

一部答申

諮問第 118 号

「携帯電話端末等に対する比吸収率の測定方法」

のうち

「人体側頭部の側で使用する携帯電話端末等に対する比吸収率の測定方法」

「人体側頭部の側で使用する携帯電話端末等に対する比吸収率の測定方法」答申

| | | |
|------|----------------|--------|
| 1 | まえがき | ・・・ 6 |
| 2 | 目的と範囲 | ・・・ 8 |
| 2.1 | 目的 | |
| 2.2 | 範囲 | |
| 3 | 定義及び用語 | ・・・ 9 |
| 4 | 測定原理 | ・・・ 13 |
| 5 | 測定系の条件 | ・・・ 14 |
| 5.1 | 概要 | |
| 5.2 | ファントム | |
| 5.3 | SAR 計測装置 | |
| 5.4 | プローブ走査装置 | |
| 5.5 | 保持器 | |
| 6 | 測定手順 | ・・・ 19 |
| 6.1 | 測定系のセットアップ | |
| 6.2 | 測定 | |
| 7 | 評価 | ・・・ 27 |
| 7.1 | 適合確認に用いる指針値 | |
| 7.2 | 不確かさ | |
| 7.3 | 評価方法 | |
| 8 | 測定系の評価試験及び較正 | ・・・ 28 |
| 8.1 | 測定系の評価試験 | |
| 8.2 | SAR 計測装置の較正 | |
| 9 | 従来の測定方法の評価について | ・・・ 29 |
| 10 | 今後の課題等 | ・・・ 30 |
| 10.1 | 測定方法の適用対象の拡大 | |
| 10.2 | SAR 値の取扱い | |
| 付録 1 | ファントムの仕様 | ・・・ 31 |
| 付録 2 | 測定におけるデータ処理の方法 | ・・・ 33 |
| 付録 3 | 測定系の評価試験 | ・・・ 35 |
| 付録 4 | 新旧測定方法の違い | ・・・ 39 |
| 参考文献 | | ・・・ 41 |

1 まえがき

無線設備の電波が人体に好ましくない影響を及ぼさないように、その強度等に関して、平成2年6月に電気通信技術審議会から「電波利用における人体の防護指針」（通称、「電波防護指針」）が答申されている^[1]。この電波防護指針の値は、人体防護を前提としたものであり、無線設備の使用者の状況や設置環境条件等の変動を踏まえて十分な安全率を考慮して定められたもので、既に電波法施行規則第21条の3として制定されている。

さらに、近年の携帯電話等の急速な普及に伴い、携帯電話端末等から発射される電波による健康への影響が懸念されるようになってきたため、平成9年4月電気通信技術審議会答申「電波利用における人体防護の在り方」において、携帯電話端末等、身体に近接して使用される無線設備に適用する電波防護指針（局所吸収指針：比吸収率（SAR：Specific Absorption Rate）で規定）が策定され^[2]、人体側頭部における比吸収率の許容値として既に無線設備規則第14条の2として制定されている。

携帯電話端末等に対するSARの測定方法については、平成12年11月に電気通信技術審議会から「携帯電話端末等に対する比吸収率の測定方法」のうち「人体側頭部の側で使用する携帯電話端末等に対する比吸収率の測定方法」が答申^[3]され、総務省告示として制度化されている。その後、国際電気標準化会議（IEC：International Electrotechnical Commission）においてSARを統一的に評価するための測定方法について標準化が進められ、我が国からも多くの寄与を行った結果、本年2月に「人体側頭部の側で使用する携帯電話端末等に対する比吸収率測定方法が国際標準化^[4]されたところである。

本答申は、我が国の電波防護指針のうち、局所吸収指針の適用に関連して、人体側頭部の側で使用される携帯電話端末等によるSARの統一的な測定方法について、我が国も含めた加盟国により合意された国際標準との整合性を確保するために平成12年答申の見直しを行ったものである。

局所吸収指針が定めるSARは、単位質量の生体組織に単位時間内に吸収される電氣的エネルギー量で定義されている。これは本来、人体内部において定義される量であるが、測定器を人体内部に挿入して測定することが不可能であるため、本答申では、擬似的な人体モデル（ファントム）を使用して間接的にSARを評価する方法について述べる。個々の人体組織の多様性及びファントムを使用することによるSAR測定値の差違は適用指針値の安全率に含まれるとし、標準の測定機関での運用性、統一性の実現に配慮している。

本測定方法では、対象無線機器によって生じるSARの概ね最大値（ほとんどの場合において、実際の運用の中で想定されるSARよりも高い値）が得られる。したがって、この測定値が局所吸収指針値を超えなければよい。通常の使用条件で携帯電話等の端末機器によって生じる人体内のSARは、この測定値以下であり、アンテナの放射特性やシステムの条件によってはさらに小さくなる場合が多い。

今後、安全な電波利用のより一層の徹底を図っていくために、本答申に基づく測定

方法が十分活用されることが望ましい。また、電波防護指針の見直し、測定機器の進歩、携帯電話端末等の使用形態の変化、新たな電波利用システムの出現・普及、国際動向などに対応して、本測定方法を改定する必要がある。

2 目的と範囲

2.1 目的

本比吸収率測定方法（以下「本測定方法」という。）は、携帯電話端末等について、電波防護指針の局所吸収指針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。

本測定方法では、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を規定する。

2.2 範囲

2.2.1 対象機器

本測定方法の対象機器は、人体側頭部の側で使用する携帯電話端末等で、電波発射源が人体側頭部の近傍に存在するもののみを対象とする。

その他の人体部位でのばく露若しくは体内に金属等の異物を挿入している場合等のばく露は対象としない。

2.2.2 周波数範囲

本測定方法は、300MHz から 3GHz までの周波数帯域に適用する。

現在、我が国の携帯電話端末等に使用されている周波数は、800MHz 帯、1500MHz 帯及び 1900MHz 帯であり、1700MHz 帯及び 2000MHz 帯の新たな使用も見込まれている。近い将来の動向にも配慮し、300MHz から 3GHz とする。

3 定義及び用語

・電磁波

電界及び磁界の振動が真空中や物質中を伝搬する波動の総称である。電磁波には、低周波の電磁界から通信に使われている、いわゆる電波、太陽より放射される光(赤外線、可視光線、紫外線) 医療等に応用される放射線(X線、 γ 線)などが含まれる。紫外線より波長の短い電磁波が電離放射線、波長の長いものが非電離放射線に大別される。

・電波

電波法第2条に定められた3000GHz以下の周波数の電磁波をいう。電波防護指針においては、10kHzから300GHzまでの周波数帯を対象とする。

・電波防護指針

電波利用において人体が電波(周波数の範囲は10kHzから300GHzまでに限る。)にさらされるとき、その電波が人体に好ましくないと考えられる生体作用を及ぼさない安全な状況であるために推奨される指針のことをいう^{[1][2]}。

・局所吸収指針

主に身体に極めて近接して使用される無線機器等から発射される電磁波により、身体の一部が集中的に電磁界にさらされる場合において使用する指針をいう^[2]。

・比吸収率(SAR: Specific Absorption Rate)

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

$$\text{SAR [W/kg]} = d (dW / dm) / dt = d (dW / \rho dV) / dt = \sigma E^2 / \rho$$
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。

・平均電力

ある時刻 t_1 から t_2 で時間的に変動する電力 $P(t)$ の平均電力 \bar{P} は、以下の式で与えられる。このとき、積分時間 $t_2 - t_1$ を平均時間と呼ぶ。

$$\bar{P} = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} P(t) dt$$

・平均時間

局所SARの平均時間は電波防護指針で6分と規定されている。本測定方法においては、評価対象の携帯電話端末等が6分間にわたって送信のみを継続する条件を想定する。

・局所SAR

SAR は微小体積要素当りの数値として与えられ、電磁波の照射条件と生体組織内の場所に依存した空間分布関数となる。この分布関数について、任意の 1g 又は 10g の組織内で平均した SAR を局所 SAR と呼ぶ。その中での最大値を局所最大 SAR と呼ぶ。ただし、本測定方法では 1g 又は 10g の組織を立方体で定義している。

- **電界強度**

電界の強さをいう。単位は V/m で与えられる。

- **磁界強度**

磁界の強さをいう。単位は A/m で与えられる。

- **電力密度（電力束密度）**

伝搬の方向に垂直な単位面積当たりの放射電力をいう。例えば、平面波の場合の電力密度 $S[W/m^2]$ は、電界強度の実効値を $E[V/m]$ 、磁界強度の実効値を $H[A/m]$ とすれば、自由空間における特性インピーダンス $120\pi[\Omega]$ により、 $S = E^2/120\pi = 120\pi \cdot H^2$ のように関連付けられる。

- **ファントム**

実験的に SAR を推定するために用いられる擬似的な人体モデルをいう。モデル全体に渡って同じ材料を用いる場合を均一ファントム、対応する組織毎に忠実に電気特性等を模擬したものを不均一ファントムと呼ぶ。本測定方法においては、人体形状を模擬するための外殻（容器）とそれに充填される液剤で構成される均一ファントムを用いる。

- **不確かさ（Uncertainty）**

ある量の実測値と真値との差を表わす推定値をいい、平均誤差、確率誤差、標準偏差等で表わされる。

- **拡張不確かさ（Expanded Uncertainty）**

測定の結果について、合理的に測定量に結びつけられ得る値の分布の大部分を含むと期待される区間を定める量。本測定方法では 95% の信頼区間を想定する。

- **境界効果**

プローブの感度に対して、ファントムの二つの媒体間の境界が与える影響並びにプローブが二つの媒体間の境界に近づいたとき、電界分布及び電流密度に対してプローブが与える影響をいう。

- **検出限界**

検出下限値（又は上限値）は、測定機器の最低（又は最大）SAR 値により定義される。

- **誘電率（ ϵ ）**

電力束密度 D を電界強度 E で割った値により定義される。生体組織やファントムの電気的特性を表す変数である。

$$\varepsilon = \varepsilon_r \varepsilon_0 = \frac{D}{E}$$

$$\varepsilon_r = \varepsilon_r' - j\varepsilon_r'' = \left| \varepsilon_r \right| e^{-j\delta} = \varepsilon_r' + \frac{\sigma}{j\omega\varepsilon_0}$$

