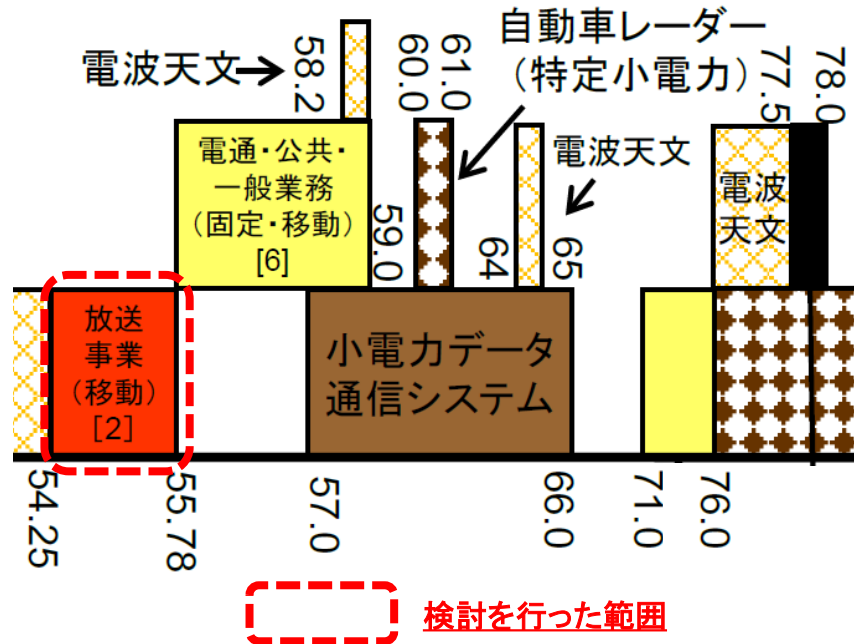


57～64GHz帯の帯域外システムとの干渉検討結果

情報通信審議会 情報通信技術分科会 陸上無線通信委員会
60GHz帯無線設備作業班(第2回)

2019.6.14 株式会社ディーエスピーリサーチ

57～64GHz周辺における周波数割り当てと使用状況（抜粋）



54.25～55.78GHz帯の放送事業用として、平成27年度60GHz帯無線設備作業班での検討時と同様に、FPUに対する干渉を検討

今回の検討対象周波数以外の次の無線局について検討を実施(予定):

- 探査衛星業務(受動)
本報告書に記載
- 電波天文(二次高調波)
現在検討中

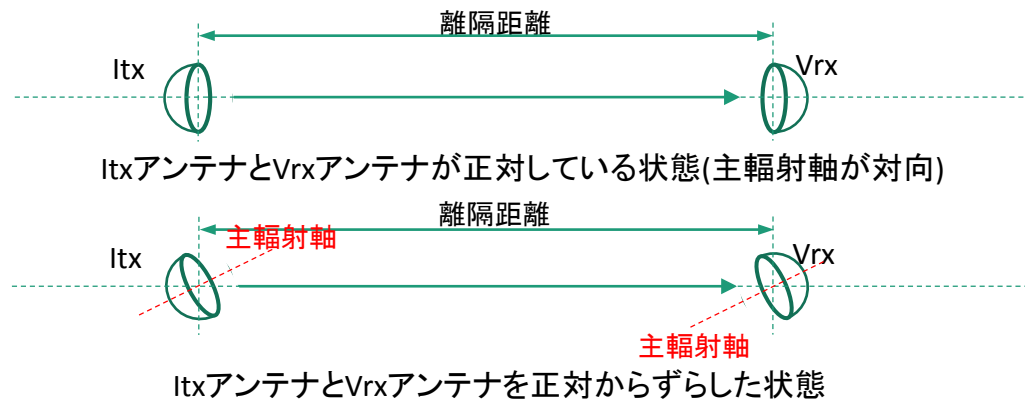
割当周波数等	システム
50.2～50.4, 52.6～59.3GHz 地球探査衛星(受動)	DMSP F-18他(米国), JPSS-1他(米国), Metop-C他(欧州), FY-3D他(中国), Meteor-M N2他(ロシア)
55.78～59GHz 電通・公共・一般業務	FPU
114.25～116GHz 電波天文	国立天文台 野辺山45m局

ミリ波帯センサーシステムの低域側に隣接し55GHz帯FPUが割り当てられており、影響が懸念されるため干渉検討を実施

評価方法:

