5.1)：工業、科学及び医療用装置からの妨害波の許容値及び測定方法

(昭和 63 年 9 月 26 日付け諮問第 3 号「国際無線障害特別委員会 (CISPR) の諸規格について」のうち、「工業、科学及び医療用装置からの妨害波の許容値及び測定法」に関する一部答申 (H26. 3. 25))

- 2 CISPR 14-1 (Ed. 5.2)：家庭用電気機器、電動工具及び類似機器からの妨害波の許容値と測定法

(昭和 63 年 9 月 26 日付け諮問第 3 号「国際無線障害特別委員会 (CISPR) の諸規格について」のうち、「家庭用電気機器、電動工具、及び類似機器に関する電磁両立性規格：第 1 部 妨害波」及び「無線周波妨害波及びイミュニティ測定装置と測定法に関する規格 第 2 部 第 1 編 伝導妨害波の測定」に関する一部答申 (H23. 9. 16))

- 3 CISPR 22 (Ed. 6.0)：情報技術装置からの妨害波の許容値と測定法

(昭和 63 年 9 月 26 日付け諮問第 3 号「国際無線障害特別委員会 (CISPR) の諸規格について」のうち、「無線周波妨害波およびイミュニティ測定法の技術的条件 第 2 部 第 2 編 妨害波電力の測定法」及び「情報技術装置からの妨害波の許容値と測定法」に関する一部答申 (H22. 12. 21))

- 4 CISPR 16-1-4 (Ed. 2.0)：無線妨害波およびイミュニティ測定装置の技術的条件 第 4 編：補助装置 — 放射妨害波

(昭和 63 年 9 月 26 日付け諮問第 3 号「国際無線障害特別委員会 (CISPR) の諸規格について」のうち、「無線妨害波およびイミュニティ測定装置の技術的条件」に関する一部答申 (H19. 7. 26))

- 5 CISPR 16-2-3 (Ed. 2.0)：無線周波妨害波およびイミュニティ測定法の技術的条件 第 2 部第 3 編 放射妨害波の測定法

(昭和 63 年 9 月 26 日付け諮問第 3 号「国際無線障害特別委員会 (CISPR) の諸規格について」のうち、「無線周波妨害波およびイミュニティ測定法の技術的条件 第 2 部 第 3 編 放射妨害波の測定法」に関する一部答申 (H21. 3. 17)

CISPR 22 が近い将来廃止されるため、答申を予定しているもの

6 CISPR 32 (Ed. 1. 0) : マルチメディア機器の EMC 妨害波許容値

CISPR 規格が改定され、近い将来答申を予定しているもの

7 CISPR 16-1-4 (Ed. 3. 1) : 無線周波妨害波およびイミュニティ測定装置並びに測定方法の規格 1-4 編 : 無線妨害波とイミュニティ測定装置 - 放射妨害波測定用のアンテナと試験場

このほか、許容値の設定にあたり以下の事項を考慮した。

(1) あらかじめ設定した目標値 (第 3 章 3. 1 参照) に周波数共用検討で得られた技術的条件をこれに反映する。

(2) 利用周波数における漏えい強度や放射妨害波の強度は、10 m の距離における磁界強度 (30 MHz 以下) 及び電界強度 (30 MHz ~ 1 GHz) により規定する。

(3) 許容値は、クラス A 及び B のそれぞれを併記する。

なお、そのクラス分けの適用に当たっては、当該 WPT システムの設置環境を勘案し CISPR における定義に従うこととする。

(4) 許容値については、将来の関係する国際標準化の進展や周波数共用条件の変更に伴い適宜見直しを図る。

(5) このほか、設定された許容値のもとで周波数共用を担保するために必要な条件を併記する。

4. 1. 2 検討対象とした各システムに対する電磁妨害波の許容値

電気自動車用 WPT システムに対する電磁妨害波の許容値は、以下のとおり。

なお、家電機器用 WPT システム①、家電機器用 WPT システム②及び家電機器用 WPT システム③の電磁妨害波の許容値については、平成 27 年 1 月 21 日付け電波利用環境委員会報告を参照。

(1) 電気自動車用 WPT システム

電気自動車用 WPT システムの電磁妨害波の許容値については、周波数共用検討の結果や国際的な動向を勘案し、以下のとおりとすることが適当である。

①利用周波数

表 4. 1. 2-1 利用周波数（電気自動車用 WPT システム）

検討対象周波数（参考）	候補周波数
42 kHz～48 kHz 52 kHz～58 kHz 79 kHz～90 kHz 140.91 kHz～148.5 kHz	79 kHz～90 kHz(*) (*) 周波数共用検討の結果や国際的な 動向を勘案し、この周波数を選定し た。

②利用周波数における漏えい電磁界強度

表 4.1.2-2 利用周波数における漏えい電磁界強度（電気自動車用 WPT システム）

目標値（参考）	許容値
3 kW クラス（家庭用） （出力：3 kW 及び 7.7 kW） 91.3 dBμ V/m @30 m 39.8 dBμ A/m @30 m 7.7 kW クラス（公共用） （出力：7.7 kW） 95.4 dBμ V/m @30 m 43.9 dBμ A/m @30 m	3 kW クラス（家庭用） 68.4 dBμ A/m @10 m（準尖頭値） 7.7 kW クラス（公共用） 72.5 dBμ A/m @10 m（準尖頭値） (*1) 信号保安設備への有害な干渉を 起こさないため、以下の離隔距離を 確保し、かつ、この離隔距離以内に WPT システムを設置しないこと。 ○3 kW クラス（家庭用） 線路の端から 4.8 m ○7.7 kW クラス（公共用） 線路の端から 6.3 m (*2) 80 kHz と 92 kHz の周波数を使用 する誘導式列車無線への有害な干 渉を起こさないため、車上アンテナ に対して 45 m の離隔距離を確保し、 かつ、この離隔距離以内に WPT シス テムを設置しないこと。 (*3) 上述(*1) (*2) は、机上検討から 導かれた設置制限であり、今後、実 証実験等により机上検討の妥当性 を検証する必要がある。また、今後、 信号保安設備等も妨害波に対する 耐性向上等が望まれる。

③伝導妨害波の許容値

4.1.1 節参考 1 に示す一部答申中、表 6 又は表 7 を基本として、本報告の表 4.1.2-3 又は表 4.1.2-4 を許容値として適用すること。ただし、4.1.1 節参考 1 に示す一部答申中の表 1 「ISM 基本周波数として利用するために指定された周波数帯」の中で、当該周波数帯の国内における ISM 利用が「制限なし」とされた周波数範囲を除く。

表4.1.2-3 クラスAグループ2装置の電源端子妨害波電圧の許容値(試験場における測定)
(CISPR 11答申 表6参照)

周波数帯域 MHz	定格入力電力 $\leq 75 \text{ kVA}$		定格入力電力 $> 75 \text{ kVA}^a$	
	準尖頭値 dB (μV)	平均値 dB (μV)	準尖頭値 dB (μV)	平均値 dB (μV)
0.15 - 0.50	100	90	130	120
0.50 - 5	86	76	125	115
	90	80		
5 - 30	周波数の対数に対し直線的に減少		115	105
	73	60		

周波数範囲の境界では、厳しい方の値の許容値を適用する。
準尖頭値と平均値は、以下のいずれかを満足すること。

- ・ 平均値検波器での測定に対して規定した平均値許容値以下、かつ、準尖頭値検波器での測定に対して規定した準尖頭値許容値以下であること。
- ・ 準尖頭値検波器での測定に対して規定した平均値許容値以下であること。

^a 製造業者及び/又は供給者は、設置した装置からの妨害波を減少させるために用いることができる設置方法に関する情報を提供すること。

表 4. 1. 2-4 クラス B グループ 2 装置の電源端子妨害波電圧の許容値(試験場における測定)
(CISPR 11 答申 表 7 参照)

周波数帯域 MHz	準尖頭値 dB (μ V)	平均値 dB (μ V)
0. 15 - 0. 50	66	56
	周波数の対数に対し直線的に減少 56	周波数の対数に対し直線的に減少 46
0. 50 - 5	56	46
5 - 30	60	50
周波数範囲の境界では、厳しい方の値の許容値を適用する。 準尖頭値と平均値は、以下のいずれかを満足すること。 ・ 平均値検波器での測定に対して規定した平均値許容値以下、かつ、準尖頭値検波器での測定に対して規定した準尖頭値許容値以下であること。 ・ 準尖頭値検波器での測定に対して規定した平均値許容値以下であること。		

④放射妨害波の許容値

利用周波数帯においては、本報告の表 4.1.2-2 の許容値を適用すること。

表 4.1.2-5 放射妨害波の許容値（電気自動車用 WPT システム）

目標値（参考）	許容値
9 kHz～30 MHz 46 dB μ V/m @ 30 m -5.51 dB μ A/m @30 m	9 kHz～150 kHz（利用周波数を除く） 23.1 dB μ A/m @10 m（準尖頭値） 150 kHz～30 MHz 4.1.1 節参考 1 に示す一部答申中、表 9 の D=10 m の許容値又は表 11 の許容値を基本として、本報告の表 4.1.2-6 の値又は表 4.1.2-7 を距離 10 m に換算した値を許容値として適用する。 ただし、表 4.1.2-7 の許容値を適用する場合には、高調波に当たる部分（158 kHz～180 kHz、237 kHz～270 kHz、316 kHz～360 kHz 及び 395 kHz～450 kHz）については、許容値から 10 dB 緩和する。 また、526.5 kHz から 1606.5 kHz までの周波数においては、 -2.0 dB μ A/m @10 m（準尖頭値）。
526.5 kHz～1606.5 kHz 29.5 dB μ V/m @30 m -22.0 dB μ A/m @30 m	30 MHz～1 GHz 4.1.1 節参考 1 に示す一部答申中、表 9 又は表 11 の D=10 m の許容値を基本として、本報告の表 4.1.2-6 又は表 4.1.2-7 の D=10 m の許容値を適用する。 注 1) 周波数範囲の境界では、厳しい方の値の許容値を適用する。 注 2) 4.1.1 節参考 1 に示す一部答申中の表 1「ISM 基本周波数として利用するために指定された周波数帯」の中で、当該周波数帯の国内における ISM 利用が「制限なし」とされた周波数範囲を除く。

表 4. 1. 2-6 クラス A グループ 2 装置の放射妨害波の許容値（試験場における測定）
（CISPR 11 答申 表 9 参照）

周波数範囲 MHz	測定距離D(m)における許容値					
	試験場において装置 からの距離 D=30 m		試験場において装置 からの距離 D=10 m		試験場において装置 からの距離 D=3 m ^a	
	電界 準尖頭値	磁界 準尖頭値	電界 準尖頭値	磁界 準尖頭値	電界 準尖頭値	磁界 準尖頭値
	dB (μ V/m)	dB (μ A/m)	dB (μ V/m)	dB (μ A/m)	dB (μ V/m)	dB (μ A/m)
0.15 - 0.49	-	33.5	-	57.5	-	57.5
0.49 - 1.705	-	23.5	-	47.5	-	47.5
1.705 - 2.194	-	28.5	-	52.5	-	52.5
2.194 - 3.95	-	23.5	-	43.5	-	43.5
3.95 - 20	-	8.5	-	18.5	-	18.5
20 - 30	-	-1.5	-	8.5	-	8.5
30 - 47	58	-	68	-	78	-
47 - 53.91	40	-	50	-	60	-
53.91 - 54.56	40	-	50	-	60	-
54.56 - 68	40	-	50	-	60	-
68 - 80.872	53	-	63	-	73	-
80.872 - 81.848	68	-	78	-	88	-
81.848 - 87	53	-	63	-	73	-
87 - 134.786	50	-	60	-	70	-
134.786 - 136.414	60	-	70	-	80	-
136.414 - 156	50	-	60	-	70	-
156 - 174	64	-	74	-	84	-
174 - 188.7	40	-	50	-	60	-
188.7 - 190.979	50	-	60	-	70	-
190.979 - 230	40	-	50	-	60	-
230 - 400	50	-	60	-	70	-
400 - 470	53	-	63	-	73	-
470 - 1 000	50	-	60	-	70	-
周波数範囲の境界では、厳しい方の値の許容値を適用する。						
^a 離隔距離3 mの許容値は、4. 1. 1節参考 1 に示す一部答申中、3. 10節で定義された寸法の判定基準に合致する小型装置にのみ許容される。						

表4.1.2-7 クラスBグループ2装置の放射妨害波の許容値（試験場における測定）

（CISPR 11答申 表11参照）

周波数範囲 MHz	測定距離D(m)における許容値				
	電界				磁界
	D = 10 m		D = 3 m ^b		D = 3 m
	準尖頭値	平均値 ^a	準尖頭値	平均値 ^a	準尖頭値
	dB (μV/m)	dB (μV/m)	dB (μV/m)	dB (μV/m)	dB (μA/m)
0.15 - 30	-	-	-	-	39 周波数の対数 に対し直線的 に減少 3
30 - 80.872	30	25	40	35	-
80.872 - 81.88	50	45	60	55	-
81.88 - 134.786	30	25	40	35	-
134.786 - 136.414	50	45	60	55	-
136.414 - 230	30	25	40	35	-
230 - 1000	37	32	47	42	-

周波数範囲の境界では、厳しい方の値の許容値を適用する。

^a 平均値の許容値は、マグネトロンで駆動する装置にのみ適用する。マグネトロンで駆動する装置が、ある周波数で準尖頭値の許容値を超えた場合は、それらの周波数で平均値検波器を用いて測定を繰り返す。そして、この表に規定された平均値の許容値を適用する。

^b 離隔距離3 mの許容値は、4.1.1節参考1に示す一部答申中、3.10節で定義された寸法の判定基準に合致する小型装置にのみ許容される。

(2) 家電機器用 WPT システム①

本節の内容については、平成 27 年 1 月 21 日付け電波利用環境委員会報告 4.1.2 節

(2) 家電機器用 WPT システム①を参照のこと。

(3) 家電機器用 WPT システム②

本節の内容については、平成 27 年 1 月 21 日付け電波利用環境委員会報告 4.1.2 節

(3) 家電機器用 WPT システム②を参照のこと。

(4) 家電機器用 WPT システム③

本節の内容については、平成 27 年 1 月 21 日付け電波利用環境委員会報告 4.1.2 節

(4) 家電機器用 WPT システム③を参照のこと。

4.2 測定法

4.2.1 測定法設定に当たっての考え方

WPT システムの測定法を規定するに当たって参考としたのは、下記の規格である。このうち、技術基準の国際整合を基本とする方針から、②をベースに取りまとめ、製品に特有な部分は③を引用し、更に一部国際規格がカバーしていない範囲に関して①の現行基準を援用する方針とした。

- ① 電波法における通信設備以外の高周波利用設備に関する技術基準
- ② 国際的な妨害波の許容値・測定法として確立されている以下の CISPR の関係規格
 - ・ 工業・科学・医療用機器の妨害波測定に関する CISPR 11、
 - ・ 家電機器の妨害波測定に関する CISPR 14-1、
 - ・ 基本測定法及び測定設備を規定する CISPR 16 シリーズ、そして
 - ・ 情報マルチメディア装置の妨害波測定に関する CISPR 32
- ③ 電気自動車の WPT 充電器に関する国際的な製品規格 IEC 61980-1 の案 (CDV)

WPT システムがどのようなカテゴリーで規制対象と扱われるべきかについては、現時点で国際的に統一された見解がないが、CISPR では、欧州諸国の合意を背景に、CISPR 11 規格のうちのグループ 2 装置として扱うことが提案されており、ほぼその方向で具体化が検討されることになっている。このことから、CISPR 11 グループ 2 の測定法（平成 26 年 3 月 25 日、情報通信審議会一部答申「工業、科学及び医療用装置からの妨害波の許容値及び測定法」）をベースとした。なお、CISPR では製品群別規格で規定する個々の測定法に共通する基本的な測定法及び測定設備を CISPR 16 シリーズとして規定し、各製品群規格が必要に応じこれを引用する編集となっていることから、CISPR 11 には必ずしも詳細が規定されていない測定法や測定設備、試験場などに関しては CISPR 16 の関係規格を引用した。また、家電機器に関しては CISPR 14-1 を、情報マルチメディア装置に関しては CISPR 22 が 2017 年 3 月に廃止される予定であることから CISPR 32 をそれぞれ参照することとした。また、IEC 国際標準手続き中であるが電気自動車の WPT 充電器に関する IEC 61980-1 規格案も測定法の記述について必要に応じて参照した。

また、作業班の検討中に実施した試作装置を使った妨害波強度実測調査における経験を生かして、参照した国際規格の規定に選択肢がある場合、より現実的な測定法を選択した。

なお、測定に当たっての具体的な測定設備や測定手順については付録 B 及び C に記載している。

4.2.2 伝導妨害波の測定(電気自動車用 WPT システム)

(1) 電気自動車用 WPT システム

(ア)測定用サイト

伝導妨害波の測定は、水平基準大地面又は垂直基準大地面を備える試験場で行う。

(イ)測定設備及び配置

測定には、CISPR 16-1-2 に規定される擬似電源回路網を使用する。擬似電源回路網は 9 kHz から 30 MHz の周波数範囲にわたり校正を施さなければならない。また、電気自動車用 WPT システムに対応するため、十分な電流容量があることも留意する。

送電装置が、一次コイル部及び電源並びに制御を行う部分に分離されて専用ケーブルで接続される構造の場合には、太いケーブルの処理は、CISPR の基準どおりに実行できなくともやむを得ないとする。

(2) 家電機器用 WPT システム

本節の内容については、平成 27 年 1 月 21 日付け電波利用環境委員会報告 4.2.2 節

(2) 家電機器用 WPT システムを参照のこと。

4.2.3 放射妨害波の測定(電気自動車用 WPT システム)

(1) 電気自動車用 WPT システム

(ア)測定用サイト

測定には、10 m の測定距離が確保できる以上の規模の 5 面電波暗室を使用すること。

なお、一般に電波暗室は 30 MHz 未満の波長の長い周波数域においては、電波暗室としての機能を保つことは困難で、金属箱（シールドルーム）の状態になる。このため、床に加え、壁面、天井での反射があり、部屋の形状により固有の共振周波数を持つなど、利用において注意が必要である。疑義がある場合には、30 MHz 未満の利用周波数及び不要発射の強度測定に関しては、オープンテストサイトにおいて測定した値を参照値と考えるべきである。

(イ)測定設備及び配置

車体の電磁効果を模擬した何らかの固定治具を使用する必要があるため、IEC 61980-1 規格案に例示された模擬車両（Informative）を使用することを想定していたが、平成 27 年 5 月時点において、模擬車両は、IEC 61980-1 規格案から削除されており、今後具体的な仕様が規格に盛り込まれる可能性は極めて低いものと思われる。CISPR においては、固定治具として一定のサイズの金属板を用いた方法が議論さ

れており、本報告においては、国際動向を考慮し、固定治具として、1.2 m×1.2 m 以下の大きさの金属板を用いて測定を行うものとする。

なお、1.2 m×1.2 m の大きさの金属板を用いた場合には、車体のドアやルーフ相当の構造物がなくなり、かつ、床面積も小さくなるため、実際の車両や模擬車両に比べ、WPT システムからの漏えい電波の測定値はより大きくなると想定される。固定治具については、今後の国際動向を踏まえ、適時、見直しが必要である。

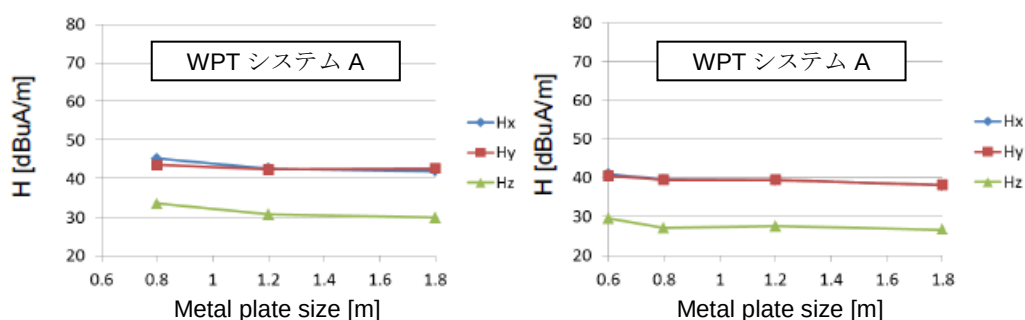


図 4.2.3-1 金属板の大きさによる磁界強度測定結果の違い（測定距離 10 m）

供試装置は、床置きを送電装置と固定治具の下部に取りつけた受電装置、更に電池を置換した模擬負荷があるため、全体の規模が大きくなる。これらを電波暗室のターンテーブル上に納めることは困難な場合がある。このような場合、あらかじめ想定される水平面内の最大放射方向で、10 m 離れた位置に測定アンテナがくるように設置する。なお、送電装置が電源部と 1 次コイル部とが分離してケーブルで接続される構成の場合、太いケーブルの処理を CISPR の基準通りに実行することは困難であるが、やむを得ないものとする。

なお、装置を金属大地面に直接置くのではなく、絶縁性の薄い台に置くこととなるが、これを物流で使う樹脂製のパレット（T11（1100×1100×144 mm）等）にて代用し作業効率を高めることを許容する。

(2) 家電機器用 WPT システム

本節の内容については、平成 27 年 1 月 21 日付け電波利用環境委員会報告 4.2.3 節

(2) 家電機器用 WPT システムを参照のこと。

第5章 電波防護指針への適合性

本章では、WPT システムの電波防護指針への適合性確認を行うための評価方法について述べる。

5.1 電波防護指針等への適合確認について

電波が人体に与える影響については、これまで 50 年以上にわたって様々な研究がなされており、国際的な合意を得ている項目が数多くある。我が国では、これらの研究結果に基づき、電波のエネルギーが人体に好ましくない影響を及ぼさないよう、指針となる電波のエネルギー量等に関して、電波防護のための指針（電気通信技術審議会答申「電波利用における人体の防護指針」（平成 2 年 6 月）及び「電波利用における人体防護の在り方」（平成 9 年 4 月）及び情報通信審議会答申「局所吸収指針の在り方」（平成 23 年 5 月））並びに情報通信審議会答申「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）を策定している。これらに基づき、WPT システムの運用形態に応じて、以下の電波防護のための指針（以下「防護指針」という。）に適合する必要がある。

(1)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）

(2)電気通信技術審議会答申 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 24 日）

(3)情報通信審議会 諮問第 2030 号「局所吸収指針の在り方」に関する答申（平成 23 年 5 月 17 日）

(4)情報通信審議会答申 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」に関する答申（平成 27 年 3 月）

なお、防護指針の値は、十分な安全率を考慮した人体防護を前提としたものであることから、防護指針値を超えたからといってそれだけで人体に影響があるものではないことに注意が必要である。また、防護指針は、現時点において専門家が共通の認識に達している事項に基づいて記述されており、暫定的な性格も有している。したがって、今後、この分野における調査研究が進展し、科学的に裏付けされた根拠や新しい考え方が示された場合には、電波利用の状況や諸外国の状況等に応じて、防護指針の内容が改定される可能性があることにも留意する必要がある。

無線設備の防護指針への適合性評価方法に関しては、主に固定無線設備を対象に平成 10 年 11 月に電気通信技術審議会から、「電波防護指針への適合性を確認するための電波の強度の測定方法及び算出方法」が答申され、また、携帯無線端末を対象に平成 12 年 11 月に電気通信技術審議会から、「携帯電話端末等に対する比吸収率の測定方法」が一部答

申され、その後平成 18 年 1 月、平成 23 年 10 月に改定されている。そして今般、WPT システムの利用が広く普及する見込みであることから、本報告において、WPT システムからの電波への人体ばく露における防護指針への適合性の評価方法を取りまとめている。

なお、本報告で示した適合性評価方法とは異なる方法については、適正な工学的技術に基づいたものであれば、必ずしもその適用を排除するものではない。また、本評価方法は現時点で利用可能な知見に基づいて策定されているが、必ずしも十分に検証されているものではない。そのため、今後の検討や技術の進展や諸外国の状況等に応じて見直しを行うことが望ましい。

5.1.1 対象

本評価の対象とする WPT システムは、高周波利用設備の各種設備に位置づけられているもののうち、50 W を超える電力を使用するシステムとする。ただし、50 W 以下の電力を使用する WPT システムについても、本評価で示した適用すべきガイドライン及び適合性評価方法を適用することは可能である。

また、本評価では、個別の WPT システムからの電力伝送に用いる電波への人体ばく露に対する防護指針への適合性確認を評価するものであり、複数の WPT システム又はその他の電波放射源からの電波が重複された場合の防護指針への適合性評価や、WPT システムから発射される電力伝送以外の用途に用いる電波への人体ばく露に対する防護指針への適合性評価は対象としない。

さらに、本評価においては、電気自動車用 WPT システムで充電中の車内の人体における電磁界へのばく露に対する防護指針への適合性評価は対象としていない。

5.1.2 ワイヤレス電力伝送に対する防護指針の適用

適用する防護指針値は、一般環境の管理指針（電磁界強度指針、補助指針及び局所吸収指針）とする。

人体が WPT システムから 20 cm 以内に近接する場合には局所吸収指針を適用することができる。ただし、局所吸収指針が適用されない 10 kHz から 100 kHz 以下の周波数領域において、人体が WPT システムから 20 cm 以内に近接する場合には、基本制限を適用することができる。なお、100 kHz 以下の周波数においては、基本制限を満足すれば、SAR に関する基礎指針を満足することが自明である。したがって、10 kHz から 100 kHz 以下の周波数領域においては基礎指針を適用する必要はない。

接触ハザードが防止されていない場合には、接触電流に関する補助指針を適用することができる。ただし、100 kHz から 10 MHz の周波数領域において、刺激作用を考慮した接触電流に関する補助指針を満足すれば、熱作用を考慮した接触電流に関する補助指針を満足することが自明である。したがって、100 kHz から 10 MHz 以下の周波数

においては熱作用を考慮した接触電流に関する補助指針を適用する必要はない。

5.1.3 その他留意事項

WPT システムが生活圏に設置され、利用者が電波波源に近接して使用する場合は多いことに鑑み、次の事項についても配慮することが必要である。

- ・ ペースメーカー等の体内植込み医療機器装着者が WPT システムを利用する場合は、担当医師の指示に従い、適切に評価・防護することが必要である。防護指針はペースメーカー等の体内植込み医療機器装着者を対象とはしておらず、防護指針に適合していてもペースメーカー等の体内植込み医療機器に影響を与える可能性があることに留意すること。
- ・ 金属を身につけている場合や体内に金属を埋め込んでいる場合は、指針値以下の電磁界でも予想外の局所的な発熱などを引き起こす可能性があり、注意が必要である。

5.2 WPT システムに適用すべき指針値

WPT システムに適用すべき指針値は、当該装置から発生する電波の特性、設置状態・使用条件等によって異なる。適用すべき指針値の基本的な考えを下記に示す。

- 100 kHz 以上の周波数領域において、熱作用に基づく指針値（平均時間 6 分間）を適用する。
- 10 kHz から 10 MHz までの周波数領域においては、刺激作用に基づく指針値（瞬時）を適用する。
- したがって、100 kHz から 10 MHz までの周波数領域では、熱作用に基づく指針値と刺激作用に基づく指針値の両方を適用する。
- 人体が電波放射源及び金属体から 20 cm 以上離れている場合には、不均一又は局所的なばく露に関する補助指針を適用できる。
- 人体が電波放射源及び金属体から 20 cm 未満に近づく場合には、電磁界強度指針を入射電磁界強度の最大値に適用する、又は局所吸収指針及び基本制限を適用する。なお、電波放射源から 20cm 未満の領域で、電磁界強度指針を入射電磁界強度の最大値に適用するためには、電波放射源から 20 cm 未満の領域の入射電磁界を電磁界プローブで適切に測定できることが必要である。
- 空間インピーダンスが 120π ($=377\Omega$) の関係にならない近傍界ばく露条件では、電界と磁界のそれぞれの寄与による人体ばく露量（誘導電界や局所 SAR）のピーク位置が同一場所にならない場合には、電界と磁界のそれぞれについて指針値を超えないことを確認する。

ただし、電界と磁界のいずれかの影響が他方に比べて十分に小さい場合には、支

配的な界についてのみ評価を行うことができる。その場合、評価を要しない電界又は磁界の影響を適合性評価における不確かさに含むこと。

- 適用すべき熱作用に基づく指針値の平均時間（6分間）にわたり電界強度又は磁界強度が変動する場合には、平均時間内で実効値の自乗平均平方根した値を指針値と比較する。
- 電磁界が適用すべき熱作用に基づく指針値に対して無視できないレベルの複数の周波数成分からなる場合には、各周波数成分の指針値に対する割合の自乗和を求め、その総和が1を超えないことを確認する。
- 電磁界が適用すべき刺激作用に基づく指針値に対して無視できないレベルの複数の周波数成分からなる場合には、電界強度、磁界強度及び磁束密度に関して、各周波数成分の指針値に対する割合の和を求めるか、各周波数成分の指針値に対する割合について指針値の周波数特性に応じた適切な重み付け均を求める。これらの総和が1を超えてはならない。
- 接触ハザードが防止されていない場合には、接触電流に関する補助指針を適用する。ただし主に電界ばく露に起因する接触電流に対しては、一般環境における電界の強度指針を満足する場合、電界にばく露された人々の90%以上に対して電界による接触電流を防止することができると考えられているため、接触電流の直接的な評価は不要である。一方、磁界誘導による接地金属体への接触電流が無視できない場合には、接触電流の直接的な評価が必要である。その際、人体と接地金属体を作る最大のループ面積に均一な磁界が入射する場合を想定し、接触電流の指針値を超えることがない最大の磁界強度 H を次の式から算出できる。

$$100 \text{ kHz 未満} : H = 0.034 \times Z(f) \quad [\text{A/m}] \quad (\text{式 5.2-1})$$

$$100 \text{ kHz 以上} : H = 3.4 \times 10^3 \times Z(f)/f \quad [\text{A/m}] \quad (\text{式 5.2-2})$$

ここで、 $Z(f)$ は周波数 f [Hz] の関数で示された人体等価インピーダンス（付録 F, 図 F.1-2；単位は[Ω]）である。この磁界強度 H よりも低い場合には、接触電流を直接測定する必要はない。

- 3 MHz 以上の周波数領域で非接地条件が満たされない場合には、電磁界強度指針の非接地条件が満たされない場合についての注意事項（注2）を適用する、又は誘導電流に関する補助指針を適用する。
- 電磁界強度指針は、最悪のばく露条件を想定しているため、当該指針を超過していても直ちに防護指針に適合していないとはならない。そのため、電磁界強度指針を満足していなくとも、100 kHz 以上では、防護指針の根拠となる基礎指針と基本制限により即している局所吸収指針を、100 kHz 以下の周波数においては局所吸収指針を適用できないため基本制限を適用することで、防護指針への適合性を直接確認することができる。
- 電界の影響が磁界の影響に比べて十分に小さく、かつ全身平均 SAR の適合性評価を

行わなくとも誘導電界又は局所 SAR の適合性評価をもって安全性が確認できる場合には、磁界強度に対して、国際規格 IEC 62311 で規定されている結合係数を用いた評価を行うことにより、誘導電界又は局所 SAR に関する基本制限値や局所吸収指針への適合性を確認することができる。

次節以降において、各 WPT システムに適用すべき指針値を示す。なお、各 WPT システムで想定している電波の特性や設置・使用条件を逸脱する場合には、上述の基本的な考えに基づき、適切な指針値を適用する必要がある。

5.2.1 電気自動車用 WPT システム

電気自動車用 WPT システムは、100 kHz 未満の電波を利用するシステムと 100 kHz 以上の電波を利用するシステムに二分される。これらのシステムでは適用すべき指針値が異なるため、5.2.1.1 及び 5.2.1.2 において、それぞれの周波数領域の電波を利用するシステムについて適用すべき指針値を示す。

電気自動車用 WPT システム周辺の空間インピーダンスが 120π ($=377\ \Omega$) の関係にならない近傍界ばく露条件となるため、電界と磁界のそれぞれについて指針値への適合性を確認する必要がある。ただし、当該 WPT システムにおいては、外部電界による全身平均 SAR・局所 SAR・誘導電界に関する寄与が外部磁界に対して十分に小さいため、電磁界強度指針の表中の電界強度に関する適合性評価を行わなくとも、磁界強度のみに関する適合性評価をもって安全性を確認できる。

当該 WPT システムは、駐車場等に設置された送信コイルから駐車している車両に搭載された受信コイルに電力を伝送する。このため、送受信コイルは地面及び車両下部に設置されており、通常の使用状態では、電力伝送時には送受信コイルの 20 cm 以内に人体が近接することはない。また、充電中の車体（金属体）から 20 cm 以内の場所に人体が長時間にわたり立ち入ることは想定されていない。さらに、数値計算による検討より、20 cm の距離での磁界強度空間平均値を磁界強度指針値と比較した場合に算出される最大許容電力が、車体に人体が接触している場合の体内誘導電界を基本制限値と比較した場合に算出される最大許容電力よりも十分に小さいことを確認している。すなわち 20 cm の距離での磁界強度空間平均値は十分に厳しめの評価を与えることを確認している。したがって、当該 WPT システムに対しては、不均一又は局所ばく露に関する補助指針を適用することができる。

なお、充電中の車内に乗車するような状況は本評価手順の対象外であり、当該自動車の安全設備の範疇で対処されなくてはならない。

当該 WPT システムは、充電場所である駐車場周辺で、隣接する車両等の金属体等が存在する可能性があり、接触ハザードが防止されているとはいえない。そのため、当

該 WPT システムに対しては接触ハザードが防止されていない場合に適用される接触電流に関する補助指針を適用する必要がある。ただし、主に電界ばく露に起因する接触電流に対しては、一般環境における電界の強度指針を満足する場合、電界にばく露された人々の 90%以上に対して電界による接触電流を防止することができると考えられている。したがって、この場合には接触電流の直接的な評価は不要である。

一方、磁界誘導による接地金属体への接触電流が無視できない場合については、接触電流の直接的な評価が必要である。ただし、外部磁界が接触電流に関する補助指針値から算出される磁界強度（式 5.2-1, 2）を越えないことが確認される場合、接触電流の直接的な評価は省略できる。

当該 WPT システムで利用される電波の周波数は 3 MHz 未満であるため、非接地条件が満たされない場合の電磁界強度の注意事項（注 2）や誘導電流に関する補助指針を適用する必要はない。

当該 WPT システムからの電波が、各指針値の平均時間内で変動する場合は、電磁界強度指針の注意事項（注 3）を適用する。

当該 WPT システムでは、単一の周波数を電力伝送に利用しているが、当該周波数以外にも高調波成分が発生する可能性があることから、当該周波数以外に指針値に対して無視できない複数の周波数が存在する場合には、電磁界強度指針の注意事項（注 4）を適用する。

当該 WPT システムは、地面付近に設置されているため、人体ばく露量（誘導電流密度や局所 SAR）のピークは下肢付近に現れる。したがって、局所吸収指針を適用する場合には、四肢における指針値を適用する。

5.2.1.1 100 kHz 未満の電波を利用する電気自動車用 WPT システム

100 kHz 未満の電波を利用する電気自動車用 WPT システムに関しては、刺激作用に基づく指針値を適用する必要がある。

(1) 電磁界強度指針及び補助指針

電磁界強度指針の表 3(b) の磁界強度に関する指針値への適合性を確認する。当該 WPT システム周辺の磁界強度の最大値が表 3(b) の磁界強度に関する指針値を超えている場合、不均一ばく露に関する補助指針を適用できる。

電界による非接地金属体への接触電流が無視できない場合には、接触電流に関する補助指針を適用する。ただし、外部電界が電磁界強度指針の表 3(b) の電界強度に関する指針値を超えないことが確認される場合、接触電流の直接的な評価は省略できる。なお、当該 WPT システム周辺の電界強度の最大値が表 3(b) を超えている場合、不均一ばく露に関する補助指針を適用できる。

磁界誘導による接地金属体への接触電流が無視できない場合には、接触電流に関

する補助指針を適用する。ただし、外部磁界が接触電流に関する補助指針値から算出される磁界強度（式 5.2-1）を越えないことが確認される場合、接触電流の直接的な評価は省略できる。なお、当該 WPT システム周辺の磁界強度の最大値が接触電流に関する補助指針値から算出される磁界強度（式 5.2-1）を超えている場合、接地金属体と人体とが作るループ面における空間平均を適用できる。

(2) 基本制限

誘導電界に関する基本制限を満足する場合、電磁界強度指針の表 3(b)の磁界強度の評価は必要ない。また、外部磁界に対して結合係数を用いた評価を行うことで、誘導電界に関する基本制限への適合性を確認することができる。

接触電流に関する基礎指針(3)は、接触電流に関する補助指針を満足することにより満たされることが自明であるため、当該基礎指針値を適用する必要はない。

5.2.1.2 100 kHz 以上の電波を利用する電気自動車用 WPT システム

100 kHz 以上の電波を利用する電気自動車用 WPT システムに関しては、熱作用に基づく指針値に加えて、刺激作用に基づく指針値も適用する必要がある。

現時点において、当該 WPT システムについては、実用化に向けて更なる検討が必要である。そのため、当該 WPT システムに適用すべきガイドラインの詳細についても、今後、実用化に向けた具体的な技術的条件等の検討が進んだ段階で改めを行うこととする。

5.2.2 家電機器用 WPT システム①

家電機器用 WPT システム①は、100 kHz 以上かつ 10 MHz 以下の周波数の電波を利用しているため、熱作用に基づく指針値に加えて、刺激作用に基づく指針値の評価が必要である。

当該 WPT システム周辺の空間インピーダンスが 120π ($\approx 377\ \Omega$) の関係にならない近傍界ばく露条件となるため、電界と磁界のそれぞれについて指針値への適合性を確認する必要がある。

当該 WPT システムは、主に屋内でのモバイル端末への充電に使用され、場合によっては充電中のノート PC 等を使用者等が利用する可能性もある。したがって、当該 WPT システムに対しては、人体が 20 cm 未満に近接する可能性があることから、不均一又は局所ばく露に関する補助指針を適用できない。ただし、当該 WPT システムから 20cm 未満の領域の電磁界を現在市販されている電磁界プローブで測定可能であることから、測定された電磁界の最大値に対して電磁界強度指針を適用することは可能である。

当該 WPT システムの充電場所である屋内には、隣接する什器等の金属体等が存在する可能性があり、接触ハザードが防止されているとはいえない。そのため、当該 WPT

システムに対しては、接触電流に関する補助指針を適用する必要がある。

ただし、主に電界ばく露に起因する接触電流に対しては、一般環境における電界の強度指針を満足する場合、電界にばく露された人々の90%以上に対して電界による接触電流を防止することができると考えられている。したがって、この場合、接触電流の直接的な評価は不要である。

一方、磁界誘導による接地金属体への接触電流が無視できない場合については、接触電流の直接的な評価が必要である。ただし、外部磁界が接触電流に関する補助指針値から算出される磁界強度（式 5.2-2）を越えないことが確認される場合、接触電流の直接的な評価は省略できる。

当該 WPT システムは、屋内で利用されるため、非接地条件は満足されているとみなせる。したがって、非接地条件が満たされない場合の電磁界強度の注意事項（注 2）や誘導電流に関する補助指針を適用する必要はない。

当該 WPT システムからの電波が、各指針値の平均時間内に変動する場合、電磁界強度指針の注意事項（注 3）を適用する。

当該 WPT システムでは、単一の周波数を電力伝送に利用しているが、高調波成分も発生する可能性があることから、当該周波数以外に指針値に対して無視できない複数の周波数が存在する場合には、電磁界強度指針の注意事項（注 4）を適用する。

上述したとおり、当該 WPT システムは、屋内の様々な場所に設置されているため、人体ばく露量（局所 SAR）のピークは人体の任意の部位に現れる。したがって、局所吸収指針を適用する場合には、より厳しめの評価となる四肢以外の任意の組織における指針値を適用する。

(1) 電磁界強度指針及び補助指針

電磁界強度指針の表 3(a) 及び表 3(b) の磁界強度に関する指針値への適合性を確認する。

電磁界強度指針の表 3(b) の電界強度に関する指針値への適合性を確認する。なお、電磁界強度指針の表 3(b) を満足することにより表 3(a) を満たすことが自明なため、表 3(b) のみを考慮すればよい。

電界による非接地金属体への接触電流が無視できない場合には、接触電流に関する補助指針を適用する必要があるが、外部電界が電磁界強度指針の表 3(b) の電界強度に関する指針値を満足している場合には、接触電流の直接的な評価は省略できる。ただし、次節で述べる局所吸収指針を適用する場合には、接触電流の直接的な評価が必要である。

磁界誘導による接地金属体への接触電流が無視できない場合には、接触電流に関する補助指針を適用する。ただし、外部磁界が接触電流に関する補助指針値から算出される磁界強度（式 5.2-2）を越えないことが確認される場合、接触電流の直接的な評価

は省略できる。

(2) 局所吸収指針

全身平均 SAR の指針値及び四肢以外の任意の組織における局所 SAR の指針値を満足する場合、電磁界強度指針の表 3(a)の評価は必要ない。また、誘導電界の指針値を満足する場合、電磁界強度指針の表 3(b)の評価は必要ない。さらに、外部磁界に対して結合係数を用いた評価を行うことで、誘導電界及び局所 SAR の指針値への適合性を確認することができる。ただし結合係数を用いた評価は、電界の影響が無視でき、誘導電界及び局所 SAR 指針値を満足することで全身平均 SAR 指針値が満足されることが自明である場合（付録 G 2.5.2 参照）に限る。

当該 WPT システムでは、小児の全身平均 SAR 及び局所 SAR が成人よりも大きくなる可能性がある。したがって、局所吸収指針による適合性評価を行う際には成人及び小児の SAR を考慮する必要がある、結合係数を用いた評価においては双方を考慮している。

接触電流に関する局所吸収指針は、接触電流に関する補助指針を満足することにより満たされることが自明であるため、当該局所吸収指針値を適用する必要はない。

5.2.3 家電機器用 WPT システム②

家電機器用 WPT システム②は、100 kHz 未満の周波数の電波を利用しているため、刺激作用に基づく指針値を適用する。

現時点において、当該 WPT システムについては、実用化に向けて更なる検討が必要である。そのため、当該 WPT システムに適用すべきガイドラインの詳細についても、今後、実用化に向けた具体的な技術的条件等の検討が進んだ段階で改めて行うこととする。

5.2.4 家電機器用 WPT システム③

家電機器用 WPT システム③は、100 kHz 以上かつ 10 MHz 以下の周波数の電波を利用しているため、熱作用に基づく指針値に加えて、刺激作用に基づく指針値の評価が必要である。

当該 WPT システム周辺の空間インピーダンスが 120π ($=377\ \Omega$) の関係にならない近傍界ばく露条件となるため、電界と磁界のそれぞれについて指針値への適合性を確認する必要がある。

当該 WPT システムは、主に屋内でのモバイル端末への充電に使用され、場合によっては充電中のノート PC 等を所有者等が利用する可能性もある。したがって、当該 WPT システムに対しては、人体が 20 cm 未満に近接する可能性があることから、不均一又は局所ばく露に関する補助指針を適用できない。ただし、当該 WPT システムから 20cm

未満の領域の電磁界を現在市販されている電磁界プローブで測定可能であることから、測定された電磁界の最大値に対して電磁界強度指針を適用することは可能である。

当該 WPT システムは、充電場所である屋内で、隣接する什器等の金属体等が存在する可能性があり、接触ハザードが防止されているとはいえない。そのため、当該 WPT システムに対しては、接触電流に関する補助指針を適用する必要がある。

ただし、主に電界ばく露に起因する接触電流に対しては、一般環境における電界の強度指針を満足する場合、電界にばく露された人々の 90%以上に対して電界による接触電流を防止することができると考えられている。したがって、この場合、接触電流の直接的な評価は不要である。

一方、磁界誘導による接地金属体への接触電流が無視できない場合については、接触電流の直接的な評価が必要である。ただし、外部磁界が接触電流に関する補助指針値から算出される磁界強度（式 5.2-2）を越えないことが確認される場合、接触電流の直接的な評価は省略できる。

当該 WPT システムで利用される電波の周波数は 3 MHz 未満であるため、非接地条件が満たされない場合の電磁界強度の注意事項（注 2）や誘導電流に関する補助指針を適用する必要はない。

当該 WPT システムからの電波が、各指針値の平均時間内に変動する場合、電磁界強度指針の注意事項（注 3）を適用する。

当該 WPT システムでは、単一の周波数を電力伝送に利用しているが、高調波成分が発生する可能性があることから、当該周波数以外に指針値に対して無視できない複数の周波数が存在する場合には、電磁界強度指針の注意事項（注 4）を適用する。

当該 WPT システムは、屋内の様々な場所に設置されているため、人体ばく露量（局所 SAR）のピークは人体の任意の部位に現れる。したがって、局所吸収指針を適用する場合には、より厳しめの評価となる四肢以外の任意の組織における指針値を適用する。

(1) 電磁界強度指針及び補助指針

電磁界強度指針の表 3(a) 及び表 3(b) の磁界強度に関する指針値への適合性を確認する。

電磁界強度指針の表 3(b) の電界強度に関する指針値への適合性を確認する。なお、電磁界強度指針の表 3(b) を満足することにより表 3(a) を満たすことが自明なため、表 3(b) のみを考慮すればよい。

電界による非接地金属体への接触電流が無視できない場合には、接触電流に関する補助指針を適用する必要があるが、外部電界が電磁界強度指針の表 3(b) の電界強度に関する指針値を超えないことが確認される場合、接触電流の直接的な評価は省略できる。ただし、次節で述べる局所吸収指針を適用する場合には、接触電流の直接的な評価が必要である。

磁界誘導による接地金属体への接触電流が無視できない場合には、接触電流に関する補助指針を適用する。ただし、外部磁界が接触電流に関する補助指針値から算出される磁界強度（式 5.2-2）を越えないことが確認される場合、接触電流の直接的な評価は省略できる。

(2) 局所吸収指針

全身平均 SAR 及び四肢以外の任意の組織における局所 SAR の指針値を満足する場合、電磁界強度指針の表 3(a) の評価は必要ない。また、誘導電界の指針値を満足する場合、電磁界強度指針の表 3(b) の評価は必要ない。

接触電流に関する局所吸収指針は、接触電流に関する補助指針と同じであるため、当該局所吸収指針値を適用する必要はない。

5.2.5 ワイヤレス電力伝送において適用すべき指針値のパターン

WPT システムからの漏えい電波が人体に与える影響の評価を行う場合には、次節以降に示す適用すべき指針値のパターンのいずれかを満足すれば、防護指針に適合しているとみなすことができる。

防護指針の電磁界強度指針は、人体のばく露量が最大となる、一様な電磁界へのばく露を想定して算出されている。このため、電磁界強度が一様でない状況において、ある一点における最大電磁界強度の値に対して電磁界強度指針を適用した評価を行った場合には、電磁界への人体ばく露量が実際より大きなものとして算出されてしまい、実状に対して過剰に厳しい評価となる可能性がある。このような場合において、電磁界の非一様性を考慮するため、波源から人体がある程度離れた場合には、空間平均値等の適用が可能であるが、波源の近傍に人体が近接する場合（20 cm 以内）には空間平均値は適用できないため、基礎指針や局所吸収指針又は基本制限に基づいた電磁界の非一様性の補正方法として、結合係数 k を用いた評価（全身平均 SAR が無視でき、かつ、電界の影響が無視できる場合に限る）を行うことができる。これらの評価方法を適切に用いることで、電波ばく露による人体への影響について、より実状に即した評価を行うことが可能となる。

パターン①は最も簡便に評価できるが、人体の電波吸収量が最大となる最悪のばく露条件を想定しているため、ほとんどの場合に対して過剰に厳しい評価となる。パターンの数字が大きくなるほど、より詳細な条件を設定した上での、より実状に即した評価となる。満たすべき基準についても、パターンの数字がより小さいものに比べてより実状に近い値となるため、結果的に、より緩和された値となる。

灰色の網掛けのパターンについては、再現性の高い具体的な測定法・推定法が工学技術的に十分に確立されていない測定対象が含まれている、又は現時点では適用するための要件（結合係数を適用する場合には、電界影響が十分に小さく、全身平均 SAR

評価を省略できることが必要)が満足されていないことを示している。今後、これらのパターンの評価が可能となる適正な工学的技術に基づいた方法が確立された場合、又は適用可能な要件を満足するシステムに限定できる場合には、これらのパターンに対する適合性確認も可能である。

5.2.5.1 電気自動車用 WPT システム (100 kHz 未満のシステム)

人体が接触又は近接(20cm以内)したり、人体の一部が送電コイル間に入る可能性:なし(又は極めて低い)								
接触ハザード		接触ハザードが防止されていない						
非接地条件		対象外						
評価方法の分類		パターン①	パターン②	パターン③	パターン④	パターン⑤	パターン⑥	パターン⑦
適用が考えられる 指針値及び ガイドライン等の 組合せ	SAR	全身平均SAR						
		局所SAR						
	体内誘導電界強度							基本制限
	接触電流		接触電流に関する補助指針 ※3	接触電流に関する補助指針 ※4	接触電流に関する補助指針 ※5	接触電流に関する補助指針 ※3	接触電流に関する補助指針 ※5	接触電流に関する補助指針 ※5
			※3:接地金属体を用いた接触電流評価のみ実施	※4:非接地金属体を用いた接触電流評価のみ実施	※5:接地金属体および非接地金属体を用いた接触電流評価を実施	※3:接地金属体を用いた接触電流評価のみ実施	※5:接地金属体および非接地金属体を用いた接触電流評価を実施	※5:接地金属体および非接地金属体を用いた接触電流評価を実施
	足首誘導電流							
	外部電界	電磁界強度指針表3(b) ※1	電磁界強度指針表3(b) ※1			電磁界強度指針表3(b) ※1		
		※1:不均一ばく露に関する補助指針	※1:不均一ばく露に関する補助指針			※1:不均一ばく露に関する補助指針		
	外部磁界	電磁界強度指針表3(b) ※1 および 接触電流に関する補助指針 から算出される磁界強度(式 5.2-1) ※2	電磁界強度指針表3(b) ※1	電磁界強度指針表3(b) ※1 および 接触電流に関する補助指針 から算出される磁界強度(式 5.2-1) ※2	電磁界強度指針表3(b) ※1	結合係数による体内誘導電界 強度の評価	結合係数による体内誘導電界 強度の評価	
		※1:不均一ばく露に関する補助指針 ※2:ループ面積における空間平均の適用可	※1:不均一ばく露に関する補助指針	※1:不均一ばく露に関する補助指針 ※2:ループ面積における空間平均の適用可	※1:不均一ばく露に関する補助指針			

(100 kHz 以上のシステム)

当該 WPT システムに適用すべきガイドラインについては、今後、実用化に向けた具体的な技術的条件等の検討が進んだ段階で改めて検討する。

5.2.5.2 家電機器用 WPT システム①

人体が接触又は近接(20cm以内)したり、人体の一部が送受電コイル間に入る可能性:あり						
接触ハザード		接触ハザードが防止されていない				
非接地条件		非接地条件が満たされている				
評価方法の分類		パターン①	パターン②	パターン③	パターン④	パターン⑤
適用が考えられる 指針値及び根拠となるガイド ライン等の 組合せ	SAR	全身平均SAR				局所吸収指針
		局所SAR				局所吸収指針
	体内誘導電界強度					局所吸収指針
	接触電流			接触電流に関する補助指針 ※2	接触電流に関する補助指針 ※2	接触電流に関する補助指針 ※4
			※2:接地金属体を用いた接触電流評価のみ実施	※2:接地金属体を用いた接触電流評価のみ実施	※4:接地金属体および非接地金属体を用いた接触電流評価を実施	※4:接地金属体および非接地金属体を用いた接触電流評価を実施
	足首誘導電流					
	外部電界	電磁界強度指針表3(b) ※1	電磁界強度指針表3(b) ※1	電磁界強度指針表3(b) ※1		
		※1:不均一ばく露に関する補助指針の使用不可	※1:不均一ばく露に関する補助指針の使用不可	※1:不均一ばく露に関する補助指針の使用不可		
	外部磁界	電磁界強度指針表3(a) および 電磁界強度指針表3(b) および 接触電流に関する補助指針から算出される磁界強度(式5.2-2) ※1	電磁界強度指針表3(a) および 電磁界強度指針表3(b) ※1	結合係数による局所SAR評価 および 結合係数による体内誘導電界評価 ※3	結合係数による局所SAR評価 および 結合係数による体内誘導電界評価 ※3	
		※1:不均一ばく露に関する補助指針の使用不可	※1:不均一ばく露に関する補助指針の使用不可	※3:電界強度の影響が無視でき、全身平均SARの評価が不要の場合に限る	※3:電界強度の影響が無視でき、全身平均SARの評価が不要の場合に限る	

5.2.5.3 家電機器用 WPT システム②

当該 WPT システムに適用すべきガイドラインについては、今後、実用化に向けた具体的な技術的条件等の検討が進んだ段階で改めて検討する。

5.2.5.4 家電機器用 WPT システム③

人体が接触又は近接(20cm以内)したり、人体の一部が送受電コイル間に入る可能性:あり				
接触ハザード		接触ハザードが防止されていない		
非接地条件		非接地条件が満たされている		
評価方法の分類		パターン①	パターン②	パターン③
適用が考えられる 指針値及び根拠となるガイド ライン等の組合せ	SAR	全身平均SAR		局所吸収指針
		局所SAR		局所吸収指針
	体内誘導電界強度			局所吸収指針
	接触電流		接触電流に関する補助指針 ※2	接触電流に関する補助指針 ※3
			※2:接地金属体を用いた接触電流評価のみ実施	※3:接地金属体および非接地金属体を用いた接触電流評価を実施
	足首誘導電流			
	外部電界	電磁界強度指針表3(b) ※1	電磁界強度指針表3(b) ※1	
		※1:不均一ばく露に関する補助指針の使用不可	※1:不均一ばく露に関する補助指針の使用不可	
	外部磁界	電磁界強度指針表3(a) および 電磁界強度指針表3(b) および 接触電流に関する補助指針から算出される磁界強度(式5.2-2) ※1	電磁界強度指針表3(a) および 電磁界強度指針表3(b) ※1	
		※1:不均一ばく露に関する補助指針の使用不可	※1:不均一ばく露に関する補助指針の使用不可	

5.3 WPT システムの適合性確認のための評価方法

WPT システムにおいて、防護指針への適合性を評価するために必要な技術的事項等を以下に示す。なお、ここで示した評価方法とは異なる方法については、適正な工学的技術に基づいたものであれば、必ずしもその適用を排除するものではない。特に、IEC 等の国際規格に基づく適合性評価が可能な場合には、当該評価手法を利用できる。また、本節で評価方法が示されていないガイドラインのパターン (5.2.5 節の表の網掛けのパターン) についても、今後、これらのパターンの評価が可能となる適正な工学的技術に基づいた方法が確立された場合、又は適用可能な要件を満足するシステムに限定できる場合には、これらのパターンに対する適合性確認も可能である。さらに、ここで示した評価方法は、防護指針の見直し及び評価技術の進歩に対応して、適切に追加又は見直しを行う必要がある。

測定値を指針値と比較する際には、測定値に含まれる不確かさを求め、拡張不確かさが 30 %を超える場合には、IEC 62311 国際規格の方法に基づき、適用する指針値を補正すること。詳細は、5.5.3.1 節を参照すること。

5.3.1 電気自動車用 WPT システム

5.3.1.1 100 kHz 未満の電気自動車用 WPT システム

(1) パターン①

WPT システムにより充電している車体から 20cm の距離における磁界強度を測定し、電磁界強度指針の表 3(b) の指針値よりも低いことを確認する。なお、不均一ばく露に関する補助指針を適用することもできる。その場合の空間平均値は、大地面から 0.5m、1m、1.5m の 3 点の測定値の平均値とすることができる。あわせて、測定された磁界強度が接触電流に関する補助指針値から算出される磁界強度 (式 5.2-1) よりも低いことを確認する。なお、近傍に想定される金属体と人体とが作るループ面積での空間平均値を用いることもできる。その場合の空間平均値は、大地面から 0.5m、1m、1.5m の 3 点の測定値の平均値とすることができる。磁界測定に関する基本的な要件は、付録 E を参照すること。

次に、WPT システムにより充電している車体から 20cm の距離における電界強度を測定し、電磁界強度指針の表 3(b) の指針値よりも低いことを確認する。なお、不均一ばく露に関する補助指針を適用することもできる。その場合の空間平均値は、大地面から 0.5m、1m、1.5m の 3 点の測定値の平均値とすることができる。電界測定に関する基本的な要件は、付録 D を参照すること。

(2) パターン②

WPT システムにより充電している車体から 20cm の距離における磁界強度を測定し、電磁界強度指針の表 3(b) の指針値よりも低いことを確認する。なお、不均一

ばく露に関する補助指針を適用することもできる。その場合の空間平均値は、大地面から 0.5m、1m、1.5m の 3 点の測定値の平均値とすることができる。磁界測定に関する基本的な要件は、付録 E を参照すること。

次に、WPT システムにより充電している車体から 20cm の距離における電界強度を測定し、電磁界強度指針の表 3(b) の指針値よりも低いことを確認する。なお、不均一ばく露に関する補助指針を適用することもできる。その場合の空間平均値は、大地面から 0.5m、1m、1.5m の 3 点の測定値の平均値とすることができる。電界測定に関する基本的な要件は、付録 D を参照すること。

さらに、WPT システムにより充電している車体から 20 cm の位置に接地の金属体を設置し、接触電流を測定し、接触電流に関する補助指針の指針値よりも低いことを確認する。金属体は、接触電流が最大となる方向に設置すること。金属体の寸法、高さ及び接触位置は、1.5 m 以上とすること。接触電流測定に関する基本的な要件は、付録 F を参照すること。

(3) パターン③

WPT システムにより充電している車体から 20cm の距離における磁界強度を測定し、電磁界強度指針の表 3(b) の指針値よりも低いことを確認する。なお、不均一ばく露に関する補助指針を適用することもできる。その場合の空間平均値は、大地面から 0.5 m、1 m、1.5 m の 3 点の測定値の平均値とすることができる。あわせて、測定された磁界強度が接触電流に関する補助指針値から算出される磁界強度（式 5.2-1）よりも低いことを確認する。なお、近傍に想定される金属体と人体とが作るループ面積での空間平均値を用いることもできる。その場合の空間平均値は、大地面から 0.5m、1m、1.5m の 3 点の測定値の平均値とすることができる。磁界測定に関する基本的な要件は、付録 E を参照すること。

次に、WPT システムにより充電している車体から 20 cm の位置に非接地の金属体を設置し、接触電流を測定し、接触電流に関する補助指針の指針値よりも低いことを確認する。金属体は、接触電流が最大となる方向に設置すること。金属体の寸法は 1.2 m×1.2 m 以上とし、大地面から 5 cm 以上離すこと。接触電流測定に関する基本的な要件は、付録 F を参照すること。

(4) パターン④

WPT システムにより充電している車体から 20cm の距離における磁界強度を測定し、電磁界強度指針の表 3(b) の指針値よりも低いことを確認する。なお、不均一ばく露に関する補助指針を適用することもできる。その場合の空間平均値は、大地面から 0.5m、1m、1.5m の 3 点の測定値の平均値とすることができる。磁界測定に関する基本的な要件は、付録 E を参照すること。

次に、WPT システムにより充電している車体から 20 cm の位置に非接地の金属体を設置し、接触電流を測定し、接触電流に関する補助指針の指針値よりも低いことを確認する。金属体は、接触電流が最大となる方向に設置すること。金属体の寸法は 1.2 m×1.2 m 以上とし、大地面から 5 cm 以上離すこと。接触電流測定に関する基本的な要件は、付録 F を参照すること。

さらに、WPT システムにより充電している車体から 20 cm の位置に接地の金属体を設置し、接触電流を測定し、接触電流に関する補助指針の指針値よりも低いことを確認する。金属体は、接触電流が最大となる方向に設置すること。金属体の寸法、高さ及び接触位置は、1.5 m 以上とすること。接触電流測定に関する基本的な要件は、付録 F を参照すること。

(5) パターン⑤

WPT システムにより充電している車体から 20 cm の距離における磁界強度を測定し、測定された磁界強度の最大値に結合係数を乗じ、電磁界強度指針の表 3(b)の指針値よりも低いことを確認する。磁界測定に関する基本的な要件は付録 E を参照し、結合係数の求め方については付録 G を参照すること。なお、電気自動車用 WPT システムの結合係数については、厳しめの評価となるようにマージンを考慮した 0.15（磁界プローブセンサ面積は 100cm²）を用いることもできる。

次に、WPT システムにより充電している車体から 20cm の距離における電界強度を測定し、電磁界強度指針の表 3(b)の指針値よりも低いことを確認する。なお、不均一ばく露に関する補助指針を適用することもできる。その場合の空間平均値は、大地面から 0.5m、1m、1.5m の 3 点の測定値の平均値とすることができる。電界測定に関する基本的な要件は、付録 D を参照すること。

さらに、WPT システムにより充電している車体から 20 cm の位置に接地の金属体を設置し、接触電流を測定し、接触電流に関する補助指針の指針値よりも低いことを確認する。金属体は、接触電流が最大となる方向に設置すること。金属体の寸法、高さ及び接触位置は、1.5 m 以上とすること。接触電流測定に関する基本的な要件は、付録 F を参照すること。

(6) パターン⑥

WPT システムにより充電している車体から 20 cm の距離における磁界強度を測定し、測定された磁界強度の最大値に結合係数を乗じ、電磁界強度指針の表 3(b)の指針値よりも低いことを確認する。磁界測定に関する基本的な要件は付録 E を参照し、結合係数の求め方については付録 G を参照すること。なお、電気自動車用 WPT システムの結合係数については、厳しめの評価となるようにマージンを考慮した 0.15（磁界プローブセンサ面積は 100cm²）を用いることもできる。

