

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
報告概要

諮問第2042号「携帯電話端末等の電力密度による評価方法」のうち
「6GHz～10GHzにおける吸収電力密度の測定方法等」について

検討の背景(第1章関連)

携帯電話端末等の人体に近接して使用される無線設備に対する安全基準としては、電波防護指針のうち局所吸収指針が適用される。また、電波法令においては、この指針に基づいた規制（人体にばく露される電波の許容値）が定められている。

局所吸収指針では、6GHz以下の周波数帯については、単位質量の生体組織に単位時間内に吸収される電気的エネルギー量である比吸収率（SAR：Specific Absorption Rate）の指針値が、6GHzを超える周波数帯については、入射電力密度の指針値が規定されており、それぞれ測定方法が答申されている。

周波数	評価指標	測定方法	答申
6GHz以下	SAR	「携帯電話端末等に対する比吸収率の測定方法」（平成12年5月22日付け電気通信技術審議会諮問第118号）のうち 「人体側頭部に近接して使用する無線機器等に対する比吸収率の測定方法」 「人体側頭部を除く人体に近接して使用する無線機器等に対する比吸収率の測定方法」	人体側頭部： 平成27年7月17日一部答申 人体側頭部以外： 平成23年10月28日一部答申
6GHz超	入射電力密度	「携帯電話端末等の電力密度による評価方法」（平成30年4月25日付け情報通信審議会諮問第2042号）のうち「携帯電話端末等の電力密度の測定方法等」	平成30年12月12日一部答申

昨今の国際的な動向として、米国電気電子学会（IEEE）の国際電磁界安全委員会（ICES）が令和元年に改正したC95.1規格（0Hz～300GHzの電界、磁界及び電磁界への人体のばく露に関する安全レベル）や、国際非電離放射線防護委員会（ICNIRP）が令和2年に改正した電磁界（100 kHz～300 GHz）へのばく露の制限に関するガイドラインにおいて、6 GHzを超える周波数について吸収電力密度の指針値が定められている。また、国際電気標準会議（IEC）では、6GHz～10GHzの周波数におけるSAR測定に基づく吸収電力密度の評価方法等について、令和4年に公開仕様書（IEC PAS63446:2022 ED1）を発行している。

こうした状況を踏まえ、測定方法に関する国際的な調和を図るべく、「携帯電話端末等の電力密度による評価方法」のうち「6GHz～10GHzにおける吸収電力密度の測定方法等」について検討。

目的と範囲(第2章関連)

■目的

電波防護指針の局所吸収指針のうち、吸収電力密度の指針値に対する適合性評価に使用する標準的な測定方法を提示することにより、電波防護指針の円滑な運用を図ることを目的とする。

具体的には、電界プローブを使用する測定方法を標準測定方法として採用し、それを使用する上で必要な技術的条件等について規定する。

■範囲

・対象機器

人体に対して通常の使用状態において20cm以内に近接して使用する無線設備
※「通常の使用状態」とは、測定対象無線設備（被測定機）の製造者等が取扱説明書等において明示している使用状態をいう。

・周波数範囲

6GHzを超え10GHz以下の周波数帯域

主な用語(第3章関連)

• 比吸収率 (SAR : Specific Absorption Rate)

生体が電磁界に照射されるとき、単位質量当たりの吸収電力をいう。密度 ρ [kg/m³] の微小体積要素 dV [m³] に含まれる微小質量要素 dm [kg] に吸収されるエネルギー dW [J] の時間微分、すなわち、

$$SAR = \frac{d}{dt} \left(\frac{dW}{dm} \right) = \frac{d}{dt} \left(\frac{dW}{\rho dV} \right) = \frac{\sigma E^2}{\rho}$$

で与えられる。単位はW/kgで与えられる。

ただし、 σ [S/m] は物質 (すなわち生体組織) の導電率、 E [V/m] は当該物質内の電界強度実効値である。

• 吸収電力密度 (APD : Absorbed Power Density)

