

# ローカル5G検討作業班会合 ～28GHz帯・共用検討(干渉検討)報告～

2019年2月1日

阪神電気鉄道株式会社  
コミュニケーションメディア統括部



- 同一周波数を使用する5G相互間の共用検討
  - 電波伝搬モデルについて
  - 共用検討の状況(同期システム)
- 隣接周波数を使用する5G相互間の共用検討
  - 共用検討のモデル化
- 免許エリアの考え方(同一周波数の5G相互間)
- 参考資料
  - 干渉検討モデルの主要諸元

## 電波伝搬モデルについて

※)LOS:Line of Sight(見通し内)  
NLOS:Non Line of Sight(通し外)  
MWA:Mobile Wireless Access  
FWA:Fixed Wireless Access

### 電波伝搬モデル

- 基本的にサービスエリアが重なることはないため、NLOS伝搬モデルの適用が望ましい

- 【過去実績】地域BWA(2.5GHz帯)でも、NLOS伝搬モデルを適用

		干渉の組合せ	NLOS伝搬モデル	備考
		非同期	基地局⇄移動局 間	MWAベースのNLOS伝搬モデル
基地局⇄基地局 間	FWAベースのNLOS伝搬モデル		Extended-Hata(郊外地)モデル	
移動局⇄移動局 間	MWAベースのNLOS伝搬モデル		ITU-R Doc 8F/914	

- 28GHz帯で適用可能なNLOS伝搬モデル

- モンテカルロ・シミュレーションで使用されるITU-R P.1411を適用

		LOS伝搬モデル		NLOS伝搬モデル
		屋外⇒屋内※)	屋内⇒屋内	屋外⇒屋外
非同期	基地局⇄移動局 間	自由空間伝搬モデル		ITU-R P.1411 Over roof-topモデル
	基地局⇄基地局 間	自由空間伝搬モデル		ITU-R P.1411 Over roof-topモデル (ITU-R P.1411 Street canyonモデル)
	移動局⇄移動局 間	自由空間伝搬モデル		ITU-R P.1411 Terminal間モデル

※) 必要な際には、「屋外⇒屋内」条件においてもNLOS伝搬モデルによる評価を行なう

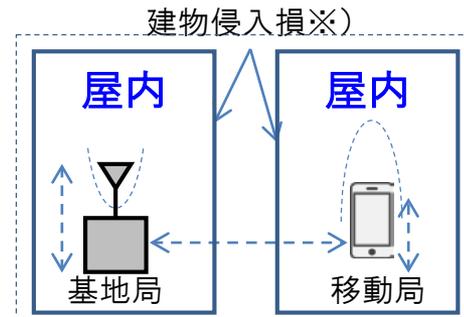
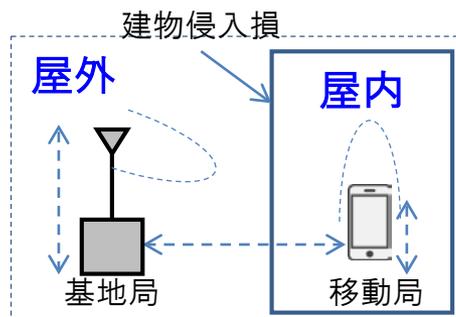
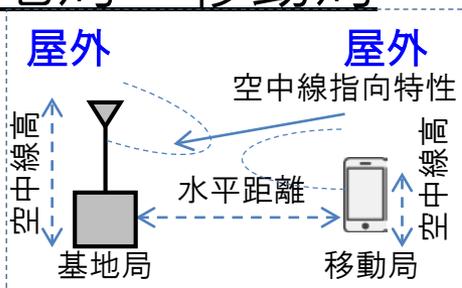
# 同一周波数を使用する5G相互間

## 干渉検討のモデル化

屋外(敷地内)・屋内(建物内)利用を考慮して3パターン

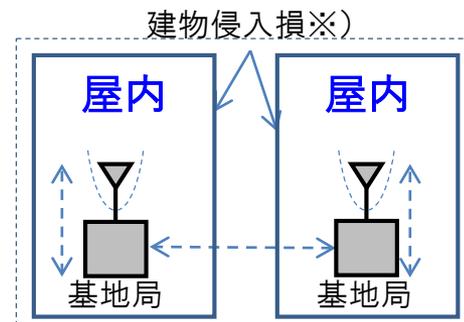
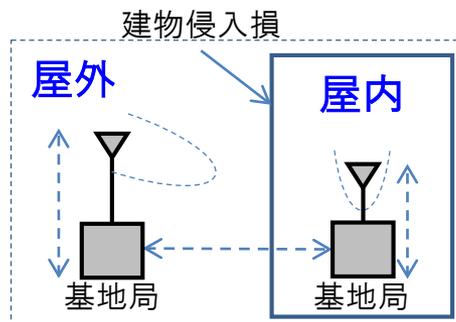
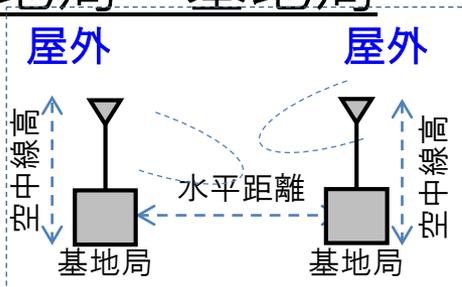
### 基地局⇔移動局

