



既存の60GHz帯特定小電力無線局の技術基準(空中線電力10mW、空中線利得47dBi)とは別に、10mWを超える空中線電力を使用する場合の無線設備の技術的条件を下記のとおり定める。

	60GHz帯特定小電力無線局	新たな60GHz帯無線システム
周波数帯	57-66GHz	57-66GHz
単位チャンネル	規定なし	規定なし
無線チャンネル	規定なし	規定なし
空中線電力	10dBm以下	24dBm以下
等価等方輻射電力	規定しない	40dBm以下
空中線利得	47dBi以下	空中線電力10dBmを超える場合は最大方向10dBi以上
変調方式	規定しない	規定しない
キャリアセンス	規定しない	キャリアセンスによる干渉低減機能を有すること。
占有周波数帯幅	9GHzを上限とし、規定しない。	9GHzを上限とし、規定しない。
不要発射の強度の許容値	55.62GHz未満:-30dBm/MHz以下 55.62~57GHz:-26dBm/MHz以下 66~67.5GHz:-26dBm/MHz以下 67.5GHz以上:-30dBm/MHz以下	55.62GHz未満:-30dBm/MHz以下 55.62~57GHz:-26dBm/MHz以下 66~67.5GHz:-26dBm/MHz以下 67.5GHz以上:-30dBm/MHz以下
空中線電力の許容偏差	上限50%、下限70%	上限50%、下限70%
周波数の許容偏差	指定周波数帯又は±500ppm	±20ppm

電波防護指針の適合について

基本的な考え方

○60GHz帯無線システム(11ad/WiGig)における利用形態としては、主としてパソコン等の情報端末における無線LANの利用イメージ(アクセスポイントを含む)が想定される。また、将来的には携帯電話などのモバイル端末も想定されるが、障害物により電波が遮断される電波の伝搬特性から、携帯電話のように持ち歩きながら通信をすることは想定されない(固定的な利用が主体)ため、頭部への影響は現時点では懸念されないと考えられる。そのため、それ以外の部位が受けるエネルギー量について、検討を実施。

検討方法について

平成11年郵政省告示第300号においては、空中線入力電力P[W]、空中線からの距離R[m]、主輻射方向の利得G[倍]を用いて、電力束密度S[mW/cm²]の値が次式により算出できるものとしている。(反射は考慮しない。)

$$S = \frac{P \cdot G}{40\pi R^2} \text{ [mW/cm}^2\text{]}$$

..... ①

また、近傍界における電力密度の計算は、開口面空中線の算出式が適用可能であり、下記の通りとなる。

ア: アンテナ表面

$$S = \frac{4P}{A} \cdot \frac{1}{10} \text{ [mW/cm}^2\text{]}$$

イ: 距離Rが $0 \sim D^2/4\lambda$ [m]のとき

$$S_{nf} = 16 \frac{\eta P}{\pi D^2} \cdot \frac{1}{10} \cdot K \cdot F \text{ [mW/cm}^2\text{]}$$

ウ: 距離Rが $D^2/4\lambda \sim 0.6D^2/\lambda$ [m]のとき

$$S = \frac{D^2}{4\lambda R} \cdot S_{nf} \text{ [mW/cm}^2\text{]}$$

..... ②

⇒11ad/WiGigの各ユースケースを勘案した上で、上記計算式により電力密度を算出。 2

各ユースケースに基づく検討

検討の条件について

11ad/WiGigで想定される実利用に即して、人体に放射される電力密度を計算。

- ・アクセスポイント及びPC端末については、空中線電力24dBm、空中線利得16dBi
- ・携帯電話端末については、空中線電力17dBm、空中線利得15dBi

アクセスポイント(無線LAN)



本システムは固定的に利用され、通常の利用形態では1m以上の距離で使用される。

利用されるアンテナの口径は50mm程度と想定され、その場合遠方界との境界は1mとなる。従って、①の式が適用可能となる。

アンテナからの距離が1mの点における電力密度 S は

$$S=10/(40\pi \times 1^2)=0.0796[\text{mW}/\text{cm}^2]$$

となる。

よって、指針値を満足する。

PC端末(無線LAN、ワイヤレスドッグ)



利用形態を勘案すると、PC端末と人体との離隔距離は30cm程度となると考えられる。

利用されるアンテナ口径は25mm程度と想定され、その場合の遠方界との境界は25cmとなる。従って、①の式が適用可能となる。

アンテナからの距離が30cmの点における電力密度 S は

$$S=10/(40\pi \times 0.3^2)=0.884[\text{mW}/\text{cm}^2]$$

となる。

よって、指針値を満足する。

携帯電話端末(無線LAN)



利用形態を勘案すると、端末と人体との離隔距離は離隔距離は~30cm程度と考えられる。

利用されるアンテナ口径は12mm程度と想定され、その場合遠方界との境界は5.76cmとなる。従って、利用状況によっては、人体に近傍界の電力が照射される可能性がある。従って、②の式を適用すると、0~7.2mmの範囲においては77mW/cm²となり、それより遠方は距離に比例して減衰するという結果となった。

これは指針値を上回る値であるが、後述する通信機能を勘案することによって、指針値を満足することができると考えられる。

電波防護指針の適合について(案)

