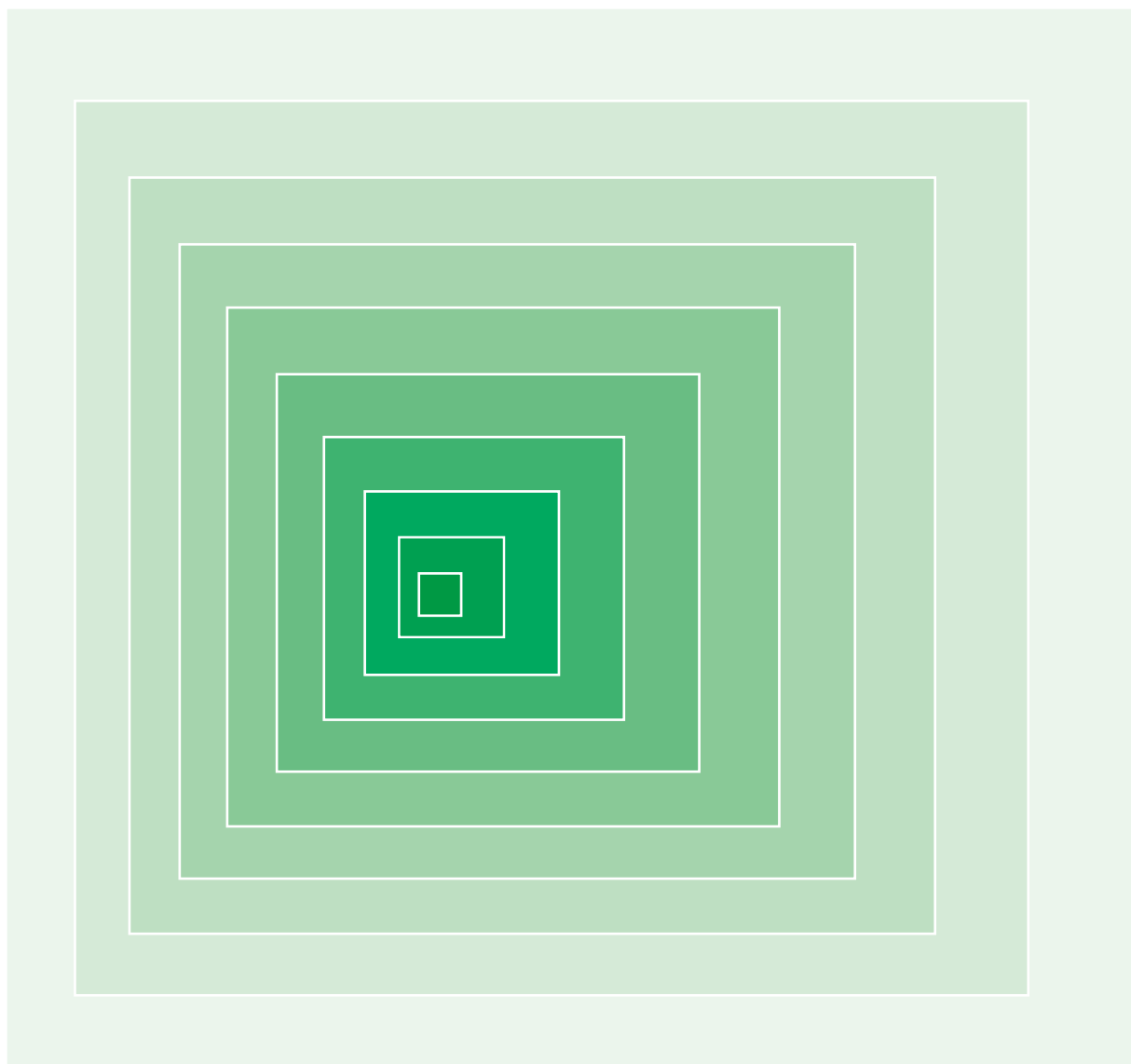


EMCCレポート



著作：電波環境協議会

EMCC レポート第38号 目次

- ITU-Rにおけるワイヤレス電力伝送の検討状況 – CISPRにおける標準化との連携 – 3
一般財団法人テレコムエンジニアリングセンター
参与
久保田 文人

- 2021年度 妨害波委員会の活動
ループアンテナによるエミッション測定の課題と影響低減方法の検討 7
NTTアドバンステクノロジー株式会社
小松 周平

- 2021年度 イミュニティ委員会の活動
近接電磁界イミュニティ試験の適用除外規定（IEC 61000-4-39、8.6.2節）に関する調査研究 12
一般社団法人 情報通信ネットワーク産業協会（CIAJ）
電磁妨害対策委員会
飯塚 二郎

- 第20回技術講演会を開催 22

- 編集後記 22

ITU-Rにおけるワイヤレス電力伝送の検討状況 – CISPRにおける標準化との連携 –

一般財団法人テレコムエンジニアリングセンター
参与

久保田 文人

1. はじめに

2022年5月、電波法関係規則が改正され、わが国で空間伝送型ワイヤレス電力伝送（WPT）システムが無線設備として認められることとなった。折しもITU-RでビームWPTの利用周波数に関する勧告が承認された。またCISPRでも関連の規格化作業が進められているところである。本稿ではITU-Rにおける研究経緯とCISPRとの連携についてWPTをめぐる最近の動向を報告する。

2. ITU-RはなぜWPTを研究するのか？

いま我々がWPTと識別しているシステムをITU-RではビームWPTとノンビームWPTに大きく分けている。ビームWPT（空間伝送型）とは、無線通信システムと同様、電気エネルギーを電磁波の形で送受するもの。ノンビームWPT（近接結合型）は電磁誘導・磁界共振等の原理に基づき電磁界の結合を介して送受間でエネルギーを伝達するWPTを呼ぶ。電磁界の結合はセンチメートル以下の極めて近距離でしか有効でないという常識があったので、以前はWPTといえば電磁波で送受するビーム型しか研究されていなかった。

ところが2007年にMITのチームが磁界共鳴技術を発明し、送受システムを構成するデバイスの共振状態を適切に制御することにより、効率的なエネルギー伝送が数メートル程度はできることが判明した。これ

は電磁気学界では100年ぶりの快挙で大きな話題となり、世界中で研究が始まるとともに、近距離伝送システムの開発競争が始まることとなった。様々な応用が検討されたが、最も期待されたのは電気自動車（EV）の充電である。自動車業界では早速標準化に乗り出し、IEC・ISOでも製品の国際規格化が開始された。自動車業界が重視したのは国際的な相互運用性である。EVの場合、国境を越えて自由に移動した際にどこでも互換性のある充電器があることは非常に重要である。結局製品規格の策定には予想以上の10年余を要した。

電磁誘導は数センチ以下でしか有効でないため無線通信への影響は小さいが、隔離数メートルとなると看過できず、ましてやEVの充電など大電力の伝送システムが実用化されると無線通信への影響は大きいと予想された。このためITU-Rで周波数管理を所掌するSG1が進めていたビームWPTに関する研究課題Q.210/1を2012年に改訂し、ノンビームWPTの研究を追加することとした。当時の研究内容は以下の3項目であった。

- ① 主管庁はWPTをどのような利用カテゴリーで管理すべきか？（ISMか、それ以外か？）
- ② WPTに適切な周波数バンドはどこか？
- ③ WPTから無線通信サービスを保護するためにどんなステップが必要か？

ITUでは無線通信の国際的な秩序を定める無線通信規則（RR）を制定している。RRは国際電波法であって様々な無線通信を40のサービスにまとめ定義し、無線サービスが互いに混信を与えず、かつ全体として周波数スペクトルを有効に利用するための国際ルールである。各国政府に対して強制力を持つ。

RRの改正は3-4年毎に開催される世界無線通信会議（WRC）が行う。

一方、常設機関であるITU-Rの研究委員会（SG）は特定の研究課題について研究を行い、勧告を策定する。勧告に強制力はないが、新しい課題への対応において、時間のかかるRRの改正までの間を補うルール役割もある。（図1を参照）

WPTは無線サービスには定義されていないのでRRには明示的に適用される規定はない。しかし無線サービスに大きな影響が想定される。このような場合に適用すべき条文がRR Nos.15.12及び15.13である。

15.12 主管庁は、電力及び電気通信分配網を含むあらゆる種類の電気機器又は設備（ただしISMに使用される機器を除く）の動作が無線通信サービスに有害な干渉を与えないことを確保するために、あらゆる実際的かつ必要な措置を講じなければならない…。

15.13 主管庁は、ISMに使用される機器からの放射が最小限であり、当該機器が使用するために指定された帯域外では、当該機器からの放射が無線通信サービスに有害な干渉を引き起

こさないレベルであることを確保するために、すべての実際的かつ必要な措置を講じなければならない…。

15.12.1 及び 15.13.1 この件に関して主管庁は、最新の関連する ITU-R 勧告に従うことが望ましい。

つまり、定義された無線サービス以外の電気機器・ISM機器等からの障害を規制するのは各国政府の責任であると規定する。しかしこれらの規定だけではWPTを各国がどのように扱ったらよいのか明確にならないため、Q.210/1に基づき、まずはノンビームWPTに関しての研究を先行させた。

この議論の中で、WPTからの放射電磁界の強度に関してはCISPRにおいて規定すべきであるとの意見が出された。かつてWARC-79のあと、1980年代から1990年代にかけて、ISM機器からの放射電磁界強度の許容値に関してITU-R（当時はCCIR）とCISPRの共同作業が進められた。その結果は勧告SM.1056とCISPR11第2版及びTR28にまとめられた。しかしその後協力関係は低調で、近年はラポータ不在であった。ノンビームWPTの研究を始めると、その放射電

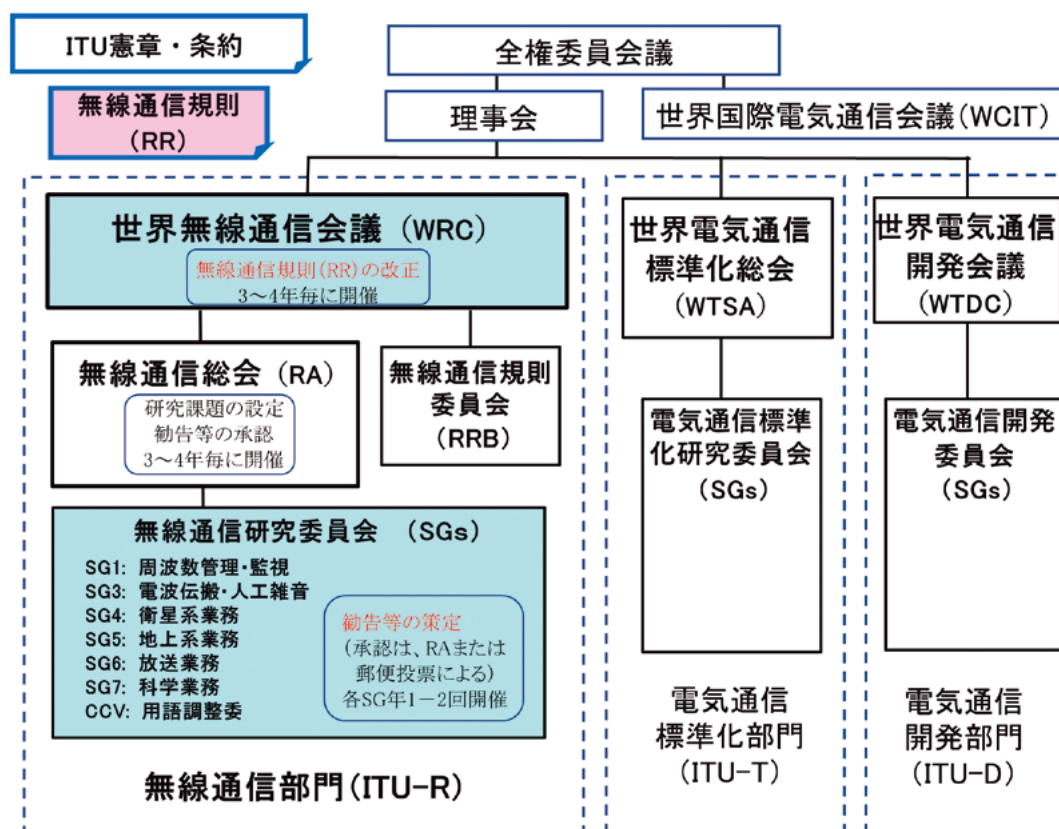


図1 ITUの主要組織

磁界の規定に関してはCIPSRに期待するところとなり、2013年、ITU-R SG1からCISPRへ新たにリエゾンラポータを任命することとなり、日本がWPTに関してボランティアを申し出て合意された。以後、筆者とドイツ代表の2名が指名を受けリエゾンラポータとして両機関の情報交換・相互理解に務めてきた。

