

### 3.7.5 電磁波計測研究所 電磁環境研究室

研究室長 松本 泰 ほか 23 名

#### 電波利用の拡大に対応した電磁環境構築のための研究開発と業務

##### 【概要】

電磁波利用の多様化に対応して、安心・安全な電磁波利用を可能とするための EMC（電磁的適合性：機器やシステムが互いに電磁的な悪影響を受けず・与えずに動作できる能力）に関する研究開発を、計測技術を中心として行っている。具体的には、電子機器や省エネルギー家電製品などから発生する不要電磁波が通信システムに及ぼす影響を評価する技術、情報通信機器等から発する電磁波が人体や他の電子機器等に与える影響を測定・評価する技術、無線機器の試験・較正法に関する技術、ミリ波・テラヘルツ波等の極めて高い周波数の電磁波を精密に測定する技術の開発に取り組んでいる。平成 24 年度は、それぞれの課題について下記の目標を設定し研究開発を行った。

##### (1) 通信システム EMC 技術

省エネルギー機器からの電磁雑音による地上デジタル放送等への影響について、理論・実測の両面から検討を行う。また地上デジタル放送波の広帯域伝搬特性測定技術について性能実証を行う。複数要因による電磁干渉の識別分離を目指したアルゴリズムについて、解析パラメータの最適化を行い、実験系を構築する。広帯域伝導妨害波測定方法の検討及び APD（振幅確率分布）許容値導入プロジェクトを推進し、CISPR（国際無線障害特別委員会）等の国際標準化活動及び国内標準の策定に寄与する。

##### (2) 生体 EMC 技術

長波からミリ波帯までの周波数領域における生体組織の電気定数データベースを構築し、数値人体モデル等を用いた詳細な電波ばく露量評価を実施する。また、医学・生物実験のためのばく露装置開発やばく露評価に関する検討を行い、電波防護指針の根拠となる知見を得る。さらに、新しく標準化された電波防護指針適合性評価の不確かさ評価を行い、評価手法の信頼性向上に貢献するとともに、新しい無線システムの電波防護指針適合性評価方法の国際標準化活動等に貢献する。

##### (3) 試験・較正技術

30 MHz 以下の放射妨害波測定に必須となるアンテナ較正法及び測定場の評価法について検討を行う。また、較正業務を確実に実施しながら各較正法の改善と較正範囲の拡張を行う。無線機器の試験法に関して、チャープレーダー等に対応した改良ソフトウェアの検証を行う。

##### (4) 超高周波計測技術

300 GHz までの精密電力測定のための機器整備を進めるとともに、テラヘルツ波帯の電力測定に関して海外標準機関との情報交換を開始する。テラヘルツ波を用いた計測技術の応用の基礎となる、計測システムの評価法や分光手法の確立を進め、テラヘルツスペクトルデータベースの拡充に不可欠な他機関の参加を促す。

#### 【平成 24 年度の成果】

##### (1) 通信システム EMC 技術の研究開発

代表的な省エネルギー機器として普及が進む LED 照明器具によって生ずる広帯域電磁雑音が、マルチメディア放送・地上デジタル放送へ与える影響を評価し、雑音の振幅統計量とビット誤り率との関係を明らかにした。LED は内部のスイッチング電源の動作によって不等時間間隔のインパルス状雑音を発生する。しかし地上デジタル放送信号は狭帯域変調波を周波数多重した構造を持つために、LED 雑音の影響はガウス雑音による影響に近いことが明らかとなった（図 1）。

複数干渉要因を独立成分分析等の統計的手法によって識別分離する方法について実験系を構築し、さらにアルゴリズム・解析パラメータの検討を実施した。地上デジタル放送信号を用いた広帯域伝搬特性測定法については、遅延時間分解能を改良し有効性を実証するとともに、伝搬路上の気候変動の検出及び予測を目指したパッシブレーダーへの応用についても検討を開始した。

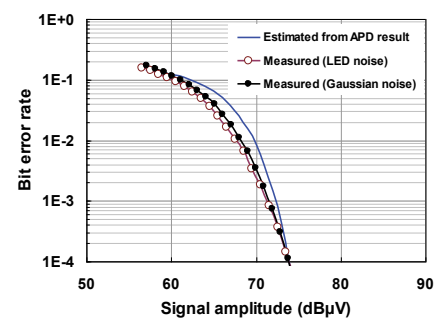


図 1 LED 雑音による地上デジタル放送のビット誤り率（実測値と雑音振幅分布による推定値の比較）

国際標準化活動においては、IEC（国際電気標準会議）TC77（第77専門委員会）会議において妨害波測定法の不確かさに関する基本規格の草稿執筆を担当するなど、大きく寄与した。また電磁雑音のAPD測定法について、CISPR会議において製品規格導入に向けた投票用委員会原案（CDV）を作成するなど、プロジェクトを主導した。

