



基地局周辺の電波ばく露評価法 の国際規格動向

長岡 智明

国立研究開発法人情報通信研究機構

令和2年1月28日

IEC 62232 Edition 2.0 (2017年8月発行):

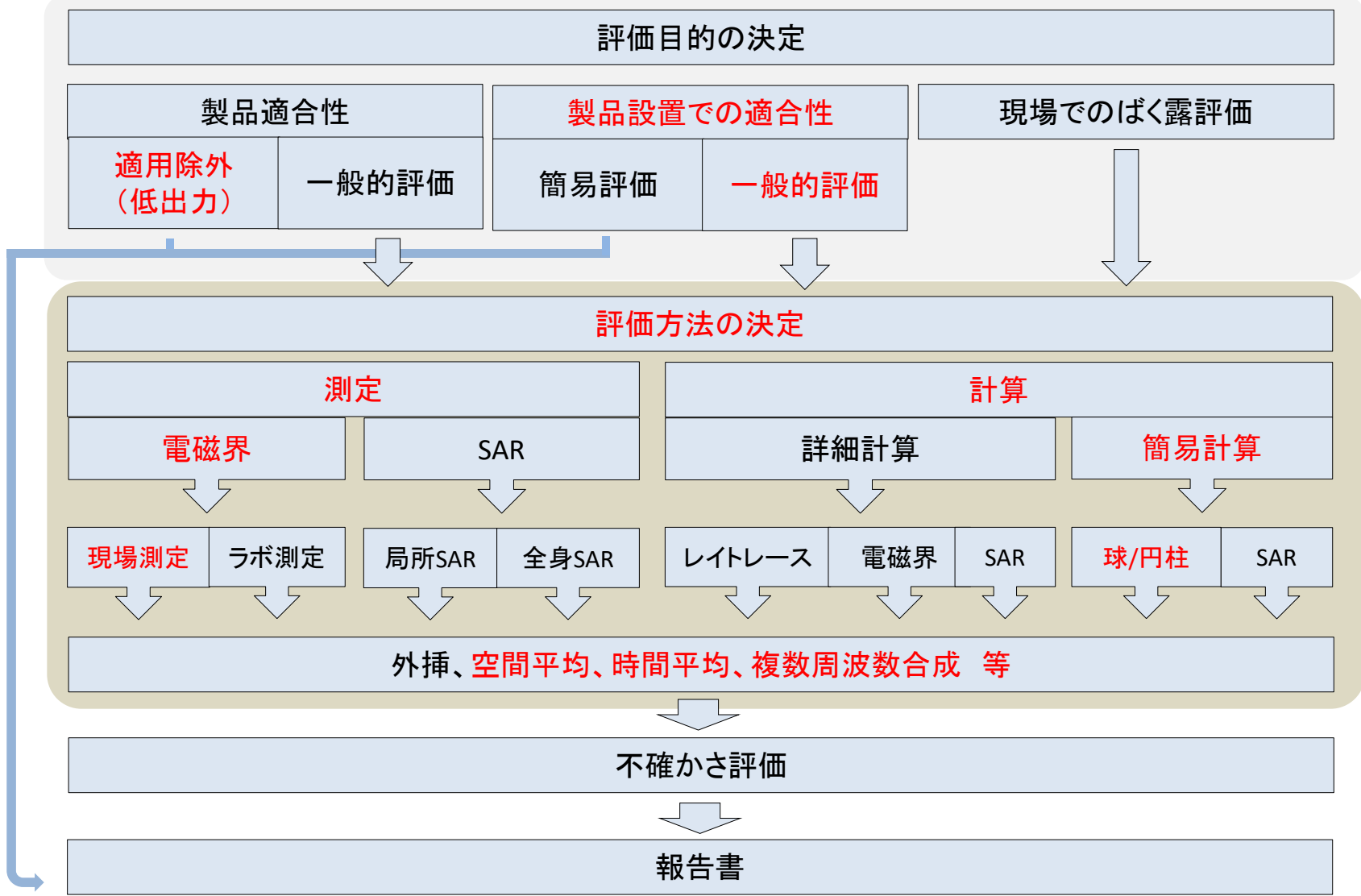
人体ばく露評価を目的とした無線通信基地局周辺の電波強度、電力密度およびSARの決定法

