

# はじめに

ジェイ・モートン

RF Exposure Lab

802 N. Twin Oaks Valley Road, Suite 105

San Marcos, CA 92069

電子メール：

[info@rfexposurelab.com](mailto:info@rfexposurelab.com)

ウェブサイト：[www.rfexposurelab.com](http://www.rfexposurelab.com)



# 本日のディスカッション

- 定義
  - ポータブル機器
- 電波ばく露制限と免除
  - FCC制限
  - EU制限
  - FCC免除の計算
  - EU免除の計算
- 携帯電話の試験
  - EU要件とFCC要件の違いについての説明
    - 頭部近傍
    - 胸部近傍
    - ホットスポットテストの要件
    - KDBsの試験要件（技術別）
    - EUの試験要件（技術別）
- WiFi 6E試験要件
  - FCC試験要件
  - EU試験要件



# 高周波照射の定義

- ポータブル機器の定義
  - 人体から20cm以内で動作する機器の評価 一般集団限界値
    - 四肢等（手、手首、足首、足、耳介）における制限値は、FCCとEUの両方で、組織10グラムに対して平均で4.0W/kg
    - 胸部および頭部における制限値は、FCCでは組織1グラムに対して平均で1.6W/kg、EUでは組織10グラムに対して平均で2.0W/kg
  - 人体から20cm以内で動作する機器の評価 管理/職業上の制限
    - 四肢等（手、手首、足首、足、耳介）における制限値は、FCCとEUの両方で、組織10グラムに対して平均で20.0W/kg
    - 胸部および頭部における制限値は、FCCでは組織1グラムに対して平均で8.0W/kg、EUでは組織10グラムに対して平均で10.0W/kg
      - この制限は、民生用機器またはFCCで民生用と定義された帯域には適用されない。
        - 例えば、職業用 PTT に WiFi モジュールを搭載した場合、LMRバンドは職業用制限、WiFiは一般集団用制限で評価される。
    - 6GHz以上では、FCCの評価にMPE制限を適用し、62209-1528がEUで承認されれば、10GHzまでのSARと10GHz以上のMPEについての試験がなされる。

# FCC免除閾値

- オプションA
  - すべての周波数、すべての距離に適用
    - SAR試験免除、MPE試験免除のどちらにも使用可
    - $P \leq 1 \text{ mW}$
    - 完全な除外のためには制限が1つある
      - 一つの機器内に複数の送信機がある場合、すべての送信機が同時に最大電力1mWを満たす必要がある
      - これは 1.1307(b)(3)(i)(A) および 1.1307 (b)(3)(ii)(A) で詳しく説明

# FCC免除閾値（続き）

- オプションB

- 周波数300MHz～6GHz、距離5mm～40cmに適用
  - このオプションは、SAR除外のため
  - 下限値の引き下げを検討中
- 時間平均最大電力またはERPのいずれか大きい方が、 $\leq P_{th}$  でなければならない
  - $P_{th}$  は、f GHz で動作する機器について、送信機からユーザーまでの距離（cm）に基づいて計算

$$P_{th} \text{ (mW)} = ERP_{20cm} (d/20)^x \quad (d \leq 20\text{cmの範囲で})$$

$$P_{th} \text{ (mW)} = ERP_{20cm} \quad (20\text{cm} < d \leq 40\text{cmの範囲で})$$

$$x = -\log_{10} \left( \frac{60}{ERP_{20cm} \sqrt{f}} \right)$$

$$ERP_{20cm} \text{ (mW)} = 2040 f \quad (0.3 \text{ GHz} \leq f < 1.5 \text{ GHz})$$

$$ERP_{20cm} \text{ (mW)} = 3060 \quad (1.5 \text{ GHz} \leq f \leq 6 \text{ GHz})$$

# EU免除閾値

- 多くの一般規格と製品個別の規格
  - 主にEN 62311、EN 62479、EN62209、EN 50566、EN50360を使用
  - EUでは、電力や距離に応じて2種類の除外レベルがある
    - 電力除外は制限値の10倍でmWを単位とする
      - 全身の一般集団のSARでは、制限値2.0W/kgなので除外値は20mW
      - 四肢等の一般集団のSARでは、制限値は4.0W/kgなので、除外値は40mW
      - 全身の職業SARについては、制限値10.0W/kgなので、除外値は100mW
      - 四肢および耳介の職業SARの場合、制限値は20.0W/kgなので、除外値は200mW

# EU免除閾値（続き）

- 数式による除外レベル
  - 除外電力レベルの決定には、次の公式を使用する

$$P_{\max}' = \exp[A_s + Bs^2 + C \ln(BW) + D] \quad (\text{B.1})$$

ICNIRP ガイドライン [1] および IEEE Std S¥C95.1-2005 [3] の  $SAR_{\max} = 2 \text{ W/kg}$  平均  $m = 10 \text{ g}$  の SAR 制限に準拠して、式 (B.1) に式 (B.2) から (B.5) を代入する。