同期システム



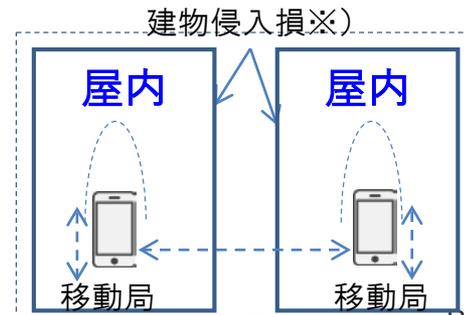
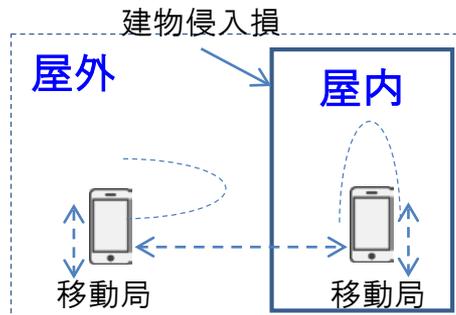
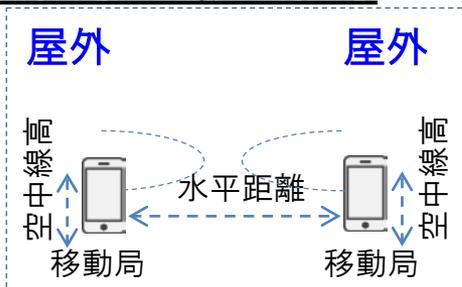
### 基地局⇔基地局

非同期



### 移動局⇔移動局

非同期



※)屋内⇒屋内においては、隣室/別建物についても必要に応じて検討する

## ● 共用検討の組合せ

- 28GHz帯(100MHz～400MHz帯域幅)

被干渉 \ 与干渉	基地局↓	陸上移動局↓
基地局	○ ※非同期	○(同期/非同期)
陸上移動局	○(同期/非同期)	○ ※非同期

## ● 【参考】ネットワーク同期について

- TDDシステムにおける5G事業者の相互間での運用手法
  - 同一周波数を使用する5G相互間・・・離隔距離が小さくなる
  - 隣接周波数を使用する5G相互間・・・ガードバンド0MHz運用が可能
- システム同期を取る方法
  - 無線システムが同じ(=5Gシステム)
  - 上り/下りリンクの時間比率を同じ割合に設定
  - 送受信タイミングを時間的に合わせる(GPS基準信号を利用)

# 同一周波数を使用する5G相互間

## 共用検討の状況：概要（同期システム）

与干渉 被干渉	基地局 ↓			陸上移動局 ↓						
	屋外⇒屋外	屋外⇒屋内	屋内⇒屋内	屋外⇒屋外	屋外⇒屋内	屋内⇒屋内				
基地局	<div style="font-size: 2em; color: red;">今後の検討</div>				100 MHz 幅	離隔 <b>9.8km</b> @LOS 離隔 <b>90m</b> @NLOS	離隔 <b>27m</b> @LOS +建物損20.1dB	隣室	離隔 <b>4.4m</b> @LOS +建物損20.1dB	
									別建物	離隔 <b>2.7m</b> @LOS +建物損40.2dB
					200 MHz 幅	離隔 <b>6.9km</b> @LOS 離隔 <b>81m</b> @NLOS	離隔 <b>19m</b> @LOS +建物損20.1dB	隣室	離隔 <b>4.1m</b> @LOS +建物損20.1dB	
								別建物	離隔 <b>2.4m</b> @LOS +建物損40.2dB	
					400 MHz 幅	離隔 <b>4.9km</b> @LOS 離隔 <b>65m</b> @NLOS	離隔 <b>13m</b> @LOS +建物損20.1dB	隣室	離隔 <b>3.7m</b> @LOS +建物損20.1dB	
								別建物	離隔 <b>2.1m</b> @LOS +建物損40.2dB	
陸上移動局	離隔 <b>12.5km</b> @LOS	離隔 <b>35m</b> @LOS +建物損20.1dB	隣室	離隔 <b>4.2m</b> @LOS +建物損20.1dB	<div style="font-size: 2em; color: red;">今後の検討</div>					
	離隔 <b>104m</b> @NLOS	離隔 <b>6m</b> @NLOS +建物損20.1dB	別建物	離隔 <b>2.4m</b> @LOS +建物損40.2dB						

# 同一周波数を使用する5G相互間

## 共用検討の状況：計算の過程と評価

### ① 基地局⇒移動局

【LOSモデル(屋外⇒屋外)】  
離隔10km規模でのLOS環境は現実的ではないと考えられる

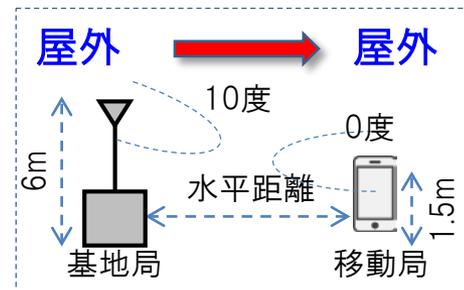
(全て正対)

