



ARIB TR-T21

移動無線基地局アンテナの電波防護に関する 電磁界とSAR評価のための測定・計算法

MEASUREMENT AND CALCULATION METHODS TO EVALUATE
ELECTRO-MAGNETIC FIELD AND SAR EMITTED FROM
MOBILE BASE STATION ANTENNA WITH REGARD TO
RADIOFREQUENCY-EXPOSURE PROTECTION

技 術 資 料

ARIB TECHNICAL REPORT

ARIB TR-T21 1.0版

平成24年 7月 3日 策 定

一般社団法人 電 波 産 業 会

Association of Radio Industries and Businesses

まえがき

一般社団法人電波産業会（以下、電波産業会）は、無線機器製造者、電気通信事業者、放送機器製造者、放送事業者及び利用者の参加を得て、各種の電波利用システムに関する無線設備の標準的な仕様等の基本的な要件を「標準規格」として策定している。

「技術資料」は、国が定める技術基準と民間の任意基準を取りまとめて策定される標準規格を踏まえて、無線設備、放送設備の適性品質、互換性の確保等を図るため、当該設備に関する測定法、解説、運用上の留意事項等を具体的に定めたものであり、策定段階における公正性及び透明性を確保するため、内外無差別に広く無線機器製造者、電気通信事業者、放送機器製造者、放送事業者及び利用者等の利害関係者の参加を得た当会の規格会議の総意により策定されたものである。

電波を安心して、安全に利用するために、人の出入りの想定される場所において、電磁界強度を適切に管理する必要がある。我が国の電波法の施行規則第 21 条の 3 は、電磁界強度の基準値を示しており、平成 11 年 10 月より公布されている。これと並行して、総務省は、無線局の開設者に対して「平成 11 年郵政省告示第 300 号」及び「電波防護のための基準への適合確認の手引き」を発行し、その確認に必要な電磁界強度の計算方法と測定方法を示している。さらに、電波産業会は、平成 11 年に技術資料 TR-T11「電波防護標準規格への適合性の確認法」を策定し、通信、放送で使用される実際の無線局設備の具体的な仕様に基づく適合性の確認法を示し、アンテナを含む送信系の設計にこれを参照している。総務省発行の手引き書、電波産業会の技術資料は、電波の周波数帯として中波帯からマイクロ波帯までを含み、現在、我が国で運用されている無線局を網羅している。欧州や米国においても、同時期に電波防護に関係する標準規格が発行されている。

電波を用いたサービスのなかで、携帯電話システムを取り巻く環境は、現在に至るまで世界的規模で大きく変化を続けている。携帯電話の利用が日常的である今日、基地局は人の出入りする場所の近くに設置されることも増えてきている。さらに、携帯電話は、国を超えて広い地域で利用するためのローミングサービスも日常的に行われている。このような携帯電話システムの環境変化に対応するため国際電気標準会議（IEC; The International Electrotechnical Commission）は、電磁界の生体ばく露評価法の標準規格の作成を目的としている専門技術委員会 TC106（Methods for the assessment of electric, magnetic and electromagnetic fields associated with human exposure）に、携帯電話や基地局等からの電波に対するばく露評価法を検討する WG4（Characterization of high frequency electromagnetic fields and SAR produced by specific sources）を設けている。特に基地局の無線設備については、2011 年に国際標準規格 IEC 62232:2011 を発行している。なお、この国際標準規格には、平成 11 年郵政省告示第 300 号に記載されている無線設備から発射される電磁界強度の算出方法及び測定方法が反映されている。例えば、告示 300 号で示される電界強度評価における空間的平均値の算出法や、反射波を考慮した基本算出式は、この国際標準規格が示す複数の評価方法に包含されている。

平成 11 年に技術資料 TR-T11 を策定した当時、携帯電話サービスを行う移動無線基地局は、アンテナ専用鉄塔を利用した設備が主流であった。しかし、その後、サービスエリアの拡大をするために、一般のビル屋上を利用した無線基地局、地下街やビル内に設置する小型無線基地局等、要求される条件に対して、最適な規模の設備を選択するようになってきている。TR-T11 は、どのような規模の無線基地局についても、電波防護指針に対する適合性評価を行うことができる。しかし、アンテナシステムが人の出入りする比較的近傍に設置された場合、従来の評価方法だけでは、詳細な適合性評価が困難となってきた。このため、本技術資料は、IEC 62232 で採用されている最新の評価技術を紹介し、その利用方法を解説する。また、これらの評価法を用いて、我が国で行われている移動通信サービス用無線基地局から放射される電磁界強度及び SAR 評価の実施例を示す。

