

「ICNIRP及びIEEEの動き」

名古屋工業大学
平田 晃正

国際ガイドライン、わが国の指針の改定

2010年 ICNIRP低周波ガイドライン

2018年 総務省 諮問第2035号「電波防護指針の在り方」のうち「高周波領域における電波防護指針の在り方」

2019年 IEEE C95.1規格改定

2020年 ICNIRP高周波ガイドライン、ICNIRP低周波研究課題

2024年 総務省 諮問第2035号「電波防護指針の在り方」のうち「吸収電力密度の指針値の導入等」

2025年 ICNIRP高周波研究課題、IEEE Workshop Report発表予定

ICNIRP Workplan (2024-2028)

低周波ガイドライン改定

Sub-THzギャップ (300GHzにおける指針値の相違)

レーザーガイドライン改定(300 GHz以上)

ICNIRPの状況：Gaps in Knowledge (100 kHz TO 300 GHz)” Health Physics 128 (2), 190-202, 2025

*文書の性質上、リスク評価に関するもの

- ICNIRPの2020年無線周波ガイドラインの策定過程において、**利用可能なデータにはいくつかのギャップが存在することが明らかとなった**。こうしたギャップを解消するための研究を促進することで、今後のガイドラインの改定や、ばく露制限に関する勧告の改訂を進める。
- 本プロセスとそれに基づく勧告は、従来の研究計画の重複を目的とするものではなく、……、**ガイドライン策定において特に優先度の高いデータギャップ**を特定することに焦点。
- 本データギャップに関する勧告には、無線周波の健康影響に関連し得るものの、**ばく露とエンドポイントの関連性、またはエンドポイントと健康影響の関連性が既存の文献により十分に支持されていないために除外された研究課題は含まれていない**。

特定されたデータギャップ(1)

括弧内は、ロードマップでの区分において、関連のある項目。グレーによる表示は、部分的に関連する項目。

・無線周波(RF)加熱における痛覚閾値

(ヒト・動物・細胞、高周波・超高周波)

.....無線周波による温度上昇速度が痛覚閾値に与える影響、およびばく露の空間的広がりや持続時間が痛覚閾値に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした研究。

・深部体温上昇と健康影響(ヒト、高周波・超高周波)

.....100 kHz から 300 GHz にわたる無線周波(RF)EMFによる全身加熱の関係をより詳細に特性評価するためのさらなる研究を推奨。特に、ばく露時間や多周波数曝露の影響を考慮する必要がある。.....実験を用いた解析が求められる。.....小児や高齢者をに検証可能な曝露シナリオの数には限りがあるため、計算機シミュレーションを対象とした追加の研究も必要である。

特定されたデータギャップ(2)

- **眼の損傷と機能**(動物・ヒト、高周波・超高周波)

..... 人体に関するデータが最も有用であるが、高レベルのばく露を伴う実験は倫理的観点から実施が困難である可能性が高い。形態学的に人と類似した動物モデルを用いた研究を推奨。ヒト眼球における温度上昇の計算ドシメトリ研究の実施も推奨。

- **接触電流による痛覚閾値**(ヒト、高周波)

痛覚閾値に関しては、接地条件、接触面積、および体表の接触部位の影響を明確にする必要性。接触電流の振幅、接触面積、ばく露時間、内部電場、SAR、温度上昇と電界強度の関係を明らかにするための計算および実験的ドシメトリ解析研究を推奨。

データギャップが特定されていないテーマに関するコメント(項目の抜粋)

- 酸化ストレス症状
- 健康状態、および IEI-EMF(電磁波過敏症)
- 血液脳関門(BBB)の完全性および脳の生理機能神経変性疾患
- 脳の生理機能
- 前庭機能聴覚機能
- 男性の生殖能力、生殖機能
- 胎児・胚発生
- がん

ドシメトリに関して

2020年ガイドラインの主な変更点

- 1) 6 GHz以上の局所ばく露に対する基本制限として吸収電力密度の導入。
- 2) 局所ばく露の参考レベルが新たに設定され。
- 3) 四肢電流の制限周波数範囲が100 kHz～110 MHzへと拡張
- 4) 短時間ばくに対する制限の導入

現在のモデルや技術は主に健康な成人を対象としているが、一部には小児や妊婦に関するドシメトリ評価も報告されている。年齢、性別、および形態学的な差異がモデルや評価結果に与える影響をさらに検討することが望まれる。