ただし、

ε_0 : 真空中の誘電率

ε_r : 複素比誘電率

ε_r' : 比誘電率の実部

ε_r'' : 比誘電率の虚部

δ : 複素比誘電率のオイラー表記を使った角度

σ : 導電率

単位は F/m で与えられる。

- **誘電正接**

複素比誘電率の実部と虚部の比をいう。

- **導電率 (σ)**

電界強度に対する媒体内の伝導電流密度の比をいう。単位は S/m である。

- **(自由空間の) 特性インピーダンス**

伝搬する電磁波の磁界強度に対する電界強度の比。自由空間における平面波の特性インピーダンスは 120π (約 377) [Ω] である。

- **等方性**

任意の電磁波の入射方向に対して、その電磁界強度が同じであれば、同一指示値を与えるプローブ (又はアンテナ) の特性をいう。

- **直線性**

測定範囲における与えられた区間に対して定義された基準直線からの最大偏差をいう。

- **プローブ走査装置**

電界プローブ (センサ部) をファントム内の指定位置に 3 次元的に移動し、保持するための自動位置決め装置をいう。

- **電界プローブ**

本測定方法では、ファントム液剤中での電界強度を等方性、かつ、高空間分解能で測定する器具をいう。

- **SAR 計測装置**

電界プローブによってファントム液剤中の電界強度を測定し、この測定値より SAR を算出する装置をいう。電界プローブ、増幅器、マイクロコンピュータなどで構成される。

- **基地局シミュレータ**

被測定機の動作を電波によって制御するための装置をいう。

- **感度**

測定システムの感度とは、測定された数量（例えば、電界）に対する測定システムの出力信号（例えば、電圧）の比をいう。

- **表皮深さ**

一般に、表皮深さは損失がある半無限領域に平面電磁波が入射した場合に、入射表面での電界強度が $1/e$ に減衰する距離のことをいう。

4 測定原理

SAR の測定方法においては、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、人体内に生ずるであろう SAR を実験的に推定する。測定系は、実際のばく露状態を良好に模擬でき、しかもより正確な推定値が得られるようなものであることが望ましい。これまで、ファントム内部の電界分布や内部電界に起因する温度上昇分布の測定値から SAR を推定する方法などが提案されてきた^[5]。

本答申が採用するプローブ走査型 SAR 測定方法は、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等方性の電界プローブを用いて高精度に測定し、その測定値から 1g 又は 10g 平均の局所 SAR を算出することを基本原理とする。SAR と電界強度との間には次式の関係がある。

$$\text{SAR}(x,y,z) = \sigma E^2(x,y,z) / \rho \text{ [W/kg]}$$

ただし、 $\text{SAR}(x,y,z)$ 及び $E(x,y,z)$ [V/m] は、それぞれ位置 (x,y,z) における SAR 値と電界強度の測定値(実効値) また、 σ [S/m] 及び ρ [kg/m³] は、それぞれファントムの導電率と人体組織の密度である。本測定方法は、これまで提案されている他の方法と比較して、SAR 分布測定の精度、再現性等の点で優れている。ただし、測定値の信頼性を確保するために、測定系の条件や局所 SAR の算出方法等を詳細に決めておくことが必要である。

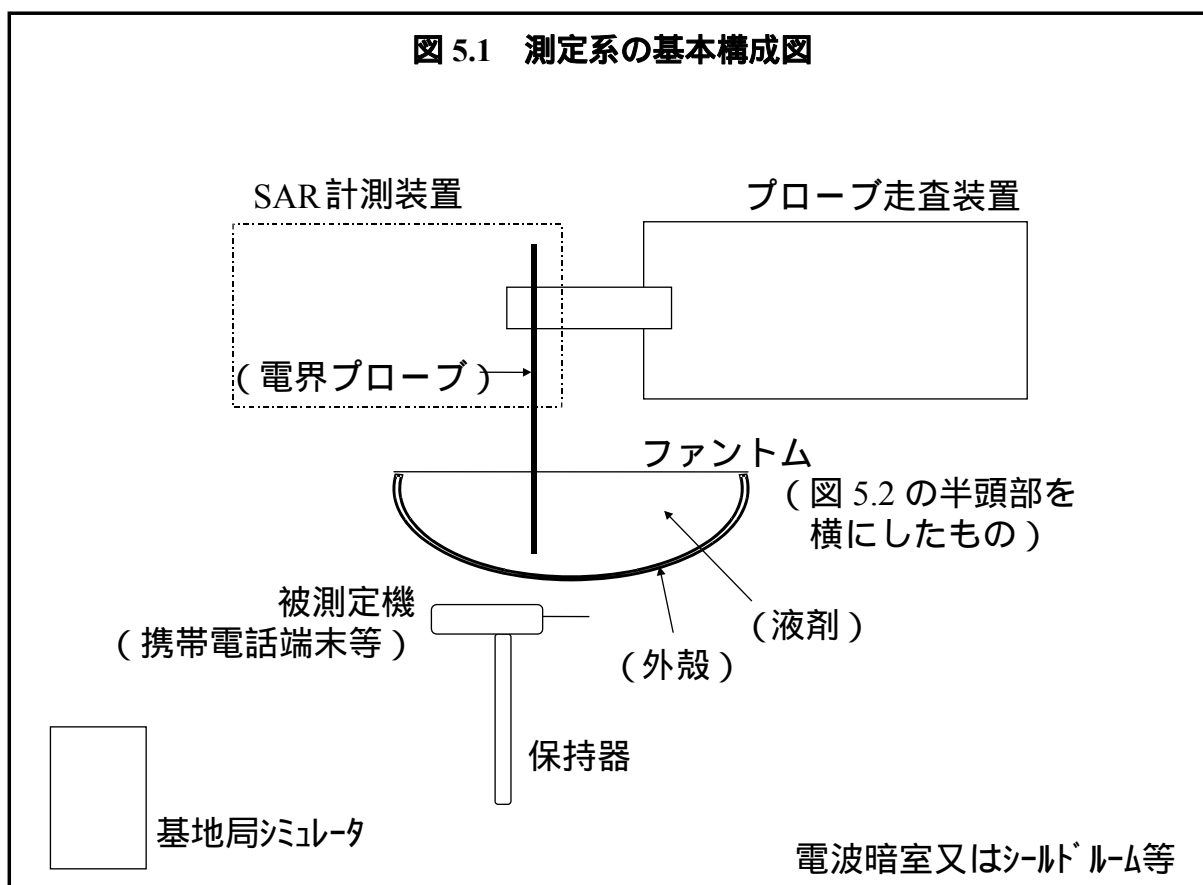
5 測定系の条件

5.1 概要

測定系は、図 5.1 に示すように、ファントム、SAR 計測装置、プローブ走査装置、携帯電話端末等（以下「被測定機」という。）の保持器及び基地局シミュレータから構成される。

測定は、以下の環境条件で行うこと。

- 周囲温度が 18°C から 25°C の範囲にあること。
- 他の無線設備に影響を与えないこと。
- 周囲ノイズによる影響を SAR で 0.012W/kg 以下とすること。
- 基地局シミュレータなどの RF 送信機や床、位置決め装置などからの反射の影響は、SAR の測定値の 3% より小さくすること。



5.2 ファントム

5.2.1 概要

ファントムの大きさや形状は、SAR 値に関わる主要なパラメータであることから、人の頭部及び頸部を近似することが望ましい。また、その電気的特性も頭部組織と同様の特性を有することが望ましい。ファントム内部で電界プローブを走査可能にするため、このファントムは、頭部及び頸部を左右に2分割した形状または、上部に開口部を持つ外殻に液剤を充填した構成とする。外殻は形付けられた容器として用い、可能な限り測定に影響を与えないものである。手のモデル化は行わない(付録1の2.3)。

5.2.2 形状と寸法

ファントムの形状と寸法は、付録1の1によること。本条件は、国際標準^[4]にも採用されているものであるが、日本人の標準的形状及び寸法を用いた場合と比較して過大側の測定結果が得られる(付録1の2.1)。本ファントムの模擬図を図5.2に示す。

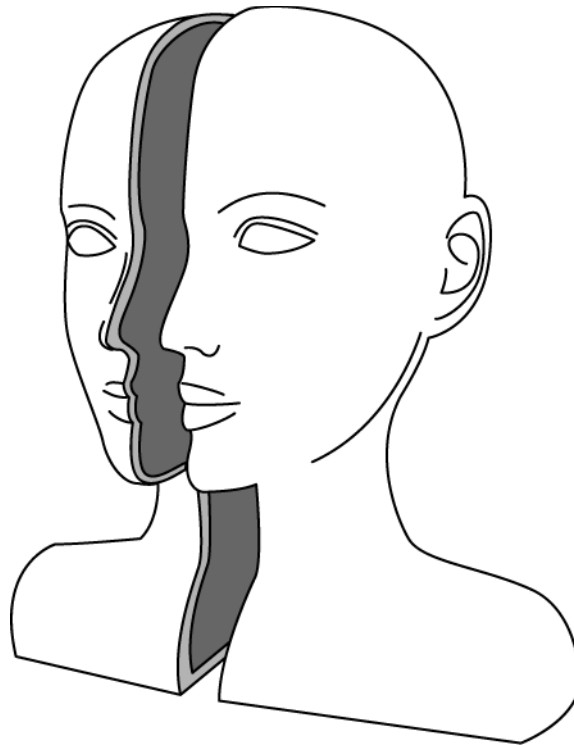


図 5.2 ファントムの模擬図

5.2.3 外殻

- ・ 外殻材料の誘電正接及び比誘電率の実部は、それぞれ 0.05 以下及び 5 以下であること。

- ・ ファントム外殻の形状は、ファントム形状データに対して $\pm 0.2\text{mm}$ 未満の公差を保つこと。
- ・ 外殻の厚さは、耳及び周辺の延長部分を除き、携帯電話端末等の投影面のいかなる箇所においても、 $2\pm 0.2\text{mm}$ であること。
- ・ 図5.3に記述する被測定機の位置決めの基準点 (RE, LE, M 点：右耳、左耳及び口に対応する位置) が分かるように表面に印をつけること。

耳は、携帯電話端末等を押し当てた状態を再現し、耳の基準点の場所(RE, LE 点)で液剤の境界から $6\pm 0.2\text{mm}$ の頭部外殻と同じ材料の低損失材料による耳翼モデルとする。