本技術資料が、無線機器製造者、電気通信事業者、放送機器製造者、放送事業者、利用者等に積極的に活用されることを希望する。

目 次

まえがき	
第1章 一般事項	1
1.1 適用範囲	1
1.2 用語の定義	1
1.3 記号の略号の説明	2
1.3.1 記号	2
1.3.2 略号	3
1.4 引用規格等	4
第2章 ばく露評価計画の作成	5
2.1 ばく露評価の全体	5
2.2 事前準備	5
2.2.1 キーパラメータの収集	6
2.2.1.1 評価の目的	6
2.2.1.2 アンテナ周辺の電磁界領域の分類	7
2.2.2 評価方法の選択	10
2.2.3 測定量の選択	12
第3章 計算と測定方法	15
3.1 計算方法	15
3.1.1 計算方法の全体	15
3.1.2 基本計算	15
3.1.2.1 球計算式	15
3.1.2.2 球・円筒計算式	16
3.1.2.3 SAR 計算式	20
3.1.2.4 八木・宇多アンテナ周辺の電界強度計算式	21
3.1.2.5 漏洩同軸ケーブル周辺の電界強度計算式	22
3.1.3 詳細計算	23
3.1.3.1 レイトレーシング法	23
3.1.3.2 Full wave (全波) 電磁界・SAR 解析	24
3.1.3.3 計算結果の評価	24
3.2 測定方法	25
3.2.1 電界強度の測定方法	25
3.2.2 SAR の測定方法	26
3.2.2.1 概要	26

3.2.2.2	測定装置.....	26
3.2.2.3	測定.....	28
3.2.2.4	局所 SAR の測定と校正.....	28
3.2.2.5	全身 SAR の校正.....	29
3.3	総合評価.....	30
3.3.1	概要.....	30
3.3.2	外挿.....	30
3.3.3	複数周波数の同時送信における総合の電磁界.....	31
3.3.4	測定量と基準値の比較.....	32
第4章	電磁界強度及び SAR 評価の実施例.....	35
4.1	垂直リニアアレーアンテナ周辺の電界強度分布の一例.....	35
4.2	垂直リニアアレーアンテナ周辺における SAR の計算の一例.....	37
4.3	小型アンテナ周辺の電界強度分布と SAR の一例.....	38
4.3.1	屋内用小型アンテナの例.....	38
4.3.1.1	評価の概要.....	38
4.3.1.2	アンテナの基本特性.....	38
4.3.1.3	アンテナ周辺の電磁界強度の評価.....	40
4.3.2	アンテナ内蔵無線送受信装置の例.....	42
4.3.2.1	評価の概要.....	42
4.3.2.2	電界強度分布の評価例.....	43
4.3.2.3	SAR の評価例.....	44
4.4	八木アンテナ周辺の電界強度分布の一例.....	45
4.4.1	評価の概要.....	45
4.4.2	モーメント法による評価例.....	46
4.4.3	基本計算式による評価例.....	48
4.5	ビル屋上基地局アンテナ周辺における電磁界強度評価の一例.....	49
4.5.1	評価計画の作成例.....	49
4.5.2	測定方法.....	51
4.5.3	測定結果と総合評価の例.....	52
4.6	オムニ指向性基地局アンテナの一例.....	53
4.6.1	アンテナの基本特性.....	53
4.6.2	アンテナ周辺の電磁界強度の評価例.....	54
4.7	漏洩同軸ケーブルの一例.....	56
4.7.1	漏洩同軸ケーブルを用いた移動通信システム.....	56
4.7.2	電力密度の距離依存性の評価.....	57

あとがき	59
参考文献	61
参考資料 A 総務省調査が行った電界強度測定	63
参考資料 B 電磁界強度測定機器	67
B.1 広帯域測定機器	67
B.1.1 等方性電界プローブの仕様	67
B.1.2 市販されている製品例	67
B.2 周波数選択測定機器	70
B.2.1 周波数選択測定機器の仕様	70
B.2.2 市販されている製品例	70
B.2.3 屋外で使用する測定装置の構成例	72
参考資料 C SAR 測定機器	73
C.1 SYSTEM CONFIGURATIONS	74
C.2 UNPARALLELED PRECISION	74
C.3 APPLICATIONS & FEATURES	75
参考資料 D 電磁界および SAR のシミュレータ	79
D.1 FDTD	79
D.1.1 XFDTD	79
D.1.2 SEMCAD X	80
D.2 MOM	87
D.2.1 FEKO の特徴	87
D.2.2 モデリングの特徴	88
D.2.3 ソルバの特徴	90
D.2.4 プラットフォームとライセンス	91
D.3 RAY TRACING	94
D.3.1 RapLab	94
D.3.2 Wireless InSite	94
参考資料 E IEC 62232:2011 評価技術一覧	97