【5G基地局⇒5G移動局】

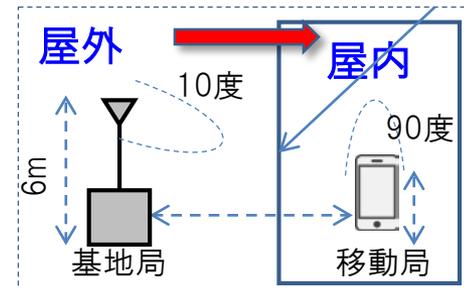
(1) 干渉モデル					
項目	値		単位		備考
	屋外⇒屋外	屋外⇒屋内	屋内⇒屋内	屋内⇒屋内	
干渉モデルタイプ					
与干渉局アンテナ高	6	6	3	3	m
被干渉局アンテナ高	1.5	1.5	1.5	1.5	m
与干渉局アンテナチルト角	10	10	90	90	deg
被干渉局アンテナチルト角	0	90	90	90	deg
水平距離	12,500	35	4.2	2.4	m
評価ポイントの周波数	28,000	28,000	28,000	28,000	MHz

(2) 干渉量の計算					
項目	値		単位		備考
空中線電力	5	5	0	0	dBm/MHz
アンテナ利得	23	23	23	23	dBi
給電線損失	3	3	3	3	dB
帯域幅					MHz
ERP密度	25.0	25.0	20.0	20.0	dBm/MHz
受信アンテナ利得(Grx)	20	20	20	20	dBi
受信給電線損失(Frx)	0	0	0	0	dB
許容干渉レベル(Y)	-110	-110	-110	-110	dBm/MHz
Minimum Coupling Loss(MCL)	155.0	155.0	150.0	150.0	dB
伝搬距離	12500.00	35.29	4.46	2.83	m
自由空間伝播ロス(L)	143.32	92.27	73.85	68.99	dB
送信主ビーム方向	10	10	90	90	deg
送信干渉方向	0.02	7.33	19.65	32.01	deg
送信主ビームと干渉の角度差	-9.98	-2.67	-70.35	-57.99	deg
送信アンテナ指向減衰	-11.80	-8.50	-23.34	-23.00	dB
受信主ビーム方向	0	90	90	90	deg
受信干渉方向	0.02	7.33	19.65	32.01	deg
主ビームと干渉の角度差	0.02	-82.67	-70.35	-57.99	deg
受信アンテナ指向減衰	0	-34.36	-27.89	-17.99	dB
アンテナ指向減衰(A)	-11.8	-42.86	-56.23	-40.99	dB
付加損失(X)	0	20.1	20.1	40.2	dB
干渉量	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	dB

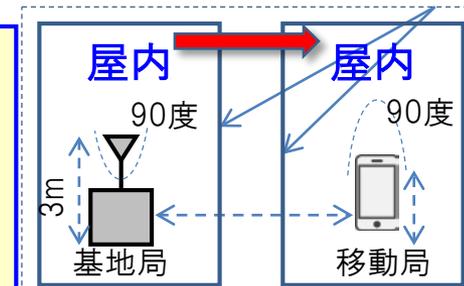
屋内環境においては、更なる建物侵入損の得られる壁対策や、基地局の送信電力、アンテナ利得調整等で共存は可能と考えられる。



建物侵入損



建物侵入損



項目	104	6
水平距離(m)	104	6
NLOS伝搬モデル ITU-R P.1411※)	143.48	108.71
送信主ビーム方向	10.00	10.00
送信干渉方向	2.48	36.87
送信主ビームと干渉の角度差	-7.52	26.87
送信アンテナ指向減衰	-6.60	-11.80
受信主ビーム方向	0	90
受信干渉方向	2.48	36.87
主ビームと干渉の角度差	2.48	-53.13
受信アンテナ指向減衰	-0.07	-16.18
アンテナ指向減衰	-6.67	-27.98
干渉量(dB)	-0.1	-1.8

※) Over roof-top伝搬モデル(ミリ波、NLOS、Suburbanエリア条件で使用(4.2項 4.2.2.2))

【NLOSモデルで計算(屋外⇒屋内)】  
屋外⇒屋外と同条件のNLOS計算。建物侵入損、アンテナ指向減衰の効果で距離が小さくなっている。  
104m ⇒ 6m  
LOSモデルの計算結果(35m)と単純比較はできないが、このケースでは、NLOS想定が、より現実的と考えられる。

### 【NLOSモデルで干渉計算(屋外⇒屋外)】

与干渉局(基地局)が、目の前の建物よりも高い状態を想定したNLOS計算結果。100m程度の離隔は共存可能な範囲と考えられる。

# 同一周波数を使用する5G相互間

## 共用検討の状況：計算の過程と評価

### ② 移動局⇒基地局

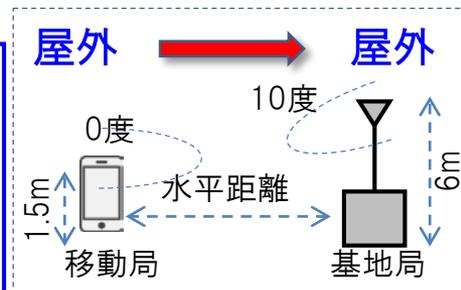
【LOSモデル(屋外⇒屋外)】  
 離隔5km~10km規模でのLOS環境は現実的ではないと考えられる

(全て正対)

