

IEC TR 63170 ED1 技術報告書概要
「6GHz～100GHzの間で動作する
無線通信機器からの無線周波数帯域
での人体ばく露に関する電力密度の
評価のための測定手順」

国立研究開発法人情報通信研究機構

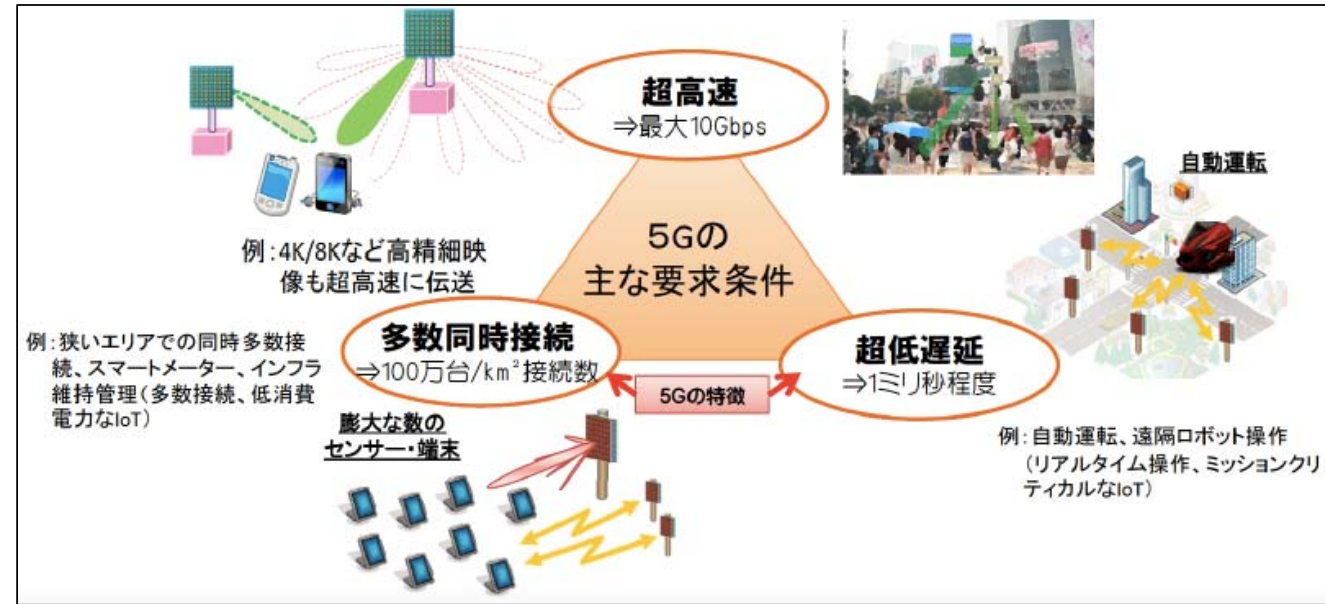
佐々木 謙介

1. 適用範囲

- 6 GHzから100 GHzにおいて利用者の近傍で動作する無線通信端末が対象

✓特に、人体近傍で利用する端末（携帯電話、タブレット、ウェアラブル機器など）

✓十分に低い放射電力の機器の評価は対象外（IEC62479に基づく）



先進的な無線システムに関するWG 資料 WG1-2より

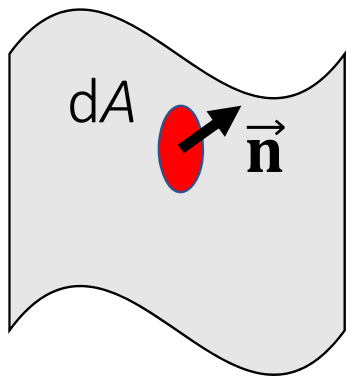
- 空間平均電力密度の測定手法および評価手順
- 6 GHz以下と6 GHz超で同時に動作する送信機のばく露評価方法: SARと電力密度の合成ばく露

2.17 電力密度

- 技術報告書の中での電力密度および空間平均電力密度の定義。

電力密度 S [W/m²]: 単位時間・単位面積当たりの微小面積 dA を通過する電力

$$S = \frac{1}{2} \operatorname{Re}\{\mathbf{E} \times \mathbf{H}^*\} \cdot \vec{\mathbf{n}} \quad \vec{\mathbf{n}}: \text{微小面積 } dA \text{ の法線ベクトル}$$