体表面を通過して人体内で吸収される電力を体表面における単位面積で平均化したものをいう。吸収電力密度 S_{ab} は、体表面を $z=0$ 、身体の深さを Z_{max} (電波の浸透深さに対して十分に長い深さ : $Z_{max} \gg \delta$) とし、平均化面積を A とすると、次式で表される。

$$S_{ab} = \frac{1}{A} \iint_A \operatorname{Re}[E \times H^*] \cdot ds = \frac{1}{A} \iint_A \int_0^{Z_{max}} \rho \cdot SAR \, dz \, dx \, dy$$

適合確認するための吸収電力密度を最大吸収電力密度と呼ぶ。

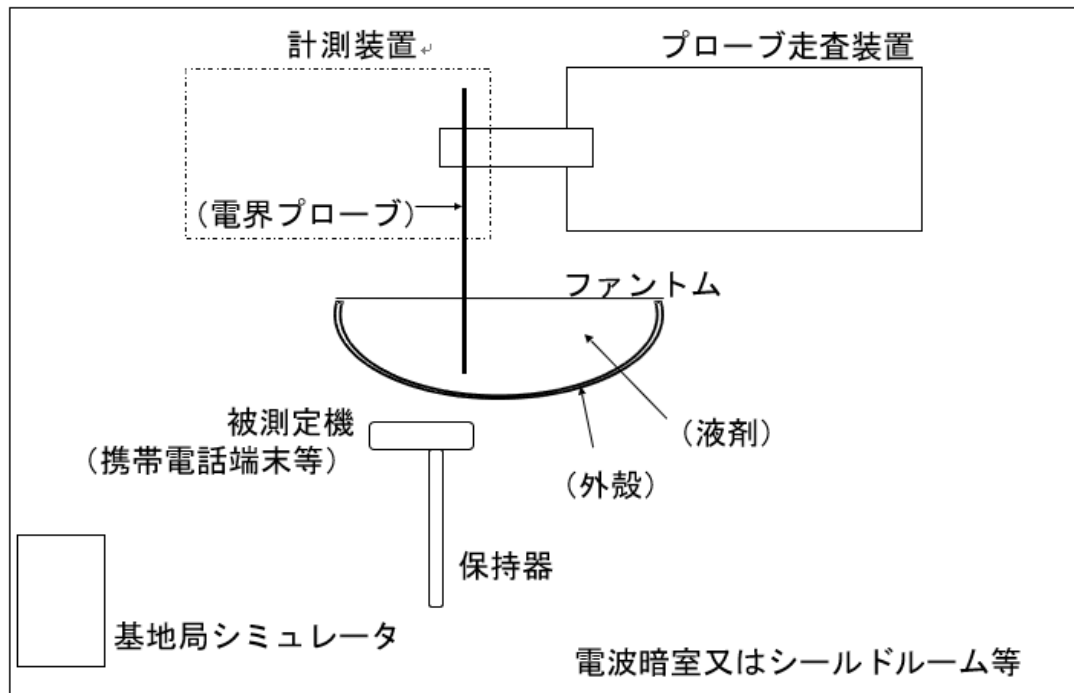
測定系(第4章・第5章関連)

■測定原理

擬似的な人体モデル（ファントム）を用いた模擬的ばく露状態を実現することにより、体表に生ずるであろう吸収電力密度を実験的に推定する。

人体の電気的特性を模擬した液剤を充填したファントム内部の電界分布を電界プローブを用いて高精度に測定し、その測定値から8g平均の局所SARを算出し、さらにこの局所SARの算出結果から平均化面積4cm²における吸収電力密度を算出する。