計算結果

ユースケースに基づいて電力密度を計算した結果、人体との離隔距離が保てるアクセスポイントやPC端末等に利用される場合は指針値を満足できるという結果になったが、人体近傍で利用する携帯端末やスマートフォンでの利用においては、指針値を上回る値となった。

しかし、下記に示す11ad/WiGigが有する通信機能や時間率を勘案することによって、指針値と比較する人体ばく露量(電力密度)を低減することが可能である。

通信機能による人体への影響の軽減方法

○ 60GHz帯無線システム(11ad/WiGig)は、ビームフォーミングの実装が義務づけられており、通信相手となる端末以外の方向に電波が照射されないように制御される。

○ ビームフォーミングは、Sector Level SweepとBeam Refinement の2段階に分かれており、まずSector Level Sweepで相手を探索し、通信を確立する。Sectorは三次元的に最大64まで分けることが可能。Beam RefinementはSector Level Sweepが終わったあと適宜(たとえばリンクが切れた後など)に実施することになっている。

また、Sector Level Sweepの時間は、11adの規格において、 $\text{dot11MaxBFTTime} (1 \sim 16) \times \text{beacon interval}$ で規定されている。また、beacon intervalは1024msまでとなっていることから、一回のスweep時間はどんなに長くても16s程度となる。

16sで全セクターのスweepを終了するため、主ビームは数ms～数s程度で人体とは別方向を向くものと考えられる。

実装上は、16sだとユーザの待ち時間が長すぎるため現実的ではなく、スweep時間は1～2ms程度となるとされている。

条件としてスweep時間10ms、一分間に一回スweepすると仮定した場合、6000分の1程度には緩和できると想定される。

○ 最適なリンク上に人間が存在する場合でも、人体による減衰が大きいことから、通信が確立できず、人体を避けてリンクを構築することになる。基本的にトライバンド(2.4GHz帯、5GHz帯、60GHz帯)対応のシステム普及が予想され、60GHz帯で通信が確立できない場合、他の周波数を用いて通信が行われる。

○ 以上により、ビームフォーミングにより人体への照射がごく短時間に限定される可能性がある。

なお、実装されたアンテナの特性(ビーム幅やサイドローブ利得)によっては、ビームフォーミングによる時間率軽減が必ずしも適用できないことに注意が必要である。

電波防護指針の適合について

まとめ

○現在想定される利用ケースを前提に検討したところ、アクセスポイントやPC端末等での利用においては、指針値を概ね満足する結果となった。他方、携帯電話端末等、人体に近接して利用するシステムは、時間率を考慮しない計算においては指針値を上回る結果となったが、人体への影響を軽減する通信機能の実装や実態的な送信時間を勘案することで、今回検討したケースにおいて指針値を満足するものと考えられる。

○ただし、今後、今回検討したケース以外に、より人体の近傍における利用ケースが拡大する可能性も考えられる。また、アンテナ特性等によってはサイドローブの影響についても懸念される。そのようなケースにおいては、指針値を満足するよう利用ケースに応じて送信出力の低減や通信機能、送信時間を考慮する等、必要な措置を講じていくべきである。

特に、頭部付近での使用が想定される場合については、眼部への影響を防護するための措置が必要となることに注意が必要である。

【参考】電波防護指針について

電波防護指針とは

電波ばく露による人体への健康影響を防止するため、基本的な考え方や、それに基づく電波の強さの基準値等を示したもの。(電技審H2年答申、H9年答申、情通審H23年答申の総称)

概要

- 電波を発する無線設備は、人体の安全性を評価するための「基礎指針」を満たす必要がある。
- 基礎指針は測定が難しいため、実測できる物理量で示した「管理指針」があり、また管理指針は「電磁界強度指針」、「補助指針」及び「局所吸収指針」から構成される。
- 電磁界強度指針は、対象とする空間における電界強度、磁界強度、電力密度によって、当該空間の安全性を評価するための指針。
- 補助指針は、電磁界強度指針を満足しない場合において、基礎指針に従った詳細評価を行うための指針。
- 局所吸収指針は、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、身体の一部が電磁界にさらされる場合に、基礎指針に従った詳細評価を行うための指針。

【60GHz帯無線設備に関する各指針値】

○**電磁界強度指針**(一般環境(条件G)・(平均時間6分間))

	電界強度の実効値E[V/m]	磁界強度の実効値H[A/m]	電力密度S[mW/cm ²]
1.5GHz～300GHz	61.4	0.163	1

○**補助指針**(一般環境)

・人体が電磁界に不均一又は局所的にさらされる場合の指針(平均時間6分間)

	電磁界強度の空間的平均値	電磁界強度の空間的最大値	適用する空間
3GHz～300GHz	左表を適用	体表: 10mW/cm ² 眼: 2mW/cm ²	電波放射源、金属物体から 10cm以上離れた 人体の占める空間

○**局所吸収指針**(一般環境)

- ・電磁放射源(主にアンテナ)や放射に係る金属(筐体等)との距離が**20cm以内の場合に適用**。
- ・100kHz以上6GHz以下について適用(比吸収率2W/kg以下を要求)
→**60GHz帯については規定がない**。