A : 表面領域

任意の表面積 A での
電力密度の空間平均値

$$S_{ave} = \frac{1}{A} \int_A S dA$$

任意の表面 A を
通過する電力

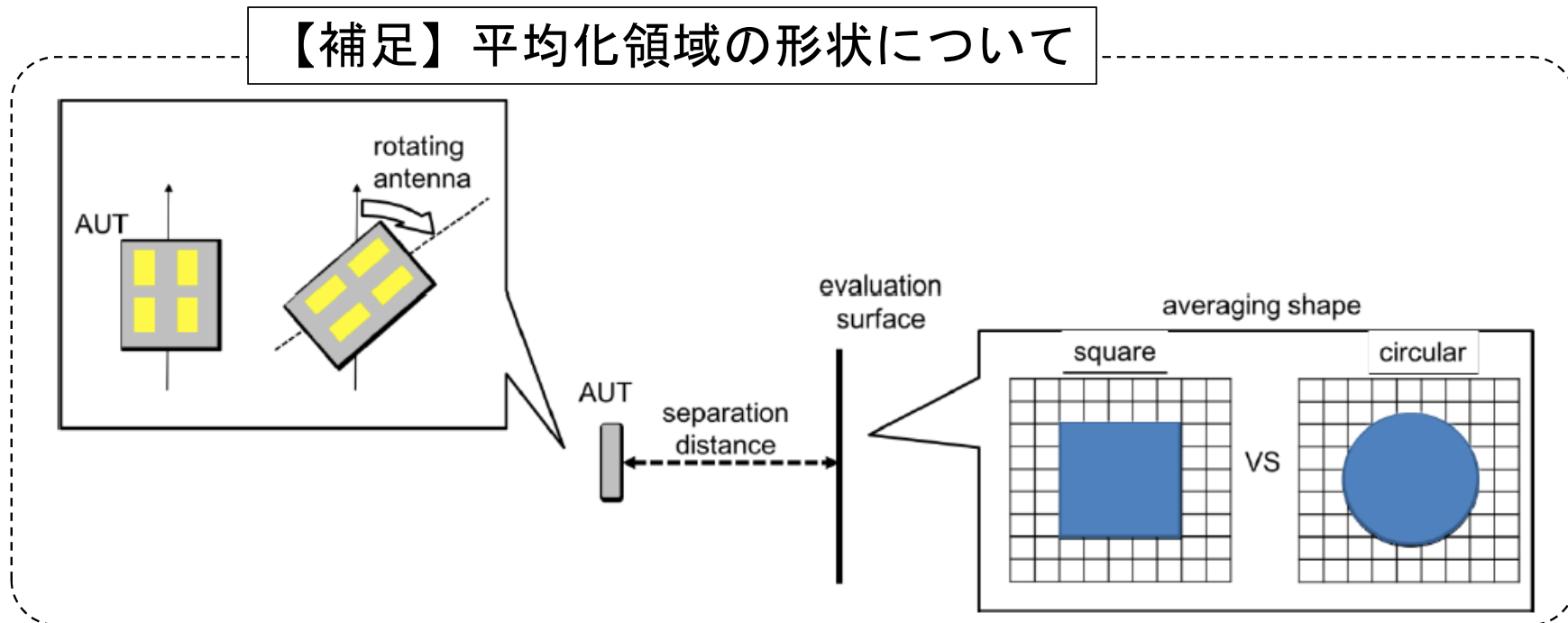
「国内規制または適用されるガイドラインにおいて、電力密度について異なる表現または解釈をしている場合、それらの表現または解釈を使用して S および S_{ave} を評価する」としている

*本スライドでの E, H は振幅と位相によって定義される複素ベクトルとする。

2.1 平均化領域

- 空間平均電力密度を評価するための電力密度の平均化領域
- 長方形または円形の領域。【附属書E参照】
- 平均化領域が円形の場合、平均電力密度は回転に依存しない。