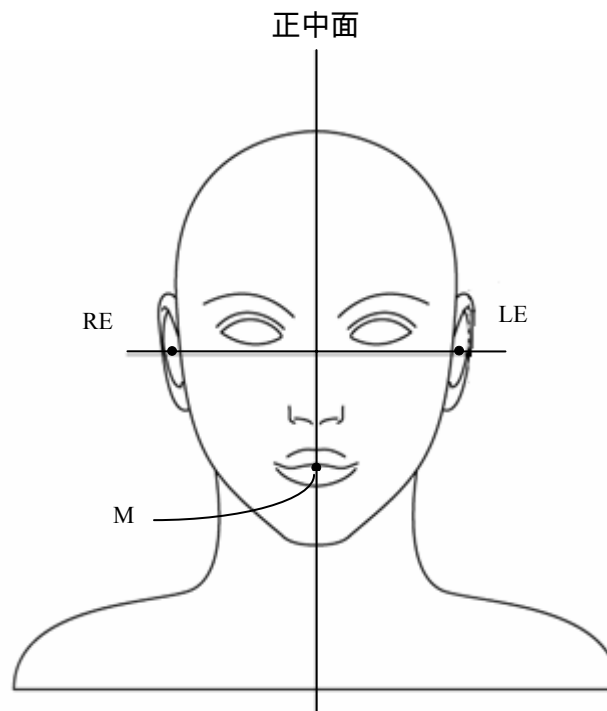


図 5.3 被測定機の位置決めの基準点

5.2.4 液剤

ファントムに充填する液剤の電気的特性は、表 5.1 に従うこと。表の数値間の値については、線形補間で求めること。

表 5.1 液剤の電気的特性

| 周波数 (MHz) | 比誘電率 の実部 ϵ_r' | 導電率 σ (S/m) |
|--------------|------------------------------|-----------------------|
|--------------|------------------------------|-----------------------|

| | | |
|------|------|------|
| 300 | 45.3 | 0.87 |
| 450 | 43.5 | 0.87 |
| 835 | 41.5 | 0.90 |
| 900 | 41.5 | 0.97 |
| 1450 | 40.5 | 1.20 |
| 1800 | 40.0 | 1.40 |
| 1900 | 40.0 | 1.40 |
| 1950 | 40.0 | 1.40 |
| 2000 | 40.0 | 1.40 |
| 2450 | 39.2 | 1.80 |
| 3000 | 38.5 | 2.40 |

5.3 SAR 計測装置

- SAR の最小検出限界値は、0.01W/kg 未満であること。最大検出限界値は、100W/kg より高いこと。
- 直線性は、0.01W/kg から 100W/kg の SAR 範囲に対して、 $\pm 0.5\text{dB}$ の範囲内であること。
- 感度、直線性及び等方性は、測定周波数における生体組織の電気的特性を模擬する液剤中にて評価すること。
- 電界プローブセンサ部の保護カバーの外形寸法を 8mm 以下にすること。なお、電界プローブは定期的に較正しておくこと。

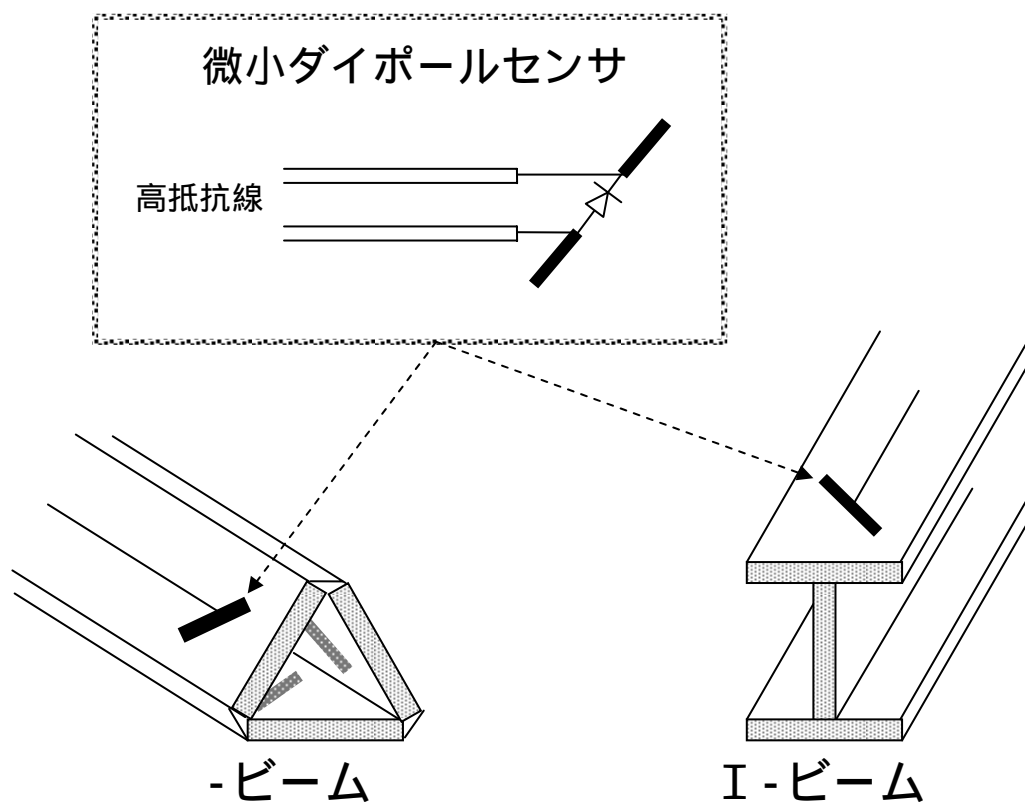


図 5.4 電界プローブの例

5.4 プローブ走査装置

5.4.1 概要

3次元 SAR 分布の評価ができるように、電界プローブを液剤内で走査可能であること。機械的構造が SAR 測定を妨げないこと。

5.4.2 技術的条件

- (1) 精度
測定範囲に対するプローブ先端の位置決めの精度は、 $\pm 0.2\text{mm}$ より良いこと。
- (2) 位置決め分解能
1mm 以下であること。

5.5 保持器

- ・携帯電話端末等を 6.1.3 に記述する位置に保持できること。
- ・傾斜角度の誤差が $\pm 1^\circ$ の範囲内であること。
- ・誘電正接及び比誘電率の実部が、それぞれ0.05以下及び5以下の材質であること。

6 測定手順

6.1 測定系のセットアップ

6.1.1 一般事項

- ・ SAR 測定前の 24 時間以内に、ファントム液剤の電気的特性を測定すること。この測定は、SAR 測定時と同じ温度条件で行うこと。液剤温度の許容偏差は $\pm 2^{\circ}\text{C}$ の範囲内であること。
- ・ ファントム液剤の比誘電率の実部及び導電率の測定値は、表 5.1 で指定された値に対して許容偏差 $\pm 5\%$ の範囲内にあること。2-3GHz での比誘電率の偏差は $\pm 10\%$ 以内とすることができるが、できる限り目標値に近づけること。測定方法は国際規格^[4]等を参照のこと。
- ・ SAR 算出には、測定した電気特性を用いること。
- ・ ファントム液剤の深さは耳の基準点にて 15cm 以上になるようにすること。
- ・ 測定前にファントム液剤を慎重にかき混ぜ、気泡がないようにすること。
- ・ 走査装置は、ファントム上の少なくとも 3 点の参照値を用いてファントムと関連づけられること。これらの点は、使用者から見えるようにし、10cm 以上離して配置すること。測定系及び各構成部分が条件どおりに正確に動作していることを確認すること。

6.1.2 被測定機

- ・ 測定に際して被測定機は、それ自身の内部送信機を使うこと。
- ・ アンテナ、バッテリー及び付属品は、被測定機の提供メーカーにより指定されたものであること。
- ・ バッテリーは、各測定前に完全に充電し、外部との接続がないこと。
- ・ 空中線電力及び周波数は、内部試験プログラム又は適切な試験装置（基地局シミュレータ）を使って制御すること。
- ・ 空中線電力は、被測定機を人体側頭部の側で使用する場合に対応した通信モード（音声通信等）での最大出力値に設定すること。ただし、最大出力で SAR 測定が困難な場合は、それより低出力で測定し、最大出力時の SAR に換算してもよい。音声とデータが混在する通信モードについては、端末を人体側頭部の側で使用する場合で生じうる最大空中線電力で測定を行うこと。ただし、送信動作は、擬似的なベースバンド信号等を用い、当該通信方式の信号形式に従った連続送信とすること。

6.1.3 標準的な測定位置

被測定機は、ファントムの左右両側について、次に規定する二つの位置で測定すること。

(1) 頬の位置

図 6.1(a)および(b)に示す 2 直線（垂直中央線と水平線）を確認する。垂直中央線は、被測定機の前面の 2 つの点を通る線である。2 つの点は、被測定機の話部

高さでの幅 W_t の中央点と被測定機の底辺部の幅 W_b の中央点である。水平線は、被測定機の受話部の中央を通り垂直中央線に対し直交する。2つの線は A 点で交差する。

- 垂直中央線と水平線を、ファントムの正中面に平行に位置させ、かつ、A 点が RE と LE を結ぶ直線と交差するように被測定機を置くこと (図 6.2(a))。
- A 点を RE-LE 間の線と合わせたまま、耳に接触するまで被測定機をファントムに向かって動かすこと (図 6.2(b))。
- 正中面と平行な面内に被測定機を保持しながら、A 点を中心に両耳と口の三つの基準点 (M、RE 及び LE) を含む基準面に垂直中央線を合わせるように被測定機を回転させること (図 6.2(a))。
- 基準面内に被測定機の垂直中央線を保ち、かつ、被測定機が耳に接触した状態で被測定機前面のいずれかの点が、ファントムの頬に接触するまで被測定機の底を動かすこと (図 6.2(c))。ただし、頬に接触する前に耳から離れた場合は、その位置で測定すること (図 6.2(c))。

(2) 傾斜の位置:

- (1)の頬の位置に被測定機を置くこと (図 6.2(c))。
- 被測定機の向きを変えずに、被測定機を参照面に対し平行に移動し、被測定機が 15° 回転できるまでファントムから十分に離す。
- (1)の基準面内に被測定機の垂直中央線を保ちながら、A 点を中心点として頬の位置の状態から外側に 15° の角度まで被測定機を回転させること (図 6.3)。ただし、 15° の角度にいたる前に、被測定機の 1ヶ所が耳に接触し、同様に他の部分がファントムに接触している場合は、傾斜角度は 15° より小さくてよい。

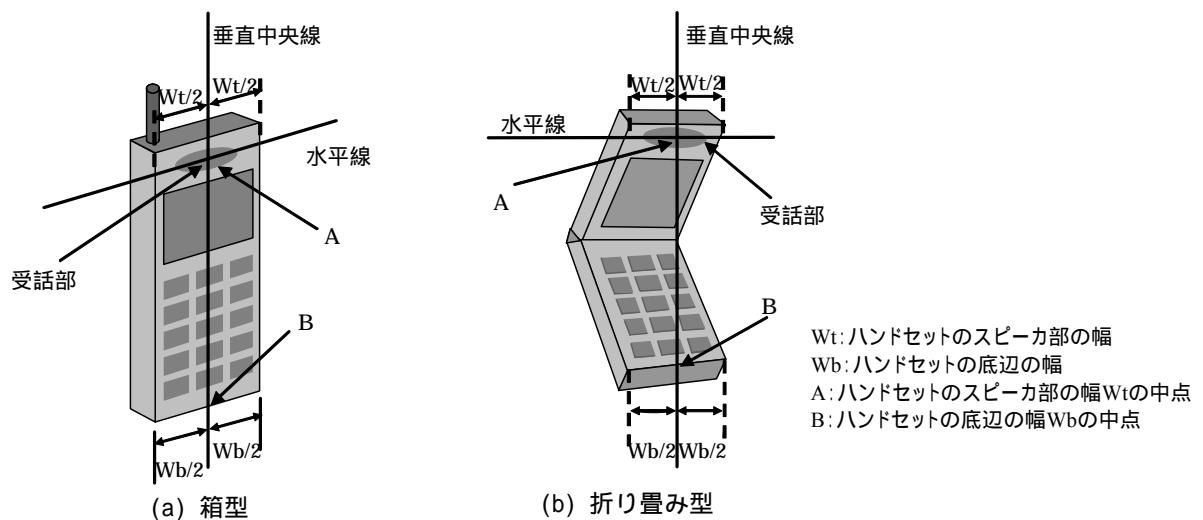


図 6.1 被測定機の一例

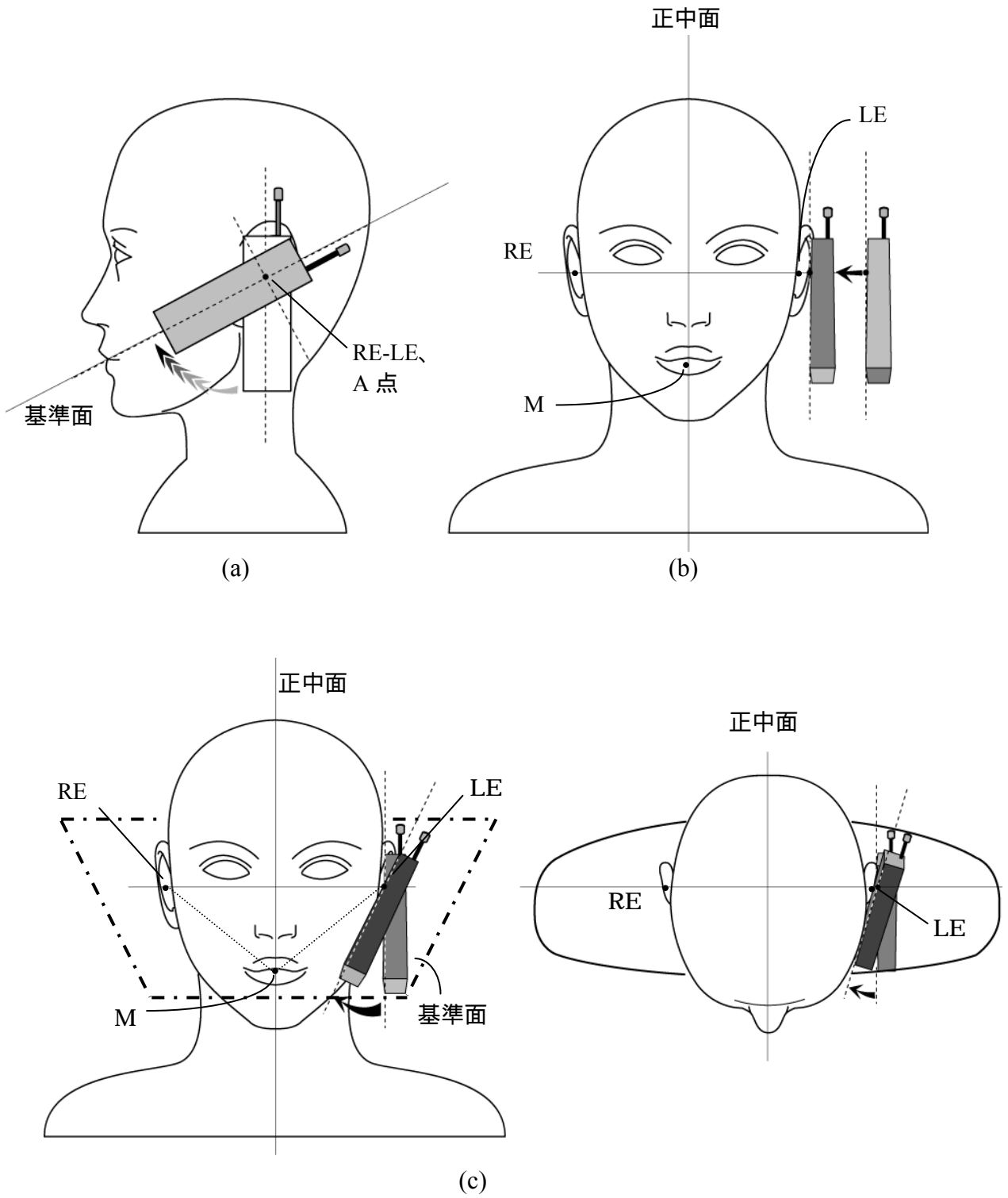


図 6.2 頬の位置

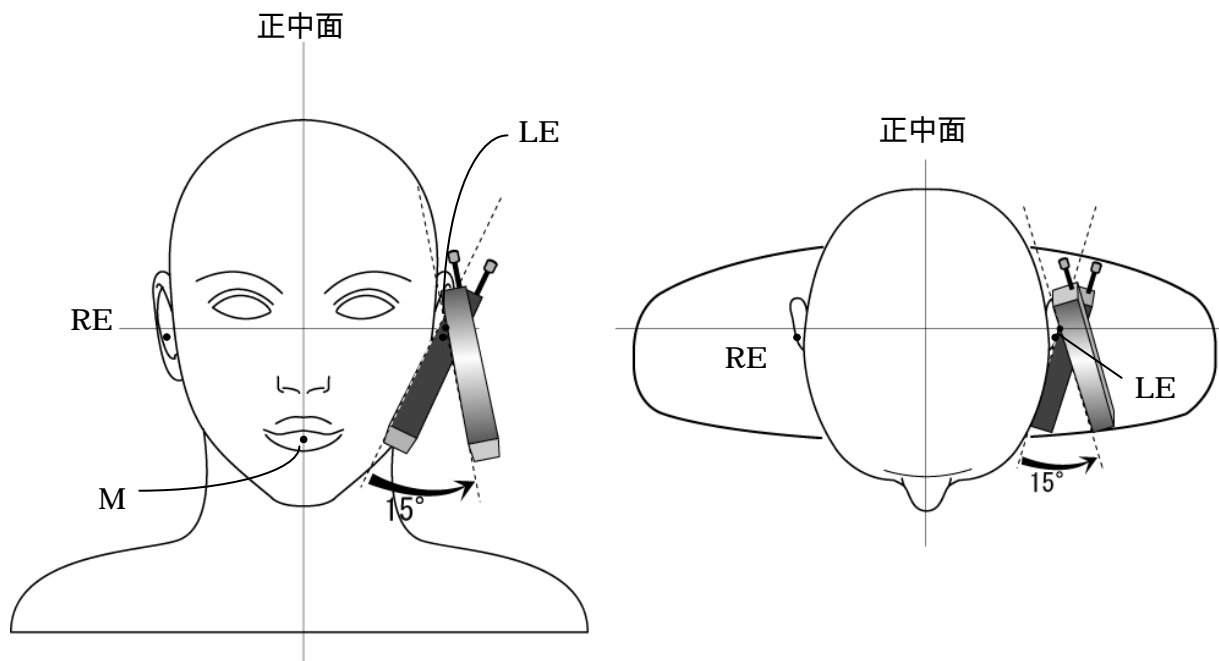


図 6.3 傾斜の位置

6.2 測定

6.2.1 一般条件

- (1) 測定は、6.1.3 で記述した(1)と(2)の両方の位置に対して、ファントムの左右両側にて各動作帯域の中央付近の周波数を使って行うこと。
- (2) 被測定機の全ての構成（例えば、収納可能なアンテナを持つ場合には、アンテナを伸ばした状態と収納した状態の両方）で(1)の試験を行うこと。
- (3) マルチモード機能又は複数の使用帯域を持つ被測定機を測定する場合には、各送信モード又は帯域について対応する最大送信出力で(1)の試験を行うこと。
- (4) 送信周波数帯域幅が中心周波数の 1%を超え、かつ、10%以下の場合には、(1)から(3)の試験で SAR の最も高い測定値が得られたときの被測定機位置において、送信帯域の最大と最小の周波数について試験すること。さらに、SAR の測定値が SAR の許容値に対し 50%以上 (-3dB 以上) にある他の全ての条件に対しても同様に行うこと。
- (5) 送信周波数帯域幅が中心周波数の 10%を超える場合は、(1)から(3)の試験で SAR の最も高い測定値が得られたときの被測定機位置において、以下の式を用いて試験する周波数の数を決め試験すること。さらに、SAR の測定値が SAR の許容値に対し 50%以上 (-3dB 以上) にある他の全ての条件に対しても、同様に行うこと。