次に、WPT システムにより充電している車体から 20 cm の位置に非接地の金属体を設置し、接触電流を測定し、接触電流に関する補助指針の指針値よりも低いことを確認する。金属体は接触電流が最大となる方向に設置すること。金属体の寸法は、1.2 m×1.2 m 以上とし、大地面から 5 cm 以上離すこと。接触電流測定に関する基本的な要件は、付録 F を参照すること。

さらに、WPT システムにより充電している車体から 20 cm の位置に接地の金属体を設置し、接触電流を測定し、接触電流に関する補助指針の指針値よりも低いことを確認する。金属体は、接触電流が最大となる方向に設置すること。金属体の寸法、高さ及び接触位置は、1.5 m 以上とすること。接触電流測定に関する基本的な要件は、付録 F を参照すること。

5.3.1.2 100 kHz 以上の電気自動車用 WPT システム

当該 WPT システムに適用すべきガイドラインについては、今後の検討とする。

5.3.2 家電機器用 WPT システム①

(1) パターン①

WPT システムに人体が最も近接する所定の位置を含む領域の磁界強度を測定し、電磁界強度指針の表 3(a) 及び表 3(b) の指針値よりも低いことを確認する。あわせて、測定された磁界強度が接触電流に関する補助指針値から算出される磁界強度（式 5.2-2）よりも低いことを確認する。磁界測定に関する基本的な要件は、付録 E を参照すること。

次に、WPT システムに人体が最も近接する所定の位置を含む領域の電界強度を測定し、電磁界強度指針の表 3(b) の指針値よりも低いことを確認する。電界測定に関する基本的な要件は、付録 D を参照すること。

(2) パターン②

WPT システムに人体が最も近接する所定の位置を含む領域の磁界強度を測定し、電磁界強度指針の表 3(a) 及び表 3(b) の指針値よりも低いことを確認する。磁界測定に関する基本的な要件は、付録 E を参照すること。

次に、WPT システムに人体が最も近接する所定の位置を含む領域の電界強度を測定し、電磁界強度指針の表 3(b) よりも低いことを確認する。電界測定に関する基本的な要件は、付録 D を参照すること。

さらに、WPT システム周辺に接地の金属体を設置し、接触電流を測定し、接触電流に関する補助指針の指針値よりも低いことを確認する。金属体は、接触電流が最大となる方向に設置すること。金属体の寸法、高さ及び接触位置は、1.5 m 以上とすること。接触電流測定に関する基本的な要件は、付録 F を参照すること。

(3) パターン③

WPT システムに人体が最も近接する所定の位置を含む領域の磁界強度を測定し、測定された磁界強度の最大値に結合係数を乗じ、電磁界強度指針の表 3(a) 及び表 3(b) の指針値よりも低いことを確認する。ただし、結合係数を用いた評価が行えるのは、付録 G で示す一部の例のように、電界強度の影響が無視でき、全身平均 SAR の評価が不要な場合に限られることに注意が必要である。磁界測定に関する基本的な要件は、付録 E を参照し、結合係数の求め方については付録 G を参照すること。なお、付録 G で結合係数が適用できることが確認されている家電機器用 WPT システムについては、厳しめの評価となるようにマージンを考慮した以下の数値を用いることができる。

- 磁界強度指針の表 3(a) との比較のための結合係数：0.05（磁界プローブセンサ面積は 100 cm²）
- 磁界強度指針の表 3(b) との比較のための結合係数：0.15（磁界プローブセンサ面積は 100 cm²）

次に、WPT システムに人体が最も近接する所定の位置を含む領域の電界強度を測定し、電磁界強度指針の表 3(b) の指針値よりも低いことを確認する。電界測定に関する基本的な要件は、付録 D を参照すること。

さらに、WPT システム周辺に接地の金属体を設置し、接触電流を測定し、接触電流に関する補助指針の指針値よりも低いことを確認する。金属体は、接触電流が最大となる方向に設置すること。金属体の寸法、高さ及び接触位置は、1.5 m 以上とすること。接触電流測定に関する基本的な要件は、付録 F を参照すること。

(4) パターン④

WPT システムに人体が最も近接する所定の位置を含む領域の磁界強度を測定し、測定された磁界強度の最大値に結合係数を乗じ、電磁界強度指針の表 3(a) 及び表 3(b) の指針値よりも低いことを確認する。ただし、結合係数を用いた評価が行えるのは、付録 G で示す一部の例のように、電界強度の影響が無視でき、全身平均 SAR の評価が不要な場合に限られることに注意が必要である。磁界測定に関する基本的な要件は、付録 E を参照し、結合係数の求め方については付録 G を参照すること。なお、付録 G で結合係数が適用できることが確認されている家電機器用 WPT システム①については、厳しめの評価となるようにマージンを考慮した以下の数値を用いることができる。

- 磁界強度指針の表 3(a) との比較のための結合係数：0.05（磁界プローブセンサ面積は 100 cm²）
- 磁界強度指針の表 3(b) との比較のための結合係数：0.15（磁界プローブセンサ面積は 100 cm²）

次に、WPT システム周辺に非接地の金属体を設置し、接触電流を測定し、接触電流に関する補助指針の指針値よりも低いことを確認する。金属体は、接触電流が最大となる方向に設置すること。金属体の寸法は、1.2 m×1.2 m 以上とし、大地面から 5 cm 以上離すこと。接触電流測定に関する基本的な要件は、付録 F を参照すること。

さらに、WPT システム周辺に接地の金属体を設置し、接触電流を測定し、接触電流に関する補助指針の指針値よりも低いことを確認する。金属体は、接触電流が最大となる方向に設置すること。金属体の寸法、高さ及び接触位置は、1.5 m 以上とすること。接触電流測定に関する基本的な要件は、付録 F を参照すること。

5.3.3 家電機器用 WPT システム②

当該 WPT システムに適用すべきガイドラインについては、今後の検討とする。

5.3.4 家電機器用 WPT システム③

(1) パターン①

WPT システムに人体が最も近接する所定の位置を含む領域の磁界強度を測定し、電磁界強度指針の表 3(a) 及び表 3(b) の指針値よりも低いことを確認する。あわせて、測定された磁界強度が接触電流に関する補助指針値から算出される磁界強度（式 5.2-2）よりも低いことを確認する。磁界測定に関する基本的な要件は、付録 E を参照すること。

次に、WPT システムに人体が最も近接する所定の位置を含む領域の電界強度を測定し、電磁界強度指針の表 3(b) 指針値よりも低いことを確認する。電界測定に関する基本的な要件は、付録 D を参照すること。

5.4 安全装置のあり方

電磁波源が電磁環境の源であることから、電磁波源側で人体を電磁界から保護する対策を講ずる必要がある。対策の構成としては、電磁波源等をハード面及びソフト面の 2 つの側面から捉え、その効果を最大限発揮できるような対策を適用する必要がある。

(ハード面の対策)

- ・利用状態において一定範囲に人が立ち入れないような状態にする。
- ・受電コイル（家電機器用 WPT システム③においては受電電極）が存在しない場合に送電を開始しない。
- ・送電及び受電コイル（家電機器用 WPT システム③においては送電及び受電電極）の間に人体が入った場合に送電を停止する。
- ・機器の異常状態を感知し送電を停止する。

等の方法がある。

(ソフト面の対策)

- ・ WPT システムから放射される電波の強さに関する情報提供を行う。
 - ・ 安全管理マニュアルや機器の操作説明等において、防護に関して必要な情報を明示する。
- 等の方法がある。

5.5 諸外国の現状

5.5.1 各国の規制について

5.5.1.1 FCC

米国連邦通信委員会 (Federal Communications Commission; FCC) では、1996 年に、電磁界への人体ばく露許容値が設定されている。当時の IEEE C95.1 ガイドラインの局所 SAR 指針値 (1g 平均 SAR が 1.6W/kg 以下) は、現在も採用されており、我が国や欧州で採用されている ICNIRP ガイドラインの局所 SAR 指針値 (10g 平均 SAR が 2 W/kg 以下) とは異なっている。

ばく露許容値と評価手順は、FCC Office of Engineering & Technology (OET) Bulletin No.65 に記載されている。なお、FCC は 2013 年 11 月に大幅な規則改正を実施するとともに更なる規則改正案のパブリックコメント (ET Docket No. 03-137) を実施している。その際に SAR 測定方法を定めていた OET Bulletin No.65 Supplement C は絶版となり、今後は、携帯無線通信技術の進歩に即応するために、Knowledge Data Base (KDB) 文書で規定することとなっている。

FCC 規制の枠組みでは、WPT システムについては Part 15 (無線機器) 及び Part 18 (ISM 機器) が適用される。特に小電力 WPT システムについては、KDB680106 により評価手順が示されており、下記の要件に全て合致するものは、電磁界ばく露量評価が免除されている。

- 電力伝送の周波数が 1MHz 以下であること。
- 送受それぞれの主コイルの出力が 5 W 以下であること。
- 送信システムは単一の主コイルと二次的コイル (単一又は複数) から構成されていること。
- クライアント端末は、充電中には送信システムに挿入又は直接接触していること。
- 最大結合面積は 60 cm² から 400 cm² の範囲内であること。
- 充電中のシステム周囲から 10 cm の距離での漏えい電磁界が最大許容電磁界 (MPE) の 30 %未満であること。

上述の要件を満足しない WPT システムは、個別に適合性確認の手続きを行う必要がある。また、装置と人体間が 20 cm 以内に近接する場合には、SAR 評価が必要となる。なお、FCC は数値計算による適合性評価を認めているが、具体的な評価方法は示されて

おらず、個別に確認作業が行われている状況である。

FCC 規則では、人体ばく露許容値の周波数が、一部の WPT システムの利用周波数をカバーしていないという問題がある。具体的には、SAR 許容値は 100 kHz 以上であり、最大許容電磁界（防護指針の電磁界強度指針に相当）は、300 kHz 以上で規定されている。今後、EV 用 WPT システム等への規制を実施するためには、新たな意見招請を経て規則改正手続きが必要になるものと予想される。

5.5.1.2 EU

欧州での人体防護規制は、欧州理事会が策定する欧州指令（Directive）と欧州委員会勧告（Recommendation）、各国規制や地方公共団体の条例等から構成されている。

WPT システムの従うべき指令は、一般的には、高周波機器に関する指令である R&TTE 指令（1999/5/EC）である。なお、RR&TTE 指令は 2016 年 6 月 13 日以降、RE 指令（2014/53/EC）に移行する。

また、WPT システムを電気機器の一部とみなす場合は、その電気機器の従う指令に準ずることになる。例えば、家電製品の充電用電源に用いる場合、家電製品の一部として 低電圧指令（2006/95/EC）と EMC 指令（2004/108/EC）の二つの指令に従う。どちらの指令を適用した場合でも、電気安全、電磁界ばく露及び EMC の規定はすべて適用される。

これらの指令のほかに、WPT システムが職場環境で使用される場合、EMF 指令（2013/35/EU、電磁界への職業ばく露規制）も考慮して設置運用しなければならない。

また、適合性評価方法の欧州地域標準化は、CEN、ETSI、CENELEC がそれぞれ対応する国際標準機関（ISO、ITU、IEC）と連携して実施している。これらの標準化団体は、欧州指令 M/305 により、電磁界への人体ばく露に関する上述の指令や一般公衆ばく露を対象とした欧州委員会勧告（1999/519/EC）に関する適合性評価方法の策定が義務付けられている。

これらの欧州指令・勧告で規定されている許容値は、ICNIRP ガイドラインと同様である。なお、職業ばく露に関する許容値に関しては 2010 年に発行された ICNIRP 低周波改定ガイドラインが反映されているが、一般公衆ばく露に関する許容値に関しては、1998 年に発行された ICNIRP ガイドラインの指針値のままとなっている。

欧州における WPT システムに対する規制や評価方法の標準化については、具体的な動向は現時点では把握されていない。

5.5.1.3 韓国

韓国における電磁界への人体ばく露に関する許容値は、ICNIRP ガイドラインを採用しているが、局所 SAR に関しては米国 FCC と同様に 1g 局所平均 SAR を採用している。

韓国では、走行中の電気自動車への充電等の研究開発が積極的に進められているが、

WPT システムからの電磁界への人体ばく露に関する規制や評価方法についての具体的な動向は、現時点では把握されていない。

5.5.2 電波防護ガイドライン

5.5.2.1 ICNIRP ガイドライン

ICNIRP（国際非電離放射線防護委員会）によるガイドラインは、現在まで最も広く受け入れられている電磁界への人体ばく露に関する防護ガイドラインであり、1998 年に制定されたのち⁽¹⁾、100 kHz 以下の低周波・中間周波領域以下において、2010 年に改定がなされた⁽²⁾。本ガイドラインは、強制力はないが、米国を除く欧州各国を中心に影響力を持っている。

1998 年に発行された ICNIRP ガイドライン（以下、旧ガイドライン）⁽¹⁾は、長らく各国において、電磁界の安全性評価の根拠として用いられてきた（独自の IEEE 等に基づく安全基準⁽³⁾、⁽⁴⁾を有する米国等を除く）が、2007 年の WHO による低周波電磁界の健康リスク評価結果（環境保健クライテリア）公表を契機に改定が行われることとなり、まず 1 Hz から 100 kHz の低周波領域について、2010 年 11 月に改定版 ICNIRP 低周波ガイドラインが公表された⁽²⁾。

ICNIRP ガイドラインでは、電磁界ばく露制限の指針値として、体内の誘導量で規定される「基本制限」（確立された健康影響を直接的な根拠とする）と、外部から身体が存在する領域に入射する電磁界等の大きさで規定される「参考レベル」（基本制限から導出される参考値）の 2 段階の指標が扱われ、基本制限の順守に重点が置かれたものとなっている。参考レベルを満たせば基本制限が満たされることとなり、参考レベルを超えた場合は、基本制限との適合性評価を別途行うことになる。ばく露対象として、職業的なばく露と公衆へのばく露の 2 区分に分類され、公衆ばく露に対して、より厳しい指針値が示されている。

1998 年版 ICNIRP ガイドライン⁽¹⁾では、体内誘導量で示された順守すべき基準値である「基本制限」の指標として、「体内誘導電流密度」が用いられ、脳や脊髄など中枢神経系（CNS: central nervous system）の組織を対象に「電流が直交する 1 cm² 断面の平均値」を用いて評価することが規定されていた。これに対し、2010 年改定版 ICNIRP 低周波ガイドライン⁽²⁾では、基本制限の評価指標として、従来の体内誘導電流密度に代わり、体内誘導電界（*in situ* 電界）が用いられることとなり、基本制限を適用する対象部位についても変更され、「頭部の CNS 組織」及び「頭部及び身体（body）の全組織」の 2 種類の対象に対して、異なる生体作用の閾値に基づき、異なる基本制限値が示されることとなった。

表 5.1 に 2010 年版改定 ICNIRP 低周波ガイドラインの基本制限を示す。なお、本ガイドラインのタイトルにある適用周波数の上限は 100 kHz であるが、刺激作用に基づく体内誘導電界に基づく基本制限及び後述の参考レベルは、1998 年版 ICNIRP ガイドラ

インと同様に、10 MHz までの指針値が示されている。

「頭部の CNS 組織（脳及び網膜から構成される中枢神経組織）への基本制限」は、網膜における閃光現象に基づくもので、職業ばく露に対し、網膜における閃光を回避するために、頭部の CNS 組織（脳及び網膜）の誘導電界を 50 mV/m 以下（25 Hz）の値に制限すべきであるとし、この制限により他の脳機能への影響も回避できるものとしている。閃光の閾値に基づく基本制限値は 10 Hz～25 Hz において一定であり、それ以上の周波数では周波数に比例する。このため、商用周波数での体内誘導電界の基本制限値（職業ばく露）は、100 mV/m（50 Hz）、120 mV/m（60 Hz）となった（公衆ばく露はこれらの 1/5 の値）。

一方、「頭部及び身体の全組織」の基本制限は、末梢神経系の刺激の閾値に基づくもので、反応の閾値 4 V/m（3 kHz 以下で一定、それ以上の周波数では周波数に比例）に不確かさを考慮し、低減係数 5 を適用した値（0.8 V/m）を職業ばく露の基本制限値とし、同じ反応の閾値に低減係数 10 を適用した値（0.4 V/m）を公衆ばく露の基本制限値とした。

これらの基本制限との適合性評価を行う際の評価指標として、2010 年改定版 ICNIRP 低周波ガイドラインでは、人体モデル内誘導電界の「辺長 2 mm の立方体空間での平均」を計算し、「評価対象組織の 99 パーセンタイル値」を評価した上、さらに「網膜と皮膚を除き、平均化する空間に他組織を含む場合はこれを除外する」処理を行うものとされ、高い解像度を有する数値人体モデルを用いた数値計算を想定した詳細な評価手法が本文中に明記されることとなった。一方、局所的なばく露に対して 99 パーセンタイル値を用いると過小評価となる可能性がある場合が指摘されており、取扱いについては注意を要する⁽⁵⁾。

2010 年改定版 ICNIRP 低周波ガイドラインでは、適合性確認の便宜のために、基本制限より計算により求めた等価な外部磁界の参考レベルが示されている（表 5.5.2.1-1）。また、磁界参考レベルの各周波数に対する値を図 5.5.2.1-1 に示す。図 5.5.2.1-1 では、1998 年版 ICNIRP ガイドライン⁽¹⁾及び後述の IEEE 規格^{(3),(4)}との比較も示している。

基本制限から参考レベルの導出にあたっては、詳細な人体モデルを用いた数値計算の結果が参照されている。なお、1998 年版 ICNIRP ガイドラインから磁界参考レベルの数値に変更が見られているが、これらは、基本制限の評価指標の変更（体内誘導電流密度から体内誘導電界へ）、磁気閃光の考慮及び換算時の数値計算モデルの変更に伴うものと理解できる。また、併せて、100 kHz から 10 MHz における参考レベルの値を示しているが、2010 年改定版 ICNIRP 低周波ガイドライン(2)と 1998 年版 ICNIRP ガイドライン(1)で相違がある。これは、1998 年版 ICNIRP ガイドラインでは、刺激からの防護のための瞬時値に加え、熱からの防護のための時間平均値を想定しているためである（2010 年改定版 ICNIRP 低周波ガイドラインでは、参考レベルについては、RF 帯における SAR に基づく参考レベルも合わせて考慮する必要があることが記載されている）。

表 5.5.2.1-1 2010 年改定版 ICNIRP 低周波ガイドライン⁽¹⁾における基本制限

ばく露特性	対象部位	周波数範囲	体内誘導電界(V・m)
職業 ばく露	頭部中枢神経 (CNS) 組織	1 Hz -10Hz	$0.5/f$
		10 Hz -25 Hz	0.05
		25 Hz -400 Hz	$2 \times 10^{-3} f$
		400 Hz -3 kHz	0.8
		3 kHz-10 MHz	$2.7 \times 10^{-4} f$
	頭部及び身体の 全組織	1 Hz -3 kHz 3 kHz-10 MHz	0.8 $2.7 \times 10^{-4} f$
公衆 ばく露	頭部 CNS 組織	1 Hz -10Hz	$0.1/f$
		10 Hz -25 Hz	0.01
		25 Hz -1000 Hz	$0.4 \times 10^{-3} f$
		1000 Hz -3 kHz	0.4
		3 kHz-10 MHz	$1.35 \times 10^{-4} f$
	頭部及び身体の 全組織	1 Hz -3 kHz 3 kHz-10 MHz	0.4 $1.35 \times 10^{-4} f$

- f は、Hz を単位とした周波数
- 全ての値は、実効値
- 100 kHz 以上の周波数では、RF に特有な熱作用に関する基本制限を同時に考慮する必要がある。

表 5.5.2.1-2 2010 年改定版 ICNIRP 低周波ガイドライン⁽¹⁾における
電界・磁界の参考レベル(無擾乱 rms 値)

ばく露特性	周波数範囲	電界強度(kV/m)	磁束密度 (T)
職業ばく露	1 Hz -8 Hz	20	$0.2/f^2$
	8 Hz - 25 Hz	20	$2.5 \times 10^{-2}/f$
	25 Hz - 300 Hz	$5 \times 10^2/f$	1×10^{-3}
	300 Hz - 3 kHz	$5 \times 10^2/f$	$0.3/f$
	3 kHz - 10 MHz	1.7×10^{-1}	1×10^{-4}
公衆ばく露	1 Hz -8 Hz	5	$0.04/f^2$
	8 Hz - 25 Hz	5	$0.5 \times 10^{-2}/f$
	25 Hz - 50 Hz	5	0.2×10^{-3}
	50 Hz - 400 Hz	$2.5 \times 10^2/f$	0.2×10^{-3}
	400 Hz - 3 kHz	$2.5 \times 10^2/f$	$0.08/f$
	3 kHz - 10 MHz	0.83×10^{-1}	0.27×10^{-4}

注) 表中の f の単位は Hz。非正弦波及び複数周波数へのばく露の評価方法については、本文に別途記載がある。

100 kHz 以上の周波数では、RF に特有な参考レベルを同時に考慮する必要がある。

10MHz 以上の熱作用からの防護においても、確立した健康影響に関する研究成果に基づき、基準値が設定されている。基本的な考え方は、ICNIRP ガイドライン、後述の IEEE 規格も同様であり、主として人体に吸収されたエネルギーによる発熱の影響が考慮され、指標として、比吸収率すなわち Specific Absorption Rate (SAR) が用いられている。

最も重要な指針値は、全身に吸収されたエネルギーによる熱ストレスの影響であり、動物の種類や周波数等にかかわらず、全身平均 SAR が約 4~8 W/kg で現れ、深部体温の 1℃程度の上昇が管理すべきレベルと考えられている。これに基づき、全身平均 SAR が職業環境で 0.4 W/kg、一般環境では 0.08 W/kg を超えないことが防護指針レベル値の根拠とされている。一方で、局所的な電磁界ばく露に対しては、白内障等の局所的な組織温度の上昇による影響を考慮しており、ICNIRP では、任意の組織 10 g あたりの局所 SAR が 2 W/kg（一般環境）を超えないこととしている。

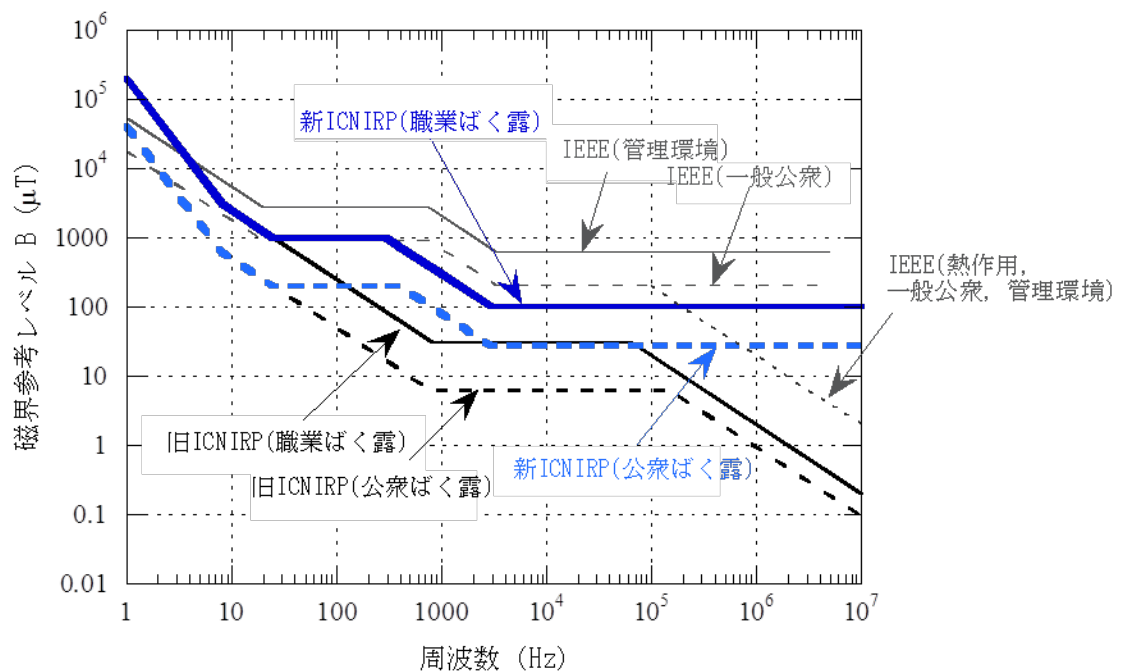


図 5.5.2.1 新旧 ICNIRP 低周波ガイドライン^(1, 2)における磁界参考レベルの比較
(10MHz までを表示、後述の IEEE 規格^(3, 4)との比較も示す)

5.5.2.2 IEEE C95.1、C95.6

米国 IEEE（米国電気電子学会）より発行された安全基準に関する規格は、3 kHz を境に異なる規格となっており、低周波側は、2002 年に発行された C95.6、「0 Hz～3 kHz の電磁界への人体ばく露に関する安全レベルについての IEEE 規格」⁽³⁾、高周波側は、2005 年に改定された C95.1「3 kHz～300 GHz の無線周波電磁界への人体ばく露に関する

る安全レベルについての IEEE 規格⁽⁴⁾」である。これらは、米国を中心に影響力を持ち、国際規格としての意味合いも持っている。IEEE 規格も ICNIRP と同様に基本制限と参考レベル（MPE：maximum permissive exposure と呼ばれる）の 2 段階構成であり、基本制限として誘導電界が用いられており、部位ごとに値が異なっている（表 5.5.2.2-1 に基本制限を、表 5.5.2.2-2 に頭部及び胴体へのばく露に対する最大許容ばく露を、表 5.5.2.2-3 に四肢に対する最大許容ばく露を示す）。低周波では眼内閃光が、中間周波では末梢神経系への刺激が、基本制限の決定要因となっている。また、ICNIRP での「公衆ばく露」、「職業ばく露」の区分は、「管理環境」「非管理環境（低周波では一般公衆）」という呼称になっている。

基準となる誘導電界（管理環境における、脳に対する基本制限）は、50 Hz において 44.3 mV/m であり、これは周波数比例となる。50 Hz での対応する外部磁界は、2.71 mT である（50 Hz、60 Hz では同じ）。すなわち、0.1 mT、50 Hz の一様磁界に対して、1.63 mV/m という換算となる（なお、心臓や四肢に対しては異なる換算が与えられている）。

商用周波数では、磁気閃光反応に基づく指針値となっており、用いられた誘導電界換算モデルは脳を模擬する楕円断面（半長径 $a = 10.5$ cm、半短径 $b = 9.0$ cm）であり、一様磁界ばく露時に生じる最大誘導電界を下記解析式により評価している。

$$E = 2\pi fB \cdot a^2b / (a^2 + b^2) \quad (\text{式 5.5.2.2})$$

ここで、 E は誘導電界、 B は磁束密度、 f は周波数であり、0.1 mT、50 Hz の一様磁界に対して、1.63 mV/m と計算される。中間周波帯に関する記述はないものの、楕円断面積が最大となる胴体（半長径 $a=17$ [cm]、半短径 $b=90$ [cm]）に対する一様磁界ばく露時に生じる最大誘導電界をもとに考察することとなる。

IEEE 規格では、基本制限との比較においては、平均化距離として、「あらゆる方向の 5 mm の長さを考慮」することとしている。一様電界あるいは一様磁界へのばく露に対する体内誘導電界の数値計算において、5 mm 長平均の誘導電界と ICNIRP ガイドラインが示す一辺 2 mm の立法体形状の平均誘導電界とを比較した場合、その差異は高々 30 % 程度であることが報告されている⁽⁶⁾。

100 kHz 以上の熱作用については、ICNIRP ガイドラインと同様であり、主として人体に吸収されたエネルギーによる発熱の影響が考慮され、指標として SAR が用いられている。全身平均 SAR が職業環境で 0.4 W/kg、一般環境では 0.08 W/kg を超えないことが防護指針レベル値の根拠とされている。一方で、局所的な電磁界ばく露に対しては、白内障等の局所的な組織温度の上昇による影響を考慮しており、わが国や ICNIRP では、任意の組織 10 グラムあたりの局所 SAR が 2 W/kg（一般環境）を超えないこととしている。局所 SAR に関しては、生物学的根拠が必ずしも明確でないことから、局所 SAR の指針値については世界各国で異なるものが採用されていた。特に、主に米国等で

採用されている 1 g 平均 SAR と欧州や日本で採用されている 10 g 平均 SAR の違いが大きくクローズアップされていたが、2005 年に IEEE 規格⁽⁴⁾において、1 g 平均 SAR から 10 g 平均 SAR に変更され、調和が図られている。

現在、IEEE 規格の改定作業が行われており、現行の楕円断面モデルに対し、詳細人体モデルを適用することの検討が行われるとともに、低周波と高周波を合冊とする方向で作業が進められている。

表 5.5.2.2-1 IEEE 規格^(3, 4)における基本制限

ばく露部位	f_e (Hz)	一般公衆*	管理環境
		E_o (V/m-rms)	E_o (V/m-rms)
脳	20	5.89×10^{-3}	1.77×10^{-2}
心臓	3350	0.943	0.943
手、手首、脚、足首	3350	2.10	2.10
他の組織	3350	0.701	2.10

表の解釈は、次のとおり：

周波数 $f \leq f_e$ に対しては $E_i = E_o$ 、周波数 $f \geq f_e$ に対しては $E_i = E_o (f / f_e)$ 。

(E_o ：生体内電界、 f_e ：生体内電界の周波数パラメータ、 E_i ：生体内電界の最大許容値)

本表の電界の制限に加えて、10 Hz 以下の磁界は、ピーク値 167 mT (一般公衆)、500 mT (管理環境) に制限される。

*「一般公衆」のカテゴリーは、IEEE C95.1⁽⁴⁾では、「アクションレベル」

表 5.5.2.2-2 IEEE 規格^(3, 4)における磁界最大許容ばく露：
頭部及び胴体へのばく露

周波数帯域 (Hz)	一般公衆*	管理環境
	B (mT-rms)	B (mT-rms)
< 0.153	118	353
0.153 - 20	$18.1/f$	$54.3/f$
20 - 759	0.904	2.71
759 - 3350	$687/f$	$2061/f$
3350 - 5 MHz	0.205	0.615

実効値を測定するためのアベレーシング時間は、10Hz 以上では、10 秒間。

それ以下の周波数では、最低 10 サイクルが含まれること、ただし、最大 1 分間。

*「一般公衆」のカテゴリーは、3 kHz 以上⁽⁴⁾では、「アクションレベル」。

表 5.5.2.2-3 IEEE 規格^(3, 4)における磁界最大許容ばく露：

四肢へのばく露

周波数帯域 (Hz)	一般公衆*	管理環境
	B (mT-rms)	B (mT-rms)
<10.7	353	353
10.7 - 3350	3793/ f	3793/ f
3350 - 5 MHz	1.13	1.13

*「一般公衆」の категория は、3 kHz 以上⁽⁴⁾では、「アクションレベル」。

5.5.3 適合性評価方法

5.5.3.1 IEC TC106

5.5.3.1.1 IEC62311

電磁界の人体安全性評価のよりどころとして、上述の ICNIRP や IEEE など国際的な人体防護ガイドラインが広く認識されており、実際のばく露状況におけるガイドライン適合性を評価するために、人体ばく露に関連する物理量を定量的に評価することが必要となっている。このため、適合性評価手法の標準を定めるため、電気・電子技術分野の国際標準化の作業を担う IEC (International Electrotechnical Commission、国際電気標準会議) において、「人体ばく露に関する電界、磁界、及び電磁界の評価方法」についての専門委員会 TC106 (TC: Technical Committee) が設置され、人体ばく露に関連する電磁界の評価方法標準化の作業が進められてきた。これまで、電磁界の人体ばく露評価に関連し、共通に用いられる手法を定めた水平規格、製品別の規格及び該当する製品別規格がない場合に適用される一般規格が作成されてきている。今回の対象の WPT システムのうち、該当する製品別規格が存在しない場合には、一般規格 IEC62311⁽⁷⁾を使ってばく露評価を行うこととなる。図 5.5.3.1-1 は、IEC62311 に従って WPT システムからの電磁界への人体ばく露量を評価する手順を示したものである。本節では、IEC62311 の記載に即して、ICNIRP ガイドラインで例示して解説する。

なお、IEC62311 の 7.2 項の(3)に製品独自のばく露量評価規定による評価が記載されているが、現在 WPT システムに関しては独自規定がないので、本報告では割愛する。

(手順1) WPTシステムの諸元と適用基準の選定と除外可能なレベルによるばく露評価是非の判断

電磁界への人体ばく露量評価に必要な WPT システムの諸元を規定する。WPT システムの電気的な特性だけでなく、システムを使用する人の位置や適用するばく露規準を特定する。

特定する具体的な内容として、

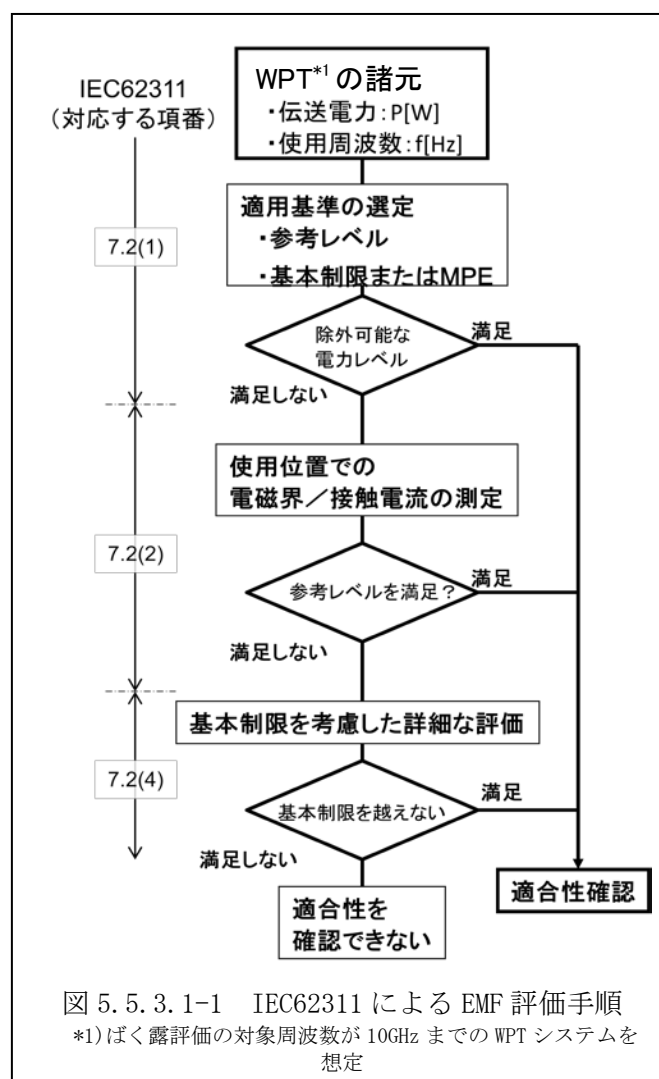
- ・ WPT システムの伝送電力と使用周波数
- ・ 測定位置：使用者の通常の使用位置
- ・ 適用するばく露基準の選定

などがある。

ここでばく露評価の対象となる周波数範囲は、WPT システムの利用周波数だけでなく、例えば、大電力機器の場合、商用周波数（50/60Hz）や電源のスイッチング周波数も含まれることも注意しなければならない¹。また、高周波電力の生成に矩形波などの高調波成分を多く含む波形を用いる場合、その高調波の周波数も対象と考える。

IEC62311 では測定位置は「使用者の通常の使用位置」とだけ記載され、具体的な測定位置は規定していない。一般環境で使用される WPT システムの場合、システムの操作者以外の人が使用中に近接することも考えられるので、測定位置として操作パネルや電力伝送部周囲だけでなく、動作中に人が立ち入ることの可能なエリアを考慮しなければならない。

卓上又は小型の WPT システムの場合、機器の表面の近接可能な面に測定器のセンサ部を密着させて測定する。これに対して、大型の WPT システムの場合、機器の周囲で人の立ち入る範囲において測定を行う。機器との近接距離や測定高さは表 5.5.3.1-1 に記載した IEC 規格の中から対象機器が被測定機器に類似した規格を参考に決定する。



¹電波防護指針では 10kHz よりも低い周波数の電磁界ばく露評価は対象外である。

表 5. 5. 3. 1-1 測定位置の考え方

規格	対象/周波数	測定位置
IEC62110 ⁽¹²⁾	一様電磁界 / 50/60Hz	地上 1m
	非一様電磁界 / 50/60Hz	設備/敷地/壁面から 0.2m 地上より 0.5m、1m、1.5m 装置高さ H<1.5m の場合 地上より H/3、2H/3、H
	埋設された波源 / 50/60Hz	地上 0.2m 5 点の測定値から最大点を特定
IEC62233 ⁽¹¹⁾	一様/非一様電磁界/0 Hz-400 kHz	走査面：装置表面から 0cm その他：30cm

微小な電力機器／本質的適合の判断

詳細なばく露評価に先立って、利用周波数における除外可能な電力レベルを算出する（付録 G 参照）。

WPT システムの送信電力がこの除外可能な電力レベルよりも小さい場合、熱影響に関するばく露基準を超えるばく露を生じ得ないので、測定や詳細な評価を行わなくても熱影響の基準に対する適合性を確認することが可能である。

（手順 2）電磁界の測定と参考レベルによる適合性の判定

通常使用位置で電界／磁界／接触電流を測定する。ばく露基準を ICNIRP ガイドラインとした場合、利用周波数が 100 kHz を超えない場合、熱影響を考慮しないので、電気刺激影響のみを考慮した測定を行う。これに対して、利用周波数が 100 kHz を超える場合、刺激影響と熱影響の両方を評価する（図 5. 5. 3. 1-2）。

機器の表面に接地されていない金属部分が露出している場合や、電力伝送の際に伝送部の近傍に誘導を受ける金属が存在する場合、接触電流の評価が別途必要となる。

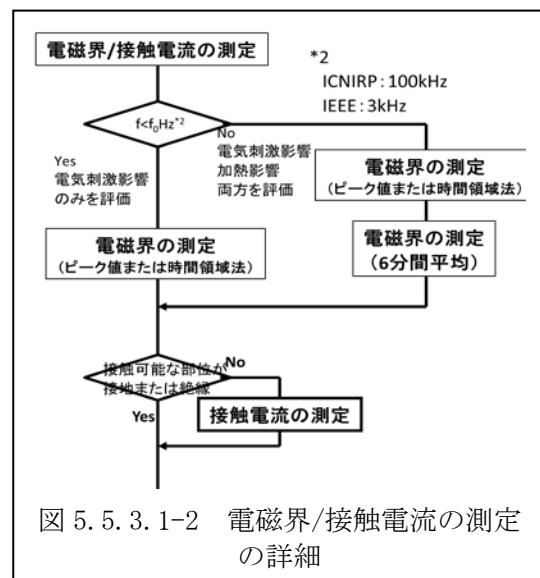


図 5. 5. 3. 1-2 電磁界/接触電流の測定の詳細

(1) 刺激影響の評価と適合性の判断

手順 1 で定めた測定位置において、電界及び磁界を測定する。

(a) ICNIRP ガイドライン（1998 年版）の場合

$$\sum_{i=1\text{Hz}}^{1\text{MHz}} \frac{E_i}{E_{L,i}} + \sum_{i>1\text{MHz}}^{10\text{MHz}} \frac{E_i}{a} \leq 1 \quad (\text{式 5.5.3.1-1})$$

及び

$$\sum_{j=1\text{Hz}}^{65\text{kHz}} \frac{H_j}{H_{L,j}} + \sum_{j>65\text{kHz}}^{10\text{MHz}} \frac{H_j}{b} \leq 1 \quad (\text{式 5.5.3.1-2})$$

ここで

E_i は周波数 i での電界強度、 $E_{L,i}$ は周波数 i の電界強度の参考レベル、
 H_j は周波数 j での磁界強度、 $H_{L,j}$ は周波数 j の磁界強度の参考レベル、
磁界の測定を磁束密度 B で測定した場合、 H_j の代わりに B_j (周波数 j の磁束密度)、
 $H_{L,j}$ の代わりに $B_{L,j}$ (周波数 j の磁束密度の参考レベル) とする。
 a と b の値は表 5.5.3.1-2 を参照のこと。

表 5.5.3.1-2 適合性評価のための定数

ICNIRP ガイドライン	ばく露の条件	a [V/m]	b [A/m] ([μ T])	c [V/m]	d [A/m] ([μ T])
1998 年版	職業的ばく露	610	24.4 (30.7)	$610/f$	$1.6f$
	公衆のばく露	87	5 (6.25)	$87/f$	$0.73/f$

表中の f は、MHz を単位とした周波数

(b) ICNIRP ガイドライン（2010 年改定版）の場合

$$\sum_{i=1\text{Hz}}^{10\text{MHz}} \frac{E_i}{E_{R,i}} \leq 1 \quad (\text{式 5.5.3.1-3})$$

及び

$$\sum_{j=1\text{Hz}}^{10\text{MHz}} \frac{H_j}{H_{R,j}} \leq 1 \quad (\text{式 5.5.3.1-4})$$

ここで

E_i は周波数 i での電界強度、 $E_{R,i}$ は周波数 i の電界強度の参考レベル、
 H_j は周波数 j での磁界強度、 $H_{R,j}$ は周波数 j の磁界強度の参考レベル、

IEC62311 では、複数のスペクトラムの加算の手間を省くため、時間領域法 (Shaped Time Domain 法) を推奨している。

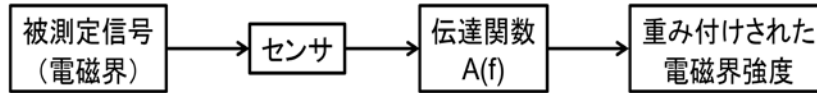


図 5.5.3.1-3 時間領域法の概要

時間領域法は、センサによって測定した電磁界強度信号を式 5.5.3.1-1 から式 5.5.3.1-4 の各式の分母の特性に相当する伝達関数を通すことにより、参考レベルで除した値の総和として評価することができる。電磁界強度は、式 5.5.3.1-1 から式 5.5.3.1-4 の各式の左辺に相当するばく露基準に対する比率を表す値又は百分率として得られる。

(2) 熱影響の評価

手順 1 で定めた測定位置において、電界及び磁界を測定する。ばく露基準への適合性は、式 5.5.3.1-5 と式 5.5.3.1-6 による。なお、2010 年改訂版 ICNIRP ガイドラインは低周波の刺激影響のみであるので、本節には、1998 年版 ICNIRP ガイドラインでの判断のみ記載する。

$$\sum_{i=100\text{kHz}}^{1\text{MHz}} \left[\frac{E_i}{c} \right]^2 + \sum_{i>1\text{MHz}}^{300\text{MHz}} \left[\frac{E_i}{E_{L,i}} \right]^2 \leq 1 \quad (\text{式 5.5.3.1-5})$$

及び

$$\sum_{j=100\text{kHz}}^{1\text{MHz}} \left[\frac{H_j}{d} \right]^2 + \sum_{j>1\text{MHz}}^{300\text{MHz}} \left[\frac{H_j}{H_{L,j}} \right]^2 \leq 1 \quad (\text{式 5.5.3.1-6})$$

ここで

E_i は周波数 i での電界強度、 $E_{L,i}$ は周波数 i の電界強度の参考レベル、
 H_j は周波数 j での磁界強度、 $H_{L,j}$ は周波数 j の磁界強度の参考レベル、
 c と d の値は表 5.5.3.1-2 を参照のこと。

(3) 接触電流の評価

接触電流を付録 F に従い測定する。なお、IEC62311 では、Annex D に設けられた実際の人体又は人体と等価な回路を機器の金属部分に接触させ、流れる電流を Clamp-On 型の電流計で測定することによって、接触電流の測定方法が例示されているが、詳細な評価手順は記述されていない。

次式 5.5.3.1-7 によるばく露規準への適合性を確認する。

$$\sum_{n=1\text{Hz}}^{10\text{MHz}} \frac{I_n}{I_{C,n}} \leq 1 \quad (\text{式 5.5.3.1-7})$$

ここで、 I_n は周波数 n における接触電流、 $I_{C,n}$ は周波数 n における接触電流の参考レベルである。

(手順 3) 基本制限を考慮した詳細な評価

現状、基本制限を考慮してばく露評価を行う方法として標準化されているのは、携帯無線端末等を対象とした SAR の評価方法である（付録 G 参照）。電磁界解析等の計算手法を用いて、誘導電流／体内誘導電界を求める手法もあり、携帯無線端末等の SAR 計算法については、計算手法の標準化が進められている。

測定における不確かさの取扱い

IEC の国際規格では、人体ばく露量評価における測定に対して、測定不確かさが 30 % を超えないことが要求されている。IEC62311/62479⁽¹⁸⁾ に測定不確かさが 30 % を超えた場合の測定値の取扱いについて規定されている。

測定不確かさが 30 % を超える場合は下記の式 5.5.3.1-8 を用いて制限値 L_{lim} に重み付けを行い、測定によって得られた値 L_m がその重み付けられた値以下でなければならないことを要求している。

$$L_m \leq \left(\frac{1}{0.7 + \frac{U(L_m)}{L_m}} \right) L_{\text{lim}} \quad (\text{式 5.5.3.1-8})$$

ここで $U(L_m)$ は、絶対不確かさを表している。

例えば、相対測定不確かさが 55 % であれば、

$$\frac{U(L_m)}{L_m} = 0.55 \quad \text{となり、} \quad L_m \leq \left(\frac{1}{0.7 + 0.55} \right) L_{\text{lim}} = 0.8 L_{\text{lim}} \quad (\text{式 5.5.3.1-9})$$

となる。

5.5.3.1.2 その他の IEC 規格

1998 年に制定された規格「人体ばく露に関する低周波磁界及び電界の測定－測定器の特別要求事項及び測定の手引き (IEC 61786)⁽¹⁰⁾」では、電磁界の基本事項、測定

手順や測定器の要求仕様を示している。現在改定作業が進められており、電磁界測定器に関する基本事項と、測定手順のガイダンスについて、分冊発行することが決定している（すでに、基本事項を規定したパート1が、2013年12月に発行されている⁽⁸⁾）。なお、本規格⁽¹⁰⁾は2004年にJIS化され、JISC 1910⁽⁹⁾として発行されている。また、低周波電磁界への人体ばく露量の数値計算方法（IEC 62226^(15, 16, 17)）も策定されている。

このほか、家電の電磁界測定法 IEC62233⁽¹¹⁾、電力設備を対象とした電磁界測定方法 IEC62110⁽¹²⁾、携帯無線端末を対象とした比吸収率測定方法 IEC62209^(13, 14)等が発行されている。さらに、電気自動車の WPT システム充電時の電磁界への人体ばく露量評価を含む IEC 61980-1 が現在策定中である。

IEC62233 では、10Hz から 400 kHz までの家電製品を対象としており、磁界誘導方式の充電器について磁界強度の測定位置（表面から 30 cm）を規定している。さらに、内部変圧器又は電子回路が 1000V 未満で動作する場合には、電界強度に関する基本制限を本質的に満足していると考えられるため、電界強度の評価を不要としている。

5.5.3.2 IEEE/ICES/TC 95、TC 34

IEEE/ICES/TC 95 は、高周波電磁界（100 kHz～300 GHz）への人体ばく露量の測定・計算方法を C95.3 として策定しており、測定装置の基本的要件や校正方法等が記載されている。一方、IEEE/ICES/TC 34 は主に携帯無線端末を対象とした SAR 測定方法として、IEC 62209-1 と同等な IEEE P1528 の発行及び計算方法について標準化作業を進めている。

また、IEEE のその他の関連規格として、プローブ、アンテナ等の校正方法等に関する規格（IEEE Std. 1309）や WPT システムが主に利用する準静的電磁界の測定要件に関する IEEE ガイド（IEEE Std 1460）等が策定されている。

参考文献

- (1) ICNIRP: “Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz)”, Health Physics, Vol. 74, pp. 494-522 (1998)
- (2) ICNIRP: “Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz to 100 kHz)”, Health Physics, vol. 99, pp. 818-836 (2010)
- (3) IEEE: “IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to electromagnetic fields, 0-3 kHz”, IEEE Std C95.6 (2002)
- (4) IEEE: “IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to radiofrequency electromagnetic fields, 3 kHz to 300 GHz”, IEEE Std C95.1 (2005)
- (5) I. Laakso and A. Hirata, “Reducing the staircasing error in computational dosimetry of low-frequency electromagnetic fields,” Physics in Medicine and Biology, vol. 57, p. N25-N34 (2012)
- (6) A. Hirata, Y. Takano, Y. Kamimura, and O. Fujiwara, “Effect of the averaging volume and algorithm on the in situ electric field for uniform electric- and

- magnetic-field exposures”, *Phys. Med. Biol.*, Vol. 55, pp. N243-N252 (2010)
- (7) IEC: “Assessment of electronic and electrical equipment related to human exposure restrictions for electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz)”, IEC 62311 (2007-08)
 - (8) IEC 61786-1 Ed. 1.0: “Measurement of DC magnetic, AC magnetic and AC electric fields from 1 Hz to 100 kHz with regard to exposure of human beings - Part 1: Requirements for measuring instruments” (2013)
 - (9) JIS C 1910 : 「人体ばく露を考慮した低周波磁界及び電界の測定」 (2004)
 - (10) IEC 61786 Ed. 1.0: “Measurement of Low-Frequency Magnetic and Electric Fields with Regard to Exposure of Human Beings - Special Requirements for Instruments and Guidance for Measurements” (1998)
 - (11) IEC 62233 Ed. 1.0: “Measurement methods for electromagnetic fields of household appliances and similar apparatus with regard to human exposure”, (2005)
 - (12) IEC 62110 Ed. 1.0: “Electric and magnetic field levels generated by AC power systems - Measurement procedures with regard to public exposure” (2009)
 - (13) IEC 62209-1 Ed. 1.0: “Human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-mounted wireless communication devices - Human models, instrumentation, and procedures - Part 1: Procedure to determine the specific absorption rate (SAR) for hand-held devices used in close proximity to the ear (frequency range of 300 MHz to 3 GHz)” (2005)
 - (14) IEC 62209-2 Ed. 1.0: “Human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-mounted wireless communication devices - Human models, instrumentation, and procedures - Part 2: Procedure to determine the specific absorption rate (SAR) for wireless communication devices used in close proximity to the human body (frequency range of 30 MHz to 6 GHz)” (2010)
 - (15) IEC 62226-1 Ed. 1.0: “Exposure to electric or magnetic fields in the low and intermediate frequency range - Methods for calculating the current density and internal electric field induced in the human body - Part 1: General” (2004)
 - (16) IEC 62226-2-1 Ed. 1.0: “Exposure to electric or magnetic fields in the low and intermediate frequency range - Methods for calculating the current density and internal electric field induced in the human body - Part 2-1: Exposure to magnetic fields - 2D models” (2004)
 - (17) IEC 62226-3-1 Ed. 1.0: “Exposure to electric or magnetic fields in the low and intermediate frequency range - Methods for calculating the current density and internal electric field induced in the human body - Part 3-1: Exposure to electric fields - Analytical and 2D numerical models” (2007)
 - (18) IEC 62479 Ed. 1.0: “Assesment of the compliance of low-power electronic and electrical equipment with the basic restrictions related to human exposure to electromagnetic fields (10 MHz to 300 GHz)”, (2010)

5.6 今後の課題

本報告では対象に含まれないが、WPT システムから発射される電波による体内植え込み医療機器への影響を適切に評価・防護することも重要であり、評価手法を確立するための研究開発が必要である。

防護指針では、体内に金属を埋め込んでいる場合は、指針値以下の電磁界でも予想外の局所的な発熱など引き起こす可能性があり、注意が必要であるとしている。また、金属を身に着けている場合、特に誘導加熱炉などの近くでは、指針値以下の電磁界でも金属が発熱する可能性があり、注意が必要であるとしている。WPT システムは誘導加熱炉と同じく比較的低い周波数の磁界を利用するものが多いため、過度な加熱を抑えるための設計・運用指針を策定するための基礎データを取得することが必要である。

現在、国際非電離放射線防護委員会は高周波数電磁界の国際ガイドラインの改定作業を進めている。したがって、防護指針及び国際ガイドラインの改定状況に即して、本報告で取りまとめた適用すべきガイドラインと適合性評価方法を見直していくことが必要である。

本報告では結合係数の適用要件を限定することができなかった WPT システムについて、今後、実際に利用されるシステムがより限定されることにより、結合係数を適用できる可能性がある。したがって、今後の WPT システムの利用状況に応じて、適用すべきガイドラインと適合性評価方法の見直しを図る必要がある。

本報告を作成した時点では適合性評価方法を規定できていない局所吸収指針や基礎指針に対する適合性評価方法を確立するための、SAR 測定方法や数値計算方法の研究開発も必要である。局所吸収指針や基礎指針への適合性を直接評価することで、電波を適正かつ有効に利用することが可能となり、WPT システムの利用範囲の拡大が期待できる。また、接触電流測定に関する評価方法については、必ずしも十分な検証が行えておらず、今後の検討の状況に応じて、評価方法を見直していくことが必要である。

本報告で規定した適合性評価方法については、今後、関連の国際規格等に反映するように努力するとともに、今後策定・改定される国際規格と相違が生じた場合には、速やかに国際的な整合性を確保していくことが重要である。

第6章 海外動向

本章では、WPT システムに関する国際標準化機関等の検討状況及び WPT システムに関して今後検討を行うべき課題について述べる。

6.1 標準化動向

6.1.1 IEC

IEC では、TC 100 (Audio, Video and Multimedia systems and equipment) において AV、IT 機器への WPT システム、TC 69 (電気自動車) において電気自動車充電用の WPT システムの標準規格が検討されている。以下にその活動概要について説明する。

(1) IEC TC100

IEC TC100 における、これまでの標準化に関する経緯・活動内容等は以下のとおりである。

2011 年 10 月に日本からの提案でワイヤレス給電技術の標準規格化に関するプロジェクト (Stage 0 project) が設立され、AV、IT 機器向けのワイヤレス給電 (WPT) システムを対象とした検討が開始された。テクニカルレポート (TR) の作成が活動の中心であり、2013 年 7 月に IEC 62869/Ed. 1 が発行された。ここで、議論に参加している主要メンバーは、日本のグループ、米国 CEA のグループ及び韓国 TTA のグループである。

この活動の日本側組織は電子情報技術産業協会 (JEITA) の AV&IT 標準化委員会の中のワイヤレス給電対応 PG であり、TR に向けて日本としての意見を取りまとめた。この活動に、BWF/WPT-WG も協力している。

韓国、日本からの NP 提出を受け、2012 年 10 月の TC100 総会において、ワイヤレス給電に関する規格を取扱う新 TA (Task Area) の設立が決定され、2013 年 6 月に TA15(Wireless Power Transfer)として活動がスタートした。TA15 のスコープは、マルチメディアシステムと機器に対する WPT システムに関連した国際的な規格類及び WPT システムにおける送受信間の機能に関する相互運用性の開発である。

TA15 新設に伴い、JEITA 内では、ワイヤレス給電対応 PG は解散し、新たにワイヤレス給電に関する全ての規格を取り扱うことができる対応組織である TA15 対応標準化 G を設置した。

現在、TA15 での主な活動として、「PT 62827(Wireless Power Transfer - Management)」の規格化の検討を行っている。PT 62827 は、韓国と日本からの NP (新プロジェクト提案) を基に「Part 1: Common components」、「Part 2: Multiple devices control management」、「Part 3: Multiple sources control management」の 3 つのパートで構成される。2015 年中の国際規格 (IS) 発行を目標としている。

(2) IEC TC69

EV 用のワイヤレス充電の規格「IEC 61980」を検討している。その状況は以下のとおりである。

IEC（国際電気標準会議）では、一般の電気自動車への充電を想定した WPT システムの規格化を検討している。

日本側の受け皿は、JARI（日本自動車研究所）に設置された非接触給電 SWG である。ここでは、BWF/WPT-WG と連携した活動を行っている。また、JSAE（自動車技術会）は、リエゾンとして参加している。

IEC 61980 は 3 つのパートで構成され、IEC 61980-1（一般要求案件）、IEC 61980-2（制御通信）、IEC 61980-3（磁界結合方式による WPT システム）について各々規格化を進めており、2015 年 3 月時点で、IEC 61980-1 は FDIS(Final Draft for International Standard) の状態であり、2015 年中には IS (International Standard) として発行される予定である。また、IEC 61980-2 と IEC 61980-3 については 2015 年 3 月時点で CD(Committee Draft) の状態であり、こちらは 2015 年中に TS(Technical Specification) として発行される予定である。

この規格化議論の中で、候補となる周波数は、85 kHz 帯(81.38 kHz～90.00 kHz)を支持するのが多勢であるが、140 kHz 帯を主張しているメンバーもあり、まだ決定されていない。コイルタイプ及び互換性については、3 つの方式が各アネックスとして対案されている。また、この他に韓国提案の 20kW を超える Heavy-Duty EV の WPT 方式などもアネックスに追加されている。

また、関連するその他の団体での規格化活動として、IEC 61980 と以下に紹介する ISO 19363 及び SAE J2954 があり、相互に連携して規格策定を進めている。

ISO(PAS) 19363 :

IEC 61980 は、インフラシステム側を基本とした規格になるが、これに対して、電気自動車側の規格化の必要性があるため、ISO（国際標準化機構）の TC22/SC21/WG1(Electrically propelled road vehicles)の中に JPT 19363 が組織化された。IEC 61980 と連携した活動を行っており、日本の参加形態は、IEC 同様に JARI の非接触給電 SWG で対応しており、互換性や安全要件が規格化のポイントになる。周波数は、85 kHz 帯(81.38 kHz～90.00 kHz)のみが提案されており、コイルタイプは 4 種類が提案されている。ISO のルールで、36 ヶ月以内に PAS(Publicly Available Specification)を完成させる必要があり、遅くとも 2017 年には PSA が発行される予定である。議論の過程の中で、WPT 方式については後述する SAE J2954 と協調する方向になっている。

SAE J2954:

SAE（米国自動車技術者協会）の中に WPT 技術による電気自動車充電用に組織化されたタスクフォース（T/F）であり、参加形態は IEC や ISO とは異なり、個社での対応となっている。これまでの議論状況は、以下のとおりである。

4つの候補となる WPT 周波数を提案してきたが、ドイツ OEM が正式に 85 kHz 帯のサポートを表明したことで、現在は 85 kHz 帯に一本化されている。

二次リファレンスコイルとしてサーキュラータイプが大多数の賛成で提案されているが、少数の反対もあり、まだ完全なコンセンサスには至っていない。二次コイル地上高については、3つのクラスに分けることが提案されている。

今後は、二次リファレンスコイルの仕様及び互換性の検討が予定されており、2015 年中に TIR(Technical Information Report)の発行を予定している。

6.1.2 国際無線障害特別委員会（CISPR）

国際無線障害特別委員会（CISPR : Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques）は、IEC の特別委員会である。IEC の他の専門委員会とは異なり、無線妨害の抑圧に関心を持つ国際機関（ITU-R、ETSI 等）が構成員となっており、ITU-R などとの密接な協力体制がとられている。

CISPR では、製品規格ごとに小委員会レベルで許容値及び測定法の検討が行われており、WPT システムについても、WPT ごとに対象の製品規格を担当する小委員会において、検討が行われている。

（CISPR 小委員会と担当する WPT システム）

- ・ B 小委員会(SC-B)：電気自動車用 WPT システム
- ・ F 小委員会(SC-F)：家電機器用 WPT システム
- ・ I 小委員会(SC-I)：マルチメディア機器用 WPT システム

以下にその活動概要について説明する。

(1) WPT システムに関するタスクフォース（TF）の設置

2013 年 9 月に開催された CISPR オタワ会議において、許容値及び測定法等について、専門の検討体制が必要との観点から、SC-B、SC-F、SC-I のそれぞれの小委員会における WPT システムに関するタスクフォース（TF）の設置が承認された。今後、各小委員会において、TF を中心として、WPT システムに関する検討が進められる見込みである。

(2) B 小委員会(SC-B)

SC-B では、電気自動車用の WPT システムの許容値、測定法等について検討を行っている。2014 年 6 月の SC-B では、TF リーダーに久保田 文人氏（日本）が就任し、具体的な検討項目及び体制について検討が行われた。主な結果は、以下のとおり。

○検討項目の確定

TF において、電気自動車用の充電設備も含めた WPT システムは、CISPR 11 を適用することが合意された。

○WPT 装置に適用する CISPR 11 の許容値及び測定法

- ・ 150 kHz-18 GHz

CISPR 11 グループ 2 で規定する許容値及び測定法が WPT システムの目的にかなうかどうかを確認することが賛成多数で合意された。今後、必要に応じて改定案の検討を行う予定である。

- ・ 9 kHz-150 kHz

放射妨害波の許容値を検討することが賛成多数で可決された。なお、検討に当たっては、SC77A/WG8 の検討状況を考慮することとなった。

- ・ 型式試験のための測定配置及び疑似負荷については、TC69 におけるドラフト及び検討の進め方を検討しながら調査を行うこととなった。

その後の TF では、放射妨害波及び伝導妨害波の測定方法や条件、EUT の範囲、放射妨害波の許容値などについて議論されている。

(3) F 小委員会(SC-F)

SC-F では、家電機器用 WPT システムの許容値、測定法等について検討を行っている。TF における具体的な検討項目及び体制については、今後議論が行われる予定であり、TF リーダーは、Pierre Beeckman 氏（オランダ）である。

(4) I 小委員会(SC-I)

SC-I では、マルチメディア機器用 WPT システムの許容値、測定法等について検討を行っている。2014 年 3 月の SC-I では、TF の検討状況について、TF リーダーである Arthurs Mark G 氏（米国）から説明が行われ、TF で検討すべき事項について議論が行われた。主な結果は、以下のとおりである。