3. WRC-19へ向けた緊急研究がノンビームWPTの勧告化を後押しした

2015年に開催したWRC-15は、EV用WPT充電器の導入により無線サービスへの影響が懸念されることから将来RRの改正が必要かどうかについて検討するため次回に向けITU-Rにて緊急研究を行い、2019年のWRC-19に報告することを求めた。地球温暖化対策の観点から自動車のEV化は急務であり、その一環としてEVの普及にはWPT充電器の普及が必要と考えられたからである。そのためにITU-RがすべきことはEV用WPT充電器の利用周波数を特定し勧告することである。なぜなら、スペクトル利用に関して国際的な責任を持つITUがWPT用の周波数帯を示すことは国際的な電波秩序にとって極めて重要であるからである。

緊急研究では、EV用WPTの基本波および高調波により影響を受ける可能性のある無線サービスについて、影響評価（インパクト研究）を行い、適切な利用周波数を特定する作業を集中的に行った。インパクト研究はEV用に限らず、携帯用のノンビームWPTでも並行して進められた。各国が提出した多数の寄書審議に基づく合意形成には、特に音声放送サービスの保護を求める欧州放送連合（EBU）等からの強硬な反対があり想定以上に時間を要した。EBUは、CISPRが規定している放射許容値の中短波帯における許容値はWPTの保護には不十分であるとして、ITU-Rにおいて独自に許容値を策定し、勧告案に周波数と許容値をセットで規定することを提案したため、議論は暗礁に乗り上げた。この状況で日本は勧告案を周波数勧告と許容値勧告に分離し、周波数勧告を先に合意すべきと提案し、これが受け入れられ、EV用と一般用それぞれのノンビームWPTの利用周波数に関する2件

の勧告（勧告SM.2110-1及びSM.2129-0）は全会一致で合意された。ただし郵便投票での承認はWRC-19の直前となり、WRCの審議に反映できなかった。その結果WPT導入の課題は明確にならずRRを改正する段階にないとされた。なお、その後もITU-Rで研究中の許容値勧告案は膠着状態で、提起から5年後の2022年になってEBUの提案で作業を中断することとなった。

この緊急研究の過程で、Q.210/1の①の課題についてITU-Rは、WPTの周波数管理上の位置付けを統一することができなかった。すなわち、ある国の政府は「WPTはISM機器の一種」と扱うが、他の国の政府は「WPTは無線機器（SRDまたはその他の機器）」と扱うという、国毎に政府が判断する在り方に合意した。また利用周波数に関する勧告は、各国政府へのガイダンスとして示すものという位置づけとされた。

参考のため表1にノンビームWPTに関する勧告とその根拠とする報告を示した。なお、インパクト研究の報告では、CISPRの許容値が随所に引用されている。

表1 ノンビームWPTに関するITU-R勧告と報告

ITU-R勧告／報告のタイトル	概要と現状
勧告SM.2110-1：EV用WPTの利用周波数のガイダンス	019勧告改正。79-90kHz及び19-21kHzの利用を勧告。
報告SM.2451-1：EV用WPTの無線サービスへの影響評価	2022改訂。19-21kHzは再検討中。
勧告SM.2129-0：移動・可搬機器用WPTの利用周波数のガイダンス	2019勧告。100-148.5kHz、6.78MHzの利用を勧告。
報告SM.2449-0：移動・可搬機器用WPTの無線サービスへの影響分析	中短波帯で周波数帯の追加を検討中。
報告SM.2303-3：ビーム型以外のWPT	2014第1版承認。改訂作業が継続中。

4. ビームWPTに関する勧告の成立

WRC-19が終了しEV用WPTに関する議論は低調となったが、一方、ノンビームWPTをウェアラブル機器の充電等の用途にも広げ、新たな周波数を提案する動きが活発化している。このため中・短波帯でインパクト研究が進められている。

また、ビーム WPT に関しても日米等で進む実用化を背景に研究が進み、2022 年 6 月にインパクト研究の報告を承認し、郵便投票により 9 月には利用周波数に関する新勧告 SM.2151-0 が承認された。

ビーム WPT ではノンビームとは異なる課題がある。これまで提案されたシステム（一部が今回勧告された）のほとんどは、マイクロ波帯の「ISM バンド」を利用する。ISM バンドとは正式な名称ではないが、RR の周波数分配表で ISM の利用のために指定した（designated）周波数帯であり、そこでは無線サービスは障害を受けても容認すべきとされている。例えば 2.4GHz の ISM バンドは電子レンジなどの ISM 機器が利用する。このためこのバンドは ISM 機器からの障害を受ける可能性はあるが、一方、全世界で共通に使えるバンドであるという別のメリットもある。そのため Wi-Fi や Bluetooth などある程度の障害を許容できる通信方式の無線システムが今や世界中で共通に使われている。公衆通信キャリア系の 4G/5G モバイルシステムもトラフィックの相当部分を Wi-Fi 経由に回すことで無線アクセス部分の負荷の軽減を図っている現状である。つまり Wi-Fi 等は世界的な公衆無線通信サービスの一翼を担うインフラシステムとなっているのである。ビーム WPT の実用化では、すでに社会的に重要なサービスにも使われているバンドに新たに割って入ることになるため、その影響を危惧する意見がある。もし、ビーム WPT を ISM の一種とした場合、RR の規定により WPT の利用が優先され、結果、Wi-Fi 等が影響を受ける可能性が高まる。既存の無線サービスを保護するには、放射電力の制限のない ISM として扱うべきでなく、既存サービスと共存できる在り方が望ましい。

日本では情報通信審議会で電波法における技術基準が審議された結果、2022 年以降、携帯デバイス及びセンサーネットワーク用の 3 種類の空間伝送型 WPT は無線設備の一種として規律することとされた。うち 2 種は無線局免許を要する管理がされる。

ビーム WPT の新勧告では、ノンビームの勧告を踏襲して、「ある国は ISM 機器と扱うが、他の国は無線機器（SRD その他）と扱う」に加えて、「一部の国は有害な干渉から無線サービスを適切に保護するために、ビーム WPT の特定の応用を無線サービスとして分類

する」との選択肢が追加されているが、3 択目は日本の例に基づく。表 2 にビーム WPT に関する勧告と報告を示す。

表 2 ビーム WPT に関する ITU-R 勧告と報告

ITU-R 勧告／報告のタイトル	概要と現状
勧告 SM.2151-0：移動／可搬機器及びセンサ NW 用ビーム WPT の利用周波数のガイダンス	2022 新勧告。920Hz, 2.4GHz, 5.8GHz, 61GHz の ISM バンドの利用を勧告。
報告 SM.2505-0：ビーム WPT のインパクト研究	2022 新報告。870MHz, 24GHz の追加を検討中。
報告 SM.2392-1：ビーム WPT の応用	2016 第 1 版承認。改訂作業が継続中。

5. 今後の課題

WPT に関する規則を制定した国はまだほとんどない。日本は其中で率先して制度化を進めてきた。WPT の使用を許可している国でも WPT に関して新たな規制をするのではなく、既存の規則の拡張解釈で済ませている例が多いと考えられる。CISPR はこれまで ISM 機器や電気製品等から無線サービスへの障害を抑制するために一連の国際規格を整備してきた。ノンビーム WPT の導入に対応して各規格の改定を進めてきたが、許容値の合意に至っていないものもある。ノンビームの場合は ISM バンド以外の周波数を利用するものが多数のため、CISPR が近い将来に許容値を決定することが期待されている。

一方、ビーム WPT について各国の研究開発はこれからの段階であり、各国の制度検討もこれから活発化すると考えられる。そのため今後数年は模索が続くと考えられるため、ITU-R と CISPR の情報交換・連携はますます重要となると考えられる。

2021年度 妨害波委員会の活動

ループアンテナによるエミッション測定 の課題と影響低減方法の検討

NTTアドバンステクノロジー株式会社 (NTT Advanced Technology Corporation)

小松 周平 (Shuheï Komatsu)

1. 調査背景と目的

30MHz以下の妨害波エミッション測定では、ループアンテナを用いた磁界強度の評価を行う。ループアンテナを用いる磁界強度測定は、日本では電波法や電気用品安全法などの関連法令で測定方法が定められている。磁界強度測定では、電界の受信を抑制するために遮へいが付いたシールドドループアンテナが用いられる。しかし、シールドドループアンテナは、図1に示すように、継ぎ目（給電ギャップ）、遮へい部と中心導体の構造が要因となって電界を受信することがある。

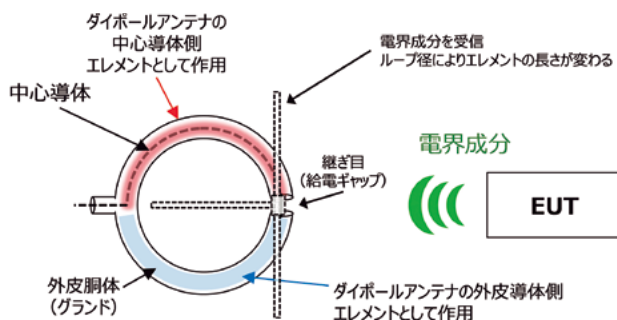
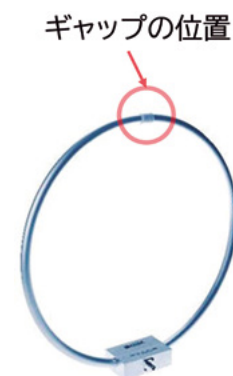


図1 シールドドループアンテナが電界を受信するイメージ

本調査研究では30MHz以下のエミッション測定時に課題となる、シールドドループアンテナでの1MHz以上の周波数帯での電界受信による影響調査を行った。

調査で扱うループアンテナは、エレメント部が電気的に遮へいされているシールドドループアンテナ（以下、「ループアンテナ」、という。）である。このループアンテナは、磁界を検出するため図2に示すように、遮へい部であるシールドの一部に切り欠き（以

下、「ギャップ」、という。）が設けられている。

図2
ループアンテナの
ギャップ位置の例

2. ループアンテナが電界を受信 することの確認のための測定 系構築

電波発射源とループアンテナ間の距離とアンテナ設置高の基準点は、ダイポールアンテナでは給電点、ループアンテナではループ面の中心とした。ループアンテナ

	上面図	側面図
X 軸 方向	ループアンテナ 電波発射源	ループアンテナ 電波発射源
Y 軸 方向	ループアンテナ 電波発射源	ループアンテナ 電波発射源
Z 軸 方向	ループアンテナ 電波発射源	ループアンテナ 電波発射源