IEEE ICESの状況：Workshopの開催

- IEEE ICES会議が、標準化に関連するドシメトリを中心としたワークショップを開催。次の規格改定に向けた課題を討論。

- 2024年2月19日、20日

- 参加登録者160名

会議委員長

Yinliang Diao (中国)、Dragan Poljak (クロアチア)、Wout Joseph (ベルギー)

プログラム委員長

Ilkka Laakso (フィンランド)、山崎健一 (電力中央研究所)

組織委員長

小寺紗千子 (名古屋工業大学)、Luca Giaccone (イタリア)

日本からの主な参加者

渡辺聡一、佐々木謙介 (情報通信研究機構)、日景隆 (北海道大学)、李 鯤 (電気通信大学)、平田晃正 (名古屋工業大学)

以降は、Yinliang Diao博士のIEEE ICES会議発表 (21 Jan, 2025) 内容を抜粋の上、本人許可のもと、平田が和訳したものである。

Y Diao et al, 'Recent Advances and Future Perspective in Computational Bioelectromagnetics for Exposure Assessments,' Bioelectromagnetics, vol.46, no.3, e70002, 2025.

組織の電気定数測定とその不確かさ要素

- (ヒト、評価・管理) 電気定数特性の測定は主に動物組織を対象に行われており、測定技術の革新を含むヒト組織を対象とした電気定数データ取得を目的とした研究
- (ヒト、評価・管理) 多様な集団における電気定数の変動を分析し、信頼性の高いデータの取得
- (ヒト・動物、評価・管理) 100 GHz以上の電気定数データベースが存在しないため、このギャップを埋めるためのデータベースの構築
- (ヒト、評価・管理) 生理学的条件の、ヒトの電磁界モデリングの不確実性に与える影響の定量化

* 本項目に関しては、周波数帯の指定なし

低周波・中間周波に関する研究

- (ヒト・動物、管理) 解剖学的にリアルなモデルを用いた、1 kHz以上の詳細な電界ばく露評価および計算の精度向上
- (ヒト、評価) 知覚閾値の評価や標準策定に適した励起モデルとの関連性を明確にし、ガイドライン設定における保守性の妥当性を検討
- (ヒト・細胞、評価) 神経活性化の研究は、固定された終端境界条件を持つ軸索モデルに焦点を当ててきた。細胞体、軸索側枝、樹状突起を含む形態的にリアルなニューロンモデルの開発と、閾値以下の影響に関する研究

高周波・超高周波に関する研究

- (ヒト、管理) IEEE C95.1-2019規格とICNIRP 2020ガイドラインにおける2 GHz以下の局所ばく露に関する参考レベルの違いについて、さらなる詳細な検討
- (ヒト・動物、評価) 30 GHz以上の周波数領域では、現在のばく露評価データが主に皮膚に限定されているため、特にヒトの眼や皮膚のモデリングを精緻化するための研究
- (ヒト・動物、評価) 全身ばく露における参考レベルと基本制限の周波数範囲が拡張されたものの、6 GHz以上の周波数における入射電力密度や全身平均SARの研究が不足
- (ヒト・動物、評価) RFによる皮膚温度上昇に対する体温調節反応に関する研究が不足。熱モデリングの相互比較を通じた検証

ガイドライン一般、接触電流

- (ヒト、管理) 全身ばく露と局所ばく露の平均化時間の違いについて、適切に対処する必要性
- (ヒト、評価・管理) 測定結果と数値モデリングの違いを考慮し、計算手法の検証精度を向上させるための研究
- (ヒト、管理) 大型の接地または非接地構造物との接触によって生じる誘導電流の危険性に関する指針の整備が急務である。

工学研究における不確定性

- (ヒト、評価・管理)適切な低減係数を導出するために、生体内電界の正確な評価および相互比較が必要である。
- (ヒト) 1 kHz以上の詳細な電界ばく露評価および相互比較の実施が求められる
- (ヒト、管理)誘導電界に対する適切な空間平均化手法の確立
- (ヒト、評価)無線通信システムにおけるビームフォーミングなど、より現実的なばく露条件の導入
- (ヒト、評価・管理)数値ドシメトリ評価と実験結果の比較検証が必要