

6~10GHzの局所SAR測定方法について

2023/06/05 第9回 電力密度評価方法作業班

国立研究開発法人情報通信研究機構

清水悠斗

概要

- ◆ 6 GHzから10 GHzにおける吸収電力密度(APD)を指標とした無線機器の適合性評価手法の公開仕様書(IEC PAS 63446:2022)を発行
- ◆ **IEC/IEEE62209-1528:2020**に基づいた比吸収率(SAR)測定からAPDを算出

IEC/IEEE 62209-1528:2020

- タイトル: Measurement procedure for the assessment of specific absorption rate of human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-mounted wireless communication devices - Part 1528: Human models, instrumentation, and procedures
「ハンドヘルド及びボディマウントの無線通信デバイスからRF電磁界への人体ばく露のSARの適合性評価のための測定手順 – 人体モデル、測定装置及び手順」
- 当該国際標準規格は10GHzが上限

IEC PAS 63446:2022を用いたAPD算出に当たり、
6 GHz～10 GHzのSAR測定法(IEC/IEEE62209-1528:2020)について説明

比吸収率(SAR)を用いた吸収電力密度(APD)評価

- ◆ SARは単位質量あたりの電力吸収量として以下の式で定義

$$\text{SAR} = \frac{\sigma |E|^2}{\rho} \text{ [W/kg]}$$

E : 生体内での電界 [V/m]
 σ : 生体の導電率 [S/m]
 ρ : 生体組織の密度 [kg/m³]

- ◆ 最大空間平均吸収電力密度 (psAPD) はある質量により平均化されたSARの最大値である最大局所平均SAR (psSAR_{avg,mass}) に変換係数 (F_{APD}) を乗じることで算出

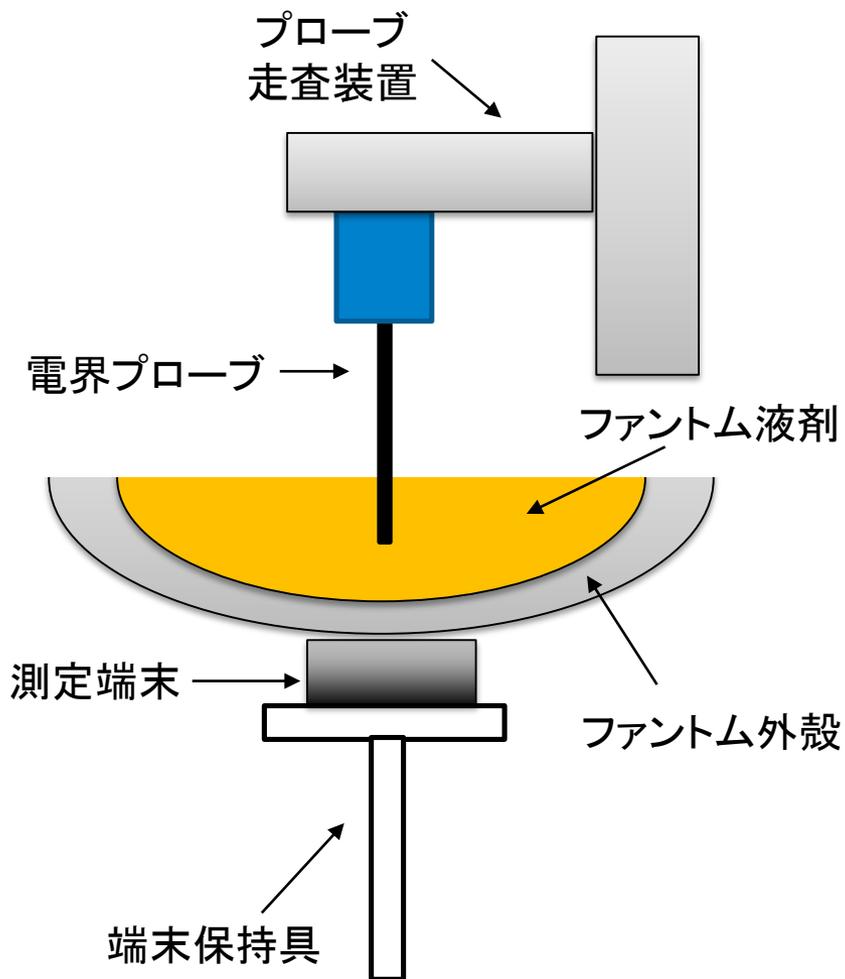
$$\text{psAPD} = \text{psSAR}_{avg,mass} \times F_{APD} \text{ [W/cm}^2\text{]}$$