図3 ループアンテナの各軸方向での電波発射源との配置方向の設定

ナの各軸方向の表記とループ面方向の対応は以下に示す図3の通りとした。

2. 1. ループアンテナが電界を受信することの確認

ループアンテナを用いる測定では、ループ面を通過する磁束によって誘起された電圧値を計測する。そのため、ループの面積や設置方向、中心位置を変えずにループアンテナのギャップ位置だけが変わるようにループアンテナを回転させても、ループ面を通過する磁束は変化しないことから、アンテナから出力される電圧値は変動しないはずである。しかし、ループアンテナが電界受信の作用を有している場合には、図4に示すようにループアンテナを回転させると、アンテナの受信偏波の方向が変わることとなり、回転させて角度や方向によってアンテナから出力される電圧値に変化が生じて、測定での再現性低下の要因となり得る。

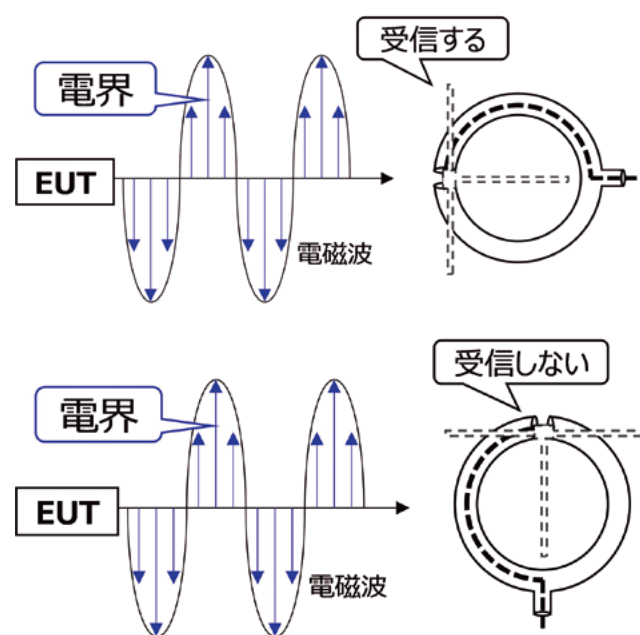


図4 ギャップ位置と電界に対する受信特性

本項目では、電界の送信源としてダイポールアンテナ、磁界の送信源としてループアンテナを放射源として用いて、受信側のループアンテナのギャップ位置を変えたときの受信強度の変化について、電界送信時と磁界送信時を比較することで、ループアンテナが電界を受信していることの確認を行うこととした。

送信アンテナと受信アンテナは電波暗室内の中央部に10mの離隔で配置した。送信側アンテナは、大地面と垂直、基準点が高さ1mとなるように配置したダイポールアンテナ、またはX軸方向で基準点の高さが

大地面から1.3mとなるように設置したループアンテナを使用した。

受信側のループアンテナは、ギャップ位置が、天井方向を基準（0度）とし、ループ面の中心位置とループ面の向きを維持したままギャップ位置が横の壁面方向（90度）に向いて回転するようにして、測定を実施した。なお、受信側ループアンテナの測定軸方向は、送信源がダイポールアンテナの時に放射される磁界を受信し難くするため、X軸方向に設置した。設置高は、CISPR 16-2-3に従って基準点が大地面から1.3mの高さになるようにFRP製支持台を用いて設置した。

構築した測定系概要を図5に示す。

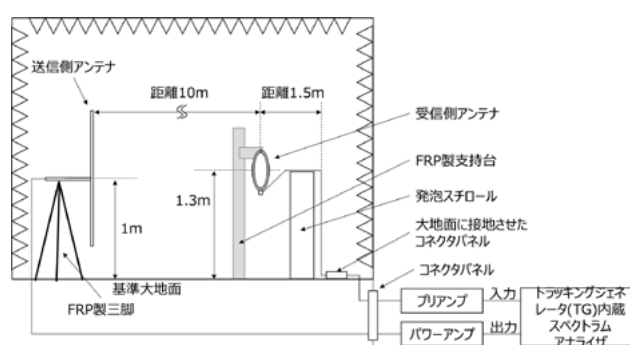


図5 測定系概要
(送信側アンテナがダイポールアンテナのとき)

電界の受信確認の測定結果を図6に示す。測定結果は、受信側のループアンテナのギャップの位置（角度）が0度のときの強度を基準に、ギャップ位置90度との強度差を相対値として送信アンテナの種別ごとに示している。

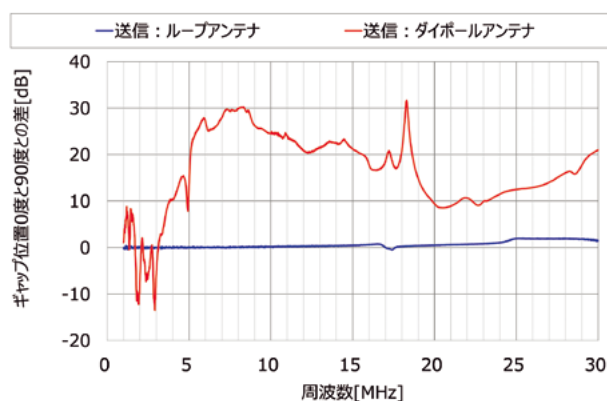


図6 送信アンテナごとのギャップ位置0度と90度との受信強度差

送信源のアンテナをループアンテナとして、磁界の放射が支配的な場合には、受信側のループアンテナのギャップ位置を回転させても受信強度値の変化は最大

でも3dB程度と小さい。一方、ダイポールアンテナを送信源として、電界の放射が支配的な場合に、受信側のループアンテナのギャップ位置を回転させると、ギャップ位置0度と90度での強度値の差は約30dBであった。

これは、ループアンテナを回転させてギャップ位置を変えると、ギャップの左右のシールド部分が電界アンテナの受信エレメントの様に作用していることを示唆している。このことにより、ループアンテナが実際に電界を受信していることを確認した。

2. 2. 同軸ケーブルの配置変更による電界受信特性の変化の有無の確認

同軸ケーブルの外部導体は金属製であることから、ループアンテナから同軸ケーブルの外部導体が接地された位置までが受信アンテナとして作用して電界を受信していることが考えられる。そこで、ダイポールアンテナを送信アンテナとして、ループアンテナの代わりに同軸ケーブル端に50Ω終端器を接続した状態で同軸ケーブルの配置状態を変えて強度値の変化を確認した。測定では、2.1項と同様の測定系を用い、受信側のアンテナの代わりに、50Ω終端器を接続してループアンテナのギャップ位置が0度または90度となる位置と同じ位置となるように同軸ケーブルを配置して受信強度の測定を実施した。

同軸ケーブルに50Ω終端接続時と、同軸ケーブルにループアンテナを接続した時のギャップ位置0度とギャップ位置90度での受信強度の差を図7に示す。ループアンテナ接続時での受信強度差が最大30dB程度に対し、50Ω終端接続時の受信強度差は最大6dB

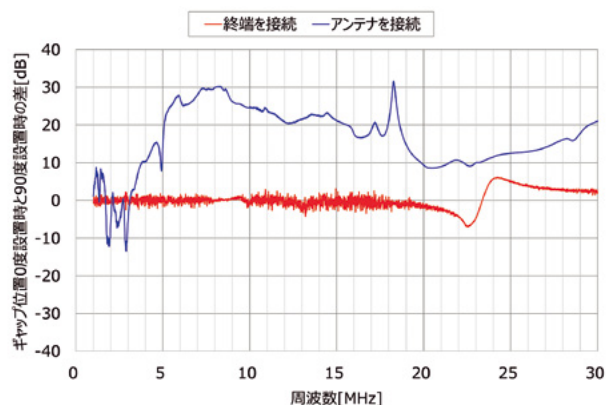


図7 アンテナ接続の有無と同軸ケーブルの位置の変化による受信強度差

であった。従って、受信強度の変化の要因は、同軸ケーブルの配置が変わることが主要因ではないことを確認した。

2. 3. 外部導体の接地の有無と接地点以降のケーブル配置状態の違い

同軸ケーブルに受信ループアンテナを接続した場合には、アンテナから同軸ケーブルの外部導体の接地点まで全体がアンテナとして作用して電界の受信特性が変化することが考えられる。そのため、同軸ケーブルの配置が変化すると受信強度が変化して測定の再現性を低下させることが想定される。この項目では、受信アンテナに接続する同軸ケーブルの外部導体を接地することによって、接地点から測定器までの間の同軸ケーブルの配置状態が変化しても測定値の変化を低減することが可能か検討した。

ここでは、受信アンテナから測定器までの間の同軸ケーブルの一部区間の配置（高さ）を大地面から0cmと40cmに変えてそれぞれで受信強度の測定を行った。測定では図8に示すように、受信側アンテナに接続する同軸ケーブルの外部導体の接地点をアンテナ後方位置に設けて、接地の有無および同軸ケーブルの配置（高さ）の違いによる受信強度差の変化を確認した。

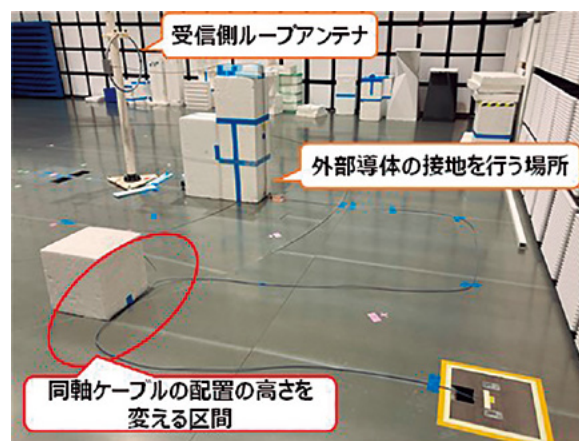


図8 同軸ケーブルの外部導体の接地の効果確認の測定系

同軸ケーブルの外部導体の接地の有無ごとの、同軸ケーブルの一部区間の配置を変えたときの受信強度の差を図9に示す。

図9に示すように、同軸ケーブルの一部区間の高さを変えることで受信強度に最大25dB程度の変化が生じた。ただし、同軸ケーブルの外部導体の接地を行うと、接地点以降で同軸ケーブルの高さを変化させた場

合でも受信強度の変動は最大でも5dB程度となり、同軸ケーブルの配置が変化しても、受信強度の変動を大きく低減することを確認した。

これらのことから、測定結果の再現性を向上するためには、同軸ケーブルの外部導体を接地することが有効であることを確認した。

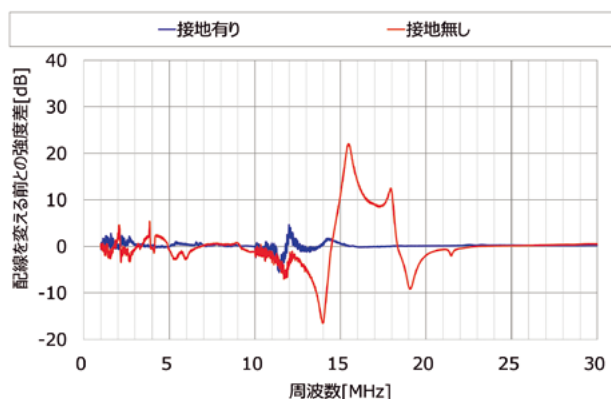


図9 外部導体の接地の有無ごとの同軸ケーブルの配置を変えたときの受信強度差

2. 4. 外部導体の接地を行えない測定を想定した同軸ケーブル接地の代替手段の検討

ループアンテナでの磁界測定は、電波暗室以外の場所でも行われる。そのような環境では、同軸ケーブルの外部導体を接地することは容易ではない。そこで、外部導体の接地が行えない場所での代替方法の検討を行った。代替方法の検討測定では、基準大地面に見立てた銅板への外部導体の接続や、フェライトコア等の同軸ケーブルへの装着を行い、それぞれで受信強度の測定を行い同軸ケーブルの配置の変化に起因する再現性低下の低減が可能かを検討した。