■測定系の基本構成



・ファントム形状等

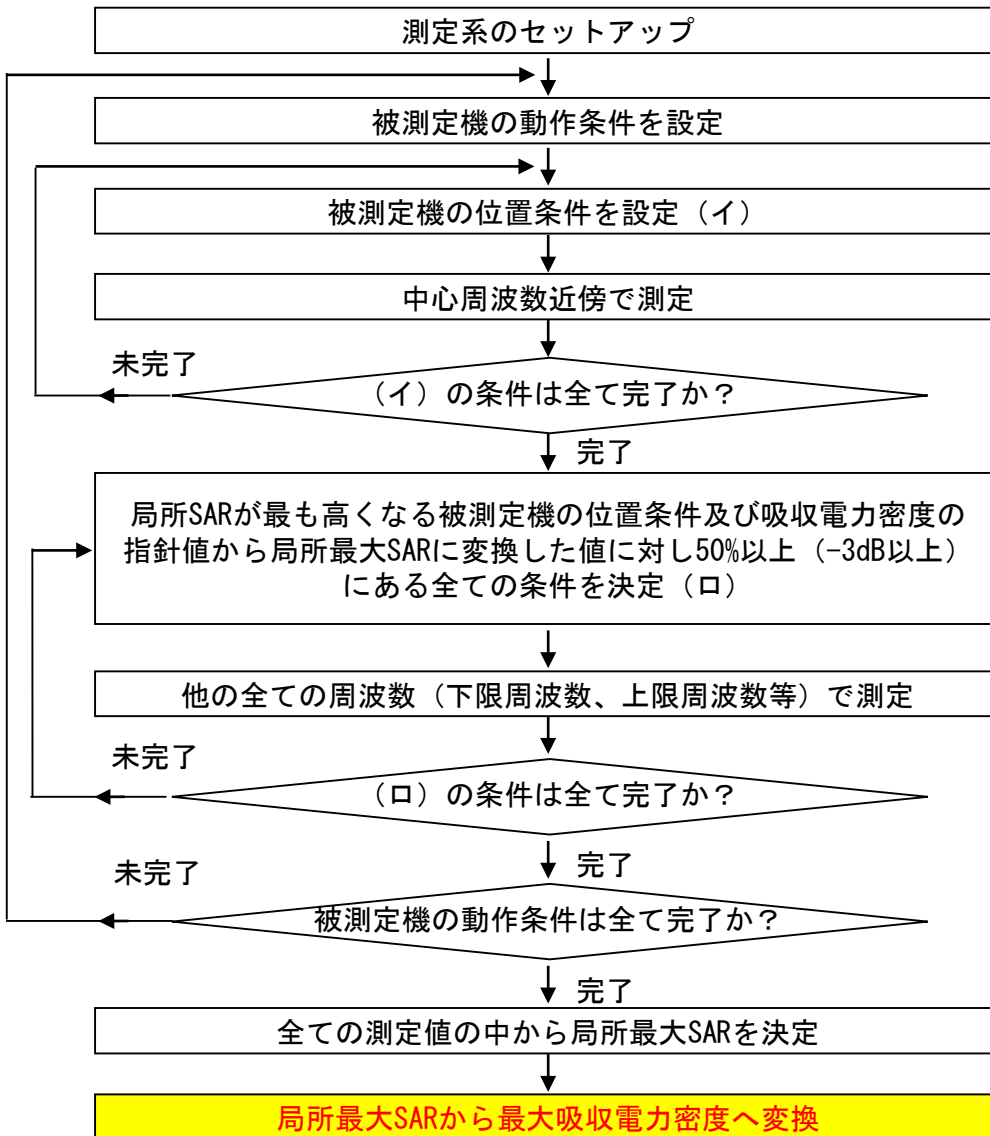
人体側頭部は平成27年一部答申に、人体側頭部以外は平成23年一部答申に従う（IEC/IEEE 62209-1528:2020に準拠）。