(5G移動局⇒5G基地局)  
 (1)干渉モデル

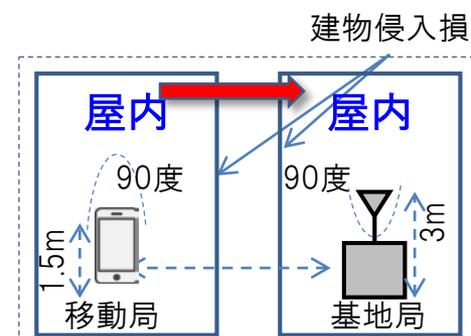
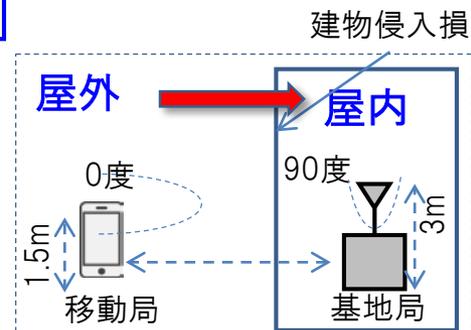
項目	値												単位
	100MHzシステム				200MHzシステム				400MHzシステム				
	屋外⇒屋外	屋外⇒屋内	屋内⇒屋内	屋内⇒屋内	屋外⇒屋外	屋外⇒屋内	屋内⇒屋内	屋内⇒屋内	屋外⇒屋外	屋外⇒屋内	屋内⇒屋内	屋内⇒屋内	
干渉モデルタイプ													
与干渉局アンテナ高	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5m
被干渉局アンテナ高	6	3	3	3	6	3	3	3	6	3	3	3	3m
与干渉局アンテナチルト角	0	0	90	90	0	0	90	90	0	0	90	90	90 deg
被干渉局アンテナチルト角	10	90	90	90	10	90	90	90	10	90	90	90	90 deg
水平距離	9.800	2.7	4.4	2.7	6.900	1.9	4.1	2.4	4.900	1.3	3.7	2.1	m
評価ポイントの周波数	28,000	28,000	28,000	28,000	28,000	28,000	28,000	28,000	28,000	28,000	28,000	28,000	MHz

屋内環境においては、更なる建物侵入損の得られる壁対策や、必要に応じて移動局の送信電力制御等の対策を取ることで、共存は可能と考えられる。



(2)干渉量の計算

項目	値												単位
	100MHzシステム				200MHzシステム				400MHzシステム				
空中線電力	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	dBm
アンテナ利得	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	dBi
給電線損失	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	dB
帯域幅	100	100	100	100	200	200	200	200	400	400	400	400	MHz
ERP密度	23.0	23.0	23.0	23.0	20.0	20.0	20.0	20.0	17.0	17.0	17.0	17.0	dBm/MHz
受信アンテナ利得(Grx)	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	dB
受信送信電機損失(Frx)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	dB
許容干渉レベル(Y)	-110	-110	-110	-110	-110	-110	-110	-110	-110	-110	-110	-110	dBm/MHz
Minimum Coupling Loss(MCL)	1530	1530	1530	1530	1500	1500	1500	1470	1470	1470	1470	1470	dB
伝搬距離	9900.00	2704	4.65	3.09	6900.00	1906	4.37	2.83	4900.00	1309	3.99	2.58	m
自由空間伝搬ロス(L)	141.21	90.01	74.25	70.01	138.16	86.96	73.64	68.99	135.19	83.66	72.75	67.83	dB
送信主ビーム方向	0	0	90	90	0	0	90	90	0	0	90	90	deg
送信干渉方向	-0.03	-3.18	-18.82	-29.05	-0.04	-4.51	-20.10	-32.01	-0.05	-6.58	-22.07	-35.54	deg
送信主ビームと干渉の角度差	-0.03	-3.18	71.18	60.95	-0.04	-4.51	69.90	57.99	-0.05	-6.58	67.93	54.46	deg
送信アンテナ指向減衰	0.00	-0.16	-28.95	-19.66	0.00	-0.28	-27.89	-17.99	0.00	-0.65	-25.93	-16.58	dB
受信主ビーム方向	10	90	90	90	10	90	90	90	10	90	90	90	deg
受信干渉方向	-0.03	-3.18	-18.82	-29.05	-0.04	-4.51	-20.10	-32.01	-0.05	-6.58	-22.07	-35.54	deg
主ビームと干渉の角度差	9.97	86.82	71.18	60.95	9.96	85.49	69.90	57.99	9.95	83.42	67.93	54.46	deg
受信アンテナ指向減衰	-11.8	-4.3	-30.29	-23.2	-11.8	-4.3	-28.34	-23	-11.8	-4.3	-28.34	-23	dB
アンテナ指向減衰(A)	-11.8	-43.16	-59.24	-42.86	-11.8	-43.28	-56.23	-40.99	-11.8	-43.64	-54.27	-39.58	dB
付加損失(X)	0	20.1	20.1	40.2	0	20.1	20.1	40.2	0	20.1	20.1	40.2	dB
干渉量	0.0	-0.3	-0.6	-0.1	0.0	-0.4	0.0	-0.2	0.0	-0.4	-0.1	-0.6	dB
水平距離(m)	9.8	2.7	4.4	2.7	6.9	1.9	4.1	2.4	4.9	1.3	3.7	2.1	m
NLOS伝搬モデル ITU-R P.1411※)	146.46	96.39	145.00	93.28	141.93	91.81							dB
送信主ビーム方向	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	deg
送信干渉方向	-2.86	-16.70	-3.18	-20.56	-3.96	-22.62							deg
送信主ビームと干渉の角度差	-2.86	-16.70	-3.18	-20.56	-3.96	-22.62							deg
送信アンテナ指向減衰(dB)	-0.07	-4.98	-0.16	-8.35	-0.29	-10.63							dB
受信主ビーム方向	10	90	10	90	10	90							deg
受信干渉方向	-2.86	-16.70	-3.18	-20.56	-3.96	-22.62							deg
主ビームと干渉の角度差	7.14	73.50	6.92	59.44	6.04	67.38							deg
受信アンテナ指向減衰(dB)	-6.60	-32.56	-5.00	-28.34	-5.00	-26.67							dB
アンテナ指向減衰(dB)	-6.67	-37.54	-5.16	-36.69	-5.29	-37.30							dB
干渉量(dB)	-0.1	-1.0	-0.2	-0.1	-0.2	-0.2							dB