測定系は、2.3項の外部導体の接地効果の検証に用いたものと同様とし、同軸ケーブルの外部導体を基準大地面に接地する代わりに、①50cm四方で厚みが1mmの銅板への外部導体の接地、②同軸ケーブルへのフェライトコアの挿入、2種類の代替方法で測定を行った。なお、外部導体の接地に用いる銅板の基準大地面から高さ、フェライトコアを挿入する同軸ケーブルの位置での基準大地面からの高さは、基準大地面との電気的結合を低減するために発泡スチロールを用いて10cmとした。

測定は、受信アンテナから測定器までの同軸ケーブルの一部区間の配置の高さを大地面から0cmと40cm

に変えてそれぞれで受信強度測定を行った。

各代替手段とした2種類の方法の効果を図10に示す。



図10 外部導体を銅板に接続した時とフェライトコア挿入した時の同軸ケーブルの配置変化による受信強度差

図10に示すように、基準大地面から高さ10cmに設置した銅板に同軸ケーブルの外部導体を接続したときには、同軸ケーブルの一部区間の高さを変えることで受信強度に最大で35dB程度の差が生じた。従って、大きさ50cm四方で厚さ1mm程度の小型の金属板を基準大地面の代用として用いることは適切でないと言える。一方、同軸ケーブルにフェライトコアを挿入したときに同軸ケーブルの配置を同様に変化させても受信強度の差は最大でも3dB程度となった。従って、フェライトコアの装着は、外部導体の接地の代替手段として用いることができることを確認した。

これらの結果から、同軸ケーブルの外部導体を接地することができない場合には、同軸ケーブルにフェライトコアを装着することで、同軸ケーブルの配線状態が変化することによる受信強度の変化を抑制することが可能であることを確認した。

3. EUT実機からのエミッション測定における電界受信の確認

前節までの調査結果から、ループアンテナが電界を受信していることが確認された。そこで、測定対象にEUT実機を用いたエミッション測定においても、ループアンテナが電界を受信することによって、測定の再現性に影響が生じるかを検証した。

本項目の測定では、EUT実機として市販の電球型LED照明を選定した。選定した電球型LED照明は、

一般的な家庭用口金に取り付けて使用するタイプで、予め30MHz帯以下の周波数帯でエミッションの発生を確認したものである。

3. 1. 測定条件

EUT実機からの放射測定は、10m法に対応した電波暗室で実施した。なお、測定距離は、比較検証を行うのに十分な強度が得られるように3mとした。構築した測定系を図11に示す。

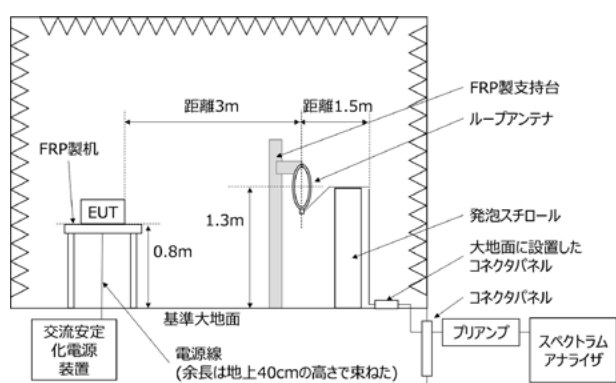


図11 測定系概要

検証条件は、受信側ループアンテナのギャップ位置を天井方向（0度）とした時と真横方向（90度）に設置したときの2条件とした。なお、ギャップ位置を変える時には、各条件でループ面の位置と設置軸方向が変化しないようにレーザ墨出し器などを使って慎重に設置した。

3. 2. 測定結果

ループアンテナのギャップ位置0度の強度を基準としてギャップ位置90度との受信強度値の差を図12に示す。ギャップ位置を変えることによる受信強度の差は、17MHz付近で約13dB程度となった。このことか

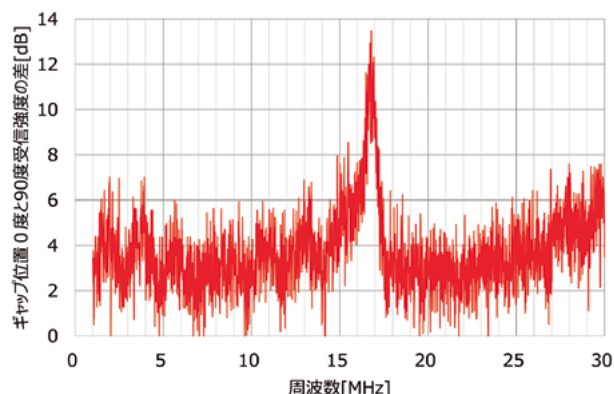


図12 EUT実機によるエミッション測定でのギャップ位置0度と90度との強度差

ら、EUTに実機を用いたエミッション測定においても、ギャップ位置が変わるようにループアンテナを回転させると受信強度に変化が生じたことを確認した。

従って、ループアンテナを用いた測定再現性を保つためには、ループアンテナのギャップ位置を常に一定に定めておくことが重要であると言える。

4. まとめ

本調査研究では、「ループアンテナによるエミッション測定の課題と影響低減方法の検討」として、EMC測定で一般的に使用されるシールドドローアンテナによる電界受信の有無と、電界受信による測定の再現性への影響、およびその影響を低減する方法について各種調査を行い、結果を取りまとめた。

本調査研究での成果は、今後、磁界測定に用いるループアンテナを規定しているCISPR 16-1-4、30MHz以下の磁界測定法を規定しているCISPR 16-2-3や、放射磁界の許容値と測定法を規定しているCISPR製品群規格（CISPR 11, CISPR 14-1, CISPR 15）での規定の改善検討に資することが期待される。

【参考文献】

- (1) CISPR 16-2-3 Ed. 4.0:2016 Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods - Part 2-3: Methods of measurement of disturbances and immunity - Radiated disturbance measurements

2021年度 イミュニティ委員会の活動 近接電磁界イミュニティ試験の適用除外規定 (IEC 61000-4-39、8.6.2節)に関する調査研究

一般社団法人 情報通信ネットワーク産業協会 (CIAJ)
電磁妨害対策委員会

飯塚 二郎

1. 背景

スマートフォンやタブレット端末などのモバイル送信デバイスの通信性能向上により、5Gシステムに対応した製品が普及し始めている。これらのモバイル送信デバイスは、娯楽や仕事といった多岐にわたり用いられており、パーソナルコンピュータや通信装置等のマルチメディア機器の近傍で使用されている。これらのモバイル送信デバイスなどのRF送信機が装置の近接で使用される状況においてのイミュニティ耐性試験について国際規格としてIEC 61000-4-39[1]が規定しているが、本規格の8.6.2節には試験免除項目が記載されている。マルチメディア機器は、プリンタ、FAX、パーソナルコンピュータ、通信伝送装置等多種あり、この試験免除項目が適用される装置も存在する。

このため本研究では、この試験免除項目に着目して、試験免除項目となる条件について実験的検証を行い、条件の妥当性について調査・検討をすることとした。

2. 目的

IEC 61000-4-39の8.6.2節に試験免除項目が記載されている。試験免除項目はa)からe)の5項目あり、c) EUT設置後に物理的制約（壁側や床側）によりRF送信機が近接できない場合やe)サービスや保守作業中にのみRF送信機が近接して使用されるEUTの表面や領域の2項目以外の3項目が、RF送信機から発生する電磁波に曝される可能性がある。

本研究テーマでは、2種のTEMホーンアンテナを用いて、この試験免除項目のうちa)、b)、d)の条件に基づいた測定系を構成して、記載条件の妥当性について調査・検討を行うこととした。

3. 試験免除項目の条件と測定項目

IEC 61000-4-39の8.6.2節には、試験免除項目として以下の5項目が記載されている。

- (a) 装置の外側に固定された機械的なバリアがあり、電磁界源が装置表面から25cm以下に近接することを防止できるEUT面
- (b) EUTのアクティブな部品（センサ、ケーブル、PCB等）に25cm以下に近接できないようになっているEUTの表面（例えば、受動的な機械的構造の背後に空間を有するか、またはそれだけを覆うプラスチックハウジング）
- (c) EUTを設置した後は可搬型送信機が近接する可能性のない点または表面（たとえば、機器やエリアの底面や壁側）
- (d) 厚が0.25mmを超える均一な金属でTEMホーンアンテナの均一領域の150%以上の大きさを有する1つの部品から成る表面
- (e) サービス又は保守作業中にのみ携帯送信装置が近接して使用されて電磁界に曝されるEUTの表面又は領域

これら5項目のうち、条件c)およびe)は物理的な制約によりRF送信機が近接できないこと、サービスや保守作業時のみであることから本研究テーマでは、条

件(a)、(b)、(d)について条件の妥当性を検証することとした。

条件(d)は、TEMホーンアンテナの均一領域の150%以上の大きさを有する1つの部品から成る表面とあるが、本研究では均一な金属板以外に装置類を格納するキャビネットで使用されることが想定されるスリット穴やパンチング穴についても測定を行い、本条件に適用できるか検証することとした。

本研究テーマでは、携帯電話で使用されている2 GHz帯、3 GHz帯の周波数から2.0GHz、3.5GHzの周波数を検証周波数として、2種のTEMホーンアンテ

ナの電界均一領域から150%のサイズを算出して検証用金属板のサイズとした。なお、スリット穴とパンチング穴のサイズは多種あることから、入手しやすい市販品を選定した。

4. 使用機材

本研究テーマで使用する使用機材を表5.1に示す。各アンテナの外観を図5.1から図5.2に示す。

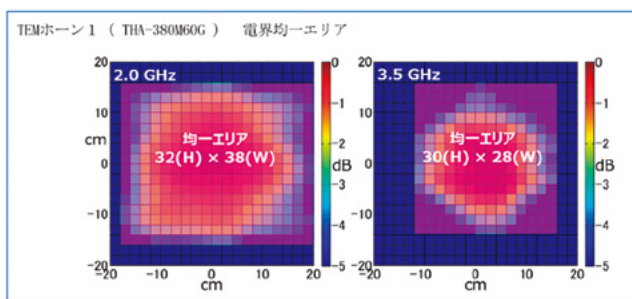


図 4.1 TEM ホーン 1 □電界均一エリア

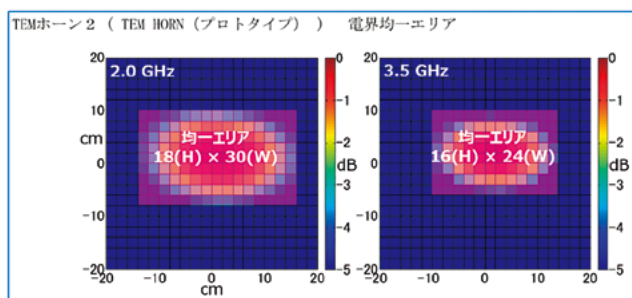
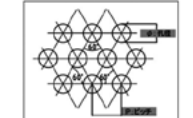