$$A = (-0,4588f^3 + 4,407f^2 - 6,112f + 2,497)/100 \quad (\text{B.2})$$

$$B = (0,1160f^3 - 1,402f^2 + 3,504f - 0,4367)/1000 \quad (\text{B.3})$$

$$C = (-0,1333f^3 + 11,89f^2 - 110,8f + 301,4)/1000 \quad (\text{B.4})$$

$$D = -0,03540f^3 + 0,5023f^2 - 2,297f + 6,104 \quad (\text{B.5})$$

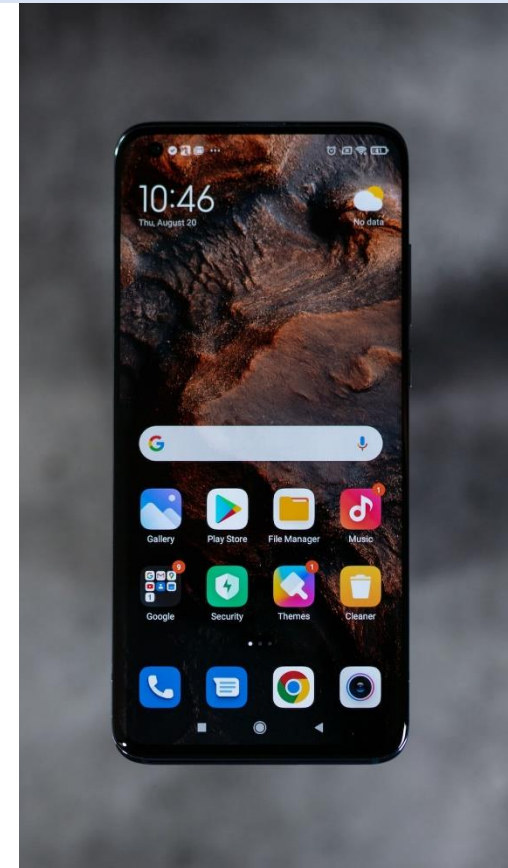
$m = 10 \text{ g}$  の平均質量を使用した  $SAR_{\max}$  のその他の値については、最終的な  $P_{\max}'$  値に  $SAR_{\max}/2 \text{ W/kg}$  を掛ける。

- $s$  は距離、 $BW$  は自由空間アンテナ帯域幅、 $f$  は単位GHz



# 電波ばく露 携帯電話用KDB

- 携帯電話に特化した技術
  - SARの技術に特化したKDBは多数存在する
    - これらのKDBを利用すると試験量の低減ができ、デバイス試験の回数抑制につながる
      - 802.11、LTE、3G HSPA、HSPA+、5G Sub 6に対応した指針が利用できる
      - 頭部、胴部、四肢等のSAR試験の低減に使用。
      - 指針では、出力電力とSAR値に基づいて試験するチャンネル/動作モードの数を制限している
    - 試験用アレイシステム
      - 各帯域で最も高いSAR値を決定するのに使用可能
      - 各バンドのSARシステムで最も高い値をテストし、1.2W/kg以上の値をすべてテストする
      - WWAN帯にのみ適用できる
    - 試験要件
      - 1 RB最高出力設定試験後、測定値に基づいて隣接
      - 50% RB最高出力設定試験後、測定値に基づいて隣接





# EU携帯電話規格

- 製品個別規格
  - EN50361 一般システム要件
    - 試験のためのシステムパラメータを記述する
  - EN50360 耳に近接して使用されるトランスミッタ
    - 携帯電話の試験要件
    - EN62209-1に記載されている試験構成
  - EN50566 人体に近接して使用されるトランスミッタ
    - 携帯電話の試験要件
    - EN62209-2に記載されている試験構成

# 携帯電話における試験の違い

- 頭部、胴部、四肢等の検査が必要となる
  - 頭部測定
    - FCCとEUとで、測定方法は同じ
    - すべての帯域と技術について、左、右、接触、傾斜の試験を行う
  - 胴部測定
    - FCCとEUとで異なる
    - すべての帯域と技術を試験するFCC要件
      - ホットスポットの範囲にない携帯電話で、背面の距離が25mm以下のもの。
      - 90年代は携帯電話のサイズが大きかったため、すべての携帯電話にベルトクリップがついていた。その当時の要件。
      - ホットスポットの範囲にある携帯電話で、すべての面からの距離が10mm以下のもの。
    - すべての帯域と技術に関するEU要件
      - 距離0mmで全面を試験
  - 四肢等の測定
    - FCCとEUとで、測定方法は同じ
    - 距離0mmで全帯域・全技術を試験

# WiFi 6E向け電波ばく露に関する手順書

- 6GHz以上の送信機を搭載した携帯機器の試験
  - WiFi 6Eは、現在、SARと電力密度の両方の試験が必要
    - FCCは、同団体が電力密度の測定精度を確定できるようになるまで、当分の間は、両方の試験を要求している
    - 電力密度測定は、ユースケースに応じた適切な距離の近距離場で実施する
    - すべての測定は、測定周波数帯域において、近距離場測定用に較正されたプローブを用いて実施しなければならない
    - Dasyシステムなどのロボットアームにプローブを装着して試験を実施する
    - WiFi 6E以外の6GHz以上の機器は、電力密度の測定のみ要求される
    - 電力密度の測定対象となる機器にはPAGが必要



# FCC試験要件

- WiFi 6EのFCC試験には、以下の手順が必要
  - 6GHz帯の5チャンネルについて空間ピークSARを測定
  - システムがサポートしている場合は、吸収電力密度(APD)を測定
  - チューンアップ公差の上限まで段階的に高くする
  - 5チャンネルについて入射パワー密度 (IPD) を測定する
  - チューンアップ公差の上限まで段階的に高くする

# EUの試験要件

- 測定はMPEについてのみ実施
  - EUでは、PDについては6GHz以上における試験を要求
  - 63195-1に準拠した測定を行う
  - 63195-2に基づいて計算評価
  - SAR測定は行わない
  - 62209-1528は、SARを10GHzまで拡張
  - 62209-1528は、EUでの承認待ち
  - 承認されると、WiFi 6EのSAR測定が実施される

# ご質問