$$N = 2 * \text{roundup}(10 * (f_h - f_l) / f_c) + 1$$

f_c : 中心周波数

f_h : 帯域内の最高周波数

f_l : 帯域内の最低周波数

N : 測定数

Roundup(x)は、変数 x を次の整数に切り上げる。試験する周波数は、できる限り等間隔にすること。

6.2.2 測定手順の詳細

6.2.1 に記述した一般条件についてさらに、以下の操作及び測定を実施すること。

- (1) ファントム外殻の内部表面から 10mm 以内にある測定点を一つ選び SAR を測定すること。測定点は、被測定機のアンテナ付近にとること。ただし、耳付近でも良い。
- (2) ファントム内の SAR 分布を測定すること。測定間隔は 20mm 未満であること。内部表面近くでの走査を行う場合は、電界プローブ先端の中央とファントム内部表面の間の距離は、8mm 未満で偏差が ± 1 mm の範囲内にあること。最初から詳細な立方体的走査を行う場合は、ファントム外殻の内部表面にできる限り近くすること (8mm 未満)。走査する間隔は 5mm 以下、少なくとも 25mm の深さまで測定し、さらに(5)に進むこと。全ての測定ポイントにおいて、表面の法線に対してプローブの角度が 30° 未満が望ましい。
- (3) 得られた SAR 分布から、最大 SAR 値の位置と最大 SAR 値の 63%以上 (-2dB 以上) となるすべての SAR の位置を割り出すこと。最大値の検索を行うために必要である。最大 SAR 値以外の SAR については、最大 SAR 値が SAR 許容値に対して 63%以上 (-2dB 以上) すなわち 1.26W/kg 以上になるときのみ測定する。
- (4) 最小寸法が 30mm \times 30mm \times 30mm である体積内において、8mm 以下の測定間隔で SAR を測定すること。ただし、深さ方向は 5mm 以下とする。その領域の中心を検出された最大 SAR 値の位置に重ねること。全ての測定ポイントにおいて、ファントム外殻の内部表面の法線に対してプローブの角度が 30° 未満が望ましい。
- (5) 6.2.3 に示された補間及び外挿手順を使って、質量平均に必要な空間分解能における局所 SAR 値を求めること。
- (6) (1)の測定点にて SAR 測定を再度行うこと。この測定値と、(1)で得られた測定値とを比べて二つの測定結果に $\pm 5\%$ 以上の差がある場合は、バッテリーを完全に充電して測定を繰り返す等の処置をとること。これが不可能な場合は、例えば SAR の時間に対する変化データ等を用いて試験が適切であることを実証すること。

以上の条件を含む測定の基本手順を図 6.4 及び図 6.5 に示す。

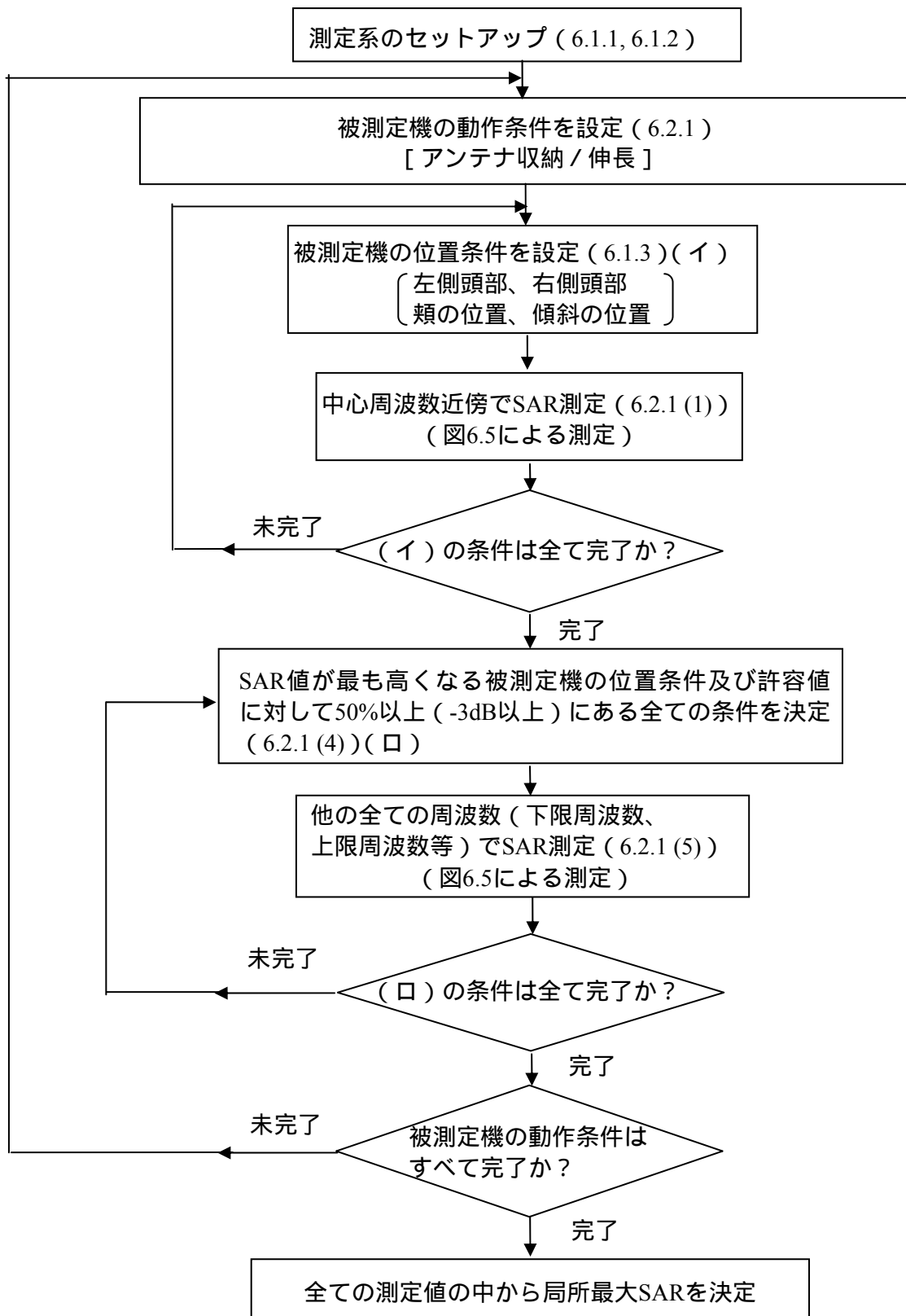


図 6.4 測定の基本手順

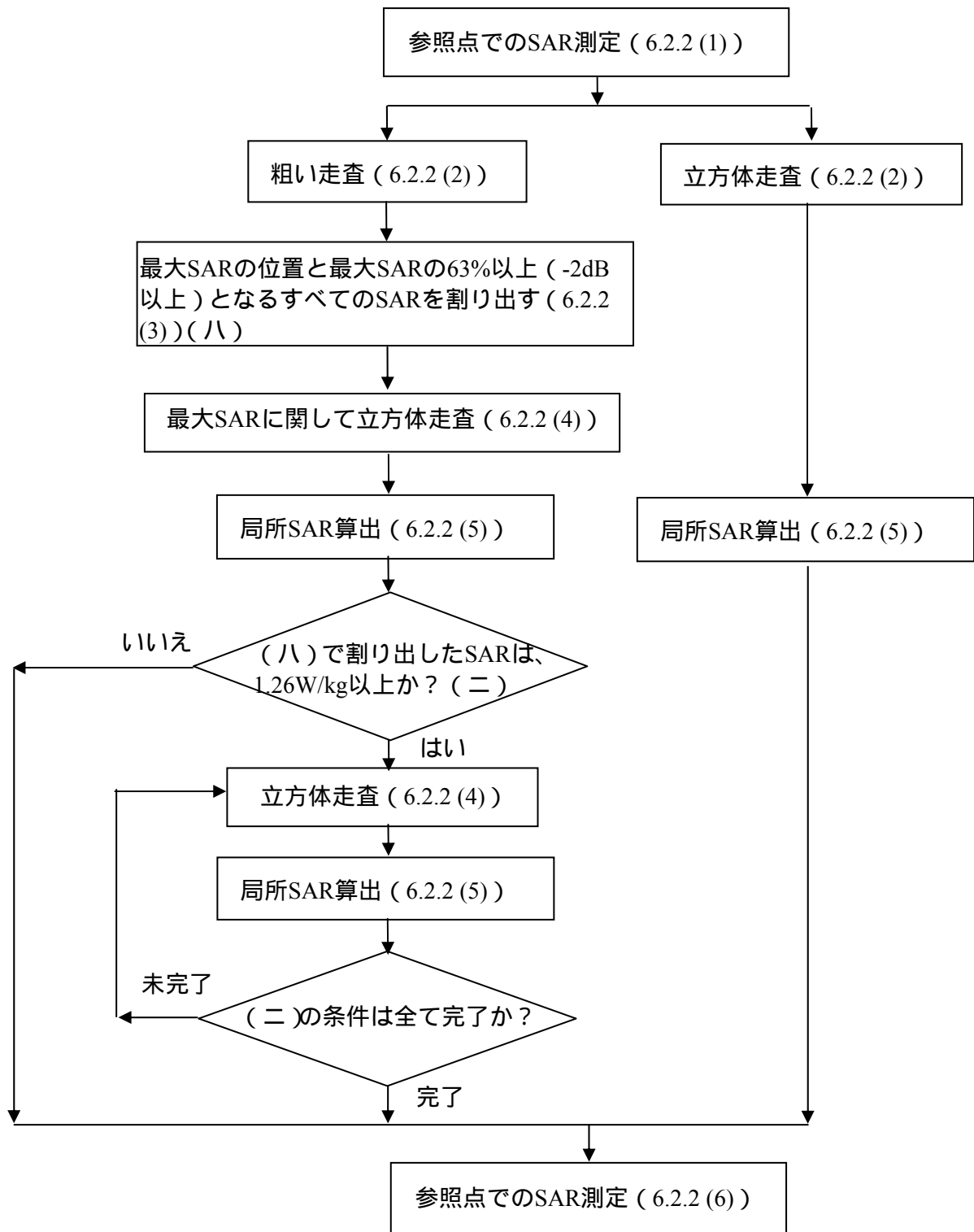


図 6.5 測定手順の詳細

6.2.3 SAR 値の算出

(1) 補間

局所 SAR を計算するとき、与えられた質量の平均化領域に対して測定間隔が粗い場合には、測定点間で補間を行うこと。

補間方法の例を付録 2 に示す。

(2) 外挿

使用される電界プローブは、通常三つの近接した直交ダイポールを持ち、これらのダイポールは保護管に埋め込まれている。測定点はプローブ先端から数 mm の所に設けられており、SAR の測定の位置を求める際に、このオフセットを考慮すること。