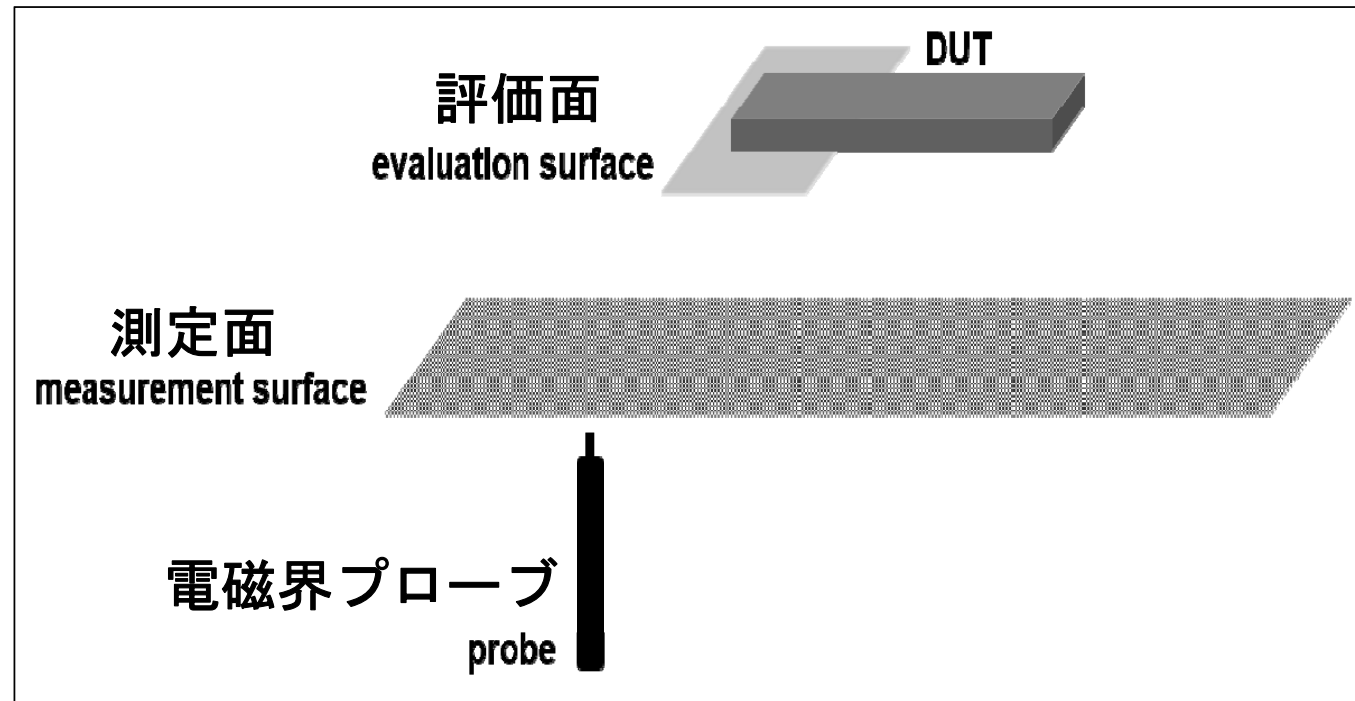
【補足】平均化領域の形状について



4 測定システムの概要

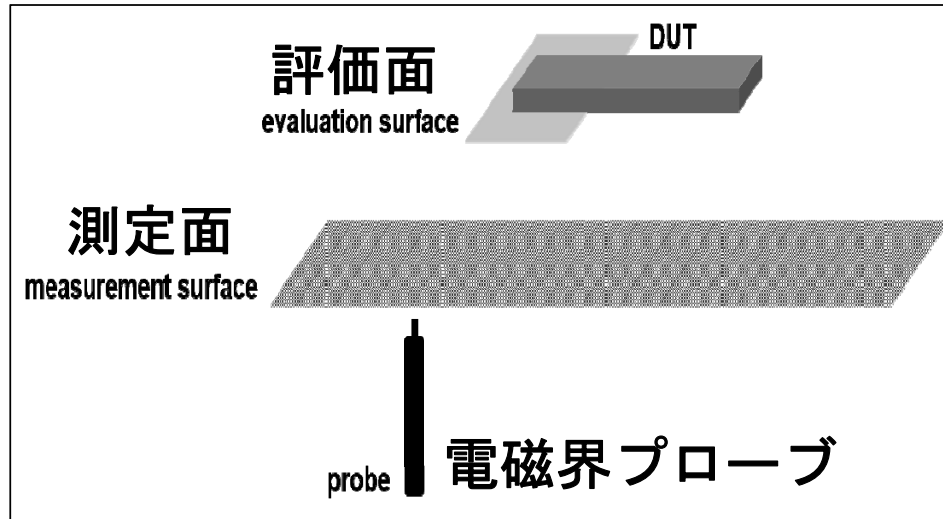
電力密度評価のための測定システムの基本構成

- 電子計測機器
- 電磁界プローブ
- 走査システム
- 被測定機の保持器
- 後処理ソフトウェア



測定構成の例

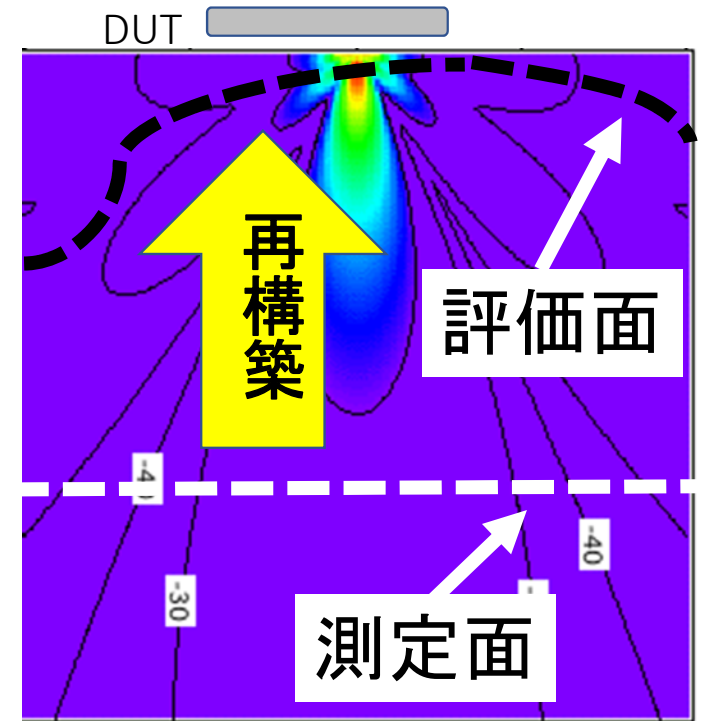
【補足】 4 測定システムの概要



測定構成の例

□プローブ

- ✓ 開口導波管
- ✓ 微小ダイポール
など



端末からの電力密度評価の例

5章 電力密度評価

5.1 一般事項

5.2 測定準備:

5.2.1 システムチェック

5.2.2 端末設置

5.2.3 動作モード

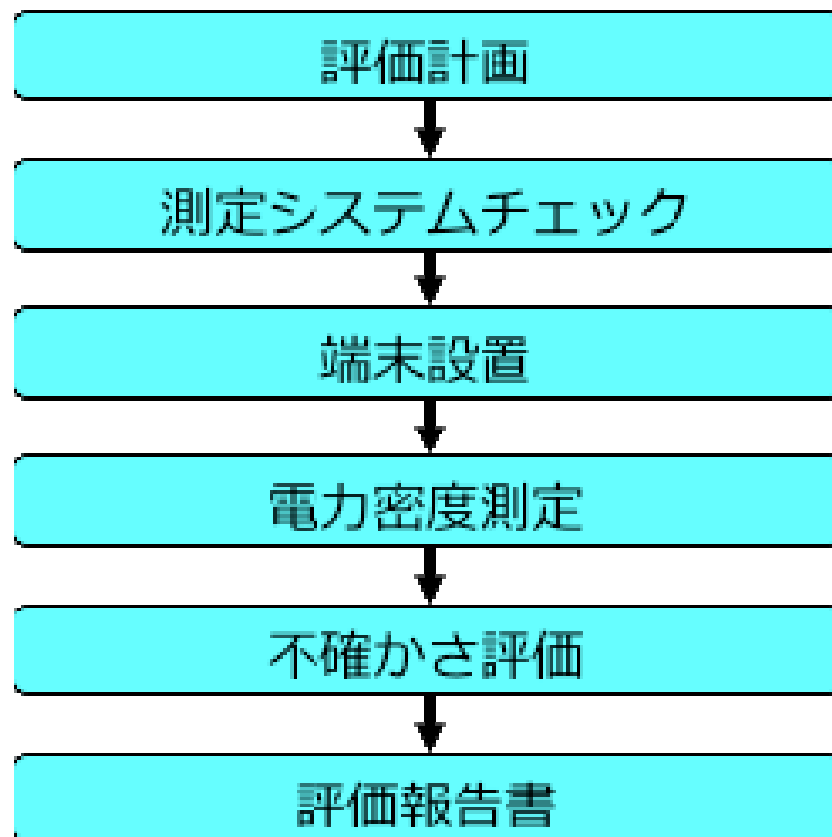
5.2.4 被測定機の試験周波数

5.2.5 評価面と端末の配置

5.3 試験概要

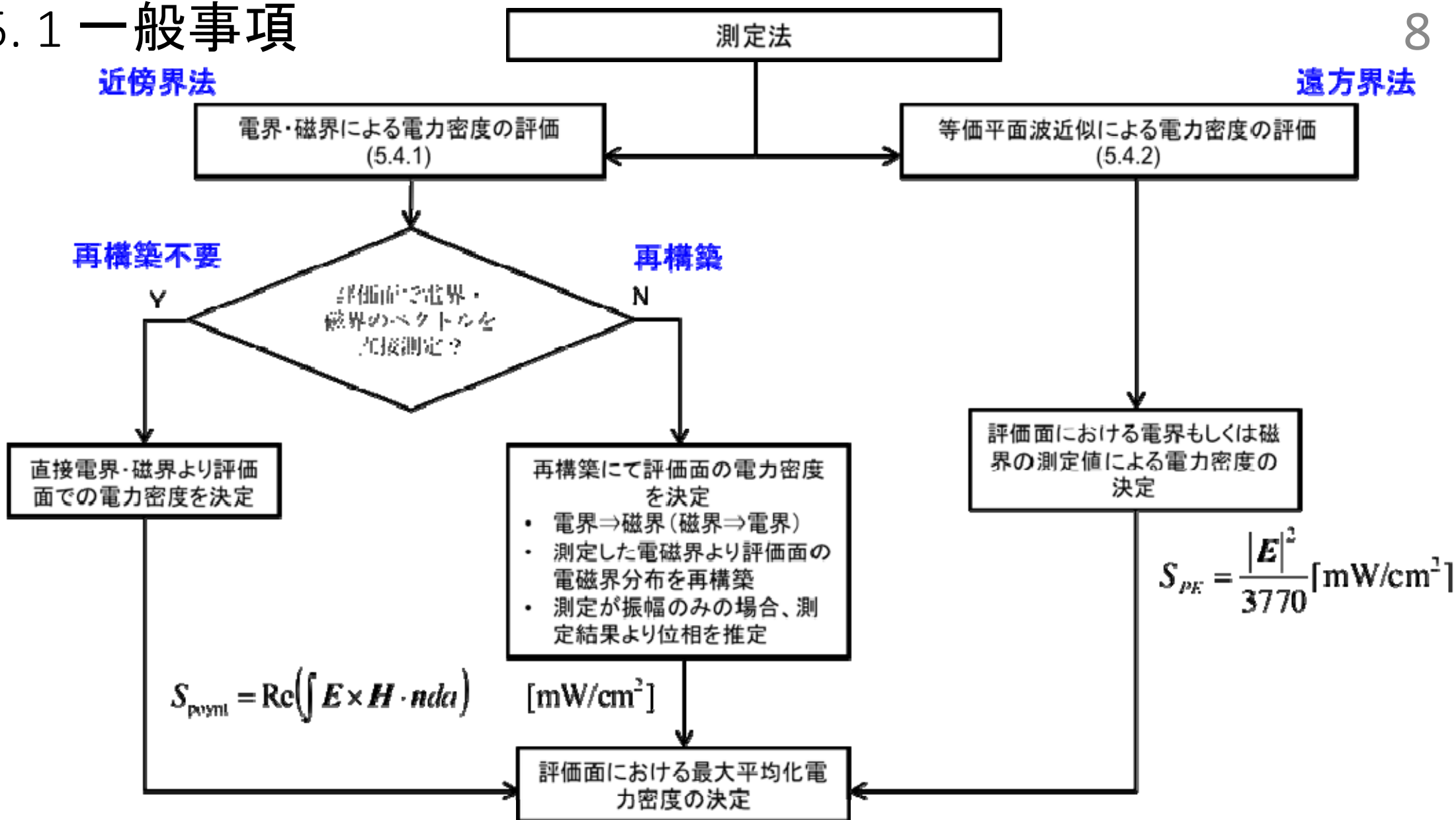
5.4 一般的な測定手順

5.5 複数アンテナまたは複数の送信機から構成される端末の測定法



評価プロセスの概要

5.1 一般事項



【補足】再構築について



再構築にて評価面の電力密度を決定

- 電界⇒磁界(磁界⇒電界)
- 測定した電磁界より評価面の電磁界分布を再構築
- 測定が振幅のみの場合、測定結果より位相を推定



アンテナ近傍での電力密度の評価には、
□電界の振幅および位相
□磁界の振幅および位相
が必要

$$S = \frac{1}{2} \text{Re}\{\mathbf{E} \times \mathbf{H}^*\} \cdot \vec{n}$$

注) 技術報告書の中で

「再構築」は様々な用途に利用されるが、そのアルゴリズムはそれぞれで異なる

□ 電力密度分布の再構築(2.20の定義に基づく)

□ 電界から磁界の再構築 (またはその逆)