- ◆ psAPDの平均化面積とpsSAR_{avg,mass}の平均化質量の対応関係は以下の通り

psAPD 平均化面積 [cm ²]	psSAR _{avg,mass} 平均化質量 [g]
1	1
4	8

SARの測定概要

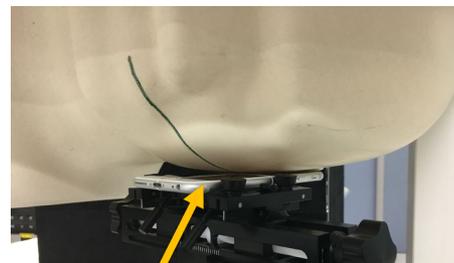
- ◆ 電界プローブでの電界強度測定結果からSARを算出



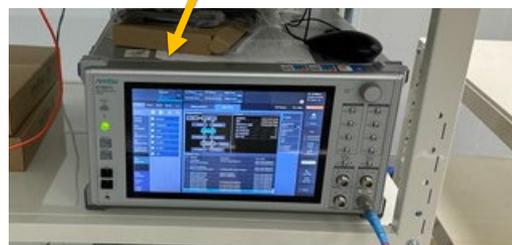
人体頭部/身体を模した容器に
ファントム液剤（組織等価液剤）を充填



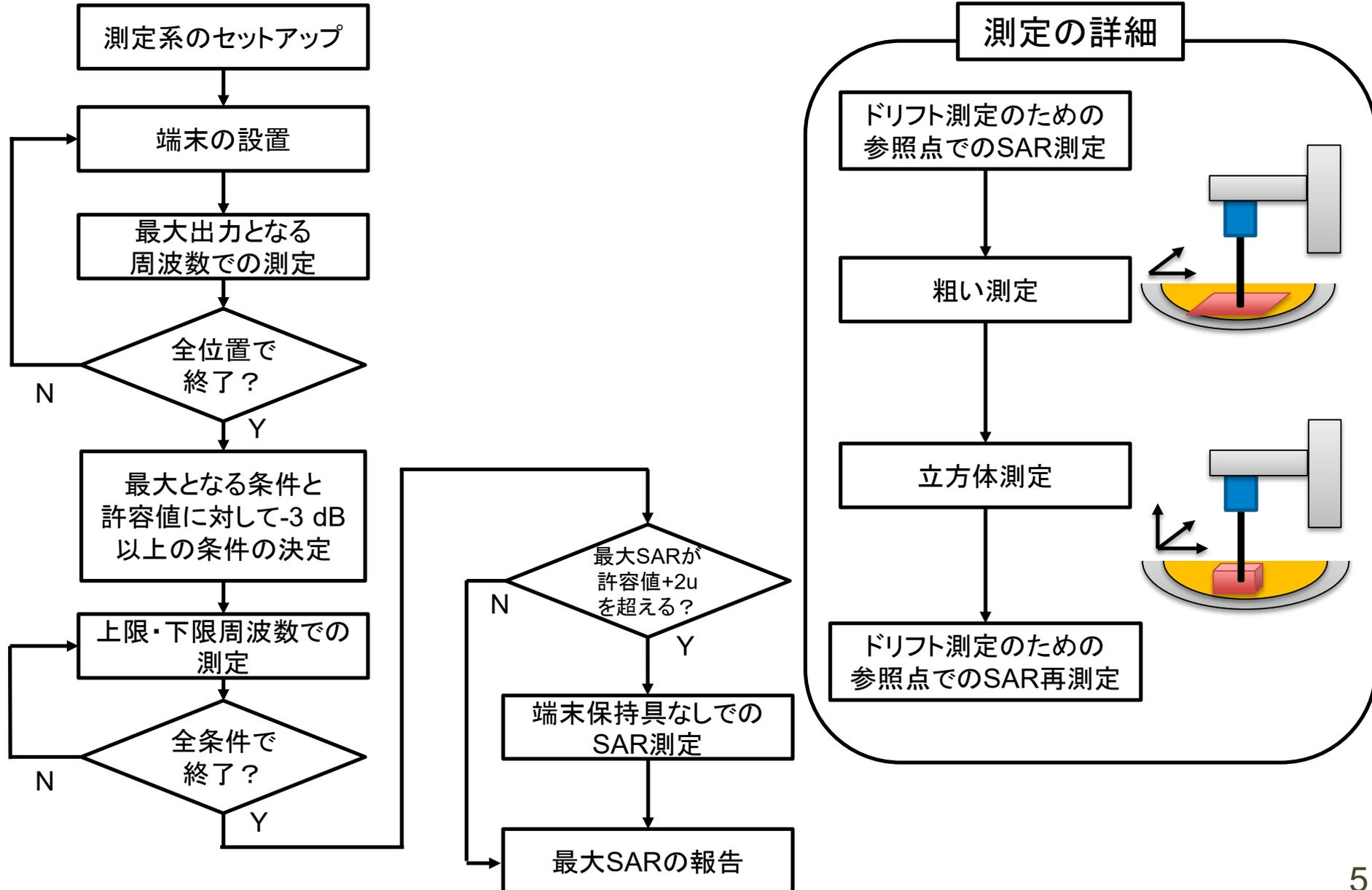
頭部測定は左右で実施



基地局シミュレータと接続



SARの測定手順



SAR測定装置の簡易性能試験と総合評価試験

【簡易性能試験】

- ◆ SAR測定前に測定系が仕様の範囲内で動作することを短時間で確認するために実施
- ◆ 標準波源を用いたSAR測定を実施し、基準値と比較

【総合評価試験】

- ◆ 年1回もしくはソフトウェアアップデート等で測定装置に変更があった場合に実施
- ◆ 簡易性能試験での【SAR測定】に加えて、【外挿評価】、【線形性評価】、【パルス応答評価】、【ランダムな変調信号応答評価】、【軸等方性評価】、【ファントム表面に垂直な電界成分に対するSAR評価】を実施

国内SAR測定法とIEC/IEEE 62209-1528:2020 (6-10 GHzの抜粋)の比較

- ◆ 適用周波数:4 MHz-10 GHz (国内測定法では300 MHz-6 GHz)
- ◆ 測定対象無線設備:国内測定法と整合性あり
- ◆ 環境条件:国内測定法と整合性あり
- ◆ 測定に用いる装置等の要件
 - ◆ ファントム
 - ◆ ファントム外殻:国内測定法と整合性あり
 - ◆ ファントム液剤:6 GHz超の電気定数の要件
 - ◆ 電界プローブ
 - ◆ 検出限界:0.01 W/kg以下、100 W/kg以上(国内測定法と整合性あり)
 - ◆ 直線性とプローブの等方性の要件
 - ◆ プローブ走査装置
 - ◆ 位置決めの精度:±0.2 mm以下(国内測定法と整合性あり)
 - ◆ 走査範囲の要件