## (2) 生体 EMC 技術の研究開発

長波からミリ波帯までの周波数領域において、生体組織の電気定数測定システムの開発と改良を行い、100種類以上の組織に対する電気定数データベースを構築した。各周波数領域のための数値人体モデルを開発・改良するとともに大規模数値シミュレーション用計算機環境を構築し、長波からミリ波帯電波への人体ばく露量特性を明らかにした。さらに妊娠中～後期の様々な妊娠女性（胎児）数値モデルを開発するためのソフトウェア開発等を行った。また、無線電力伝送システムにおける電波への人体ばく露量特性を数値計算と測定により明らかにした（図2）。

複数周波数の無線信号の同時ばく露を可能とする生物実験用反射箱型ばく露装置について、ばく露量の不確かさの詳細を明らかにした。また、小児の携帯電話使用と健康影響に関する国際疫学調査に参加し、電波ばく露量計測専用端末を用いた若年者の電波ばく露量調査を実施した。

新しく標準化された側頭部以外の人体に近接して使用する携帯無線端末について、スマートフォンやLTE信号を対象としたSAR測定の不確かさ評価を行った。また、新しい無線システムのための電波防護指針適合性評価方法に関するIECやITU等の国際標準化活動に積極的に参画し、関連国際標準規格の策定に貢献した。

## (3) 試験・較正技術の研究開発

最近の無線通信システムに対応するために電力計較正システムの測定範囲（周波数及び電力）の拡張を着実に行った。また、現在の電力較正業務実施の上限周波数である110 GHz以上の電力較正業務の開始に向け、市販の電力計に対応できる較正系のハードウェアを構成した。一方、周波数30 MHz以下の放射雑音測定に必要なループアンテナの較正法について、従来法の問題点を定量的に明らかにするとともに、SI基本単位へのトレーサビリティを有する新しい高精度な較正方法を開発した。また、この周波数帯における測定場の評価方法に関して、大型電波暗室並びに屋外測定場による測定結果、及び、数値シミュレーションの結果を比較評価し、CISPR国際標準化会議に寄与した。

無線機器の試験法に関し、チャープレーダー等に対応したソフトウェア改良のための検証、試験場（海上）の被測定ブイの反射特性の改良を行った。

## (4) 超高周波計測技術の研究開発

電力較正業務の現在の周波数の上限である110 GHzを超える周波数領域における較正の実現に向けて、110～170 GHzの電力標準（熱量測定による国家計量標準）を産業技術総合研究所と共同で開発する一方、原理が異なるNICT独自の方法（周波数変換を用いる方法）について実証した。また300 GHzまでの精密電力測定のため、ベクトルネットワークアナライザ及びミリ波モジュール（325 GHzまで）を整備し、220～325 GHz用の標準ゲインホーンの利得較正法について検討して技術課題を明らかにした。さらにテラヘルツ波帯の電力測定に向けて海外標準機関（PTB：ドイツ国立物理工学研究所）との情報交換を行った。

テラヘルツ波帯を用いた分光装置のバリデーション法（その装置による測定結果の妥当性を確認する方法）を確立するため、NICTが選定した標準試料及びプロトコルを用いて行った国内ラウンドロビンテストの結果を解析し誤差要因を明らかにした。テラヘルツ波を用いた測定法としてカラーゲン繊維等の生体物質の変性をテラヘルツ分光により測定・解析する手法を明らかにした他、塗装下の錆の検出等の非破壊検査への応用を電力中央研究所との共同研究により推進した。また、理化学研究所と共同で開発したテラヘルツ波帯のスペクトルデータベースの登録用インターフェースを改良し、外部からの参加を容易にし、国際的に参加を促すための基盤を確立した。

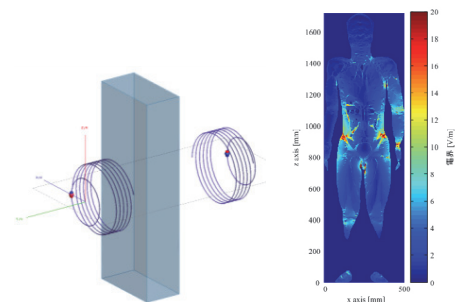


図2 共鳴方式無線電力伝送システムのコイル間（左図灰色部）において人体に誘導される電界分布の計算結果（右）

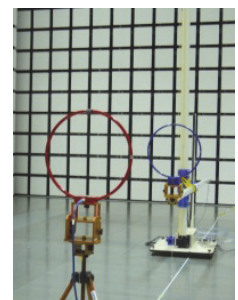


図3 30 MHz以下における放射妨害波測定場の性能評価

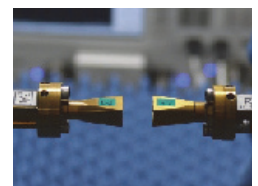


図4 300 GHz帯の標準ゲインホーンの較正

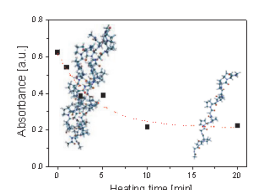


図5 加熱によるカラーゲン繊維の変性のテラヘルツ波を用いた検出