外挿方法の例を付録 2 に示す。

(3) 平均体積

局所 SAR を算出するための組織の形状は、立方体の形をしていること。算出に用いる密度は、 1000kg/m^3 を使用すること。

立方体がファントム外殻内面と交差する場合は、三つの頂点が外殻内面に接触するように又は一つの面の中央が表面に正接するように立方体の向きを決めること。

外殻内面に最も近い立方体の面をその表面に合うよう変更し、追加された体積を立方体の反対側の面から差し引くこと。

立方体における平均値の求め方を付録 2 に示す。

(4) 最大値の検索

付録 2 に従い、局所最大 SAR の近辺のファントム内部表面上で立方体の位置を動かすこと。

局所最大 SAR を持つ立方体が走査空間内の端にないこと。もし端にある場合は、走査領域をずらし、測定をやり直すこと。

この局所最大 SAR 値を測定結果とする。

7 評価

7.1 適合確認に用いる指針値

適用する電波防護指針は、平成 9 年 4 月電気通信技術審議会「電波利用における人体防護の在り方」^[2]の局所吸収指針の局所 SAR（四肢を除く。）とする。

なお、空中線電力が電波法施行規則第 2 条第 1 項第 70 号に規定する平均電力で 20mW 以下の機器は、一般環境における局所 SAR を満たしている^[2]。

7.2 不確かさ

SAR 値測定の不確かさについては、IEC 資料^{[4][6]}に規定された方法に基づいて評価できる。本測定方法において 0.4W/kg から 10 W/kg の局所最大 SAR 値測定の拡張不確かさは 30%以下であること。

7.3 評価方法

測定結果を指針値と直接比較すること。測定値が指針値以下である場合、被測定機は局所吸収指針を満足しているものと判定する。

8 測定系の評価試験及び較正

8.1 測定系の評価試験

本測定系は、様々な構成部分を有することから、下記に述べるいくつかの試験を適切に実施することで、測定系が正常に動作していることを確認する必要がある。

SAR 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。簡易性能試験は、平面ファントムと標準ダイポールアンテナなどを用いて行うこととする。(詳細な手順については、付録3参照。)

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。総合評価試験は、平面ファントムと標準ダイポールアンテナを用いて行うこととする。(詳細な手順については、付録3参照。)

8.2 SAR 計測装置の較正

SAR 計測装置各部の較正に当たっては、電界プローブに関わる部分について行う必要がある。電界プローブの較正の際には、実際の SAR 値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組織等価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。

9 従来の測定方法の評価について

これまでに我が国で実施されてきた携帯電話端末の局所最大 SAR 測定では、ほとんどの場合が耳翼付近に局所最大 SAR が現れていることを確認している。このような場合には、旧測定方法と新測定方法はほぼ同様の測定条件となるため(付録4参照)両測定方法による測定値はほぼ一致している^[8]。

ただし、旧測定方法では、耳翼から遠く離れた場所でプローブ挿入角度がファントム外殻の内部表面の法線から大きな角度となる。この場合、等方性誤差等が大きく影響し、測定された SAR 値の拡張不確かさが増大する。したがって、局所最大 SAR が耳翼から遠く離れた部位に現れる場合には、旧測定方法では測定精度が不十分であった可能性があるため、これまでに行われてきた旧測定方法による局所最大 SAR 測定結果を検証したところ、このプローブ挿入角度による拡張不確かさの増大を考慮した場合においても、局所吸収指針値を超える事例はなかったことを確認している。

10 今後の課題等

10.1 測定方法の適用対象の拡大

本測定方法は、手順を具体的に示す必要性から、現在広く使われている携帯電話端末等の使用形態（側頭部の側での利用）を前提にしている。携帯電話端末等の高機能化が急速に進んでおり、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。IEC においても、平成 17 年 2 月に規格化された IEC62209-1^[4]を拡張し、側頭部の側以外の人体の近傍で使用される無線機器に適用する SAR 測定方法について検討さ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、測定方法の検討を行う必要がある。

なお、今後ワイヤレス技術がますます急速に進歩し、人体の近傍で使われる機器の使用形態が多様なものになることが予想されることから、本測定方法のように人体頭部を忠実に模擬するファントムを用いる方法だけでなく、より広範な使用形態に適用可能な汎用性の高い測定方法の開発にも努力することが望ましい。

10.2 SAR 値の取扱い

本答申では、人体側頭部の側で使用する携帯電話端末等に対する SAR の標準的な測定方法を示した。標準化された方法で SAR を測定し、電波防護指針との適合性を統一的に評価する方法を確立するものであり、携帯電話端末等から発射される電波の健康への影響に関する懸念に対して、適切な情報提供を可能にすることが期待される。

本測定方法では、一般的な使用状態で生じ得る SAR の概ね最大値が測定される。したがって、この測定値が局所吸収指針値を超えなければ、電波防護指針に適合していると判断される。実際の使用状態で生じる人体内の SAR は、システムの送信出力制御（通信条件によって端末の出力が自動的に低減されること。）が動作することから、測定値よりさらに小さくなる場合が多い。

本測定方法によって得られる SAR の数値に関して、正しい理解が得られるように務める必要がある。

付録1 ファントムの仕様

1 仕様（データシート）

ファントム外殻の外側及び内側寸法は、三次元の CAD データによって規定する^[4]。耳の基準点（RE, LE）は、耳珠点から 15 mm 離れた基準面中に存在する。基準面は、口点（M）と左右の耳珠点によって定義される。

2 根拠

2.1 ファントムの形状

これまでの研究によると、大きな頭部は、小さな頭部に比べて放射エネルギーとの結合度がより大きいため、より多くのばく露を受ける場合がある^[9]。

1988 年のアメリカ軍人の人体測定研究により、様々な年齢、人種及び民族のサンプルに基づいたデータが提供されている^[10]。したがって、このデータを利用し、それに基づく、成人男性の 90 パーセンタイル値の頭部寸法モデルを使用することにより、過大側の測定結果を得ることができる。

ここで、90 パーセンタイル値とは、ある標本数を抽出したときに、それらのうちから特に寸法の大きいもの 10%を除いた残りの 90%が含まれるようにとった寸法値である。

また、耳後部の突起は、携帯電話端末等及びアンテナと頭部との距離に直接影響し、SAR 測定の重要なパラメータである。耳の形状は、携帯電話端末等の位置決めを行う場合の基準を与えることから、正確で再現性のある位置決めが可能となるよう設計しなければならない。

2.2 ファントムの媒質

頭部は、脳・頭蓋骨・皮膚・眼球など様々な組織から構成されており、これらの組織の電氣的定数はそれぞれ異なる値を持つため、頭部の電氣的特性は不均一である。このため、携帯電話端末等使用時の頭部内における SAR 分布は、非常に複雑である。

数値シミュレーションでは、頭部構造を詳細に模擬した計算上の仮想モデルが利用可能であるが、現実的には、不均一構造をもつファントムの製作は難しく、測定の簡便性や再現性からも、均一ファントムの使用が望ましい。そこで、均一ファントムを用いた測定による SAR 推定値の妥当性を検証するため、均一頭部モデルと不均一頭部モデルによる局所 SAR 分布の比較検討が報告されている^{[11][12]}。これらの検討結果から次のことが判る。

- 頭部内部の SAR 分布は、頭部組織の不均一構造に依存し、均一頭部モデル内部の SAR 分布は、不均一頭部モデル内部の SAR 分布とは異なる。
- 頭部表面の SAR 分布は、頭部形状に依存し、同じ形状をもつ均一モデルと不均一モデルの表面 SAR 分布は、ほぼ同じである。
- 均一・不均一頭部モデルともに、局所最大 SAR 値は頭部表面上に生じ、均一モデルの値は、不均一モデルの値に比べて同等以上である。

また、10g 当たりの局所組織で平均された SAR の最大値（局所吸収指針に対応）に

関しては、均一モデルと不均一モデルでの値の違いがほとんど無視できることが報告されている^[10]。

以上より、均一ファントムを用いた測定による頭部局所 SAR の最大値の評価が可能である。

2.3 手の影響について

携帯電話端末等を保持している手は、その筐体と接触し、かつ、そのアンテナに非常に接近しているため、アンテナと電磁的に強く結合している。したがって、携帯電話端末等を握る手の形状や位置により、頭部に生じる SAR 分布も強く影響されると予想される。しかし、これまでの数値シミュレーションによる報告から、通常の保持状態の場合（携帯電話端末等を握る手がアンテナを覆ったりしない場合）には、手で握られていない（空間中に浮いている）携帯電話端末等により生じる頭部における局所 SAR の最大値が、手で握られた場合と比較して同程度であることが示されている^{[11][13]}。最近、同様の傾向が実験による測定でも示され、その報告中で、手がないことによる頭部における局所 SAR の最大値の過小評価は、5%未満であることが述べられている^[14]。