□ 電界 (または磁界) の振幅からその位相の再構築

✓ 振幅のみを測定する場合

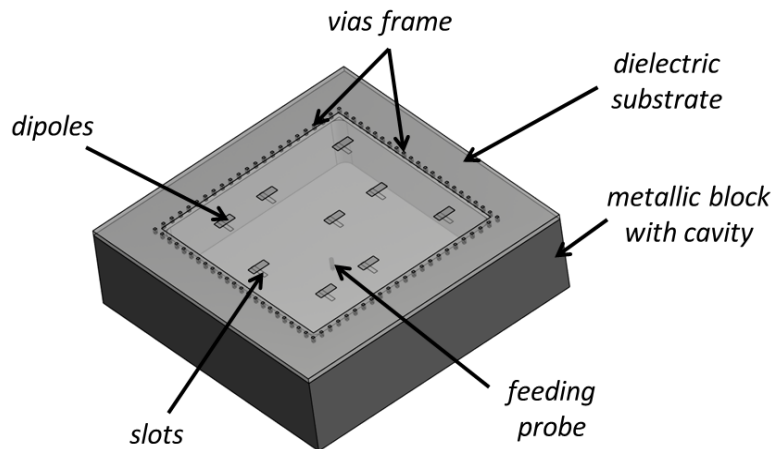
*本スライドでのE, Hは振幅と位相によって定義される複素ベクトルとする。

5.2.1 システムチェック（簡易性能試験）

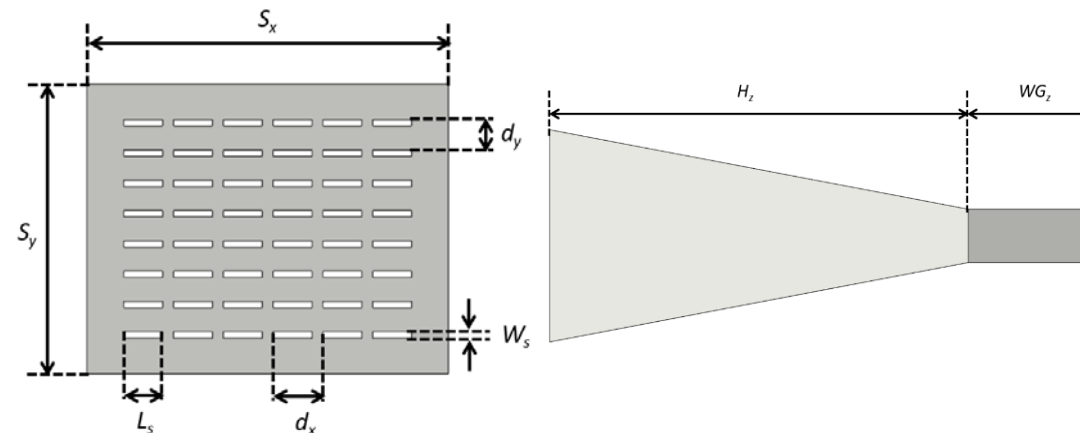
□ 被測定機の電力密度を評価する前に、システムの動作を検証する試験。

- ✓ 手順: 附属書A（簡易性能試験および総合評価試験）
- ✓ 標準波源の例: 附属書B（簡易性能試験および総合評価試験）、附属書C（簡易性能試験）

補足) 総合評価試験: 測定システムの製造業者において実施される試験。精度、性能及び不確かさが規定を満足しているかを確認する。



キャビティ給電ダイポールアレー



スロットアレー付ピラミッド型ホーン

5.2.4 試験周波数

□ 送信周波数帯域の幅($\Delta f = f_{high} - f_{low}$)がその中心周波数 f_c の1%超の場合:
評価周波数は f_{high}, f_c, f_{low}

□ 上記かつ、 Δf が f_c の10%超の場合、以下の式を適用

$$N_c = \min(2 \times \text{roundup}[10 \times (f_{high} - f_{low}) / f_c] + 1, N)$$

f_c 送信帯域の中心周波数チャンネル (Hz 単位)

f_{high} 送信帯域の最も高い周波数チャンネル (Hz 単位)

f_{low} 送信帯域の最も低い周波数チャンネル (Hz 単位)

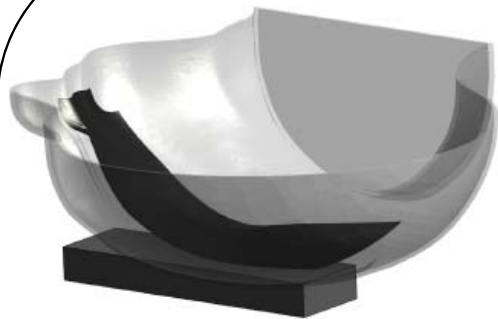
N_c 試験チャンネル数

N 合計チャンネル数

5.2.5 評価面と端末の配置

2つの方法(Alternative)を提案

方法 1: ユーザーへのばく露量の評価



(a)