- 周波数: 110 MHz-100 GHz (無線通信基地局)、100 kHz-300 GHz(それ以外)
- 適合性評価の方法:
 - ✓ 製品適合性(基地局製品が市場に出る前)
 - ✓ 製品設置での適合性(基地局製品がサービスを開始する前)
 - ✓ 現場でのばく露(基地局設置、運用後の基地局周辺でのばく露評価)
- 現在、Edition 3.0の規格策定作業が進行中

IEC/TR 62669:

IEC 62232に基づいたばく露評価のケーススタディ集

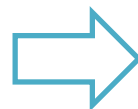
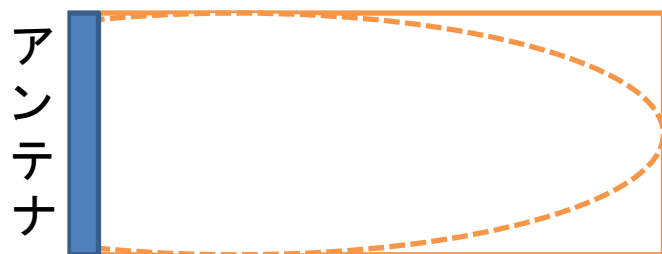
評価方法の概要



* 赤字は電波法令に規定されている

基地局製品を市場に投入するメーカー等が関連する適合境界を含む情報を製品のエンドユーザに提供する場合

- 一般評価
 - 適合境界 (Compliance boundary) の決定
境界の外側 (エリア外) は必ず適合



例：
アンテナメーカーはアンテナ入力に応じた
適合境界 (離隔距離) を製品添付

基準値に一致する境界 (点線)
もしくは、領域を広くとって単純化した境界 (実線)

- 適用除外 (低出力)
 - IEC 62479 に準拠、国内規制機関の対応に応じて適用
 - 電波法施行規則第21条3に規定 (20 mW以下)

基地局製品を運用するオペレータ等が、電界強度レベルを評価する必要があり、通常、これらの評価に関連する規制への適合性を検証

設置高や周囲状況などの設置条件を考慮した適合性評価

- 簡易評価

- 設置条件によって、一般的(詳細)な適合性評価は不要

例: ICNIRPガイドラインを基準値とした場合、等価等方放射電力(EIRP)が 2 W以下であれば、離隔距離は 0または数cm

- 一般的評価

他の波源(対象とする基地局アンテナの周辺地域にあるアンテナ等)も考慮

実際の電波ばく露量の評価（稼働時等）

- 広帯域評価

- 特定の帯域だけでなく、一定範囲の帯域内の電波ばく露量を総合的に評価

- 周波数選択評価

- 特定の無線システムに注目した電波ばく露評価
- 出力を随時制御している無線システムに対して、最大出力時の電波ばく露量への推定方法等を記載

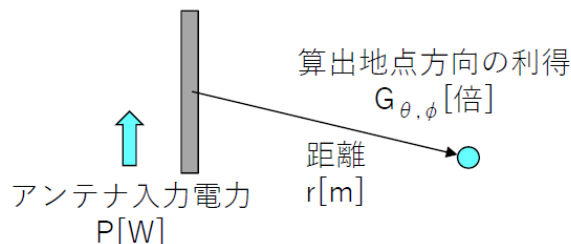
製品設置での適合性評価

簡易計算

簡易計算式は電界強度、電力密度またはSARを推定するために、保守的な計算式

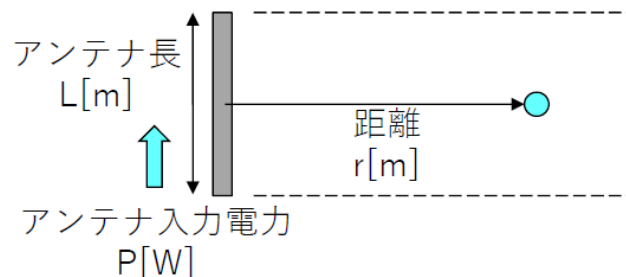
- 球近似式

$$S = \frac{PG_{\theta,\phi}}{4\pi r^2}$$



- 円柱近似式

$$S = \frac{P}{2\pi rL}$$



詳細計算

- 正確な評価が必要になる場合
- レイトレース(レイトレーシングアルゴリズム)、
電界強度およびSAR(モーメント法、FDTD法、有限要素法)