国内SAR測定法とIEC/IEEE 62209-1528:2020 (6-10 GHzの抜粋)の比較

- ◆ 測定位置: 国内測定法と整合性あり
 - ◆ 一般条件:
 - ◆ 国内測定法と整合性あり
 - ◆ 試験チャンネルの最大出力電力の検証
 - ◆ 最大出力となる周波数から測定を開始 (国内測定法では中心周波数)
 - ◆ 全条件測定後の最大SARが測定不確かさを加味しても許容値を超える場合における端末保持具なしでの測定手順
 - ◆ 測定手順の詳細
 - ◆ 測定端末のドリフト評価
 - ◆ 国内測定法と整合性あり
 - ◆ 参照点位置: ファントム外殻の内部表面から5 mm以内
(国内測定法では10 mm以内)
 - ◆ 粗い走査: 国内測定法と整合性あり
 - ◆ 立方体走査
 - ◆ 測定間隔 $24/f$ [mm]以下。ただし8 mmを超えないこと
(国内測定法と整合性あり)
 - ◆ 深さ方向の測定間隔 $10/(f-1)$ [mm]以下。ただし5 mmを超えないこと
(国内測定法では $8-f$ [mm]以下)
- ※fは周波数 [GHz]

国内SAR測定法とIEC/IEEE 62209-1528:2020 (6-10 GHzの抜粋)の比較

- ◆ 複数帯域同時送信時の測定法: 国内測定法と整合性あり※
 - ※国内測定法、IEC/IEEE 62209-1528:2020ともにSARを指標とした評価
 - 電力密度を含むものはP.14参考資料を参照
- ◆ 測定系の評価試験(簡易性能試験)
 - ◆ 評価試験用アンテナとファントムの離隔距離
 - ◆ 6 GHzでは10 mm±0.2 mm(国内測定法と整合性あり)
 - ◆ 6 GHz超では**5 mm±0.1 mm**
 - ◆ 評価手順: 国内測定法と整合性あり
 - ◆ SAR測定結果評価
 - ◆ 以下のどちらかを満足(国内測定法では参照値との偏差が±10%以内)
 - ◆ 数値計算による参照値と比較: 測定値は参照値との偏差が評価試験アンテナの拡張不確かさ、もしくは±15%のどちらか小さいほうを満足
 - ◆ メーカー等提供の測定値と比較: 測定値は参照値との偏差が±10%を満足
- ◆ 総合評価試験
 - ◆ 評価手順
 - ◆ 国内測定法と整合性あり
 - ◆ ファントム表面に垂直な電界成分に対するSAR評価

