

技術的条件（電波防護指針への適合性）の 検討状況について

平成30年12月18日

○ 電波防護指針

各種無線設備から発射される電波が人体に与える影響について、電波法施行規則第21条の3及び無線設備規則第14条の2に基づき指針が定められている。

○ 指針の概要

- ・基礎指針: 人体が電磁界にさらされるととき人体に生じる各種の生体作用(体温上昇に伴う熱ストレス、電流刺激、高周波熱傷等)に基づいて、人体の安全を評価するための指針
- ・電磁界強度指針: 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、当該区間の安全性を評価するための指針
- ・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、基礎指針に従った詳細評価を行うために使用する指針
- ・その管理に係る事項には、管理環境と一般環境の条件がある。
 - 管理環境: 人体が電磁界にさらされている状況が認識され、電波の放射源を特定できるとともに、これに応じた適切な管理が行える条件を指す。
 - 一般環境: 人体が電磁界にさらされている状況の認識や適正管理等が期待できず、不確定な要因があるケース(環境)を指す。

○ 高度化FPUにおける対応

今回、追加される基地局無線局について評価を行う。また、FPUの使用において、人体が無線設備の近傍にある可能性が否定できないことから、それぞれ適合性を確認した。

(1) 電磁界強度指針

○計算式

電波の強度は、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]を用いて式(1)により電力束密度 S_0 [mW/cm²]の値を算出。

$$S_0 = \frac{PG}{40\pi R^2} \cdot K \text{ [mW/cm}^2\text{]} \quad (1)$$

K は反射係数であり、ここでは大地面反射を考慮することとし、 $K = 2.56$ とする。

式(1)が下表の基準となる電力束密度以下であれば、適合と判断する。
なお、基準値には一般環境の指針値を用いた。

表 電磁界強度(平均時間6分間)の基準値(電波法施行規則別表第2号の3の2)

周波数	電界強度実効値	磁界強度実効値	電力束密度
1.2GHz帯 (1270MHz)	$1.585\sqrt{f}$ [V/m] (56.48以下)	$\sqrt{f}/237.8$ [A/m] (0.149以下)	$f/1500$ [mW/cm ²] (0.846以下)
2.3GHz帯	61.4以下	0.163以下	1以下

電磁界強度指針の検討

○ 最も条件が厳しいモデルとなる運用モデル1及びロードレース中継での典型的なモデルである運用モデル3の検討結果を下表にまとめた。

運用モデル	周波数帯	回線	電力束密度の制限値以下の距離
運用モデル1 (固定中継) 長距離で中継車から 基地局へ、見通し内	1. 2GHz 帯 (1270MHz 帯)	上り	3. 0096m以上 (反射なし) / 4. 8154m以上 (反射あり)
		下り	1. 2106m以上 (反射なし) / 1. 9370m以上 (反射あり)
	2. 3GHz 帯 (2350MHz 帯)	上り	3. 5029m以上 (反射なし) / 5. 6046m以上 (反射あり)
		下り	1. 9903m以上 (反射なし) / 3. 1845m以上 (反射あり)
運用モデル3 (移動中継) 市街地近距離で 中継者から基地局へ、 見通し外を含む	1. 2GHz 帯 (1270MHz 帯)	上り	1. 3757m以上 (反射なし) / 2. 2010m以上 (反射あり)
		下り	0. 5998m以上 (反射なし) / 0. 9597m以上 (反射あり)
	2. 3GHz 帯 (2350MHz 帯)	上り	1. 6011m以上 (反射なし) / 2. 5618m以上 (反射あり)
		下り	0. 8789m以上 (反射なし) / 1. 4062m以上 (反射あり)

○ その他のモデルについて、試算の詳細を文末に添付。
 試算結果として、電力束密度の制限値による離隔距離が必要となる。ただし、以上の
 試算については、基準値に一般環境の指針値が用いられており、引き続き、検討を行う。

(2) 局所吸収指針

○ 局所吸収指針

電波防護指針では、人体局所の任意の組織10gにわたり平均した10g局所平均SARおよび全身にわたり平均した全身平均SARについて、下記の指針値が提示。

表 局所吸収指針（平均時間6分間）の基準値

	10g平均局所SAR	全身平均SAR
管理環境	10W/kg以下 (四肢：20W/kg以下)	0.4W/kg以下
一般環境	2W/kg以下 (四肢：4W/kg以下)	0.08W/kg以下

○ 計算式

$$SAR = \frac{\sigma}{\rho} E^2 [W/kg]$$

σ [S/m]：生体組織の導電率
 ρ [kg/m³]：生体組織の密度
 E [V/m]：電界強度の実効値

○ 1.2/2.3GHz帯4K・8K用FPUにおける計算条件

ビームフォーミング利得とTDDの効果を考慮。

ビームフォーミング利得6dB → SARが4倍
 TDDの効果 上り回線では1.9ms/2.2ms → SARが0.8636倍
 下り回線では0.3ms/2.2ms → SARが0.1364倍