【NLOSモデルで干渉計算(屋外⇒屋外)】  
 与干渉局(移動局)が、目の前の建物の陰になる状態を想定したNLOS計算結果。  
 100m程度の離隔は共存可能な範囲と考えられる。

※)Over roof-top伝搬モデル(3リ波、NLOS、Suburbanエリア条件)を使用(4.2項 4.2.2)

## • 共用検討の組合せ

### • 28GHz帯(100MHz～400MHz帯域幅)

#### • 同期システム間

- 2018年6月の新世代モバイル通信システム委員会報告書にて検討済み

#### • 非同期システム間

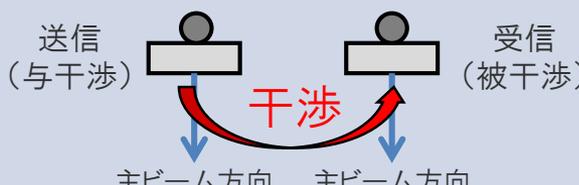
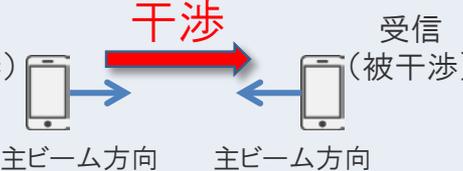
与干渉 被干渉	基地局↓	陸上移動局↓
基地局	○ ※)非同期	
陸上移動局		○ ※)非同期

## ● 干渉検討のモデル化

※1)参考:2013年7月、携帯電話等高度化委員会報告書(LTE-Advanced)

※2)参考:2013年3月、携帯電話等高度化委員会報告書(BWA)

### ● 干渉シナリオ(最悪値条件)

		屋外⇒屋外【敷地内】	屋外⇒屋内 / 屋内⇒屋内【建物内】
モデル (上から見た図)	基地局	<p>併設モデル※1)</p>  <p>送信(与干渉) 受信(被干渉)</p> <p>主ビーム方向 主ビーム方向</p>	<p>正対モデル※2)</p>  <p>送信(与干渉) 受信(被干渉)</p> <p>主ビーム方向 主ビーム方向</p>
	移動局	<p>正対モデル※1・2)</p>  <p>送信(与干渉) 受信(被干渉)</p> <p>主ビーム方向 主ビーム方向</p>	

### ● 電波伝搬モデル

干渉の組合せ	計算時の離隔距離		伝搬モデル
基地局⇔基地局 間	屋外⇒屋外	3m※1)	自由空間伝搬モデル
	屋外⇒屋内 屋内⇒屋内	3m※1)、20m※2)	自由空間伝搬モデル
移動局⇔移動局 間	1m※2)		自由空間伝搬モデル

## ● 共用検討の状況：概要（非同期システム）

与干渉 被干渉	基地局 ↓			陸上移動局 ↓						
	屋外⇒屋外	屋外⇒屋内	屋内⇒屋内							
基地局	帯域内	<b>今後の検討</b>			<b>今後の検討</b>					
	帯域外									
陸上移動局	<b>今後の検討</b>							屋外⇒屋外	屋外⇒屋内	屋内⇒屋内
				帯域内						
				帯域外						

## 基本事項

※)受信感度:規定の通信チャネル信号(QPSK、符号化率1/3)を最大値の95%以上のスループットで受信するために必要な最小受信電力

### 通信可能エリアと通信外エリア

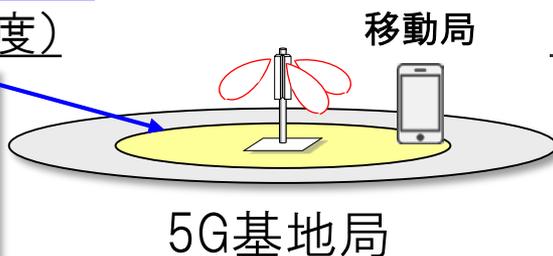
- 地域BWAの審査基準を参考に、5Gスペックを適用して表記

通信可能エリア  
(受信感度)

通信外エリア

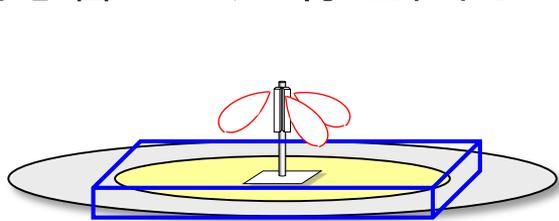
(許容干渉電力:-110dBm/MHz)

周波数帯域	システム毎の受信感度(dBm)		
	100MHzシステム	200MHzシステム	400MHzシステム
28GHz帯	-79.0	-76.0	-73.0

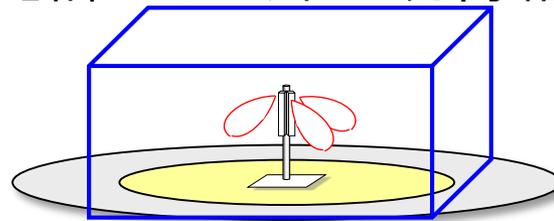


### 免許エリアと運用時の対応(案)

- 敷地内・建物内に通信可能エリアが収まるように設計
- 壁・遮蔽物等の対策で干渉電力を抑えるとともに、隣接する後発者との共存を図ること(免許エリア外の既得権益はない)