○CISPR 32 における WPT システムの適用範囲

マルチメディア機器の一部として付加された WPT システムや機能（送電、受電、通信/制御）を CISPR 32 の適用範囲とすべき。

○許容値及び測定法

許容値は CISPR 32 をそのまま適用する。AC 電源端子やその他の端子の伝導妨害波に関しては、マルチメディア機器と WPT システムを組み合わせた構成に基づき、CISPR 11 等他の規格の適用も考慮する。また、CISPR 32 がカバーしていない周波数範囲についても、CISPR 11 等他の規格の適用を検討すべき。

○供試装置の構成や動作条件

基本的に CISPR 32 を適用するが、負荷の配置や動作条件など WPT 固有の条件に

について検討すべき。

議論の結果、現状 CISPR 32 の適用範囲に含まれる WPT システムが存在しないことから、TF では、マルチメディア機器に接続された WPT システムや機能及び負荷の動作条件、配置等に関して、現状の CISPR 32 の規定に指針を追加する必要性の有無を確認し、必要であれば動作条件や配置に関するガイダンスを検討して、10 月のフランクフルト会議で報告した。

6.1.3 ITU 及び国際協調

WPT システムに対して、国際的にも国内的にも明確に割り当てられている周波数帯はない。しかし、WPT システムをこれから世界中でどこでも共通に利用できるようにするためには、他の無線システムへの影響を与えないような周波数帯を選び、WPT システムとして利用できる周波数帯を ITU-R や他の国際機関・会合の中で明確化していく必要がある。そこで、図 6.1.3-1 に示すようなシナリオに基づいた活動を実施している。

以下にその具体的な動向・活動内容について説明する。

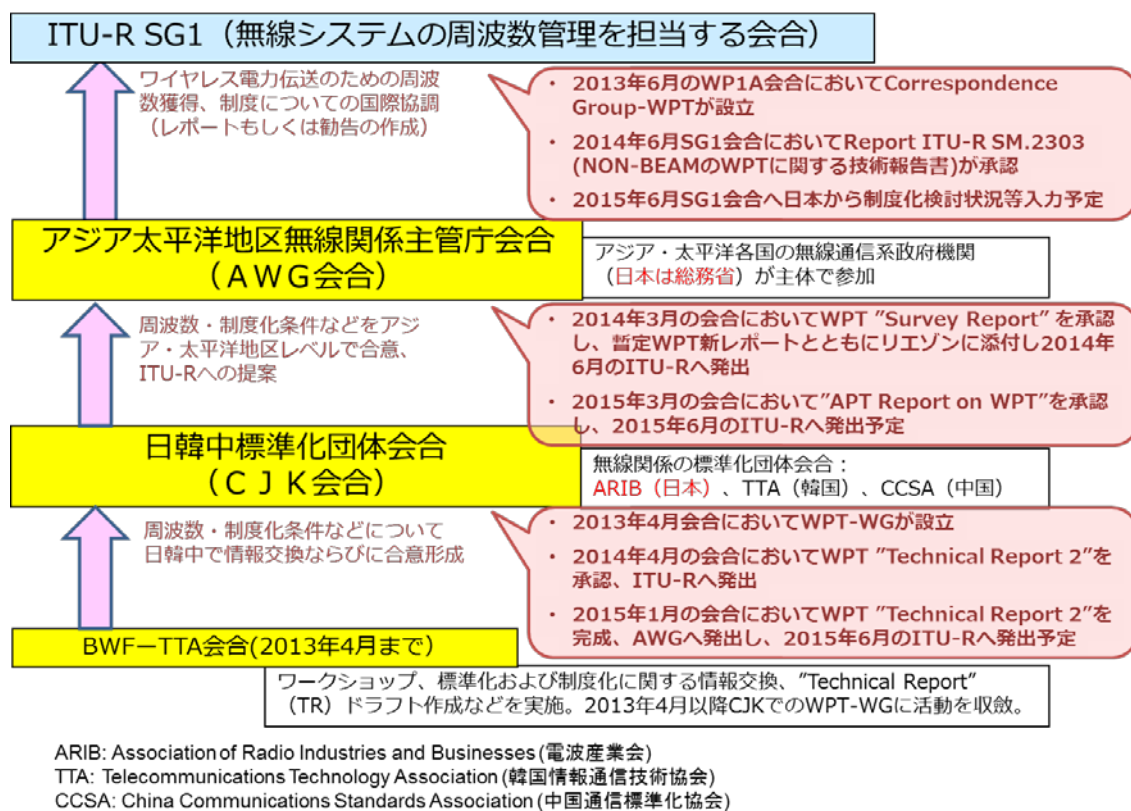


図 6.1.3-1 国際協調に向けたシナリオ

(1) CJK WPT-WG

2011 年より、BWF と韓国 TTA の間で、WPT システムに関する周波数や制度、標準規格に関する国際協調や情報交換を行ってきた。一方で、日中韓情報通信標準化機関会合（CJK 会合：日本は ARIB 中心、韓国から TTA、中国から CCSA が参加する会合）において、WPT システムに関する議論の必要性の機運が高まり、上述の TTA と BWF の会合を発展的に組み入れる形で WPT-WG が 2013 年 4 月に発足した。

この WPT-WG では、WPT システムに関する開発や商用化動向などをまとめた「Technical Report 1」を既に作成済みであり、2013 年 6 月に開催された ITU-R SG1 WP1A 会合へ寄書入力を行っている。また、2014 年 4 月には、WPT システムにおける候補となる利用周波数帯や他システムとの共用検討まで踏み込んだ「Technical Report 2」が完成・承認された。このレポートは、事前了解の元、2014 年 3 月に開催された上位にあるアジア太平洋地区の政府系組織が参加する APT Wireless Group (AWG) 会合へも入力され、AWG としての WPT に関するレポートである「APT Report on WPT」のドラフト版に反映された。また、2015 年 1 月には、日本における制度化検討状況を反映した「Technical Report 3」を完成させ、2015 年 3 月に開催された AWG-18 へ Information として入力した。更に、2015 年 6 月に開催される ITU-R SG1 会合にも入力予定である。一連の Technical Report 策定作業は日本のエディタシップのもとで推進されている。

(2) APT Wireless Group (AWG)

AWG は、Working Group Technology Aspect の下に Task Group-WPT を 2012 年 4 月に設置した。以来、WPT に関する情報の APT メンバー国での共有と、周波数、周波数共用検討及び人体への高周波暴露などの課題について、ITU-R 研究課題 Question ITU-R 210-3/1 への貢献を目的に活動を行っている。

AWG は、2014 年 3 月の AWG-16 において WPT 調査報告書「APT Survey Report on WPT」を完成、承認し、2014 年 6 月に開催された ITU-R SG1 WP1A へ入力した。さらに、2015 年 3 月の AWG-18 では、WPT 技術レポート「APT Report on WPT」を完成するとともに、2015 年 6 月に開催が予定されている ITU-R SG1 WP1A への入力が承認された。

また、AWG-18 では、WPT に関する APT 勧告の検討に向けて、APT 各国に対する意見照会の発出が承認された。2016 年 3 月に予定されている AWG-19 では、この照会の結果を受けて、APT 勧告化に向けた検討の実施の可否について判断する予定。

日本は、CJK での議論を AWG に拡張するとともに、「APT Survey Report on WPT」のエディタを担当し、総務省での WPT に関連する委員会や作業班での検討結果を基にテキストや議論のフレームワークを提案するなど、WPT に関する議論を先導する役割を果たしている。

(3) ITU-R SG1 Working Party 1A (WP1A)

これまで、ITU-R SG1 において、マイクロ波による電力伝送に関する寄書入力があったものの国際的周波数協調等に関する議論はあまり進んでいなかった。しかし、2013 年 6 月に開催された会合において、以下の寄書入力があった。

- 韓国及び米国から、各々別個に、モバイル機器用 WPT に関する周波数を特定する勧告 (Recommendation) 草案の骨格を提案 (2014 年勧告目標)
- 日本から、WPT 技術レポート (Report) 案に向けた作業文書案を提案。ここで、NON-BEAM (ポータブル機器、EV、家電等) WPT と BEAM WPT の二つで構成することを提案し、2014 年 6 月に Report を完成させることを目標とし、勧告作成に向けた作業を行うことを示唆
- 日本から、総務省の技術試験事務での WPT システム (電気自動車充電用、モバイル・デジタル機器充電用等) での検討結果を入力
- 中国から、CJK 会合での技術報告文書 (上述の Technical Report 1) を入力

ここで、WPT システムに関する議論の必要性、勧告又はレポート作成作業に取り掛かることが確認され、WP1A の中にその活動のための Correspondence Group (CG-WPT) の設立が合意された。CG-WPT として世界各国の組織・標準化団体などにリエゾン文書を送付するなど、2014 年 6 月の会合でアウトプットを出すべく活動を進めた。

以下、2014 年 6 月の WP1A 会合での結果の概要を記す。

同会合へは、日本、韓国からの勧告とレポートの作業文書のテキスト提案をはじめ、APT (AWG)、TTA (CJK メンバーを代表)、CISPR, IEC TC100, Alliance for Wireless Power (A4WP) 等から WPT 詳細検討情報を伴うリエゾンが入力された。

まず、レポートに各国の状況が正しく反映され、その次のステップとして勧告の検討を行うことが確認された。

WP1A は、電気自動車 (EV)・モバイル機器・家電用のレポート “NEW REPORT ITU-R SM. [WPT.NON-BEAM]” のドラフトを完成させた。SG1 はそれを承認し,” REPORT ITU-R SM. 2303” となった。同レポートは日本、韓国の提案テキストをベースにドラフトされ、関連団体からのリエゾンに添付された詳細情報が付加され、完成した。日本における本作業班での検討周波数もそのまま紹介されている。「標準化状況」には、CISPR による WPT システムの放射に関する法制度的見解と ICNIRP による電波からの人体保護に関する内容が盛り込まれた。日本と韓国からは技術紹介、アプリケーション、運用情報、法制度整備の状況が盛り込まれた。日本から入力した周波数共用検討に関するまとめは本文中に、詳細な測定データは Appendix にそれぞれ採用された。サービス運用の実例として A4WP から寄せられた情報が Appendix に採用された。

周波数特定のための勧告草案に向けた作業文書 “WORKING DOCUMENT TOWARDS A

PRELIMINARY DRAFT NEW RECOMMENDATION ITU-R SM. [WPT]”は上述のレポートを参照し、各国が周波数特定の作業を行い、CG-WPTを活用しつつ2015年の会合で勧告化を図ることとした。

CG-WPTは、検討を加速するため1年さらに継続することになった。WP1Aは、関連標準化機関等に今後の協力要請のためのリエゾンを送付した。また、BEAM-WPT（無線ビームによるワイヤレス電力伝送）については、2014年6月会合では入力がなかったため議論を行わなかったが、外部団体へのリエゾン中に寄書依頼を入れることになった。

2015年6月のSG1会合では、以下の項目の検討等が行われる見込み。

- 各国からの入力の元に2014に完成した”REPORT ITU-R SM. 2303”の改訂作業
- WP1AとWP1Bとの連携による勧告案の作成のための方針・体制づくり
- 継続検討になっているマイクロ波WPTに関わる報告書（BEAM. WPT）ドラフトの修正作業

6.2 各国の規制について

WPTシステムに対する明確なカテゴリーは諸外国の制度にも存在はしていないが、WPTシステムはISM機器の一つであるという解釈のもとに現行制度を適用しているケースが見られる。以下に、米国FCC及び欧州における現状の規制の状況について説明する。

6.2.1 FCC

現行制度において、WPTシステムに対する明確なカテゴリーは存在しないが、認証を受けている例があり、以下のような解釈で利用されている。

9 kHz以上で動作するワイヤレス充電器や給電用パッドなどは、“intentional radiators”に分類される。

どのルールが適用されるかは、機器がどのような動作をするか、特に送電器と受電器の間での通信の有無がどうかによる。具体的には以下ようになる。

電力伝送（Charging）機能： Part 18（Industrial, scientific, and medical equipment）

通信（Communication）機能： 利用する通信方式により Part 15B（Radio frequency devices）、Part 15 C（Bluetoothなど）

ただし、同一周波数で電力伝送と通信を行う場合には、Part 15Bが適用される。

※FCC KDB 680106（2013年5月30日）参照

Publication
Number: 680106 Rule Parts: 18, 15B Publication Date: 05/30/2013
Keyword: Part 15B, Part 18, Wireless Chargers, Inductive Chargers, Wireless Charging Pads

First Category: Equipment Authorization Process*
Second Category: General [Equipment Authorization Process]03/19/2013

Question: What rules regulate short distance wireless inductive coupled charging pads or charging devices?

Answer:
Wireless power transfer devices operating at frequencies above 9 kHz are intentional radiators and are subject to either Part 15 and/or Part 18 of the FCC rules. The specific applicable rule part depends on how the device operates, and if there is communication between the charger and device being charged.

Devices specifically intended for use for wireless power transfer, or inductive charging, require FCC guidance for frequency exposure review. This includes Part 18 devices. The responsible party or manufacturer must seek guidance from the FCC by submitting a wireless charging application inquiry at <http://www.fcc.gov/labhelp>.

The initial inquiry shall include the following:

1. In the "Subject" line, fill the field as follows: Seeking guidance for wireless chargers;
2. complete product description, including coil diameters, number of turns and current;
3. the rule part(s) the device will operate in and the reasoning for rule part(s);
4. planned equipment authorization procedure;
5. drawings, illustrations;
6. frequencies;
7. radiated power;
8. operating configurations
9. conditions for human exposure [1], and

Intentional radiators transmitting information must be certified under the appropriate Part 15 rules and will generally require an equipment certification, except for special types of devices meeting requirements under Section 15.201 which are subject to verification. A charger may operate in two different modes: charging and communications. It is possible for the device to be approved under Part 18 for the charging mode and Part 15 for the communications mode, if it can be shown that (1) the device complies with the relevant rule parts and (2) the functions are independent. Part 18 consumer devices can be either certified or approved under DoC, only after the required SAR guidance has been given (as noted above "... by submitting an inquiry at www.fcc.gov/labhelp". . .) and the necessary test requirements have been completed.

Finally, it is possible that the power charging function could be approved under Part 15 rather than Part 18 if the device meets all of the requirements of the appropriate Part 15 rule.

Attachment 680106 D01 RF Exposure Wireless Charging Apps v02 provides general guidance on the information necessary to determine RF exposure evaluation and compliance requirements when submitting a wireless charging application inquiry.

Attachment List:

680106 D01 RF Exposure Wireless Charging Apps v02

また、電波ばく露に関するガイドライン値を考慮する必要がある。

※KDB 680106 の添付資料 (680106 D01 RF Exposure Wireless Charging Apps v02)
参照

電力伝送と同一周波数で通信を行わない電力伝送機能のみの機器については、ISM 機器というカテゴリーに分類されることになる。その場合の、FCC part 18 における試験及び規制値については表 6.2.1-1 にまとめるとおりである。また、放射妨害波の電界強度の規制値を表 6.2.1-2 に、伝導妨害波の規制値を表 6.2.1-3 に示す。

表 6.2.1-1 FCC part 18 での試験及び規制値

規格	試験項目	試験手順	リミット値
FCC part 18	伝導エミッション	FCC 測定手順 MP- 5	18.307
	放射エミッション	「ISM機器の電波 雑音エミッション 測定法」	18.305

表 6. 2. 1-2 FCC part 18 における電界強度の規制値

Equipment	Operating frequency	RF Power generated by equipment (watts)	Field strength limit (uV/m)	Distance (meters)
Any type unless otherwise specified (miscellaneous).	Any ISM frequency	Below 500	25	300
		500 or more	25×SQRT(power/500)	1300
	Any non-ISM frequency ..	Below 500	15	300
		500 or more	15×SQRT(power/500)	1300
Industrial heaters and RF stabilized arc welders.	On or below 5,725 MHz ..	Any	10	1,600
	Above 5,725 MHz	Any	(²)	(²)
Medical diathermy	Any ISM frequency	Any	25	300
	Any non-ISM frequency ..	Any	15	300
Ultrasonic	Below 490 kHz	Below 500	2,400/F(kHz)	300
		500 or more	2,400/F(kHz)× SQRT(power/500).	300
		490 to 1,600 kHz	24,000/F(kHz)	30
		Above 1,600 kHz	Any	15
Induction cooking ranges	Below 90 kHz	Any	1,500	430
	On or above 90 kHz	Any	300	430

表 6. 2. 1-3 18. 307 伝導性試験のリミット値

(全ての電磁調理器及び超音波機器)

(その他の Part 18 の消費者製品)

Frequency of emission (MHz)	Conducted limit (dBμV)	
	Quasi-peak	Average
0.009–0.05	110	—
0.05–0.15	90–80*	—
0.15–0.5	66 to 56*	56 to 46*
0.5–5	56	46
5–30	60	50

* Decreases with the logarithm of the frequency.

Frequency of emission (MHz)	Conducted limit (dBμV)	
	Quasi-peak	Average
0.15–0.5	66 to 56*	56 to 46*
0.5–5	56	46
5–30	60	50

* Decreases with the logarithm of the frequency.

6. 2. 2 EU

欧州における制度化状況として、ETSI、CENELEC などでの状況を以下に説明する。

欧州の現状

ワイヤレス電力伝送に対する明確な制度は、現時点では存在せず、ETSI・CENELECなどで検討している状況である。ただし、2012年6月4日付公式発表でワイヤレス電力伝送に対して、ETSI TC ERMとCENELEC TC210への適合を推奨された。

現状、ISM帯の利用提案が多く見られる。一方で、ISM帯より低い周波数帯の利用も検討されている。

国別の制度はなく、関係するEN規格（IEC規格）が参考になる。

製品化について

「自己宣言」で、現在でも製品化は可能である。手続きとしては、認証機関に試験を依頼し、「適合証明書」、「Test Report」を発行してもらう。「自己宣言書」によりCEマークを取得可能である。

EMC/EMI規格の他に安全性に関する規格にも準拠する必要がある。例えば、IEC 60950（IT機器）、IEC 60335（家電機器）などである。

製品適合の一般的考え方

R&TTE 指令 (Radio and Telecommunications Terminal Equipment Directive) 1999/5/EC が強制適用される。無線機器、電気通信端末及びその付属機器が対象になる。R&TTE 指令への適合判定には、R&TTE 指令用の欧州規格を用いる。

R&TTE 指令では、下記の 4 つの要求事項が決められている。

Article 3.2 Spectrum Requirement : RF 特性の要求 (キャリアレベル・スプリアス周波数マスクなど)

Article 3.1b EMC Requirement: 電磁両立性 (EMI/EMS) の要求

Article 3.1a Safety Requirement: 電気安全の要求

Article 3.1a Health Requirement: 人体に対する高周波暴露の安全要求

表 6.2.2-1 には、適用の可能性のある欧州規格の例を示す。ここで、各ケースは以下のような分類になる。

ケース 1 : 電力伝送部分のみを持つ装置。充電器と充電受信機器の間にデータ通信がない場合は、適切な EMC 規格にて適合評価を行う。

ケース 2 : 通信制御部分のみを持つ装置。充電器と充電受信機器の間にデータ通信があり、同じ周波数で電力伝送エネルギーがある場合は、R&TTE (SRD) に基づき適切な EN 規格にて適合評価を行う。

ケース 3 : 電力伝送と通信制御が一つの機器に実装された装置 (利用周波数は異なる)。充電器と充電受信機器の間にデータ通信があり、それとは別の周波数で電力伝送エネルギーがある場合は、データ通信については R&TTE (SRD) に基づき評価を行い、充電機能についてはケース 1 に従い EMC 規格で適合評価を行う。

ここで、補足として、ワイヤレス充電器は CISPR 11 (EN 55011) グループ 2 に区分されることになった。グループ 2 機器としては、9 kHz-400 GHz 周波数帯で意図的に放射する、又はその周波数帯を使用するすべての ISM 帯 RF 機器 (電磁放射、誘導・容量結合、素材処理、検査・分析、電磁エネルギー移動等をするための機器) が含まれる。

表 6.2.2-1 ワイヤレス電力伝送機器への適用の可能性のある欧州規格

ケース	該当指令	周波数範囲	主要要求事項		
			EMF	EMC	無線
1	EMC-D 及び LVD/GPS D	ISM及び非ISM周波数帯 > 9kHz	OJ LVD 一覧表から選定した適用規格	EN 55011 Group 2 (又は該当する場合、より適切なCENELEC規格)	該当無し
2	R&TTE-D	9kHz<周波数帯<30MHz	EN 62311 (EN 62479)	EN 301 489-1/3	EN 300 330
		30MHz<周波数帯<1GHz			EN 300 220
		1GHz<周波数帯<40GHz			EN 300 440
3	EMC-D (ワイヤレス充電器部分)	ケース1のルールが適用			
	R&TTE-D (通信部分)	通信技術による (例えば: Bluetooth -> EN 301 489-1/17 ; EN 300 328)			

以下、表 6.2.2-2 に EN55011 が参照している CISPR 11 における ISM 機器に使用される無線周波数 (RF) 帯を示す。また、表 6.2.2-3 及び表 6.2.2-4 には、CISPR 11 における、グループ 2 のクラス A 及びクラス B での放射妨害波の磁界強度のリミット値を各々示す。さらに、表 6.2.2-5 及び表 6.2.2-6 には、CISPR 11 におけるグループ 2 のクラス A 及びクラス B での伝導妨害波の磁界強度のリミット値を各々示す。

表 6.2.2-2 (CISPR 11) ISM 機器に使用される無線周波数 (RF) 帯 (ITU 指定)

Centre frequency MHz	Frequency range MHz	Maximum radiation limit ^b	Number of appropriate footnote to the table of frequency allocation of the ITU Radio Regulations ^a
6,780	6,765 – 6,795	Under consideration	5.138
13,560	13,553 – 13,567	Unrestricted	5.150
27,120	26,957 – 27,283	Unrestricted	5.150
40,680	40,66 – 40,70	Unrestricted	5.150
433,920	433,05 – 434,79	Under consideration	5.138 in Region 1, except countries mentioned in 5.280
915,000	902 – 928	Unrestricted	5.150 in Region 2 only
2 450	2 400 – 2 500	Unrestricted	5.150
5 800	5 725 – 5 875	Unrestricted	5.150
24 125	24 000 – 24 250	Unrestricted	5.150
61 250	61 000 – 61 500	Under consideration	5.138
122 500	122 000 – 123 000	Under consideration	5.138
245 000	244 000 – 246 000	Under consideration	5.138

^a Resolution No. 63 of the ITU Radio Regulations applies.

^b The term "unrestricted" applies to the fundamental and all other frequency components falling within the designated band. Outside of ITU designated ISM bands, the limits for the disturbance voltage and radiation disturbance in this standard apply.

表 6.2.2-3 (CISPR 11 グループ 2 クラス A) 磁界強度のリミット値

Frequency range MHz	Limits for a measuring distance <i>D</i> in m					
	On a test site <i>D</i> = 30 m from the equipment		On a test site <i>D</i> = 10 m from the equipment		On a test site <i>D</i> = 3 m from the equipment ^a	
	Electric field Quasi-peak dB(μV/m)	Magnetic field Quasi-peak dB(μA/m)	Electric field Quasi-peak dB(μV/m)	Magnetic field Quasi-peak dB(μA/m)	Electric field Quasi-peak dB(μV/m)	Magnetic field Quasi-peak dB(μA/m)
0,15 – 0,49	–	33,5	–	57,5	–	57,5
0,49 – 1,705	–	23,5	–	47,5	–	47,5
1,705 – 2,194	–	28,5	–	52,5	–	52,5
2,194 – 3,95	–	23,5	–	43,5	–	43,5
3,95 – 20	–	8,5	–	18,5	–	18,5
20 – 30	–	–1,5	–	8,5	–	8,5
30 – 47	58	–	68	–	78	–
47 – 53,91	40	–	50	–	60	–
53,91 – 54,56	40	–	50	–	60	–
54,56 – 68	40	–	50	–	60	–
68 – 80,872	53	–	63	–	73	–
80,872 – 81,848	68	–	78	–	88	–
81,848 – 87	53	–	63	–	73	–
87 – 134,786	50	–	60	–	70	–
134,786 – 136,414	60	–	70	–	80	–
136,414 – 156	50	–	60	–	70	–
156 – 174	64	–	74	–	84	–
174 – 188,7	40	–	50	–	60	–
188,7 – 190,979	50	–	60	–	70	–
190,979 – 230	40	–	50	–	60	–
230 – 400	50	–	60	–	70	–
400 – 470	53	–	63	–	73	–
470 – 1 000	50	–	60	–	70	–
On a test site, class A equipment can be measured at a nominal distance of 3 m, 10 m or 30 m. A measuring distance less than 10 m is allowed only for equipment which complies with the definition given in 3.10.						
At the transition frequency, the more stringent limit shall apply.						
^a The limits specified for the 3 m separation distance apply only to small equipment meeting the size criterion defined in 3.10.						

表 6.2.2-4 (CISPR 11 グループ 2 クラス B) 磁界強度のリミット値

Frequency range MHz	Limits for a measuring distance D in m				
	Electric field				Magnetic field
	$D = 10$ m		$D = 3$ m ^b		$D = 3$ m
	Quasi-peak dB(μ V/m)	Average ^a dB(μ V/m)	Quasi-peak dB(μ V/m)	Average ^a dB(μ V/m)	Quasi-peak dB(μ A/m)
0,15 – 30	–	–	–	–	39 Decreasing linearly with the logarithm of frequency to 3
30 – 80,872	30	25	40	35	–
80,872 – 81,848	50	45	60	55	–
81,848 – 134,786	30	25	40	35	–
134,786 – 136,414	50	45	60	55	–
136,414 – 230	30	25	40	35	–
230 – 1 000	37	32	47	42	–
On a test site, class B equipment can be measured at a nominal distance of 3 m or 10 m. A measuring distance less than 10 m is allowed only for equipment which complies with the definition given in 3.10.					
At the transition frequency, the more stringent limit should apply.					
^a The average limits apply to magnetron driven equipment only. If magnetron driven equipment exceeds the quasi-peak limit at certain frequencies, then the measurement shall be repeated at these frequencies with the average detector, and the average limits specified in this table apply.					
^b The limits specified for the 3 m separation distance apply only to small equipment meeting the size criterion defined in 3.10.					

表 6.2.2-5 (CISPR 11 グループ 2 クラス A) 伝導妨害波のリミット値

Frequency range MHz	Rated input power of ≤ 75 kVA		Rated input power of > 75 kVA ^a	
	Quasi-peak dB(μ V)	Average dB(μ V)	Quasi-peak dB(μ V)	Average dB(μ V)
0,15 – 0,50	100	90	130	120
0,50 – 5	86	76	125	115
5 – 30	90	80	115	105
	decreasing linearly with logarithm of frequency to			
	73	60		
At the transition frequency, the more stringent limit shall apply.				
NOTE 1 Limits only apply to Low Voltage (LV) a.c. mains input ports.				
NOTE 2 For class A equipment with a rated power ≤ 75 kVA intended to be connected solely to isolated neutral or high impedance earthed (IT) industrial power distribution networks (see IEC 60364-1), the limits defined for group 2 equipment with a rated input power > 75 kVA can be applied.				
^a The manufacturer and/or supplier shall provide information on installation measures that can be used to reduce emissions from the installed equipment.				

表 6.2.2-6 (CISPR 11 グループ 2 クラス B)伝導妨害波のリミット値

Frequency range MHz	Quasi-peak dB(μV)	Average dB(μV)
0,15 – 0,50	66 Decreasing linearly with logarithm of frequency to 56	56 Decreasing linearly with logarithm of frequency to 46
0,50 – 5	56	46
5 – 30	60	50
At the transition frequency, the more stringent limit shall apply.		

第7章 これまでの検討結果と今後の検討課題

7.1 これまでの検討結果

家電機器用 WPT システム①、家電機器用 WPT システム③及び電気自動車用 WPT システムについて、これまで検討を進めてきた結果、実用化に向けた技術的条件として本報告のとおり取りまとめた。

注：家電機器用 WPT システム①、家電機器用 WPT システム②及び家電機器用 WPT システム③に係る詳細な検討結果については、平成 27 年 1 月 21 日付け電波利用環境委員会報告を参照。

7.2 今後の検討課題

- (1) 本報告に記載している 4 つの WPT システムのうち、家電機器用 WPT システム②については、適切な周波数共用を確保する観点から、今後の検討が必要である。
- (2) ワイヤレス電力伝送システムについては、国際標準化機関等において、詳細な技術仕様や高度化に向けた検討が引き続き行われていることから、今後、これらの国際的な動向等を踏まえ、必要に応じて許容値及び測定法を見直すことが必要である。
加えて、WPT システムからの電磁界への人体ばく露量の評価方法についても、国際動向等を踏まえた評価方法等の見直しを適切に行うことが必要である。
- (3) ワイヤレス電力伝送システムは、大きな電力を伝送する場合には周囲に大きな電磁界を発生させることがあるため、実用化にあたっては、ペースメーカー等の高度な埋め込み型医療機器への影響についても、十分に注意しつつ推進することが必要である。
こうした影響については、ワイヤレス電力伝送システムの製造業者など関係者によって、実用化前に技術的な検討が行われ、取扱説明書等に適切な取扱い方法が示されることが必要である。
- (4) ワイヤレス電力伝送システムの製造業者など関係者においては、ワイヤレス電力伝送システムが広く一般世帯に普及することを考慮して、設備利用者が同一周波数を利用する他の設備との共存について十分に理解できるように必要な情報を周知すること、また、利用者からの相談に応じられるように相談窓口を設けることが必要である。さらに、万一漏えい電波が無線利用に障害を及ぼした場合に備えて、ワイヤレス電力伝送の停止機能など、ワイヤレス電力伝送システムに漏えい電波による障害を除去することができる機能を施すとともに、障害が発生した場合にその除去に積極的に協力することが必要である。

(5) ワイヤレス電力伝送システムが今後普及していくことにより、利用形態が変化していく可能性がある。例えば、単一の高出力電源と複数台のワイヤレス電力伝送システムからなる設備など、本報告において想定していない利用形態で運用されるような場合には、その時点での干渉低減化の技術の進捗状況等も加味して、技術的な検討を適切に行うことが必要である。

付録 A 放射妨害波及び伝導妨害波に関する測定データ

A.1 測定データ

検討対象となっている以下の 4 つの WPT システムに関して、制度化検討のための参考となる放射妨害波及び伝導妨害波に関する測定データについてまとめた。

- (1) 電気自動車用 WPT システム（磁界結合方式）
- (2) 家電機器用 WPT システム①（磁界結合方式）
- (3) 家電機器用 WPT システム②（磁界結合方式）
- (4) 家電機器用 WPT システム③（電界結合方式）

A.2 測定モデル及び測定方法

放射妨害波と伝導妨害波の測定に際し、測定モデルと測定方法については、第 3 回作業班会合において決定された測定モデルと測定方法にできる限り合わせた。各測定においての特記事項は、以下のとおりである。

- (1) 放射妨害波測定（周波数 9 kHz～30 MHz）

磁界強度をループアンテナにより測定する。電界強度については、磁界強度を平面波領域における特性インピーダンス 120π ($=377 \Omega$) で換算することで算出する。

- (2) 放射妨害波測定（周波数 30 MHz～1 GHz）

電界強度をバイコンカルアンテナ又はログペリアンテナにより測定する。情報は機器への応用が想定される「家電機器用 WPT システム①」と「家電機器用 WPT システム②」については、測定周波数を 6 GHz までとする。

- (3) 伝導妨害波測定（周波数 9 kHz～30 MHz）

疑似電源回路網を WPT システムに接続し、WPT システムから電源ケーブルに漏えいする妨害波を測定する。

A.2.1 測定モデル及び測定方法（電気自動車用 WPT システム）

図 A.2-1 及び図 A.2-2 に、電気自動車用 WPT システムにおける放射妨害波の測定方法について示す。図 A.2-1 は、周波数 9 kHz～30 MHz における磁界強度測定、A.2-2 は周波数 30 MHz～1 GHz における電界強度測定の方法について、それぞれ示している。これらの測定方法は CISPR 16-2-3 “Radiated disturbance measurements” を参考に決定されたものである。また、図 A.2-3 には、供試装置の設置方法を示す。更に、本測定では、自動車の車体を模擬する模擬車両を利用している。図 A.2-4 にはその模擬車両の詳細について示す。図 A.2-5 には、電気自動車用 WPT システムのシステム構成例を示す。ここで、送電電力は、高周波電源の入力電力又は 1 次側コイル（送電用コイル）の入力端での電力で定義される。図 A.2-6 には、伝導妨害波の測定方法について示す。

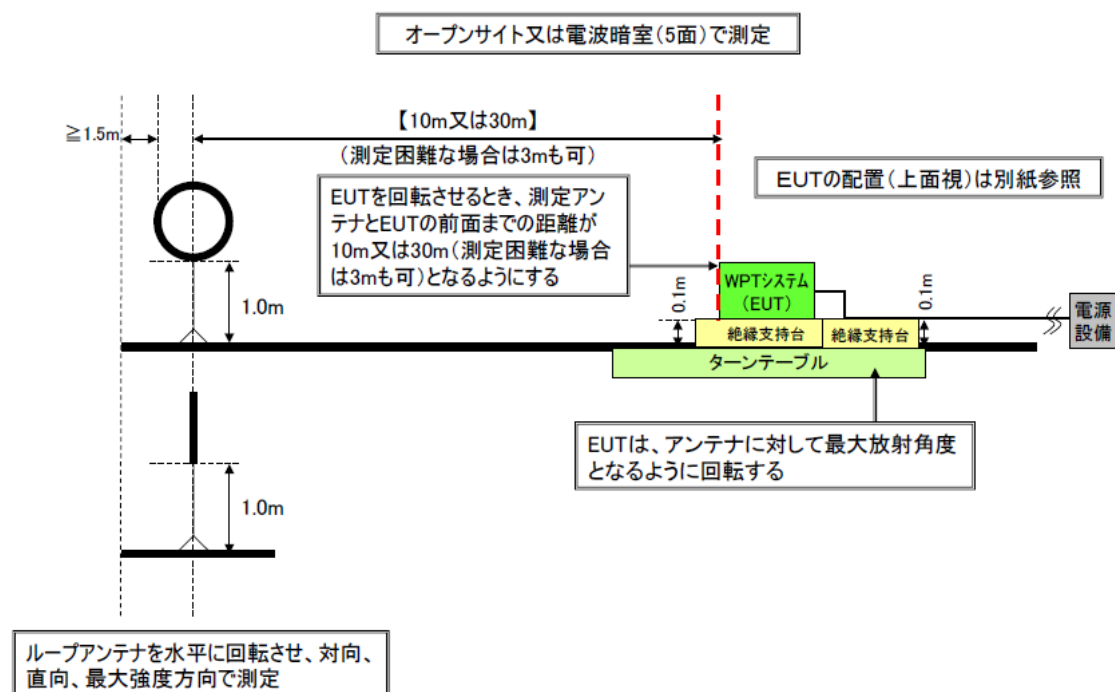


図 A. 2-1 電気自動車用 WPT システムにおける放射妨害波の測定方法 (9 kHz～30 MHz)

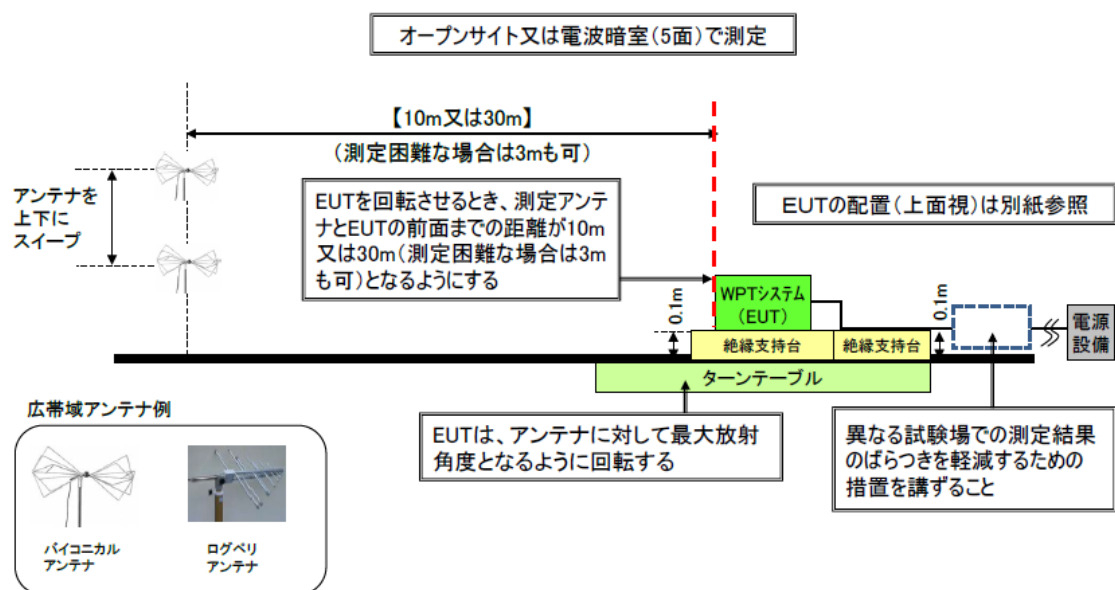
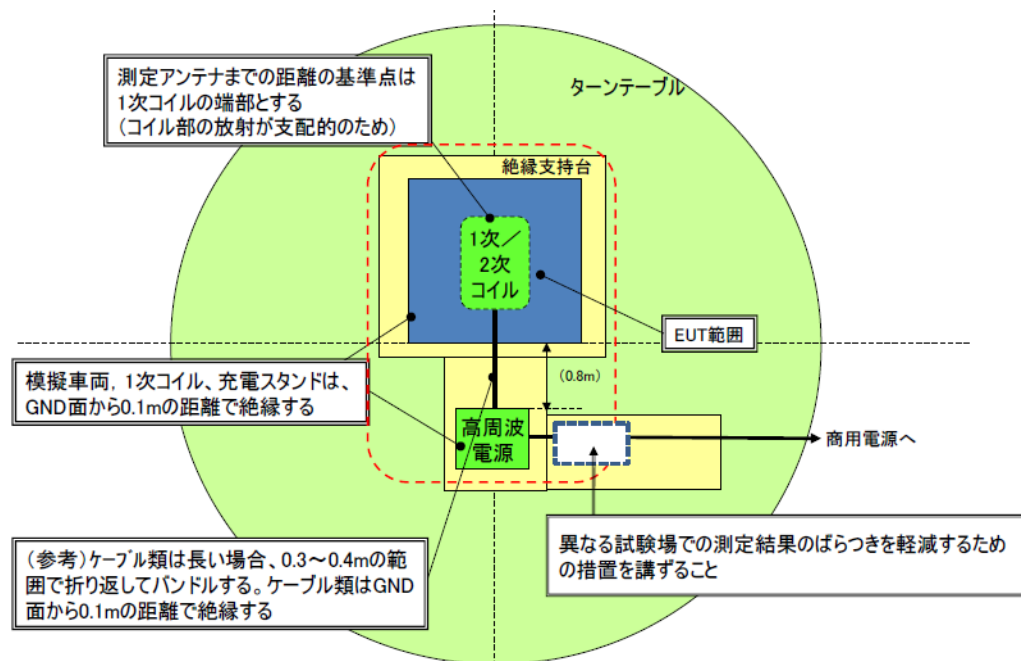


図 A. 2-2 電気自動車用 WPT システムにおける放射妨害波の測定方法 (30 MHz～1 GHz)



※CISPR 16-2-3 Radiated disturbance measurements に準じた方法

図 A. 2-3 電気自動車用 WPT システムの放射妨害波の測定における機器の設置方法

IEC61980(策定中)に提案した台車コンセプト応用

- ・標準的な車の幅サイズ
- ・1次、2次コイルの組み合わせ評価可能
- ・妨害波測定の再現性向上
- ・1次、2次コイルの位置：製品として利用される範囲
- ・送電は、2次側があることが前提
(制御のための小電力のやり取りは例外)

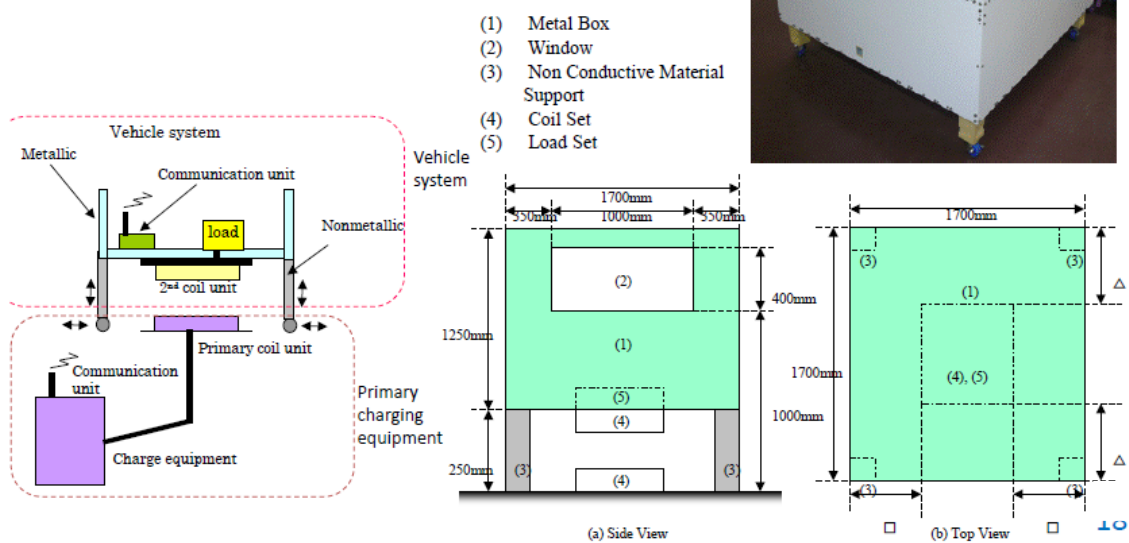


図 A. 2-4 模擬車両の構成

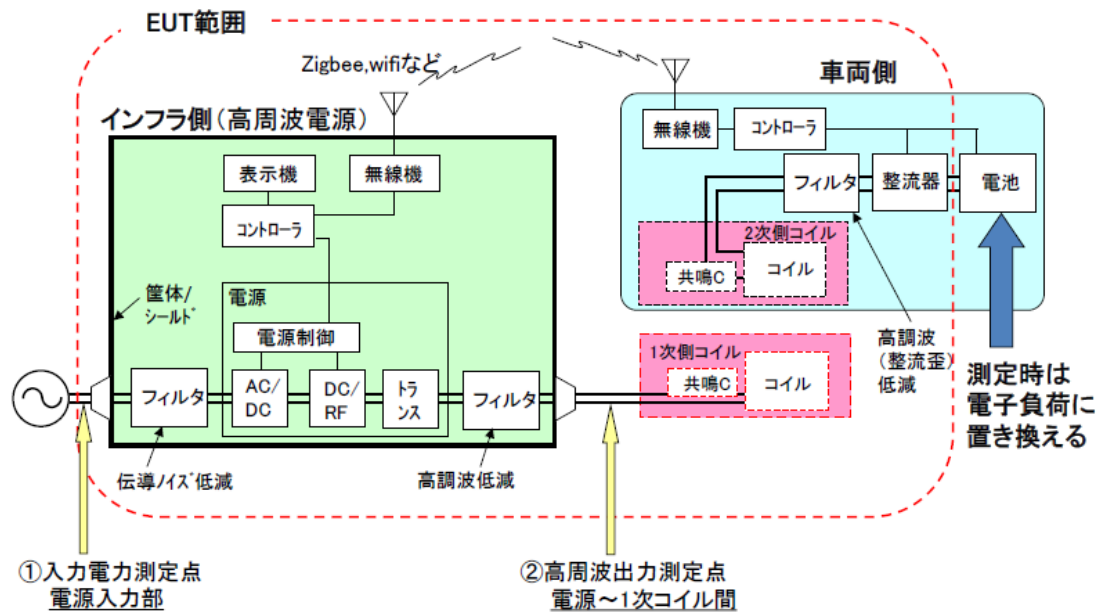


図 A. 2-5 電気自動車用 WPT システムの構成例

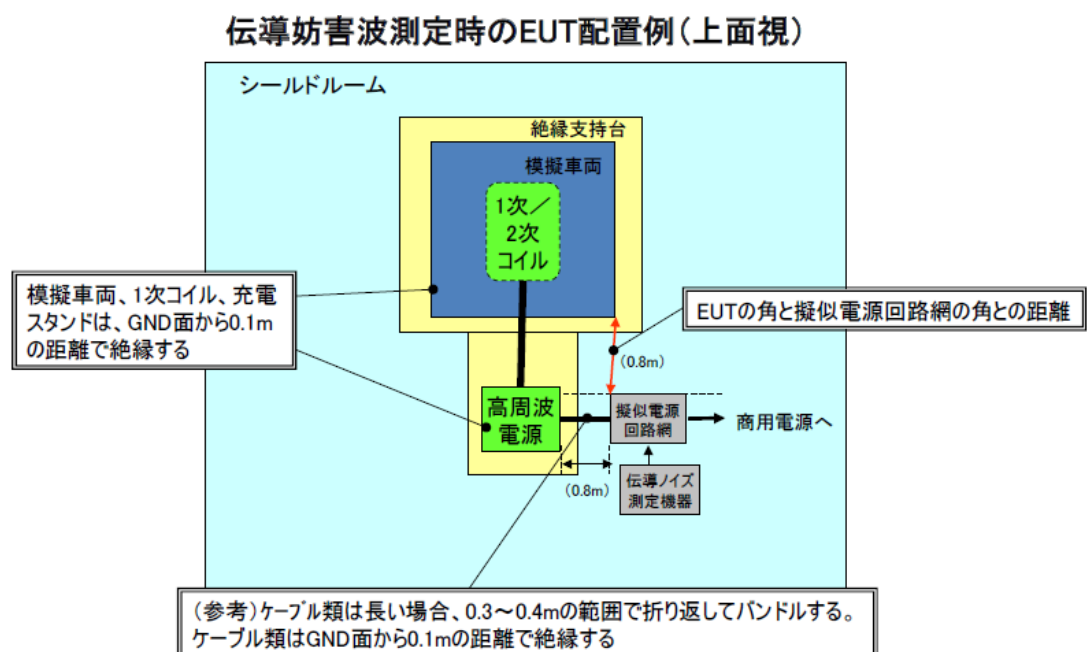
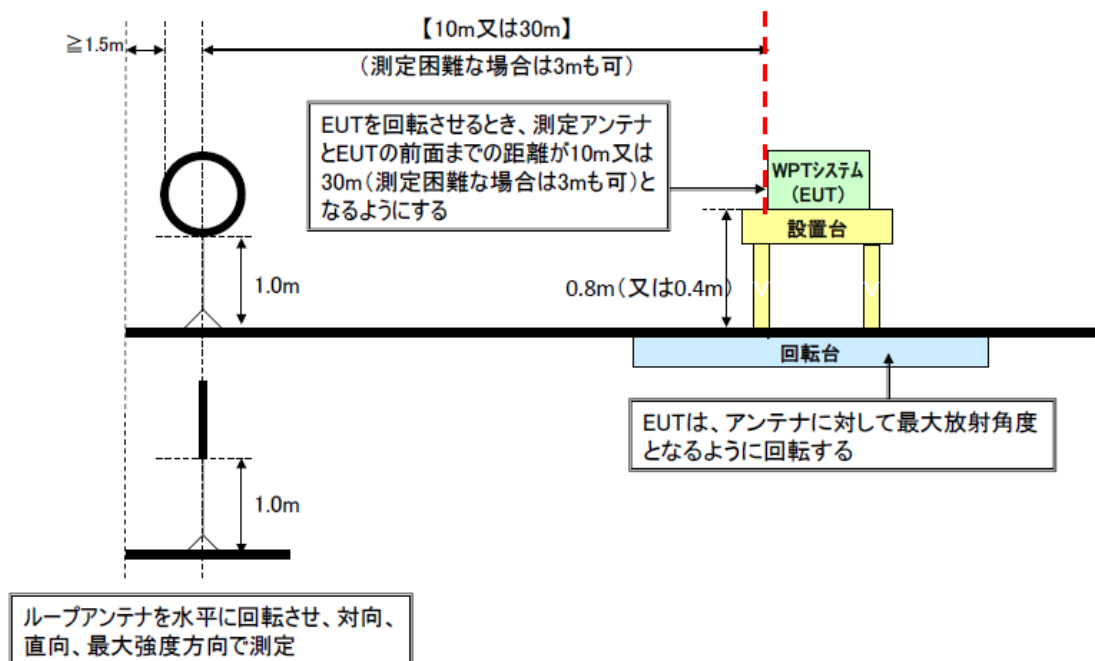


図 A. 2-6 電気自動車用 WPT システムにおける伝導妨害波の測定方法

A. 2.2 測定モデル及び測定方法（家電機器用 WPT システム①～③）

図 A. 2-7 及び図 A. 2-8 に、家電機器用 WPT システム①～③の放射妨害波の測定方法について示す。図 A. 2-7 は周波数 9 kHz～30 MHz における磁界強度測定、A. 2-8 は周波数 30 MHz～1 GHz における電界強度測定の方法について、それぞれ示している。ただし、情報機器への応用が考えられる家電機器用 WPT システム①及び③については、図 A. 2-7 での電界強度測定は、6 GHz まで行うこととする。この理由は、家電機器に関しては CISPR 14-1 を、情報機器に関しては CISPR 22（又は CISPR 32）を参考に行っていることに関係する。図 A. 2-9 には、家電機器用 WPT システムのシステム構成例を示す。ここで、送電電力は、送電システムの入力部又は送電システムのコイル又は電極内において測定するものとする。図 A. 2-10 には、伝導妨害波の測定方法について示す。二つの伝導妨害波の測定方法が挙げられており、どちらか適当な方法を選択して測定を行う。



各製品の利用形態毎に放射レベルが最大となる設置位置、方法で測定する。

図 A. 2-7 家電機器用 WPT システムにおける放射妨害波の測定方法（9 kHz～30 MHz）

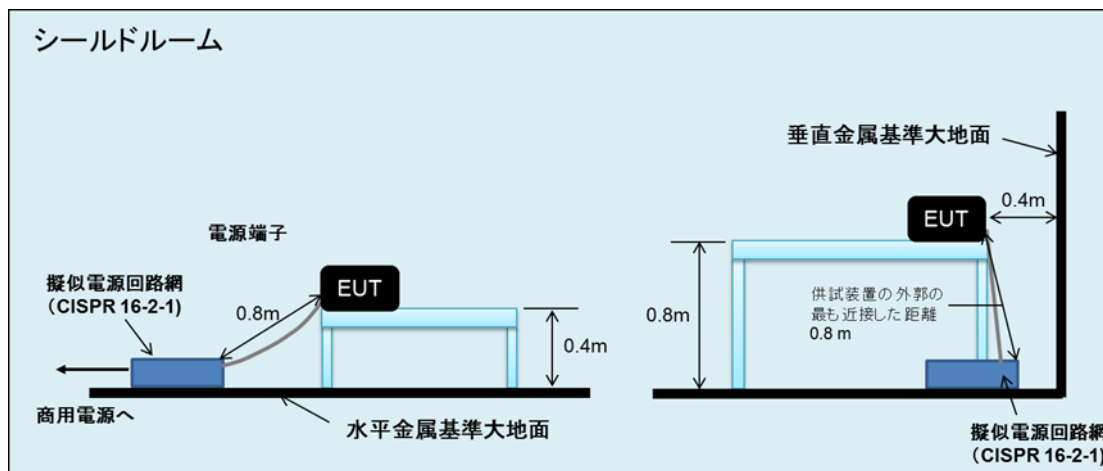


図 A. 2-10 家電機器用 WPT システムにおける伝導妨害波の測定方法

A. 3 放射妨害波の許容値の目標値の設定

放射妨害波の測定に際し、その許容値の目標値を設定した。この目標値の考え方等は、第3章に示したとおりであり、ここでは割愛する。

A. 4 放射妨害波及び伝導妨害波の測定データ

対象とする WPT システムにおける放射妨害波と伝導妨害波の測定データを以下に示す。ここで測定した WPT システムは、実用化段階のものではなく、その前段階として開発又は試作された装置である。

A. 4. 1 放射妨害波及び伝導妨害波の測定データ（電気自動車用 WPT システム）

(1) 試験装置の概要

表 A. 4-1 に示す試験装置及び測定条件により測定を行った。

二つの装置の共通仕様としては、

- ・送電電力 最大 3 kW（送電電力は送電コイル入力端で規定）
- ・伝送距離 150 mm±50 mm
- ・横ずれ（x 軸方向、y 軸方向） 最大 20 mm まで許容
- ・負荷 電子負荷により最適負荷値を設定
- ・伝送効率 標準条件で 80 %以上（送電インバータの入力 DC と整流回路の出力 DC の比）

試験装置①の特徴的な仕様等としては、

- ・周波数 120 kHz
- ・共振子方式 水平巻き（送受コイルは同一設計）
- ・試験装置のため高調波及び伝導性ノイズに対する対策は行っていない。

試験装置②の特徴的な仕様等としては、

- ・周波数 85 kHz
- ・共振子方式 垂直ソレノイド巻き（送受コイルは同一設計）
- ・高調波低減化等のためのフィルタを挿入

があげられる。

試験装置①と試験装置②の外観について、図 A. 4-1 及び図 A. 4-2 にそれぞれ示す。

表 A. 4-1 試験装置（電気自動車用 WPT システム）及び試験条件の概要

対象システム	電気自動車用 WPT システム
電力伝送方式	磁界結合方式
電力伝送周波数	120 kHz（装置①、平面型コイル）、 85 kHz（装置②、垂直ソレノイド型コイル）
電力伝送の範囲 （利用する範囲での伝送距離、 位置ずれなど）	伝送距離： 150 mm±50 mm コイル位置ずれ： 最大 200 mm
測定時期	2013 年 12 月 9 日～12 月 20 日
測定サイト	UL Japan 本社 EMC 試験所（電波暗室） 及び横輪 EMC 試験所（オープンサイト）
第3回ワイヤレス電力伝送作業 班において承認された測定モ デル・測定方法との差異	作業班で確認された方法に準拠
その他（特記事項など）	—

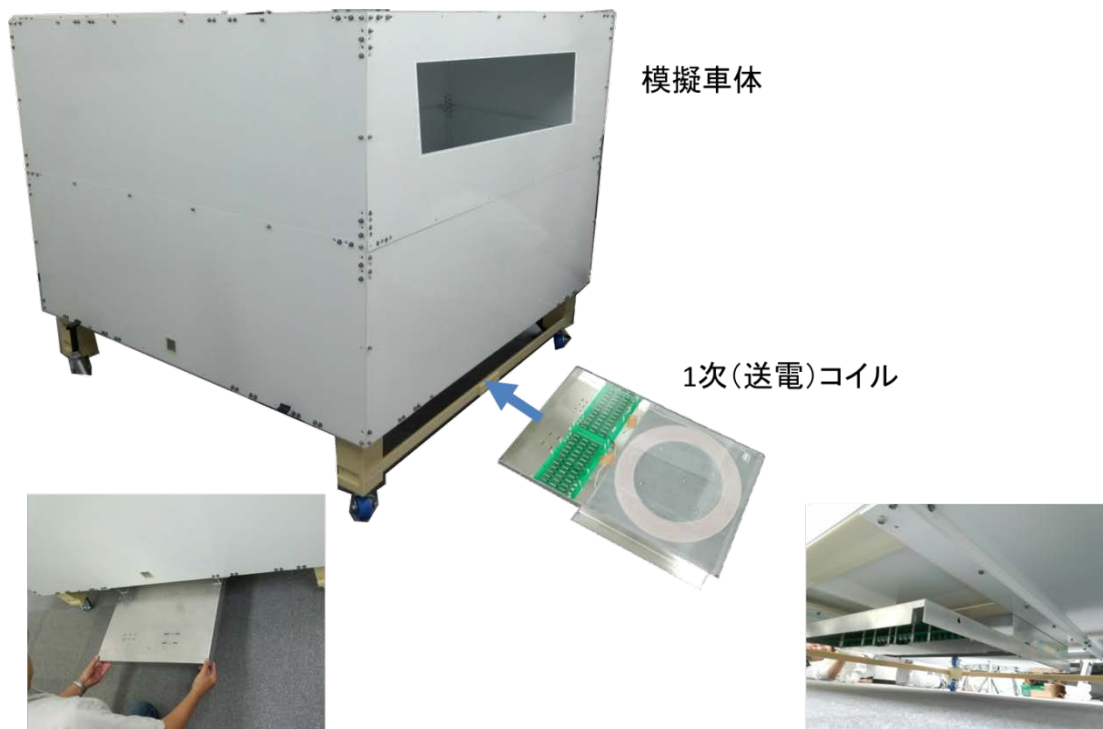


図 A. 4-1 試験装置①（電気自動車用）

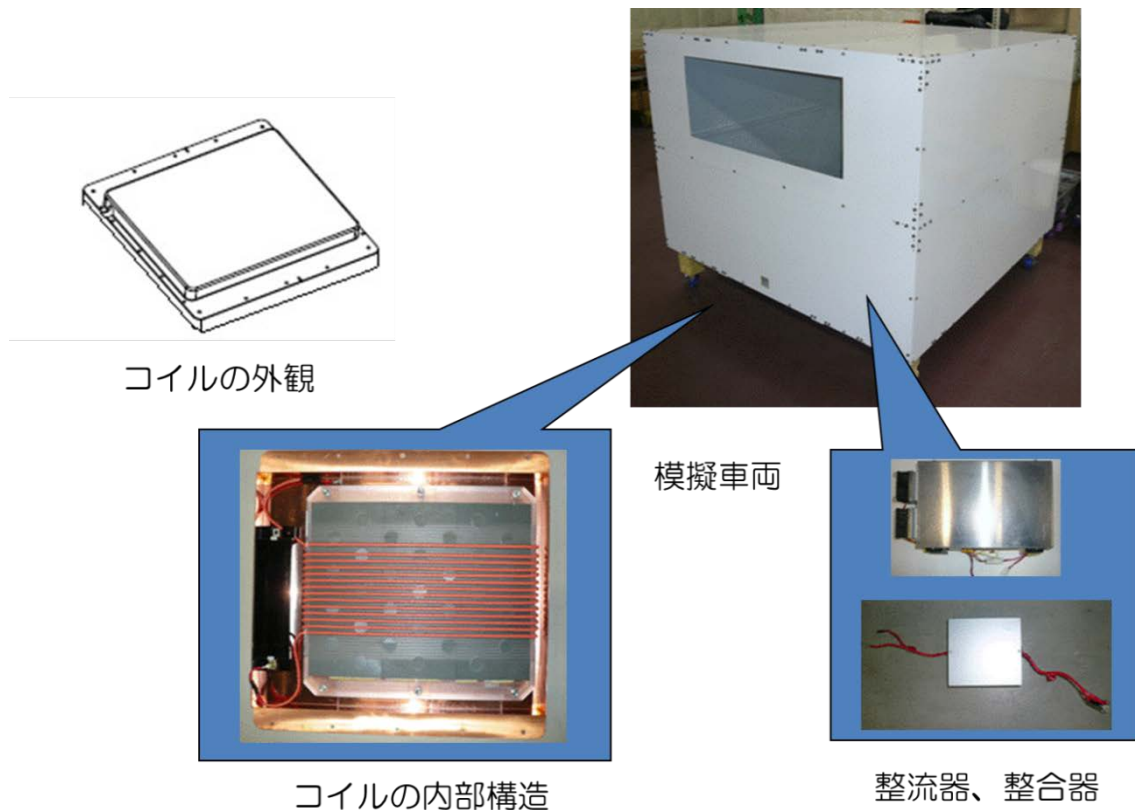


図 A. 4-2 試験装置②（電気自動車用）

(2) 放射妨害波の測定データ

各試験装置に関する放射妨害波測定を電波暗室内で実施した。測定距離は 10 m で行い、必要に応じて、30 m へ換算した結果を表示している。また、9 kHz～30 MHz までの測定データに関しては、A. 3 で示した許容値の目標値との比較を行っている。図 A. 4-3 と A. 4-4 には、試験装置①と試験装置②における放射妨害波の 9 kHz～30 MHz での測定データをそれぞれ示す。この測定結果では、試験装置②の放射妨害波の磁界強度が、WPT 周波数帯及びそれ以外の高周波領域での放射妨害波の目標値以下になっていることが分かる。一方、試験装置①の放射妨害波の磁界強度に関しては、WPT 周波数帯においては目標値以下になっているが、それ以外の高周波領域に関しては目標値以下にはなっていない。これは、フィルタ挿入などの高調波対策を実施していないためである。なお、図 A. 4-5 には、放射妨害波の磁界強度の測定結果を示す。

図 A. 4-6 と図 A. 4-7 には、試験装置①と試験装置②における放射妨害波の 30 MHz～1 GHz での測定データをそれぞれ示す。高調波対策を実施している試験装置②の方が、全般的な放射妨害波のレベルが低いことが分かる。

距離30mにおける
磁界強度(dB μ A/m)

試験装置①

- ・周波数: 120kHz
- ・送電電力: 3kW
- ・電力伝送距離150mm、位置ずれ無
- ※電波暗室で距離10mで測定した値に距離換算

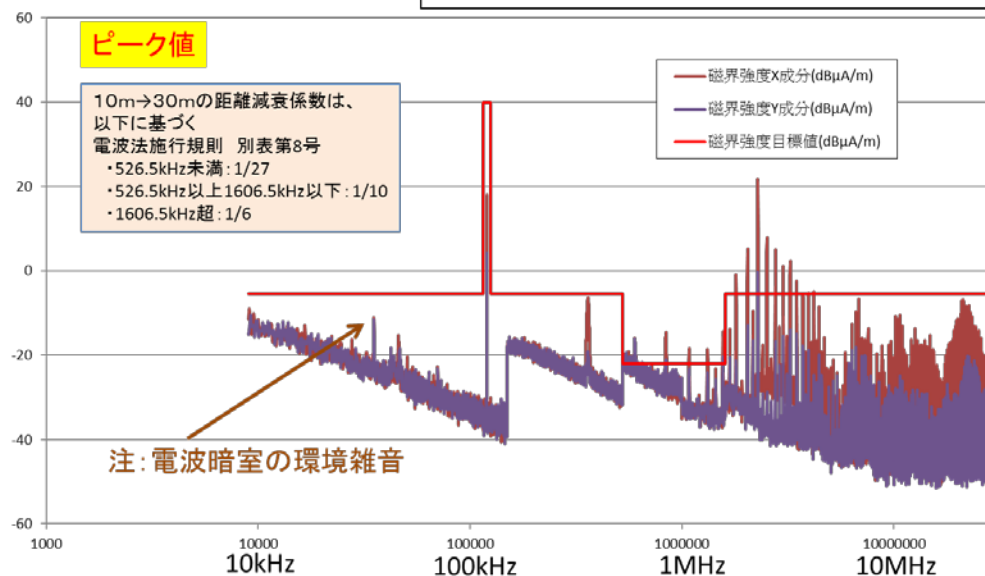


図 A. 4-3 試験装置①の放射妨害波の測定データ (9 kHz～30 MHz、ピーク値)