与干渉側システム(ミリ波帯センサーシステム (Itx))と被干渉側システム(55GHz帯FPU (Vrx))を正対させた条件下での許容INRから離隔距離を算出。

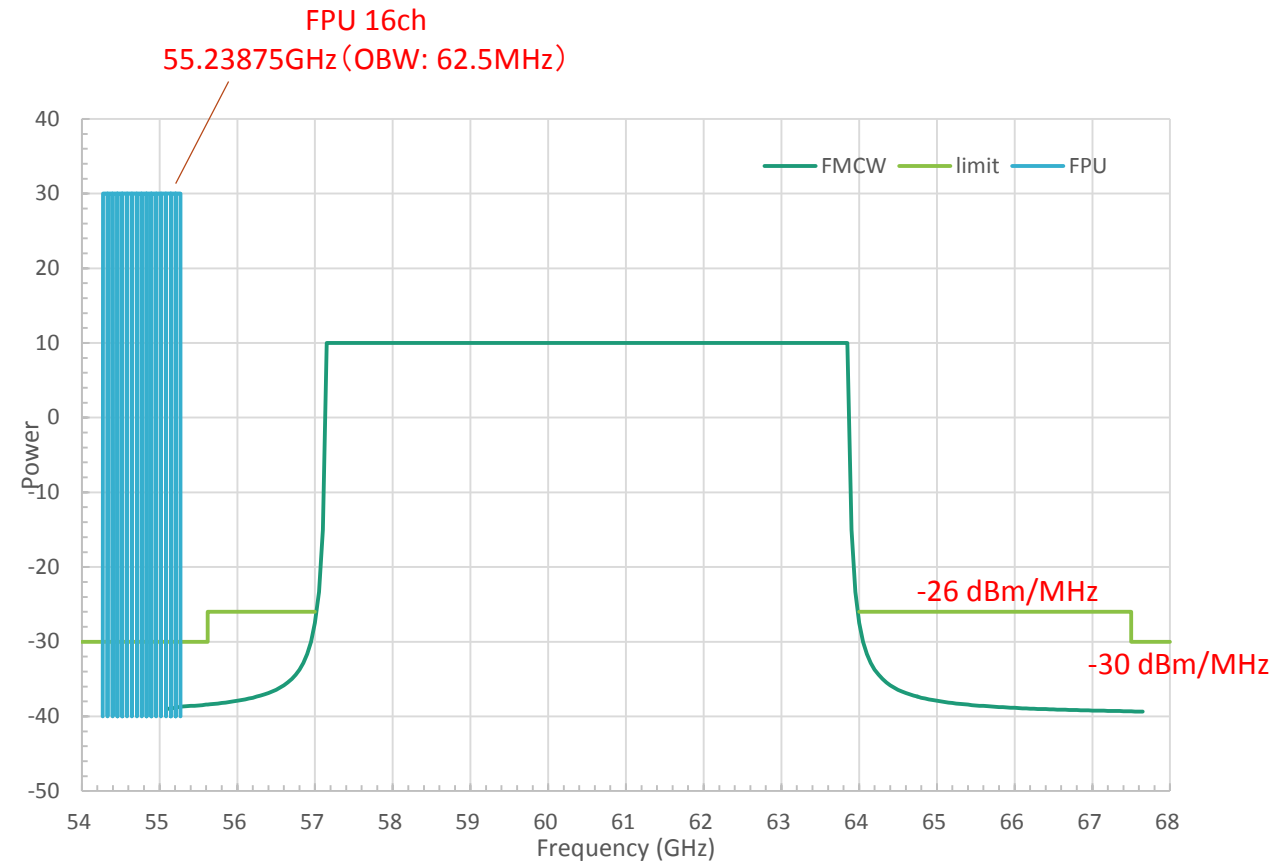
評価条件: ITx～VRxを正対及び正対からずらした状態



許容INR(干渉波レベルと受信局の熱雑音の比)を基準とした机上計算による離隔距離を評価指標とする。

離隔距離は、許容INRを-20dB*と設定した場合の許容干渉波レベルを算出し、等価となるシステム間の距離となる。

VrxがItxより被る干渉電力は、60GHz帯小電力データ通信システムの不要発射の限度値(-30 dBm/MHz)を用いる。



* ITU-R Rec. BT. 1895より引用

干渉検討に用いたシステムの諸元 @ 55.27 GHz 及びアンテナモデル

与干渉側システムの諸元

周波数	55.27 GHz
干渉電力	-30 dBm
空中線利得	0 dBi
空中線半値角	+ / - 60 deg.