敷地内



建物内



# 参考資料

## 28GHz帯

### 基地局(スモールセル局)

#### スモールセル局(送信側)

項目	設定値		備考
	屋外	屋内	
空中線電力	5 dBm/MHz	0 dBm/MHz	(注1)
空中線利得	約 23dBi 素子当たり 5dBi、素子数 8×8		(注1)
送信系各種損失	3 dB		(注1、3)
等価等方輻射電力 (EIRP)	25dBm/MHz	20dBm/MHz	(注1)
空中線指向特性(水平、垂直)	勧告 ITU-R M. 2101		(注1)
機械チルト	10°	90°	(注1)
空中線高	6、15m	3m	(注1)
送信帯域幅	400MHz～2 GHz		
隣接チャネル漏えい電力	下記又は-13dBm/MHz の高い値 -28dBc (チャネル帯域幅 MHz 離調) ※参照帯域幅は当該チャネル帯域幅の最大実効帯域幅		(注2)
スプリアス領域における不要発射の強度	-13dBm/MHz		(注1、2)

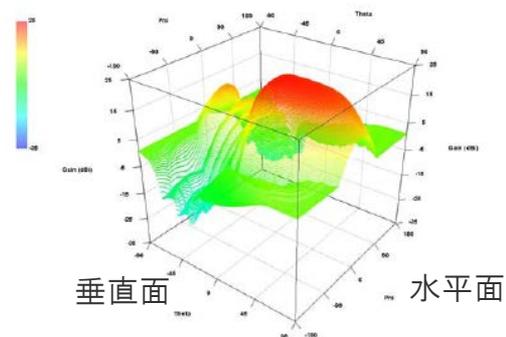
#### スモールセル局(受信側)

項目	設定値		備考
	屋外	屋内	
許容干渉電力(帯域内干渉)	-110dBm/MHz (1/N=-6dB、NF=10dB)		(注1)
空中線利得	約 23dBi 素子当たり 5dBi、素子数 8×8		(注1)
受信系各種損失	3 dB		(注1)
空中線指向特性(水平、垂直)	勧告 ITU-R M. 2101		(注1)
機械チルト	10°	90°	(注1)
空中線高	6、15m	3m	(注1)

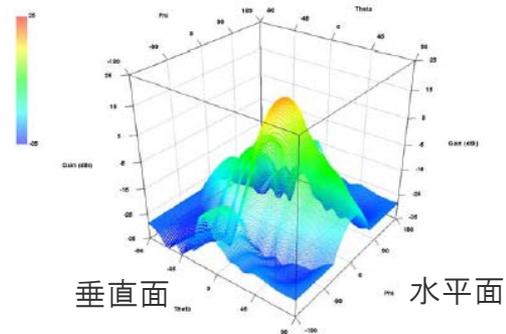
(注1) ITU-R における共用検討に基づく (Document 5-1/36-E)

(注2) 3GPP の標準仕様に基づく

(注3) 同一周波数の干渉検討で考慮。隣接周波数の干渉検討においては、不要発射の強度の値が総放射電力(空間に放射される電力の合計値)で規定されているため考慮しない。

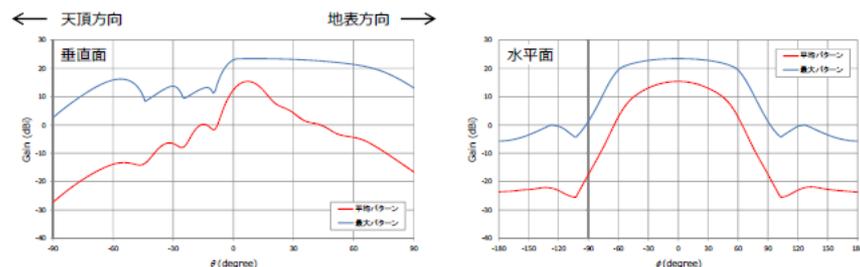


(a) 最大パターン



(b) 平均パターン

#### スモールセル局の空中線指向特性(参考)

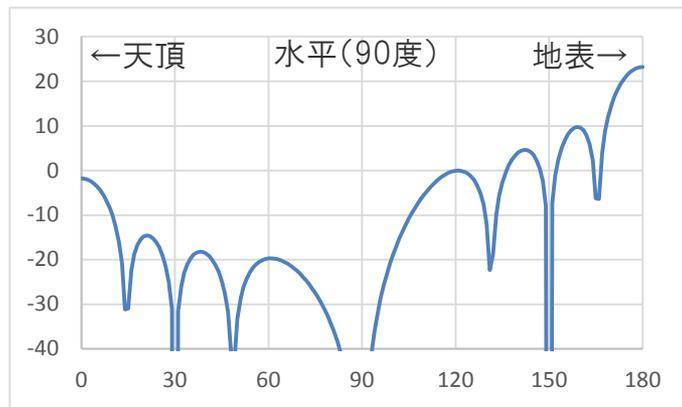


#### スモールセル局の空中線指向特性(チルト10度)

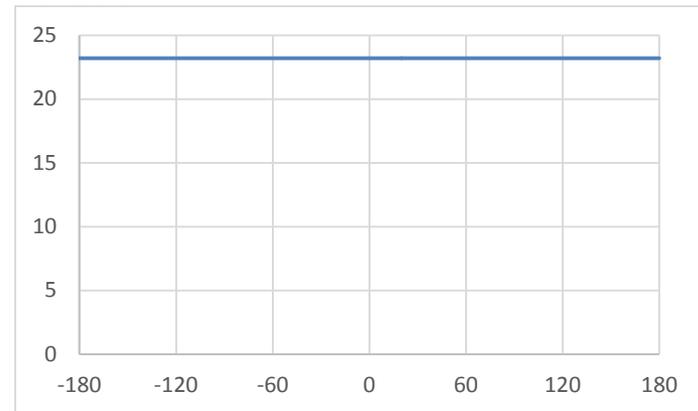
## • 28GHz帯

### • 基地局(スモールセル局)

垂直面



水平面



スモールセル局の空中線指向特性(チルト90度の瞬時値、勧告ITU-R M.2101)