距離30mにおける
磁界強度(dB μ A/m)

試験装置②

- ・周波数: 85kHz
- ・送電電力: 3kW
- ・電力伝送距離150mm、位置ずれ無
- ※電波暗室で距離10mで測定した値に距離換算

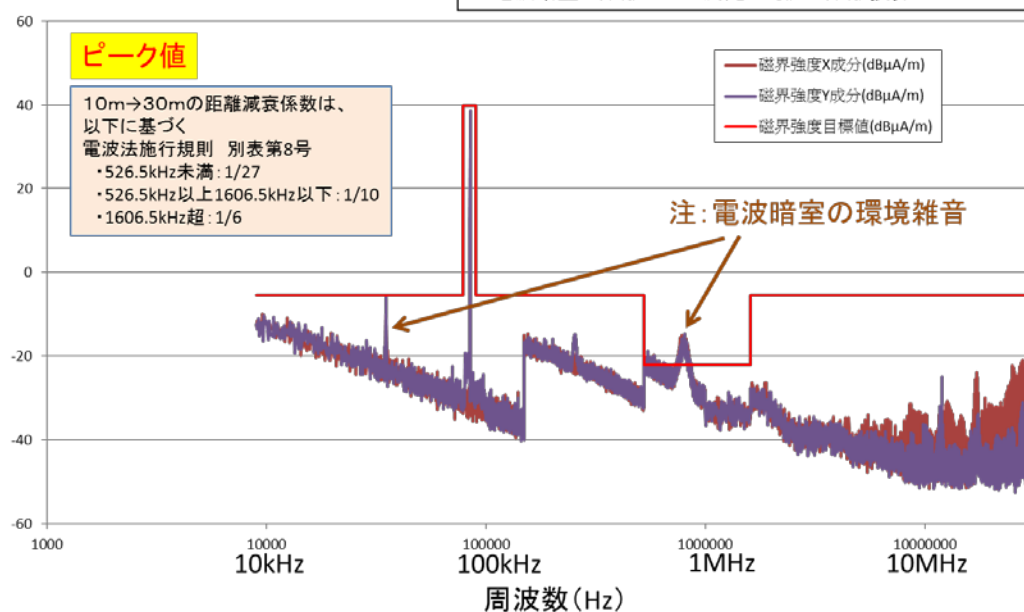


図 A. 4-4 試験装置②の放射妨害波の測定データ (9 kHz～30 MHz、ピーク値)

装置②では高調波低減化のためのフィルタ挿入による効果が見られる。
(500kHz以上で基本波に対して80dB以上低減)

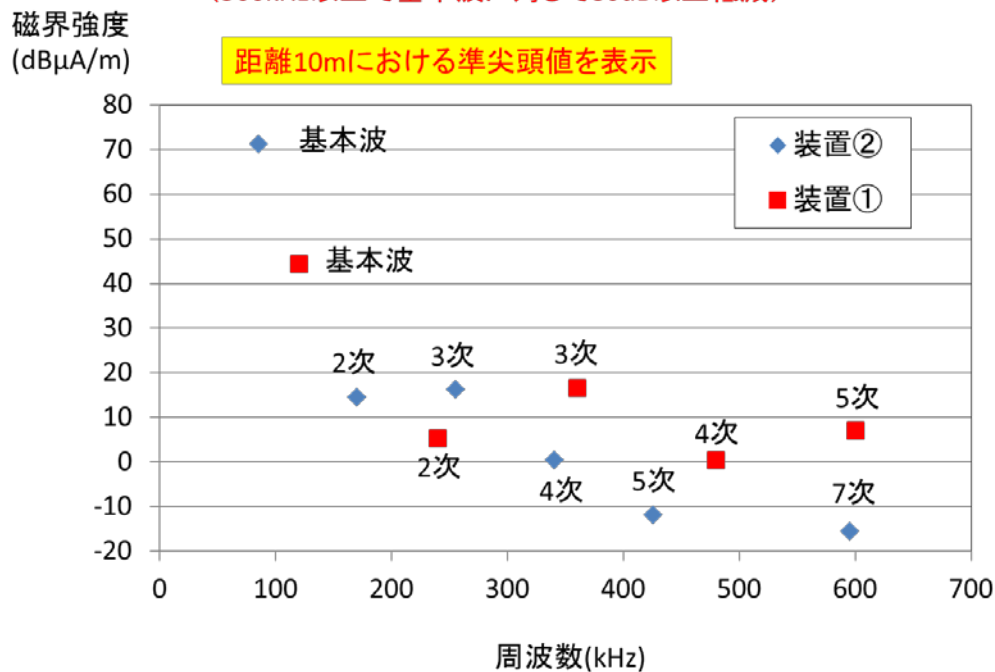


図 A. 4-5 基本波及び高調波の測定結果

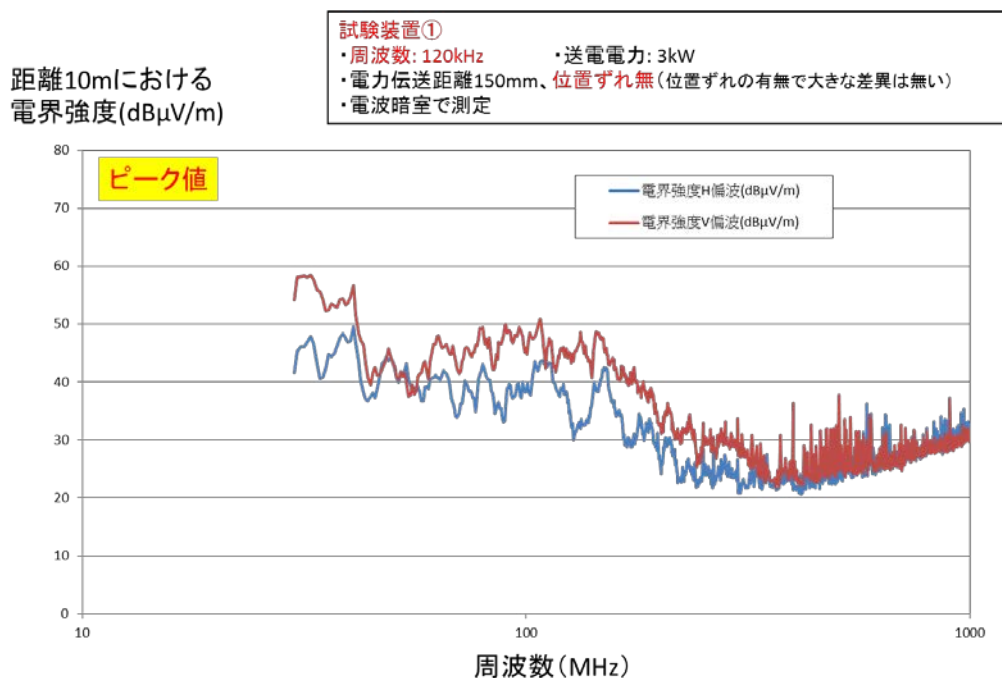


図 A. 4-6 試験装置①の放射妨害波の測定データ(30 MHz～1 GHz、ピーク値)

距離10mにおける
電界強度(dB μ V/m)

試験装置②

- ・周波数: 85kHz
- ・送電電力: 3kW
- ・電力伝送距離150mm、位置ずれ無(位置ずれの有無で大きな差異は無い)
- ・電波暗室で測定

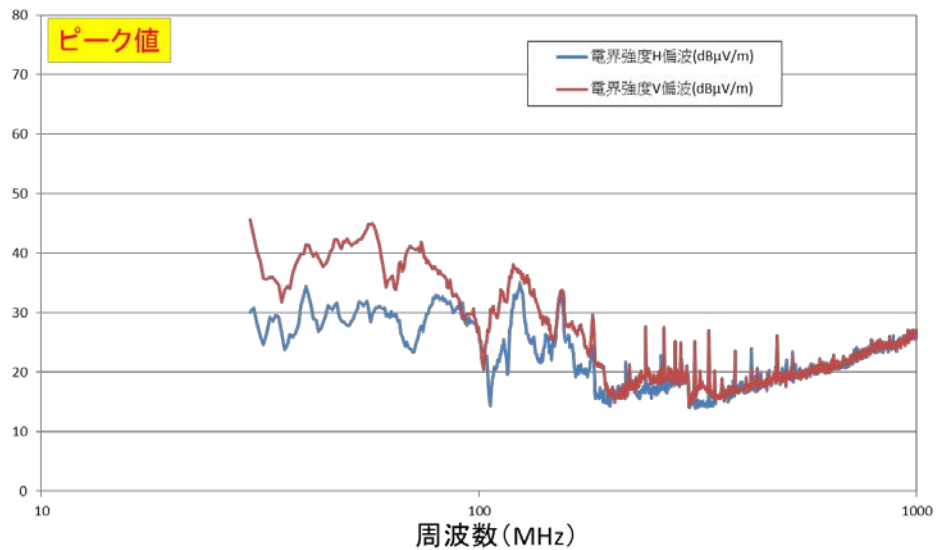


図 A. 4-7 試験装置②の放射妨害波の測定データ (30 MHz～1 GHz、ピーク値)

(3) 伝導妨害波の測定データ

図 A. 4-8 と図 A. 4-9 には、試験装置①と試験装置②における伝導妨害波の測定データをそれぞれ示す。高調波対策を実施効果はここでも見られ、試験装置②の方が、全般的な伝導妨害波のレベルが低いことが分かる。

電源端子
妨害波電圧(dBμV)

試験装置①

- ・周波数: 120kHz
- ・送電電力: 3kW
- ・電力伝送距離150mm、位置ずれ無
- ・電波暗室で測定

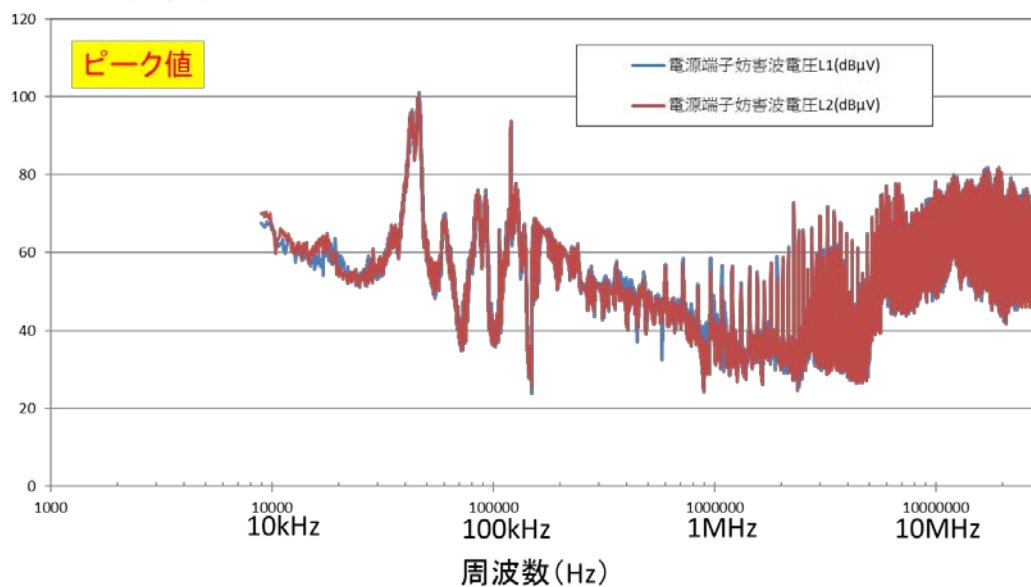


図 A. 4-8 試験装置①の伝導妨害波の測定データ (9 kHz～30 MHz、ピーク値)

電源端子
妨害波電圧(dBμV)

試験装置②

- ・周波数: 85kHz
- ・送電電力: 3kW
- ・電力伝送距離150mm、位置ずれ無
- ・電波暗室で測定

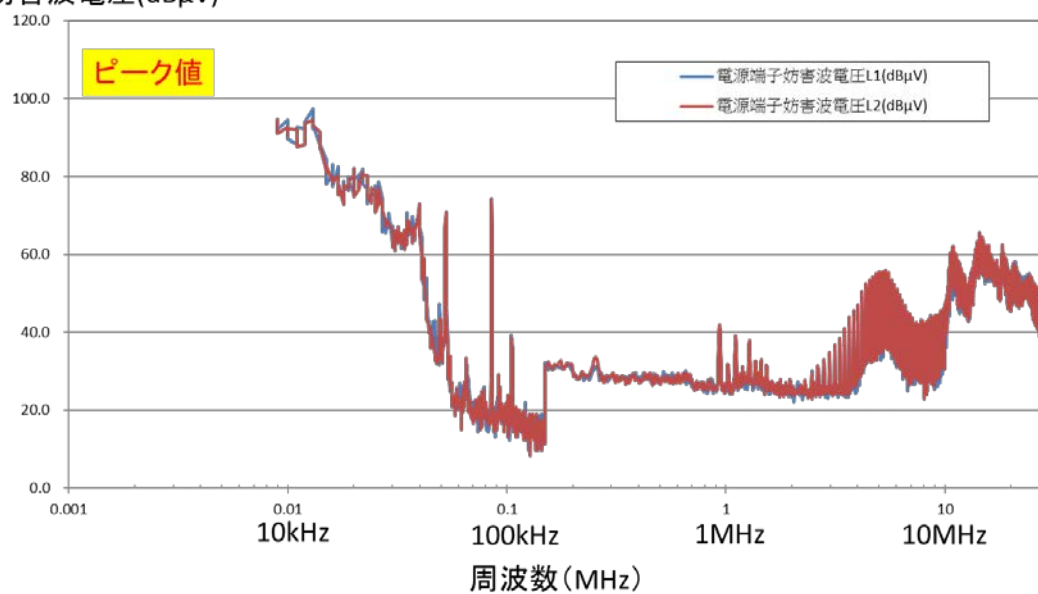


図 A. 4-9 試験装置②の伝導妨害波の測定データ (9 kHz～30 MHz、ピーク値)

A. 4. 2 放射妨害波及び伝導妨害波の測定データ（家電機器用 WPT システム①）

(1) 試験装置の概要

表 A. 4-2 に示す試験装置及び測定条件により測定を行った。試験装置の共通仕様等としては、

- ・ 試験装置の用途は産業向け IT 装置
- ・ 磁界結合方式、コイル直径 60～85 mm 程度
- ・ 送電電力 16.8 W（送電電力は送電器 DC 入力で規定）
- ・ 伝送距離 最大数 cm
- ・ 横ずれ 最大数 cm
- ・ 伝送効率 60～70 %程度（設定条件により異なる）

である。試験は 16.8 W 送電で実施しているが、測定データは送電電力 100 W として換算したものを表示している。なお、高調波対策は未実施である。試験装置に利用されたコイル部の構成例を図 A. 4-10 に示す。

表 A. 4-2 試験装置（家電機器用 WPT システム①）及び試験条件の概要

対象システム	モバイル機器向け磁界結合WPT
電力伝送方式	磁界結合方式
電力伝送周波数	6.78MHz
電力伝送の範囲 (利用する範囲での伝送距離、位置ずれなど)	伝送距離: 最大数cm コイル位置ズレ: 最大数cm
測定時期	2014年1月14日～1月24日
測定サイト	TELEC本部(電波暗室)および松戸試験所(オープンサイト)
第3回WPT作業班において承認された 測定モデル・測定方法との差異	作業班で確認された方法に準拠
その他(特記事項など)	

※実際の測定はIT機器として実装した状態で実施

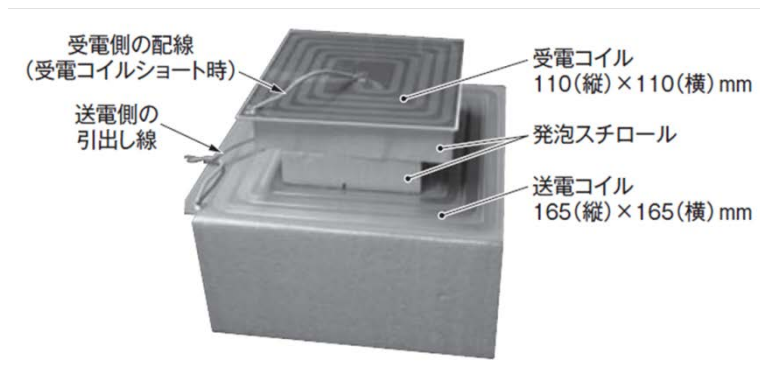


図 A. 4-10 試験装置（家電機器用 WPT システム①）のコイル部の外観

(2) 放射妨害波の測定データ

各試験装置に関する放射妨害波測定を電波暗室内で実施した。測定距離は 10 m で行い、必要に応じて、30 m へ換算した結果を表示している。また、9 kHz～30 MHz までの測定データに関しては、A. 3 で示した許容値の目標値との比較を行っている。図 A. 4-11、図 A. 4-12 及び図 A. 4-13 には、放射妨害波の 9 kHz～30 MHz、30 MHz～1 GHz、1 GHz～6 GHz での測定データをそれぞれ示す。また、図 A. 4-14 には、WPT 周波数の基本波及び高調波の放射妨害波としての磁界強度の測定結果を示す。以上の結果から、WPT 周波数においては目標値以下になっていることが分かる。また、高調波対策が未実施のため、高調波のレベルは高めである。しかし、フィルタ等の挿入により、目標値以下を達成することは可能と考えられる。更に、1 GHz 以上については、顕著な放射妨害波は見られなかった。

距離30mにおける
磁界強度(dBμA/m)

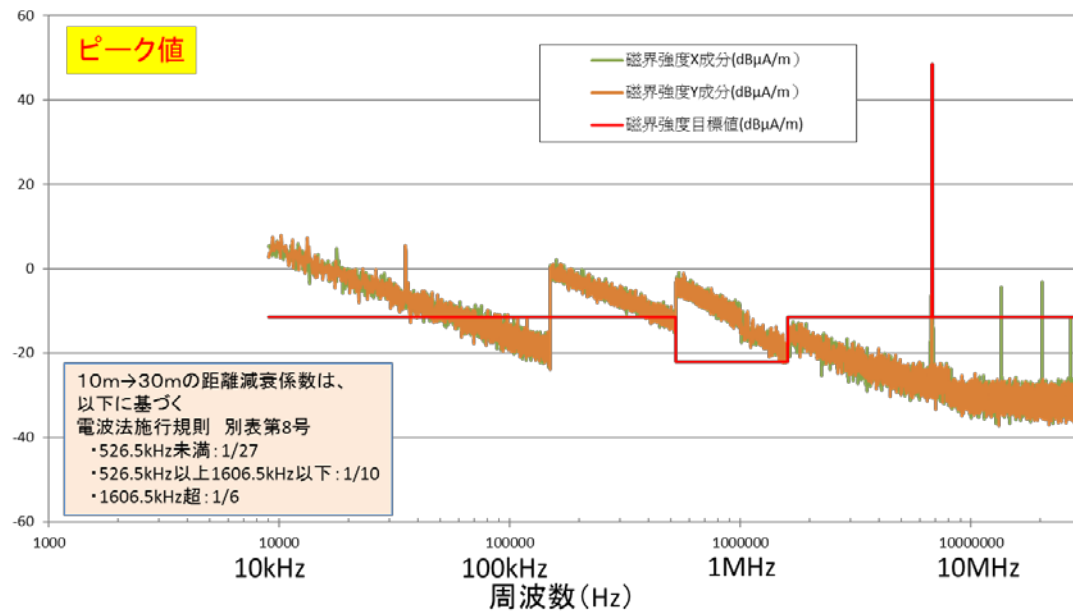


図 A. 4-11 試験装置の放射妨害波の測定データ(9 kHz～30 MHz、ピーク値)

距離30mにおける
電界強度(dBμV/m)

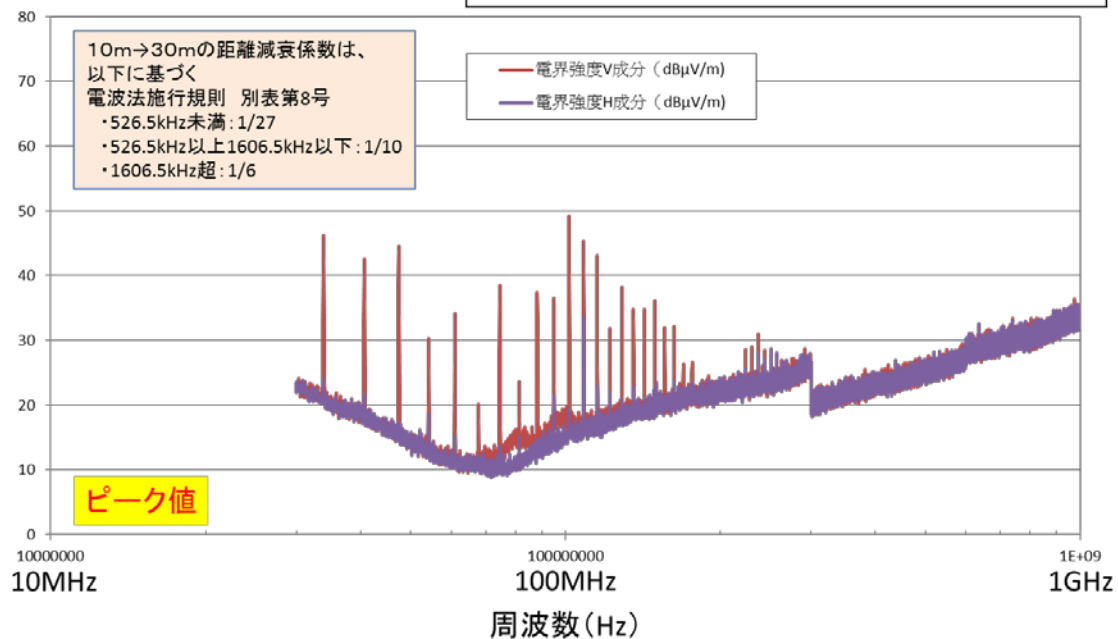


図 A. 4-12 試験装置の放射妨害波の測定データ (30 MHz～1 GHz、ピーク値)

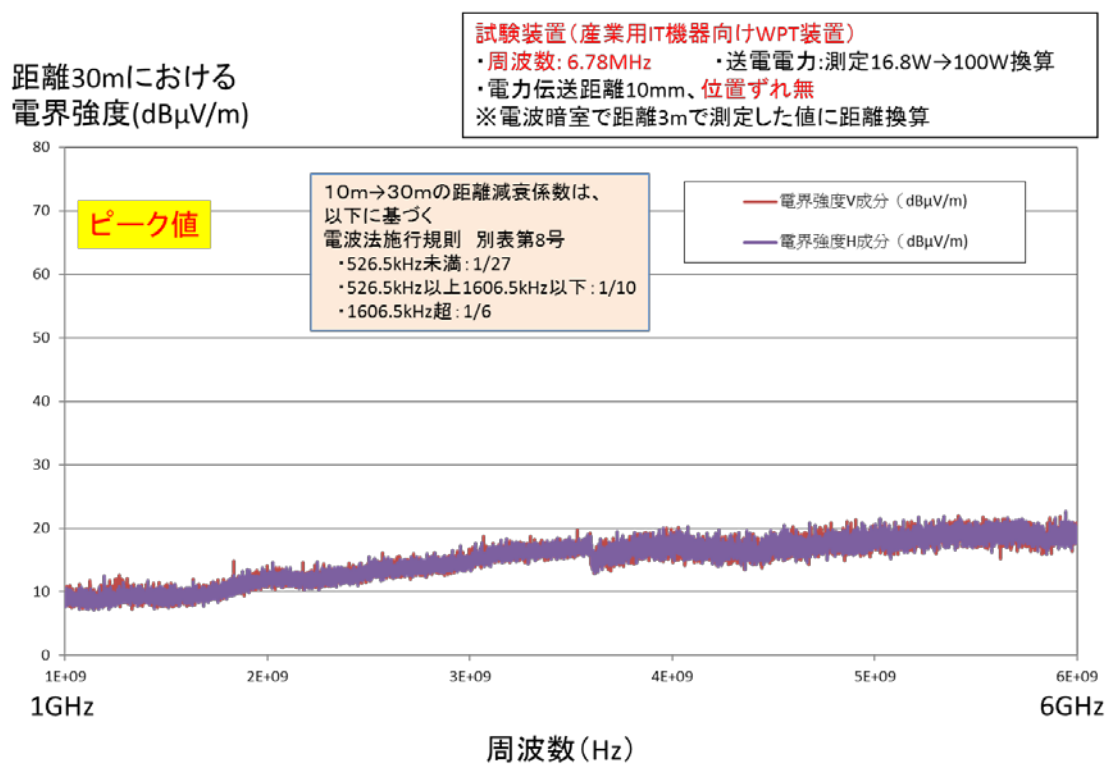


図 A. 4-13 試験装置の放射妨害波の測定データ (1 GHz～6 GHz、ピーク値)

- ・高調波低減化対策は未実施のため高調波は目標値に対して高い
- ・位置ずれ有無での変動は無い

距離10mにおける準尖頭値を表示(100W換算値)

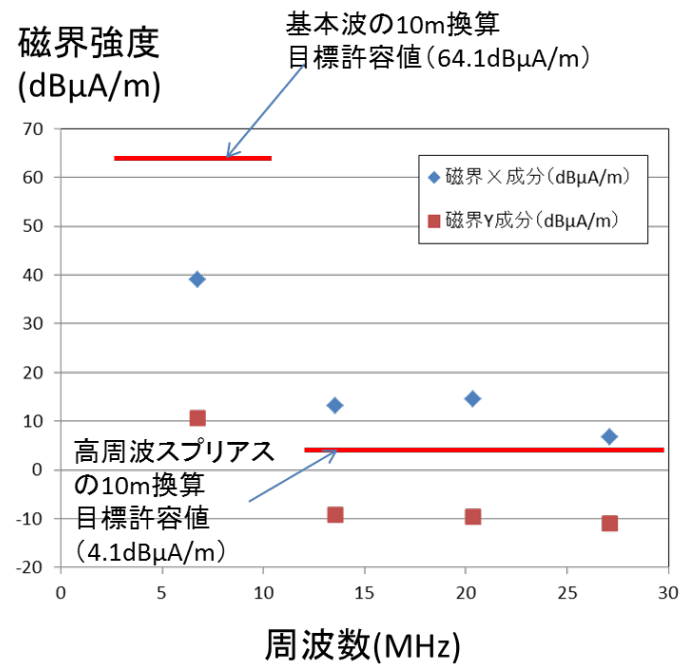


図 A. 4-14 基本波及び高調波の測定結果

(3) 伝導妨害波の測定データ

図 A. 4-15 に、試験装置における伝導妨害波の測定データを示す。これにより、基本波及び高調波に対応する伝導妨害波が発生していることが分かる。実用化段階では、このような伝導妨害波を抑圧することが必要であると考えられる。

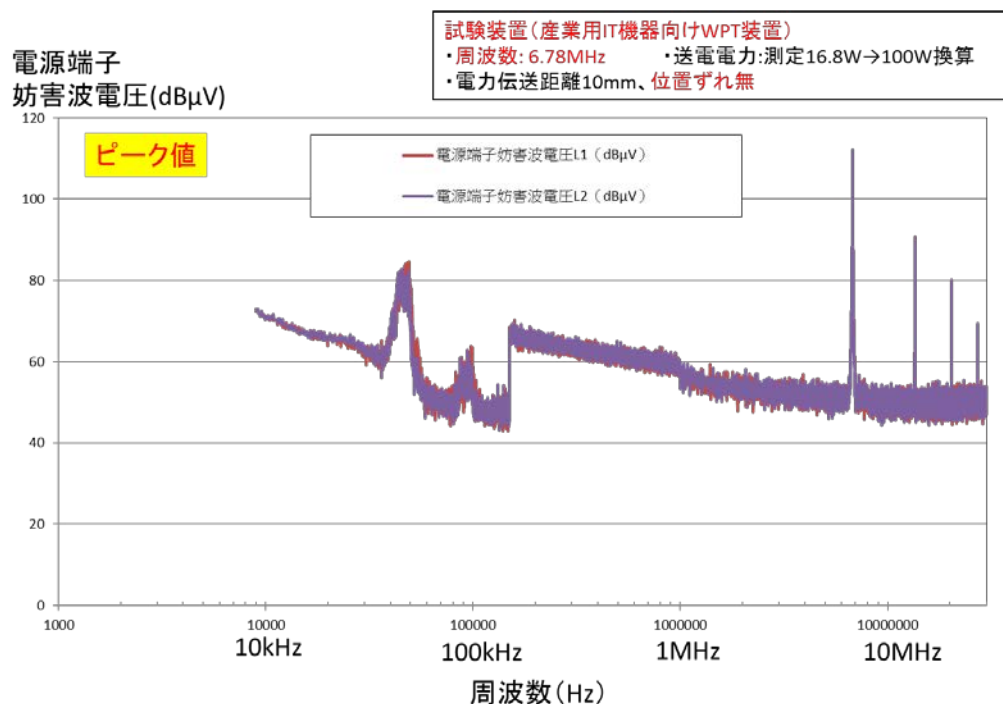


図 A. 4-15 試験装置の伝導妨害波の測定データ (9 kHz～30 MHz、ピーク値)

A. 4. 3 放射妨害波及び伝導妨害波の測定データ (家電機器用 WPT システム②)

(1) 試験装置の概要

表 A. 4-3 に示す試験装置及び測定条件により測定を行った。試験装置①及び試験装置②を用いて試験を実施している。

試験装置①の仕様等の特徴としては、

- ・ コイル①方式 (単一コイル方式) を利用
- ・ WPT 周波数は、23.4 kHz
- ・ 送電電力は、1.5 kW

である。

また、試験装置②の仕様等の特徴としては、

- ・ コイル②方式 (マルチコイル方式) を利用
- ・ WPT 周波数は、94 kHz
- ・ 送電電力は、1.2 kW

である。コイル①とコイル②については、図 A. 4-16 に示す通りである。

表 A. 4-3 試験装置（家電機器用 WPT システム②）及び試験条件の概要

対象システム	家電機器用 WPT システム②
電力伝送方式	磁界結合方式
電力伝送周波数	コイル① 23 kHz／コイル② 95 kHz
電力伝送の範囲 （利用する範囲での伝送距離、 位置ずれなど）	電力伝送距離： 約 1 cm 以内 コイル位置ずれ： 中心を合わせている（ずれなし）
測定時期	2013 年夏季～冬季
測定サイト	放射ノイズ： オープンサイト その他： 電波暗室
第3回ワイヤレス電力伝送作業 班において承認された測定モ デル・測定方法との差異	特になし
その他（特記事項など）	特になし

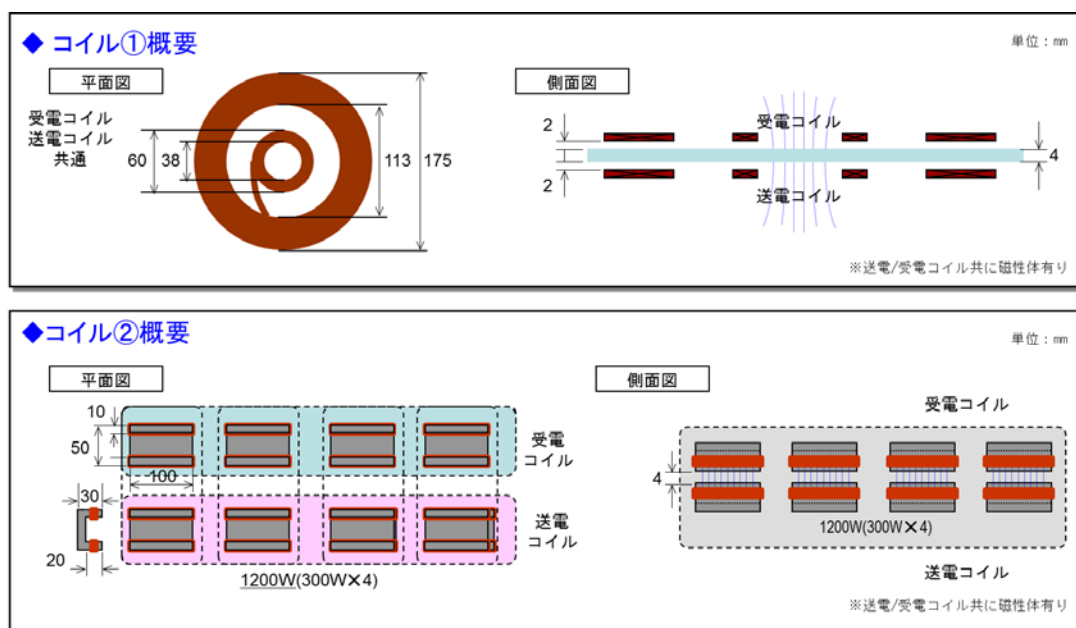


図 A. 4-16 試験装置に用いられているコイル①及びコイル②方式の構成

(2) 放射妨害波の測定データ

各試験装置に関する放射妨害波を電波暗室内で実施した。測定距離は10 mで行い、必要に応じて、30 mへ換算した結果を表示している。また、9 kHz～30 MHzまでの測定データに関しては、A.3で示した許容値の目標値との比較を行っている。図A.4-17、図A.4-18には、試験装置①と試験装置②の放射妨害波の9 kHz～30 MHzにおける測定データをそれぞれ示す。放射妨害波の30 MHz～1 GHzにおける測定は、試験装置①のみで実施しており、その結果を図A.4-19に示す。以上の結果から、WPT周波数及び高周波スプリアスに関しては、目標値以下になっていることが分かる。

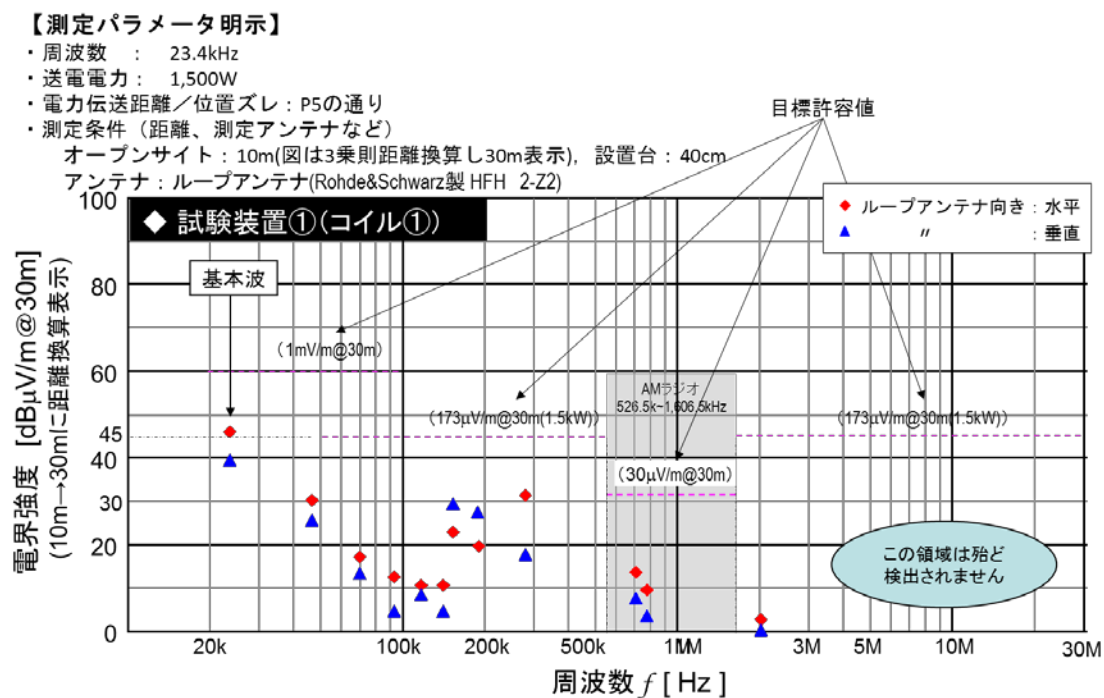


図 A. 4-17 試験装置①の放射妨害波の測定データ (9 kHz～30 MHz、準尖頭値)

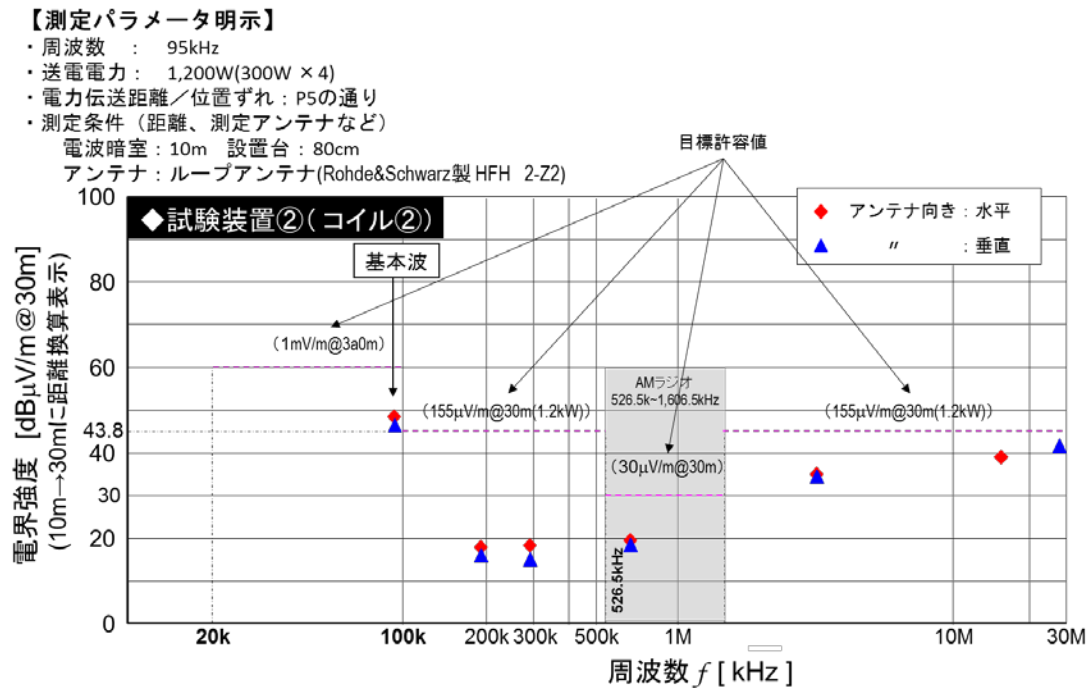


図 A. 4-18 試験装置②の放射妨害波の測定データ (9 kHz～30 MHz、準尖頭値)

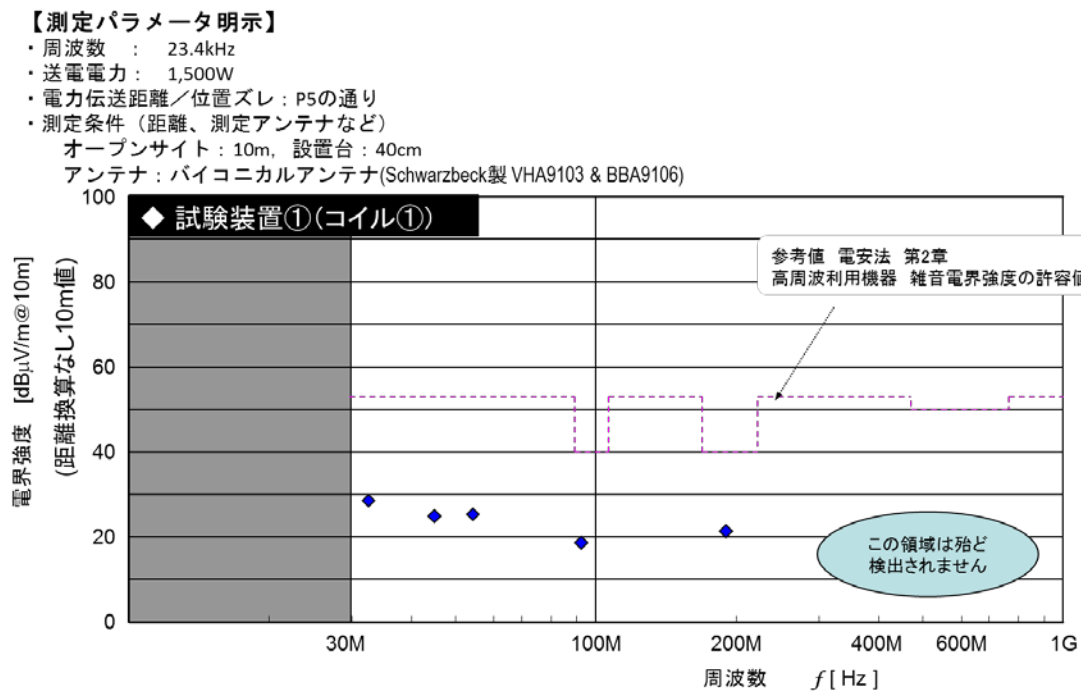


図 A. 4-19 試験装置①の放射妨害波の測定データ (30 MHz～1 GHz、準尖頭値)

(3) 伝導妨害波の測定データ

図 A. 4-20 に、試験装置①における伝導妨害波の測定データを示す。

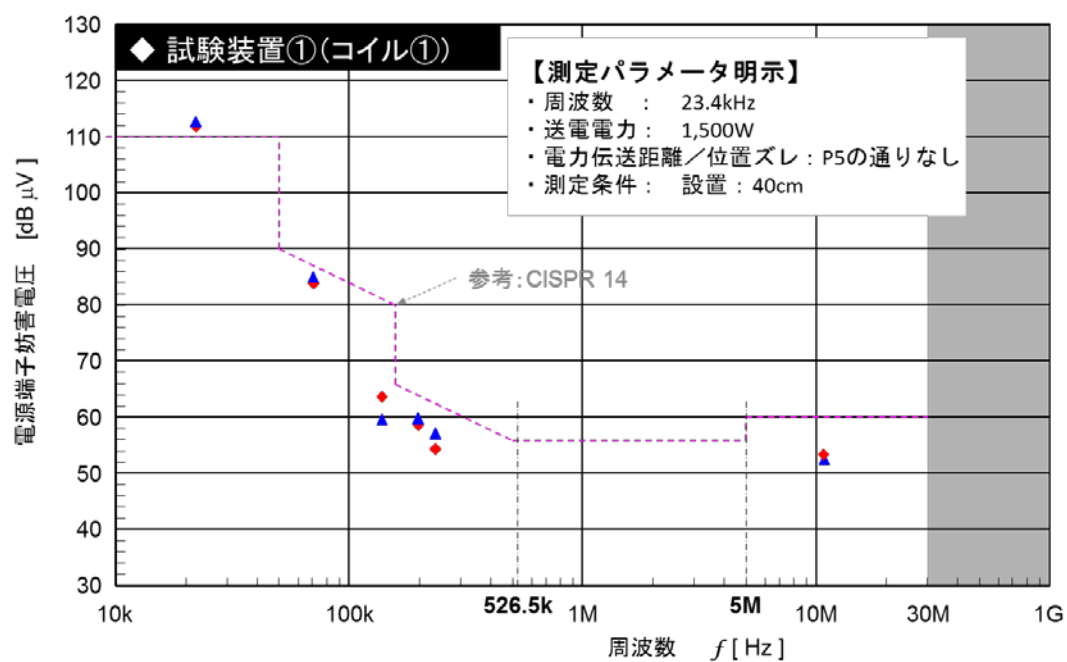


図 A. 4-20 試験装置①の伝導妨害波の測定データ (9 kHz～30 MHz、準尖頭値)

A. 4. 4 放射妨害波及び伝導妨害波の測定データ（家電機器用 WPT システム③）

(1) 試験装置の概要

表 A. 4-4 に示す試験装置、測定条件により測定を行った。図 A. 4-21 には、試験装置の外観を示す。また、図 A. 4-22 には、試験装置の構成を示す。この試験装置において、WPT 周波数は 493 kHz、送電電力は 40 W である。更に、この試験装置においては、放射妨害波の抑圧のために対策を実施している。

表 A. 4-4 試験装置（家電機器用 WPT システム③）及び試験条件の概要

対象システム	家電機器用 WPT システム③
電力伝送方式	電界結合方式
電力伝送周波数	493 kHz（希望周波数： 480 kHz～524 kHz）
電力伝送の範囲 （利用する範囲での伝送距離、 位置ずれなど）	伝送電力（入力電力）： 最大 40 W、伝送距離： 2 mm、 位置ずれ： ±1.0 cm
測定時期	2013 年 12 月
測定サイト	装置提供社 施設 ①J1 電波暗室 VCCI 設備登録番号： A-0180 ②J2 電波暗室 VCCI 設備登録番号： A-0180 ③J2 シールドルーム VCCI 設備登録番号： A-0180
第3回ワイヤレス電力伝送作業 班において承認された測定モ デル・測定方法との差異	特になし
その他（特記事項など）	測定の不確かさ： $U_{lab} < U_{cispr}$

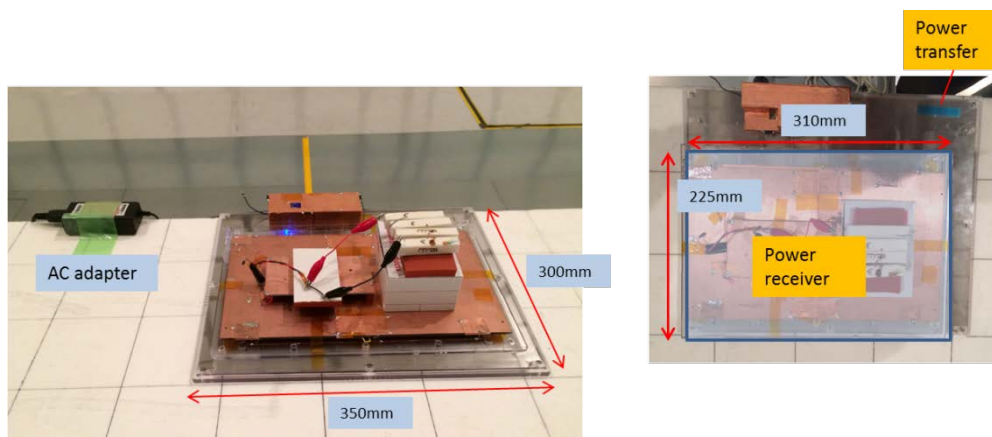


図 A. 4-21 試験装置の外観

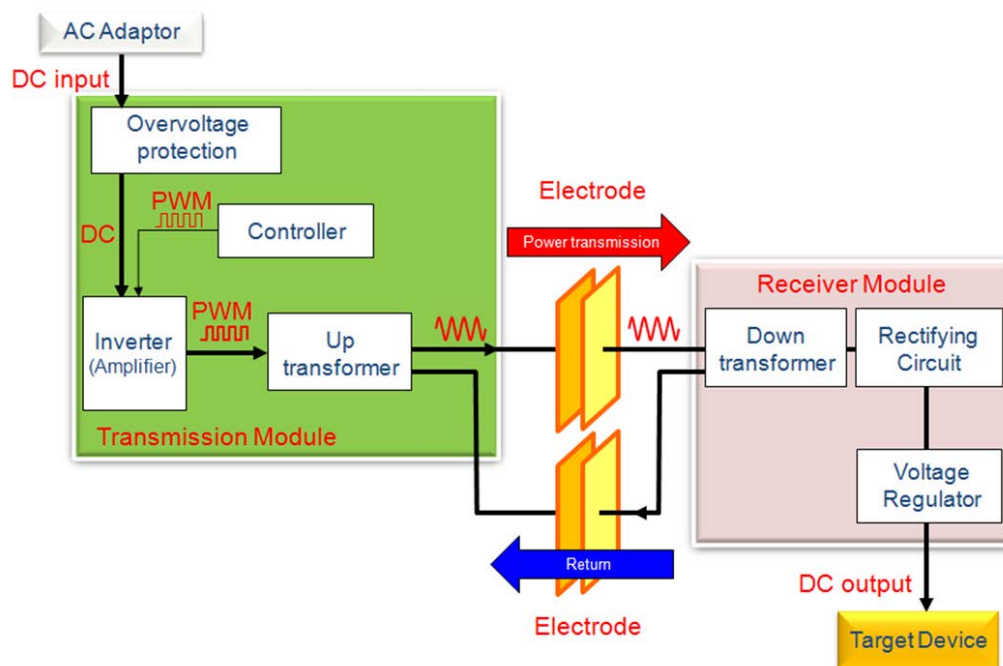


図 A. 4-22 試験装置の構成

(2) 放射妨害波の測定データ

各試験装置に関する放射妨害波測定を電波暗室内で実施した。9 kHz～30 MHz までの測定データに関しては、A. 3 で示した許容値の目標値との比較を行っている。図 A. 4-23、図 A. 4-24 及び図 A. 4-25 には、この試験装置の放射妨害波の 9 kHz～30 MHz、30 MHz～1 GHz、1 GHz～6 GHz における測定データをそれぞれ示す。これらの結果から、放射妨害波の WPT 周波数成分及び高周波スプリアスはかなり低く抑えられ、目標値以下になっていることが分かる。

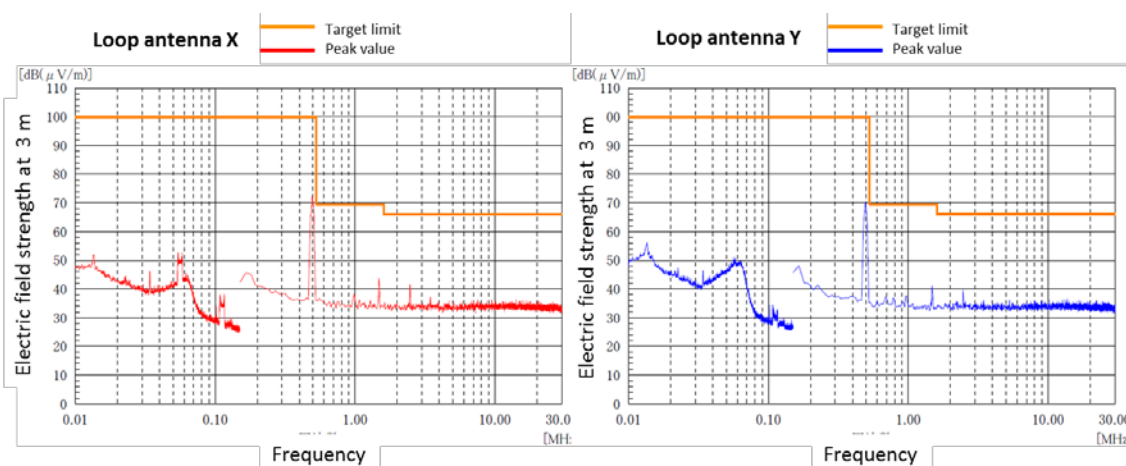


図 A. 4-23 試験装置の放射妨害波の測定データ (9 kHz～30 MHz、ピーク値)

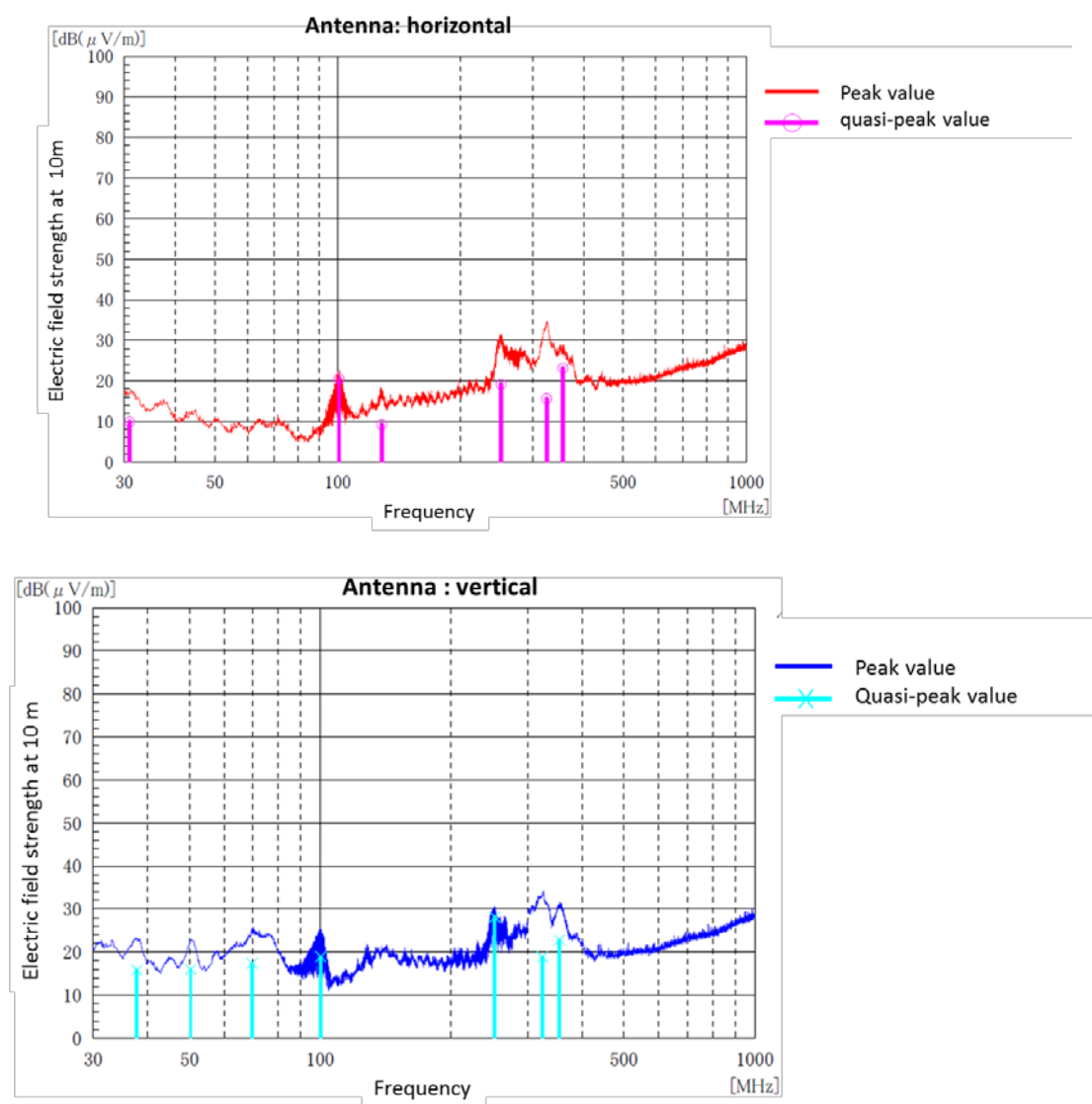


図 A. 4-24 試験装置の放射妨害波の測定データ (30 MHz～1 GHz、ピーク値及び準尖頭値)

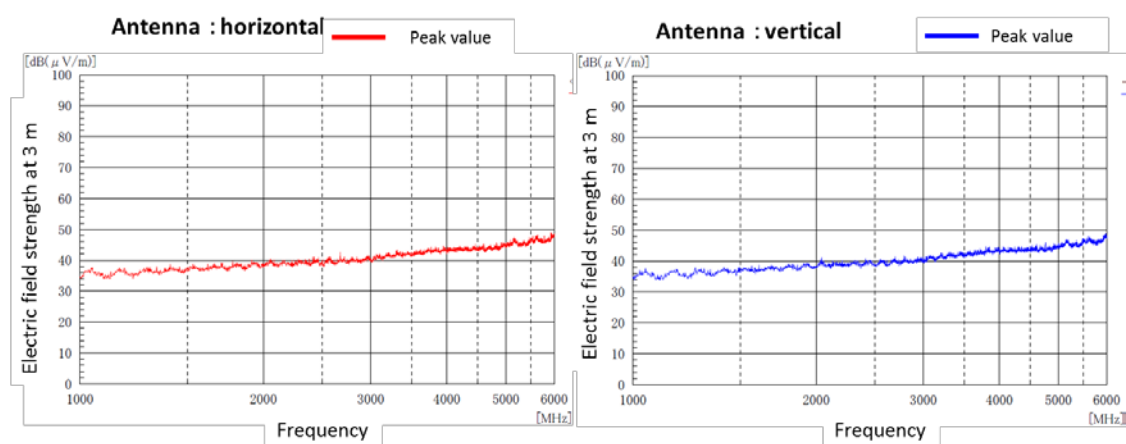
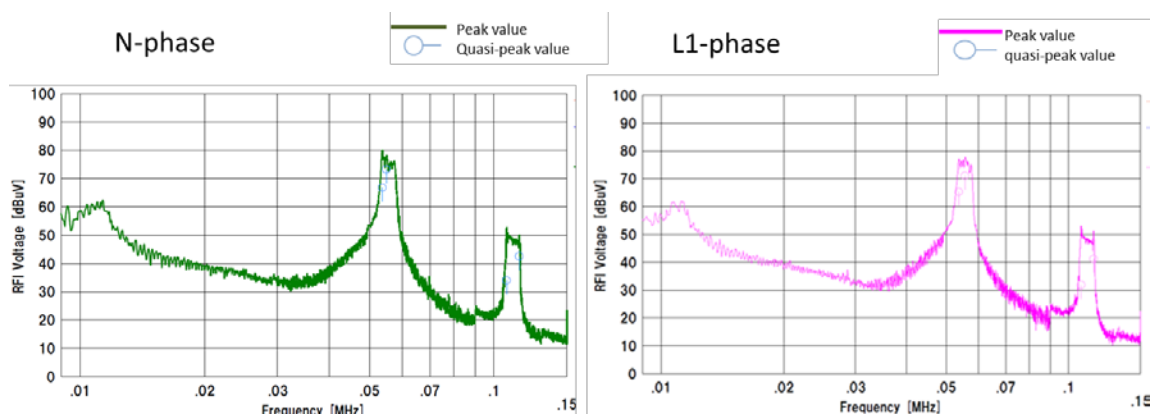


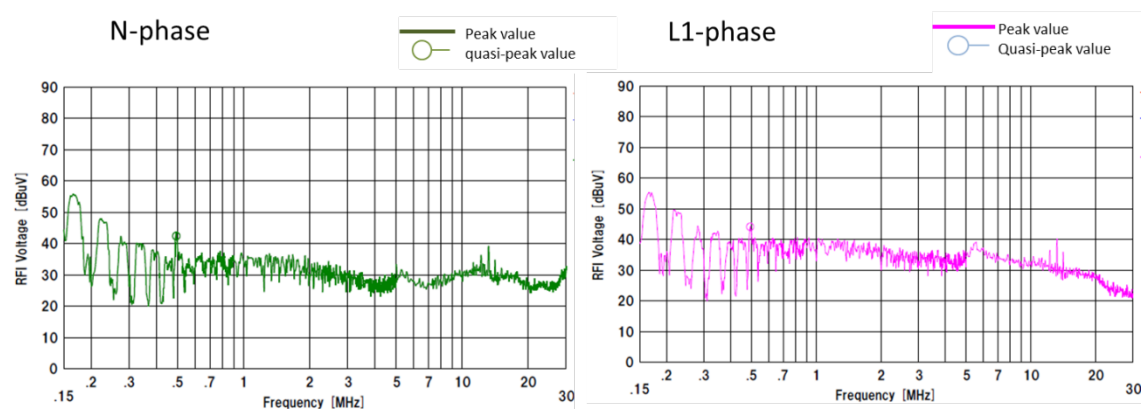
図 A. 4-25 試験装置の放射妨害波の測定データ (1 GHz～6 GHz、ピーク値)

(3) 伝導妨害波の測定データ

図 A. 4-26 に、試験装置①における伝導妨害波の測定データを示す。



(a) 9 kHz - 150 kHz



(b) 150 kHz - 30 MHz

図 A. 4-26 試験装置の伝導妨害波の測定データ (ピーク値及び準尖頭値)

付録 B 放射妨害波及び伝導妨害波の測定に用いる設備

B.1 測定用受信機

放射妨害波及び伝導妨害波の測定に用いる準尖頭値検波器を備えた測定用受信機及び平均値検波器を備えた測定用受信機は、CISPR 16-1-1 を満足すること。[CISPR 11 § 7.3.1]

1 GHz を超える周波数の測定においては、CISPR 16-1-1 に定める特性のスペクトラムアナライザを使用すること。[CISPR 11 § 7.3.1]

B.2 伝導妨害波測定設備

(1) 測定サイト

伝導妨害波の測定は、水平基準大地面又は垂直基準大地面を備える試験場で行う。

(2) 擬似電源回路網 (AMN)

伝導妨害波の測定は、CISPR 16-1-2 に規定する擬似電源回路網を用いて実施すること。

擬似電源回路網は、測定点において供試装置の電源線間に規定の高周波インピーダンスを与え、電源線上の周囲雑音が供試装置に混入しないようにするために必要である。
[CISPR 11 § 7.3.2]

また、測定設備へ供給される AC 電源に重畳する雑音は、フィルタにより 9 kHz から 30 MHz の周波数範囲で十分遮断されていること。

B.3 放射妨害波測定設備

(1) 測定サイト

周波数 9 kHz-30 MHz の放射妨害波の測定は、CISPR 11 に規定する測定場の特性を満足すること。[CISPR 11 § 8]