したがって、頭部における局所 SAR の最大値を評価する際には、手のモデルを考慮しなくてもよい。

付録2 測定におけるデータ処理の方法

1 概要

6.2.3 節に適用する走査及びデータ処理の方法を示す。

2 最大値を探す粗い走査

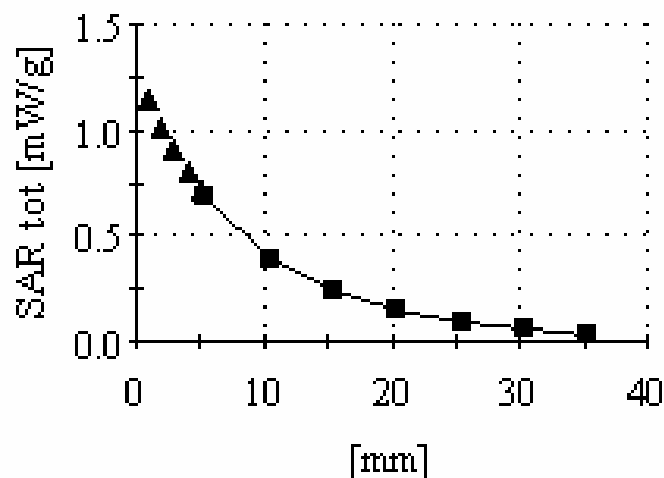
SAR 分布は、ばく露を受けている側の頭部をできる限りカバーするような、2 次元 (x,y) 又は 3 次元 (x,y,z) のグリッド上で測定する。機械的又は光学的に適切な表面検出システムを用いて、表面の正確な位置を事前に検出するか、あるいは、走査中に決定することが重要である。人体近くに保持され、300MHz 以上で操作される装置については、表面から 8mm 未満の距離において、間隔を一定に保ちながら 2 次元走査を行うだけで十分である。評価手法により、グリッド点間の最大間隔を決めること。最大値の位置を評価するため、2 段階の 1 次元 3 次スプラインを使う場合に、要求される精度を得るには 20mm×20mm (x,y) のグリッドで十分であることが示されている。最大局所 SAR は、補間される 1-2mm のグリッド上で評価される。

3 立方体走査

立方体の走査は、次の手順で行うことができる。粗い走査で検出した局所最大 SAR 体積の周りの 5×5×7 点 (x,y,z について) を計測して、32mm×32mm×30mm (10g) の体積についての SAR を評価する。表面に最大値が検出された場合、各測定点で、立方体の表面をファントム表面に沿うようにフィッティングする。

4 外挿

微小ダイポールアンテナの中央は、プローブの先端より内側にあること又はファントムの内部表面とそれに最接近する測定点との間に距離があることから、表面のデータは外挿により求める必要がある。外挿は、例えば、四次などの最小二乗法による測定データの多項式近似に基づいて行う(指数近似は多くの分布が生じる可能性がある場合には適さない)。この多項式は、表面とプローブ先端の距離を 1mm 刻みで評価するのに使われる(図1の三角の値)。



注) ■は測定データ。▲は 1mm 間隔の多項式近似で外挿された値を示す。

図1 ファントム内部表面に対する SAR データの外挿例

5 補間

測定及び外挿された立方体内の 1mm グリッド上の値は、3 段階の 1 次元 3 次スプラインを使うなど、簡単な方法で補間できる。

6 積分

1g 又は 10g 立方体に対して積分を行う簡単で正確な方法は、共通台形アルゴリズムを用いることである。立方体がファントム表面に接触している場合の評価手順は次のとおりである。ファントム内部表面に接触し、局所最大 SAR をもつ立方体の側面はその表面に対して平行とする。つまり図 2 に示すように、立方体の一方の面がファントム表面に一致し、そして、反対の側面もこの表面に平行とする。その他の立方体の選択方法は、IEC 規格^[4]に詳しく記述されている。

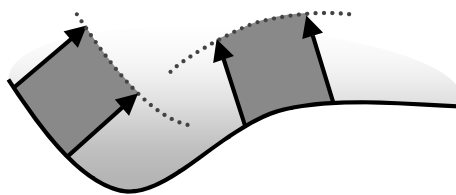


図 2 ファントム表面に対する立方体の向きと表面

局所最大 SAR は、測定領域内で 1g 又は 10g の立方体について、可能な限り様々な状態を評価・比較して決定すること。立方体の体積で平均した最大 SAR 値が収束するまで繰り返すこと。

付録3 測定系の評価試験

測定系の評価試験は、以下の「1 簡易性能試験」及び「2 総合評価試験」により行われる。

1 簡易性能試験

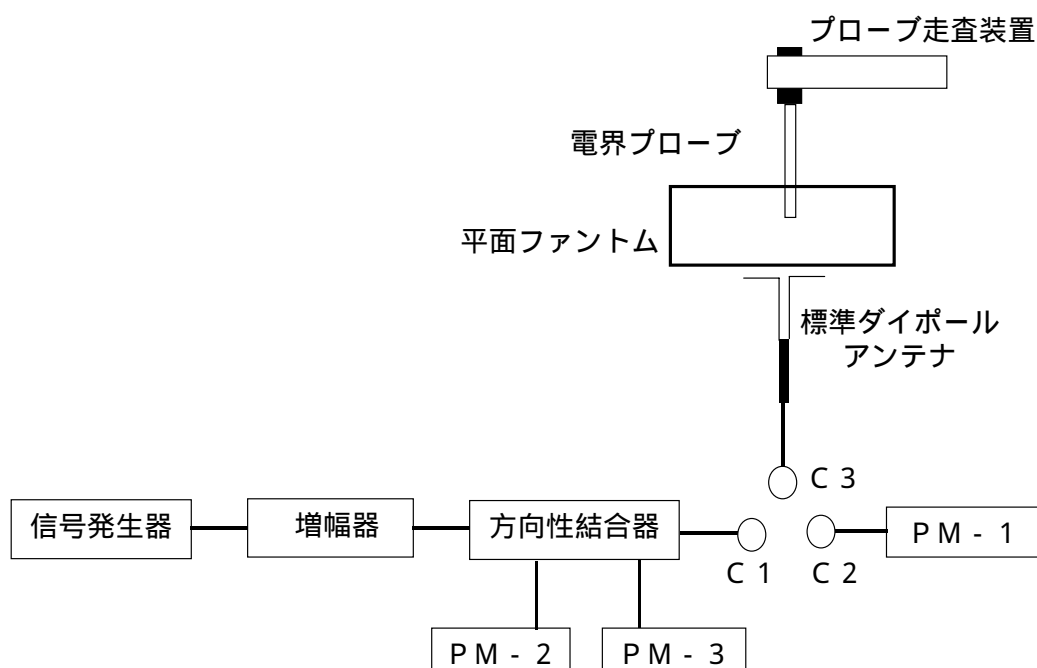
1.1 目的

簡易性能試験は、一連の SAR 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（再現性確認）するために、簡易性能試験を実施すること。

1.2 基本構成例

この試験は、平面ファントムと標準放射源として標準アンテナ等を用いて行う。総合評価試験に用いられる標準ダイポールアンテナも簡易性能試験に使用することができる。

標準放射源の例として標準ダイポールアンテナを使用する場合の基本構成を図1に示す。また、この場合の各構成部の条件を 1.2.1 から 1.2.3 に示す。



PM：電力計（必要に応じて減衰器を含む。）

図1 簡易性能試験の基本構成（標準ダイポールアンテナ使用の場合）

1.2.1 ファントム

- ・ 底面の最小の幅と長さは局所最大 SAR での誤差が 1%以内であるように、長軸を a、短軸を b とする楕円で定義する。自由空間波長を λ 、外殻の厚さを d としたとき、

f < 800MHz の場合、a 0.6λ 、b 0.4λ 、6.0mm d 6.5mm

f 800MHz の場合、a 225mm、b 150mm、d=2mm

であること。

- ・上面からの反射波の影響が無視できるようにファントム液剤を満たすこと(15cm以上)。
- ・外殻は誘電率が5以下、誘電正接が0.05以下であること。
- ・アンテナに対向する外殻(底面)の厚さは $\pm 0.2\text{mm}$ 以内で一定であること。
- ・最低15cmの深さで液剤を外殻に充填した時に、放射源の真上の外殻(底面)のたわみが800MHzから3GHzの周波数帯域では、自由空間波長の1%未満、800MHzより低い周波数では、自由空間波長の0.5%未満であること。
- ・液剤は、SAR評価試験に用いるものと同じものを使用すること。

1.2.2 標準放射源

標準アンテナ等は、位置決め再現性、機械的な安定性およびインピーダンスの整合が良いものを選択使用する。以下の説明では総合評価試験に用いられる標準ダイポールアンテナを標準放射源として使用する例をあげてある。

- ・ダイポールアンテナをファントム底面の長手方向と平行に配置する。なお、アンテナエレメントとファントム底面とは、 $\pm 2^\circ$ 以内で平行であること。
- ・ダイポールアンテナの中心軸上の給電点からファントム液剤までの距離は、1GHz以下では15mmとし、1GHzより高い周波数では10mmとする。なお、この距離については $\pm 0.2\text{mm}$ の精度で一定となるようにすること。
- ・ファントム近傍に配置された時のダイポールアンテナへの給電コネクタ部(図1中のC3)での反射減衰量が20dB以上であること。

1.2.3 給電装置

図1は、供給する電力の不確かさをできるだけ低くするために推奨する構成である。各構成部分は次の条件を満たすこと。

- ・信号発生器と増幅器は、所望のアンテナ入力を安定して供給できる性能を有していること。なお、信号発生器が十分に大きな出力レベルを有している場合には増幅器を必要としない。
- ・高出力の増幅器を使用して、低レベル信号を給電する場合には雑音レベルに注意すること。必要ならば、アンプの出力端に適切なローパスフィルタ・減衰器を接続し、高調波や雑音を抑圧すること。
- ・電力計(PM-1,PM-2,PM-3)には入力レベルに応じて、必要ならば減衰器を接続すること。
- ・電力計(PM-1)及び電力計(PM-1)に接続される減衰器は適切に較正されていること。
- ・方向性結合器と電力計(PM-2,PM-3)は、通過型電力計で代用することができる。
- ・電力計(PM-2,PM-3)又は通過型電力計は、低ドリフト特性と0.01dBmの分解能を有していること。ただし、これらの電力計は必ずしも絶対値較正が必要ではない。
- ・C1、C2、C3の接続において、変換コネクタが必要な場合には高性能なコネクタを使用すること。

ダイポールアンテナへの給電の手順は下記のとおり。

- (1) C1 と C2 を接続し、電力計 (PM-1) の指示値から C1 での通過電力が所望のレベルになるように信号発生器の出力レベルを調節する。
- (2) 前項目で信号発生器の調節が完了したら、その時の電力計 (PM-2) 及び (PM-3) の指示値を記録する。
- (3) C1 と C3 を接続し、電力計 (PM-2) の指示値が前項目での指示値と同じになるように信号発生器の出力レベルを調節する。
- (4) 信号発生器の出力レベルが 0.01dB ステップで調整できない場合には、(2)と(3)での電力計 (PM-2) の指示値の差を考慮してアンテナ入力を決定すること。
- (5) 電力計 (PM-3) の指示値が、同条件で行なった前回の確認作業時と変化していないことを確認すること。