※) 正対モデルとして水平面指向特性を考慮せず

## 28GHz帯

### 陸上移動局

#### 陸上移動局(送信側)

項目	設定値	備考
空中線電力	23dBm	(注2)
空中線利得	20dBi	(注2)
送信系各種損失	0 dB	(注2)
等価等方輻射電力 (EIRP)	17dBm/MHz (400MHz) 14dBm/MHz (800MHz)	(注2)
空中線指向特性 (水平、垂直)	勧告 ITU-R M. 2101	(注1)
空中線高	1.5m	(注1)
送信帯域幅	400MHz、800MHz	
隣接チャネル漏えい電力	-17dBc	(注2)
スプリアス領域における不要発射の強度	-13dBm/MHz	(注1、2)
その他損失	4 dB (人体吸収損)	(注1)

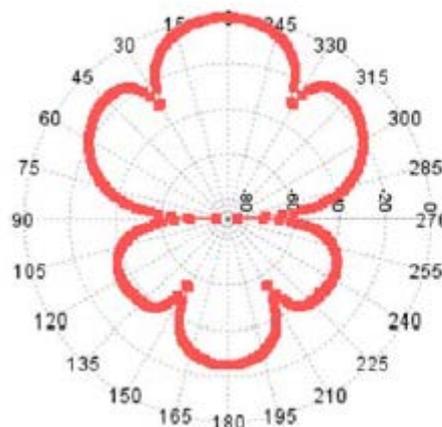
#### 陸上移動局(受信側)

項目	設定値	備考
許容干渉電力	-110dBm/MHz (I/N=-6 dB、NF=9 dB)	(注1)
空中線利得	20dBi	(注2)
受信系各種損失	0 dB	(注2)
空中線指向特性 (水平、垂直)	勧告 ITU-R M. 2101	(注1)
空中線高	1.5m	(注1)
その他損失	4 dB (人体吸収損)	(注1)

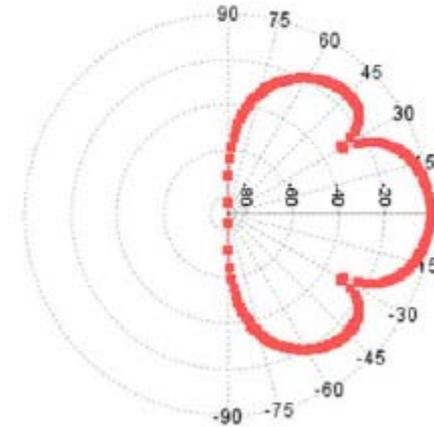
(注1) ITU-Rにおける共用検討に基づく (Document 5-1/36-E)

(注2) 3GPP の標準仕様に基づく

水平面



垂直面

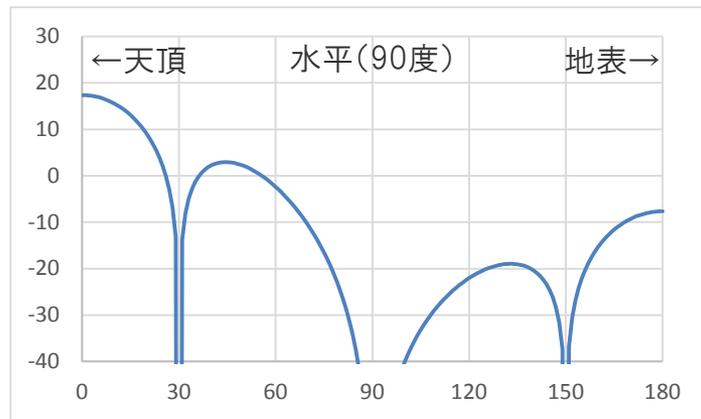


陸上移動局の空中線指向特性(チルト0度)