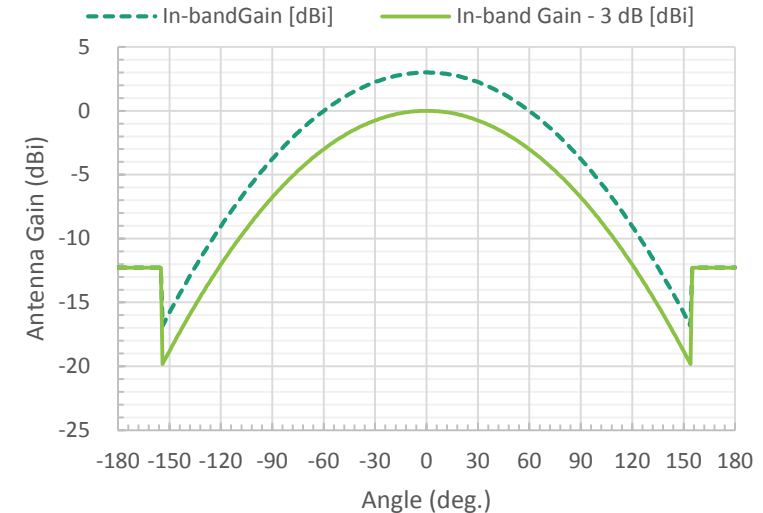
55GHz帯でのItxのアンテナ利得が不明のため、0dBiとした

被干渉側システムの諸元

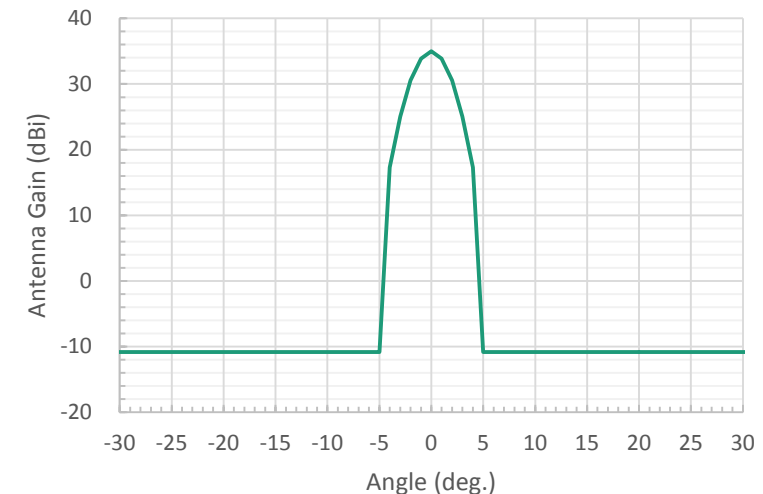
受信空中線利得	35 dBi
受信空中線半値角	+ / - 1.65 deg.
受信帯域幅	54.4MHz
受信帯域オフセット	-15.99 dB
大気吸収損	5 dB/km
雑音指数	10 dB
熱雑音電力	-86.47 dB
許容INR	-20 dB

受信帯域オフセットは、Vrxが受信する干渉波の帯域内オフセットを示す

ItxとVrxの正対方向に対する アンテナ角度 (deg.)	Itx Antenna Gain (dBi)	Vrx Antenna Gain (dBi)
0	0	35
1	0	33.89
2	0	30.58
3	-0.01	25.05
4	-0.01	17.31
5	-0.02	-10.81
6	-0.03	-10.81
10	-0.08	-10.81



ミリ波センサーシステムのアンテナパターン(シミュレーション)
Beam= 120 [deg.], G= 0 [dBi], Sidelob= 154 [deg.], -19.83 [dBi]