周波数 30 MHz-1 GHz の放射妨害波の測定は、CISPR 11 及び CISPR 16-1-4 に規定する測定距離 10 m に使用する測定場の特性を満足すること。[CISPR 11 § 8+CISPR 16-1-4 § 5]

[CISPR 11 § 8.3.1 及び § 8.4] には注記のとおり規定されているが、外来波によりオープンテストサイトにおいて十分なダイナミックレンジの測定が困難な場合には、30 MHz ~1 GHz において水平偏波及び垂直偏波のサイトアッテネーションが CISPR 16-1-4 の表 1 又は表 2 のサイトアッテネーション理論値の±4 dB 以内であることが確認されている 10 m の測定距離が確保できる 5 面電波暗室を測定場として利用してもよい。ただし、疑義ある場合には、基本波及び整数高調波の強度測定に関しては、オープンテストサイトにおいて測定した値を参照値とする。

1 GHz を超える周波数の測定は、CISPR 16-1-4 (Ed. 3.1) の 8.3 節の規定を満足する 6 面電波暗室において、又は 5 面電波暗室にて金属大地面に電波吸収体を敷いて行う。

【注記】

§ 8.3.1 9 kHz から 1 GHz に関する放射妨害波の試験場 一般的事項 [CISPR 11 § 8.3.1]

放射妨害波の試験場は、平坦で、架空線及び近辺に反射物が存在せず、アンテナ、供試装置及び近辺の反射物を適切に離すことができる十分な広さであること。

この基準を満足する放射妨害波の試験場は、供試装置及び受信アンテナの位置をそれぞれ焦点とする楕円の範囲内であり、この楕円の大きさは、二つの焦点間の距離の 2 倍に等しい長径と、この距離の 3 の平方根倍に等しい短径を有する。この場合、試験場の境界線上に存在する物体からの反射波の伝搬距離は、この焦点間の直接伝搬距離の 2 倍となる。この試験場の一例を図 B.3.1-1 に示す。

10 m の試験場については、自然大地面に金属大地面を敷設して特性を向上すること。ただし、この金属大地面の一端は供試装置の外郭から少なくとも 1 m は外側に広がり、他端は測定用アンテナ及びその支持構造物から少なくとも 1 m は広がっていること（図 B.3.1-2 参照）。また、この金属大地面には穴や隙間がないこと。ただし、1 GHz において、 0.1λ （約 30 mm）以下の穴は許容される。

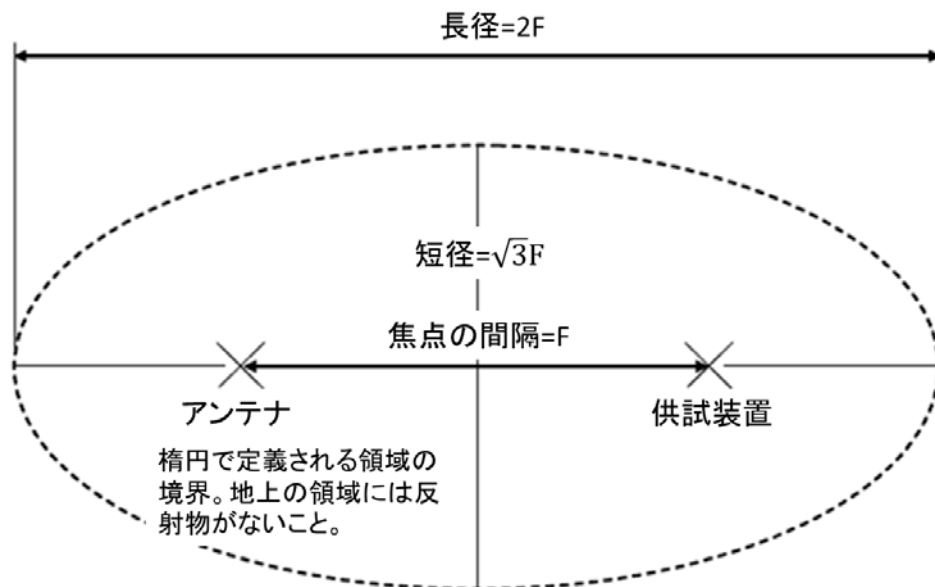


図 B.3.1-1 試験場の一例

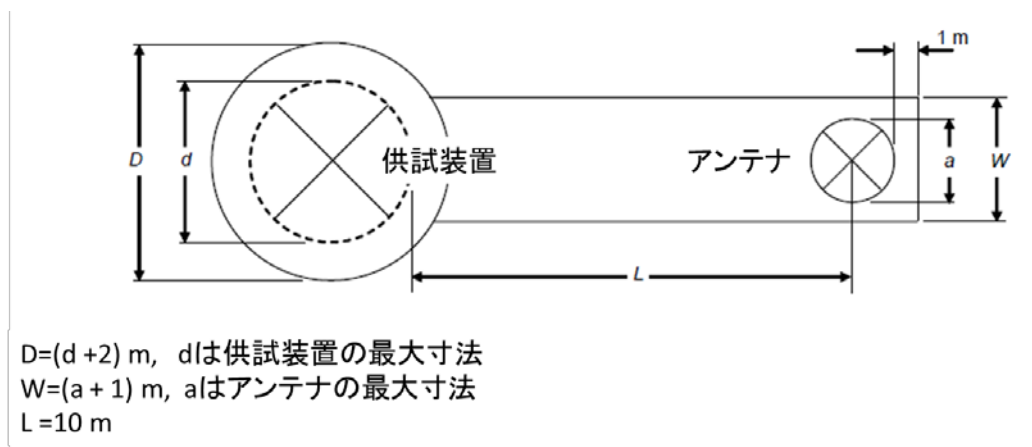


図 B. 3. 1-2 金属大地面の最小寸法

§ 8. 4 30 MHz から 1 GHz の周波数帯の代替放射試験場 [CISPR 11 § 8. 4]

8. 3 節に記述された物理的特性を満たさない放射試験場で測定を実施しても良い場合がある。そのような代替試験場は、妥当な測定結果をもたらすことを示す証拠が必要である。CISPR 16-1-4 の 5. 7 節に従って測定された水平偏波及び垂直偏波のサイトアッテネーションが CISPR 16-1-4 の表 1 又は表 2 のサイトアッテネーション理論値の $\pm 4 \text{ dB}$ 以内であれば、その試験場は 30 MHz から 1 GHz の周波数帯の代替放射試験場として使用できる。

B. 4 測定用アンテナ

(1) 30 MHz 以下の周波数帯

30 MHz 以下の周波数では、CISPR 16-1-4 に定める 60 cm 四方の正方形で完全に囲まれる大きさの電氣的に遮蔽されたループアンテナを用いること。アンテナを垂直面内に保持し、垂直軸の周りに回転できること。このループの最下端の地上高は、1 m とする。[CISPR 11 § 7. 3. 4. 1+CISPR 16-1-4 § 4. 2. 1]

(2) 30 MHz から 1 GHz の周波数帯

30 MHz から 1 GHz の周波数では、CISPR 16-1-4 に規定するアンテナを用いること。水平偏波及び垂直偏波の両方で測定を実施すること。なお垂直偏波の測定において、アンテナの最下端の地上高は、0. 25 m 以上とすること。[CISPR 11 § 7. 3. 4. 2+CISPR 16-2-3 § 7. 2. 4]

試験場における測定では、アンテナの中心を地上高 1 m から 4 m の間で昇降して、各測定周波数において最大値を求めること。なお、供試装置が測定用アンテナのビーム幅の中にある場合には、地上高 1 m で固定して測定してもよい。

B.5 試験用治具

(1) 試験用模擬負荷

WPT システムを用いる目的は、応用機器本体に内蔵する電池の充電又は本体機器への給電である。前者の充電の場合、電池の充電量により所要充電電流が大きく変化する特性がある。このため、再現性のある測定を実施するため、実際の電池に代えて模擬負荷を試験に導入する。模擬負荷は、充電状態の時間的経過において妨害波発生が最大となる条件に近い条件となるよう供試装置の製造者により用意されるものとする。

(2) 試験用 2 次装置

供試装置が送電装置単体の場合、試験にあたり対向する受電装置が必要である。このため当該送電装置に対応した受電装置と互換性ある試験用 2 次装置を前もって用意し、これを用いて試験を行う。

試験用 2 次装置は、あらかじめ試験用模擬負荷を接続した状態で妨害波を可能な限り低減するよう注意深く調整し、その特性を記録しておく。供試装置の測定データにはこれを添付する。

(3) 試験用 1 次装置

供試装置が受電装置単体の場合、試験にあたり対向する送電装置が必要である。このため、当該受電装置に対応した送電装置と互換性ある試験用 1 次装置を前もって用意し、これを用いて試験を行う。

試験用 1 次装置は、あらかじめ妨害波を可能な限り低減するよう注意深く調整し、その特性を記録しておく。供試装置の測定データにはこれを添付する。

(4) 試験用固定治具

電気自動車用 WPT システムの妨害波特性の測定にあたり、受電装置を送電装置の 1 次コイルの上方空間の一定の位置に保持するため、及び車両の電磁気的影響を模擬し測定の再現性を確保するため、実車に代えて金属板等の試験用固定治具を使用する。使用した試験用固定治具の仕様は、測定データとともに記録すること。

付録C 放射妨害波及び伝導妨害波の測定手順

本付録では、電気自動車用 WPT システムに係る放射妨害波及び伝導妨害波の測定手順について記載する。家電機器用 WPT システムに係る放射妨害波及び伝導妨害波の測定手順については、平成 27 年 1 月 21 日付け電波利用環境委員会報告を参照。

C.1 電源端子における伝導妨害波の測定

(1) 電気自動車用 WPT システム

(ア) 測定時の装置類の配置

付録 B.2(1)に記述した測定サイトのうちの a)放射妨害波試験場において、電源端子における伝導妨害波の測定を行う場合について、以下に記述する。b)及び c)においてもこれに準じて行うこと。

供試装置のうち、送電装置は基準大地面上に絶縁体（厚さ 0.15 m 以下(注)）の上に置く。受電装置は、試験用固定治具の下面に 2 次コイルを取り付け、試験用固定治具上に整流部を置く。充電電池の代替としての模擬負荷は、試験用固定治具上に置く。

(注) 電気自動車用 WPT システムは比較的重量が大きいことから、物流用パレットに乗せた状態で試験場に設置することを容認する。様々な規格のパレットが存在するが、国内で流通量の多い JIS 規格の T11 型パレットは 144 mm 厚であるので、これを含むサイズを規定した。パレットを利用することにより、ハンドパレットやフォークリフトが利用でき、移送・設置が容易になる。

く、蛇行させてもよい。

測定設備へ供給される商用電源に重畳する雑音は、フィルタにより 9 kHz から 30 MHz の周波数範囲で十分遮断されていること。

(イ) 周波数 9 kHz～30 MHz の測定

電源端子における伝導妨害波測定において、試験場の金属大地面を、金属基準大地面とする。

供試装置の 1 次コイルと 2 次コイルの離隔距離及び水平面の位置関係は、通常の使用状態を想定した機器配置（以下、「基本位置」）とする。

供試装置が送電装置のみである場合、受電装置として試験用 2 次装置を用いる。一方、供試装置が受電装置のみである場合、本測定は不要である。

測定手順は、以下のとおりである。

- (1) 電源を投入し、待機状態とする。
- (2) スペクトラムアナライザ又は妨害波測定用受信機をピークホールドモードとし、測定対象の周波数範囲にわたり同調周波数を掃引し、伝導妨害波の存在を探索する。スペクトルのピークが検知されたそれぞれの周波数を記録する。ただし、許容値から 10 dB 以上下回らない場合に限る。
- (3) ピークが記録された周波数毎に、測定用受信機を準尖頭値 (QP) 測定モードにて妨害波電圧を測定する。同じ状態で、測定用受信機を平均値 (Av) 測定モードにて測定する。これを主要なピークの周波数毎に繰り返す。
- (4) ワイヤレス送電状態にて、(2) ～ (3) と同様の測定を繰り返す。

C.2 放射妨害波の測定

(1) 電気自動車用 WPT システム

(ア) 測定時の装置類の配置

放射妨害波測定の装置配置例を図 C. 2-1 に示す。

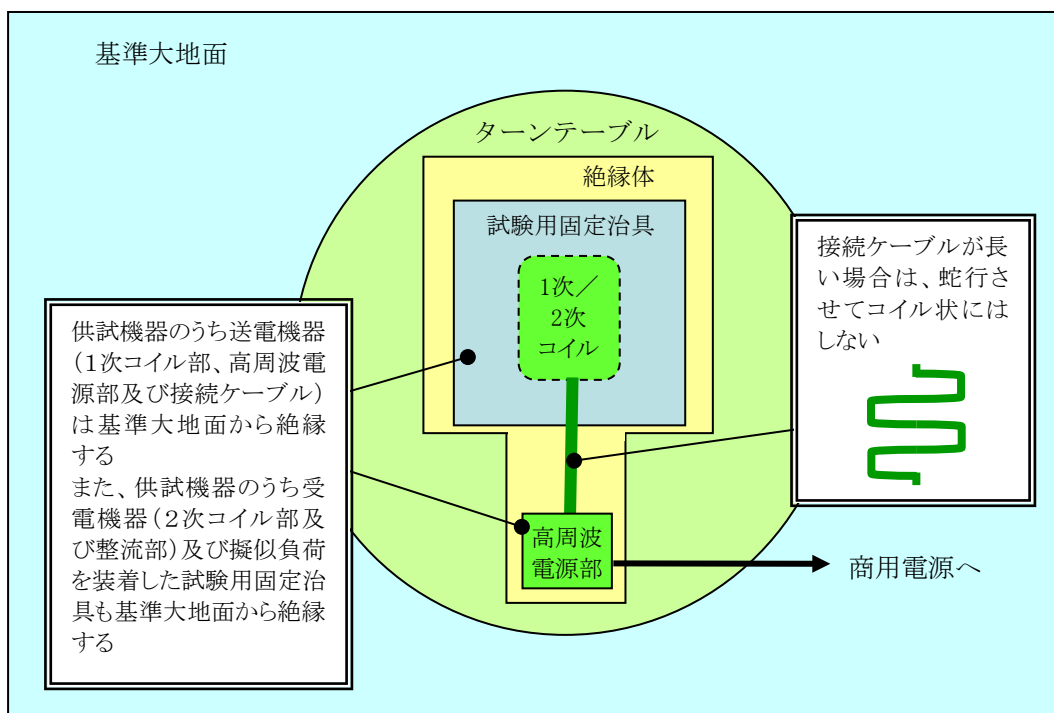


図 C. 2-1 電源端子における放射妨害波測定の機器配置例（上面視）

放射試験場のターンテーブル上に供試装置のうち送電装置を展開する。供試装置と大地面の間に絶縁体（厚さ 150 mm 以下）を置く。対向する受電装置は、試験用固定治具の下面に 2 次コイルを取り付け、試験用固定治具上に整流部を置く。充電電池の代替として模擬負荷を受電装置に接続し、試験用固定治具上に置く。試験用固定治具も大地面より絶縁する。

送電装置の 1 次コイルと、受電装置の 2 次コイルの離隔距離及び水平面の位置関係は通常の使用状態を想定した「基本位置」とする。

送電装置が 1 次コイル、電源及び制御を行う部分及びそれらを接続する接続ケーブルからなる場合、接続ケーブルの配置は、以下のようにすること。

接続ケーブルは、それぞれの装置の仕様に定める形式及び長さであること。長さを変えることができる場合には、電界強度測定において最大となる妨害波を発生する長さを選ぶこと。

測定結果一式には、測定結果を再現できるように、ケーブル及び装置の配置を完全

に記述したものを添付すること。使用条件が定められている場合には、これらの条件を明確にし、文書化し、使用説明書に記述しておくこと。[CISPR 11 § 7.5.2]

供試装置が送電装置のみ又は受電装置のみの場合、B.5 に規定するあらかじめ準備した供試装置に対応した受電装置と互換性を有する試験用 2 次装置又は送電装置と互換性を有する試験用 1 次装置と組み合わせて測定を実施する。ただし、この場合、測定の条件を明確に測定結果に記載すること。

参考：[CISPR 11 § 7.5.2] では、供試装置が他の製造業者の装置と組み合わせてシステムを構成する場合を想定し以下のように規定している。

他の装置と相互に作用してシステムを構成する装置については、全体のシステムを代表するような装置を付加するか又はシミュレータを用いて試験すること。いずれの場合も、供試装置は当該システムの残りの部分又はシミュレータの影響を受けた状態で試験すること。ただし、7.2 節に定める周囲雑音条件を満足すること。シミュレータは、ケーブルの配置や型式のみならず、接続点の電気的特性や場合によっては機械的特性について、特に高周波信号やインピーダンスについて、適切に実際の装置の代わりになるものであること。[CISPR 11 § 7.5.2]

供試装置の規模が大きくターンテーブルを回転させることが困難な場合、あらかじめ想定される水平面内の最大放射方向で 10 m 離れた位置に測定用アンテナがくるように設置する。さらに、以下の CISPR 11 の規定も参考とする。

ターンテーブル上に設置しない供試装置については、様々な水平方向に測定用アンテナを配置し、水平及び垂直偏波の各々を測定すること。最大放射方向で測定するように注意を払い、各周波数で最も高いレベルを記録すること。[CISPR 11 § 8.3.4]

測定設備へ供給される商用電源に重畳する雑音は、フィルタにより 9 kHz から 30 MHz の周波数範囲で十分遮断されていること。

(イ) 周波数 9 kHz～30 MHz の測定

ターンテーブル上に設置した供試装置及び試験用固定治具を囲む外周円前面より水平距離 10 m の位置に、3.3.2 に規定した測定用ループアンテナをループ最下端の高さが 1.0 m となるように設置する。

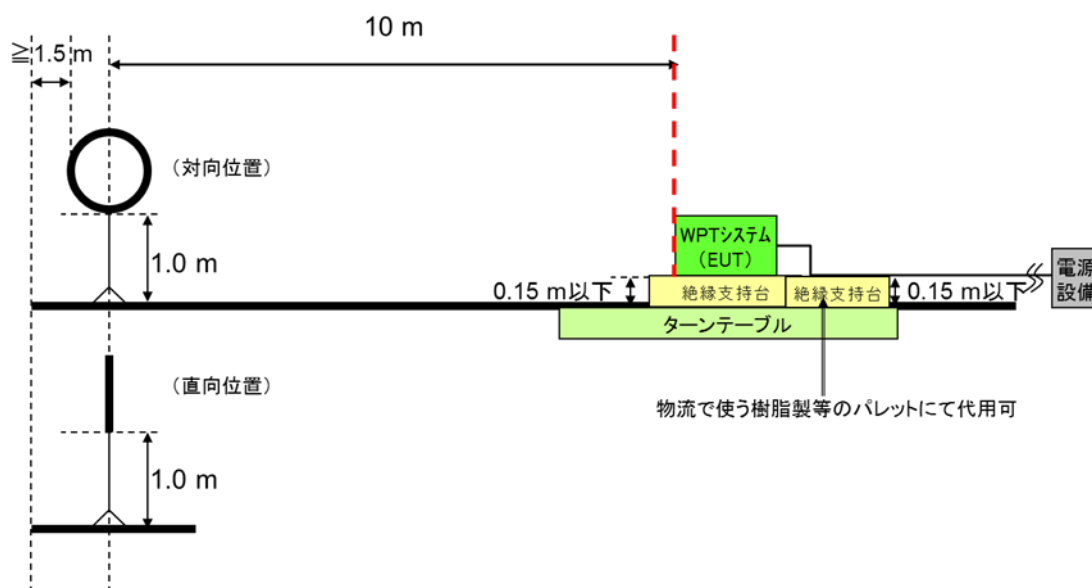


図 C. 2-2 電気自動車用 WPT システムの放射妨害波測定 (9 kHz～30 MHz)

測定手順は、以下のとおりである。

[基本位置での測定]

- (1) 送電装置の 1 次コイルと受電装置の 2 次コイルを相対させ基本位置に合わせ、電源を入れる。
- (2) 供試装置を待機状態とする。
- (3) ループアンテナを供試装置と対向の方向に設定する。
- (4) スペクトラムアナライザ又は妨害波測定用受信機をピークホールドモードとし、測定対象の周波数範囲にわたり同調周波数を掃引し、ターンテーブルを 360° 回転させ、放射妨害波の存在を探索する。スペクトルのピークが検知されたそれぞれの周波数を記録する。ただし、許容値から 10 dB 以上下回らない場合に限る。
- (5) ピークが記録された周波数毎に、ターンテーブルを回転させ、最大受信方向において、測定用受信機を準尖頭値(QP)測定モードにて放射磁界強度を測定する。これを主要なピークの周波数毎に繰り返す。
- (6) ループアンテナを供試装置と直向の方向に設定し、(4)～(5)の測定を繰り返す。
- (7) ワイヤレス送電状態にて、(3)～(6)と同様の測定を繰り返す。

[位置ずれ状態における測定]

- (8) 1 次コイルと 2 次コイルの位置関係をずらし、製造者の申告する電磁波の放射が最大となる条件において、(2)～(7)の測定を繰り返し、位置ずれ状態に

おける放射磁界強度（準尖頭値：QP）を測定する。

（ウ）周波数 30 MHz～1 GHz の測定

ターンテーブル上に設置した供試装置及び試験用固定治具を囲む外周円前面より水平距離 10 m の位置に、3.3.2 に規定した測定用アンテナをアンテナ昇降支持台に設置する。

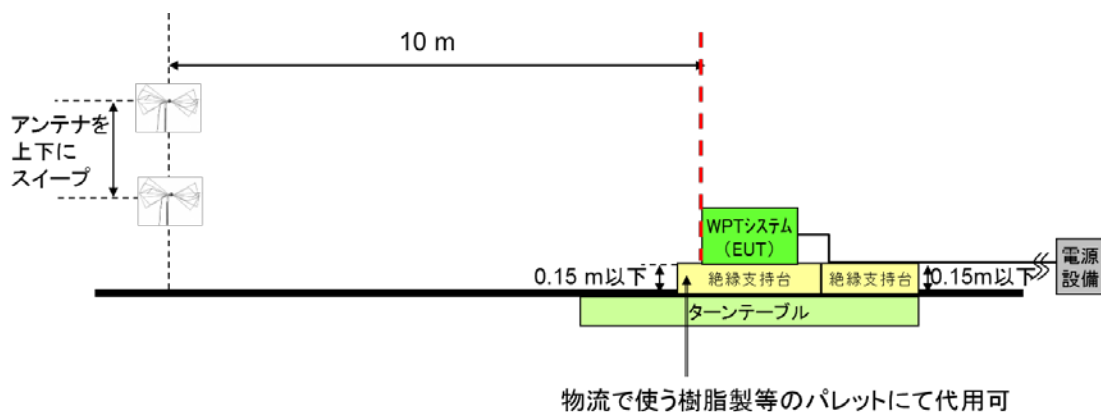


図 C. 2-3 電気自動車用 WPT システムの放射妨害波測定 (30 MHz～1 GHz)

測定手順は、以下のとおりである。

[基本位置での測定]

- (1) 送電装置の 1 次コイルと受電装置の 2 次コイルを相対させ基本位置に合わせ、電源を入れる。
- (2) 供試装置を待機状態とする。
- (3) 測定用アンテナを水平偏波に設定する。
- (4) スペクトラムアナライザ又は妨害波測定用受信機をピークホールドモードとし、測定対象の周波数範囲にわたり同調周波数を掃引し、ターンテーブルを 360° 回転させ、かつ、測定用アンテナの高さを 1 m から 4 m の間で変化させ、放射妨害波の存在を探索する。スペクトルのピークが検知されたそれぞれの周波数を記録する。ただし、許容値から 10 dB 以上下回らない場合に限る。
- (5) ピークが記録された周波数毎に、ターンテーブルを回転させ、最大受信方向及びアンテナの高さにおいて、測定用受信機を準尖頭値(QP)測定モードにて最大となる妨害波電界強度を測定する。これを主要なピークの周波数毎に繰り返す。
- (6) 測定用アンテナを垂直偏波に設定し、(4)～(5)の測定を繰り返す。なお、このとき測定用アンテナの下端を大地面より 0.25 m 以下には下げないこと。
- (7) ワイヤレス送電状態にて、(3)～(6)と同様の測定を繰り返す。

[位置ずれ状態における測定]

- (8) 1次コイルと2次コイルの位置関係をずらし、製造者の申告する電磁波の放射が最大となる条件において、(2)～(7)の測定を繰り返し、位置ずれ状態における放射電界強度（準尖頭値：QP）を測定する。

(2) 高周波出力の測定

高周波出力については、送電コイル又は送電電極への出力端で確認する。なお、当該位置で確認することが困難な場合には、装置全体の入力端において確認してもよい。

(3) 測定法全般に関わる事項

(ア) 測定器のダイナミックレンジに配慮した測定距離とその換算

本測定法が対象とする WPT システムの利用周波数は、数 MHz 以下であり、周囲に比較的大きい電磁界を放射する。このとき、特に 30 MHz 以下の放射妨害波測定において、以下に注意する必要がある。

測定器は、測定用ループアンテナ、測定用受信機、接続ケーブル等から構成する。放射妨害波の許容値が 10 m の距離における磁界強度で規定されるとき、供試装置の利用周波数は、10 m の距離で測定できる。しかし、高調波等の不要発射の強度測定を行うとき、10 m の距離では受信機のノイズフロア以下となる場合がある。

このような場合、測定用アンテナの距離を供試装置に近づけることにより相対的にノイズフロアを下げて測定することが行われる。注意が必要なのは、このとき使用しているループアンテナの特性である。ループアンテナには、アクティブ型とパッシブ型とがある。ループの根本にプリアンプが挿入されているものがアクティブ型である。アクティブ型は明らかに感度が良いが、プリアンプの内部雑音がノイズフロアを引き上げる面もある。

最も注意が必要なのは、測定用アンテナを供試装置の近傍（例えば 3 m）に近づけたときである。強い基本波により、プリアンプが飽和現象を起こす可能性がある。プリアンプが挿入されている位置がアンテナ下部であり、フィルタを挿入することができない。そのため、このような近傍での測定ではパッシブ型を使い、測定用受信機の前段に、基本波をカットするハイパスフィルタ等を挿入することが必要となる。

付録D 電波防護指針への適合性確認方法（電界強度測定方法）

D.1 測定装置の要件

電界強度は、電界に対してのみ感度を有するアンテナ（例えば微小ダイポール）を、アンテナ系を含め校正された測定器に接続して測定する。一般に電界測定に用いられる測定器は、広帯域測定系及び狭帯域測定系に大別され、両測定系とも、基本的にはアンテナ部（給電部を含む）、測定器部及びデータ記録処理装置部から構成される。測定系の特徴及び測定系の選定方法は、次のとおりである。

- (1) 広帯域測定系におけるアンテナは、ダイポールを用いる。周波数に対して均一な感度にするために、それらの大きさは測定上限周波数の波長に比べて十分小さくしている。また、通常、等方性を得るために三つのアンテナを互いに直交させて、それらの出力を単独に又は合成して取り出すプローブを用いる。この方式のアンテナは、電磁界の分布が複雑な近傍領域での使用に適している。広帯域測定系の代表的な測定器として、電波防護を目的に設計された広帯域等方性電界強度計がある。また、測定器部をダイオード検波器とオシロスコープのような波形観測装置で構成する方式もある。
- (2) 狭帯域測定系は、対象とする周波数ごとに同調する方式である。この測定系は、通常、測定周波数範囲は極めて広く、受信感度が高く、応答時間が極めて短い。この測定系は、測定対象がパルスであるとき、複数波が存在する場合に適しているが、パルス波の測定のように対象波の占有する帯域幅が測定器部の通過帯域幅より大きい場合には周波数領域で測定する方法が有効である。アンテナ部には、例えばバイコンカルアンテナのような広帯域特性を有するアンテナが使用されるが、その大きさが波長に対して十分小さくないため、遠方領域での測定にしか適さない。近傍領域での測定には、3軸直交微小ダイポールが適している。
- (3) 電磁環境の評価に当たっては、広帯域等方性電界強度計を用いることを優先させ、この測定器では十分な測定が行い得ない場合には他の測定方法を選定する。ただし、防護指針が対象としていない10 kHz未満の周波数の電磁界（特に商用周波数の電磁界）を適切に除外する必要がある。

測定系の選定に当たっては、測定系が具備すべき性能、測定可能周波数、電磁界強度範囲等を十分に考慮する必要がある。

D.2 測定手順の要件

電界強度の測定は、人のいない状態で人の存在する可能性のある全空間を対象とすることを原則とする。一般的に、人の行動や周囲の条件などに不確定な要素があることから、

測定の対象とする空間領域を明確にできない場合があると考えられる。このときには、代表的な測定点を選定する必要がある。

また、電磁界強度指針の実際の適用の対象とする空間には、電磁界が不均一となる場合もある。その場合、対象となる空間全ての電界強度分布を詳細に把握することは困難であるが、測定の対象となる空間内に便宜的に人体の占める空間を考慮した単位空間を設定して測定することが考えられる。また、補助指針の適用においては、この単位空間の導入によって、人体に占める空間全体の電界強度分布の平均値等が用いられる。

測定用アンテナを電磁波源や金属物体又は高誘電体物体に近づけると、両者間の容量結合やアンテナのインピーダンス変化が生じるほか、アンテナが大きい場合には、電磁界の乱れや勾配の平均化などが付加されるため、測定誤差が無視できなくなる。これを考慮し、測定用アンテナと電磁波源、大地及び金属物体などとの最小測定距離は、原則として、300 MHz 未満の周波数では 20 cm 以上とする。しかし、この最小測定距離は、アンテナの大きさ（素子長、ループ径、開口径など）や反射物体の大きさ、波長に対する比及び反射物体の電気定数等に依存するため、測定条件によっては、これら距離以内の領域での測定が可能な場合もある。WPT システムについては、波源から 20 cm 未満であっても市販の電界プローブにより電界強度の測定が可能であることを確認している。

防護指針においては、指針値は、対象とする空間の電磁波の状況に応じて、時間平均、瞬時値の最大値等で示されている。したがって、測定して電磁界強度の瞬時値をそのまま評価するのではなく、指針値と比較できるように測定値の処理を行う必要がある。

以下に、その他の考慮すべき要件について述べる。

(1) 時間平均

電界強度が時間とともに変化する場合には、平均時間内で電界強度の実効値を自乗平方根した値（時間平均値）を適用する。電界強度は、瞬時値が指針値を超える場合であっても、時間平均値が指針値を超えない場合は、指針値を満たすものと評価される。

(2) 空間平均

人体が占める空間の相当する領域における電界分布が均一でない場合、空間的な平均値を用いることが可能な場合もある。人体が占める空間に相当する領域において、時間平均された電磁界強度が指針値を超える点があっても、その空間内における平均値が指針値を超えない場合は、指針値を満たすと評価される。

(3) 複数波の評価

入射波が指針値に対して無視できないレベルの複数の周波数成分からなる場合は、それぞれの入射波の電界強度を測定し、それぞれ指針値に対する割合を算出し、それらの自乗和が 1 を超えなければ、指針値を満たすと評価される。

(4) 国際規格に基づく評価

1998 年に制定された国際規格「人体ばく露に関する低周波磁界及び電界の測定－測定器の特別要求事項及び測定の手引き (IEC 61786) [3]」では、電磁界の基本事項、測定手順や測定器の要求仕様を示している。現在改定作業が進められており、電磁界測定器に関する基本事項と、測定手順のガイダンスについて、分冊発行することが決定している（すでに、基本事項を規定したパート 1 が、2013 年 12 月に発行されている[1]）。なお本規格[3]は、2004 年に JIS 化され、JIS C 1910[2]として発行されている。このほか、家電の磁界測定法 IEC 62233[4]ならびに電磁界評価法の共通規格 IEC 62311[5]においても、ガイドライン適合性評価を念頭においた電磁界測定方法が規定されている。

これらの国際規格では、装置の大きさや標準的な使用方法を元に電磁界を測定する位置を決めることとし、IEC 62311 では「使用者の通常位置」としている。また、IEC 62233 では代表的な装置に対して測定位置を詳細に規定している。さらに、広帯域スペクトラムの場合、Time Domain 法も使用することができる。

(5) 測定上の注意事項

防護対策を講じるなど、測定者の安全を確保することが重要である。また、下記にも留意すること。

- 測定系の選定を誤らないこと。
- 測定空間の内又は近傍に反射物等がある場合は、測定位置のわずかな変化に対して、電磁界強度が複雑に変化し局所的に大きくなることがあるので、測定位置の選定に注意すること。
- 指向性を有するアンテナを用いる場合には、その指向特性（水平・垂直）を十分考慮し、主輻射方向以外の方向からの入射波の影響についても考慮すること。
- 測定実施時には、測定者及び測定系に起因する電磁界のじょう乱を極力避けるよう配慮すること。特に、時間的に変化している電磁界を測定している間は、測定者、アンテナ及び周囲の物体は移動させないこと。また、走査測定に伴って生じる電磁界の変動が、空間的な変動か、時間的な変動かを区別するため、走査を遅くするなど十分な注意を払いながら測定を実施すること。
- 測定機器は、環境条件（温度、湿度、振動、電磁界など）の影響を受ける場合がある。
- 測定系は校正されたものを用いること。構成機器の経過年数、使用頻度などに応じて定期的に校正を実施することが望ましい。

[1] IEC 61786-1 Ed. 1.0: “Measurement of DC magnetic, AC magnetic and AC electric fields from 1 Hz to 100 kHz with regard to exposure of human beings -Part 1: Requirements for measuring instruments” (2013)

- [2] JIS C 1910 : 「人体ばく露を考慮した低周波磁界及び電界の測定」 (2004)
- [3] IEC 61786 Ed. 1.0: “Measurement of Low-Frequency Magnetic and Electric Fields with Regard to Exposure of Human Beings - Special Requirements for Instruments and Guidance for Measurements” (1998)
- [4] IEC 62233 Ed. 1.0: “Measurement methods for electromagnetic fields of household appliances and similar apparatus with regard to human exposure” , (2005)
- [5] IEC 62311 Ed. 1.0: “Assessment of electronic and electrical equipment related to human exposure restrictions for electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz)” , (2007)

付録 E 電波防護指針への適合性確認方法（磁界強度測定方法）

E.1 測定装置の要件

E.1.1 磁界測定原理

主として数 100 kHz 以下の低周波数領域における磁界測定に用いられるセンサ方式として、誘導コイル方式、ホール素子、フラックスゲート式、磁気抵抗素子、磁気発振方式、量子干渉素子を用いるもの（SQUID）などがある。このうち環境磁界の測定では、誘導コイル方式が多く用いられる。特に携帯型の磁界測定器については回路が簡素で小型化できることから、誘導コイル方式が多く用いられている。誘導コイル方式による磁界測定原理は、電磁誘導作用により誘導コイル（サーチコイル）に鎖交する磁束の大きさの時間変化分に対応した誘起電圧を測定するもので、以下のような関係式がある。

$$V = -j\omega NBS \quad (\text{式 E. 1. 1-1})$$

ここで、 V ：誘導電圧、 ω ：角周波数（ $=2\pi f$ ）、 N ：コイルの巻数、 B ：磁束密度（コイル面に垂直な成分）、 S ：コイルの面積、である。測定に十分な感度を得るために、面積や巻数を増やす、又は強磁性材料をコイル心を用いて磁束密度 B の大きさを増加させるなどの方策が取られている。また、出力が周波数に比例するため、後段の積分器を用いて平坦な周波数特性となるように信号処理がなされる。

E.1.2 測定装置

磁界測定器として、センサ部が 1 軸のものと、3 個のセンサが互いに直交方向に配置された 3 軸のものがあるが、後述の IEC による国際規格（IEC 61786-1[1]）ならびに JIS 規格[2]では、式 E. 1. 2-1 で定義される 3 軸合成磁界 B_R を、磁界の大きさの指標として用いることを規定しており、3 軸の磁界測定器を用いることが想定されている。

$$B_R = \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2} \quad (\text{式 E. 1. 2-1})$$

ここで、 B_x 、 B_y 、 B_z は直交 3 軸各軸の磁束密度の実効値である。3 軸の磁界測定器では、測定器の向きによらず同一の値 B_R が表示されるという利点がある。一方、センサ部が 1 軸の測定器も従来より用いられており、波形出力機能を有する測定器があり、磁界の周波数成分や、到来方向を知るための用途に使用される場面がある。

E.2 測定手順の要件

磁界強度の測定は、人のいない状態で人の存在する可能性のある全空間を対象とすることを原則とする。一般的に、人の行動や周囲の条件などに不確定な要素があることから、測定の対象とする空間領域を明確にできない場合があると考えられる。このときには、代

表的な測定点を選定する必要がある。

また、電磁界強度指針の実際の適用の対象とする空間には、電磁界が不均一となる場合もある。その場合、対象となる空間全ての電界強度分布を詳細に把握することは困難であるが、測定の対象となる空間内に便宜的に人体の占める空間を考慮した単位空間を設定して測定することが考えられる。また、補助指針の適用においては、この単位空間の導入によって、人体に占める空間全体の電界強度分布の平均値等が用いられる。

測定用アンテナを電磁波源や金属物体又は高誘電体物体に近づけると、両者間の容量結合やアンテナのインピーダンス変化が生じるほか、アンテナが大きい場合には、電磁界の乱れや勾配の平均化などが付加されるため、測定誤差が無視できなくなる。これを考慮し、測定用アンテナと電磁波源、大地及び金属物体などとの最小測定距離は、原則として、300 MHz 未満の周波数では 20 cm 以上とする。しかし、この最小測定距離は、アンテナの大きさ（素子長、ループ径、開口径など）や反射物体の大きさ、波長に対する比及び反射物体の電気定数等に依存するため、測定条件によっては、これら距離以内の領域での測定が可能な場合もある。WPT システムについては、波源から 20 cm 未満であっても市販の磁界プローブにより磁界強度の測定が可能であることを確認している。

防護指針においては、指針値は、対象とする空間の電磁波の状況に応じて、時間平均、瞬時値の最大値等で示されている。したがって、測定して電磁界強度の瞬時値をそのまま評価するのではなく、指針値と比較できるように測定値の処理を行う必要がある。

以下に、その他の考慮すべき要件について述べる。

(1) 時間平均

磁界強度が時間とともに変化する場合には、平均時間内で磁界強度の実効値を自乗平方根した値（時間平均値）を適用する。磁界強度は、瞬時値が指針値を超える場合であっても、時間平均値が指針値を超えない場合は、指針値を満たすものと評価される。

(2) 空間平均

人体が占める空間の相当する領域における磁界分布が均一でない場合、空間的な平均値を用いることが可能な場合もある。人体が占める空間に相当する領域において、時間平均された電磁界強度が指針値を超える点があっても、その空間内における平均値が指針値を超えない場合は、指針値を満たすと評価される。

(3) 複数波の評価

入射波が指針値に対して無視できないレベルの複数の周波数成分からなる場合は、それぞれの入射波の磁界強度を測定し、それぞれ指針値に対する割合を算出し、それらの自乗和が 1 を超えなければ、指針値を満たすと評価される。

(4) 国際規格に基づく評価

1998 年に制定された規格「人体ばく露に関する低周波磁界及び電界の測定－測定器の特別要求事項及び測定の手引き (IEC 61786) [3]」では、電磁界の基本事項、測定手順や測定器の要求仕様を示している。現在改定作業が進められており、電磁界測定器に関する基本事項と、測定手順のガイダンスについて、分冊発行することが決定している（すでに、基本事項を規定したパート 1 が、2013 年 12 月に発行されている[1]）。なお本規格[3]は、2004 年に JIS 化され、JIS C 1910[2]として発行されている。このほか、家電の磁界測定法 IEC 62233[4]ならびに電磁界評価法の共通規格 IEC 62311[5]においても、ガイドライン適合性評価を念頭においた電磁界測定方法が規定されている。

これらの国際規格では、装置の大きさや標準的な使用方法を元に電磁界を測定する位置を決めることとしており、IEC 62311 では「使用者の通常位置」としている。また、IEC 62233 では代表的な装置に対して測定位置を詳細に規定している。さらに、広帯域スペクトラムの場合、Time Domain 法も使用することができる。

(5) 測定上の注意事項

防護対策を講じるなど、測定者の安全を確保することが重要である。また、下記にも留意すること。

- 測定系の選定を誤らないこと。
- 測定空間の内又は近傍に反射物等がある場合は、測定位置のわずかな変化に対して、電磁界強度が複雑に変化し局所的に大きくなることがあるので、測定位置の選定に注意すること。
- 指向性を有するアンテナを用いる場合には、その指向特性（水平・垂直）を十分考慮し、主輻射方向以外の方向からの入射波の影響についても考慮すること。
- 測定実施時には、測定者及び測定系に起因する電磁界のじょう乱を極力避けるよう配慮すること。特に、時間的に変化している電磁界を測定している間は、測定者、アンテナ及び周囲の物体は移動させないこと。また、走査測定に伴って生じる電磁界の変動が、空間的な変動か、時間的な変動かを区別するため、走査を遅くするなど十分な注意を払いながら測定を実施すること。
- 測定機器は、環境条件（温度、湿度、振動、電磁界など）の影響を受ける場合がある。
- 測定系は校正されたものを用いること。構成機器の経過年数、使用頻度などに応じて定期的に校正を実施することが望ましい。

[1] IEC 61786-1 Ed. 1.0: “Measurement of DC magnetic, AC magnetic and AC electric fields from 1 Hz to 100 kHz with regard to exposure of human beings -Part 1: Requirements for measuring instruments” (2013)

[2] JIS C 1910 : 「人体ばく露を考慮した低周波磁界及び電界の測定」 (2004)

- [3] IEC 61786 Ed. 1.0: “Measurement of Low-Frequency Magnetic and Electric Fields with Regard to Exposure of Human Beings - Special Requirements for Instruments and Guidance for Measurements” (1998)
- [4] IEC 62233 Ed. 1.0: “Measurement methods for electromagnetic fields of household appliances and similar apparatus with regard to human exposure” , (2005)
- [5] IEC 62311 Ed. 1.0: “Assessment of electronic and electrical equipment related to human exposure restrictions for electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz)” , (2007)

付録 F 接触電流測定方法

F.1 測定装置の要件

(1) 人体等価インピーダンス回路

対象となる無線局、高周波利用設備に応じて適切な周波数特性をもつ人体等価インピーダンス回路を用いる。成人男性の握り接触時の人体インピーダンスの平均的な特性例を表 F.1 及び図 F.1-1 に示す。また、それを近似的に実現した IEC 60990 国際規格[1]の等価回路を図 F.1-2 に示す。ただし、周波数 100 kHz 以上で電流を 100 mA 流した場合、抵抗 $R_b = 500 \Omega$ での消費電力は 5 W に達することに注意する。

等価回路のインピーダンスが人体インピーダンスよりも低い場合は、接触電流の測定値が過大評価となるためにより安全側にあるが、高い場合は過小評価となっていることに注意する。1 MHz 以上で、等価回路のインピーダンスが人体インピーダンスより若干(10%未満)低くなっているが、当該周波数領域の接触電流に関する指針値には主に熱作用(熱傷)の閾値から 20 倍(約 2000%)の安全率を見込んでいることから、等価回路のインピーダンスを用いた評価に関して安全性の問題は生じないと考えられる。

表 F.1 成人男性(握り接触)のインピーダンスの周波数特性

Frequency	50 Hz	60 Hz	100 Hz	300 Hz	1 kHz	3 kHz	10 kHz
Impedance	5400 Ω	5000 Ω	3920 Ω	2270 Ω	1255 Ω	856 Ω	670 Ω
Frequency	30 kHz	100 kHz	300 kHz	1 MHz	3 MHz	10 MHz	30 MHz
Impedance	589 Ω	532 Ω	500 Ω	470 Ω	460 Ω	460 Ω	460 Ω

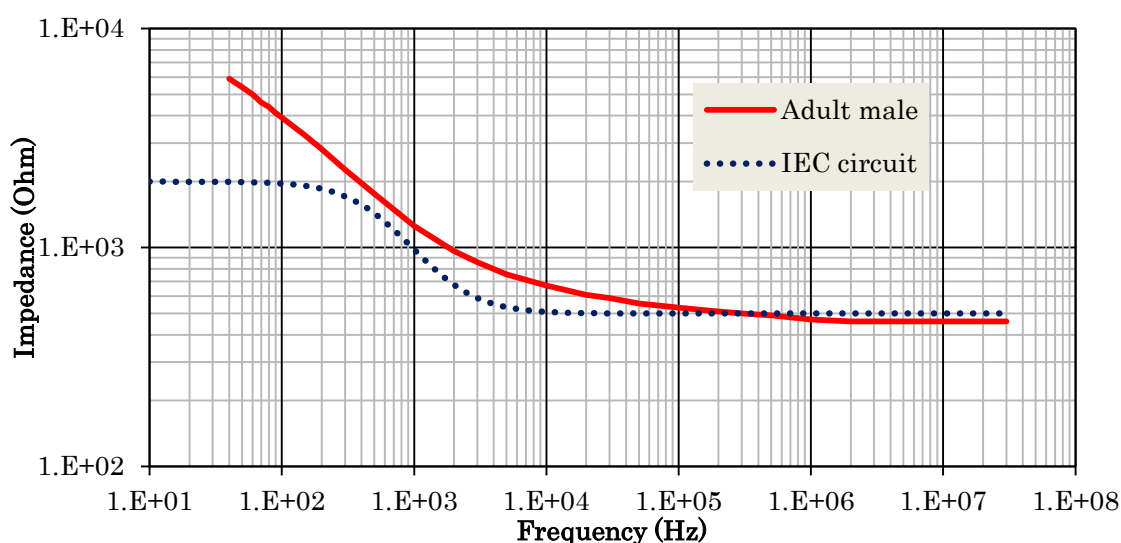


図 F.1-1 成人男性と IEC 等価回路のインピーダンスの周波数特性

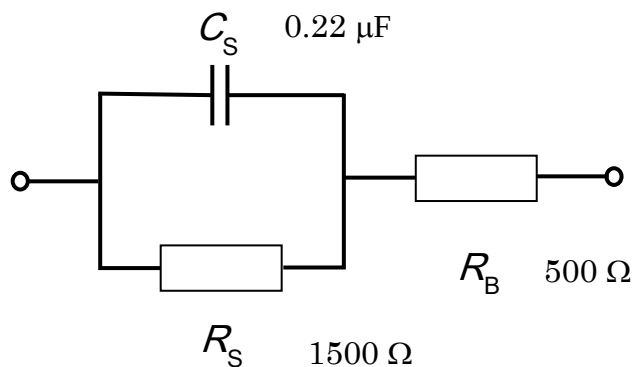


図 F. 1-2 IEC 等価回路

(2) 電極

接触電極は、金属製の接触端子を用いる。対象の接触部分が塗装されているような場合には、IEC 60990 の規定に準じて、10 cm×20 cm の金属箔を貼りつけて手のひらによる接触を模擬する。接地電極は、足裏に相当する面積の金属板を用いる。靴の着用を模擬する場合は、接地電極の下に適当な厚さの絶縁シートを敷く。

(3) 電流計又は電圧計

対象となる WPT システムに応じて、適切な周波数帯域をもつ電流計又は電圧計を用いる。電流計は、クランプ式でもよい。電圧計を用いる場合は、等価回路に直列接続された 10 Ω 程度の抵抗両端の電圧より電流値に換算して求める。電流計又は電圧計の測定平均化時間は 1 秒以内とし、波形振幅が時間的に変動する場合はピークホールド値を求める。

接触電流測定装置の構成例を図 F. 1-3 に示す。

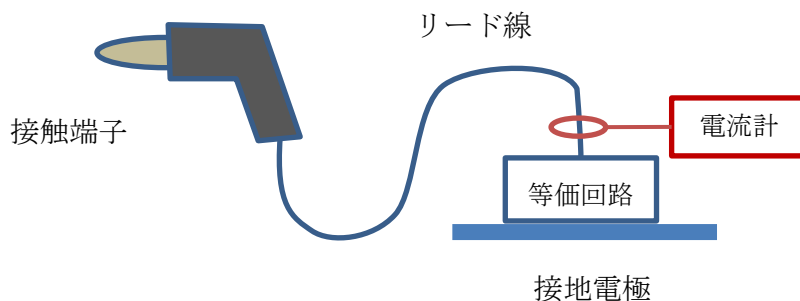


図 F. 1-3 接触電流測定装置の構成例

F.2 非接地金属板を用いた測定手順

(1) 単一周波数とみなせるかどうかを事前調査・判定する。

単一周波数とみなせる場合、周波数に応じた人体等価インピーダンス回路を介して電流を測定する。複数周波数波源の場合は、防護指針（諮問第 38 号答申）又は 5.5.3 節に準拠して対象周波数ごとに測定する。

(2) 人が立つと想定される位置に接地電極を置く。

(3) 対象となる WPT システム周辺に想定される金属体を模擬した金属板を非接地状態で設置する。金属体は WPT システムに近接するほど、接触電流が大きくなる傾向が示されているため、通常の利用状況で最も近接する位置に金属板を設置する。金属板の位置（高さ）や向きによって接触電流が変化するため、システム毎に接触電流が最大となる条件を確認すること。

(4) 人が接触すると想定される金属板の部分に接触端子を触れる。指示値が安定したときの値を求める。接触位置への接触電流の依存性がある場合、接触電流が最大となる位置で測定を行うこと。

F.3 接地金属板を用いた測定手順

(1) 単一周波数とみなせるかどうかを事前調査・判定する。

単一周波数とみなせる場合、周波数に応じた人体等価インピーダンス回路を介して電流を測定する。複数周波数波源の場合は、防護指針（諮問第 38 号答申）又は 5.5.3 節に準拠して対象周波数ごとに測定する。

(2) 人が立つと想定される位置に接地電極を置く。

(3) 対象となる WPT システム周辺に想定される金属体を模擬した金属板を接地状態で設置する。金属体は WPT システムに近接するほど、接触電流が大きくなる傾向が示されているため、通常の利用状況で最も近接する位置に金属板を設置する。金属板の向きによって接触電流が変化するため、システム毎に接触電流が最大となる条件を確認すること。

(4) 人が接触すると想定される金属板の部分に接触端子を触れる。指示値が安定したときの値を求める。接地金属板と人体等価インピーダンス回路等が作るループの鎖交磁束が大きいほど接触電流が大きくなるため、成人人体が水平に手を伸ばした場合の 150cm（高さ）×50cm（横幅）程度以上のループができるように接触するものとし、ループの向きは接触電流が最大となる条件とすること。

F.4 測定上の注意事項

防護対策を講じるなど、測定者の安全を確保することが重要である。特に、接触電流等の測定に際しても、高周波熱傷又は電撃を受けないよう十分に注意を払う必要がある。また、下記にも留意すること。

- 測定系の選定を誤らないこと。
- 測定実施時には、測定者及び測定系に起因する電磁界のじょう乱を極力避けるよう配慮すること。特に、時間的に変化している電磁界を測定している間は、測定者、アンテナ及び周囲の物体は移動させないこと。また、走査測定に伴って生じる電磁界の変動が、空間的な変動か、時間的な変動かを区別するため、走査を遅くするなど十分な注意を払いながら測定を実施すること。
- 測定中に測定者が WPT システムと金属板の間に位置すると、接触電流が大幅に低下する可能性があるため、非金属のジグで接触電流計を保持する等により、人体の影響を極力小さくすることが重要である。
- 金属板の位置（高さ）や向きによって、接触電流が変化する。一般的に、WPT システムと対向させた場合に接触電流が大きくなる傾向が示されているが、WPT システムの動作モードやコイル形状等にも依存するため、システム毎に接触電流が最大となる条件を確認する必要がある。
- 接地金属板における接触電流の評価時には、接地電極と人体等価インピーダンス回路、リード線、接触端子、対象となる接地金属板及び大地により形成されるループ面積が、実際に人が接触する状況と同程度になるように留意する。
- 予備的な測定より、非接地金属板に対する接触電流計の接触位置により、接触電流が 30%程度変動することが確認されている。システムによっては接触位置への依存性がより大きい場合が考えられるため、接触電流が最大となる接触位置について確認する必要がある。
- 測定機器は、環境条件（温度、湿度、振動、電磁界など）の影響を受ける場合がある。
- 測定系は、校正されたものを用いること。構成機器の経過年数、使用頻度などに応じて定期的に校正を実施することが望ましい。

[1] IEC 60990 Ed.2.0, Methods of measurement of touch current and protective conductor current, (1999).

付録 G 電波防護指針への適合性確認方法（SAR、電流密度評価方法）

防護指針の基礎指針（局所吸収指針）や基本制限に従ったばく露評価方法として、体内誘導電界の評価と SAR の評価がある。どちらも人体内部に発生する電界を元に評価するため、ファントム（擬似人体）による実測、又は数値モデルを用いた電磁界計算により評価することとなる。

体内誘導電流密度（体内誘導電界と導電率との積）を求める方法は IEC 62311 国際規格[3]の Annex C に解説されている。また、SAR の評価については、IEC 62479 国際規格[4]に評価手順、IEC 62209-1/-2 国際規格[5, 6]に測定による手順が規定されている。本付録ではこれら計算手法と IEC 62233 国際規格[7]で用いられている結合係数の算出手順、SAR のばく露評価手順について述べる。

G.1 体内誘導電流密度の評価方法

G.1.1 体内誘導電流密度の計算方法

体内誘導電流密度は、数値計算による評価方法が一般的である。

表 G.1.1-1 に IEC62311 Annex C に例示された人体モデル/波源モデルを、表 G.1.1-2 にばく露量計算に用いられる計算手法をまとめた。

表 G.1.1-1 数値計算のための人体モデルと計算手法

分類	モデル/作成プロジェクト名	備考
解剖学的モデル (詳細モデル)	The Visible Human Project	米国国立医学図書館
	MEET Man	ドイツ カールスルーエ大学
	Hugo	スイス Viewtec 社
	Norman	英国放射線防護局
	University Of Utah	ユタ大学
	University of Victoria	カナダ ビクトリア大学
	Brooks Air force Base	米国 ブルークス空軍基地
	Average Japanese male and female human models	日本 情報通信研究機構
	Korean human model	韓国 電子通信研究院
簡易モデル	Spheroids (球状体モデル)	モデルサイズ 体幹部：600×300 mm 頭部：300×200 mm
	Cuboids (直方体モデル)	モデルサイズ 0.4×0.4×1.8m (x×y×z)

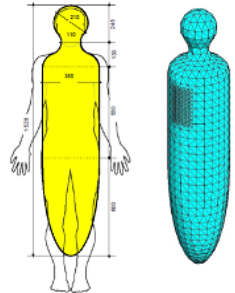
	Homogeneous human body model (均一人体モデル)	
波源モデル	Straight Wire	単純なばく露量評価問題に適用
	Circular/Rectangular coil	
	Equivalent source model 装置周囲の磁束密度を測定し、装置表面に並べた複数の等価な磁気ダイポールを組み合わせて変換したモデル	詳細なばく露量評価計算や非一様な場のばく露量計算に適用

表 G. 1. 1-2 計算手法

計算手法	和名	備考
BEM(Boundary Element Method)	境界要素法	full-wave 計算
FDFD(Finite Difference Frequency Domain)	有限差分周波数領域法	full-wave 計算
FDTD(Finite Difference Time Domain)	有限差分時間領域法	full-wave 計算
FEM(Finite Element Method)	有限要素法	full-wave 計算
FIT(Finite Integration Technique)	有限積分法	full-wave 計算
MoM(Method of Moments)	モーメント法	full-wave 計算
SPFD(Scalar Potential Finite difference)	スカラーポテンシャル 有限差分法	準静的近似計算
IP(Impedance Method)	インピーダンス法	準静的近似計算

これらのモデルと計算手法を組み合わせ、人体への誘導電流密度を計算する。

G. 1. 2 体内誘導電流計算の例

簡易波源等を対象とした計算例が IEC62311 に示されている。G. 2. 6 節に WPT システムを対象とした計算例を示す。

G. 1. 3 結合係数の算出

防護指針の電磁界強度指針や ICNIRP ガイドラインの参考レベルは、人体のばく露量が

最大となる、一様な電磁界へのばく露を想定して算出されている。このため、電磁界強度が一様でない状況において、ある一点における最大電磁界強度の値に対してこれらを適用した評価を行った場合には、電磁界への人体ばく露量が実際より大きなものとして算出されてしまい、実状に対して過剰に厳しい評価となる可能性がある。そこで、電磁界の非一様性を考慮するため、波源から人体がある程度離れた場合には、空間平均値等の適用が可能である。一方で、波源の近傍に人体が近接する場合（20 cm 以内）には、空間平均値は適用できないため、基礎指針、局所吸収指針又は基本制限に基づいた電磁界の非一様性の補正方法として、結合係数 k が用いられる。図 G. 1. 3 に IEC62226-1 国際規格[8]による結合係数 k を用いて EMF 評価を行う手法の概要を示す。

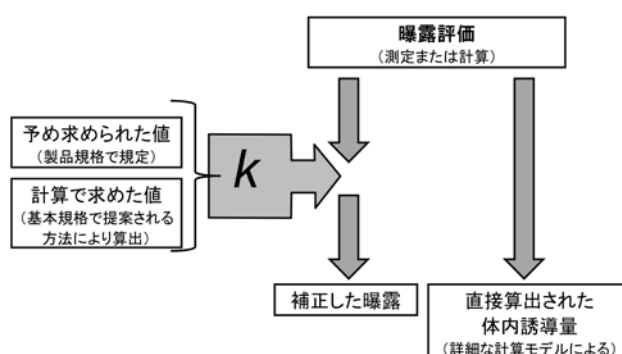
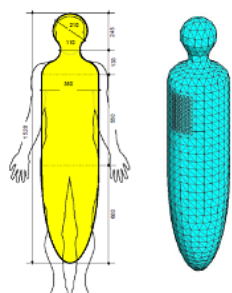


図 G. 1. 3 ばく露基準を考慮したばく露量評価手法の概要

関連する製品/製品群に対する IEC 国際規格等に結合係数 k が予め算出されているか、IEC62311 などの基本規格で規定された算出方法に従い結合係数 k を求めることが可能な場合、測定された最大電磁界強度測定値をこの結合係数 k により補正した値をもって、体内誘導量に関する指針値（基本制限、局所吸収指針又は基礎指針値）への適合性を確認してもよい。

表 G. 1. 3-1 に示すとおり、IEC62226-1 における結合係数 k の定義は一様電磁界にばく露した場合に生じる誘導電流密度と磁界に対する非一様電磁界にばく露した場合の誘導電流や磁界の比を示している。

表 G.1.3-1 国際規格における結合係数 k の定義

規格	IEC 62226-1	IEC 62311/62233
結合係数 k の定義	(定義1) 人体モデル内最大磁界が一様な場合の最大誘導電流に対する非一様磁界による最大誘導電流の比 $k = \frac{J_{\max\_non-uniform}}{J_{\max\_uniform}}$ $J_{\max\_non-uniform}$: 非一様電磁界により生じる最大の誘導電流 $J_{\max\_uniform}$: 一様電磁界により生じる最大の誘導電流	人体モデル： 均一人体モデル (IEC 62311/62233) と不均一モデル (IEC 62311)  算出に用いる磁界センサの大きさ：100 cm² 又は 3 cm² (定義) $a_c = \frac{\left[\frac{J_{\max}}{B_{\max\_Sensor}} \right]}{\left[\frac{J_{BR}}{B_{RL}} \right]}$ $J_{\max}$: 人体モデルに生じる最大の誘導電流 $B_{\max\_Sensor}$: 測定空間内を磁界センサを走査した場合、磁界センサ領域で平均された磁界の最大値 J_{BR} : 誘導電流に対する基本制限 B_{RL} : 磁界の参考レベル
	(定義2) 人体モデル内に同一の大きさの誘導電流密度の最大値を生じさせる一様／非一様外部磁界の比 $k = \frac{B_{\max\_non-uniform}}{B_{\max\_uniform}}$ $B_{\max\_non-uniform}$: 非一様電磁界により生じる最大の磁界 $B_{\max\_uniform}$: 一様電磁界により生じる最大の磁界	

これに対して、IEC 62311 や IEC 62233 では、特定の人体モデルとセンサの組み合わせを規定して結合係数 a_c を求めている。この結合係数 a_c を測定した磁界や磁束密度に乗じることにより非一様性の影響を考慮することを許容している。

実際に IEC 62311/62233 を用いて、結合係数を算出する手順は下記のとおりである。

結合係数算出の手順

(手順1) ばく露距離を規定する。ばく露距離は発生源と磁界測定プローブ先端までの最短距離とする。

発生源の正確な位置が特定できない場合は装置の表面から磁界測定プローブ先端

までの距離とする。

(手順2) 電磁界放射源の等価ループアンテナの半径を特定する (IEC 62311 の C. 7. 3. 3 の Step 1 を参照)。

(手順3) 磁界センサ領域で平均された磁界に対する最大誘導電流密度の比 (J_{max}/B_{max_sensor}) を表す係数 k 、 k' を求める。係数 k は人体の導電率 σ を 0.1 (S/m) とし、周波数 50Hz で正規化したものである。IEC 62311 及び IEC 62233 では、等価波源 (ループアンテナ) の半径と波源との距離から既に係数 k が求められており、係数 k は、表 G. 1. 3-2 の値から補間して求めることができる。

表 G. 1. 3-2 周波数 50Hz で正規化された結合係数 k

		等価波源ループアンテナ半径 [cm]					
		1	2	3	5	7	10
ばく露 距離 [cm]	1	21.354	15.326	8.929	5.060	3.760	3.523
	5	4.172	3.937	3.696	3.180	2.858	2.546
	10	2.791	2.735	2.696	2.660	2.534	2.411
	20	2.456	2.374	2.369	2.404	2.398	2.488
	30	2.801	2.735	2.714	2.778	2.687	2.744
	40	3.070	2.969	2.933	3.042	2.865	2.916
	50	3.271	3.137	3.086	3.251	2.989	3.040
	60	3.437	3.271	3.206	3.429	3.079	3.134
	70	3.588	3.388	3.311	3.595	3.156	3.216
	100	3.940	3.659	3.601	4.022	3.570	3.604