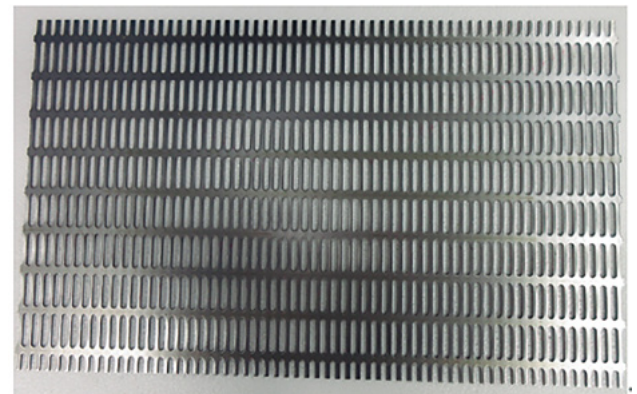
図 4.2 TEM ホーン 2 □電界均一エリア

表 4.1 金属板の種類

金属板の種類と形状		鉄板サイズ 電界均一エリアの 150%の寸法 W×H(mm)	メーカー	補足事項
鉄 SPC	スリットなし	TEM ホーン 1 □2.0 GHz ・ 480×570 TEM ホーン 1 □3.5 GHz ・ 450×420	A 社	厚み:0.8 mm
鉄 SPC	スリットあり	TEM ホーン 2 □2.0 GHz ・ 270×450 TEM ホーン 2 □3.5 GHz ・ 240×360	B 社	長孔 4×25・並列 厚み:0.8 mm 
鉄 SPC	パンチング		B 社	パンチング φ5-P6 60 厚み:0.8 mm 



(a) A 社製・金属板の外観



(b) B 社製・スリットあり金属板の外観



(c) B 社製・パンチングあり金属板の外観

図 4.3 金属板の形状

表 5.1 使用機材

機器名称	機能・性能 (概略)	製造メーカー	型式
TEM ホーン 1	380 MHz ~ 6 GHz	ノイズ研究所	THA-380M60G
TEM ホーン 2	600 MHz ~ 6 GHz	AMETEK	TEM HORN (プロトタイプ)
高周波電力増幅器	1 GHz ~ 6 GHz	R&K	CGA102M602-4040R
信号発生器	9 kHz ~ 6 GHz	KEYSIGHT	N5182B
マイクロ波計	9 kHz ~ 26.5 GHz	Rohde&Schwarz	ESR26
電界センサ	100 kHz ~ 10 GHz	精工技研	SH-10EL



図 5.1 TEM ホーン 1 外観
サイズ：600(W)×450(H)×80(D)mm

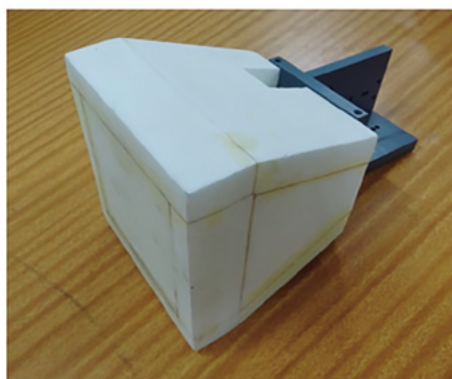


図 5.2 TEM ホーン 2 外観
サイズ：160(W)×175(H)×210(D)mm

5. 電界強度の距離特性

1) 試験条件

IEC 61000-4-39では、電界照射用アンテナである TEM ホーンアンテナと被試験装置 (EUT: Equipment under test) との離隔を規定しており、アンテナ端面から EUT の端面までを 10cm としている。市販製品である TEM ホーンアンテナのサイズは各メーカーにより異なるため、アンテナ端面と位相中心給電点の位置も異なると考えられることから、端面を基準にして 10cm 以上離すと電界の広がりや距離ごとに対する電界強度の変化に違いが発生する可能性がある。このため、2種の TEM ホーンアンテナを用いて、アンテナ端面から 10cm 離れたアンテナ開口中心点の位置で電

界強度の校正を行った後、1 cm 間隔でアンテナから電界センサを離して電界強度の距離特性を測定することとした。

また、医療機器への実影響評価では、携帯電話端末実機及びこれに相当する電界強度を発生させることのできる半波長ダイポールアンテナが使用されている。このため、半波長ダイポールアンテナの電界強度の距離特性を比較として示すこととした。なお、半波長ダイポールアンテナの電界強度の距離特性は、電磁環境の分類に関する技術レポートでありイミュニティに関する基礎的なガイドを与えている IEC TR 61000-2-5[2] Annex B に記載されている近傍界・遠方界におけるダイポールアンテナの電界強度の計算式を用いて算出することとした。

$$E = \frac{\sqrt{30PGa}}{d} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{2\pi d}\right)^2 + \left(\frac{\lambda}{2\pi d}\right)^4}$$

(P: アンテナ入力電力、Ga: 絶対利得、d: 距離)

2) 試験構成

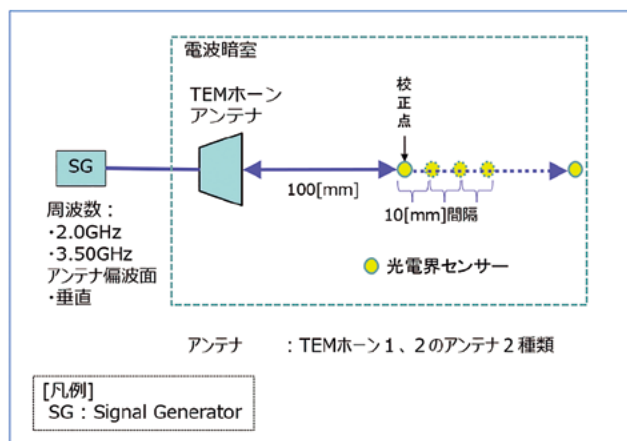


図 6.2.1 電界強度の距離特性の測定構成

3) 測定結果

図 6.3.1 および図 6.3.2 の 0cm は、TEM ホーンアンテナと電界センサを 10cm 離して 10V/m の校正を行った位置である。なお、半波長ダイポールアンテナの計算についても、0 cm の位置を電界センサから 10cm 離れた位置にして、10V/m に設定している。TEM ホーン 2 は、TEM ホーン 1 よりも距離に対する電界強度の減少が早い、いずれのアンテナも半波長ダイポールアンテナに比べて電界強度の減少が遅い結果である。これは、IEC 61000-4-39 において、アンテナと EUT

の離隔をアンテナ端面からと規定しているため、アンテナ毎に位相中心からの距離が異なるためであると考えられる。

しかしながら、各アンテナの位相中心を実測するには、正確な位相パターンの測定が必要であり容易なことではない。本研究にて使用したTEMホーン1の位相中心は、IEICE 2021 ComExVol.10, No.11, 881-886[3]の論文にて報告されている。このため、本論文の位相中心位置の情報を引用して、半波長ダイポールアンテナの給電点の位置をTEMホーンアンテナの位相中心位置に合わせることで、距離における電界強度を算出してみることにした。計算した結果を図6.3.3に示す。半波長ダイポールアンテナの給電点の位置をTEMホーン1の位相中心位置に合わせて計算した結果、電界強度の距離特性は実測値に非常に近い傾向であることがわかる。

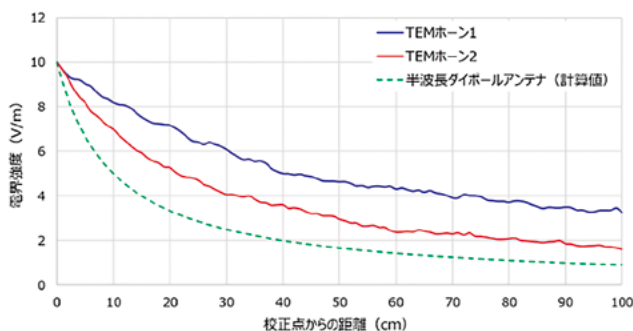


図 6.3.1 2.0 GHz の電界強度の距離特性

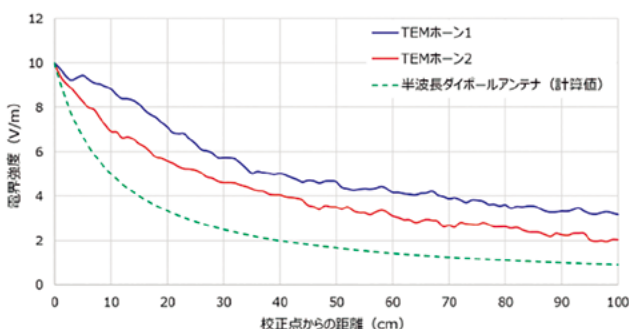


図 6.3.2 3.5 GHz の電界強度の距離特性

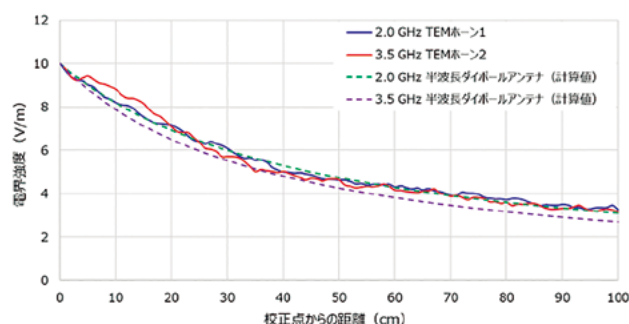


図 6.3.3 半波長ダイポールアンテナの給電点位置を位相中心位置に合わせた計算結果

6. 試験免除項目 (a)および(b)

IEC 61000-4-39の8.6.2節の試験免除項目の(a)および(b)の記載内容は25cmを境にして近接することを防止できるEUT表面であるかEUTのアクティブな部品に25cm以上近接できないようになっている表面である。このことからこれらの条件と比較できるような測定構成系にて実験検討を実施することとした。

1) 試験構成

TEMホーンアンテナの電界均一エリアは上下左右でシンメトリーであるため、中心からX軸方向、Z軸方向に測定を行った。X軸方向、Z軸方向の測定終了位置は、試験免除項目(d)の電界均一エリアの150%を考慮して決定した。

測定は、TEMホーンアンテナの中心位置と電界センサの中心位置を合わせて、アンテナ端面から10cmの離隔をとり、10V/mの校正をした後に1 cm間隔でX軸方向またはZ軸方向に電界センサを移動して測定した。(測定系①) この後に、アンテナと電界センサの間隔を25cm離して、10cmの時と同様に測定を行った。(測定系②)

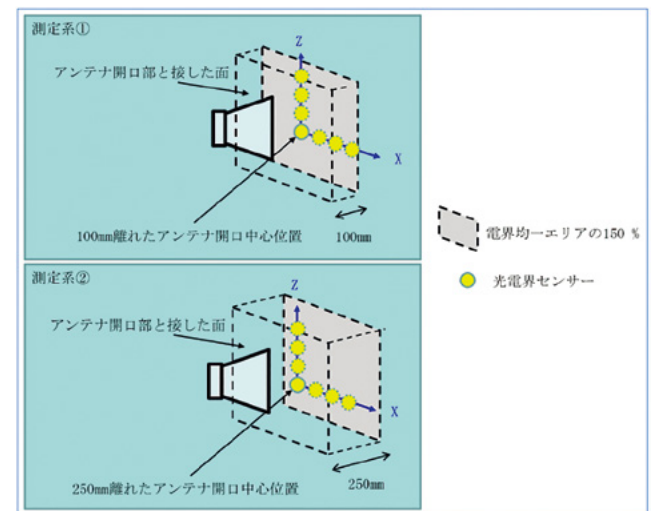


図 7.1 試験免除項目 (a)および (b) の測定構成

2) 測定結果

測定結果を、図7.2.1から図7.2.8に示す。横軸はTEMホーンアンテナの中心軸からX軸方向またはZ軸方向へ移動した位置である。TEMホーン1の中心位置において離隔を10cmから25cmに離すと電界強度は2.0GHzで約25%の減少、3.5GHzで約19%減少する。これに対して、TEMホーン2は、中心位置にお