局所吸収指針の検討

○ 計算結果

周波数帯（送信機出力、中心周波数）	距離 [mm]	10g平均局所SAR [W/kg]	全身平均SAR [W/kg]
1. 2GHz帯 (25W、1270MHz)	200	10.0	0.13
	400	4.1	0.08
	1000	1.0	0.03
2. 3GHz帯 (25W、2350MHz)	200	14.2*	0.15
	400	6.9	0.09
	1000	2.4	0.04
1. 2GHz帯 (5W、1270MHz)	200	2.00	0.03
	400	0.83	0.02
	1000	0.21	0.01
2. 3GHz帯 (5W、2350MHz)	200	1.77	0.02
	400	0.86	0.01
	1000	0.30	0.005

○ 人体が無線設備の近傍にある可能性が高いモデルとして移動局(上り)の評価結果を示す。
当該設備は、業務用途であり、無線従事者の配置環境で使用。管理環境の基準で評価。

・10g平均局所SAR: 基準値となる10W/kgを上回る試算が1件(*)認められるが、これは仕様上の最大電力での試算。人と送信アンテナの距離が近接する背負子やオートバイからの送信は最大5Wであり、その計算結果から安全確保が可能。

・全身平均SAR : 基準値となる0.4W/kgを下回っており、電波防護指針に適合。

(参考) 電磁界強度指針による検討結果 (1.2GHz帯)

4K・8K用FPUでは、移動局で4基、基地局では2基の送信アンテナを用いる。ここでは、複数のアンテナを1台と見なして、総電力を与えた場合について検討した。下表(4表)の「基準値=算出値となる距離」が安全な距離である。基準値には一般環境の指針を用いた。

表1 電波防護のためのアンテナからの距離 (1.2GHz帯、上り回線)

項目	運用モデル1	運用モデル2	運用モデル3	運用モデル4	運用モデル5	運用モデル6	単位	備考
周波数	1270.0	1270.0	1270.0	1270.0	1270.0	1270.0	MHz	
送信機出力	25.00	25.00	25.00	25.00	0.5	0.5	W	
給電線等損失	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	dB	
空中線利得	12.0	7.2	5.2	0	5.2	5.2	dB	
ビームフォーミング利得	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	dB	
TDDによる電力損	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	dB	$10\log(1.9/2.2) = -0.64$ (dB)
反射係数	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56		
電力束密度基準値 (30MHz~300GHz)	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	mW/cm ²	
基準値となる距離(反射考慮)	4.8	2.8	2.2	1.2	0.3	0.3	m	
基準値となる距離(反射無視)	3.0	1.7	1.4	0.8	0.2	0.2	m	

表2 電波防護のためのアンテナからの距離 (1.2GHz帯、下り回線)

項目	運用モデル1	運用モデル2	運用モデル3	運用モデル4	運用モデル5	運用モデル6	単位	備考
周波数	1270.0	1270.0	1270.0	1270.0	1270.0	1270.0	MHz	
送信機出力	25.00	25.00	25.00	25.00	0.5	0.5	W	
給電線等損失	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	dB	
空中線利得	18.1	14.0	12.0	7.2	14.0	12.0	dB	
TDDによる電力損	-8.7	-8.7	-8.7	-8.7	-8.7	-8.7	dB	$10\log(0.3/2.2) = -8.65$ (dB)
反射係数	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56		
電力束密度基準値 (30MHz~300GHz)	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	mW/cm ²	
基準値となる距離(反射考慮)	1.9	1.2	1.0	0.6	0.2	0.1	m	
基準値となる距離(反射無視)	1.2	0.8	0.6	0.4	0.1	0.1	m	

(参考) 電磁界強度指針による検討結果 (2.3GHz帯)

表3 電波防護のためのアンテナからの距離 (2.3GHz帯、上り回線)

項目	運用モデル1	運用モデル2	運用モデル3	運用モデル4	運用モデル5	運用モデル6	単位	備考
周波数	2350.0	2350.0	2350.0	2350.0	2350.0	2350.0	MHz	
送信機出力	40.00	40.00	40.00	40.00	0.5	0.5	W	
給電線等損失	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	dB	
空中線利得	12	7.2	5.2	0	5.2	7.2	dB	
ビームフォーミング利得	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	dB	
TDDによる電力損	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	dB	$10\log(1.9/2.2) = -0.64$ (dB)
反射係数	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56		
電力束密度基準値 (30MHz~300GHz)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	mW/cm ²	
基準値となる距離 (反射考慮)	5.6	3.2	2.6	1.4	0.3	0.4	m	
基準値となる距離 (反射無視)	3.5	2.0	1.6	0.9	0.18	0.2	m	

表4 電波防護のためのアンテナからの距離 (2.3GHz帯、下り回線)

項目	運用モデル1	運用モデル2	運用モデル3	運用モデル4	運用モデル5	運用モデル6	単位	備考
周波数	2350.0	2350.0	2350.0	2350.0	2350.0	2350.0	MHz	
送信機出力	40.00	40.00	40.00	40.00	0.5	0.5	W	
給電線等損失	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	dB	
空中線利得	21.1	18.1	14.0	7.2	18.1	14.0	dB	
TDDによる電力損	-8.7	-8.7	-8.7	-8.7	-8.7	-8.7	dB	$10\log(0.3/2.2) = -8.65$ (dB)
反射係数	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56		
電力束密度基準値 (30MHz~300GHz)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	mW/cm ²	
基準値となる距離 (反射考慮)	3.2	2.3	1.4	0.6	0.3	0.2	m	
基準値となる距離 (反射無視)	2.0	1.4	0.9	0.4	0.2	0.1	m	