注：表 G. 1. 3-2 は IEC 62311 Annex C 及び IEC 62233 Annex C から抜粋したものである。

算出において、磁界センサは 100 cm² のループアンテナを仮定している。

この係数 k から周波数 f [Hz] と導電率 σ [S/m] を補正した係数 k' を式 G. 1. 3-1 を用いて算出する。

$$k' = \frac{f}{50} \cdot \frac{\sigma}{0.1} \cdot k \quad (\text{式 G. 1. 3-1})$$

(手順4) 対象とする周波数における誘導電流の基本制限 J_{BR} [mA/m²] と磁界強度の参照レベル B_{RL} [μT] を用いて、結合係数 a_c を求める。

$$a_c = k' \cdot \frac{B_{RL}}{J_{BR}} \quad (\text{式 G. 1. 3-2})$$

代表的な結合係数の例

表 G. 1. 3-3 に IEC 62233 Annex C に示される代表的な結合係数 a_c の例を示す。なお、WPT システムに対する解析例については、G. 2. 6. 4 節で示す。

表 G. 1. 3-3 代表的な結合係数 a_c の例

装置の大きさ	測定距離[cm]	結合係数： a_c	適用
Small	0	1.00	操作パネル等の部位 の評価に適用
Large	0	0.15	
Small	10	0.14	装置の人体が近接す る面の評価に適用
Large	10	0.16	
Small	30	0.14	
Large	30	0.18	

注：Small とは、発生源が装置の表面すぐ内部の位置に存在するような場合

Large とは、発生源が装置表面から 10～40 cm 程度の内部の位置にあるような場合

G. 2 SAR の評価方法

ICNIRP 国際ガイドラインでは、100 kHz-10 GHz の熱影響に対して、SAR の基本制限が設けられている。表 G. 2 に SAR 評価に関する国際規格を示す。

表 G. 2 SAR 評価に関する IEC 規格

規格番号	題名（和文略称）	主な内容
IEC 62311	汎用製品規格	電磁界への人体ばく露量評価手順 ばく露量評価で用いる評価方法 測定不確かさの取り扱い 数値計算モデル 体内誘導電界からの算出方法
IEC 62479	小電力電気・電子機器 の汎用製品規格	除外可能な電力レベルの算出方法 小電力機器の判定手順
IEC 62209-1	側頭部で使用される携 帯無線端末に対する局所 SAR 測定方法	測定装置の規定 (1) 人体ファントムと液剤 (2) 電界プローブと走査機構 測定手順 (1) 測定システム動作確認 (2) スキャン手順 (3) SAR 評価法
IEC 62209-2	側頭部以外で使用され る携帯無線端末に対する 局所 SAR 測定方法	

G. 2. 1 除外可能な電力の算出

ばく露基準の基本制限より、基本制限を超えるばく露を生じるために最低限機器が必要な電力 $P_{\max}$ を算出することができる。

SAR において、局所 SAR の基本制限を $SAR_{\max}$ 、平均質量を m とすると、 $P_{\max}$ は

$$P_{\max} = SAR_{\max} \times m \quad (\text{式 G. 2. 1})$$

となる。

この $P_{\max}$ を「除外可能な電力レベル」又は「微弱電力除外レベル」と呼ぶ。表 G. 2. 1-1 に代表的なばく露基準とそれらの SAR に関する基準値を列挙した。この基準値を元に算出される局所 SAR に関する除外可能な電力レベルを表 G. 2. 1-2 に示す。

表 G. 2. 1-1 SAR に関するばく露規準（単位は[W/kg]）

ばく露規準	ばく露環境	周波数	全身平均 SAR	局所 SAR* (頭部／体幹)	局所 SAR* (四肢)
電波防護指針 (局所吸収指針)	管理環境	100 kHz	0.4	10	20
	一般環境	~6 GHz	0.08	2	4
ICNIRP ガイドライン (1998 年版) [9]	職業的ばく露	100 kHz	0.4	10	20
	公衆のばく露	~10 GHz	0.08	2	4
IEEE95.1 (1999 年版) [10]	管理環境	100 kHz	0.4	4	20
	非管理環境	~6 GHz	0.08	1.6	4
IEEE95.1 (2005 年版) [11]	管理環境	100 kHz	0.4	10	20
	Action Level	~3 GHz	0.08	2	4

*) IEEE95.1 (1999 年版) の非管理環境における頭部／体幹の値のみ 1g 平均で、他の値は 10g 平均における値である。

表 G. 2. 1-2 局所 SAR に関する除外可能な電力レベル

SAR のばく露規準（基本制限）		除外可能な電力 レベル[mW]	備考
基準値 [W/kg]	平均する組織の 質量 [g]		
1.6	1	1.6	IEEE95.1（1999 年版） 頭部/体幹
2	10	20	ICNIRP/電波防護指針 /IEEE（2005 年版） 頭部/体幹
4		40	
10		100	職業ばく露における 頭部/体幹
20		200	職業ばく露における 四肢

G. 2. 2 除外可能な電力を用いた評価方法

機器から意図的／非意図的に放射する電磁界の電力は機器の消費電力を超えることはない。機器の消費電力が、除外可能な電力レベル P_{max} を超えないのであれば、機器から発せられる電磁波の電力はばく露基準を超えないことは明白であり、詳細な測定や計算を行わずに、ばく露基準への適合性を確認することができる。機器や回路の消費電力を基準に下記のように機器を分類する。

- (1) 機器の消費電力が P_{max} を超えない機器
- (2) 機器の高周波電力を生成している回路の消費電力（入力電力）が P_{max} を超えない機器
- (3) 意図的放射機器の空中線（アンテナ）や WPT システムの電力伝送部に印加される電力が P_{max} を越えない機器
- (4) 実測により、機器から放射する総電力が P_{max} を超えない機器

これら(1)から(4)の機器を小電力機器と呼び、これらの機器は SAR の測定を行うことなく、ばく露基準を満足しているとみなすことができる。

一般に無線回路を搭載していない電気電子機器は EMI（Electromagnetic Interference：電磁雑音）が規制されているため、外部に漏えいする電磁界が非常に低く抑えられている。EMI の測定結果から放射電力を逆算することも可能であるが、「遠方界の測定結果である」、「人体との結合を考慮していない」「評価されている周波数範囲が 30 MHz から 1 GHz（又は 6 GHz）であり、100Hz から 30 MHz の放射電磁界を評価していない」といった理由から、IEC62479 では、EEMI の結果からばく露評価を評価することは認められていない。一方で、このような無線回路を搭載していない機器に対して、

IEC62479 では、「生来ばく露規準を超える能力を有しない」という意味を表す「inherently Compliant」として、詳細なばく露評価を課さない評価手順も用意されている。

G. 2. 3 測定による SAR の評価方法

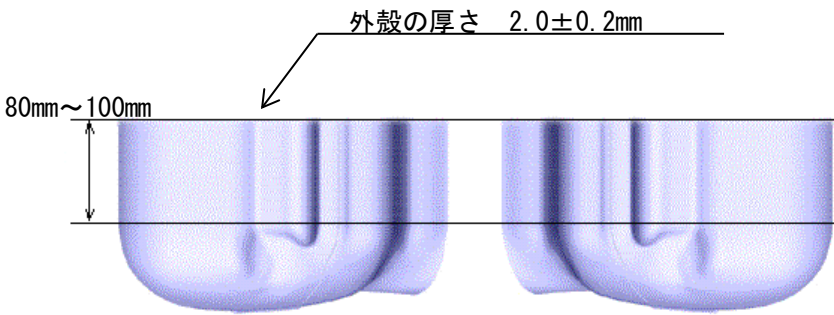
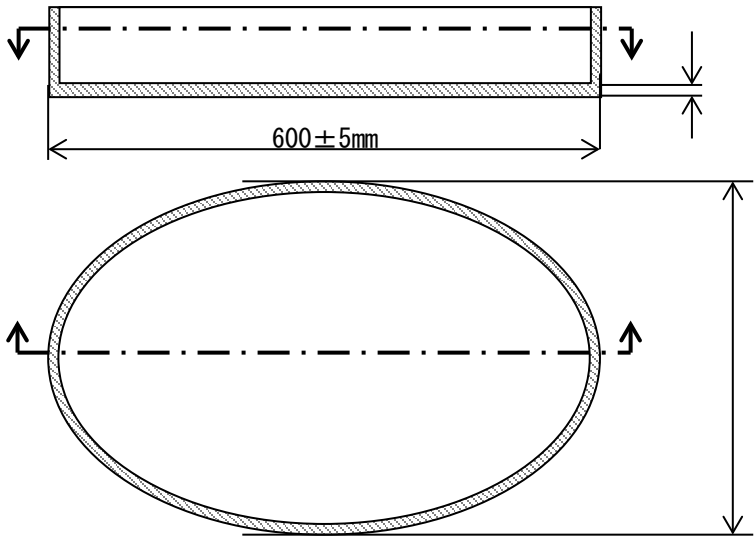
測定による SAR 評価は波源の周波数と人体との距離によって、評価方法が異なる。主な評価方法を表 G. 2. 3-1 にまとめた。

表 G. 2. 3-1 測定による局所 SAR 評価方法

周波数帯域	人体との距離		備考
	20 cm 未満	20 cm 以上	
100 kHz-30 MHz	SAR を直接評価する評価法は標準化されていない。 電磁界プローブによる測定が可能な場合、電磁界強度測定値の最大値を参考レベルと比較により判定。	電磁界強度を測定して、参考レベルとの比較により判定。電磁界強度の空間平均を適用可能。	適用要件を満足する場合、結合係数を用いた評価も可能。
30 MHz-6 GHz	IEC 62209-1/-2 にもとづき、SAR を測定し、基本制限と比較することにより判定。 電磁界プローブによる測定が可能な場合、電磁界強度測定値の最大値を参考レベルと比較により判定。	電磁界強度を測定して、参考レベルとの比較により判定。電磁界強度の空間平均を適用可能。	
6 GHz-10 GHz	SAR を直接評価する評価法は標準化されていない。 電磁界プローブによる測定が可能な場合、電磁界強度測定値の最大値を参考レベルと比較により判定。	電磁界強度を測定して、参考レベルとの比較により判定。電磁界強度の空間平均を適用可能。	防護指針の局所吸収指針（局所 SAR 指針値）は 6GHz 以上の周波数では規定されていない。

測定により SAR を評価する代表的な方法は、IEC 62209-1 と IEC 62209-2 で規定される人体ファントムを使用した方法である。IEC 62209-1 は、携帯電話等の側頭部で使用する機器を対象としており、IEC 62209-2 は、体幹部や四肢などの側頭部以外の部位に近接して使用される機器を対象とした測定方法である。

表 G. 2. 3-2 SAR 測定用ファントム

規格	ファントム形状	対象
IEC 62209-1	 外殻の厚さ 2.0±0.2mm 80mm~100mm CAD データは IEEE サイトより入手可能	携帯電話
IEC 62209-2	 400 600±5mm	側頭部以外で使用する携帯型無線機

電界プローブにより、ファントム内に生じた電界を測定する。電界を E [V/m]、細胞の電気伝導率を σ [S/m]、密度を ρ [Kg/m³] とすると、SAR の実効値は

$$SAR = \sigma E^2 / \rho \quad (\text{式 G. 2. 3})$$

となる。

ファントム内をスキャンして、式 G. 2. 3 の SAR が最大となるポイントの周囲の組織 10g (又は 1g) に相当する体積の SAR を平均することにより、SAR を求めている。

G. 2. 4 計算による SAR 評価方法

現在、人体の数値モデルを用いた SAR 計算に関する研究が数多く行われており、IEC 及び IEEE において、計算方法の国際標準化も進められている。

表 G. 2. 4 数値計算による SAR 評価方法

IEC の国際規格 作業プロジェクト 番号	内容		備考
	対象	計算アルゴリズム	
62704-1	プログラムに対する要求事項	FDTD (有限差分時間領域法)	3rd CD 作成中
62704-2	車載用アンテナ	FDTD	3rd CD 作成中
62704-3	携帯電話	FDTD	3rd CD 作成中
62704-4	車載機器	FEM (有限要素法)	1st CD 作成中

WPT システムには人体ファントムに接触させた状態で SAR 測定を行うことが困難な機器も多いと考えられるので、計算による評価方法が早期に確立することが望まれる。

G. 2. 5 WPT システムの誘導電界、SAR の評価例

本節では、数値人体モデル等を用いた数値計算による誘導電界及び SAR の評価例を示す。なお、評価例で示す各 WPT システムは、本報告書で規定している WPT システムとは多少ずれた周波数範囲で動作するものが含まれている。動作周波数が仕様範囲外であるものの、電力伝送の原理は同じであるため、本報告書で規定する WPT システムにおける電磁界への人体ばく露量特性とほぼ同様であるものと考えられる。

G. 2. 5. 1 電気自動車用 WPT システム

受信 (車両) 側コイル、送信 (地面) 側コイルともに同一の構成のソレノイドコイルとする。また、コイルのコアサイズ (比透磁率 μ_r は 1800) は横 400 mm×縦 400 mm×厚さ 10 mm、巻き数は 10 回とした。伝送周波数は 85 kHz、伝送電力は 7 kW とする。

車両モデルの外観を図 G. 2. 5. 1-1 に示す。車両は全長 4500 mm×幅 1700 mm とし、大地面及び車体部が完全導体であるのに対して、車体後部のバンパー部は比誘電率及び損失性の小さい誘電体であるため導電率を 0 としている。

考慮する伝送システムの搭載位置は図 G. 2. 6. 1 のように、車両前方、中央、後方の 3 通りとした。送受コイル間距離は前方、中央配置の場合が 200 mm、後方配置の場合が 300 mm である。中央配置は車体の中央に配置し、後方配置、前方配置とはそれぞれ 1500 mm の間隔とした。

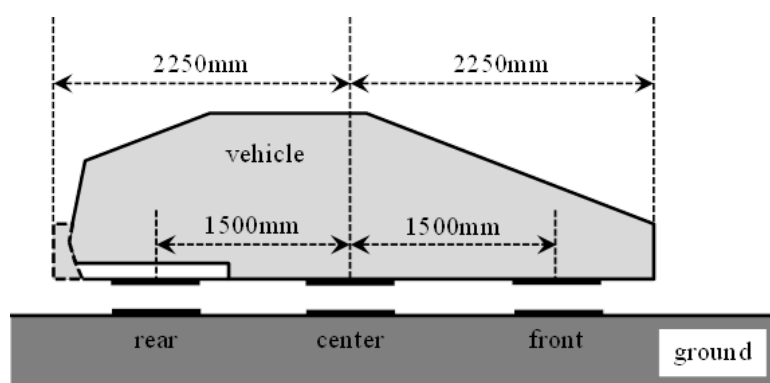


図 G. 2. 5. 1-1 車両モデルの外観

自動車を駐車する場合、必ず送受コイルが正対するとは考えにくく、また、コイルが正対していない場合には、正対している場合よりも漏えい磁界が大きくなることが報告されている⁽¹⁾。そのため、コイル間に、許容ずれ範囲内で漏えい磁界が最も大きくなるような位置ずれが生じている場合も考える。その場合、送信側 1 次コイルが受信（車両）側 2 次コイルに対し、横方向へ 20 cm、前後方向へ 10 cm ずれている状況を想定した。

体内誘導量を評価するのに先立ち、外部磁界分布の解析値と測定値の比較を行った。但し、測定値は、文献(1)により報告されたものであり、図 G. 2. 5. 1-1 のような車両の形状を考慮したものではない。解析では車両後方の磁界分布を計算した。比較の結果を図 G. 2. 5. 1-2 に示す。図より、測定値と解析値の傾向はよく一致していることが確認できる

⁽²⁾。

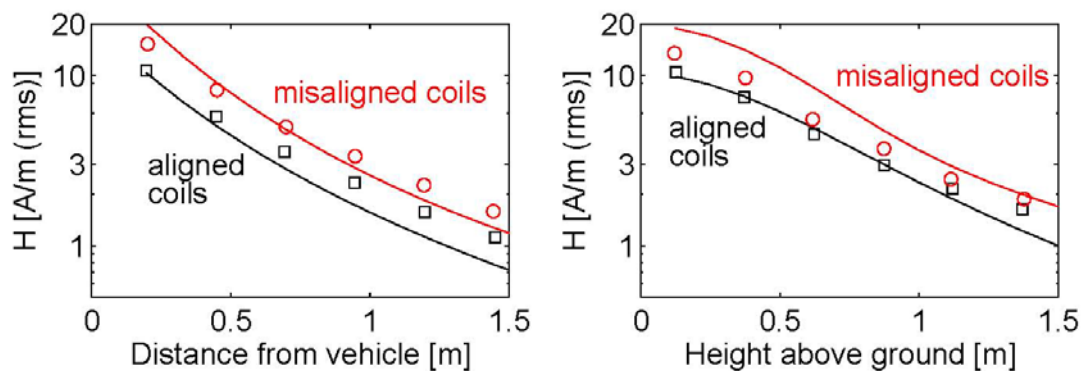


図 G. 2. 5. 1-2 磁界強度の測定値と解析値の比較

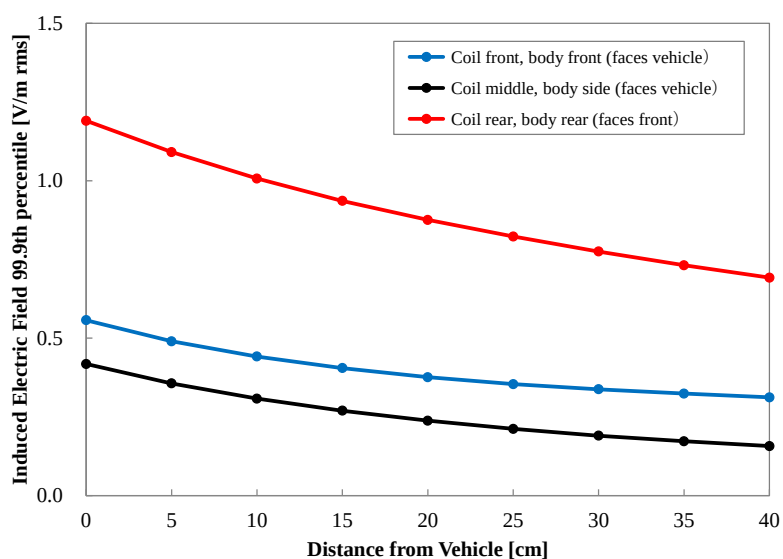


図 G. 2. 5. 1-3 体内誘導電界強度の距離特性

図 G. 2. 5. 1-3 に、WPT システムを車両前方、中央、後方に搭載した場合に、体内誘導電界強度が最も大きくなる基準位置を定め、その点からの距離特性を示す。なお、人体部位の先端（つま先）から車両までの間隔を距離と定義した。縦軸は人体に誘導される電界の最大値である。

同図より、人体に誘導された体内電界強度は、伝送システムが車両中央にある場合が最も小さくなることが確認できる。これは、車両中央における人体とコイルとの距離が、前方や後方と比べて長く、人体にばく露する磁界強度がより小さくなるためであると考えられる。ここで、車両後方にコイルを設置した場合に体内誘導電界が大きくなっているが、これは地面までの間隔が 30 cm と他の配置の場合 20 cm に比べて大きく設定したことを一因とし、漏れ磁界が大きくなっていると考えられる。また、いずれの条件についても、該当周波数における基本制限 11.5V/m を下回っている。

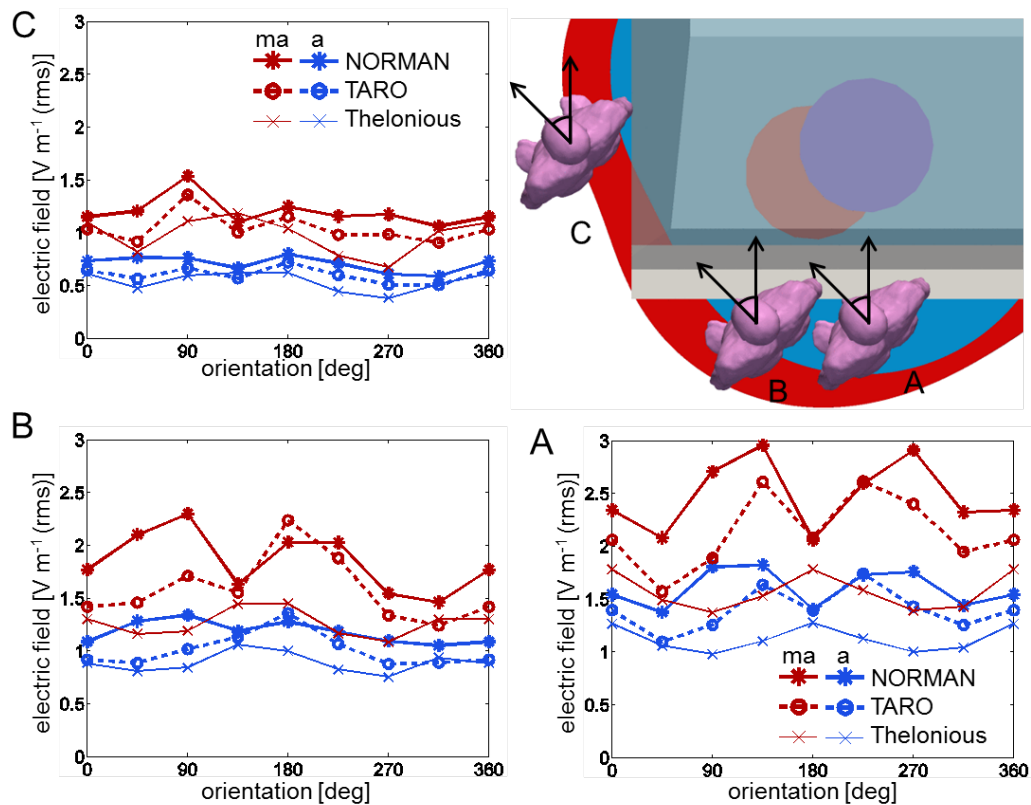


図 G. 2. 5. 1-4 体内誘導電界強度の解析結果

図 G. 2. 5. 1-4 に、車両後方付近の位置で、人体位置に対してモデルが最も近接する状態（身体の一部が車両に接触し、つま先など一部は車両の下に入る状態）での体内誘導電界を解析した結果を示す⁽³⁾。評価には、日本人成人男性モデル TARO に加え、欧州人男性モデル NORMAN、小児モデル Thelonious を考えた。

図 G. 2. 5. 1-4 より、いずれの場合においても基本制限を下回ること、また、成人モデルに比べて小児モデルの誘導電界は小さくなることが確認できる。なお、人体の姿勢を変化させ、より近接させた場合（車両周辺で仰向けになる又は屈む）、体内誘導物理量は基本制限の指標である体内誘導電界強度以下であることも確認している⁽⁴⁾。

通常は、電気自動車と人体の距離は 20 cm 以上離れていることから、補助指針より、人体の占める空間を平均した磁界強度を評価指標として用いることができる。そこで、図 G. 2. 5. 1-4 に示した場合における人体の占める空間を平均した磁界強度と体内誘導電界の関係を図 G. 2. 5. 1-5 に示す。図 G. 2. 5. 1-5(a) より、体内誘導電界と空間平均磁界の間にはよい相関があることが分かる。一方、モデルごとに相関を表す曲線の傾きが異なることが分かる。これは、モデルの断面積の相違により、モデルを通過する磁束が異なることによるものであると考えられる。

また、現実的な適合性評価において、全身にわたり磁界強度を測定することは困難であ

ることから、IEC で定められているように地面から高さ 0.5m、1m、1.5m における平均値を用いた場合を図 G. 2. 5. 1-5 (b) に示す。概ね全身平均の場合と同等の相関が得られる。なお、ここでは示さないが、平均化を行う点を 6 点 (25 cm ごと) などに増加させても相関性は改善されない⁽³⁾。

防護指針を参考に許容電力を試算すると、表 G. 2. 5. 1 のようになる。表 G. 2. 5. 1 より、3 点平均磁界強度による適合性評価は、車両から 0 cm の人体内誘導電界による適合性評価と比べても 6-19 倍厳しめの評価を与えることが分かる。なお、この傾向は簡易人体モデルを用いた解析においても確認されている⁽⁵⁾。

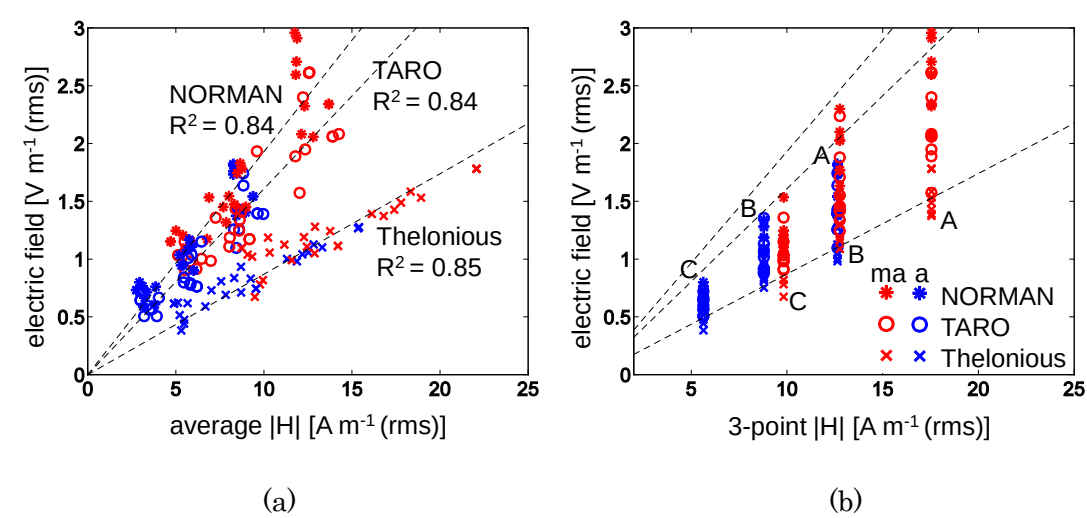


図 G. 2. 5. 1-5 人体を占める空間(a)全体又は(b)高さ 50cm、100 cm、150 cm の磁界強度平均値と体内誘導電界の関係

表 G. 2. 5. 1 電気自動車用 WPT システムに対する最大許容電力

車体に対する 人体位置	3 点平均磁界 強度による最 大許容電力	車体から 10 cm の人体内誘導 電流に基づく 最大許容電力	車体から 0 cm の人体内誘導 電流に基づく 最大許容電力	3 点平均磁界強 度と 0 cm の人体 内誘導電流密度 に基づく最大許 容電力の比
前方	210 kW	5.4 MW	4.0 MW	19 倍
側面	530 kW	4.6 MW	3.3 MW	6.2 倍
後方	57 kW	673 kW	486 kW	8.5 倍

G.2.5.2 家電機器用 WPT システム①

10 MHz 帯ソレノイド型及び 7 MHz 帯水平巻き型の 2 つの WPT システムについて検討を実施した。図 G.2.5.2-1 に計算モデルを示す。人体を 2/3 筋肉の円柱モデルで模擬し、WPT システムに対して 5 つの異なる位置・方向に配置した。それぞれの配置に対して、WPT システムと円柱との距離を 10、60、150 mm と変化させて解析を実施した。

10 MHz 帯ソレノイド型 WPT システムにおいて、計算結果を防護指針値の局所吸収指針である全身平均 SAR: 0.08 W/kg 及び局所 10gSAR: 2 W/kg と比較したところ、人体との距離によっては、局所 10gSAR に比べて全身平均 SAR の制限が厳しい条件も見られることを確認した。ただし、WPT システムと人体との距離が比較的近い(図 G.2.5.2-1 中で、 $d \neq 10$ [mm]) 場合においては、CASE (B) と CASE (C) 以外の条件では、局所 SAR の制限の方が厳しいことがわかった。また、より体の小さい小児では成人に比べて全身平均 SAR が大きくなることもあると考えられる。

さらに、外部電界の影響、外部磁界の影響を検討した結果、外部電界の影響を無視した場合に局所 SAR は過小評価されるものの、過小評価の割合は高々 30% 程度 (CASE (A) の場合に最も過小評価) であることが示されている⁽⁶⁾。

7 MHz 帯水平巻き型 WPT システムにおいて同様の検討を行ったところ、近距離($d=10$ [mm]) では、いずれの場合も局所 SAR の制限の方が厳しいことが確認された。

次に、対象とする人体モデルをリアル形状モデルに拡張した検討を行った。図 G.2.5.2-2 に示す (a) 10 MHz 帯ソレノイド型、(b) 7 MHz 帯ソレノイド型、(c) 7 MHz 帯水平巻き型の 3 つのシステムを想定した。ここでは、システムと人体との距離を 2 cm とし、均一組織の日本人成人男性モデル (TARO) の電気的特性は 2/3 筋肉を用いた。

本検討は、モーメント法、FDTD 法、インピーダンス法の 3 つの手法を用いて、人体モデルの体内誘導量を解析した。モーメント法では、システムと人体の結合及び電界と磁界を考慮した解析となるのに対し、FDTD 法及びインピーダンス法ではシステムと人体の結合を無視した解析となる。また、FDTD 法では周辺電界と磁界の両方を、インピーダンス法では周辺磁界のみを考慮した解析となる。

電界と磁界の両方を考慮した FDTD 法による結果と磁界のみを考慮したインピーダンス法による結果とを比較したところ、ソレノイド型のシステムにおいては電界を無視することによる局所 10gSAR の差異は 30% 程度であり、簡易モデルに対する検討⁽⁶⁾と同様である。一方、全身平均 SAR の差異は 65% 程度になる場合もあることが確認された。

水平巻きのシステムについては、電界を無視することによる差異は、局所 10gSAR 及び全身平均 SAR でそれぞれ 14 % 及び 5% 程度といずれも比較的小さかった。

通常、WPT システム周辺の人体が存在することで、周辺の電界強度は低下すると予想される。一方で、ここで行った検討では、人体が存在していない場合の周辺の電界を考慮している。したがって、電界の影響を実際よりも過大に評価していると考えられる。

ここで用いた FDTD 法及びインピーダンス法による解析では、システムに人体が近接することによる電磁的結合の効果により、WPT システムの動作状態の変動を考慮していない。そこで、システムと人体との電磁的結合を考慮したモーメント法による解析と、システムと人体との電磁的結合を無視した FDTD 法による解析を比較した。その結果、条件によっては、ソレノイド型で 53%程度、水平巻き型で 33%程度の差異が生じることが示された。

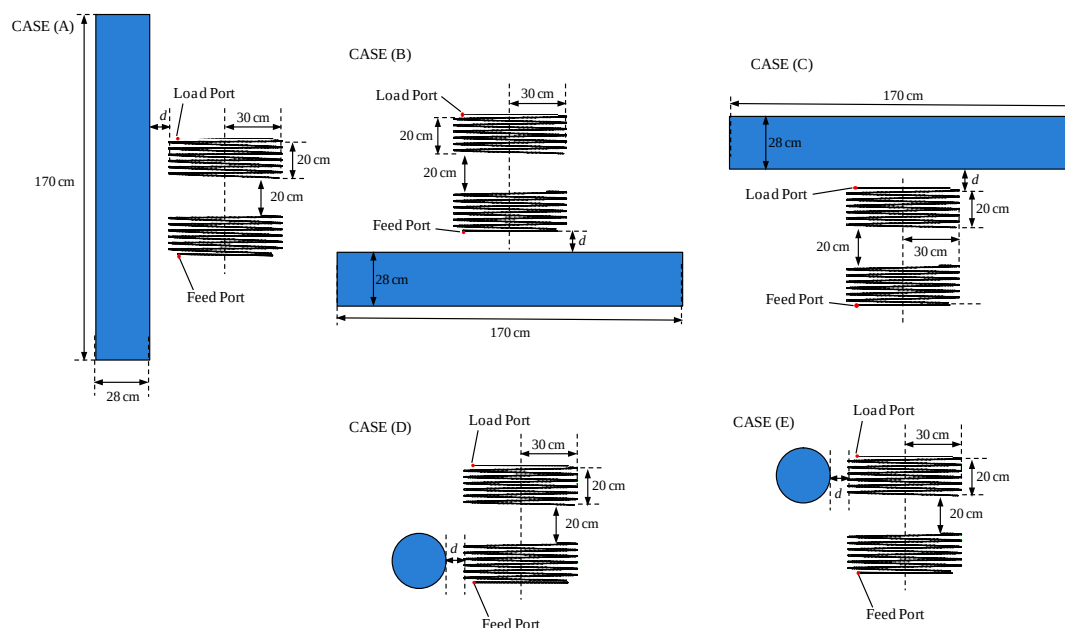


図 G. 2. 5. 2-1 円柱モデルとシステムの配置

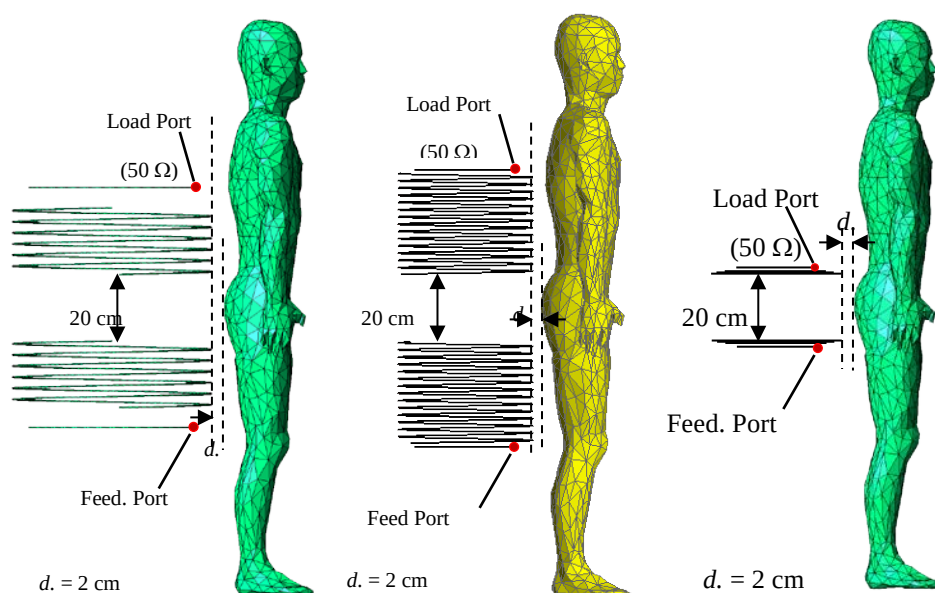


図 G. 2. 5. 2-2 リアル人体モデルとシステムの配置

(a) 10 MHz 帯ソレノイド型、(b) 7 MHz 帯ソレノイド型、(c) 7 MHz 帯水平巻き

詳細な人体モデルを用いた場合の体内誘導電磁界を解析し、特に局所 SAR のばらつきについて検討した⁽⁷⁾。コイルに対して人体モデルを水平方向に動かす場合、人体モデルに対してコイルを垂直方向に動かす場合のばく露条件をそれぞれ図 G. 2. 5. 2-3 (a)、(b) に示す。二つのコイルは水平方向に同一の高さで配置し、人体モデルは、コイルの伝送方向とモデルの身長方向が直交するように配置することとした。人体モデルを水平方向に動かす場合には、図 G. 2. 5. 2-3 (a) に示す A から I の 9 箇所日本人成人男性モデルを配置し、コイルを垂直方向に動かす場合には図 G. 2. 5. 2-3 (b) に示す A から H の 8 箇所コイルを配置し解析を行った。なお、コイルと人体モデルまでの距離を 50 mm とし、コイルからの送信電力は、1W とした。

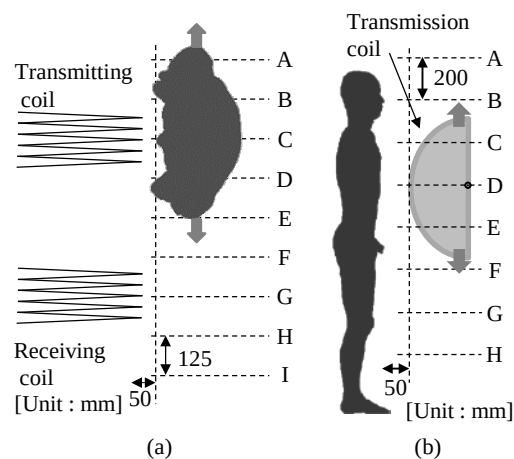


図 G. 2. 5. 2-3 (a) 数値人体モデルを水平に移動させる場合
(b) コイルを垂直方向に移動させる場合の相対位置関係

図 2. 5. 2-4(a) に日本人成人男性モデルを水平方向に移動させた場合の、図 G. 2. 5. 2-4(b) にコイルを垂直方向に移動させた場合の、10g 平均 SAR のピーク値の計算結果を示す。図 G. 2. 5. 2-4(a) より、送受信コイル正面 C 及び G 付近の局所ピーク SAR は、他の位置に比べて大きいことが分かる。これは、コイルを構成する導線付近において磁界が大きいため、それに伴い SAR が大きくなったと考えられる。また、図 G. 2. 5. 2-4(b) より、胸部正面 D 付近の局所 SAR が最も大きいことが確認できる。なお、奇モードの局所 SAR は、胸部正面 D から E にかけてほぼ同じ値であることを確認している。これは、各位置において、磁束がモデルを通過する断面積の大きさが異なるため、磁束に対して実効的な断面積が大きい D 付近で SAR が最大になったと考えられる。なお、SAR の傾向がモードにより異なるのは、磁界分布の相違のために局所 SAR の最大値が出現する場所が異なり、かつ人体の不均質性のためにその位置での導電率が異なることが理由として挙げられる。

本検討における最悪のばく露条件である人体胸部とコイルの距離を 50 mm とした場合に、複数のモデルにおいて局所 SAR を解析した結果を図 G. 2. 5. 2-5 に示す。モデルとしては、日本人成人男性モデル TARO、女性モデル HANAKO、スイスで開発されたモデル群における成人男性モデル Duke、女性モデル Ella、小児モデル Thelonius、英国で開発された標準的成人男性モデル NORMAN、女性モデル NAOMI を用いた。

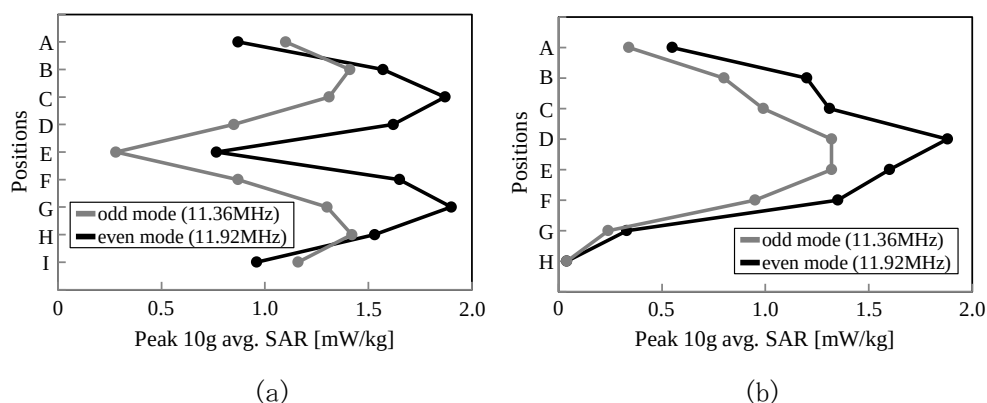


図 G. 2. 5. 2-4 数値人体モデルを(a) 水平方向、(b) 垂直方向に移動させた場合の 10g 平均 SAR

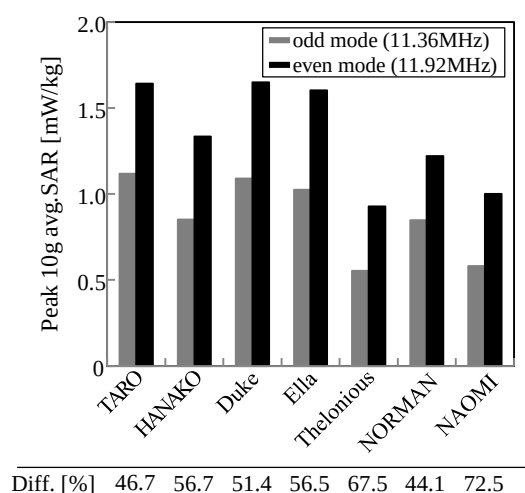


図 G. 2. 5. 2-5 各モデルにおける 10g 平均 SAR のピーク値のピーク値

図 G. 2. 5. 2-5 より、すべての人体モデルに対して、奇モードに比べ偶モードの局所ピーク SAR が大きくなっていることが分かる。奇モードを基準とし、

$$\text{Diff.} = \frac{\text{SAR}_{\text{even}} - \text{SAR}_{\text{odd}}}{\text{SAR}_{\text{odd}}} \quad (\text{式 G. 2. 5. 1})$$

を用いてモードによる差異を計算すると、モード間の差異は最大で 72.5% となった。これは、奇モードでは送受信コイルに同じ向きの電流、偶モードでは逆向きの電流が流れることにより、奇モードに比べ偶モードでは磁気結合コイル外側での電気力線が多いため結合が強く⁽⁷⁾、結果として磁界強度が高いため、SAR が大きくなったと考えられる。

また、成人モデルではほぼ同じ SAR が得られたことが確認できる一方、小児モデルにおける SAR は、成人に比べて小さかった。また、成人モデルの局所ピーク SAR は、小児モデルの局所ピーク SAR に比べて、奇モードにおいては最大で 102%、偶モードにおいては最大で 72% 大きく、モードによる相違が確認されなかった。これは、先にも述べた通り、各人体モデルの断面積の大きさの差異に起因するものと考えられる。

次に、実際に市販されるものとして開発が進められている、より現実的な WPT システムを考慮した検討を行う。図 G. 2. 5. 2-6 に示すように、(a) 50 cm×50 cm の送信コイルから 5 cm 離れたところに配置された 20 cm×20 cm 受信コイルへの伝送、(b) 100 cm×50 cm の送信コイルから 5 cm 離れたところに配置された 2 つの 20 cm×20 cm 受信コイルへの伝送を行う。周波数は 6.78MHz とした。この仕様に基づき、情報通信研究機構と名古屋工業大学・NTT ドコモの 2 グループにより、数値計算を実施した。

情報通信研究機構による検討では、図 G. 2. 5. 2-6 (a) の場合の伝送効率 は 59%、名古屋工業大学と NTT ドコモによる検討では 70% であった。この差異は、主に送受信コイルの負荷によるものであると考えられる。

情報通信研究機構による検討では、図 G. 2. 5. 2-6 (b) の場合の伝送効率は 94 %、名古屋工業大学と NTT ドコモによる検討では 78 % であった。これらの場合のコイル周辺の電磁界分布を図 G. 2. 5. 2-7 に示す。図 G. 2. 5. 2-7 より、コイルを周辺で電界磁界とも大きくなっていることが分かる。

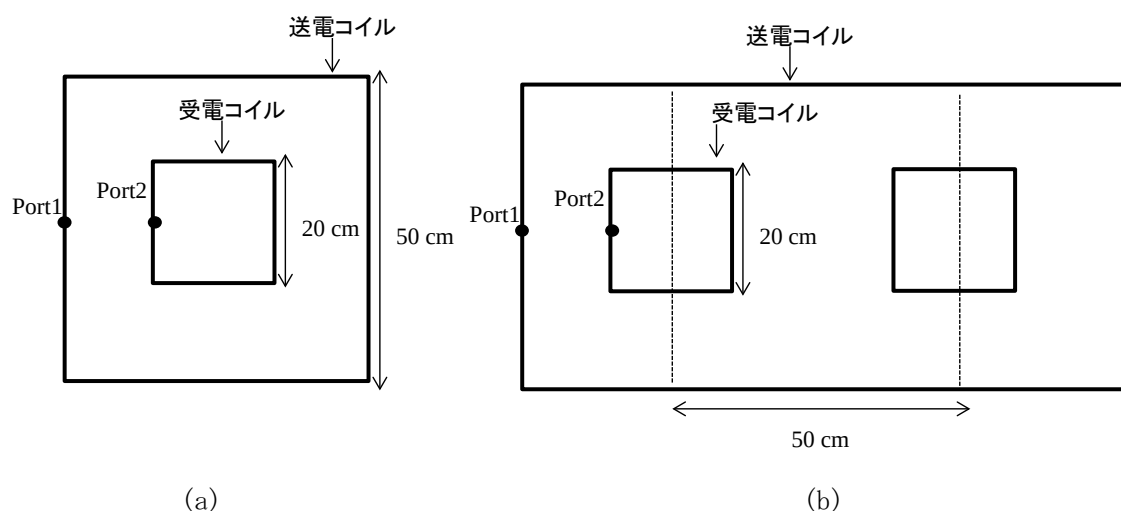


図 G. 2. 5. 2-6 (a) 50 cm×50cm の送信コイルから 20cm×20cm 受信コイルへの伝送、
(b) 100cm×50cm の送信コイルから 2 つの 20cm×20cm 受信コイルへの伝送。

いずれの場合にも、送受信コイルの距離は 5cm。

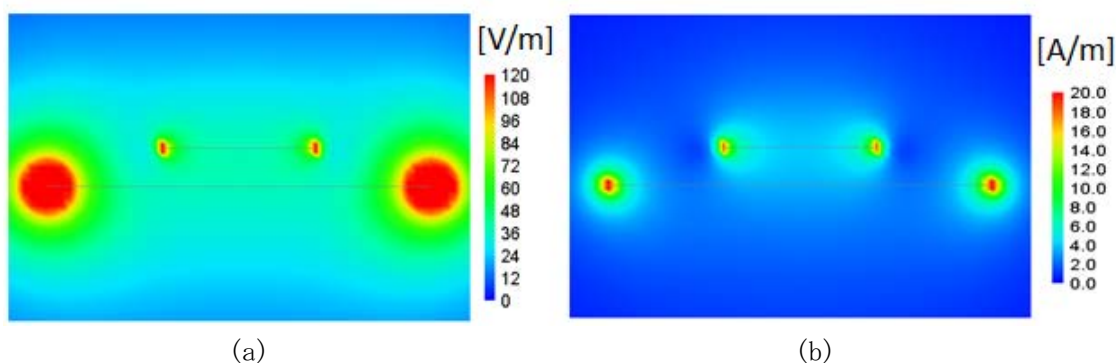


図 G. 2. 5. 2-7 送信コイルへの入力電力を 1W としたときのコイル周辺の (a) 電界強度分布、
(b) 磁界強度分布

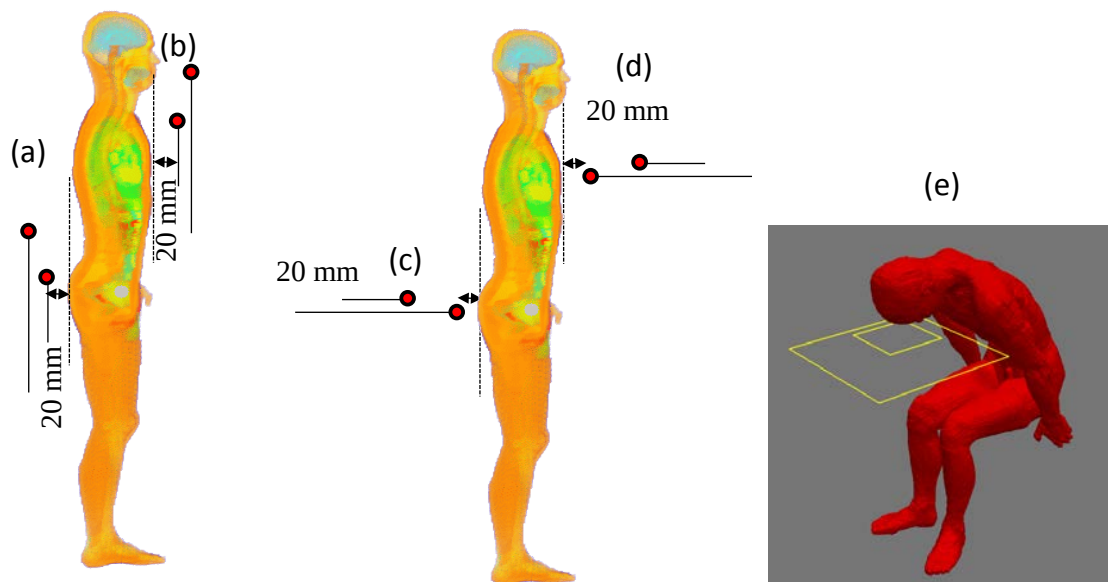


図 G. 2. 5. 2-8 WPT システムに対するばく露条件
名古屋工業大学／NTT ドコモによる検討では、側方が (d)、上側が (b)、座位が (e) に相当。
情報通信研究機構による検討では、側方が (c)、上側が (a) に相当。

図 G. 2. 5. 2-6 の WPT システムからの漏えい電磁界の電界成分の影響を検討するために、full-wave すなわち全電磁界を考慮した解析手法である FDTD 法と磁界の影響のみを考慮した解析手法であるインピーダンス法の結果を検討した。

図 G. 2. 5. 2-7 (a) の場合、FDTD 法による 10g 平均 SAR、全身平均 SAR はそれぞれ 1.80 W/kg、0.0493 W/kg であった。一方、インピーダンス法による結果は、それぞれ 1.67 W/kg、0.0491 W/kg であり、電界を無視することの過小評価は、高々 7% であった。このことより、

電界による局所 SAR への寄与は磁界に比べて十分小さいと言える。

図 G. 2. 5. 2-7 のばく露条件を考え、全身平均 SAR 及び局所 SAR の計算結果を表 G. 2. 5. 2(a)に示す。表 G. 2. 5. 2 より、WPT システムの側方に成人モデル又は小児モデルを配置した場合、両者の結果とも局所 SAR の方が支配的であることが分かる。一方、人体をシステム上方に配置した場合、一部の解析結果では全身平均 SAR の方が制限的になるが、その割合は最大でも 2 倍を超えていない。また、システム上下に人体全身が存在するような状況は、現実的には考えにくい。

一方、通常の使用状況で考えうる最悪の条件（座位）を考えた場合には、局所 SAR の方がより制限的となっている。なお、両グループの計算結果の違いは、人体と WPT システムの相対的な位置関係の違い（NICT は人体後方、名古屋工業大学・NTT ドコモは人体前方に WPT システムを配置）によるものであると考えられる。

以上のことから、図 G. 2. 5. 2-6 で示されるような、より現実的な WPT システムについては、局所 SAR 指針値を満足する場合、全身平均 SAR 指針値を満足することが自明な場合がほとんどと考えられ、また、局所 SAR に対する電界の影響も限定的であるものと考えられる。したがって、念のためにより防護的な安全マージンを考慮し、人体がシステムの側方にのみ配置されると限定した場合においては、図 G. 2. 5. 2-6 で示されるような、より現実的な WPT システムに対して、後に示す結合係数を用いた評価が可能であると考えられる。

表 G. 2. 5. 2 名古屋工業大学・NTT ドコモ及び NICT による局所 SAR と全身平均 SAR の
数値計算結果（入力電力は 40W）

(a) 50 cm×50 cm の送信コイルから 5 cm 離れたところに配置された
20 cm×20 cm 受信コイルへの伝送

人体モデル		名工大・NTT ドコモ		NICT	
		10g 局所 SAR [W/kg]	全身平均 SAR [W/kg]	10g 局所 SAR [W/kg]	全身平均 SAR [W/kg]
大人	側方	1. 24 (62%)	0. 018 (22. 5%)	1. 49 (74. 5%)	0. 023 (28. 7%)
	上側	3. 34 (167%)	0. 181 (226%)	5. 43 (271%)	0. 149 (186%)
	座位	1. 76 (88%)	0. 0516 (64. 5%)	－	－
3 歳子供	側方	0. 66 (33%)	0. 021 (26. 2%)	1. 06 (53%)	0. 040 (50%)
	上側	2. 87 (143%)	0. 208 (260%)	7. 93 (399%)	0. 259 (324%)

(b) 100 cm×50 cm の送信コイルから二つの 20 cm×20 cm 受信コイルへの伝送

人体モデル		名工大・NTT ドコモ		NICT	
		10g 局所 SAR [W/kg]	全身平均 SAR [W/kg]	10g 局所 SAR [W/kg]	全身平均 SAR [W/kg]
大人	側方	0. 459	0. 00749	0. 77	0. 0137
	上側	0. 982	0. 0203	1. 31	0. 088
	座位	0. 342	0. 00805	－	－
3 歳子供	側方	0. 242	0. 00820	0. 61	0. 0222
	上側	－	－	1. 33	0. 0716

G. 2. 5. 3 家電機器用 WPT システム②

図 G. 2. 5. 3-1 に、携帯情報端末の電磁誘導型 WPT システムで用いられる伝送コイルモデルを示す。コイルは、受信側、送信側ともに 1 個のスパイラルコイルから構成される。また、送信側と受信側のコイルにはそれぞれ整合用インピーダンスが配置されており、入力電力として 1W を送信側に給電する。

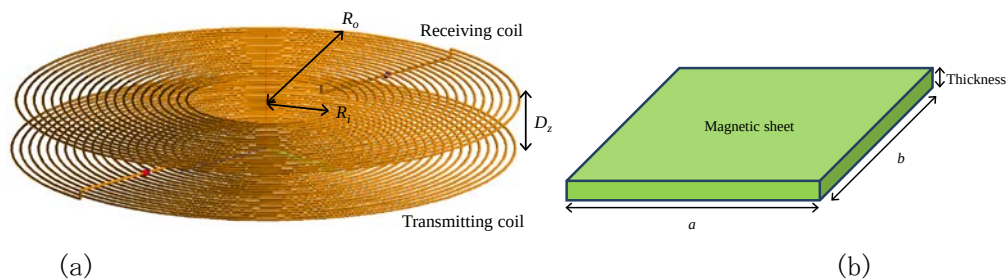


図 G. 2. 5. 3-1 (a) 伝送コイル ($R_i=6\text{mm}$, $R_o=20\text{ mm}$, $D_z=3.5\text{mm}$, 20 turns)、
(b) 磁性体シート ($a=50\text{ mm}$, $b=50\text{ mm}$, Thickness= 0.6mm) の外観

磁性体シートの概形を示す。この磁性体シートは、携帯情報端末の WPT システムを忠実に再現するため、図 G. 2. 5. 3-1 (a) の伝送コイルの上方及び下方に挿入する。磁性体シートの比透磁率は 7000 とした。本解析で用いる WPT システムは、携帯情報端末の非接触充電をモデル化しているため、充電状態と待受状態の 2 つの状態が想定される。よって、磁界分布の導出及び電磁界の体内誘導量の解析では、下方の伝送コイルを充電器、上方の伝送コイルを携帯電話とし、充電状態と待受状態の両状態について検討を行った。

充電中、待受中の磁界分布の解析結果を図 G. 2. 5. 3-2 に示す⁽⁸⁾。周波数には 140 kHz を用いた。同図において、待受中における磁界分布は対称的でなめらかな分布であるのに対して、充電中の磁界分布には局所的な変動の存在が確認できる。これは、充電中における受信側の磁性シート（伝送コイル上方に挿入される磁性シート）によるものと考えられる。さらに、充電中に比べて待受中において磁界強度は大きくなることが確認できる。これは、充電中では受信コイルに電力が受信され、放射（漏えい）する電磁界が減少するためだと考えられる。

不均質数値人体モデルに WPT システムを配置した場合の解析条件を図 G. 2. 5. 3-3 に示す。送信コイルは人体胸部表面より 10 mm の位置に配置され、充電時の受信コイルは人体側に配置される。また、胸部におけるばく露位置は、中心より $\pm 60\text{ mm}$ ずつずらして解析を行った。コイルの周波数は 140 kHz とし、入力電力は 1W としている。なお、ここでは示さないが、人体胸部付近に配置した方が、腕部配置した場合に比べて高い誘導電界となったことを付記する。

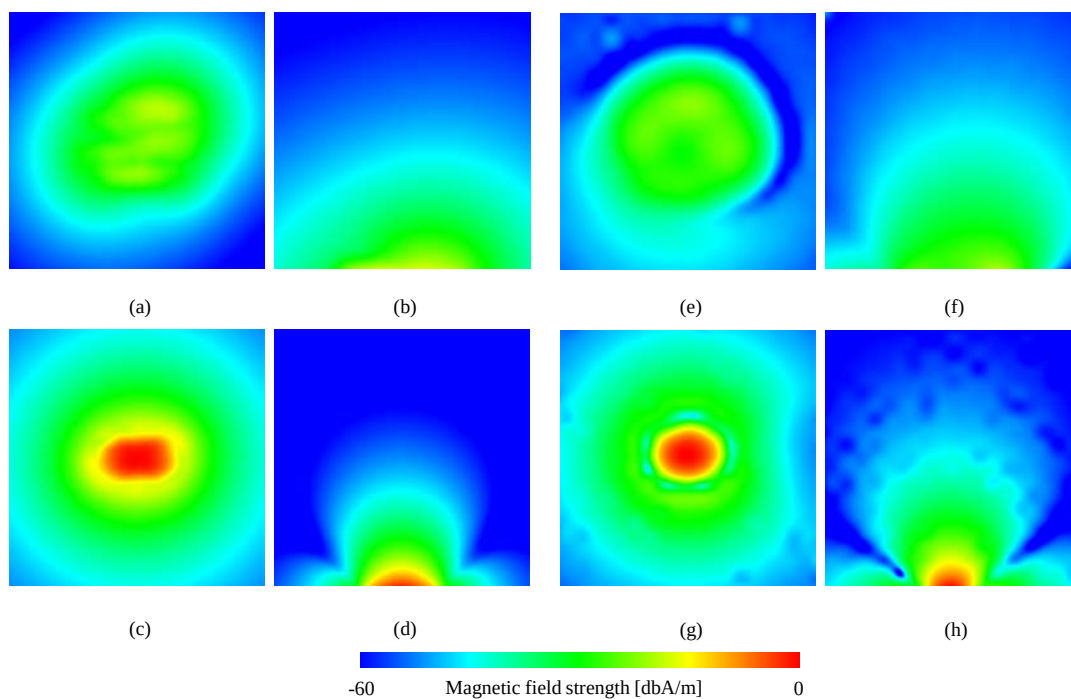


図 G. 2. 5. 3-2 磁界強度分布の解析値

(充電時(a) xy 平面, (b) yz 平面, 待受時(c) xy 平面, (d) yz 平面)及び測定値(充電時(e) xy 平面, (f) yz 平面, 待受時(g) xy 平面, (h) yz 平面)

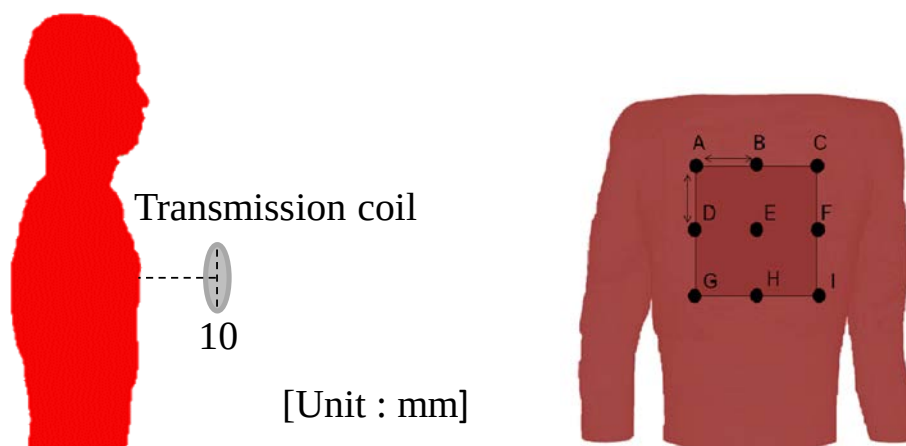


図 G. 2. 5. 3-3 人体とコイルの位置関係、人体胸部におけるばく露位置

表 G. 2. 5. 3-1 に、人体モデルでの充電状態、待受状態の体内誘導電界強度及び SAR をそれぞれ示す。表 G. 2. 5. 3-1 より、充電状態における 10g 平均 SAR の最大値は 1.31 n W/kg

である。基本制限値との割合を比較した場合、本周波数帯では誘導電界の方が支配的になることが確認できる。なお、全身平均 SAR は 2.89 p W/kg であり、本指標の指針値 0.08 W/kg と比較すると 3.61×10^{-11} 倍であった。これは、上記の 10 g 平均 SAR の最大値をその指針値 2 W/kg と比較した場合の 6.55×10^{-10} 倍を下回る結果である。よって、全身平均 SAR に比べ、 10 g 平均 SAR がより制限的な指標である。

表 G. 2. 5. 3-1 胸部表面における局所 SAR と体内誘導電界

	局所 10 g 平均 SAR [nW/kg]		最大体内誘導電界 [mV/m]	
	充電時	待受時	充電時	待受時
A	0.49	18.5	9.1	44.3
B	0.47	18.4	7.2	45.4
C	0.77	29.7	7.1	41.2
DG.	0.51	19.8	6.8	39.1
E	1.1	41.5	9.9	57.8
F	0.72	27.7	6.9	37.9
G	0.66	26.9	6.7	38.2
H	1.3	49.9	12.2	80.7
I	0.79	31.1	7.6	42.7

G. 2. 5. 4 結合係数

WPT システムへの適合性評価の際に、IEC 62311、IEC 62233 (G. 1. 3 節) で規定される結合係数を求めれば、測定／計算より得られたばく露量に掛け合わせることで、修正ばく露量を求めることができる。つまり参考レベルとの比較のみで、誘導電界や局所 SAR 等の基本制限値に即した適合性評価が可能となる。