いて2.0GHzで約40%、3.5GHzで約36%減少し、中心位置ではTEMホーン1よりも電界強度の減少が大きい。

これは、電界強度の距離特性にて考察した位相中心の差によるものと考える。

また、測定位置が中心から外れると、間隔が25cmの時の方が電界強度の大きくなる領域がある。これはTEMホーンアンテナの照射角による減少が距離による減少よりも大きくなるためと考えられる。

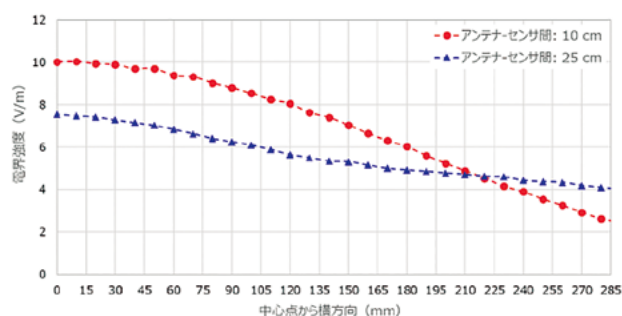


図 7.2.1 TEM ホーン 1 の 2.0 GHz の測定結果 (X 軸方向の電界強度変化)

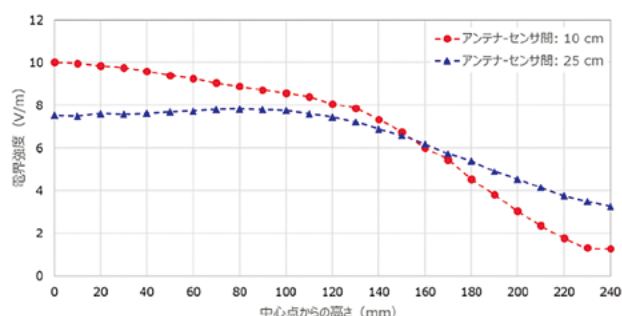


図 7.2.2 TEM ホーン 1 の 2.0 GHz の測定結果 (Z 軸方向の電界強度変化)

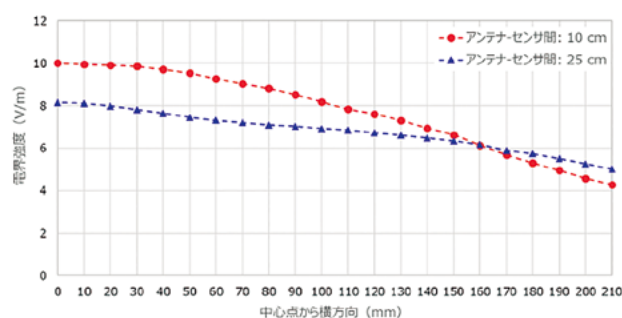


図 7.2.3 TEM ホーン 1 の 3.5 GHz の測定結果 (X 軸方向の電界強度変化)

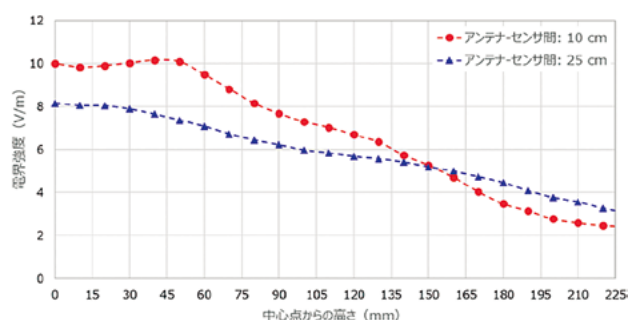


図 7.2.4 TEM ホーン 1 の 3.5 GHz の測定結果 (Z 軸方向の電界強度変化)

7. 試験免除項目 (d)

IEC 61000-4-39の8.6.2節の試験免除項目(d)の記載内容は、厚さ0.25mmを超える均一な金属でTEMホーンアンテナの均一領域の150%以上の大きさを有する1つの部品から成る表面である。このため、4項の「試験免除項目の条件と測定項目」に示した各種金属板を各TEMホーンアンテナと電界センサ間に入れて測定

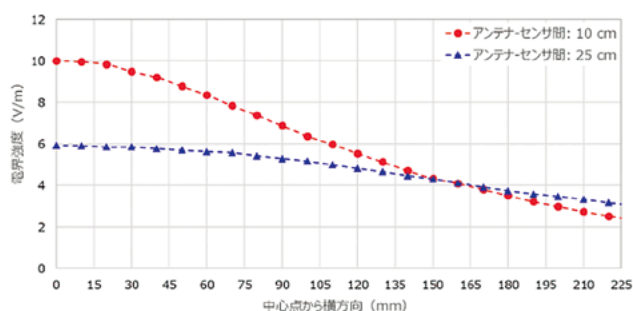


図 7.2.5 TEM ホーン 2 の 2.0 GHz の測定結果 (X 軸方向の電界強度変化)

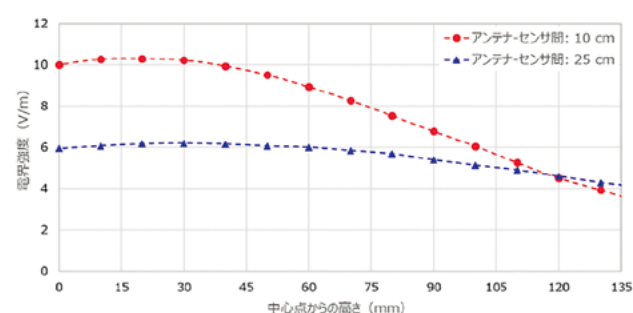


図 7.2.6 TEM ホーン 2 の 2.0 GHz の測定結果 (Z 軸方向の電界強度変化)

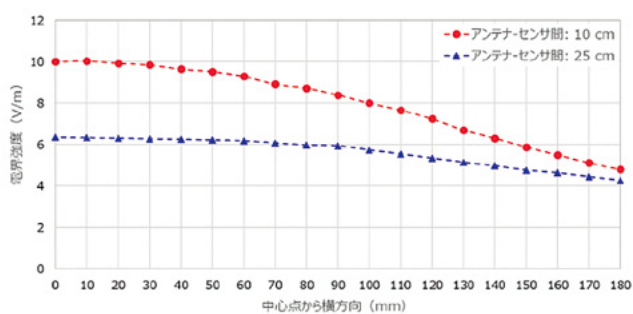


図 7.2.7 TEM ホーン 2 の 3.5 GHz の測定結果 (X 軸方向の電界強度変化)

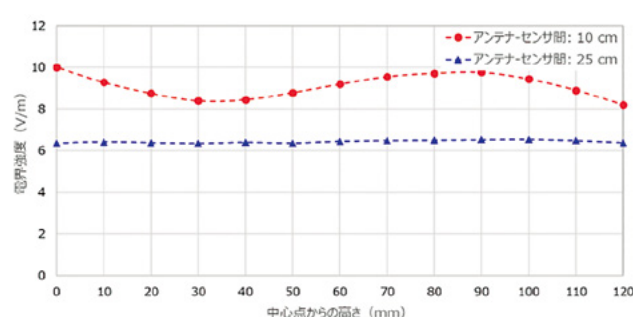


図 7.2.8 TEM ホーン 2 の 3.5 GHz の測定結果 (Z 軸方向の電界強度変化)

を実施した。

試験免除の規定ではアンテナの均一領域の150%以上の金属板のどこかにアンテナの均一領域が入る場合も試験から除外されるので、アンテナを金属板の中心に設置した場合と、さらに、金属板が最大限中心から外れた場合について、電界強度がどのように変化するかを明らかにするために以下の条件にて確認することとした。

- ・金属板の中心にアンテナの中心を合わせて設置する。
- ・アンテナの電界均一エリアの上下左右のそれぞれの端を金属板の端に合わせて設置する。

1) 試験構成

TEM ホーンアンテナの中心軸を金属板の中心に合わせたときには、電界分布が上下左右でシンメトリーであるため、測定方法は試験免除項目(a)、(b)と同様に中心からX軸方向、Z軸方向に行い、測定終了位置は電界均一エリアの150%を考慮した金属板の端をカバーする位置とした。

TEM ホーンアンテナの中心位置と電界センサの中心位置を合わせた後、電界センサと金属板、金属板とTEM ホーンアンテナ間でそれぞれ離隔を設定するが、電界センサと金属板との離隔は物理的な制約により4 cmとした。TEM ホーンアンテナと金属板間は10cmの離隔とした。このため、電界強度の校正はIEC 61000-4-39の規定であるアンテナとセンサ間を10cmとする構成と異なるが14cmの離隔にて10V/mとした後、1cm間隔で中心からX軸方向、Z軸方向に測定した。(測定系③) この後に、アンテナと電界センサ間に各種金属板を入れて14cmの離隔にて校正時と同様に電界強度の測定を行った。(測定系④) なお、測定結果はTEM ホーンアンテナと電界センサの間隔10cmで10V/mとした場合に補正をして示す。

金属板の位置をずらした場合は、電界強度分布はシンメトリーではなくなるが、測定治具の都合と時間的制約のため上下方向はTEM ホーンアンテナの中心軸からZ軸方向に、左右方向はTEM ホーンアンテナの均一領域を含む±X軸方向について実施した。

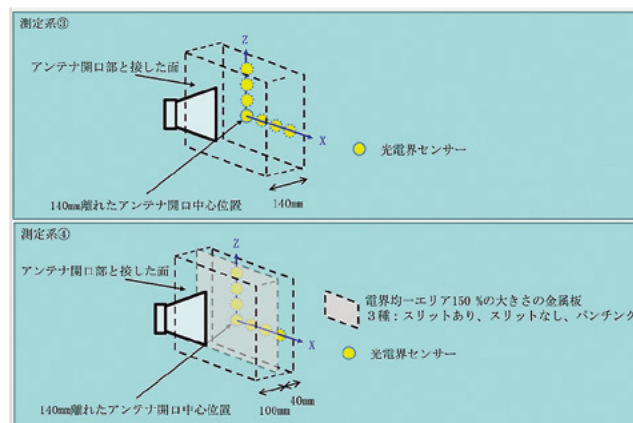


図 8.1 試験免除項目 (d) の測定構成

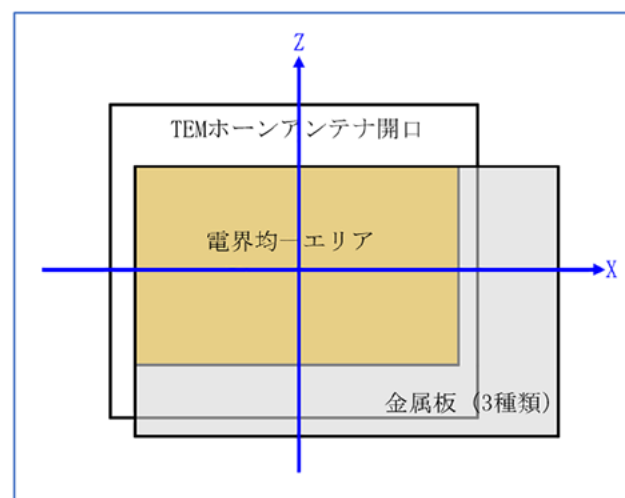


図 8.2 金属板の位置をずらした測定

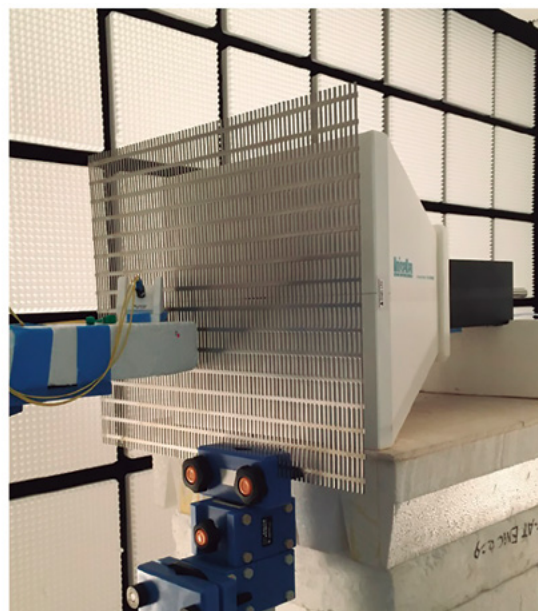


図 8.3 金属板位置をずらした測定時の様子(TEM ホーン1、金属板スリットあり)