・液剤の電気的特性

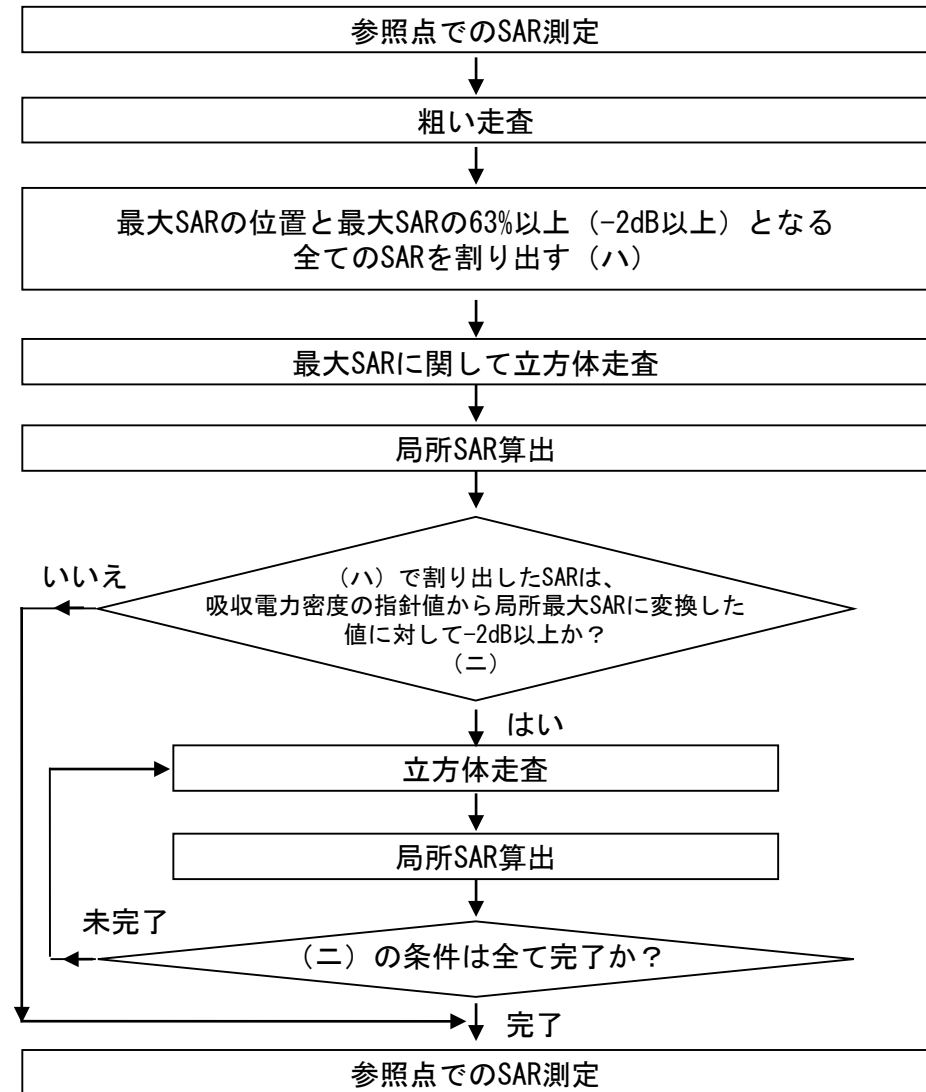
周波数(MHz)	複素比誘電率の実部 ϵ_r'	導電率 σ (S/m)
6000	35.1	5.48
6500	34.5	6.07
7000	33.9	6.65
7500	33.3	7.24
8000	32.7	7.84
8500	32.1	8.46
9000	31.6	9.08
9500	31.0	9.71
10000	30.4	10.40

測定手順①(第6章関連)

測定の基本手順



測定手順の詳細



■最大吸収電力密度の算出

最大吸収電力密度は次式により算出する。

$$APD_{A_{av}} = SAR_M \times F_{A_{av},M}$$

$APD_{A_{av}}$: 平均化面積 A_{av} における最大吸収電力密度

SAR_M : 平均化質量 M における局所最大SAR値

$F_{A_{av},M}$: 局所最大SAR (平均化質量 M) から最大吸収電力密度
(平均化面積 A_{av}) への変換係数

A_{av} [cm ²]	M [g]	$F_{A_{av},M}$ [kg/m ²]
4	8	20

■評価方法

測定結果を指針値と直接比較し、測定値が指針値以下である場合、被測定機が指針値を満足しているものと判定する。

SAR測定 of 拡張不確かさが30%を超えた場合は、吸収電力密度値を補正し、指針値とを比較する。

■測定系の評価試験

- (1) 吸収電力密度測定前に、測定系が仕様の範囲内で正常に動作していることを短時間で確認するために、簡易性能試験を実施すること。
- (2) 少なくとも年1回あるいはソフトウェアのバージョンアップ等の測定装置の変更があった場合に、測定装置全体が正常に動作していることを確認するために、総合評価試験を行うこと。