1.3 試験の手順

試験は以下の手順で実施する。

- (1) 局所最大 SAR を測定する。
- (2) 得られた SAR 値を標準アンテナ等の入力電力で規格化し、以前に記録された対応する SAR 値と比較する。
- (3) 比較した結果が $\pm 10\%$ の範囲内にあることを確認する。

2 総合評価試験

2.1 目的

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。総合評価試験は、平面ファントムと標準ダイポールアンテナを用いて行うこととする。

2.2 基本構成

基本構成は、図 1 の「簡易性能試験の基本構成例」を適用する。

2.2.1 ファントム

ファントムは、「1.2.1 ファントム」を適用する。

2.2.2 標準放射源

標準放射源は、標準ダイポールアンテナとする。このダイポールアンテナは、国際標準規格^[4]や信頼できる研究機関等により示された仕様であること。

2.2.3 給電装置

給電装置は、図 1 に示す装置とし、給電の手順および各構成部分の条件は、「1.2.3 給電装置」を適用する。

2.2.4 試験の手順

総合評価試験は以下の手順で実施する。なお、手順(1)は毎回行う必要があるが、手順(2)～(6)については測定装置の変更がない場合には省略することができる。

- (1) SAR 評価：一連の平均 SAR 測定を行う。標準ダイポール入力電力は、10g 平均 SAR 値を 0.4 W/kg から 10 W/kg の範囲に収まるように調整する。局所 SAR 値を適合試験で使用される範囲内の周波数で測定する。結果は 1 W の等価入力電力で正規化し、国際標準規格^[4] や信頼できる研究機関等により示された数値計算結果と比較する。基準値との差は平面ファントムと標準ダイポールを用いた場合の局所 SAR 測定における拡張不確かさ未満であることを確認する。
- (2) 外挿手順：局所最大 SAR の評価に使用するのと同じポイント間隔を使用して、標準ダイポールの給電点を真っ直ぐ垂直軸に沿って測定する。この測定を標準ダイポールの給電点から、水平に 2cm ずらした (y 方向) 位置で繰り返す。ファントム表面での SAR を外挿によって求め、国際標準規格^[4] や信頼できる研究機関等により示された数値計算結果と比較する。基準値との差は平面ファントムと標準ダイポールを用いた場合の局所 SAR 測定における拡張不確かさ未満であることを確認する。
- (3) プロープの直線性：ステップ(1)の測定を標準ダイポールに異なる電力レベルを入力して繰り返す。各周波数に対して、10g 平均 SAR 値がおおよそ 10 W/kg、8 W/kg、2 W/kg、1.6 W/kg、0.4 W/kg となるよう電力レベルを調整する。測定した SAR 値は 1 W の等価入力電力で正規化し、ステップ(1)において 1 W で正規化した値と比較する。これらの値の差は平面ファントムと標準ダイポールを用いた場合の局所 SAR 測定における直線性に関する拡張不確かさ未満であることを確認する。
- (4) 変調応答：ステップ(1)の測定をデューティ係数 0.1 およびパルス繰り返し周波数 10 Hz のパルス変調信号で繰り返す。入力電力は 10 g 平均 SAR 値の時間平均値がおおよそ 8 W/kg、すなわち時間ピーク値ではおおよそ 80 W/kg となるように設定する。測定した局所 SAR 値は、デューティ係数 1 の場合 (連続波) の 1 W の入力電力で正規化し、ステップ(1)の 1 W で正規化した値と比較する。これらの値の差は平面ファントムと標準ダイポールを用いた場合の局所 SAR 測定における拡張不確かさ未満であることを確認する。
- (5) システムオフセット：ステップ(1)の測定を、おおよそ 0.05 W/kg の 10 g 平均 SAR 値となる標準ダイポールへの入力電力で繰り返す。測定した局所 SAR 値を 1 W の入力電力で正規化し、ステップ(1)の 1 W で正規化した値と比較する。これらの値の差は平面ファントムと標準ダイポールを用いた場合の局所 SAR 測定における拡張不確かさ未満であることを確認する。
- (6) プロープの軸等方性：プロープを標準ダイポール中心部から真っ直ぐ上方で、ファントムの内側の底面から 5 mm の位置に配置する。プロープ (あるいは標準ダイポール) を 15°以下のステップで最小 180°軸のまわりで回転させる。最大と最小の SAR の測定値を記録する。最大値と最小値の差は、平面ファントムと標準ダイポールを用いた場合の局所 SAR 測定における等方性に関する拡張不確かさ未満であることを確認する。

付録4 新旧測定方法の違い

新測定方法と旧測定方法は同様の測定原理に基づいており、測定手順に関して大きな違いはない。ただし、旧測定方法では SAR プローブセンサ寸法や SAR プローブの等方性等の条件が細かく設定されていたが、新測定方法ではこれらの条件に起因する不確かさをそれぞれ評価し、SAR 測定値の拡張不確かさが 30%以下であることとしている。新旧測定方法間の主要な違いを表 1 に示す。

新測定方法では旧測定方法に比べて、詳細な不確かさ評価に基づいて、より信頼性の高い高精度な局所最大 SAR 測定を可能としている。また、旧測定方法では耳翼から遠く離れた場所ではプローブがファントム外殻の内部表面の法線方向から大きく外れた角度で挿入されるため、等方性誤差等による不確かさが増大する可能性があったのに対し、新測定方法では、推奨事項として、プローブとファントム外殻の内部表面の法線との角度を 30°より小さくすることとしており、これにより局所最大 SAR が耳翼から遠く離れた場所に現れる場合においても高精度な測定が可能になっている。

表 1 新旧測定方法の主要な違い

| 項目 | 新測定方法 | 旧測定方法 |
|----------|---|--|
| 測定原理 | 頭部形状シェル内の人体等価液剤内部の電界を微小プローブで測定 | |
| ファントム形状 | SAM ファントム | |
| 測定条件 | 左 / 右、アンテナ伸 / 縮、頬の位置 / 傾斜の位置 (補助線の定義変更) | |
| 外殻電気特性 | ϵ_r 5、 $\tan\delta$ 0.05 | |
| 周波数 | 300MHz ~ 3GHz | |
| 直線性 | ± 0.5 dB | |
| 位置決め精度 | ± 0.2 mm | |
| 位置分解能 | 1mm 以下 | |
| 最小検出限界 | 0.01W/kg 未満 | 0.02W/kg 以下 |
| 最大検出限界 | 100W/kg より大きいこと | 100W/kg 以上 |
| 測定手順 | <ul style="list-style-type: none"> 動作モードを網羅的に測定 (プローブとシェル表面の法線との角度を 30°より小さくすることを推奨) 送信周波数帯域幅が中心周波数の 10%を超える場合、測定周波数ポイントを増加 | <ul style="list-style-type: none"> 動作モードを網羅的に測定 (プローブとシェル表面の法線との角度について記述無し) |
| SAR 算出方法 | 導電率は測定値を使用 | 記述無し (目標値を使用) |
| 電界プローブ寸法 | 外径 8mm 以下 | 外径 8mm 以下、 微小ダイポール長 5mm 以下 |
| 等方性 | 記述無し (拡張不確かさで考慮) | ± 1 dB 以内 |

| | | |
|---------|--|---|
| パルス測定誤差 | 記述無し（拡張不確かさで考慮） | ±5%以内の再現性 |
| 不確かさ評価 | 0.4W/kg から 10W/kg の局所最大 SAR 値測定の拡張不確かさが 30%以下であること | 不確かさ評価は IEC ガイドに基づくのが一般的であり、本測定方法では 30%程度以下の不確かさが達成可能 |

参考文献

- (1) 電気通信技術審議会答申,“電波利用における人体の防護指針”,Jun.,25,1990
- (2) 電気通信技術審議会答申,“電波利用における人体防護の在り方”,Apr.,24,1997
- (3) 電気通信技術審議会答申,“「携帯電話端末等に対する比吸収率の測定方法」のうち「人体側頭部の側で使用する携帯電話端末等に対する比吸収率の測定方法」”,Nov.,27,1999
- (4) IEC 62209-1, “Human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-mounted wireless communication devices – Human models, instrumentation, and procedures-, Part1: Procedure to determine the specific absorption rate (SAR) for hand-held devices used in close proximity to the ear (frequency range of 300 MHz to 3 GHz)”,2005
- (5) 電波産業会標準規格 ARIB STD-T56,“携帯型無線端末の比吸収率測定法”,Jan.,27,1998
- (6) IEC “Guide to the expression of uncertainty in measurement”, Ed. 1, 1995
- (7) IEEE Std. 1528, “IEEE Recommended Practice for Determining the Peak Spatial-Average Specific Absorption Rate(SAR) in the Human Head from Wireless Communications Devices: Measurement Techniques”, Dec. 19, 2003.
- (8) S. Watanabe, Y. Miyota, K. Sato, L. Hamada, T. Iwasaki, “Variation of measured maximum local SARs between standard-compatible commercial measurement systems (Part 2)”, Bioelectromagnetics 2005, Dublin, Ireland, pp.489-492, 2005.
- (9) Schönborn, F., M. Burkhardt and N. Kuster, “Differences in Energy Absorption Between Heads of Adults and Children in the Near Field of Sources.”, Health Physics, vol. 74, pp. 160-168, 1998.
- (10) Gordon et al., 1988 Anthropometric Survey of U.S. Army Personnel: Methods and Summary Statistics, Technical Report NATICK/TR-89/044 ,(1989)
- (11) S.Watanabe,M.Taki,T.Nojima,and O.Fujiwara, “Characteristics of the SAR distributions in a head exposed to electromagnetic fields radiated by a hand-held portable radio”, IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol.44, Oct., 1996
- (12) A. Drossos, V. Santomaa,and N.Kuster, “The dependence of electromagnetic energy absorption upon human head tissue composition in the frequency range of 300 – 3000 MHz”, IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol.48.pp.1988-1995,Nov.,2000.
- (13) M.A.Jensen and Y.Rahmat-Samii, “Performance analysis of antennas for hand-held transceivers using FDTD”, IEEE Trans. Antennas Propag., vol.42, pp.1106-1113, Aug., 1994
- (14) N. Kuster, Q. Balzano, and J.C. Lin, Eds., “Mobile Communications Safety”, Chapman & Hall, London, 1997.