2) 測定結果

測定結果を図8.1.1から図8.1.16に示す。横軸はTEM ホーンアンテナの中心軸からX軸方向またはZ軸方向へ移動した位置である。なお、金属板をずらし

た測定結果のグラフに示している垂直線は、金属板の境界であり、青と緑の矢印の部分は金属板から外れた部分である。TEM ホーン 1 の中心位置においては、金属板を入れることにより電界強度は2.0GHzおよび3.5GHzともに約98%減少した。パンチングメタルについては減少率が少なくなったがそれでも約90%の減少であった。また、TEM ホーン2の中心位置にお

いては、金属板を入れることによる電界強度の減少は、2.0GHzで約98%、3.5GHzで約88%であった。

金属板の位置をずらした測定では、2種のアンテナとも金属板がアンテナ開口面から外れる手前から電界強度が上昇する傾向にあり、特にTEM ホーン 1 は2.0 GHzで約8 V/mまで上昇した。

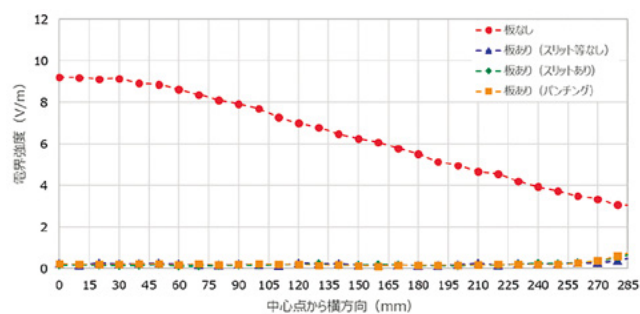


図 8.1.1 TEM ホーン 1 の 2.0 GHz の測定結果(X 軸方向の電界強度変化)

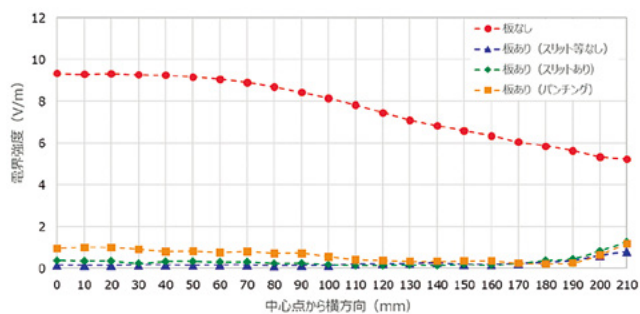


図 8.1.5 TEM ホーン 1 の 3.5 GHz の測定結果(X 軸方向の電界強度変化)

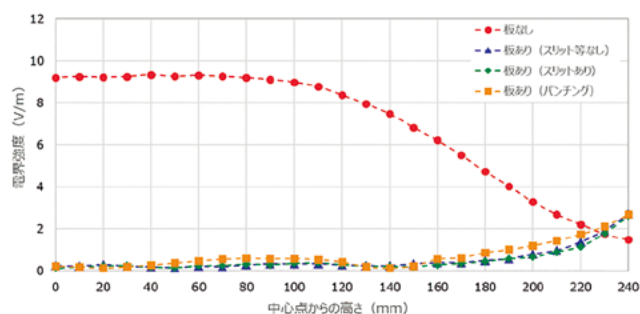


図 8.1.2 TEM ホーン 1 の 2.0 GHz の測定結果(Z 軸方向の電界強度変化)

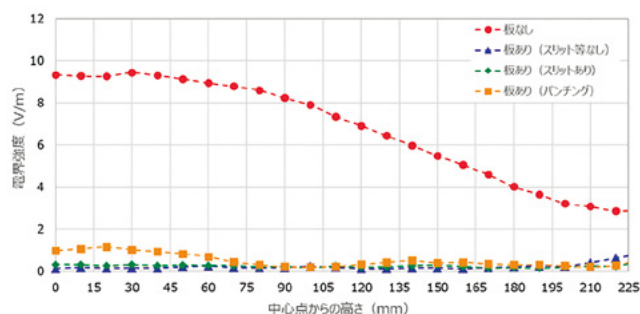


図 8.1.6 TEM ホーン 1 の 3.5 GHz の測定結果(Z 軸方向の電界強度変化)

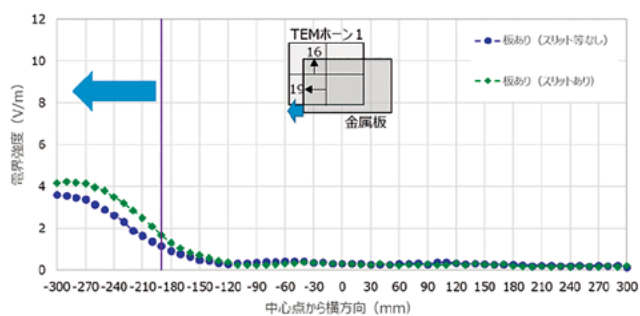


図 8.1.3 TEM ホーン 1 の 2.0 GHz の測定結果
(金属板の位置ずらしによる X 軸方向の電界強度変化)

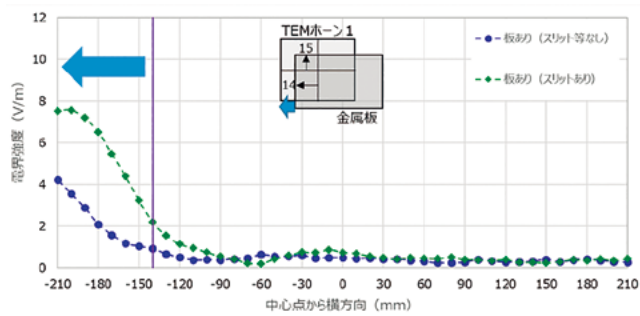


図 8.1.7 TEM ホーン 1 の 3.5 GHz の測定結果
(金属板の位置ずらしによる X 軸方向の電界強度変化)

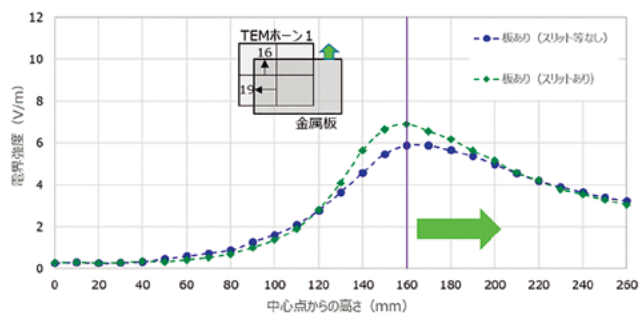


図 8.1.4 TEM ホーン 1 の 2.0 GHz の測定結果
(金属板の位置ずらしによる Z 軸方向の電界強度変化)

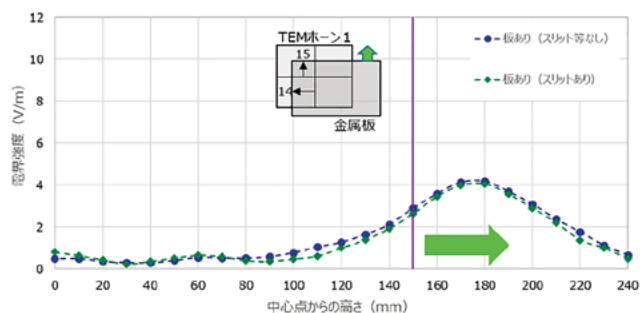


図 8.1.8 TEM ホーン 1 の 3.5 GHz の測定結果
(金属板の位置ずらしによる Z 軸方向の電界強度変化)

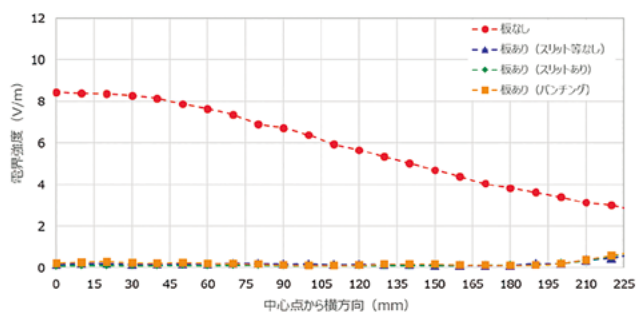


図 8.1.9 TEM ホーン 2 の 2.0 GHz の測定結果(X 軸方向の電界強度変化)

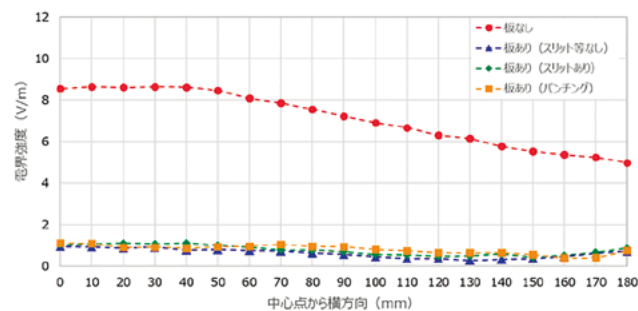


図 8.1.13 TEM ホーン 2 の 3.5 GHz の測定結果(X 軸方向の電界強度変化)

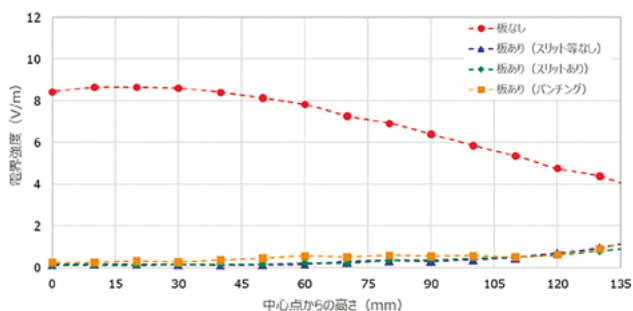


図 8.1.10 TEM ホーン 2 の 2.0 GHz の測定結果(Z 軸方向の電界強度変化)