■計測装置の較正

電界プローブの較正の際には、実際の吸収電力密度測定の際に使用する装置と同じかあるいはこれと等価な較正が可能な測定装置を用いて、測定する周波数帯のファントム液剤中で行うこととする。増幅器やその他の機器については、必要に応じ指定された較正を行うこととする。詳細は平成27年一部答申を参照。

■測定方法の適用対象の拡大

本測定方法は、現在広く使われている携帯電話端末等の使用形態を前提にしているが、これまでと異なる使用形態の機器が実用化されることも想定される。また、IEC及びIEEEにおいては、無線通信機器の吸収電力密度の測定手順に関する国際規格化が進められているところである。今後、無線機器の実用化動向、国際的な規格化の動向等を踏まえ、継続的に測定方法の検討を行う必要がある。

複数帯域同時送信時の測定法(付録関連)

6GHz以下の周波数と6GHz超の周波数の電波を同時に送信する端末等においては、6GHz以下はSAR、6GHzを超え300GHz以下は吸収電力密度又は入射電力密度の各測定値と、各々に対応する指針値の比を足し合わせた結果で適合性を判断する。ただし、吸収電力密度の測定方法は6GHzを超え10GHz以下を範囲とすることに留意すること。

異なる周波数でのばく露量は相関がないため、各帯域での照射比の合計で総合照射比(TER: Total Exposure Ratio)を求める。TERは、全てのSAR測定値と入射電力密度測定値又は吸収電力密度測定値を組み合わせて計算される。一般的な表現は次式のとおりである。

$$TER = \sum_{n \leq 6\text{GHz}} \frac{SAR_n}{SAR_{n,limit}} + \sum_{6\text{GHz} < m \leq 300\text{GHz}} \frac{S_m}{S_{m,limit}}$$
$$\frac{S_m}{S_{m,limit}} = \begin{cases} \frac{IPD_m}{IPD_{m,limit}} & \text{(入射電力密度で評価する場合)} \\ \frac{APD_m}{APD_{m,limit}} & \text{(吸収電力密度で評価する場合)} \end{cases}$$

SAR_n : 局所SAR値
 $SAR_{n,limit}$: 局所SARの指針値
 S_m : 入射電力密度値又は吸収電力密度値
 $S_{m,limit}$: S_m に対応する物理量の指針値

局所最大SAR及び吸収電力密度又は入射電力密度の最大値を対応する指針値で除したものを照射比とし、それらの総和であるTERは、1を超えてはならない。

6GHz以下を含む帯域の評価方法(付録関連)

6GHz以下の周波数が含まれる帯域があった場合は、その帯域を6GHz以下と6GHz超に分けて測定することは困難であるため、無線設備の実際の使用状態において、10g平均局所最大SAR及び最大吸収電力密度の両方を同じ帯域（中心周波数 f_c 、周波数範囲 f_1 から f_2 まで）においてそれぞれ測定する。10g平均局所最大SARの測定方法は平成23年一部答申又は平成27年一部答申に従い、最大吸収電力密度の測定は本測定方法に従う。ただし、10g平均局所最大SAR及び最大吸収電力密度のそれぞれの測定に使用する測定系は、評価する周波数範囲に対応していること。

電波防護指針への適合性は、10g平均局所最大SAR及び最大吸収電力密度の両方の測定結果が共に対応する指針値以下となるかを次式により個別に評価することで、安全側の評価結果となる。

$$\begin{cases} SAR_{meas} \leq SAR_{limit} \\ S_{meas} \leq S_{limit} \end{cases}$$

SAR_{meas} : 10g平均局所最大SARの測定値

SAR_{limit} : 10g平均局所SARの指針値

S_{meas} : 最大吸収電力密度の測定値

S_{limit} : 吸収電力密度の指針値