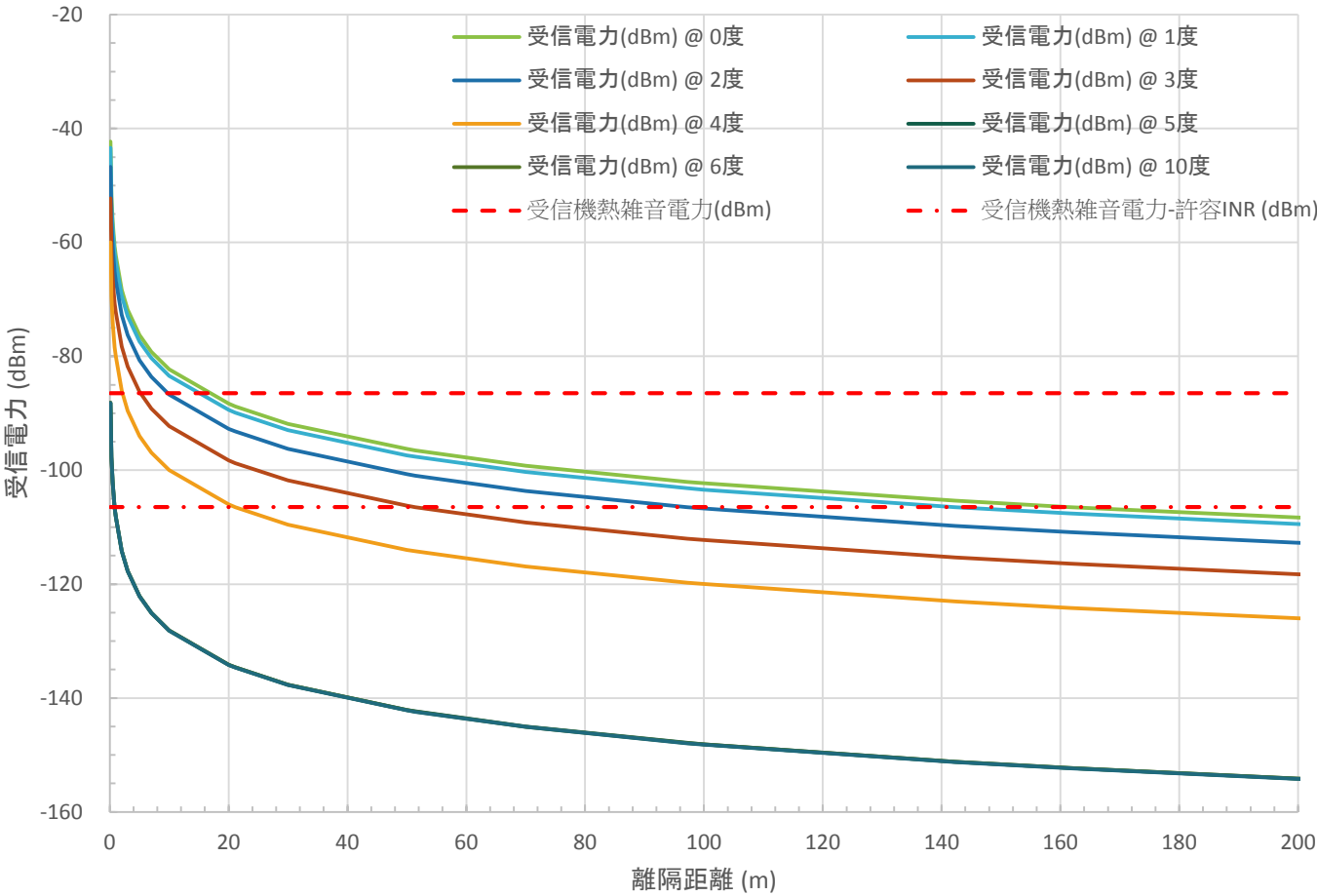


FPUのアンテナパターン(IEEEモデルによるシミュレーション)
Beam= 33 [deg.], G= 35 [dBi], Sidelob= 5 [deg.], -10.81 [dBi]

検討結果：

離隔距離を評価指標として干渉評価を実施した。FPUとミリ波帯センサーシステムが正対した場合は161.7mの離隔距離が必要との結果となったが、アンテナ指向性による角度差が大きくなるほど干渉量が緩和される結果となった。

FPUとミリ波帯センサーシステム間では特定の対向条件では干渉が起こり得るが、FPUに正対する位置へのミリ波帯センサーシステムの進入を防ぐなどの運用により、共用可能と考えられる。



ItxとVrxの正対方向に対するアンテナ角度 (deg.)	0	1	2	3	4	5	6	10
所要改善量 (dB)	-64.18	-63.07	-59.76	-54.22	-46.48	-18.35	-18.34	-18.29
所要離隔距離 (m)	161.7	142.3	97.2	51.4	21.1	0.826	0.825	0.821

地球探査衛星業務

地球探査衛星業務は、日本での運用は行われていないが、米国NOAA(海洋大気庁)やEUMETSAT(欧州気象衛星機関)が運用する低軌道衛星が日本上空を通過するため、ミリ波帯センサーシステムがこれらに与える影響について干渉検討を実施。