ファントム液剤の電気定数 (IEC/IEEE 62209-1528:2020より抜粋)

IEC/IEEE 62209-1528では6 GHz超の液剤の電気定数の要件
6 GHzについては国内測定法に記載の値と一致

周波数 [MHz]	比誘電率	導電率 [S/m]
6000	35.1	5.48
6500	34.5	6.07
7000	33.9	6.65
7500	33.3	7.24
8000	32.7	7.84
8500	32.1	8.48
9000	31.6	9.08
9500	31.0	9.71
10000	30.4	10.40

SAR測定を実施する際に
ファントム液剤の電気定数が
左表の目標値に対して±5 %の偏差

±10 %の偏差までを許容する場合
測定したSARに対する補正式を規定

液剤の温度は18°Cから25°Cの範囲

SAR測定装置の評価試験

評価試験についてNICTにて既存の測定システムを用いて実施



簡易性能試験と総合評価試験（附属書C）

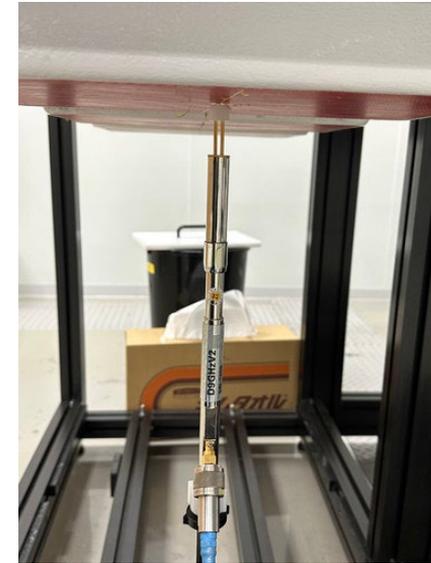
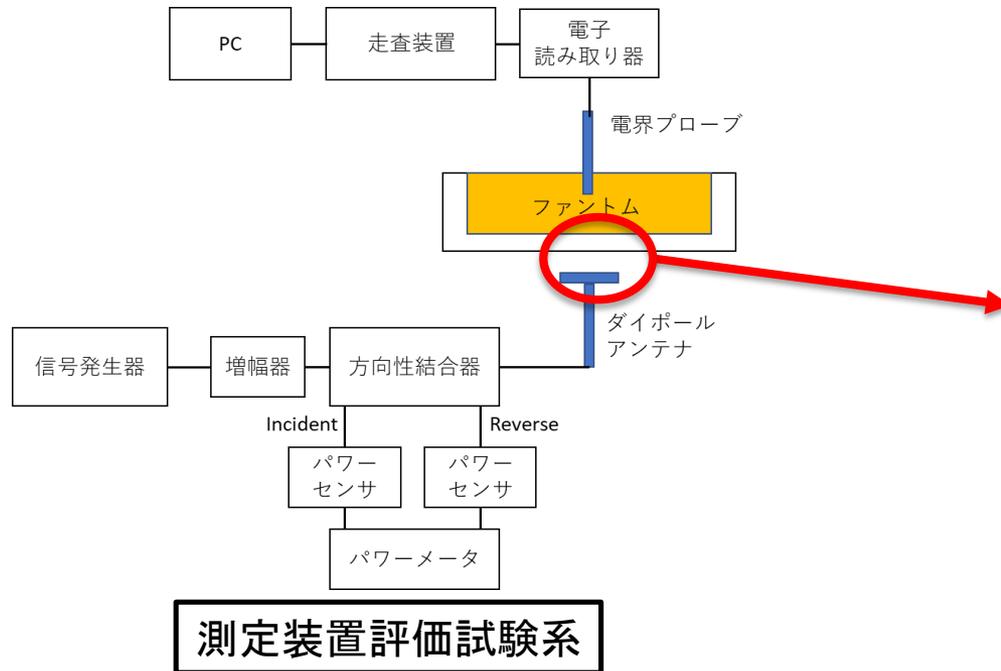
9