図5. 平板ファントムの評価面の例



図4. SAMファントム^(b)の評価面の例。

方法 2: 最大ばく露量の評価

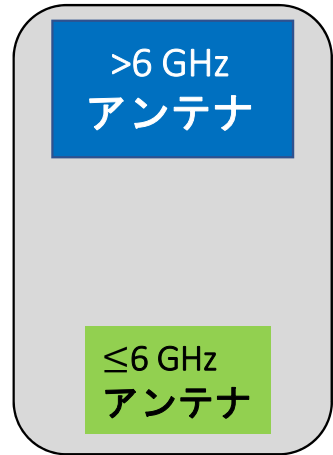


図6. ばく露量が最大となる評価面の例

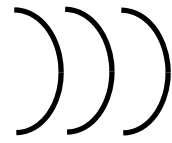
評価面は端末からの
ばく露分布によって
変化する可能性

複数アンテナによるばく露の考え方

例



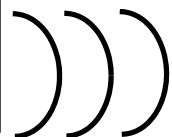
① 6 GHz超の評価



電力密度
の指針値
に対する割合

$$ER_1 = \frac{S_{DUT}}{S_{limit}}$$

② 6 GHz以下の評価



局所SARの指針値
に対する割合

$$ER_2 = \frac{SAR_{DUT}}{SAR_{limit}}$$

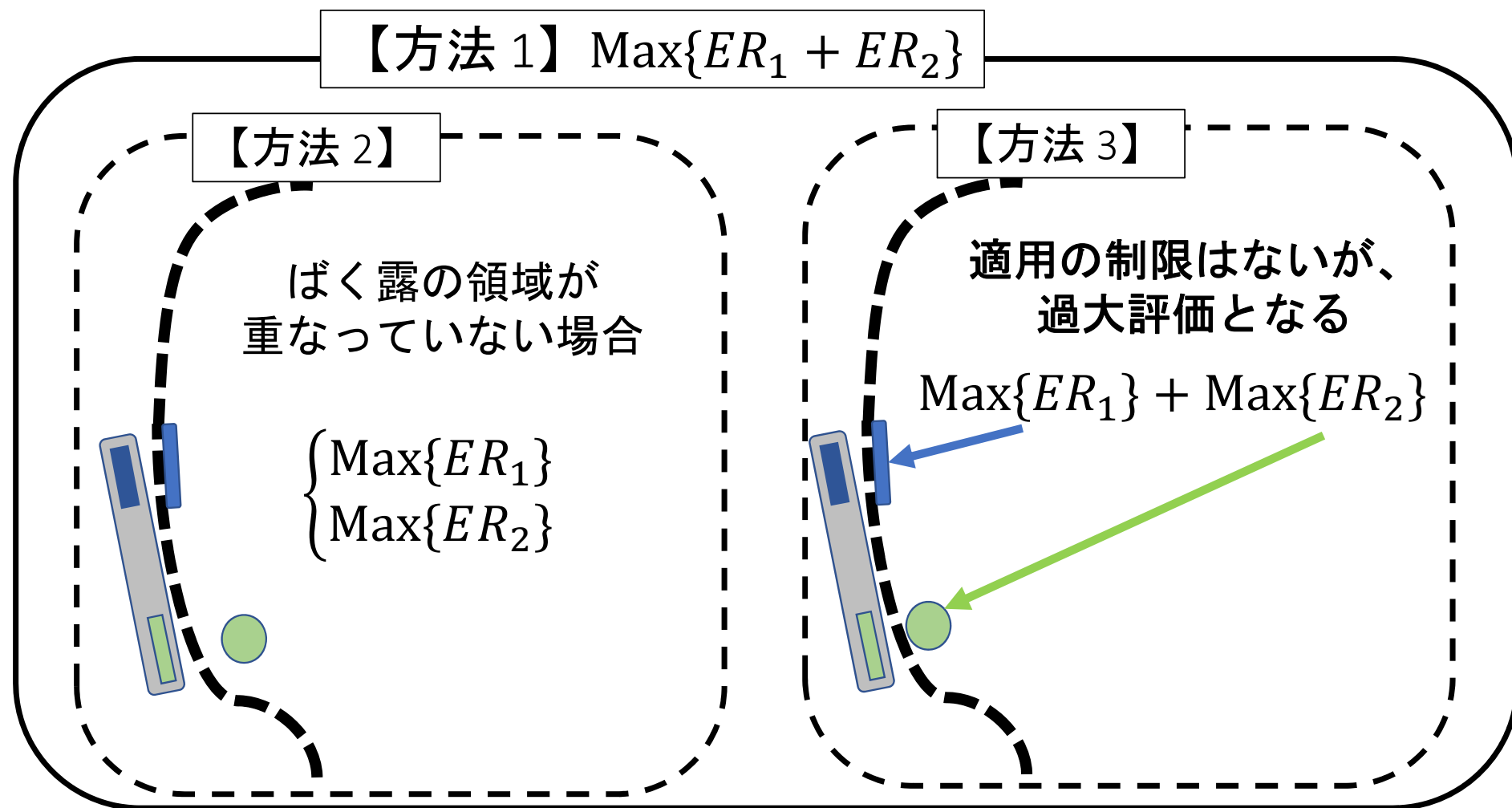
総合照射比 TER

$$= ER_1 + ER_2 \leq 1$$

を満足すれば、
同一端末からの
複数のアンテナからの
電波ばく露量に対して、
指針値以下と判定

ER : 照射比

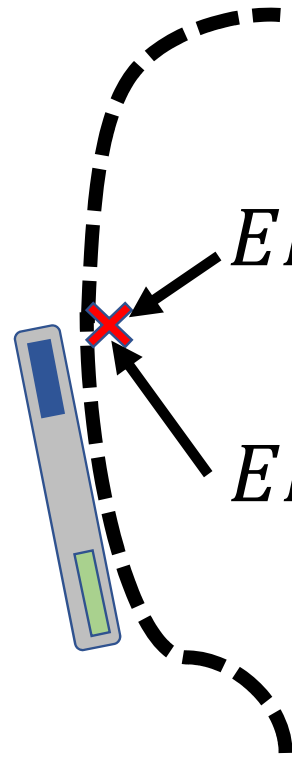
5.5 複数アンテナまたは複数の送信機から構成される端末の測定法



ER : 照射比

図. 複数アンテナまたは複数の送信機が計 2 つの場合の、各方法の位置付け

方法 1



$$ER_1 = \frac{S_{DUT}}{S_{limit}}$$

$$ER_2 = \frac{SAR_{DUT}}{SAR_{limit}}$$

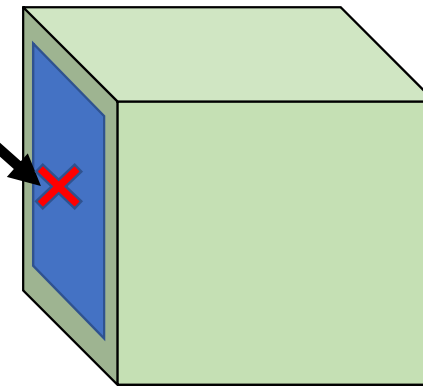
ER: 照射比

$$\text{Max}\{ER_1 + ER_2\} \leq 1$$

を満足する。

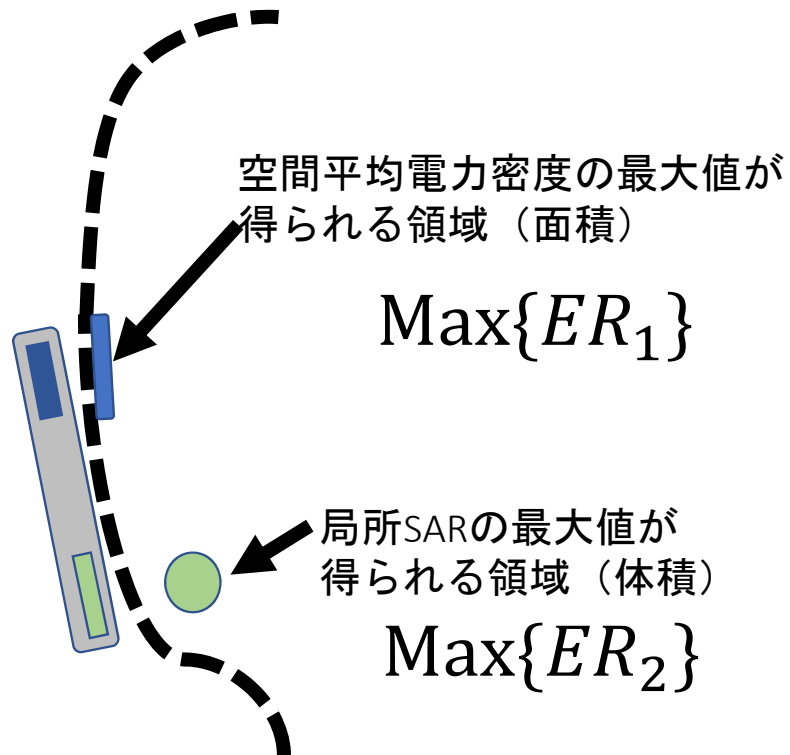
電力密度と局所SARの合成方法

空間平均値
電力密度
(例: 4 cm²)



局所SAR
(10g SAR)

方法 2



$$\begin{cases} \text{Max}\{ER_1\} \leq 1 \\ \text{Max}\{ER_2\} \leq 1 \end{cases}$$

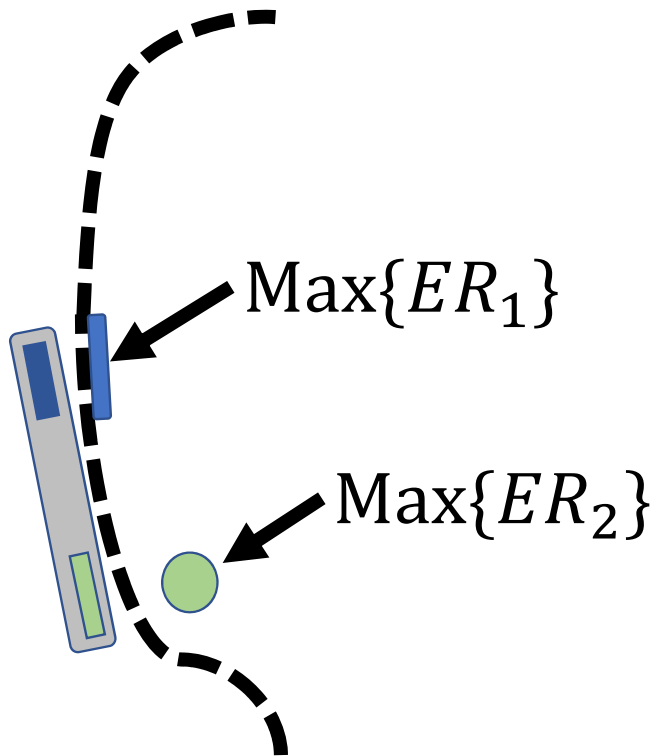
を満足する。
ただし、各アンテナからの
ばく露領域が重ならない場合に限る。