Sat. Name	Orbital altitude (km)	Received Freq. (GHz)
DMSF-F16	833	50.3, 52.8, 53.596, 54.4,
DMSF-F17	850	55.5, 57.29, 59.4,
DMSF-F18	850	60.792668 ± 0.357892, 63.283248 ± 0.285271

受信周波数は60GHz付近を抜粋。平成27年陸上無線通信委員会報告書より抜粋。

- 1 普及密度を東京都の昼間人口密度を元にした 15,321(台/km²)にマージンを加えた20,000(台/km²)と仮定。
- 2 SSMIS(Special Sensor Microwave Imager Sounder)の最大可視範囲は75km × 75km
- 3 上記、1及び2より、最大可視範囲内に存在するデバイス数は、 $1,125 \times 10^5$ 台
- 4 1台のミリ波帯センサーシステムから衛星側アンテナが受ける電力 P_0 は;

$$P_0 = P_t + G_t + G_i - L$$

P_t : ミリ波帯センサーシステムの空中線電力、 G_t : ミリ波帯センサーシステムの空中線利得、 G_i : 衛星の空中線利得、 L : 伝搬損失

- 5 集合干渉電力 $P_{\text{aggregate}}$ は;

$$P_{\text{aggregate}} = P_0 + 10\log(N)$$

N : ミリ波帯センサーシステムの最大可視範囲内に存在する台数

- 6 伝搬損失 L は;

$$\begin{aligned} L &= 32.4 + 20\log(f) + 20\log(d) + L_1 \quad * \\ &= 32.4 + 20\log(60 \times 10^3) + 20\log(833) + 160 \\ &= 346.38 \text{ dB} \end{aligned}$$

f : freq. [MHz]、 d : distance [km]、 L_1 : 大気減衰

ただし、大地を平面とみなし、デバイス～衛星間の距離を一律833km、酸素吸収損を160dB **

- 7 ミリ波帯センサーシステムのEIRPは13dBmであることから、衛星側の空中線利得を考慮しない1デバイスからの干渉電力は、4項より;

$$P_0 = 13 - 346.38 = -333.38 \text{ dBm}$$

- 8 5項及び7項より、最大可視範囲内から受信する総電力は;

$$P_{\text{aggregate}} = -333.38 + 10\log(1,125 \times 10^5) = -252.87 \text{ dBm}$$

- 9 ミリ波帯センサーシステムの実効帯域幅を500kHzとすると;

$$-252.87 - 10\log(0.5) = -249.86 \text{ dBm/MHz}$$

- 10 衛星の空中線利得が不明のため、NOAA NPOESSの54dBiを採用した場合の干渉量は、-195.86 dBm/MHzとなる

- 11 EESS(PASSIVE)の60GHz帯における保護基準***は、-169 dBW/100MHzであり、10項の干渉量 -205.86 dBW/100MHzとの所要改善量は-36.86 dBとなり、保護基準を満足する

* Rec. ITU-R P. 525-2 "Calculation of free-space attenuation"

** Rec. ITU-R P. 676-10 "Attenuation by atmosphere gases"

*** ITU-R RS. 2019

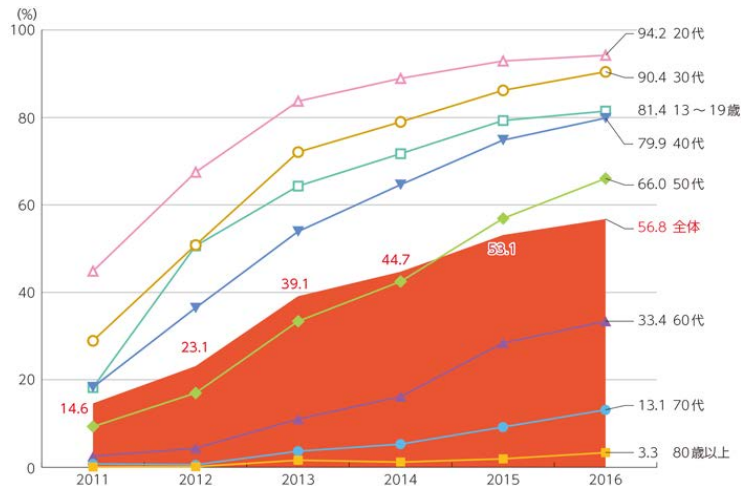
与干渉側装置の普及密度（屋内利用における普及密度）

普及密度

普及密度算出の前提

総務省統計局発行の平成27年度国勢調査人口等基本集計結果から、人口密度の最も高い東京都の値 6,168.7(人/km²)に昼間の人口密度が3倍と仮定した値を適用し、普及率を一般社団法人電気通信事業者協会の「携帯電話の契約者数(2019年3月 第4四半期)」の値 175,363(千台)と当該国勢調査の全国総人口 127,095(千人)から一人当たり所有台数 1.38(台/人)を算出、平成29年版 情報通信白書の「スマートホン個人保有率の推移」普及率約60%から一人当たりのスマートホン所有台数 0.83(台/人)とし、15,321(台/km²)を算出した。