本節の結合係数の導出において、IEC 62233 で定義される人体の形状を簡易化した均質モデル及び日本人の成人男性を対象とした詳細な数値人体モデル TAR0 を用いた。表 G. 1. 3-1 に示した簡易人体モデルにおける導電率は、 $2/3$ 筋肉組織のものとした。WPT システムに対する結合係数の最初の適用例は文献⁽⁹⁾であり、二つのコイルからなるシステムを1つの1ループコイルに置き換えても分布が大きく変わらないことを示している。

表 G. 1. 3-1 で示した a_c を防護指針に適用、準用するものとする。体内電界、SAR に対するカップリングファクターを以下のように定義した。

$$a_{c1} = \frac{E_{\max\_sim} / H_{\max\_sim}}{E_{\lim} / H_{\lim}} \quad (\text{式 G. 2. 5. 4-1})$$

$$a_{c2} = \frac{\sqrt{SAR_{\max\_sim} / H_{\max\_sim}}}{\sqrt{SAR_{lim} / H_{lim}}} \quad (\text{式 G. 2. 5. 4-2})$$

ここで、 E_{lim} 、 SAR_{lim} 、 H_{lim} は、防護指針で定義された体内誘電界に対する基本制限値、比吸収率 (SAR) に対する基礎指針値、入射磁界に対する電磁界強度指針値であり、 E_{lim} 、 H_{lim} は、周波数に依存する。また、数値解析による検討であるものの、測定の実施を念頭に、 $H_{\max\_sim}$ の算出において、測定センサの面積 (100 cm²) も考慮した。

なお、家電型の WPT システムでは、人体とシステムの距離が 0 となる場合があることから、電気自動車向け磁界結合型 WPT システムを除き、距離 0 を基準とした。以下に、各システムの結合係数の導出事例を示す。本節における引用文献は、コイルなど概略的なものを示すものであり、それらの文献は必ずしも結合係数を導出したものではないことを付記する。

電気自動車用 WPT システム

名古屋工業大学による検討⁽³⁾では、電気自動車本体と詳細人体モデルの距離を 200 mm とした場合を想定している。なお、電気自動車に装荷されているコイルは、フェライトコア芯 (透磁率 1800) を有するソレノイド型 (14 巻) とし、コイルを車両前方、中央、後方の 3 つの位置に装荷した場合を考えた (伝送距離はそれぞれ、120 mm、120 mm、150 mm)。コイルから車両端までの距離は約 450 mm である。共振周波数として、85 kHz を考え、145 kHz については周波数スケーリングを用いて考察している。

上記の条件・モデルを用いた数値解析より、誘導電界に関する結合係数 a_{c1} は、車両前方、中央、後方にコイルを配置した場合、それぞれ 0.038、0.035、0.054 であった。1g 平均 SAR に対する結合係数 a_{c2} は、車両前方、中央、後方で、0.0021、0.0030、0.0025 であった。つまり、誘導電界を用いた評価が厳しめであることを示唆するものである。

情報通信研究機構による解析⁽¹⁰⁾では、電気自動車の車体を考慮せず、詳細人体モデルと水平巻円形コイル (伝送距離 200 mm) からの距離を 200 mm とした場合を想定している。対象周波数は、110 kHz、125 kHz (奇モード、偶モードに相当) である。本節では、後述する首都大の検討結果との比較のため、100 kHz に周波数スケーリングした値を示す。

誘導電界を評価指標とした場合の均質リアル人体形状モデルに対する奇モードと偶モードの結合係数 a_{c1} は、それぞれ 0.054、0.033 であった。一方、不均質リアル人体形状モデルを用いた場合には、奇モードと偶モードでそれぞれ 0.033、0.018 となった。

首都大学東京のグループ⁽¹¹⁾では、簡易形状人体モデルを対象とし、完全磁性体コア芯を有するソレノイド型及び水平巻円形コイル (いずれも伝送距離 140 mm) に対し、最大体内電界強度を導出している。周波数は、100 kHz である。ソレノイドコイル型 WPT システムに対する解析結果より、簡易形状人体モデルにおける誘導電界に対する結合係数 a_{c1} は、人体モデル-WPT システム間距離 300 mm で 0.093、同 700 mm で 0.090 であった。一

方、水平巻コイルについては、それぞれ 0.102、0.087 であった。

報告例の多い 100 kHz 以下における結果をまとめたものを、表 G.2.5.4-1 に示す。同表より、最大値は、0.102 であることが分かる。なお、ICNIRP では、リアル人体形状モデルの数値計算に対する不確定性を考慮して低減係数は 3 を導入している。リアル人体形状モデルに対する結合係数を 3 倍した場合、簡易人体形状モデルにより導出した値よりも小さい。

表 G.1.3-3 より、結合係数は、コイルの大きさ及びコイルから人体までの距離に依存することも示されている。IEC62311 等で結合係数の適用対象として想定している磁界放射源は 1 ループのコイルであるが、WPT システムを構成する二つのコイルを、伝送方向に配置した 1 ループコイルで近似的に置き換えられることが報告されている⁽⁹⁾。伝送距離が 10 cm 又はそれ以上であり、コイルから人体までの距離が離れたシステムにおいては、結合係数のばらつきは、高々 30 %程度であった。また、結合係数の最大値は、0.093 であった。この結果より、刺激作用に関する基本制限値に対して評価を行う場合、より安全側となるマージンを見込んだ値として、結合係数 0.15 を適用することで十分に厳しめの評価を行えるものと考えられる。

表 G.2.5.4-1 電気自動車向け磁界結合型 WPT システムの結合係数

	モデル化	コイル	伝送距離 (mm)	人体モデル	コイルー モデル距 離	結合係数
名工大	車両考慮	ソレノ イド	120 (前方)	リアル 簡易	車両から 200 mm (= コイルか ら 650 mm)	0.038 0.053
			120 (中央)	リアル 簡易		0.035 0.075
			150 (後方)	リアル 簡易		0.054 0.033
首都大	コイル+ PEC 平板	ソレノ イド 平板	200	簡易	300 mm	0.093
					700 mm	0.090
					300 mm	0.102
					700 mm	0.087
N I C T	コイルの み	平板	200	均質リアル リアル 均質リアル リアル	200 mm	0.082 (奇) 0.093 (奇) 0.050 (偶) 0.050 (偶)

家電機器用 WPT システム①

家電機器用 WPT システム①の利用周波数帯では、電界の影響や局所ばく露に対する指標（局所 SAR）と全身ばく露に対する指標のどちらが支配的かは不明瞭であるが、下記値の導出に当たっては、その点を必ずしも議論していない。

情報通信研究機構における検討では、図 G.2.5.2-2 に示すソレノイド型、水平平板型システムに対する結合係数を導出している。また、人体モデルは、詳細な人体モデル TARO に加え、それを均質化したモデルの結果も導出している。奇モードに対する結合係数は、詳細モデルに対して 0.012、それを均質化したモデルに対して 0.010 であった。偶モードについては 0.013、均質モデルに対しては 0.022 であった。水平巻コイルについては、ソレノイド型よりも若干小さい値であるが、同等の結果が得られた。

首都大学東京における検討⁽¹¹⁾では、400 mm×400 mm の正方形コイル（3 巻）を考え、距離 200 mm の伝送を行っている。周波数は、奇モードと偶モードで、それぞれ 13.98 MHz、14.90 MHz であった。また、人体モデルとしては、簡易形状人体モデルを取り扱っている。WPT システムと人体モデルとの距離 100 mm のときは、奇モード、偶モードともに結合係数は 0.011、距離 300 mm のときは、奇モード、偶モードともに結合係数は 0.012 であった。

名古屋工業大学における検討⁽⁷⁾では、半径 300 mm の 5 巻コイルを考え、伝送距離を 300 mm としている。50 Ω の負荷を加え、共振周波数は、奇モードと偶モードで、それぞれ 11.36 MHz、11.92 MHz であった。また、人体モデルとしては、詳細人体モデルを取り扱っている。WPT システムと人体モデルとの距離 10 mm のときは、奇モードの結合係数は 0.0087、偶モードの結合係数は 0.010 であった。

これらの結果をまとめたものを、表 G.2.5.4-3 に示す。

表 G. 2. 5. 4-3 家電機器用 WPT システム①の熱作用の指針値を考慮した結合係数

	コイル	コイル 径など	伝送 距離 (mm)	人体モデル	コイルーモ デル距離	結合係数
NICT	ソレノ イド	半径 300 mm	200	均質 均質 不均質リアル 不均質リアル	20 mm	0.010 (奇) 0.022 (偶) 0.012 (奇) 0.013 (偶)
	水平巻	半径 200 mm	200	均質 均質 不均質リアル 不均質リアル	20 mm	0.010 (奇) 0.016 (偶) 0.0088 (奇) 0.010 (偶)
首都大	ソレノ イド	400 mm 正方形 3 巻	200	簡易モデル	100 mm	0.011 (奇)
						0.011 (偶)
					300 mm	0.012 (奇)
						0.012 (偶)
名工大	ソレノ イド	半径 300 mm 5 巻	300	不均質リアル	10 mm	0.0087 (奇) 0.010 (偶)

また、より現実的なシステムとして、図 G. 2. 5. 2-6 に示す角型の水平巻きモデルでの解析を実施した。人体モデルは、いずれもリアルモデルを考え、送電距離を 50 mm、システムとモデル間の距離を 10 mm とした。

この条件での熱作用の指針値を考慮した結合係数の計算結果を、表 G. 2. 5. 4-4 に示す。同表より、人体の配置を側方に限定した場合の最大値は、0.0137 であった。これらの結果から、熱作用に関する指針値に対して評価を行う場合、より安全側となるマージンを見込んだ値として、結合係数 0.05 を適用することで十分に厳しめの評価を行えるものと考えられる。

次に、刺激作用に関する基本制限値に対しての結合係数を推定した。表 G. 2. 5. 4-5 より、人体の配置を側方に限定した場合の最大値は、0.0855 であった。以上のことから、刺激作用に関する指針値に対して評価を行う場合、より安全側となるマージンを見込んだ値として、結合係数 0.15 を適用することで十分に厳しめの評価を行えるものと考えられる。

表 G. 2. 5. 4-4 家電機器用 WPT システム①に対するより現実的なモデル（図 G. 2. 5. 2-6）で
の熱作用の指針値を考慮した結合係数

	人体モデル	配置	結合係数 (送受コイル 数は 1 対 1)	結合係数 (送受コイル数 は 1 対 2)
NICT	リアル・成人 男性	側方 上側	0. 0121	0. 0137
			0. 0185	0. 0173
	リアル・小児	側方 上側	0. 0102	0. 0122
			0. 0225	0. 0175
名工大	リアル・成人 男性	側方 上側 座位	0. 0095	0. 00974
			0. 0119	－
			0. 0092	－
	リアル・小児	側方 上側	0. 0053	0. 00708
			0. 011	－

表 G. 2. 5. 4-5 家電機器用 WPT システム①に対するより現実的なモデル（図 G. 2. 5. 2-6）で
の

刺激作用の指針値を考慮した結合係数

	人体モデル	配置	結合係数 (送受コイル 数は 1 対 1)	結合係数 (送受コイル数 は 1 対 2)
NICT	リアル・成人 男性	側方 上側	0. 0481	0. 0738
			0. 1069	0. 1025
	リアル・小児	側方 上側	0. 0600	0. 0855
			0. 1642	0. 0905
名工大	リアル・成人 男性	側方 上側 座位	0. 0636	0. 0680
			0. 118	－
			0. 0472	－
	リアル・小児	側方 上側	0. 0268	0. 0364
			－	－

参考文献 (G2.1~G.2.4 節)

- [1] ICNIRP, “GUIDELINES FOR LIMITING EXPOSURE TO TIME-VARYING ELECTRIC AND MAGNETIC FIELDS (1 Hz TO 100 kHz)” , Health Physics, Vol.99, No.6, pp.818-836, (2010).
- [2] IEEE C95.3: “IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Electromagnetic Fields, 0-3 kHz” , (2002).
- [3] IEC 62311 Ed. 1.0: “Assessment of electronic and electrical equipment related to human exposure restrictions for electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz)” , (2007)
- [4] IEC 62479 Ed. 1.0: “Assesment of the compliance of low-power electronic and electrical equipment with the basic restrictions related to human exposure to electromagnetic fields (10 MHz to 300 GHz)” , (2010)
- [5] IEC 62209-1 Ed. 1.0: “Human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-mounted wireless communication devices - Human models, instrumentation, and procedures -Part 1: Procedure to determine the specific absorption rate (SAR) for hand-held devices used in close proximity to the ear (frequency range of 300 MHz to 3 GHz)” , (2005).
- [6] IEC 62209-2 Ed. 1.0: “Human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-mounted wireless communication devices - Human models, instrumentation, and procedures -Part 2: Procedure to determine the specific absorption rate (SAR) for wireless communication devices used in close proximity to the human body (frequency range of 30 MHz to 6 GHz)” , (2010).
- [7] IEC 62233 Ed. 1.0: “Measurement methods for electromagnetic fields of household appliances and similar apparatus with regard to human exposure” , (2005).
- [8] IEC 62226-1 Ed. 1.0: “Exposure to electric or magnetic fields in the low and intermediate frequency range -Methods for calculating the current density and internal electric field induced in the human body -Part 1: General” , (2004).
- [9] ICNIRP, “GUIDELINES FOR LIMITING EXPOSURE TO TIME-VARYING ELECTRIC, MAGNETIC, AND ELECTROMAGNETIC FIELDS (up to 300 GHz)” , Health Physics, Vol.74, No.4, pp.494-522, (1998).
- [10] IEEE Std C95.1 1999 Edition: “IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz” , (1999).
- [11] IEEE Std C95.1-2005: “IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz” , (2005).

参考文献 (G2.5 節)

- (1) 市川真士, 森晃, 川久保淳史, “磁界共鳴型近距離無線電力伝送試験装置の開発 (3) ソレノイド型コイルを用いた kW 級システムにおける磁界特性”, 信学ソ大, B-1-27 (2013).
- (2) I. Laakso, A. Hirata, and O. Fujiwara, “Computational dosimetry for wireless charging of an electrical vehicle”, Proc. International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Tokyo, (2014).
- (3) I. Laakso and A. Hirata, “Evaluation of induced electric field and compliance procedure for wireless power transfer system in an electrical vehicle”, Phys. Med. Biol., Vol. 58, pp. 7583-7593, (2013).
- (4) 島本拓也, ラークソイルッカ, 平田晃正, “無線電力伝送システムによる人体モデル内誘導電界のばく露条件によるばらつき”, 電子情報通信学会技術報告書, EST2014-32.
- (5) 青木悠平, チャカロタイ ジェドヴスノプ, 和氣加奈子, 藤井勝巳, 有馬卓司, 渡辺聡一, 宇野亨, EV 用 kHz 帯 WPT システム近傍における簡易人体モデル内の誘導量評価, 電子情報通信学会技術報告書, EMCJ2014-8.
- (6) A. Hirata, F. Itoh, and I. Laakso, “Confirmation of quasi-static approximation in SAR evaluation for wireless power transfer system,” Phys. Med. Biol., vol. 58, no. 17, pp. N241-249, (2013).
- (7) 土田昌吾, ラークソイルッカ, 平田晃正, “磁気共鳴型無線電力伝送に対する高速人体数値ドシメトリ解析,” 電子情報通信学会和文論文誌(C), vol. J96-C, no. 6, pp. 122-130, 2013.
- (8) T. Sunohara, A. Hirata, I. Laakso, and T. Onishi, “Analysis of in-situ electric field and specific absorption rate in human models for wireless power transfer system with induction coupling,” Physics in Medicine and Biology, Vol. 59, no. 14, pp. 3721-3735, 2014.
- (9) 関根大輔, 多氣昌生, “IEC62311 のカップリングファクターを用いたワイヤレス電力伝送装置の人体ばく露評価,” 電子情報通信学会技術報告書, EMCJ2013-61.
- (10) 岩本卓也, チャカロタイ ジェドヴィスノプ, 和氣加奈子, 藤井勝巳, 有馬卓司, 渡辺聡一, 宇野亨, “MHz 帯 WPT システム近傍の簡易人体モデルに対するばく露評価,” 電子情報通信学会技術報告書, EMCJ2014-8, (2014).
- (11) 関根大輔, 多氣昌生, “電気自動車用ワイヤレス電力伝送装置の人体ばく露評価,” 電子情報通信学会技術報告書, EMCJ2013-127.

付録 H 距離換算に関する指針

放射電磁界強度の測定において、規定された距離とは異なる距離にて測定を行うことは、一定の条件のもとに国内外で認められてきた。これは、規定された距離では信号の強度が低く十分なダイナミックレンジで測定できないなどの理由による。このとき、規定距離とは異なる距離で測定した値に一定の換算を行い、規定距離での測定値を推定する必要がある、これを距離換算という。

この距離換算の値（換算係数と呼ぶ場合もある）は、測定周波数、測定距離、測定周囲環境、対象機器の形状（特に大きさ）、測定方法によって違う値となる。このため規格により違う値が規定されており、電波法関係規則・告示でも統一されていないのが実態である。とりわけ 30 MHz 以下の測定においては、測定距離がいわゆる近傍界領域にあたるため、測定条件を考慮して適用することが必要である。

WPT システムを対象として、本答申に定める測定法を使用するとの前提で最も適切と考えられる距離換算値は、以下のとおりとすることが適当である。

H.1 10 m 距離で規定された許容値を 3 m 距離に換算する場合の距離換算値
距離換算値の根拠として CISPR/B/587A/INF に準拠し、以下の規定とする。

表 H.1 10 m 許容値を 3 m 許容値に換算するときの距離換算値

周波数帯 (MHz)	10 m 許容値を 3 m 許容値に換算するときの距離換算値 dB
0.150 - 4	+24.5
4 - 11	+24.5 周波数の対数に対して直線的に減少 +10
11 - 1 000	+10

なお、CISPR 11 では、3 m 距離で測定できる対象機器の大きさについては、ケーブルを含め直径 1.2 m、高さ 1.5 m の円柱形の試験体積に収まる小型装置に適用することとしている。

付録 I 鉄道の信号保安設備との共用検討手順検証実験結果

I.1 目的

WPT システムと信号保安設備との所要離隔距離は、本文 3.3.1 (1)の検討の進め方に記載した手順に従ってシミュレーションによって計算しているが、本導出手順が妥当であることを実験によって確認することを目的とする。

I.2 解析手順妥当性確認方法

所要離隔距離導出手順の妥当性を確認するために、以下のステップで、シミュレーション計算と実機による実験結果が一致することを確認することで、手順全体の妥当性を確認した。

- (1) 1m×1m の 1 ターンループコイルから 10cm 上方に生じる磁界強度

シミュレーション結果と実測結果を比較

- (2) 鉄道 ATS 車上装置が誤検知する磁界強度

シミュレーションで使用する基準値と誤検知する値を比較

- (3) 電気自動車用 WPT システムからの漏えい磁界強度

シミュレーション結果と実測結果を比較

- (4) 鉄道 ATS 車上装置が誤検知する電気自動車用 WPT システムからの離隔距離

シミュレーション結果と実測結果を比較

I.3 電気自動車用 WPT システム概略

本検証実験では、系統入力最大 7.7 kW 相当の電気自動車 WPT システムを車両に搭載して、実験を行っている。本実験に用いた電気自動車用 WPT システムのシステム構成を図 I.3-1 に、電気自動車用 WPT システムの仕様を表 I.3-1 に示す。また、全体の写真を図 I.3-2 に示す。

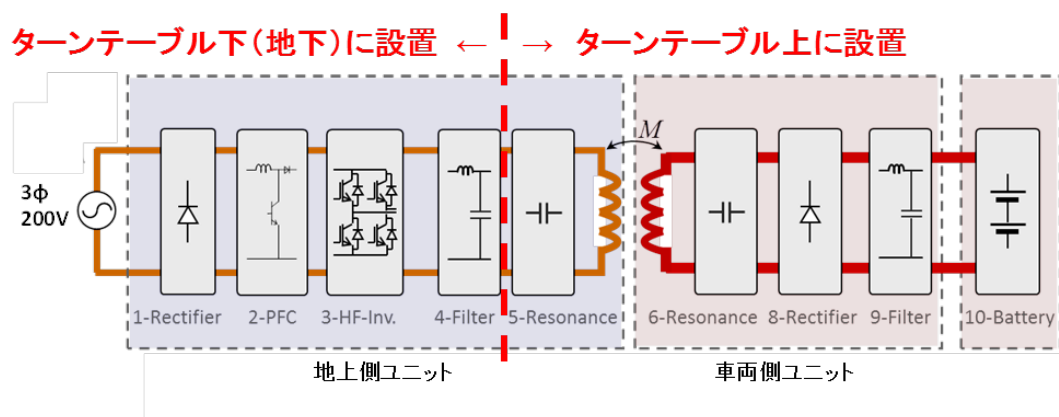


図 I.3-1 電気自動車用 WPT システムのシステム構成図

表 I. 3-1 電気自動車用 WPT システムの仕様

供試品	試作機
コイルタイプ	平面型(ディスク型)
利用周波数	85kHz
入力電力	インバータ入力: 約7.2kW
コイル	1次側外寸550×550 2次側外寸250×500 (シールド除く)
負荷	車載バッテリー
コイル間距離	150mm
位置ズレ	前後0mm、横100mm(実験時)
車両	日産リーフ(実車)



図 I. 3-2 電気自動車用 WPT システム搭載車両概観

I. 4 1 ターンループコイルが生じる磁界強度の確認

1m×1m の 1 ターンループコイルの 10cm 上方に生じる磁界強度を、直径 60cm のアクティブループアンテナと直径 60cm のパッシブループアンテナを使用して測定した。

測定用ループアンテナは、直径 60cm のアクティブタイプのアンテナとパッシブタイプのアンテナの 2 つで計測した。測定用ループアンテナと 1 ターンループコイルの上方から見た位置関係を図 I. 4-1 に示す。測定用ループアンテナは、1 ターンループコイルの中心と、右下に設置した 2 通りで計測した。

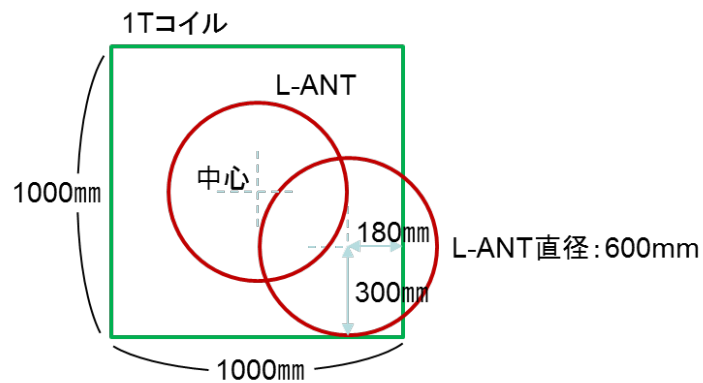


図 I. 4-1 測定用ループアンテナと 1 ターンループコイルの位置関係

測定した結果を図 I. 4-2 に示す。この結果から、アクティブループアンテナとパッシブループアンテナの計測結果は良く一致しており、アンテナの差は問題がないことが分かった。

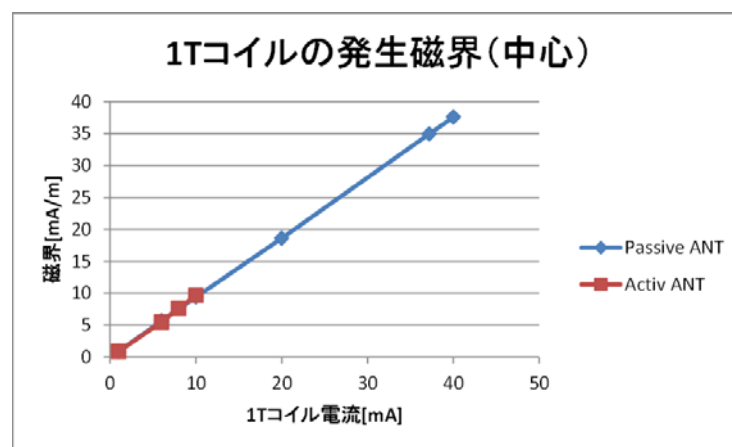


図 I. 4-2 1 ターンループコイルから放射磁界強度測定結果

続いて、シミュレーション結果と実測結果を比較する。まずシミュレーション結果のコンター図を図 I. 4-3 に示す。

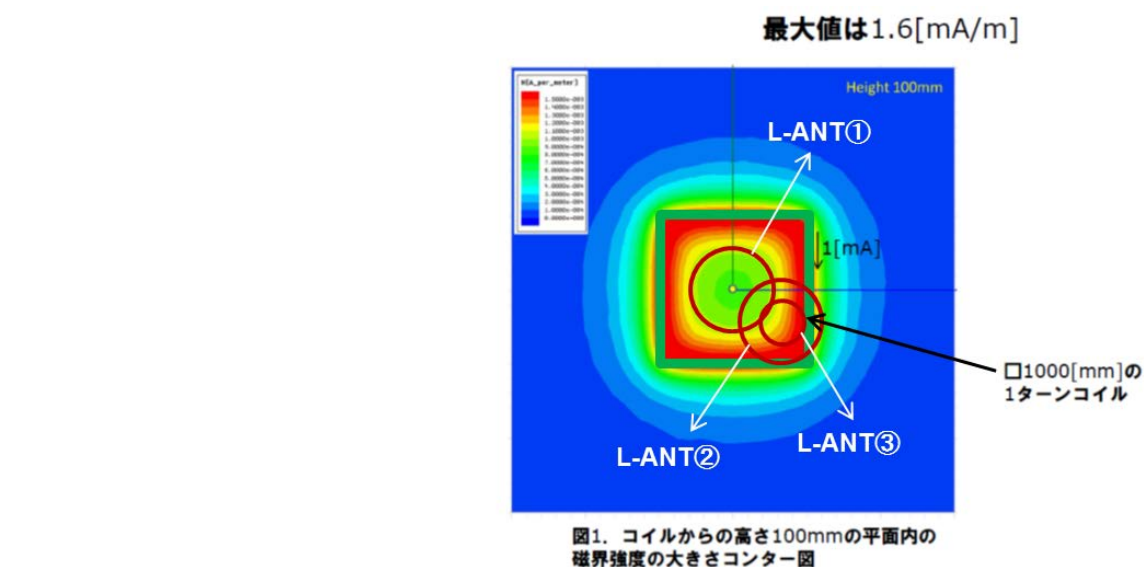


図 I. 4-3 1 ターンループコイルが生じる磁界強度コンター図

シミュレーションで得られた次回分布データから、直径 60cm のループアンテナ内部の磁界強度の平均値を計算した値と、今回の実測結果の値を表 I. 4-1 に示す。この結果、シミュレーション結果と実測値が良く一致していることが分かった。

表 I. 4-1 シミュレーション結果と実測値の比較

	中心位置	Loop直径	磁界強度	
			解析 (Loop内平均)	実測値
L-ANT①	1Tコイル中心	600mm	932uA/m	891-962uA/m
L-ANT②	1Tコイル端	600mm	874uA/m	860-987uA/m
L-ANT③	300m/180mm	200mm	1141uA/m	-
最大値	-	-	1600uA/m	-

I. 5 鉄道 ATS 車上装置が誤検知する磁界強度の確認

今回の実験で使用する鉄道 ATS 車上装置の誤検知レベルの確認を行った。10 cm 離れた 1 ターンループコイルに流す電流値を徐々に増加させ、鉄道 ATS 車上装置が誤検知する電流値を計測した。本報告では、誤検知する最も低い数値を「対妨害特性」とする。WPT システムと信号保安設備との共用検討では、誤検知する値に対して 6 dB のマージンを持たせて検討を行っており、対妨害特性より 6dB 低い値を「妨害許容値」とする。

計測した結果を表 I. 5-1 に示す。事前入手した誤検知レベルは 40.0 mA であったのに対し、今回の実験で使用した装置の誤検知レベルは 37.2 mA であった。誤差は約 0.6dB であり、概ね事前情報の特性と同じであることが確認できた。

表 I. 5-1 誤検知レベル計測結果

1Tコイル上100mmにATS試験機設置

	実測値	事前情報	
周波数	誤検知電流	耐妨害特性	妨害許容値
85	37.2	40.0	20.0
kHz	mA	mA	mA

I. 6 電気自動車用 WPT システムからの漏えい磁界強度の確認

今回の実験で使用する電気自動車用 WPT システムの漏えい磁界強度の確認を行った。計測したサイトの風景を図 I. 6-1 に示す。



図 I. 6-1 実験サイト風景

電気自動車用 WPT システムから 10 m の距離での磁界強度を計測した。なお、電気自動車用の水平角度の計測範囲は 0～330 度で 30 度ずつとし、ループアンテナ角度は 0～90 度で計測している。

電気自動車用 WPT システムを回転させ、最大強度方向は 300 度であることを確認しその角度で固定したのち、ループアンテナの角度を変え磁界強度を計測した。計測結果のグラフを図 I. 6-2 に示す。計測の結果、ループアンテナは角度 0 度にした場合が最も磁界強度が大きくなることを確認した。

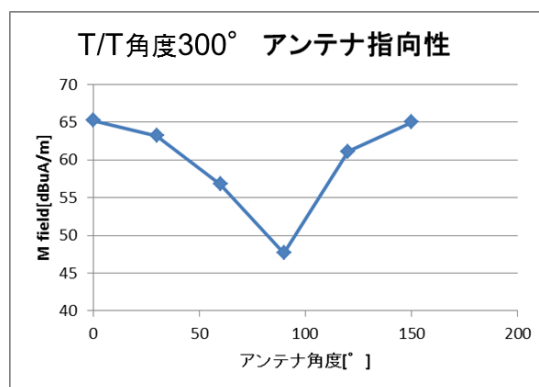


図 I. 6-2 距離 10 m 地点での電気自動車用 WPT システムからの漏えい磁界強度

この測定結果から、系統入力最大 7.7 kW 相当の電気自動車用 WPT システムの場合でも、離隔距離 10 m での漏えい磁界強度は 65.2 dBuA/m であり、電気自動車用 WPT システムのうち 3 kW クラス（家庭用）における目標値である $68.4 \mu\text{A/m}$ 以下になることが確認できた。

次にシミュレーションで得られた値と実測値を比較する。図 I. 6-3 に車両と測定面の関係を示し、図 I. 6-4 に、シミュレーションで得られた磁界強度分布のコンター図を示す。

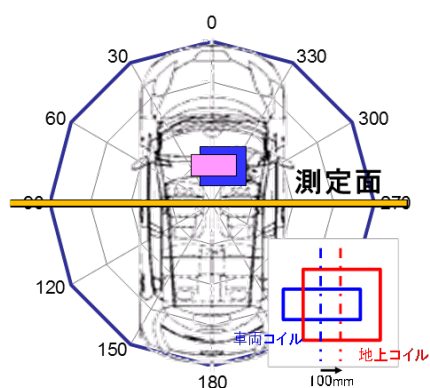


図 I. 6-3 漏えい磁界強度の測定面

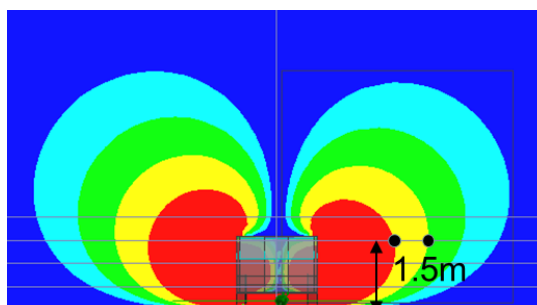


図 I. 6-4 シミュレーションで得られた磁界強度分布のコンター図

シミュレーションで得られた離隔距離と漏えい磁界強度の関係を図 I. 6-5 に示す。

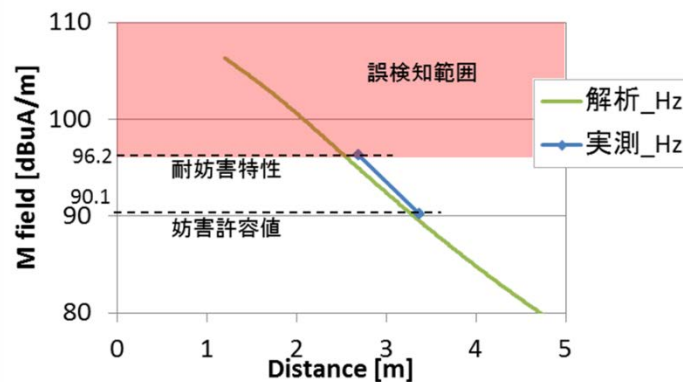


図 I. 6-5 離隔距離に対する漏えい磁界強度比較グラフ

図 I. 6-5 の縦軸の漏えい磁界強度が $96.2 \text{ dB } \mu \text{ A/m}$ 以上のエリアは誤検知範囲と図示しているが、これは今回の実験で使用する鉄道 ATS の誤検知するレベルから導出したものである。

表 I. 6-1 に漏えい磁界強度が対妨害特性の値及び妨害許容値となる離隔距離を実測値とシミュレーション結果を示す。

表 I. 6-1 磁界強度が対妨害特性の値と妨害許容値となる離隔距離比較

	磁界	離隔距離	
		実測	解析予測
耐妨害特性	96.2	2.7	2.5
妨害許容値	90.1	3.38	3.3
	dBuA/m	m	m

これらの比較結果から、電気自動車用 WPT システムの漏えい磁界強度に関して、シミュレーションで計算した値と実測結果は良く一致することを確認できた。また、対妨害特性と妨害許容値となる離隔距離を事前に計算した結果、今回使用する鉄道 ATS 車上装置が誤検知を起こす離隔距離の予測値は 3m 前後の値になった。

I. 7 鉄道 ATS 車上装置が誤検知する電気自動車用 WPT システムからの離隔距離の確認

最後に、鉄道 ATS 車上装置が誤検知を起こす電気自動車用 WPT システムからの離隔距離を実測にて確認した。

鉄道 ATS 車上装置が誤検知を起こした距離は 2.95 m であった。参考として、コイル中心に合わせたときの誤検知距離も実測すると距離は 3.1 m であった。

この結果から、シミュレーションであらかじめ予測した誤検知距離と実測での誤検知距離はほぼ一致することが確認できた。

I.8 まとめ

電気自動車用 WPT システムと鉄道 ATS 車上装置を用いた検証実験の結果、以下のことが確認できた。

- (1) 系統入力最大 7.7 kW 相当の WPT システムからの最大漏えい磁界強度は $65.2 \text{ dB } \mu \text{ A/m@10 m}$ であり、7.7 kW クラスの電気自動車用 WPT システムであっても、3kW クラスの目標値である $68.4 \text{ dB } \mu \text{ A/m@10 m}$ 以下で運用可能であること
- (2) 1 ターンループコイルが生じる磁界強度は、シミュレーションによる解析結果と、実測値ではほぼ一致すること
- (3) 実験に使用した鉄道 ATS 車上装置の誤検知レベルは、ほぼ仕様値と一致すること
- (4) シミュレーションによる WPT システムからの漏えい磁界強度の解析結果は、実測値とはほぼ一致すること
- (5) シミュレーションによる鉄道 ATS 車上装置の誤検知距離は、実測による誤検知距離とはほぼ一致すること

これらのことから、シミュレーションによる所要離隔距離の計算手順の妥当性が確認された。

諮問第3号

「国際無線障害特別委員会（CISPR）の諸規格について」のうち

「ワイヤレス電力伝送システムに関する技術的条件」のうち

「電気自動車用ワイヤレス電力伝送システムに関する技術的条件」

諮問第3号「国際無線障害特別委員会（CISPR）の諸規格について」のうち、「ワイヤレス電力伝送システムに関する技術的条件」のうち「電気自動車用ワイヤレス電力伝送システムに関する技術的条件」

既存の無線サービスとの共用を図りつつ新たな電波利用を促進するため、ワイヤレス電力伝送システムの技術的条件については、以下のとおりとすることが適当である。

なお、本技術的条件においては、情報通信審議会情報通信技術分科会電波利用環境委員会で検討したワイヤレス電力伝送システムのうち、「電気自動車用ワイヤレス電力伝送システム」の技術的条件についてのみ記載することとする。

また、関連する CISPR 規格を基本とし、国際規格との整合性を図ることが適当である。

参考：

(1)現在、情報通信審議会より答申を行っているもの

- ・ CISPR 11 (Ed. 5.1)：工業、科学、医療用装置からの妨害波の許容値と測定方法
(昭和 63 年 9 月 26 日付け諮問第 3 号「国際無線障害特別委員会（CISPR）の諸規格について」のうち、「工業、科学、医療用装置からの妨害波の許容値及び測定方法」に関する一部答申（H26. 3. 25））
- ・ CISPR 14-1 (Ed. 5. 2)：家庭用電気機器、電動工具及び類似機器からの妨害波の許容値と測定方法
(昭和 63 年 9 月 26 日付け諮問第 3 号「国際無線障害特別委員会（CISPR）の諸規格について」のうち、「家庭用電気機器、電動工具及び類似機器からの妨害波の許容値と測定方法」及び「無線妨害波及びイミュニティの測定装置並びに測定方法の技術的条件」に関する一部答申（H23. 9. 16））
- ・ CISPR 16-1 (Ed. 2. 1)：無線妨害波及びイミュニティ測定装置の技術的条件
(昭和 63 年 9 月 26 日付け諮問第 3 号「国際無線障害特別委員会（CISPR）の諸規格について」のうち、「無線妨害波及びイミュニティ測定装置の技術的条件」に関する一部答申（H19. 7. 26））
- ・ CISPR 16-2-1 (Ed. 2. 0)：無線周波妨害波及びイミュニティ測定装置と測定法に関する規格 第 2 部 第 1 編 伝導妨害波の測定
(昭和 63 年 9 月 26 日付け諮問第 3 号「国際無線障害特別委員会（CISPR）の諸規格について」のうち、「無線周波妨害波及びイミュニティ測定装置と測定法に関する規格 第 2 部 第 1 編 伝導妨害波の測定」に関する一部答申（H23. 9. 16））

(2)近い将来答申を予定しているもの

- ・ CISPR 16-1-4 (Ed. 3. 1)：無線周波妨害波およびイミュニティ測定装置並びに測定方法の規格 1-4 編：無線妨害波とイミュニティ測定装置 - 放射妨害波測定用のアンテナと試験場

(3)電波防護のための指針（以下「防護指針」という。）

- ・ 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）
- ・ 電気通信技術審議会答申 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 24 日）
- ・ 情報通信審議会 諮問第 2030 号「局所吸収指針の在り方」に関する答申（平成 23 年 5 月 17 日）

1 対象システム

1.1 電気自動車用ワイヤレス電力伝送システム

- (1) 1 次側（送電側）コイルと 2 次側（受電側）コイルとの間の電磁気的な共振結合現象を用いたワイヤレス電力伝送システムであって、電気自動車等への無線による給電を目的とし、出力が 7.7 kW 以下（ピーク時で定格値の 130 %未満）のものをいう。
- (2) 電力伝送に用いる周波数は、79 kHz-90 kHz を使用することが適当である。

2 電磁妨害波の許容値

2.1 電気自動車用ワイヤレス電力伝送システムの許容値

電気自動車用ワイヤレス電力伝送システムの電磁妨害波の許容値は、以下のとおりとすることが適当である。

(1) 利用周波数帯における放射妨害波の許容値

利用周波数帯においては、本技術的条件の表 1 に示す許容値以下であることが適当である。

表 1 利用周波数帯における電気自動車用ワイヤレス電力伝送システムの放射妨害波の許容値

周波数帯	測定点	許容値
79 kHz-90 kHz	距離 10 m	68.4 dB μ A/m（準尖頭値） 注 1) 信号保安設備への有害な干渉を起こさないため、レールから 4.8 m 以上の離隔距離を確保し、かつ、この離隔距離以内にワイヤレス電力伝送システムを設置しないこと。 注 2) 80 kHz と 92 kHz の周波数を使用する誘導式列車無線への有害な干渉を起こさないため、レールから 45 m 以上の離隔距離を確保し、かつ、この離隔距離以内にワイヤレス電力伝送システムを設置しないこと。

(2) 伝導妨害波の許容値

伝導妨害波の許容値は、CISPR 11 答申中の表 7 を基本として、本技術的条件の表 2 を許容値として適用すること。ただし、CISPR 11 答申中の表 1 「ISM 基本周波数として利用するために指定された周波数帯」の中で、当該周波数帯の国内における ISM 利用が「制限なし」とされた周波数範囲を除く。

表2 電源端子妨害波電圧の許容値（試験場における測定）（CISPR 11答申 表7参照）

周波数帯域 MHz	準尖頭値 dB μ V	平均値 dB μ V
0.15 - 0.50	66 ~ 56 周波数の対数に対し 直線的に減少	56 ~ 46 周波数の対数に対し 直線的に減少
0.50 - 5	56	46
5 - 30	60	50
注1) 周波数範囲の境界では、厳しい方の値の許容値を適用する。 注2) 準尖頭値と平均値は、以下のいずれかを満足すること。 ・平均値検波器での測定に対して規定した平均値許容値以下、かつ、準尖頭値検波器での測定に対して規定した準尖頭値許容値以下であること。 ・準尖頭値検波器での測定に対して規定した平均値許容値以下であること。		

(3) 利用周波数帯以外における放射妨害波の許容値

利用周波数帯以外においては、本技術的条件の表 3 に示す許容値以下であることが適当である。なお、利用周波数帯においては、本技術的条件の表 2 の許容値を適用すること。

表 3 利用周波数帯以外における
電気自動車用ワイヤレス電力伝送システムの放射妨害波の許容値

電気自動車充電ステーションの電力伝送システムからの放射妨害波の許容値		
	測定点	許容値
放射妨害波	距離 10 m	9 kHz-150 kHz（利用周波数を除く） 23.1 dB μ A/m（準尖頭値）
		150 kHz-30 MHz CISPR 11 答申中の表 11 の許容値を基本として、本技術的条件の表 4 の許容値を距離 10 m に換算した値を許容値として適用する。 ただし、158 kHz-180 kHz、237 kHz-270 kHz、316 kHz-360 kHz 及び 395 kHz-450 kHz の周波数においては、表 11 の許容値から 10 dB 緩和した値を許容値とする。 また、526.5 kHz から 1606.5 kHz までの周波数においては、-2.0 dB μ A/m（準尖頭値）。
		30 MHz-1 GHz CISPR 11 答申中の表 11 の許容値を基本として、本技術的条件の表 4 の許容値を適用する。
注 1) 周波数範囲の境界では、厳しい方の値の許容値を適用する。 注 2) CISPR 11 答申中の表 1「ISM 基本周波数として利用するために指定された周波数帯」の中で、当該周波数帯の国内における ISM 利用が「制限なし」とされた周波数範囲を除く。		

表4 放射妨害波の許容値（試験場における測定）（CISPR 11答申 表11参照）

周波数範囲 MHz	測定距離D(m)における許容値	
	電界 D = 10 (m)	磁界 D = 3 (m)
	準尖頭値 dB μ V/m	準尖頭値 dB μ A/m
0.15 - 30	-	39 ~ 3 周波数の対数に対し 直線的に減少
30 - 80.872	30	-
80.872 - 81.88	50	-
81.88 - 134.786	30	-
134.786 - 136.414	50	-
136.414 - 230	30	-
230 - 1 000	37	-
注) 周波数の境界では厳しい方の許容値を適用する。		

2.2 測定設備

電気自動車用ワイヤレス電力伝送システムの電磁妨害波の測定に使用する設備は、以下のとおりとすることが適当である。

2.2.1 測定用受信機

準尖頭値測定用受信機は、CISPR 16-1 答申の第1編4「周波数9 kHz から1000 MHz までの準尖頭値測定用受信機」又は関連する最新の CISPR 規格に規定された特性を満足すること。

平均値測定用受信機は、CISPR 16-1 答申の第1編6「周波数9 kHz から18 GHz までの平均値測定用受信機」に規定された特性を満足すること。

2.2.2 伝導妨害波測定設備

2.2.2.1 測定場

伝導妨害波の測定は、水平基準大地面又は垂直基準大地面を備える試験場で行う。

2.2.2.2 擬似電源回路網

擬似電源回路網(AMN)は、CISPR 16-1 答申の第2編4.3「50 Ω / 50 μ H V 型擬似電源回路網(0.15 MHz から30 MHz まで)」に規定された特性を満足すること。また、電気自動車用ワイヤレス電力伝送システムに対応するため、十分な電流容量があることも留意すること。

擬似電源回路網は、測定点において供試装置の電源線間に規定の高周波インピーダンスを与え、電源線上の周囲雑音が供試装置に混入しないようにするために必要である。

また、測定設備へ供給される AC 電源に重畳する雑音は、フィルタにより9 kHz から30 MHz の周波数範囲で十分遮断されていること。

2.2.3 放射妨害波測定設備

2.2.3.1 測定場

周波数9 kHz-30 MHz の測定に使用する放射妨害波測定場は、CISPR 11 答申の8「試験場における測定に関する特別規定(9 kHz から1 GHz)」で規定された測定場の特性を満足すること。

周波数30 MHz-1000 MHz の測定に使用する放射妨害波測定場は、CISPR 11 答申の8及びCISPR 16-1 答申の第4編5「周波数30 MHz から1000 MHz までの無線周波電界強度測定用試験場」又は関連する最新の CISPR 規格に規定された測定距離10 m に使用する測定場の特性を満足すること。

なお、野外試験場の代わりに金属基準大地面を持つ5面電波暗室を利用する場合は、CISPR 16-1 答申の第4編5又は関連する最新の CISPR 規格に規定された特性を満足すること。

2.2.3.2 測定用アンテナ

周波数30 MHz 以下の測定に使用するアンテナは、CISPR 16-1 答申の第4編4「無線周波放射妨害波測定用アンテナ」又は関連する最新の CISPR 規格の特性を満足するループアンテナを用いること。アンテナは、垂直面内に保持し、垂直軸の周りに回転できることとし、ループ最下端の地上高は1 m とする。

周波数30 MHz-1000 MHz の測定に使用するアンテナは、CISPR 16-1 答申の第4編4のうち、4.4「30 MHz から300 MHz までの周波数帯」及び4.5「300 MHz から1000 MHz の周波数範囲」又は関連する最新の CISPR 規格に規定された特性を満足すること。ま

た、水平偏波及び垂直偏波の両方で測定を実施し、垂直偏波の測定においては、アンテナ最下端の地上高は 0.25 m 以上とすること。

2.2.4 測定用治具

2.2.4.1 測定用負荷

実際の電池を用いること。なお、実際の電池に代えて、模擬負荷を用いてもよい。

2.2.4.2 測定用受電装置

供試装置（EUT：測定対象のワイヤレス電力伝送システム）が送電装置単体の場合には、当該送電装置に対応した受電装置（2 次装置）と互換性のある測定用受電装置を用いて測定を行う。

測定用受電装置は、測定用模擬負荷を接続した状態で妨害波を可能な限り低減するようにあらかじめ調整し、その特性を記録するとともに、供試装置の測定データにこれを添付する。

2.2.4.3 測定用送電装置

供試装置が受電装置単体の場合には、当該受電装置に対応した送電装置（1 次装置）と互換性のある測定用送電装置を用いて測定を行う。

測定用送電装置は、妨害波を可能な限り低減するようにあらかじめ調整し、その特性を記録するとともに、供試装置の測定データにこれを添付する。

2.3 供試装置の構成と配置

測定においては、車体の電磁効果を模擬するため、1.2 m×1.2 m 以下の大きさの金属板又は IEC 61980-1 規格案に例示された固定治具を用いること。

供試装置は、1 次側コイル部、電源及び制御を行う部分から構成される送電装置及び 2 次側コイル部、整流・制御を行う部分から構成される受電装置で構成する。

供試装置は、床置き of 送電装置と固定治具の下部に取りつけた受電装置、更に電池を置換した模擬負荷があるため、全体の規模が大きくなる。これらを電波暗室のターンテーブル上に納めることは困難な場合がある。このような場合、あらかじめ想定される水平面内の最大放射方向で、10 m 離れた位置に測定用アンテナがくるように設置する。なお、送電装置が電源部と 1 次側コイル部とが分離してケーブルで接続される構成の場合、太いケーブルの処理を CISPR の基準通りに実行することは困難であるが、やむを得ないものとする。

なお、供試装置は、金属大地面に直接置くのではなく、絶縁性の薄い台に置くこととなるが、これを物流で使う樹脂製等のパレット（T11（1100×1100×144 mm）等）にて代用し、作業効率を高めることができる。

2.4 供試装置の動作条件

供試装置の典型的な使用形態の範囲内で、当該装置の構成と配置を変化することによって妨害波レベルを最大にすること。

2.5 測定法

電気自動車用ワイヤレス電力伝送システムの電磁妨害波の測定法は、付属書 A のとおりとすることが適当である。

3 電波防護指針への適合性の確認

我が国では、電波が人体に与える影響に関する様々な研究結果に基づき、電波のエネルギーが人体に好ましくない影響を及ぼさないよう、指針となる電波のエネルギー量等に関して、電波防護のための指針（電気通信技術審議会答申「電波利用における人体の防護指針」（平成 2 年 6 月）及び「電波利用における人体防護の在り方」（平成 9 年 4 月）及び情報通信審議会答申「局所吸収指針の在り方」（平成 23 年 5 月））並びに情報通信審議会答申「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）を策定している。ワイヤレス電力伝送システムについても、これらに基づき、システムの運用形態に応じて、以下の電波防護のための指針（以下「防護指針」という。）に適合する必要がある。

- (1)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）
- (2)電気通信技術審議会答申 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 24 日）
- (3)情報通信審議会 諮問第 2030 号「局所吸収指針の在り方」に関する答申（平成 23 年 5 月 17 日）
- (4)情報通信審議会答申 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」に関する答申（平成 27 年 3 月）

ワイヤレス電力伝送システムから発射される漏えい電波が人体に有害な影響を与えないよう、防護指針への適合性を確認するための以下の評価方法を整備することが適当である。

3.1 対象

本評価は、電気自動車用ワイヤレス電力伝送システムを対象とするが、高周波利用設備の各種設備に位置づけられているワイヤレス電力伝送システムについては、本評価で示した適用すべきガイドライン及び適合性評価方法が適用可能である。

3.2 ワイヤレス電力伝送システムに適用する防護指針値

適用する防護指針値は、一般環境の管理指針（電磁界強度指針、補助指針及び局所吸収指針）とする。人体がワイヤレス電力伝送システムから 20 cm 以内に近接する場合には局所吸収指針を適用することができる。ただし、局所吸収指針が適用されない 10 kHz から 100 kHz 以下の周波数領域において、人体がワイヤレス電力伝送システムから 20 cm 以内に近接する場合には、基本制限を適用することができる。なお、100 kHz 以下の周波数においては、基本制限を満足すれば、SAR に関する基礎指針を満足することが自明である。したがって、10 kHz から 100 kHz 以下の周波数領域においては基礎指針を適用する必要はない。

接触ハザードが防止されていない場合には、接触電流に関する補助指針を適用することができる。

3.2.1 適用すべき指針値の基本的な考え方

ワイヤレス電力伝送システムに適用すべき指針値は、当該装置から発生する電波の特性、設置状態・使用条件等によって異なる。適用すべき指針値の基本的な考えを下記に示す。

- 10 kHz から 10 MHz までの周波数領域においては、刺激作用に基づく指針値（瞬時）を適用する。
- 人体が電波放射源及び金属体から 20 cm 以上離れている場合には、不均一又は局所

的なばく露に関する補助指針を適用できる。

- 人体が電波放射源及び金属体から 20 cm 未満に近づく場合には、電磁界強度指針を入射電磁界強度の最大値に適用する、又は局所吸収指針および基本制限を適用する。なお、電波放射源から 20cm 未満の領域で、電磁界強度指針を入射電磁界強度の最大値に適用するためには、電波放射源から 20 cm 未満の領域の入射電磁界を電磁界プローブで適切に測定できることが必要である。
- 空間インピーダンスが 120π ($=377\Omega$) の関係にならない近傍界ばく露条件では、電界と磁界のそれぞれの寄与による人体ばく露量（誘導電界や局所 SAR）のピーク位置が同一場所にならない場合には、電界と磁界のそれぞれについて指針値を超えないことを確認する。ただし、電界と磁界のいずれかの影響が他方に比べて十分に小さい場合には、支配的な界についてのみ評価を行うことができる。その場合、評価を要しない電界又は磁界の影響を適合性評価における不確かさに含むこと。
- 適用すべき熱作用に基づく指針値の平均時間（6 分間）にわたり電界強度又は磁界強度が変動する場合には、平均時間内で実効値の自乗平均平方根した値を指針値と比較する。
- 電磁界が適用すべき熱作用に基づく指針値に対して無視できないレベルの複数の周波数成分からなる場合には、各周波数成分の指針値に対する割合の自乗和を求め、その総和が 1 を超えないことを確認する。
- 電磁界が適用すべき刺激作用に基づく指針値に対して無視できないレベルの複数の周波数成分からなる場合には、電界強度、磁界強度及び磁束密度に関して、各周波数成分の指針値に対する割合の和を求めるか、各周波数成分の指針値に対する割合について指針値の周波数特性に応じた適切な重み付け平均を求める。これらの総和が 1 を超えてはならない。
- 接触ハザードが防止されていない場合には、接触電流に関する補助指針を適用する。ただし主に電界ばく露に起因する接触電流に対しては、一般環境における電界の強度指針を満足する場合、電界にばく露された人々の 90 % 以上に対して電界による接触電流を防止することができると考えられているため、接触電流の直接的な評価は不要である。一方、磁界誘導による接地金属体への接触電流が無視できない場合には、接触電流の直接的な評価が必要である。その際、人体と接地金属体を作る最大のループ面積に均一な磁界が入射する場合を想定し、接触電流の指針値を超えることがない最大の磁界強度 H を次の式から算出できる。

$$H = 0.034 \times Z(f) \quad [\text{A/m}] \quad (\text{式 1})$$

ここで、 $Z(f)$ は周波数 f [Hz] の関数で示された人体等価インピーダンス（付属書 E：単位は $[\Omega]$ ）である。この磁界強度 H よりも低い場合には、接触電流を直接測定する必要はない。

- 電磁界強度指針は、最悪のばく露条件を想定しているため、当該指針を超過していても直ちに防護指針に適合していないとはならない。そのため、電磁界強度指針を満足していなくとも、100 kHz 以下の周波数においては局所吸収指針を適用できないため基本制限を適用することで、防護指針への適合性を直接確認することができる。
- 電界の影響が磁界の影響に比べて十分に小さく、かつ全身平均 SAR の適合性評価を行わなくとも誘導電界又は局所 SAR の適合性評価をもって安全性が確認できる場合には、磁界強度に対して、国際規格 IEC 62311 で規定されている結合係数を用いた評価を行うことにより、誘導電界又は局所 SAR に関する基本制限値や局所吸収指針への適合性を確認することができる。

3.2.2 電気自動車用ワイヤレス電力伝送システムに適用すべき指針値

電気自動車用ワイヤレス電力伝送システムに適用すべき指針値は、以下のとおりとすることが適当である。なお、本システムで想定している電波の特性や設置・使用条件を逸脱する場合には、上記の基本的な考えに基づき、適切な指針値を適用する必要がある。

(1)電磁界強度指針及び補助指針

電磁界強度指針の表 3(b)の磁界強度に関する指針値への適合性を確認する。当該ワイヤレス電力伝送システム周辺の磁界強度の最大値が表 3(b)の磁界強度に関する指針値を超えている場合、不均一ばく露に関する補助指針を適用できる。

電界による非接地金属体への接触電流が無視できない場合には、接触電流に関する補助指針を適用する。ただし、外部電界が電磁界強度指針の表 3(b)の電界強度に関する指針値を超えないことが確認される場合、接触電流の直接的な評価は省略できる。なお、当該ワイヤレス電力伝送システム周辺の電界強度の最大値が表 3(b)を超えている場合、不均一ばく露に関する補助指針を適用できる。

磁界誘導による接地金属体への接触電流が無視できない場合には、接触電流に関する補助指針を適用する。ただし、外部磁界が接触電流に関する補助指針値から算出される磁界強度（式 1）を越えないことが確認される場合、接触電流の直接的な評価は省略できる。なお、当該ワイヤレス電力伝送システム周辺の磁界強度の最大値が接触電流に関する補助指針値から算出される磁界強度（式 1）を超えている場合、接地金属体と人体とが作るループ面における空間平均を適用できる。

(2)基本制限

誘導電界に関する基本制限を満足する場合、電磁界強度指針の表 3(b)の磁界強度の評価は必要ない。また、外部磁界に対して結合係数を用いた評価を行うことで、誘導電界に関する基本制限への適合性を確認することができる。

接触電流に関する基礎指針(3)は、接触電流に関する補助指針を満足することにより満たされることが自明であるため、当該基礎指針値を適用する必要はない。

3.3 ワイヤレス電力伝送システムにおいて、適用すべき指針値のパターンと適合性確認のための評価方法

ワイヤレス電力伝送システムからの漏えい電波が人体に与える影響の評価を行う場合には、次節以降に示す適用すべき指針値のパターンのいずれかを満足すれば、防護指針に適合しているとみなすことができる。

防護指針の電磁界強度指針は、人体のばく露量が最大となる、一様な電磁界へのばく露を想定して算出されている。このため、電磁界強度が一様でない状況において、ある一点における最大電磁界強度の値に対して電磁界強度指針を適用した評価を行った場合には、電磁界への人体ばく露量が実際より大きなものとして算出されてしまい、実状に対して過剰に厳しい評価となる可能性がある。このような場合において、電磁界の非一様性を考慮するため、波源から人体がある程度離れた場合には、空間平均値等の適用が可能であるが、波源の近傍に人体が近接する場合（20 cm 以内）には空間平均値は適用できないため、基礎指針や局所吸収指針又は基本制限に基づいた電磁界の非一様性の補正方法として、結合係数 k を用いた評価（全身平均 SAR が無視でき、かつ、電界の影響が無視できる場合に限り）を行うことができる。これらの評価方法を適切に用いることで、電波ばく露による人体への影響について、より実状に即した評価を行うことが可能となる。

パターン①は、最も簡便に評価できるが、人体の電波吸収量が最大となる最悪のばく露条件を想定しているため、過剰に厳しい評価となる。パターンの数字が大きくなるほど、より詳細な条件を設定した上での、より実状に即した評価となる。満たすべき基準につい

ても、パターンの数字がより小さいものに比べてより実状に近い値となるため、結果的に、より緩和された値となる。

次節以降では、適用すべき指針値の各々のパターンへの適合性を評価するために必要な技術的事項等も示す。なお、ここで示した評価方法とは異なる方法については、適正な工学的技術に基づいたものであれば、必ずしもその適用を排除するものではない。特に、IEC 等の国際規格に基づく適合性評価が可能な場合には、当該評価手法を利用できる。

また、灰色の網掛けのパターンについては、再現性の高い具体的な測定法・推定法が工学技術的に十分に確立されていない測定対象が含まれている、又は現時点では適用するための要件（電界影響が十分に小さく、全身平均 SAR 評価を省略できる）が満足されていないことを示している。今後、これらのパターンの評価が可能となる適正な工学的技術に基づいた方法が確立された場合又は適用可能な要件を満足するシステムに限定できる場合には、これらのパターンに対する適合性確認も可能である。

さらに、ここで示した評価方法は、防護指針の見直し及び評価技術の進歩に対応して、漸次、追加又は見直しを行う必要がある。

測定値を指針値と比較する際には、測定値に含まれる不確かさを求め、拡張不確かさが 30 %を超える場合には、IEC 62311 国際規格の方法に基づき、適用する指針値を補正すること。

3.3.1 電気自動車用ワイヤレス電力伝送システムに適用すべき指針値のパターンと評価手順

表 5 電気自動車用ワイヤレス電力伝送システム

人体が接触又は近接(20cm以内)したり、人体の一部が送受電コイル間に入る可能性:なし(又は極めて低い)							
接触ハザード		接触ハザードが防止されていない					
非接地条件		対象外					
評価方法の分類		パターン①	パターン②	パターン③	パターン④	パターン⑤	パターン⑦
適用が考えられる指針値及び補脱となるガイドライン等の組合せ	SAR	全身平均SAR					
		局所SAR					
	体内誘導電界強度						基本制限
	接触電流		接触電流に関する補助指針※3	接触電流に関する補助指針※4	接触電流に関する補助指針※5	接触電流に関する補助指針※3	接触電流に関する補助指針※5
			※3:接地金属体を用いた接触電流評価のみ実施	※4:非接地金属体を用いた接触電流評価のみ実施	※5:接地金属体および非接地金属体を用いた接触電流評価を実施	※3:接地金属体を用いた接触電流評価のみ実施	※5:接地金属体および非接地金属体を用いた接触電流評価を実施
	足首誘導電流						
	外部電界	電磁界強度指針表3(b)※1	電磁界強度指針表3(b)※1			電磁界強度指針表3(b)※1	
		※1:不均一ばく露に関する補助指針	※1:不均一ばく露に関する補助指針			※1:不均一ばく露に関する補助指針	
	外部磁界	電磁界強度指針表3(b)※1 および 接触電流に関する補助指針から算出される磁界強度(式5.2-1) ※2	電磁界強度指針表3(b)※1	電磁界強度指針表3(b)※1 および 接触電流に関する補助指針から算出される磁界強度(式5.2-1) ※2	電磁界強度指針表3(b)※1	結合係数による体内誘導電界強度の評価	結合係数による体内誘導電界強度の評価
		※1:不均一ばく露に関する補助指針 ※2:ループ面積における空間平均の適用可	※1:不均一ばく露に関する補助指針	※1:不均一ばく露に関する補助指針 ※2:ループ面積における空間平均の適用可	※1:不均一ばく露に関する補助指針		

(1) パターン①

ワイヤレス電力伝送システムにより充電している車体から 20cm の距離における磁界強度を測定し、電磁界強度指針の表 3(b)の指針値よりも低いことを確認する。なお、不均一ばく露に関する補助指針を適用することもできる。その場合の空間平均値は、大地面から 0.5 m、1 m、1.5 m の 3 点の測定値の平均値とすることができる。あわせて、測定された磁界強度が接触電流に関する補助指針値から算出される磁界強度（式 1）よりも低いことを確認する。なお、近傍に想定される金属体と人体とが作るループ面積での空間平均値を用いることもできる。その場合の空間平均値は、大地面から 0.5m、1m、1.5m の