適用における要件は、
技術報告書では示されておらず、
国際規格策定時の課題

ER: 照射比

方法 3



$$\text{Max}\{ER_1\} + \text{Max}\{ER_2\} \leq 1$$

を満足する。



各アンテナによるばく露間で
ばく露領域が重ならない場合には
過大評価となる。

ER: 照射比

6章以降の構成

6 不確かさの見積もり

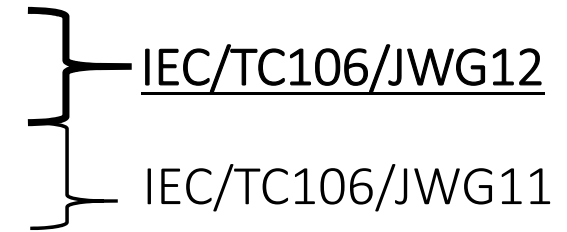
7 測定報告書

8 将来課題

8.1 6 GHz 超で動作する端末の電磁界ばく露適合性評価のための
IEC 測定法規格

8.2 6GHz を超えて動作する機器の電磁界ばく露適合性評価の
IEC 数値シミュレーション規格

8.3 IEC62232の改訂



附属書 A 簡易性能試験、及び総合評価試験

附属書 B 標準波源の例

附属書 C 簡易性能試験のソース

附属書 D 遠方界手法の適用性に関する情報

附属書 E 電力密度の平均化領域として正方形領域または円形領域を利用する根拠

附属書 F 近傍界再構築アルゴリズム

附属書 G WiGig 機器のEMF 適合性を確認するための数値計算と測定の複合アプローチ例

附属書 H ユースケース

6 不確かさの見積もり

表2 - 電力密度測定における測定不確かさの評価テンプレートの例

記号	不確かさの要因	記述	不確かさ	確率分布	除数	感度係数 C_i	標準不確かさ ±%	v_i または v_{eff}
測定システムに起因する不確かさ要素								
CAL	較正							
COR	プローブの補正							
ISO	等方性							
REF	多重反射							
LIN	システムの直線性							
PP	プローブの位置決め							
SL	センサーの位置							
APD	振幅と位相のドリフト							
APN	振幅と位相の雑音							
SP	データの空間分解能							
TR	測定範囲の打ち切り							
REC	再構築アルゴリズム							
被測定機と測定環境に起因する不確かさ要素								
PC	被測定機へのプローブの結合							
MOD	変調応答							
IT	積分時間							
DA	被測定機の位置決め							
AC	RF 環境条件							
MSI	測定システムの耐性/二次受信							
DRI	被測定機のドリフト							
	合成標準不確かさ							
	拡張不確かさ (95 % 信頼区間)							