- SAR測定システムはIEC62209-1/-2で定義されている一般的な仕様と要求を満たす必要がある
 - ファントムはフラット形状(3種類)
 - フラットな楕円形ファントム(IEC62209-2で定義)
長軸:600 mm, 短軸:400 mm, 高さ:150 mm以上(液剤の量)
 - Large Box ファントム
長軸:1540 mm, 短軸:339 mm, 高さ:150 mm以上(液剤の量)
 - Small Box ファントム
長軸:960 mm, 短軸:233 mm, 高さ:150 mm以上(液剤の量)

製品の適合性評価

局所SAR $SAR_{psa}(d) = SAR_m(d) \times CF_1(d) \times CF_2(d)$

d: ファントムとアンテナの距離, $SAR_m(d)$: 測定で得られた局所SAR

$$CF_1(d) = \begin{cases} 1 & d < 200 \text{ mm} \\ \frac{d}{200} & 200 \text{ mm} \leq d < 400 \text{ mm} \\ 2 & 400 \text{ mm} \leq d \leq 1000 \text{ mm} \end{cases} \quad CF_2(d) = \begin{cases} 2 & d \leq \frac{\lambda}{4} \text{ AND } N_e > 1 \\ -\frac{4d}{7\lambda} + \frac{15}{7} & \frac{\lambda}{4} < d < 2\lambda \text{ AND } N_e > 1 \\ 1 & d \geq 2\lambda \text{ OR } N_e = 1 \end{cases}$$

層構造を考慮した補正係数

アンテナの負荷を考慮した補正係数

N_e : アンテナエレメント数

全身平均SAR $SAR_{wb}(d) = \frac{P_A(d) \times CF_3(d) \times CF_4(f)}{M}$

M: 大人 46kg, 子ども 12.5kg

$$CF_3(d) = \begin{cases} 1 + \frac{0.8d}{400} & d < 400 \text{ mm} \\ 1.8 & d \geq 400 \text{ mm} \end{cases} \quad \text{層構造を考慮した補正係数}$$

Frequency (MHz)	300	450	900	1800	2600	3500	6000
$CF_4(f)$	2.4	2.3	1.5	1.3	1.2	1.2	1.2

Large boxファントムを子ども向け評価に使用した場合の補正係数

- 広帯域測定装置への要求要件

周波数	最小検出レベル	ダイナミックレンジ	線形性	プローブ等方性
900 MHz- 3GHz ± 1.5 dB	<2 mW/m ² (1V/m または 0.003 A/m)	>40 dB	±1.5 dB	±2.5 dB
<900 MHz, >3GHz ± 3 dB				

- 周波数選択型測定装置のへの要求条件

周波数	最小検出レベル	ダイナミックレンジ	線形性	プローブ等方性
900 MHz- 3GHz ± 1.5 dB	< 0.01mW/m ² (0.06 V/m) 測定帯域にて S/N>10 dB	>60 dB	±1.5 dB	<900 MHz: ±2.5 dB 900 MHz-3GHz: <3dB <3 GHz: <5 dB
<900 MHz, >3GHz ± 3 dB				

* 告示300号での要求: プローブの等方性3 dB以内、応答時間1秒未満

- 従来基地局アンテナ
 - アンテナ指向性は固定
 - 変動要素はトラフィック変動による送信電力の変化
→最大トラフィックで評価
- Massive MIMO+ビームフォーミング対応基地局アンテナ