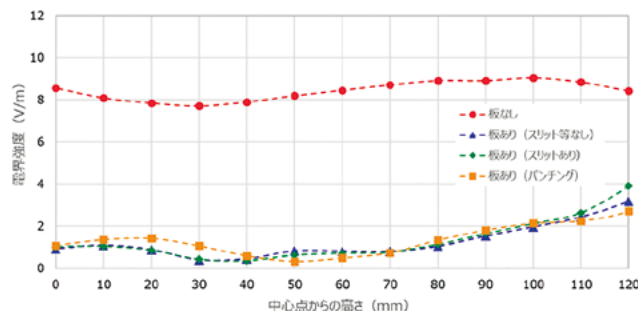
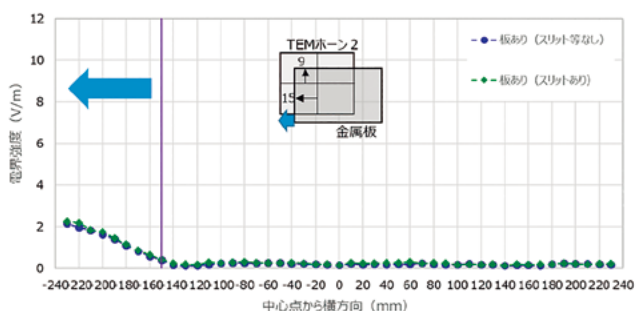
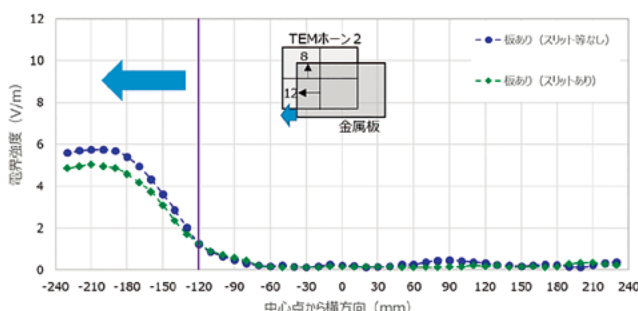
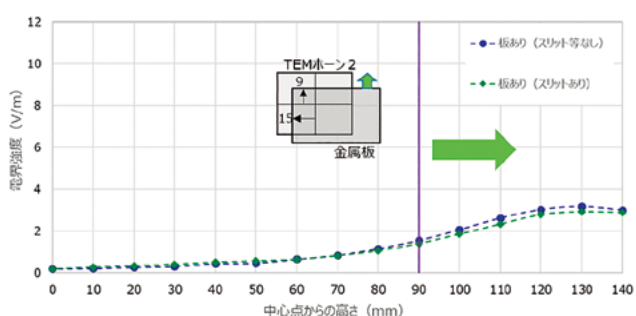
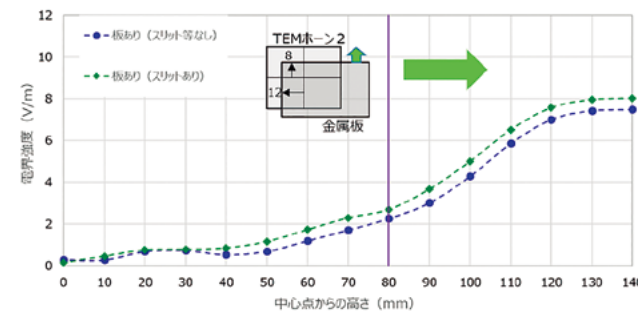


図 8.1.14 TEM ホーン 2 の 3.5 GHz の測定結果(Z 軸方向の電界強度変化)

図 8.1.11 TEM ホーン 2 の 2.0 GHz の測定結果
(金属板の位置ずらしによる X 軸方向の電界強度変化)図 8.1.15 TEM ホーン 2 の 3.5 GHz の測定結果
(金属板の位置ずらしによる X 軸方向の電界強度変化)図 8.1.12 TEM ホーン 2 の 2.0 GHz の測定結果
(金属板の位置ずらしによる Z 軸方向の電界強度変化)図 8.1.16 TEM ホーン 2 の 3.5 GHz の測定結果
(金属板の位置ずらしによる Z 軸方向の電界強度変化)

8. まとめ

IEC 61000-4-39で規定された試験構成であるアンテナから離隔距離10cmにて10V/mになるように校正を行った後、2種のTEMホーンアンテナの電界強度の距離依存性の測定を行った。その結果、離隔距離が

遠ざかるにつれて電界強度に差が生じた。また、医療機器の影響評価では、携帯電話端末実機相当の電波強度を発生させることのできる半波長ダイポールアンテナが使用されていることから、半波長ダイポールアンテナの電界強度の距離特性を計算して上記の測定値と比較した結果、両アンテナとも半波長ダイポールアンテナの電界強度よりも高い傾向であった。また、半波

長ダイポールアンテナの給電点の位置をTEMホーンアンテナの位相中心位置に合わせるにより、電界強度の距離特性はTEMホーンアンテナの実測値に非常に近い傾向であることがわかった。

IEC 61000-4-39の8.6.2節の試験免除項目(a)、(b)の結果から、TEMホーン1の中心位置において10cmの校正位置から25cm離すと電界強度は2.0GHzで約25%の減少、3.5GHzで約19%の減少であるのに対して、TEMホーン2は中心位置において2.0GHzで約40%、3.5GHzで約36%の減少であり、TEMホーン2はTEMホーン1よりも電界強度は減少する傾向であることがわかった。

試験免除項目(d)の結果から、TEMホーン1の中心位置において、金属板を入れることにより電界強度は2.0GHzおよび3.5GHzともに約98%減少した。ただし、パンチングメタルについては約90%の減少であった。これに対して、TEMホーン2の中心位置において、金属板を入れることによる電界強度の減少は、2.0GHzで約98%、3.5GHzで約88%であった。金属板の位置をずらした測定では、2種のアンテナとも金属板の端の手前から電界強度が上昇する傾向にあり、特にTEMホーン1は2.0GHzで約8V/mまで上昇した。

9. 考察

(1) 照射アンテナからの電界強度の離隔依存性

2種のTEMホーンアンテナの電界強度の距離特性に違いが生じたのは、アンテナの端面を基準とした離隔距離と位相中心を基準とした離隔距離が異なるためであると考えられる。これは、半波長ダイポールアンテナの給電点の位置をTEMホーン1の位相中心位置に合わせて計算した結果、電界強度の距離依存性が非常に近い傾向となったことからわかる。ただし、EUTとなる機器の近傍で使用されるモバイル送信デバイスを電磁波発生源と考えると、半波長ダイポールアンテナのほうが実機の電磁波減衰特性に近いのではないかと考えられる。この場合、25cmの位置での電界強度は約4V/mであり10V/mの半分以下に減少することとなる。このため、除外規定の(a)、(b)の25cm近接することがないという条件は、約4V/m以下と

なることを基準としたと考えられる。

さらに、実際のイミュニティ試験はTEMホーンアンテナの種類によって、装置内の電界強度の

減衰が異なるので、これがイミュニティ試験結果に影響するかどうかについても注意が必要である。

(2) 金属板表面の除外規定について

TEMホーンアンテナの中心軸と金属板の中心を一致させたときには、均一な金属板、スリットのある金属板、パンチングメタルの3種の金属板による電界強度の変化の差は小さく、いずれの金属板も中心部分では電界強度は約20dB程度減少した。また、金属板の端の部分でも4V/m以下に減衰しており、金属板で覆われた部分は、金属板がない場合の25cm離隔での電界強度より低い値となった。

TEMホーンアンテナの電界均一面の角と金属板の角を一致させたとき（除外規定の境界）にも、3種の金属板による電界強度の変化の差は小さく、いずれの金属板も中心部分では電界強度は約20dB程度減少した。また、金属板の端の部分でもTEMホーン1の2.0GHzの場合以外は、4V/m以下に減衰しており、金属板で覆われた部分は、金属板がない場合の25cm離隔での電界強度より低い値となった。

TEMホーン1の2.0GHzの場合は、金属板の端近く（約30mm）で4V/mを超えるが、大部分では4V/m以下となり、金属板の種類による差も小さかった。

除外規定がダイポールアンテナを基準としているならば、今後ダイポールアンテナでの測定も必要と考えられる。また、金属板の外側にもEUTとなる機器がある場合には、そこを照射できるようにTEMホーンアンテナを配置して試験することとなるので、そのときに金属面の後方に電磁界が照射されて、結果として除外エリアの試験を行うこととなるケースがあり、その点についても検討が必要と思われる。

(3) 金属板の開口について

今回の検討ではスリット板、パンチングメタルは入手性を考慮して市販品を選定したことから、スリットの寸法、パンチングメタルの丸穴の大きさと試験周波数との関係はつかめていない。スリットやパンチングメタルの丸穴の大きさも遮蔽効果に影響を与える要因

であると考えるので、文献調査を含めて今後の検討が必要であると考えられる。

10. 課題

以上のことより、今後の課題となる点を列挙する。

- ・ 今回の測定結果では、金属板の違いによる差異は小さかったが、一般的な結論を得るためには、スリット、パンチングメタルの寸法を更に考慮して電界強度の減衰量を調査する必要がある。
- ・ 5Gシステムでさらなる高周波帯域での使用が予想されるなか、周波数が高くなるとスリットの大きさは波長に対して相対的に大きくなるので、周波数の高い領域での影響の違いを確認することも必要である。
- ・ 除外規定の基準としては、実際に携帯電話などで使用されるアンテナに特性に近いダイポールアンテナによる特性把握も必要と考えられる。

11. CISPRへの対応

マルチメディア機器は、多種多様であり通信伝送装置等はキャビネットに収納される。このため、IEC 61000-4-39の試験免除項目が適用されることから、本研究テーマにて試験免除項目の記載事項(a)、(b)、(d)について検証することとした。試験免除項目(a)、(b)の検証結果から、TEMホーンアンテナを電界発生用アンテナとした場合、位相中心位置の関係から25cmの位置の電界強度の減衰量はアンテナにより異なっていた。しかしながら、モバイル送信デバイスの実機を考えた場合、半波長ダイポールアンテナのほうが放射源に近いと考えられ、25cmの位置での電界強度は半分以下となる。この距離の算出根拠をSC77Bへ確認することは必要かもしれない。試験免除項目(d)の検証結果から、金属板による減衰効果は期待でき、スリット板やパンチングメタルも有効であることがわかった。

コロナ禍であり、審議の進捗が滞っている状況であるが、近接イミュニティ試験は、他国においても注目されており、IEC 61000-4-39をベースとした試験法

の提案が今後される予定である。これらの動向を注視するとともに、これまで実施した研究テーマにおいて明らかとなった課題および本研究による結果の情報をCISPR SC-Iへ報告し、検討に寄与すると共に、課題の解決に向けて各国と協調して検討を進める予定である。

電波環境協議会 第20回技術講演会を開催

2022年12月1日（木）に、電波環境協議会 第20回技術講演会をオンラインセミナー形式にて開催しました。

今回は、特別講演1件と、電波環境協議会の妨害波委員会・イミュニティ委員会の成果報告2件、高周波利用設備の制度についての講演1件の、4講演を実施いたしました。

特別講演は、「ITU-R SG1におけるWPTの検討状況」について、一般財団法人 テレコムエンジニアリングセンターの久保田 文人 様に講演いただきました。

2件目は、妨害波委員会の調査研究として、「ループアンテナによるエミッション測定の課題と影響低減方法の検討」について、調査研究を実施されたNTTアドバンステクノロジー株式会社の小松 周平 様に講演いただきました。

3件目は、イミュニティ委員会の調査研究として、「近接電磁界イミュニティ試験の適用除外規定(IEC 61000-4-39、8.6.2節)に関する調査研究」について、調査研究を実施された一般社団法人 情報通信ネットワーク産業協会の飯塚 二郎 様に講演いただきました。

4件目は、「高周波利用設備の制度」について、総務省 総合通信基盤局 電波部 電波監理課の伊藤 琢範 様に講演頂きました。

当日は、94名の会員の皆様が参加され、熱心にご聴講いただきました。

編集後記

今回のEMCCレポートは、上記技術講演会にて講演いただいた皆様に執筆いただきました。
編集にあたり、執筆者の皆様をはじめ、ご協力をいただきました方々に感謝申し上げます。

（事務局）

－無断転載を禁ず－

EMCCレポート第38号

2023年3月

著 作：電波環境協議会

Electromagnetic Compatibility Conference Japan
〒100-0013 東京都千代田区霞が関1-4-1（日土地ビル）
一般社団法人電波産業会内
電波環境協議会事務局
TEL 03-5510-8596
FAX 03-3592-1103