□ 不確かさの評価手順は記載されていない

□ 想定される各不確かさ要素について解説

- ✓ 測定システムに起因する不確かさ要素
- ✓ 被測定機と測定環境に起因する不確かさ要素

8 将来課題

8.1.1 試験周波数: TRではIEC62209を基に提案⇒簡略化の可能性

8.1.2 評価面

- SAMファントムに接する平面を利用する場合の評価手順
- 電力密度の最大値の評価方法（アルゴリズム）や被測定器の条件（配置など）による影響
- その他: 端末の形状に即した曲面などの利用なども考えられる

8.1.3 複数送信機からのばく露評価

- 評価を簡略化するための手順の規定（アンテナ数が増加する場合）
 - ✓複数アンテナ：評価を簡略化するための手順の規定
 - ✓複数の試験モード（動作モードや端末位置など）：効率化するための評価手順と装置への対応
- 局所SARと電力密度の合成手順

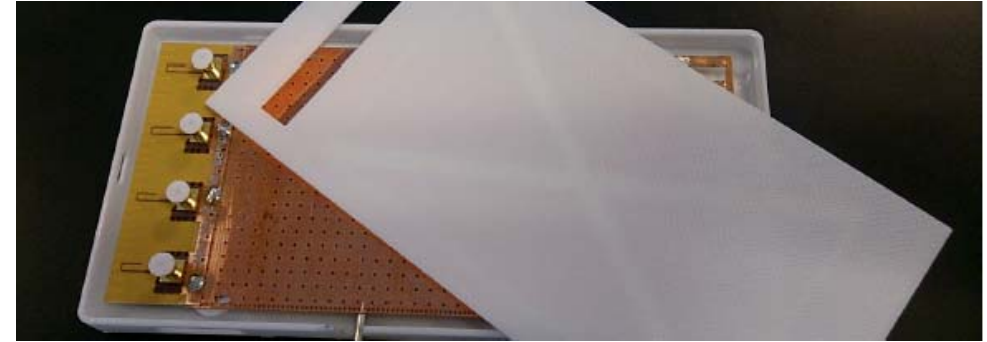
8.1.4 その他

8.1.4.1 エネルギー走査法(Energy steering method): ビームフォーミング技術など

に対する明確な評価手順

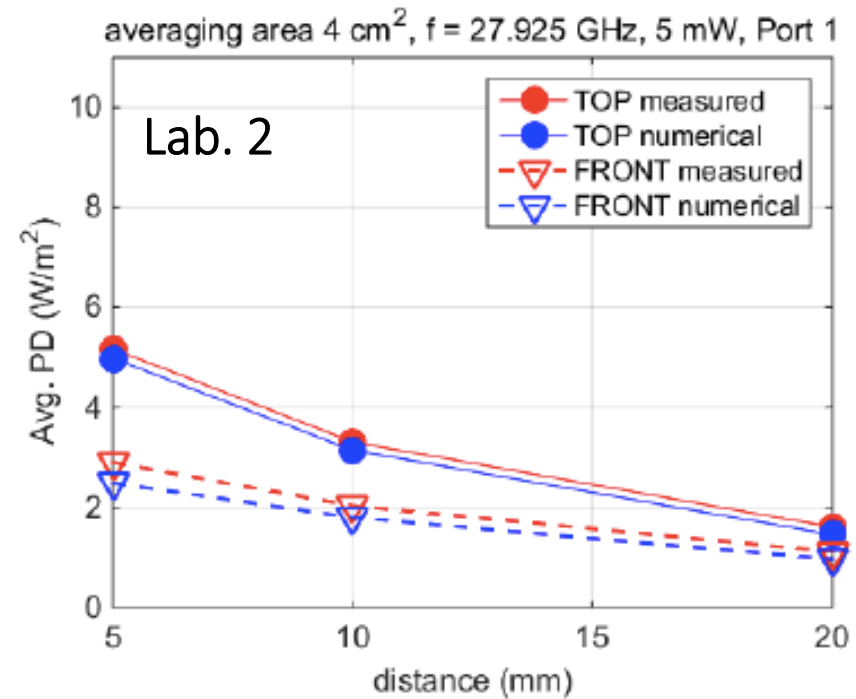
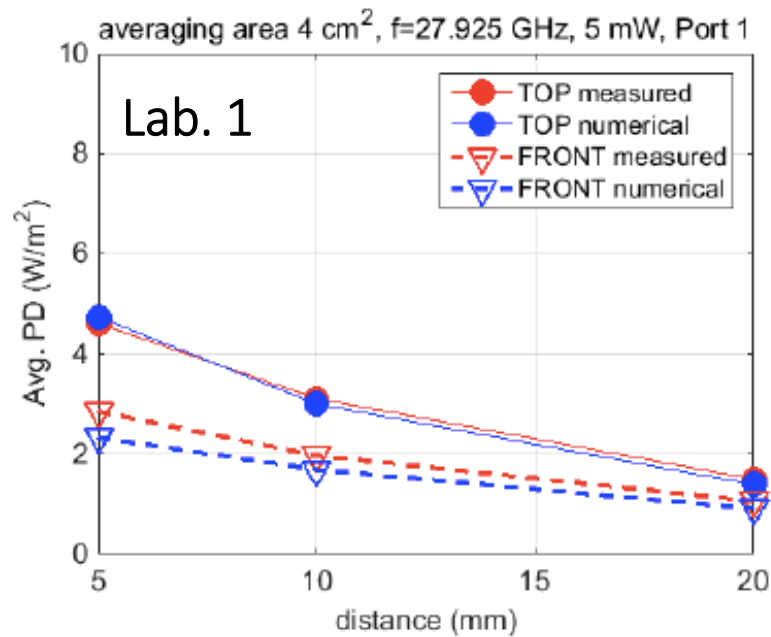
8.1.4.3 再構成アルゴリズム: 異なる再構築技術を識別するための各要件

8.1.4.4 不確かさ評価: 詳細な手順



附属書H ユースケース

- アンテナ: 4素子のノッチアンテナ
- 異なる測定法(プローブ、再構築アルゴリズム)を採用している各機関で評価



電力密度の評価結果。Lab. 1 & Lab. 2