- 簡易性能試験および総合評価試験はIEC/IEEE62209-1528:2020に基づいて評価
⇒ただし、最大局所SARは最大局所吸収電力密度へ変換し評価
- 試験用アンテナ; 標準ダイポールアンテナ
⇒周波数 [GHz]; 6.5, 7, 8, 9
- 身体評価ファントムへの最大空間平均吸収電力密度を参照値と比較
⇒空間平均吸収電力密度の平均化面積 [cm²]; 1*, 4

*平均化面積1cm²における最大空間平均吸収電力密度は1g(1cm角の立方体領域)の最大局所平均SARより算出; この時の局所SARから局所吸収電力密度への変換係数は 10 kg/m²

出典)情報通信審議会 情報通信技術分科会 電波利用環境委員会
電力密度評価方法作業班(第8回) 資料8-2より抜粋

SAR測定装置の評価試験



- 測定周波数: 6.5 GHz, 7 GHz, 8 GHz, 9 GHz
- アンテナ離隔距離: 5 mm
- アンテナ入力電力: 22 dBm
- 生体等価液剤電気定数:
各周波数で評価規格の目標値から5 %以内
- SAR平均化質量: 1 g, 8 g



各周波数において測定値と
IEC PAS 63446:2022記載の
数値計算による参照値との
差異が10 %以内

まとめ

- ◆ 6-10 GHzのAPD評価のためのSAR測定方法について紹介
 - ◆ 関連する国際標準規格; IEC/IEEE 62209-1528:2020
- ◆ 現行の国内SAR測定法(6 GHzまで)との違い
 - ◆ 国内測定法と概ね整合性あり
 - ◆ ファントム液剤の電気定数、
立方体走査での深さ方向の測定間隔、
評価試験用アンテナとファントムとの離隔距離など
6GHz以下と6GHz超でパラメータが異なる要件も存在
- ◆ 6-10GHzにおけるSAR測定装置の総合評価試験を実施
 - ◆ 現行のSAR測定システムにおいて、参照値(計算値)と10 %以内で一致

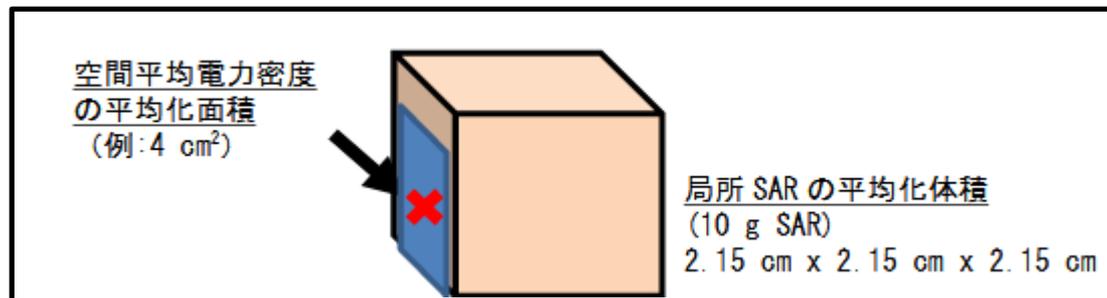
【参考】複数帯域同時送信時のばく露評価の考え方

情報通信審議会諮問第 2042 号一部答申(2018年)付録5に記載

- ◆ 異なる周波数の同時ばく露によるばく露量は各周波数でのばく露量の和で表現
- ◆ 任意の場所において照射比の合計である総合照射比(TER)で算出
- ◆ TERはすべてのSAR測定値と入射電力密度測定値の組み合わせで計算

$$TER = \sum_{n=1}^N \frac{SAR_{n,avg}}{SAR_{n,limit}} + \sum_{m=1}^M \frac{S_{m,avg}}{S_{m,limit}}$$

$SAR_{n,avg}$: 局所SAR [W/kg]
 $SAR_{n,limit}$: SARの許容値 [W/kg]
 $S_{m,avg}$: 空間平均入射電力密度[W/m²]
 $S_{m,limit}$: 入射電力密度の許容値[W/m²]



出典)情通審諮問第 2042 号一部答申(2018年)より抜粋
※図中の「電力密度」は「入射電力密度」を指す

- ◆ 評価手順には以下の3つが存在

手順1: 最大局所SARと最大空間平均入射電力密度の照射比の足し合わせによる評価

手順2: 電力密度の空間的な照射比の分布を考慮した評価

手順3: SARと入射電力密度の空間的な照射比の分布を考慮した評価