3 点の測定値の平均値とすることができる。磁界測定に関する基本的な要件は、付属書 D を参照すること。

次に、ワイヤレス電力伝送システムにより充電している車体から 20cm の距離における電界強度を測定し、電磁界強度指針の表 3(b) の指針値よりも低いことを確認する。なお、不均一ばく露に関する補助指針を適用することもできる。その場合の空間平均値は、大地面から 0.5m、1m、1.5m の 3 点の測定値の平均値とすることができる。電界測定に関する基本的な要件は、付属書 C を参照すること。

(2) パターン②

ワイヤレス電力伝送システムにより充電している車体から 20cm の距離における磁界強度を測定し、電磁界強度指針の表 3(b) の指針値よりも低いことを確認する。なお、不均一ばく露に関する補助指針を適用することもできる。その場合の空間平均値は、大地面から 0.5m、1m、1.5m の 3 点の測定値の平均値とすることができる。磁界測定に関する基本的な要件は、付属書 D を参照すること。

次に、ワイヤレス電力伝送システムにより充電している車体から 20cm の距離における電界強度を測定し、電磁界強度指針の表 3(b) の指針値よりも低いことを確認する。なお、不均一ばく露に関する補助指針を適用することもできる。その場合の空間平均値は、大地面から 0.5m、1m、1.5m の 3 点の測定値の平均値とすることができる。電界測定に関する基本的な要件は、付属書 C を参照すること。

さらに、ワイヤレス電力伝送システムにより充電している車体から 20 cm の位置に接地の金属体を設置し、接触電流を測定し、接触電流に関する補助指針の指針値よりも低いことを確認する。金属体は、接触電流が最大となる方向に設置すること。金属体の寸法、高さ及び接触位置は、1.5 m 以上とすること。接触電流測定に関する基本的な要件は、付属書 E を参照すること。

(3) パターン③

ワイヤレス電力伝送システムにより充電している車体から 20cm の距離における磁界強度を測定し、電磁界強度指針の表 3(b) の指針値よりも低いことを確認する。なお、不均一ばく露に関する補助指針を適用することもできる。その場合の空間平均値は、大地面から 0.5 m、1 m、1.5 m の 3 点の測定値の平均値とすることができる。あわせて、測定された磁界強度が接触電流に関する補助指針値から算出される磁界強度（式 1）よりも低いことを確認する。なお、近傍に想定される金属体と人体とが作るループ面積での空間平均値を用いることもできる。その場合の空間平均値は、大地面から 0.5m、1m、1.5m の 3 点の測定値の平均値とすることができる。磁界測定に関する基本的な要件は、付属書 D を参照すること。

次に、ワイヤレス電力伝送システムにより充電している車体から 20 cm の位置に非接地の金属体を設置し、接触電流を測定し、接触電流に関する補助指針の指針値よりも低いことを確認する。金属体は、接触電流が最大となる方向に設置すること。金属体の寸法は 1.2 m×1.2 m 以上とし、大地面から 5 cm 以上離すこと。接触電流測定に関する基本的な要件は、付属書 E を参照すること。

(4) パターン④

ワイヤレス電力伝送システムにより充電している車体から 20cm の距離における磁界強度を測定し、電磁界強度指針の表 3(b) の指針値よりも低いことを確認する。なお、不均一ばく露に関する補助指針を適用することもできる。その場合の空間平均値は、大地面から 0.5m、1m、1.5m の 3 点の測定値の平均値とすることができる。磁界測定に関する基本的な要件は、付属書 D を参照すること。

次に、ワイヤレス電力伝送システムにより充電している車体から 20 cm の位置に非接地の金属体を設置し、接触電流を測定し、接触電流に関する補助指針の指針値よりも低いことを確認する。金属体は、接触電流が最大となる方向に設置すること。金属体の寸法は 1.2 m×1.2 m 以上とし、大地面から 5 cm 以上離すこと。接触電流測定に関する基本的な要件は、付属書 E を参照すること。

さらに、ワイヤレス電力伝送システムにより充電している車体から 20 cm の位置に接地の金属体を設置し、接触電流を測定し、接触電流に関する補助指針の指針値よりも低いことを確認する。金属体は、接触電流が最大となる方向に設置すること。金属体の寸法、高さ及び接触位置は、1.5 m 以上とすること。接触電流測定に関する基本的な要件は、付属書 E を参照すること。

(5) パターン⑤

ワイヤレス電力伝送システムにより充電している車体から 20 cm の距離における磁界強度を測定し、測定された磁界強度の最大値に結合係数を乗じ、電磁界強度指針の表 3(b) の指針値よりも低いことを確認する。磁界測定に関する基本的な要件は付属書 D を参照し、結合係数の求め方については付属書 F を参照すること。なお、電気自動車用ワイヤレス電力伝送システムの結合係数については、厳しめの評価となるようにマージンを考慮した 0.15（磁界プローブセンサ面積は 100 cm²）を用いることもできる。

次に、ワイヤレス電力伝送システムにより充電している車体から 20cm の距離における電界強度を測定し、電磁界強度指針の表 3(b) の指針値よりも低いことを確認する。なお、不均一ばく露に関する補助指針を適用することもできる。その場合の空間平均値は、大地面から 0.5m、1m、1.5m の 3 点の測定値の平均値とすることができる。電界測定に関する基本的な要件は、付属書 C を参照すること。

さらに、ワイヤレス電力伝送システムにより充電している車体から 20 cm の位置に接地の金属体を設置し、接触電流を測定し、接触電流に関する補助指針の指針値よりも低いことを確認する。金属体は、接触電流が最大となる方向に設置すること。金属体の寸法、高さ及び接触位置は、1.5 m 以上とすること。接触電流測定に関する基本的な要件は、付属書 E を参照すること。

(6) パターン⑥

ワイヤレス電力伝送システムにより充電している車体から 20 cm の距離における磁界強度を測定し、測定された磁界強度の最大値に結合係数を乗じ、電磁界強度指針の表 3(b) の指針値よりも低いことを確認する。磁界測定に関する基本的な要件は付属書 D を参照し、結合係数の求め方については付属書 F を参照すること。なお、電気自動車用ワイヤレス電力伝送システムの結合係数については、厳しめの評価となるようにマージンを考慮した 0.15（磁界プローブセンサ面積は 100 cm²）を用いることもできる。

次に、ワイヤレス電力伝送システムにより充電している車体から 20 cm の位置に非接地の金属体を設置し、接触電流を測定し、接触電流に関する補助指針の指針値よりも低いことを確認する。金属体は接触電流が最大となる方向に設置すること。金属体の寸法は、1.2 m×1.2 m 以上とし、大地面から 5 cm 以上離すこと。接触電流測定に関する基本的な要件は、付属書 E を参照すること。

さらに、ワイヤレス電力伝送システムにより充電している車体から 20 cm の位置に接地の金属体を設置し、接触電流を測定し、接触電流に関する補助指針の指針値よりも低いことを確認する。金属体は、接触電流が最大となる方向に設置すること。金属体の寸法、高さ及び接触位置は、1.5 m 以上とすること。接触電流測定に関する基本的な要件は、付属書 E を参照すること。

3.4 安全装置のあり方

電磁波源が電磁環境の源となることから、電磁波源側で人体を電磁界から保護する対策を講ずる必要がある。対策の構成としては、電磁波源等をハード面及びソフト面の二つの側面から捉え、その効果を最大限発揮できるような対策を適用する必要がある。

(ハード面の対策)

- 利用状態において一定範囲に人が立ち入れないような状態にする。
 - 受電側のコイルが存在しない場合に送電を開始しない。
 - 送電側及び受電側のコイルの間に人体が入った場合に送電を停止する。
 - 機器の異常状態を感知し送電を停止する。
- 等の方法がある。

(ソフト面の対策)

- ワイヤレス電力伝送システムから放射される電波の強さに関する情報提供を行う。
 - 安全管理マニュアルや機器の操作説明等において、防護に関して必要な情報を明示する。
- 等の方法がある。

3.5 留意事項

- (1) 防護指針の値は、十分な安全率を考慮した人体防護を前提としたものであることから、防護指針値を超えたからといってそれだけで人体に影響があるものではないことに注意が必要である。
- (2) 防護指針は、現時点において専門家が共通の認識に達している事項に基づいて記述されており、暫定的な性格も有している。したがって、今後、この分野における調査研究が進展し、科学的に裏付けされた根拠や新しい考え方が示された場合には、電波利用の状況や諸外国の状況等に応じて、防護指針の内容が改定される可能性があることにも留意する必要がある。
- (3) 本技術的条件で示した適合性評価方法とは異なる方法については、適正な工学的技術に基づいたものであれば、必ずしもその適用を排除するものではない。さらに、適合性評価方法については、技術の進展や諸外国の状況等に応じて見直しを行うことが望ましい。
- (4) ワイヤレス電力伝送システムが生活圏の近辺に設置され、利用者が電磁波源に近接して使用する場合が多いことに鑑み、次の事項についても配慮することが必要である。
 - ペースメーカー装着者がワイヤレス電力伝送システムを利用する場合は、担当医師の指示に従い、適切に評価・防護することが必要である。防護指針は、ペースメーカー装着者を対象とはしておらず、防護指針に適合していてもペースメーカーに影響を与える可能性があることに留意すること。
 - 金属を身につけている場合や体内に金属を埋め込んでいる場合は、指針値以下の電磁界でも予想外の局所的な発熱などを引き起こす可能性があり、注意が必要である。

4 その他

4.1 ワイヤレス電力伝送システムの製造業者など関係者の努力

ワイヤレス電力伝送システムの製造業者など関係者においては、ワイヤレス電力伝送システムが広く一般世帯に普及することを考慮して、設備利用者が無線利用との共存について十分に理解できるように必要な情報を周知すること、また、利用者からの相談に応じられるように相談窓口を設けることが必要である。さらに、万一漏えい電波が無線利用に障害を及ぼした場合に備えて、ワイヤレス電力伝送の停止機能など、ワイヤレス電力伝送システムに漏えい電波による障害を除去することができる機能を施すとともに、障害が発生した場合にその除去に積極的に協力することが必要である。

4.2 電磁妨害波の許容値及び測定法の見直し

本技術的条件は、無線利用の保護に最大限配慮し、技術的に詳細な検討を行って、ワイヤレス電力伝送システムの電磁妨害波の許容値及び測定法を検討したものであるが、今後、ワイヤレス電力伝送システムが実用に供された段階で無線利用との共存状況について把握し、必要に応じて許容値及び測定法を見直すことが重要である。

また、ワイヤレス電力伝送システムの漏えい電波に関して、無線通信規則や CISPR 規格が策定された場合は、必要に応じて許容値及び測定法を見直すことが重要である。

4.3 防護指針に基づく人体安全性への配慮

防護指針は、現時点において専門家が共通の認識に達している事項に基づいて記述されており、暫定的な性格も有している。今後、防護指針の内容が改定された場合には、防護指針への適合性の確認方法についても、適切に反映することが重要である。

4.4 埋め込み型医療機器等への影響への配慮

ワイヤレス電力伝送システムは、大きな電力を伝送する場合には周囲に大きな電磁界を発生させることがあるため、実用化に当たっては、ペースメーカー等の高度な埋め込み型医療機器への影響についても、十分に注意しつつ推進することが必要である。こうした影響については、ワイヤレス電力伝送システムの製造業者など関係者によって、実用化前に技術的な検討が行われ、取扱説明書等に適切な取扱い方法が示されることが必要である。

付属書 A 電磁妨害波の測定法

電気自動車用ワイヤレス電力伝送システムの電磁妨害波の測定法は、以下のとおりとすることが適当である。

A. 1 電源端子における伝導妨害波の測定

被測定ワイヤレス電力伝送システムの電源端子における伝導妨害波の測定は、2. 2. 2. 1 節の条件を満足する測定場において、当該設備の動作状態で、以下のように行う。

A. 1. 1 装置類の配置

測定には、供試装置、高周波電源部及び擬似電源回路網並びに伝導妨害波測定用受信機を用いる。

配置の詳細に関しては、CISPR 16-2-1 答申及び CISPR 14-1 答申に準ずる。

- 1) 供試装置のうち、送電装置は、基準大地面上の絶縁体（厚さ 150 mm 以下）の上に置く。受電装置は、測定用固定治具の下面に 2 次側コイルを取り付け、測定用固定治具上に整流部を置く。充電電池の代替としての模擬負荷は、測定用固定治具上に置く。測定用固定治具も大地面より絶縁する。
- 2) 供試装置は金属基準大地面上に設置するが、基準大地面とは絶縁すること。その他の条件は、通常の使用状態に一致させ、供試装置の全ては、他の金属面から少なくとも 0.8 m 離して設置すること。
- 3) 擬似電源回路網の基準接地端子を、できる限り短い導線を用いて基準大地面に接続すること。
- 4) 電源線及び接続ケーブルを基準大地面に対して実際の使用状態と同じになるように配置すること。測定結果に影響が発生しないようにケーブルの配置に注意を払うこと。
- 5) 供試装置に接地用端子が備わっている場合には、できる限り短い導線を用いて擬似電源回路網の接地端子に接続すること。
- 6) 機器配置において、ターンテーブル上に機器を展開できるようにするため、長い接続ケーブルは、蛇行させてもよい。
- 7) 測定設備へ供給される商用電源に重畳する雑音は、フィルタにより 9 kHz から 30 MHz の周波数範囲で十分遮断されていること。

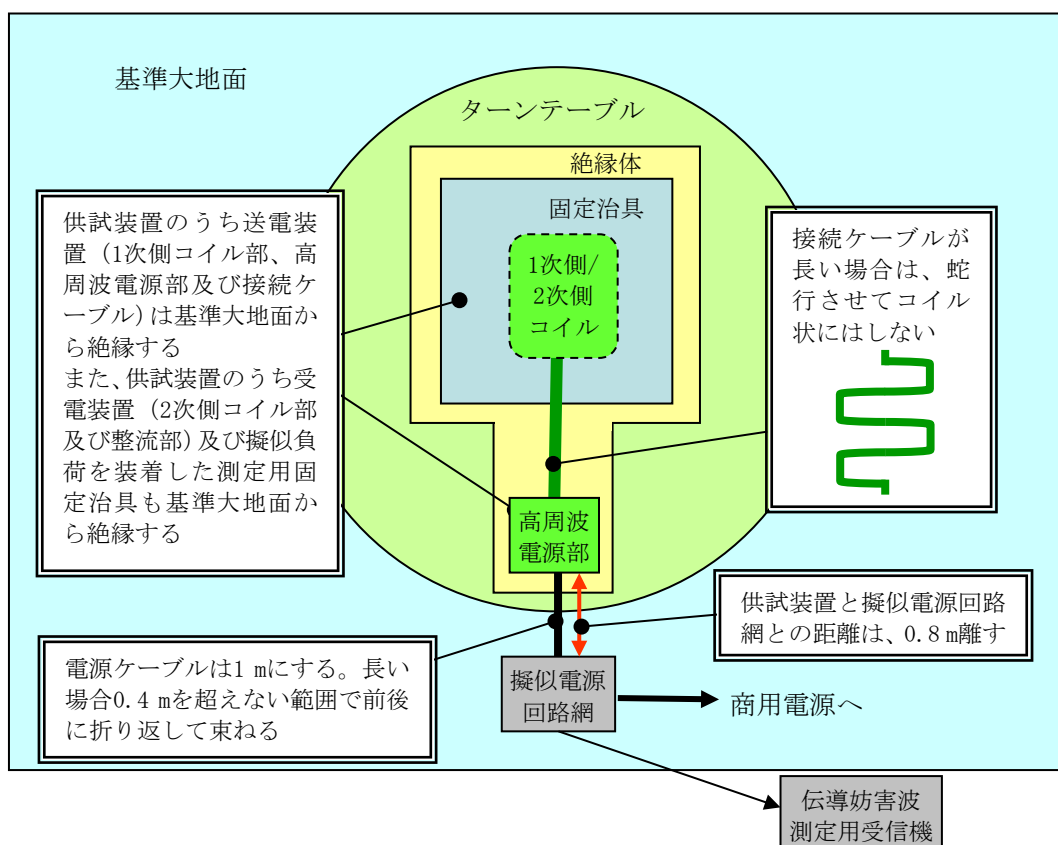


図 A.1 電源端子における伝導妨害波測定の機器配置例（上面視）

A.1.2 伝導妨害波の測定（9 kHz～30 MHz）

測定には、供試装置及び擬似電源回路網並びに妨害波測定用受信機を用いること。なお、供試装置の1次側コイル及び2次側コイルの離隔距離及び水平面の位置関係は、通常の使用状態を想定した基本位置とすること。

測定手順を以下に示す。

- 1) 電源を投入し、待機状態とする。
- 2) スペクトラムアナライザ又は妨害波測定用受信機をピークホールドモードとし、測定対象の周波数範囲にわたり同調周波数を掃引し、伝導妨害波の存在を探索する。スペクトルのピークが検知されたそれぞれの周波数を記録する。ただし、許容値から10 dB以上下回らない場合に限る。
- 3) ピークが記録された周波数ごとに、測定用受信機を準尖頭値(QP)測定モードにて妨害波電圧を測定する。同じ状態で、測定用受信機を平均値(Av)測定モードにて測定する。これを主要なピークの周波数ごとに繰り返す。
- 4) ワイヤレス送電状態にて、2)～3)と同様の測定を繰り返す。

A.2 放射妨害波の測定

電気自動車用ワイヤレス電力伝送システムの放射妨害波の測定は、2.2.3.1節の条件を満足する測定場において、当該設備の動作状態で、以下のように行う。

A. 2.1 装置類の配置

測定には、供試装置及び高周波電源部を用いる。

なお、これらの装置類に対する電源供給は高域除去電源フィルタを介して行うこと。

測定手順を以下に示す。

- 1) 放射試験場のターンテーブル上に供試装置のうち送電装置を展開する。供試装置と大地面の間に絶縁体（厚さ 150 mm 以下）を置く。対向する受電装置は、測定用固定治具の下面に 2 次側コイルを取り付け、測定用固定治具上に整流部を置く。充電電池の代替として模擬負荷を受電装置に接続し、測定用固定治具上に置く。測定用固定治具も大地面より絶縁する。
送電装置と対向する受電装置との離隔距離及び水平面の位置関係は、通常の使用状態を想定した基本位置とすること。
- 2) 電源線及び接続ケーブルは、金属基準大地面に対して実際の使用状態と同じになるように配置し、測定結果に影響が発生しないようにケーブルの配置に注意を払うこと。
また、供試装置に接地用端子が備わっている場合には、できる限り短い導線を用いて接地すること。
- 3) 送電装置が 1 次側コイル、電源及び制御を行う部分及びそれらを接続する接続ケーブルからなる場合、接続ケーブルの配置は、以下のようすること。
 - ・ 接続ケーブルは、それぞれの装置の仕様に定める形式及び長さであること。長さを変えることができる場合には、電界強度測定において最大となる妨害波を発生する長さを選ぶこと。
 - ・ 測定結果一式には、測定結果を再現できるように、ケーブル及び装置の配置を完全に記述したものを添付すること。使用条件が定められている場合には、これらの条件を明確にし、文書化し、使用説明書に記述しておくこと。
- 4) 供試装置が送電装置のみ又は受電装置のみの場合、あらかじめ準備した供試装置に対応した受電装置と互換性を有する測定用受電装置又は送電装置と互換性を有する測定用送電装置と組み合わせて測定を実施する。ただし、測定の条件を明確に測定結果に記載すること。
- 5) 供試装置の規模が大きくターンテーブルを回転させることが困難な場合、あらかじめ想定される水平面内の最大放射方向で 10 m 離れた位置に測定用アンテナがくるように設置する。
- 6) 測定設備へ供給される商用電源に重畳する雑音は、フィルタにより 9 kHz から 30 MHz の周波数範囲で十分遮断されていること。

A. 2.2 放射妨害波の測定 (9 kHz-30 MHz)

測定手順を以下に示す。

- 1) ターンテーブル上に設置した供試装置及び測定用固定治具を囲む外周円前面より水平距離 10 m の位置に、2.2.3.2 節に規定した測定用ループアンテナをループ最下端の高さが 1.0 m となるように設置する。

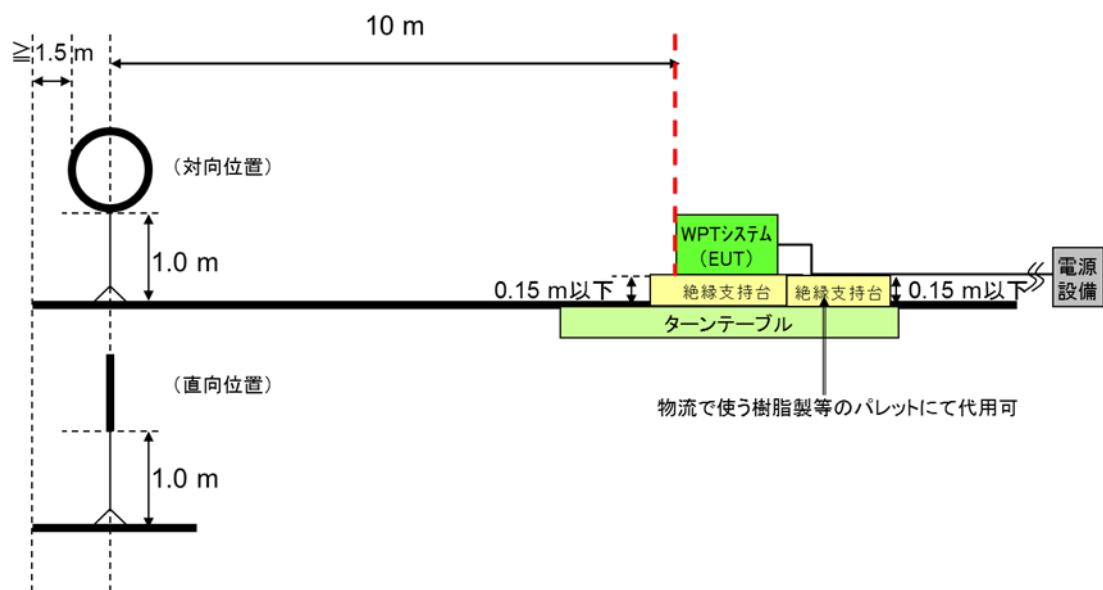


図 A.2 放射妨害波測定 (9 kHz-30 MHz)

[基本位置での測定]

- 2) 送電装置の1次側コイルと受電装置の2次側コイルを相対させ基本位置に合わせ、電源を入れる。
- 3) 供試装置を待機状態とする。
- 4) ループアンテナを供試装置と対向の方向に設定する。
- 5) スペクトラムアナライザ又は妨害波測定用受信機をピークホールドモードとし、測定対象の周波数範囲にわたり同調周波数を掃引し、ターンテーブルを360°回転させ、放射妨害波の存在を探索する。スペクトルのピークが検知されたそれぞれの周波数を記録する。ただし、許容値から10 dB以上下回らない場合に限る。
- 6) ピークが記録された周波数ごとに、ターンテーブルを回転させ、最大受信方向において、測定用受信機を準尖頭値 (QP) 測定モードにて放射磁界強度を測定する。これを主要なピークの周波数ごとに繰り返す。
- 7) ループアンテナを供試装置と直向の方向に設定し、5)～6)の測定を繰り返す。
- 8) ワイヤレス送電状態にて、4)～7)と同様の測定を繰り返す。

[位置ずれ状態における測定]

- 9) 1次側コイルと2次側コイルの位置関係をずらし、製造者の申告する電磁波の放射が最大となる条件において、3)～8)の測定を繰り返し、位置ずれ状態における放射電界強度 (準尖頭値: QP) を測定する。

A.2.3 放射妨害波の測定 (30 MHz-1000 MHz)

- 1) ターンテーブル上に設置した供試装置及び測定用固定治具を囲む外周円前面より水平距離10 mの位置に、2.2.3.2節に規定した測定用アンテナを設置する。

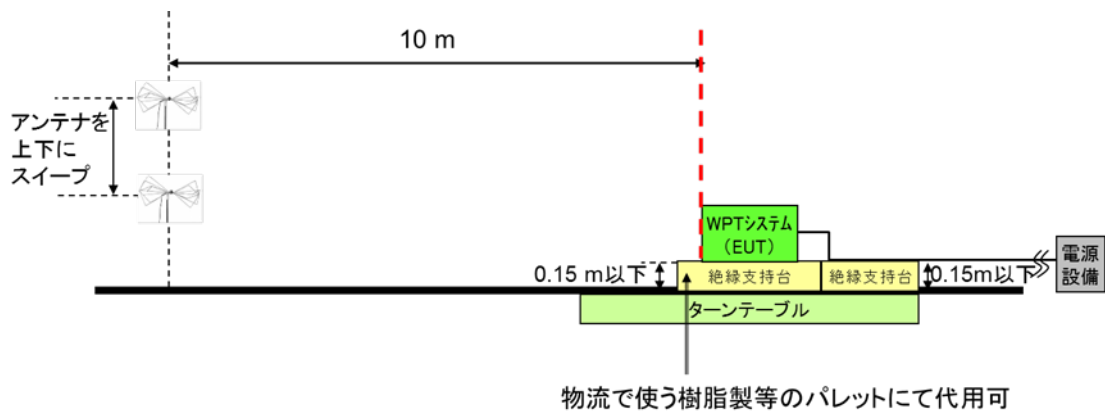


図 A.3 放射妨害波測定 (30 MHz-1 GHz)

[基本位置での測定]

- 2) 送電装置の1次側コイルと受電装置の2次側コイルを相対させ基本位置に合わせ、電源を入れる。
- 3) 供試装置を待機状態とする。
- 4) 測定用アンテナを水平偏波に設定する。
- 5) スペクトラムアナライザ又は妨害波測定用受信機をピークホールドモードとし、測定対象の周波数範囲にわたり同調周波数を掃引し、ターンテーブルを360°回転させ、かつ、測定用アンテナの高さを1 mから4 mに変化させ、放射妨害波の存在を探索する。スペクトルのピークが検知されたそれぞれの周波数を記録する。ただし、許容値から10 dB以上回らない場合に限る。
- 6) ピークが記録された周波数ごとに、ターンテーブルを回転させ、最大受信方向及びアンテナの高さにおいて、測定用受信機を準尖頭値 (QP) 測定モードにて最大となる妨害波電界強度を測定する。これを主要なピークの周波数ごとに繰り返す。
- 7) 測定アンテナを垂直偏波に設定し、5)～6)の測定を繰り返す。なお、このとき測定用アンテナの下端を大地面より0.25 m以下には下げないこと。
- 8) ワイヤレス送電状態にて、4)～7)と同様の測定を繰り返す。

[位置ずれ状態における測定]

- 9) 1次側コイルと2次側コイルの位置関係をずらし、製造者の申告する電磁波の放射が最大となる条件において、3)～8)の測定を繰り返し、位置ずれ状態における放射電界強度 (準尖頭値: QP) を測定する。

A.3 高周波出力の測定

高周波出力については、1次側コイルへの出力端で確認する。なお、当該位置で確認することが困難な場合には、装置全体の入力端において確認してもよい。

A.4 測定全般に係る事項

本測定法が対象とするワイヤレス電力伝送システムの利用周波数は数 MHz 以下であり、周囲に比較的大きな電磁界を放射する。このとき、特に30 MHz以下の放射妨害波測定において、以下に注意する必要がある。

測定器は、測定用ループアンテナ、測定用受信機、接続ケーブル等から構成する。放射妨害波の許容値が 10 m の距離における磁界強度で規定されるとき、供試装置の利用周波数は、10 m の距離で測定できる。しかし、高調波等の不要発射の強度測定を行うとき、10 m の距離では受信機のノイズフロア以下となる場合がある。

このような場合、測定用アンテナの距離を供試装置に近づけることにより相対的にノイズフロアを下げて測定することが行われる。注意が必要なのは、このとき使用しているループアンテナの特性である。ループアンテナには、アクティブ型とパッシブ型とがある。ループの根本にプリアンプが挿入されているものがアクティブ型である。アクティブ型は明らかに感度が良いが、プリアンプの内部雑音がノイズフロアを引き上げる面もある。

最も注意が必要なのは、測定用アンテナを供試装置の近傍（例えば 3 m）に近づけたときである。強い基本波により、プリアンプが飽和現象を起こす可能性がある。プリアンプが挿入されている位置がアンテナ下部であり、フィルタを挿入することができない。そのため、このような近傍での測定ではパッシブ型を使い、測定用受信機の前段に、基本波をカットするハイパスフィルタ等を挿入することが必要となる。

付属書 B 距離換算に関する指針

放射電磁界強度の測定において、規定された距離とは異なる距離にて測定を行うことは、一定の条件のもとに国内外で認められてきた。これは、規定された距離では信号の強度が低く十分なダイナミックレンジで測定できないなどの理由による。このとき、規定距離とは異なる距離で測定した値に一定の換算を行い、規定距離での測定値を推定する必要がある、これを距離換算という。

この距離換算の値（換算係数と呼ぶ場合もある）は、測定周波数、測定距離、測定周囲環境、対象機器の形状（特に大きさ）、測定方法によって違う値となる。このため規格により違う値が規定されており、電波法関係規則・告示でも統一されていないのが実態である。とりわけ 30MHz 以下の測定においては、測定距離がいわゆる近傍界領域にあたるため、測定条件を考慮して適用することが必要である。

ワイヤレス電力伝送システムを対象として、本技術的条件に定める測定法を使用すると
の前提で、距離換算値は以下のとおりとすることが適当である。

B.1 10 m 距離で規定された許容値を 3 m 距離に換算する場合の距離換算値
距離換算値の根拠として CISPR/B/587A/INF に準拠し、以下の規定とする。

表 B.1 10 m 許容値を 3 m 許容値に換算するときの距離換算値

周波数帯 (MHz)	10 m 許容値を 3 m 許容値に換算するときの距離換算値 dB
0.150 - 4	+24.5
4 - 11	+24.5 周波数の対数に対して直線的に減少 +10
11 - 1 000	+10

なお、CISPR 11 では、3 m 距離で測定して良い対象機器の大きさについては、ケーブルを含め直径 1.2 m、高さ 1.5 m の円柱形の試験体積に収まる小型装置に適用することとしている。

付属書 C 電波防護指針への適合性確認方法（電界強度測定方法）

電気自動車用ワイヤレス電力伝送システムの電波防護指針への適合性確認のための電界強度の測定法は、以下のとおりとすることが適当である。

C.1 測定装置の要件

電界強度は、電界に対してのみ感度を有するアンテナ（例えば微小ダイポール）を、アンテナ系を含め校正された測定器に接続して測定する。一般に電界測定に用いられる測定器は、広帯域測定系及び狭帯域測定系に大別され、両測定系とも、基本的にはアンテナ部（給電部を含む）、測定器部及びデータ記録処理装置部から構成される。測定系の特徴及び測定系の選定方法は、次のとおりである。

- (1) 広帯域測定系におけるアンテナは、ダイポールを用いる。周波数に対して均一な感度にするために、それらの大きさは測定上限周波数の波長に比べて十分小さくしている。また、通常、等方性を得るために三つのアンテナを互いに直交させて、それらの出力を単独に又は合成して取り出すプローブを用いる。この方式のアンテナは、電磁界の分布が複雑な近傍界領域での使用に適している。広帯域測定系の代表的な測定器として、電波防護を目的に設計された広帯域等方性電界強度計がある。また、測定器部をダイオード検波器とオシロスコープのような波形観測装置で構成する方式もある。
- (2) 狭帯域測定系は、対象とする周波数ごとに同調する方式である。この測定系は、通常、測定周波数範囲は極めて広く、受信感度が高く、応答時間が極めて短い。この測定系は、測定対象がパルスであるとき、複数波が存在する場合に適しているが、パルス波の測定のように対象波の占有する帯域幅が測定器部の通過帯域幅より大きい場合には周波数領域で測定する方法が有効である。アンテナ部には、例えばバイコンカルアンテナのような広帯域特性を有するアンテナが使用されるが、その大きさが波長に対して十分小さくないため、遠方領域での測定にしか適さない。近傍領域での測定には、3 軸直交微小ダイポールが適している。
- (3) 電磁環境の評価に当たっては、広帯域等方性電界強度計を用いることを優先させ、この測定器では十分な測定が行い得ない場合には他の測定方法を選定する。ただし、防護指針が対象としていない 10 kHz 未満の周波数の電磁界（特に商用周波数の電磁界）を適切に除外する必要がある。
測定系の選定に当たっては、測定系が具備すべき性能、測定可能周波数、電磁界強度範囲等を十分に考慮する必要がある。

C.2 測定手順の要件

電界強度の測定は、人のいない状態で人の存在する可能性のある全空間を対象とすることを原則とする。一般的に、人の行動や周囲の条件などに不確定な要素があることから、測定の対象とする空間領域を明確にできない場合があると考えられる。このときには、代表的な測定点を選定する必要がある。

また、電磁界強度指針の実際の適用の対象とする空間には、電磁界が不均一となる場合もある。その場合、対象となる空間全ての電界強度分布を詳細に把握することは困難であるが、測定の対象となる空間内に便宜的に人体の占める空間を考慮した単位空間を設定して測定することが考えられる。また、補助指針の適用においては、この単位空間の導入によって、人体に占める空間全体の電界強度分布の平均値等が用いられる。

測定用アンテナを電磁波源や金属物体又は高誘電体物体に近づけると、両者間の容量結合やアンテナのインピーダンス変化が生じるほか、アンテナが大きい場合には、電磁界の乱れや勾配の平均化などが付加されるため、測定誤差が無視できなくなる。これを考慮し、測定用アンテナと電磁波源、大地及び金属物体などとの最小測定距離は、原則として、300 MHz 未満の周波数では 20 cm 以上とする。しかし、この最小測定距離は、アンテナの大きさ（素子長、ループ径、開口径など）や反射物体の大きさ、波長に対する比及び反射物体の電気定数等に依存するため、測定条件によっては、これら距離以内の領域での測定が可能な場合もある。ワイヤレス電力伝送システムについては、波源から 20 cm 未満であっても市販の電界プローブにより電界強度の測定が可能であることを確認している。

防護指針においては、指針値は、対象とする空間の電磁波の状況に応じて、時間平均、瞬時値の最大値等で示されている。したがって、測定して電磁界強度の瞬時値をそのまま評価するのではなく、指針値と比較できるように測定値の処理を行う必要がある。

以下に、その他の考慮すべき要件について述べる。

(1) 時間平均

電界強度が時間とともに変化する場合には、平均時間内で電界強度の実効値を自乗平方根した値（時間平均値）を適用する。電界強度は、瞬時値が指針値を超える場合であっても、時間平均値が指針値を超えない場合は、指針値を満たすものと評価される。

(2) 空間平均

人体が占める空間の相当する領域における電界分布が均一でない場合、空間的な平均値を用いることが可能な場合もある。人体が占める空間に相当する領域において、時間平均された電磁界強度が指針値を超える点があっても、その空間内における平均値が指針値を超えない場合は、指針値を満たすと評価される。

(3) 複数波の評価

入射波が指針値に対して無視できないレベルの複数の周波数成分からなる場合は、それぞれの入射波の電界強度を測定し、それぞれ指針値に対する割合を算出し、それらの自乗和が 1 を超えなければ、指針値を満たすと評価される。

(4) 国際規格に基づく評価

1998 年に制定された国際規格「人体ばく露に関する低周波磁界及び電界の測定－測定器の特別要求事項及び測定の手引き (IEC 61786)」では、電磁界の基本事項、測定手順や測定器の要求仕様を示している。現在、改定作業が進められており、電磁界測定器に関する基本事項と、測定手順のガイダンスについて、分冊発行することが決定している（すでに、基本事項を規定したパート 1 が、2013 年 12 月に発行されている。）。なお、本規格は、2004 年に JIS 化され、JIS C 1910 として発行されている。このほか、家電の磁界測定法 IEC 62233 及び電磁界評価法の共通規格 IEC 62311 においても、ガイドライン適合性評価を念頭においた電磁界測定方法が規定されている。

これらの国際規格では、装置の大きさや標準的な使用方法を元に電磁界を測定する位置を決めることとし、IEC 62311 では「使用者の通常位置」としている。また、IEC 62233 では代表的な装置に対して測定位置を詳細に規定している。さらに、広帯域スペクトラムの場合、Time Domain 法も使用することができる。

※測定上の注意事項

防護対策を講じるなど、測定者の安全を確保することが重要である。また、下記にも留意すること。

- 測定系の選定を誤らないこと。
- 測定空間の内又は近傍に反射物等がある場合は、測定位置のわずかな変化に対して、電磁界強度が複雑に変化し局所的に大きくなることがあるので、測定位置の選定に注意すること。
- 指向性を有するアンテナを用いる場合には、その指向特性（水平・垂直）を十分考慮し、主輻射方向以外の方向からの入射波の影響についても考慮すること。
- 測定実施時には、測定者及び測定系に起因する電磁界のじょう乱を極力避けるよう配慮すること。特に、時間的に変化している電磁界を測定している間は、測定者、アンテナ及び周囲の物体は移動させないこと。また、走査測定に伴って生じる電磁界の変動が、空間的な変動か、時間的な変動かを区別するため、走査を遅くするなど十分な注意を払いながら測定を実施すること。
- 測定機器は、環境条件（温度、湿度、振動、電磁界など）の影響を受ける場合がある。
- 測定系は校正されたものを用いること。構成機器の経過年数、使用頻度などに応じて定期的に校正を実施することが望ましい。

付属書 D 電波防護指針への適合性確認方法（磁界強度測定方法）

電気自動車用ワイヤレス電力伝送システムの電波防護指針への適合性確認のための磁界強度の測定法は、以下のとおりとすることが適当である。

D.1 測定装置の要件

D.1.1 磁界測定原理

主として数 100 kHz 以下の低周波数領域における磁界測定に用いられるセンサ方式として、誘導コイル方式、ホール素子、フラックスゲート式、磁気抵抗素子、磁気発振方式、量子干渉素子を用いるもの（SQUID）などがある。このうち環境磁界の測定では、誘導コイル方式が多く用いられる。特に携帯型の磁界測定器については回路が簡素で小型化できることから、誘導コイル方式が多く用いられている。誘導コイル方式による磁界測定原理は、電磁誘導作用により誘導コイル（サーチコイル）に鎖交する磁束の大きさの時間変化分に対応した誘起電圧を測定するもので、以下のような関係式がある。

$$V = -j\omega NBS \quad (\text{式 D. 1-1})$$

ここで、 V ：誘導電圧、 ω ：角周波数（ $=2\pi f$ ）、 N ：コイルの巻数、 B ：磁束密度（コイル面に垂直な成分）、 S ：コイルの面積、である。測定に十分な感度を得るために、面積や巻数を増やす、又は強磁性材料をコイル心に用いて磁束密度 B の大きさを増加させるなどの方策が取られている。また、出力が周波数に比例するため、後段の積分器を用いて平坦な周波数特性となるように信号処理がなされる。

D.1.2 磁界測定原理

磁界測定器として、センサ部が 1 軸のものと、3 個のセンサが互いに直交方向に配置された 3 軸のものがあるが、IEC による国際規格（IEC 61786-1）及び JIS 規格（JIS C 1910）では、式 D. 1-2 で定義される 3 軸合成磁界 B_R を、磁界の大きさの指標として用いることを規定しており、3 軸の磁界測定器を用いることが想定されている。

$$B_R = \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2} \quad (\text{式 D. 1-2})$$

ここで、 B_x 、 B_y 、 B_z は直交 3 軸各軸の磁束密度の実効値である。3 軸の磁界測定器では、測定器の向きによらず同一の値 B_R が表示されるという利点がある。一方、センサ部が 1 軸の測定器も従来より用いられており、波形出力機能を有する測定器があり、磁界の周波数成分や、到来方向を知るための用途に使用される場面がある。

D.2 測定手順の要件

磁界強度の測定は、人のいない状態で人の存在する可能性のある全空間を対象とすることを原則とする。一般的に、人の行動や周囲の条件などに不確定な要素があることから、測定の対象とする空間領域を明確にできない場合があると考えられる。このときには、代表的な測定点を選定する必要がある。

また、電磁界強度指針の実際の適用の対象とする空間には、電磁界が不均一となる場合もある。その場合、対象となる空間全ての電界強度分布を詳細に把握することは困難であるが、測定の対象となる空間内に便宜的に人体の占める空間を考慮した単位空間を設定して測定することが考えられる。また、補助指針の適用においては、この単位空間の導入によって、人体に占める空間全体の電界強度分布の平均値等が用いられる。

測定用アンテナを電磁波源や金属物体又は高誘電体物体に近づけると、両者間の容量結

合やアンテナのインピーダンス変化が生じるほか、アンテナが大きい場合には、電磁界の乱れや勾配の平均化などが付加されるため、測定誤差が無視できなくなる。これを考慮し、測定用アンテナと電磁波源、大地及び金属物体などとの最小測定距離は、原則として、300 MHz 未満の周波数では 20 cm 以上とする。しかし、この最小測定距離は、アンテナの大きさ（素子長、ループ径、開口径など）や反射物体の大きさ、波長に対する比及び反射物体の電気定数等に依存するため、測定条件によっては、これら距離以内の領域での測定が可能な場合もある。ワイヤレス電力伝送システムについては、波源から 20 cm 未満であっても市販の磁界プローブにより磁界強度の測定が可能であることを確認している。

防護指針においては、指針値は、対象とする空間の電磁波の状況に応じて、時間平均、瞬時値の最大値等で示されている。したがって、測定して電磁界強度の瞬時値をそのまま評価するのではなく、指針値と比較できるように測定値の処理を行う必要がある。

以下に、その他の考慮すべき要件について述べる。

(1) 時間平均

磁界強度が時間とともに変化する場合には、平均時間内で磁界強度の実効値を自乗平方根した値（時間平均値）を適用する。磁界強度は、瞬時値が指針値を超える場合であっても、時間平均値が指針値を超えない場合は、指針値を満たすものと評価される。

(2) 空間平均

人体が占める空間の相当する領域における磁界分布が均一でない場合、空間的な平均値を用いることが可能な場合もある。人体が占める空間に相当する領域において、時間平均された電磁界強度が指針値を超える点があっても、その空間内における平均値が指針値を超えない場合は、指針値を満たすと評価される。

(3) 複数波の評価

入射波が指針値に対して無視できないレベルの複数の周波数成分からなる場合は、それぞれの入射波の磁界強度を測定し、それぞれ指針値に対する割合を算出し、それらの自乗和が 1 を超えなければ、指針値を満たすと評価される。

(4) 国際規格に基づく評価

1998 年に制定された規格「人体ばく露に関する低周波磁界及び電界の測定－測定器の特別要求事項及び測定の手引き (IEC 61786)」では、電磁界の基本事項、測定手順や測定器の要求仕様を示している。現在改定作業が進められており、電磁界測定器に関する基本事項と、測定手順のガイダンスについて、分冊発行することが決定している（すでに、基本事項を規定したパート 1 が、2013 年 12 月に発行されている。）。なお、本規格は、2004 年に JIS 化され、JIS C 1910 として発行されている。このほか、家電の磁界測定法 IEC 62233 及び電磁界評価法の共通規格 IEC 62311 においても、ガイドライン適合性評価を念頭においた電磁界測定方法が規定されている。

これらの国際規格では、装置の大きさや標準的な使用方法を元に電磁界を測定する位置を決めることとしており、IEC 62311 では「使用者の通常位置」としている。また、IEC 62233 では代表的な装置に対して測定位置を詳細に規定している。さらに、広帯域スペクトラムの場合、Time Domain 法も使用することができる。

※測定上の注意事項

防護対策を講じるなど、測定者の安全を確保することが重要である。また、下記にも留意すること。

- 測定系の選定を誤らないこと。

- 測定空間の内又は近傍に反射物等がある場合は、測定位置のわずかな変化に対して、電磁界強度が複雑に変化し局所的に大きくなることもあるので、測定位置の選定に注意すること。
- 指向性を有するアンテナを用いる場合には、その指向特性（水平・垂直）を十分考慮し、主輻射方向以外の方向からの入射波の影響についても考慮すること。
- 測定実施時には、測定者及び測定系に起因する電磁界のじょう乱を極力避けるよう配慮すること。特に、時間的に変化している電磁界を測定している間は、測定者、アンテナ及び周囲の物体は移動させないこと。また、走査測定に伴って生じる電磁界の変動が、空間的な変動か、時間的な変動かを区別するため、走査を遅くするなど十分な注意を払いながら測定を実施すること。
- 測定機器は、環境条件（温度、湿度、振動、電磁界など）の影響を受ける場合がある。
- 測定系は、校正されたものを用いること。構成機器の経過年数、使用頻度などに応じて定期的に校正を実施することが望ましい。

付属書 E 電波防護指針への適合性確認方法（接触電流測定方法）

電気自動車用ワイヤレス電力伝送システムの電波防護指針への適合性確認のための接触電流の測定法は、以下のとおりとすることが適当である。

E.1 測定装置の要件

(1) 人体等価インピーダンス回路

対象となる無線局、高周波利用設備に応じて適切な周波数特性をもつ人体等価インピーダンス回路を用いる。成人男性の握り接触時の人体インピーダンスの平均的な特性例を表 E.1 及び図 E.1-1 に示す。また、それを近似的に実現した国際規格 IEC 60990 の等価回路を図 E.1-2 に示す。

等価回路のインピーダンスが人体インピーダンスよりも低い場合は、接触電流の測定値が過大評価となるためにより安全側にあるが、高い場合は過小評価となっていることに注意する。1 MHz 以上で、等価回路のインピーダンスが人体インピーダンスより若干（10 %未満）低くなっているが、当該周波数領域の接触電流に関する指針値には主に熱作用（熱傷）の閾値から 20 倍（約 2000 %）の安全率を見込んでいることから、等価回路のインピーダンスを用いた評価に関して安全性の問題は生じないと考えられる。

表 E.1 成人男性（握り接触）のインピーダンスの周波数特性

Frequency	50 Hz	60 Hz	100 Hz	300 Hz	1 kHz	3 kHz	10 kHz
Impedance	5400 Ω	5000 Ω	3920 Ω	2270 Ω	1255 Ω	856 Ω	670 Ω
Frequency	30 kHz	100 kHz	300 kHz	1 MHz	3 MHz	10 MHz	30 MHz
Impedance	589 Ω	532 Ω	500 Ω	470 Ω	460 Ω	460 Ω	460 Ω

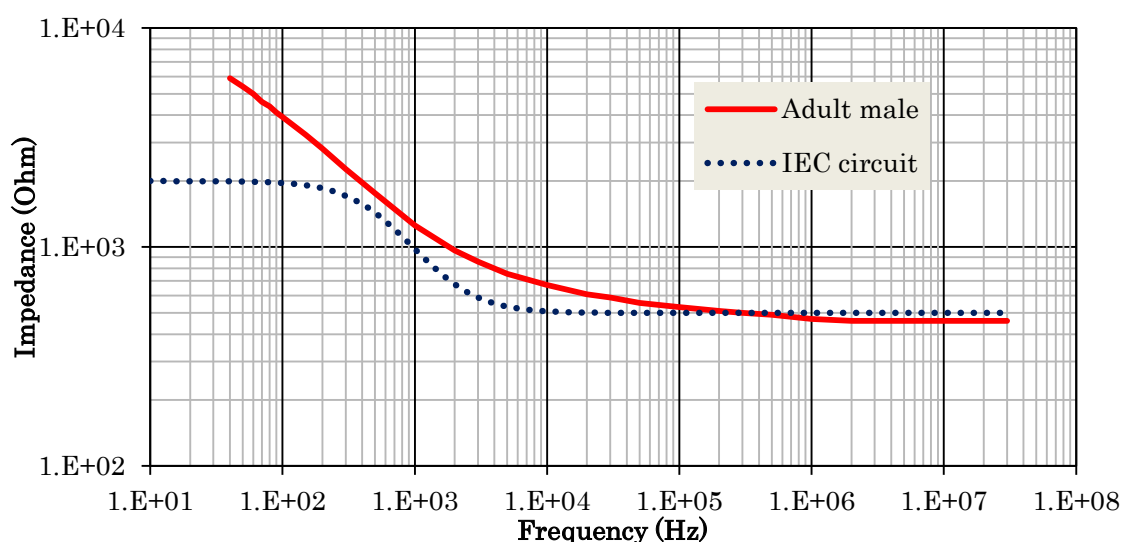


図 E.1-1 成人男性と IEC 等価回路のインピーダンスの周波数特性

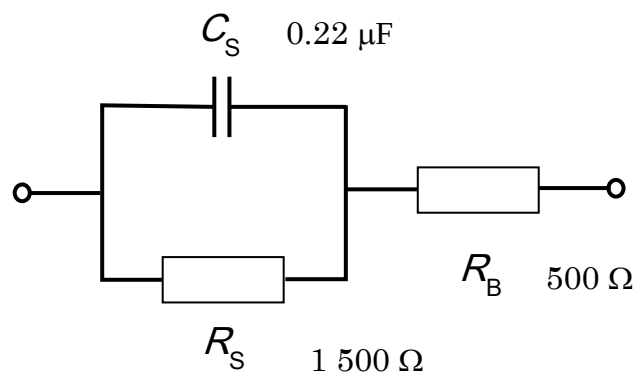


図 E. 1-2 IEC 60990 の人体等価インピーダンス回路

(2) 電極

接触電極は、金属製の接触端子を用いる。対象の接触部分が塗装されているような場合には、IEC 60990 の規定に準じて、10 cm×20 cm の金属箔を貼りつけて手のひらによる接触を模擬する。接地電極は、足裏に相当する面積の金属板を用いる。靴の着用を模擬する場合は、接地電極の下に適当な厚さの絶縁シートを敷く。

(3) 電流計又は電圧計

対象となるワイヤレス電力伝送システムに応じて、適切な周波数帯域をもつ電流計又は電圧計を用いる。電流計は、クランプ式でもよい。電圧計を用いる場合は、等価回路に直列接続された 10 Ω 程度の抵抗両端の電圧より電流値に換算して求める。電流計又は電圧計の測定平均化時間は 1 秒以内とし、波形振幅が時間的に変動する場合はピークホールド値を求める。

接触電流測定装置の構成例を図 E. 1-3 に示す。

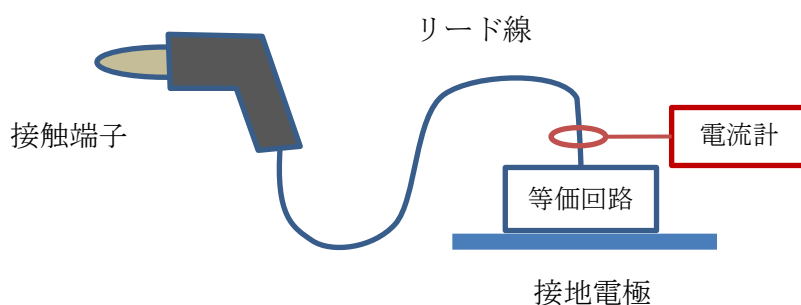


図 E. 1-3 接触電流測定装置の構成例

E. 2 非接地金属板を用いた測定手順

(1) 単一周波数とみなせるかどうかを事前調査・判定する。

単一周波数とみなせる場合、周波数に応じた人体等価インピーダンス回路を介して電流を測定する。複数周波数波源の場合は、防護指針（諮問第 38 号答申）の参考資料 3 又は IEC 62311 第 8 章に準拠して対象周波数ごとに測定する。

(2) 人が立つと想定される位置に接地電極を置く。

(3) 対象となるワイヤレス電力伝送システム周辺に想定される金属体を模擬した金属板を非接地状態で設置する。金属体は、ワイヤレス電力伝送システムに近接するほど、接触電流が大きくなる傾向が示されているため、通常の利用状況で最も近接する位置に金属板を設置する。金属板の位置（高さ）や向きによって接触電流が変化するため、システムごとに接触電流が最大となる条件を確認すること。

(4) 人が接触すると想定される金属板の部分に接触端子に触れる。指示値が安定したときの値を求める。接触位置への接触電流の依存性がある場合、接触電流が最大となる位置で測定を行うこと。

E.3 接地金属板を用いた測定手順

(1) 単一周波数とみなせるかどうかを事前調査・判定する。

単一周波数とみなせる場合、周波数に応じた人体等価インピーダンス回路を介して電流を測定する。複数周波数波源の場合は、防護指針（諮問第 38 号答申）又は IEC 62311 第 8 章に準拠して対象周波数ごとに測定する。

(2) 人が立つと想定される位置に接地電極を置く。

(3) 対象となるワイヤレス電力伝送システム周辺に想定される金属体を模擬した金属板を接地状態で設置する。金属体は、ワイヤレス電力伝送システムに近接するほど、接触電流が大きくなる傾向が示されているため、通常の利用状況で最も近接する位置に金属板を設置する。金属板の向きによって接触電流が変化するため、システムごとに接触電流が最大となる条件を確認すること。

(4) 人が接触すると想定される金属板の部分に接触端子に触れる。指示値が安定したときの値を求める。接地金属板と人体等価インピーダンス回路等が作るループの鎖交磁束が大きいほど接触電流が大きくなるため、成人人体が水平に手を伸ばした場合の 150cm（高さ）×50cm（横幅）程度以上のループができるように接触するものとし、ループの向きは接触電流が最大となる条件とすること。

※測定上の注意事項

防護対策を講じるなど、測定者の安全を確保することが重要である。特に、接触電流等の測定に際しても、高周波熱傷又は電撃を受けないよう十分に注意を払う必要がある。

また、下記にも留意すること。

●測定系の選定を誤らないこと。

●測定実施時には、測定者及び測定系に起因する電磁界のじょう乱を極力避けるよう配慮すること。特に、時間的に変化している電磁界を測定している間は、測定者、アンテナ及び周囲の物体は移動させないこと。また、走査測定に伴って生じる電磁界の変動が、空間的な変動か、時間的な変動かを区別するため、走査を遅くするなど十分な注意を払いながら測定を実施すること。

●測定中に測定者がワイヤレス電力伝送システムと金属板の間に位置すると、接触電流が大幅に低下する可能性があるため、非金属のジグで接触電流計を保持する等により、人体の影響を極力小さくすることが重要である。

●金属板の位置（高さ）や向きによって、接触電流が変化する。一般的に、ワイヤレス電力伝送システムと対向させた場合に接触電流が大きくなる傾向が示されているが、ワイヤレス電力伝送システムの動作モードやコイル形状等にも依存するため、システムごとに接触電流が最大となる条件を確認する必要がある。

- 接地金属板における接触電流の評価時には、接地電極と人体等価インピーダンス回路、リード線、接触端子、対象となる接地金属板及び大地により形成されるループ面積が、実際に人が接触する状況と同程度になるように留意する。
- 予備的な測定より、非接地金属板に対する接触電流計の接触位置により、接触電流が30%程度変動することが確認されている。システムによっては接触位置への依存性がより大きい場合が考えられるため、接触電流が最大となる接触位置について確認する必要がある。
- 測定機器は、環境条件（温度、湿度、振動、電磁界など）の影響を受ける場合がある。
- 測定系は、校正されたものを用いること。構成機器の経過年数、使用頻度などに応じて定期的に校正を実施することが望ましい。

付属書 F 電波防護指針への適合性確認方法（結合係数評価方法）

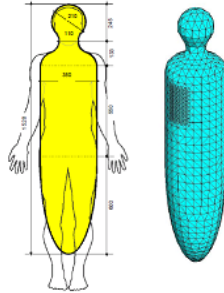
電気自動車用ワイヤレス電力伝送システムの電波防護指針への適合性確認のための結合係数を用いた評価法は、以下のとおりとすることが適当である。

F.1 結合係数の定義

ばく露基準における参考レベルは一様な電磁界へのばく露を想定して算出されている。波源の極近傍では電磁界は一様ではなく、ある一点における最大電磁界強度で判定を行うと過大な評価となってしまう。電磁界の非一様性を考慮するため、結合係数が用いられる。

測定や計算により得られたばく露量評価結果から直接体内誘導量を算出し、ばく露基準への適合性を確認する方法に対して、製品/製品群規格に結合係数が予め算出されているか、IEC 62311 などの基本規格で規定された算出方法に従い結合係数を求めることが可能な場合、この結合係数により測定された最大電磁界強度測定値を補正した値をもって、体内誘導量に関する指針値（基本制限又は基礎指針値）への適合性を確認してもよい。

表 F.1-1 国際規格における結合係数の定義

IEC 62226-1	IEC 62311/62233
(定義1) 人体モデル内最大磁界が一様な場合の最大誘導電流に対する非一様磁界による最大誘導電流の比 $k = \frac{J_{\max\_non-uniform}}{J_{\max\_uniform}}$ $J_{\max\_non-uniform}$: 非一様電磁界により生じる最大の誘導電流 $J_{\max\_uniform}$: 一様電磁界により生じる最大の誘導電流	人体モデル： 均一人体モデル（IEC 62311/62233）と不均一モデル（IEC 62311）  算出に用いる磁界センサの大きさ：100 cm² 又は 3 cm² (定義) $a_c = \frac{\left[\frac{J_{\max}}{B_{\max\_Sensor}} \right]}{\left[\frac{J_{BR}}{B_{RL}} \right]}$ $J_{\max}$: 人体モデルに生じる最大の誘導電流 $B_{\max\_Sensor}$: 測定空間内を磁界センサを走査した場合、磁界センサ領域で平均された磁界の最大値 J_{BR} : 誘導電流に対する基本制限 B_{RL} : 磁界の参考レベル
(定義2) 人体モデル内に同一の大きさの誘導電流密度の最大値を生じさせる一様／非一様外部磁界の比 $k = \frac{B_{\max\_non-uniform}}{B_{\max\_uniform}}$ $B_{\max\_non-uniform}$: 非一様電磁界により生じる最大の磁界 $B_{\max\_uniform}$: 一様電磁界により生じる最大の磁界	

IEC 62311 や IEC 62233 では、特定の人体モデルとセンサの組み合わせを規定して結合係数 a_c を求めている。この結合係数 a_c を測定した磁界や磁束密度に乗じることにより非一様

性の影響を考慮することを許容している。

F.2 結合係数の算出手順

IEC 62311/62233 を用いて、結合係数を算出する手順は、下記のとおりとする。

- (手順1) ばく露距離を規定する。ばく露距離は、発生源と磁界測定プローブ先端までの最短距離とする。発生源の正確な位置が特定できない場合は、装置の表面から磁界測定プローブ先端までの距離とする。
- (手順2) 電磁界放射源の等価ループアンテナの半径を特定する (IEC 62311 の C.7.3.3 の Step 1 を参照)。
- (手順3) 磁界センサ領域で平均された磁界に対する最大誘導電流密度の比 ($J_{\max}/B_{\max\_sensor}$) を表す係数 k 、 k' を求める。係数 k は、人体の導電率 σ を 0.1 (S/m) とし、周波数 50Hz で正規化したものである。IEC 62311 及び IEC 62233 では、等価波源 (ループアンテナ) の半径と波源との距離から既に係数 k が求められており、係数 k は、表 F.2-1 の値から補間して求めることができる。

表 F.2-1 周波数 50Hz で正規化された結合係数 k

		等価波源ループアンテナ半径 [cm]					
		1	2	3	5	7	10
ばく露 距離 [cm]	1	21.354	15.326	8.929	5.060	3.760	3.523
	5	4.172	3.937	3.696	3.180	2.858	2.546
	10	2.791	2.735	2.696	2.660	2.534	2.411
	20	2.456	2.374	2.369	2.404	2.398	2.488
	30	2.801	2.735	2.714	2.778	2.687	2.744
	40	3.070	2.969	2.933	3.042	2.865	2.916
	50	3.271	3.137	3.086	3.251	2.989	3.040
	60	3.437	3.271	3.206	3.429	3.079	3.134
	70	3.588	3.388	3.311	3.595	3.156	3.216
	100	3.940	3.659	3.601	4.022	3.570	3.604

注：表 F.2-1 は IEC 62311 Annex C 及び IEC 62233 Annex C から抜粋したものである。
算出において、磁界センサは 100 cm^2 のループアンテナを仮定している。

この係数 k から周波数 $f[\text{Hz}]$ と導電率 $\sigma [\text{S/m}]$ を補正した係数 k' を式 F.2-1 を用いて算出する。

$$k' = \frac{f}{50} \cdot \frac{\sigma}{0.1} \cdot k \quad (\text{式 F.2-1})$$

- (手順4) 対象とする周波数における誘導電流の基本制限 $J_{BR} [\text{mA/m}^2]$ と磁界強度の参照レベル $B_{RL} [\mu \text{T}]$ を用いて、結合係数 a_c を求める。

$$a_c = k' \cdot \frac{B_{RL}}{J_{BR}} \quad (\text{式 F.2-2})$$

F.3 電気自動車用ワイヤレス電力伝送システムの結合係数

刺激作用に関する基本制限値に対して評価を行う場合、より安全側となるマージンを見込んだ値として、結合係数 0.15 を適用することで十分に厳しめの評価を行えるものと考えられる。

付属書 G 電波防護指針への適合性確認方法(不確かさを考慮した適合性評価方法)

電気自動車用ワイヤレス電力伝送システムの電波防護指針への適合性確認のための不確かさを考慮した適合性評価法は、以下のとおりとすることが適當である。

IEC 国際規格では、人体ばく露量評価における測定に対して、測定不確かさが 30 %を超えないことが要求されている。IEC 62311/62479 に測定不確かさが 30 %を超えた場合の測定値の取り扱いについて規定されている。

測定不確かさが 30 %を超える場合は、下記の式を用いて制限値 L_{lim} に重み付けを行い、測定によって得られた値 L_m がその重み付けられた値以下でなければならないことを要求している。

$$L_m \leq \left(\frac{1}{0.7 + \frac{U(L_m)}{L_m}} \right) L_{\text{lim}} \quad (\text{式 G-1})$$

ここで、 $U(L_m)$ は絶対不確かさを表している。