$$\begin{aligned}\text{単位面積当たりのスマートホン普及台数} &= (\text{携帯電話の契約数} \div \text{全国総人口}) \times \text{スマートホン個人保有率} \times (\text{人口密度} \times 3) \\ &= (175,363 \div 127,095) \times 0.6 \times (6,168.7 \times 3) \\ &= 15,321 \text{ (台/km}^2\text{)} \\ &= 0.015 \text{ (台/m}^2\text{)}\end{aligned}$$



図表1 スマートフォン個人保有率の推移

平成29年版 情報通信白書より抜粋

Reference:

携帯電話・PHS契約数 事業者別契約数 2018年度（一般社団法人 電気通信事業者協会）

<https://www.tca.or.jp/database/>

平成27年国勢調査人口等基本集計 結果の概要（総務省統計局）

<https://www.stat.go.jp/data/kokusei/2015/kekka/kihon1/pdf/gaiyou1.pdf>

技術基準案 (新規ミリ波レーダー)

		米国(FCC) (検知レーダー)	米国(FCC) (12月末発効の特例措置) ※Google Soliのみ適用	欧州(ETSI) (検知レーダー)	日本 (ミリ波レーダー)	日本 (小電力データ通信)		技術基準案(新規ミリ波レーダー)
周波数		57-71GHz	57-64GHz	57-64GHz	60-61GHz	57-66GHz		57-64GHz
空中線電力	平均	-	-	10dBm	10dBm	10dBm※	10-24 dBm※	10dBm (FCC参考)
	尖頭	-10dBm	10dBm	-				
電力密度(PSD)	平均	-	-	13dBm/MHz e.i.r.p	-	-	-	-
	尖頭	-	13dBm/MHz e.i.r.p.	-	-	-	-	-
空中線利得		-	-	-	40dBi	47dBi	10dBi以上	-
EIRP(等価等方輻射電力)	平均	-	-	20dBm	-	-	40dBm ※1	13dBm
	尖頭	10dBm	13dBm	-	-	-		
占有帯域幅		-	-	-	500MHz	9GHz		7GHz
不要発射の強度の許容値		40GHz未満: § 15.209の限度値を適用 ** 40GHz～200GHz: 90pW/cm2以下@3m (≒-10dBm/MHz RMS e.i.r.p.)	40GHz未満: § 15.209の限度値を適用 ** 40GHz～200GHz: 90pW/cm2以下@3m (≒-10dBm/MHz RMS e.i.r.p.)	30MHz～1000MHz: -36dBm e.r.p., (ただし、47～74MHz、87.5～118MHz、174～230MHz及び470～862MHzは-54dBm e.r.p.以下) 1000MHz～2倍波: -30dBm RMS e.i.r.p.	帯域外領域: 100 μW/MHz以下 スプリアス領域: 50 μW/MHz以下	55.62GHz以下: -30dBm/MHz以下 55.62を超え57GHz以下: -26dBm/MHz以下 66を超え67.5GHz以下: -26dBm/MHz以下 67.5GHzを超えるもの: -30dBm/MHz以下		55.62GHz以下: -30dBm/MHz以下 55.62を超え57GHz以下: -26dBm/MHz以下 64を超え67.5GHz以下: -26dBm/MHz以下 67.5GHzを超えるもの: -30dBm/MHz以下
その他		—	3.3 ms in any 33 ms time period (Duty Cycle 10%)	—	—	—	キャリアセンス	3.3 ms in any 33 ms time period (Duty Cycle 10%) (FCC参考)
人体への電波ばく露許容値 (電力密度)		1mW/cm ² (人体から5cm以上)	1mW/cm ² (人体から5cm以上)	任意の体表面 20cm ² 当り 10W/m ² (1mW/cm ²)	任意の体表面1cm2あたり2mW/cm2 (令和元年5月20日以降のものが適用)			任意の体表面1cm2あたり2mW/cm2

空中線電力のマスク図 案