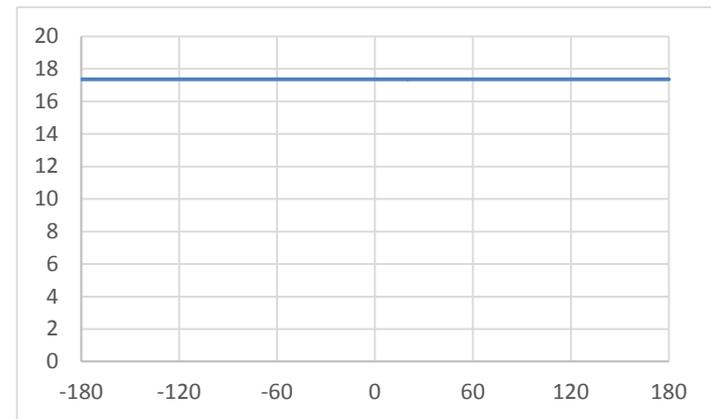
## • 28GHz帯

### • 陸上移動局

垂直面



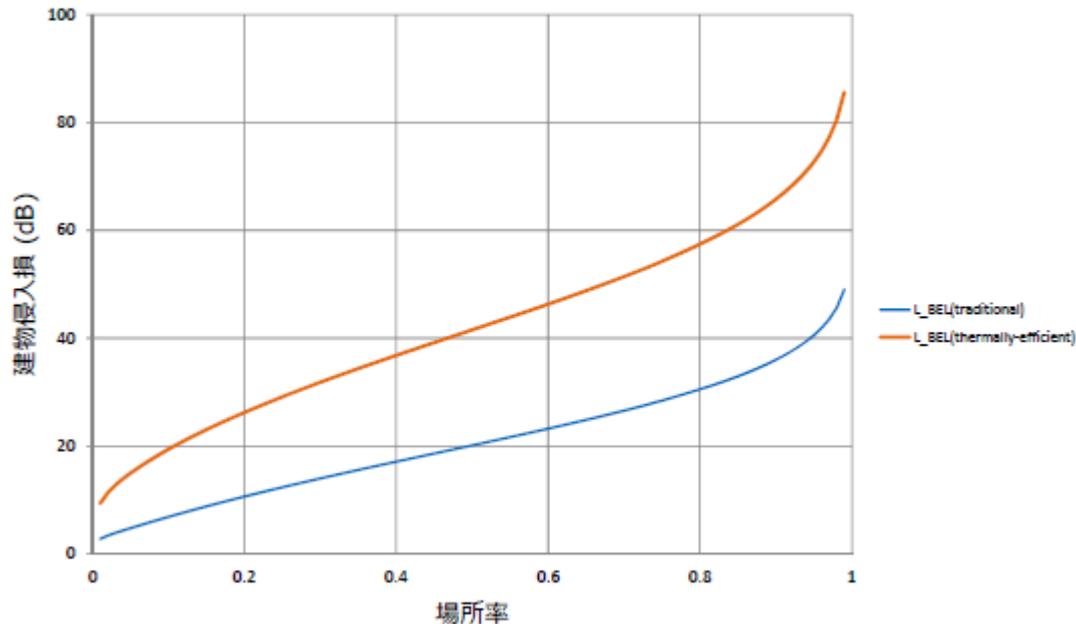
水平面



陸上移動局の空中線指向特性(チルト90度の瞬時値、勧告ITU-R M.2101)

※) 正対モデルとして水平面指向特性を考慮せず

- 勧告ITU-R P.2109に基づく28GHz帯の建物侵入損
  - 検討モデルに応じて「付加損失」として考慮



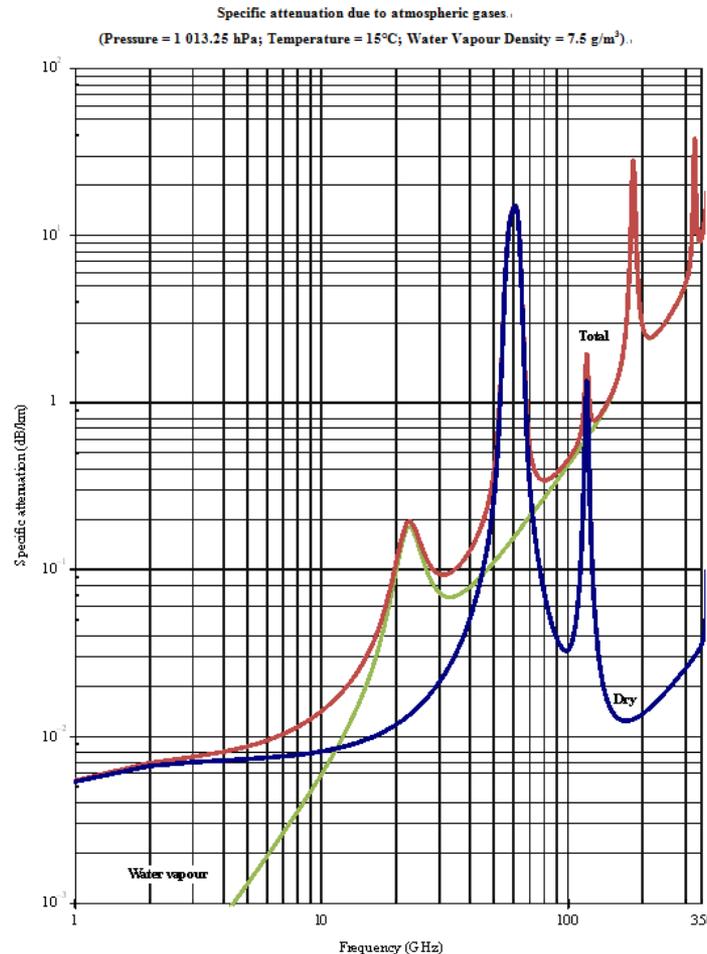
建物の種別 (注)	場所率に応じた建物侵入損			
	5%	10%	20%	50%
Traditional	4.8dB	6.9dB	10.6dB	20.1dB
Thermally-efficient	15.0dB	19.4dB	26.2dB	41.5dB

(注) Thermally-efficient: 金属化ガラス、金属ホイルを裏打ちしたパネルを用いた建物、  
Traditional: 上記以外の建物

- 勧告ITU-R P.676に基づく大気減衰

- 伝搬モデルで条件に応じて適用

- 0.09dB/km(28GHz、大気圧、気温15°C、湿度58%)



EOF