* Edition 3の改訂作業にて議論中

トラフィック変動に加えて、指向性の変化も変動要素

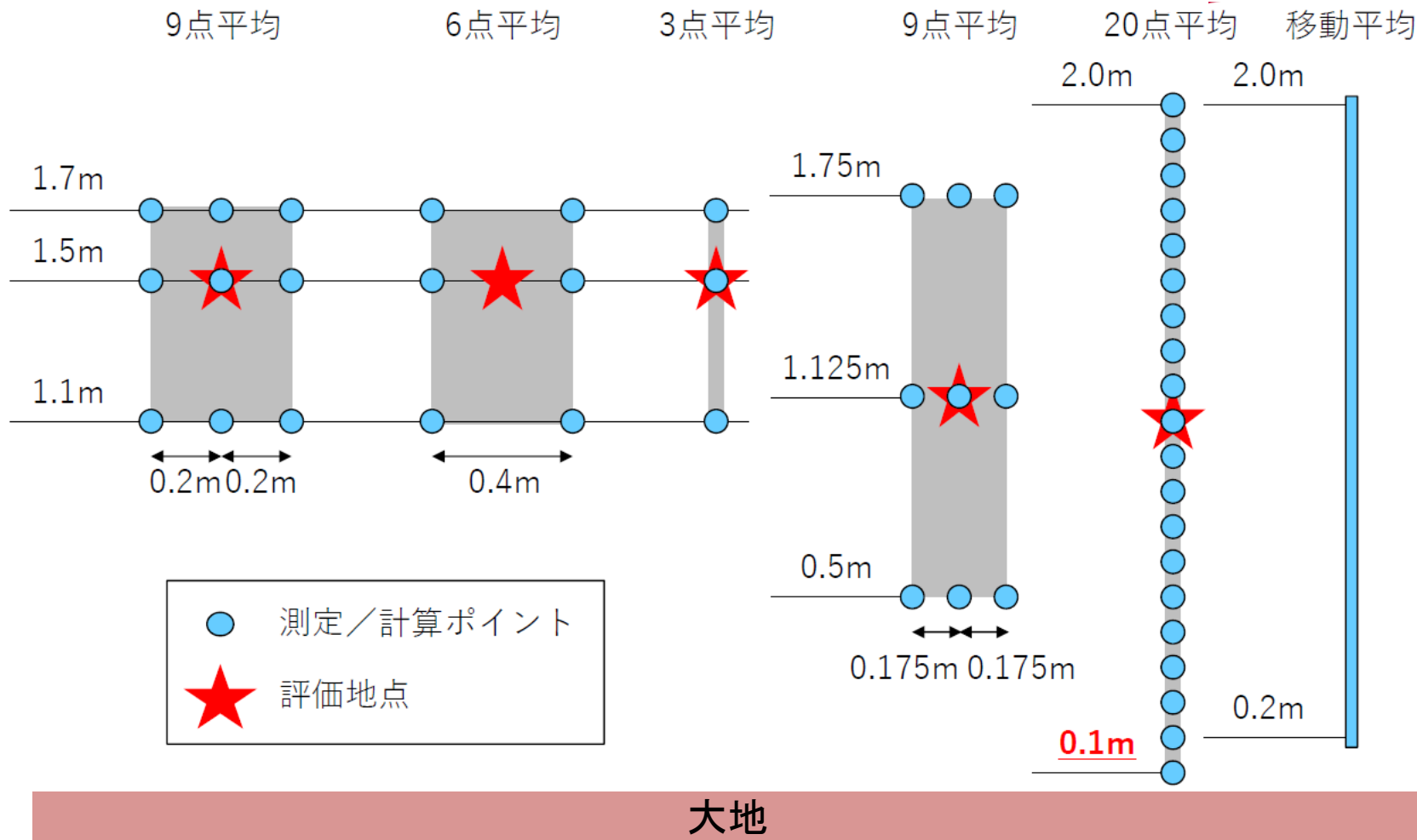


最大トラフィック＋最大指向性での評価は
過大評価の可能性あり



長期間の基地局ログ分析に基づいて実行的な
最大トラフィック＋指向性に基づく外挿

電界強度の空間平均法



- IEC 62232 Ed.2に基づく評価事例集(2019年4月発行)
- 様々な基地局アンテナを対象とした事例
- 評価目的別(製品適合性、製品設置での適合性、現場でのばく露評価)事例
- 基地局の種類: Massive MIMO, Small cellなど含む

- 周波数範囲の拡張:110 MHz - 300 GHz
- 実際の送信電力またはEIRPが到達した
最大値 (Actual maximum)を考慮した評価手順の仕様
- 5G技術およびMassive MIMOに関連する評価法
- 複数波源でのばく露における適合基準の明確化
- 低電力機器の実験室条件での電力密度測定のアップデート

IEC 62232 Ed.2 および Ed.3 (委員会原案)では、地中埋設型基地局の
評価法についての記載は無い